



# Beheersing emissie grondgebonden kasteelten

Implementatie emissie management systeem grondgebonden teelten

Wim Voogt, Jos Balendonck, Jan Janse, Gert-Jan Swinkels en Aat van Winkel

Rapport GTB-1363



**WAGENINGEN UR**  
*For quality of life*

## **Referaat**

In de periode 2013 – 2014 is verder gegaan met het ontwikkelen van tools voor grondgebonden teelten om de emissie te beperken. Opnieuw werden bedrijven gemonitord. De emissie bij bio-bedrijven was opnieuw gering, bij bedrijven met snijbloemen is in een aantal gevallen een hoge emissie geregistreerd. Naast een flink beregeningsoverschot is er ook sprake van een bemestingsoverschot met stikstof. Een betere afstemming van de gift van zowel water als van stikstof op de gewasbehoefte is nodig. Voor deze stappen zijn betere vochtsensoren nodig maar ook aanpassing van de bemestingsstrategie.

## **Abstract**

To make growers to be in control of the emission, a decision support system is developed for irrigation in soil grown crops. In 2013-2014 the implementation was continued and several greenhouse crops were monitored. As was found earlier, the organic greenhouse growers are able to control irrigation in a way that emission is reduced to a minimum. The results obtained at (conventional) flower growers show sometimes high emission of nitrogen. This is due at one hand to high irrigation surpluses but also to high fertilisation of nitrogen . Better tuning of the water- and nitrogen supply to the crop demand is necessary. For these stapes growers need better soil-moisture sensors.

## **Rapportgegevens**

Rapport GTB-1363

Projectnummer: 3742179000

## **Disclaimer**

© 2015 Wageningen UR Glastuinbouw (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk, Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk, T 0317 48 56 06, F 010 522 51 93, E [glastuinbouw@wur.nl](mailto:glastuinbouw@wur.nl), [www.wageningenUR.nl/glastuinbouw](http://www.wageningenUR.nl/glastuinbouw). Wageningen UR Glastuinbouw.

Wageningen UR Glastuinbouw aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

## **Adresgegevens**

### **Wageningen UR Glastuinbouw**

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 48 56 06

F +31 (0)10 522 51 93

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>7</b>
	1.1 Wat ging vooraf	7
	1.2 Doelstelling	8
	1.3 Leeswijzer	8
	1.4 Aanpak	8
<b>2</b>	<b>Emissiemanagement tools</b>	<b>11</b>
	2.1 De Lysimeter	11
	2.2 Vochtsensoren	12
<b>3</b>	<b>Emissiemanagement in de praktijk</b>	<b>15</b>
	3.1 Biologische groenteteelt	15
	3.1.1 Nutriënten	17
	3.2 Snijbloemen, Alstroemeria	18
	3.2.1 Irrigatie	18
	3.2.2 Nutriënten	19
	3.3 Snijbloemen: Chrysant	22
	3.3.1 Irrigatie	22
	3.3.2 Nutriënten	24
	3.4 Werken met vochtsensoren	26
<b>4</b>	<b>Discussie en conclusie</b>	<b>29</b>
<b>5</b>	<b>Conclusies</b>	<b>31</b>
<b>6</b>	<b>Referenties</b>	<b>33</b>



# Samenvatting

In de periode 2013 – 2014 zijn activiteiten van het project 'Glastuinbouw Waterproof-grondgebonden' voortgezet. In dit traject richten we ons op het optimaliseren van de watergift om daarmee de emissies van grondteelten te verminderen. 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 autoïatische 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 wel 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. 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 bedreiging is de hoge pieken in N-min gehalten door de asynchrone beschikbaarheid van N uit organische mest en gewasbehoefte. Dit gaat soms gepaard met verhoogde watergiften, waardoor potentieel toch uitspoeling plaatsvindt. Op een enkel bedrijf is sprake van oplopende zoutgehalten, waardoor periodiek doorspoeling nodig is. Dit gaat dan gepaard met een forse N-emissie. Op de lange duur zou dit op alle biologische bedrijven een bedreiging kunnen zijn.

Op snijbloemenbedrijven met een lysimeter is intensief de water en nutriëntenbalans gemonitord, waarbij getracht is een zo goed mogelijk sluitende balans op te stellen. Voor water is dit redelijk gelukt, wel bleek er een onderschatting te zijn door het verdampingsmodel in de warme zomerperiode. De N-balans blijkt - zoals verwacht - een groot tekort aan de afvoerkant te hebben. Dit is waarschijnlijk toe te schrijven aan denitrificatie (niet meetbaar). Verder bleek dat de mestgift (EC) op dit bedrijf groot is vergeleken met de gewasbehoefte, ook dat bij zonnig en warm weer het beregeningsoverschot toeneemt. Opvallend zijn ook de hoge concentraties aan N in de drain. Dit is waarschijnlijk het gevolg van bemestingsoverschotten uit het (recente) verleden. Daardoor is de N-emissie in de zomer vrij groot.

Veel telers geven aan de watergift niet verder te kunnen beperken dan een bepaald minimum, vanwege toenemende ongelijkheid in groei, c.q. productieverlies. Dit minimum is echter hoger dan de gewasbehoefte, zodat uitspoeling aan de orde is. 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 emissie is soms nog zeer fors, in deze richting is nog veel winst te behalen. Met name ook de bemesting kan worden geoptimaliseerd.

Met de ontwikkelde tools is er perspectief om ook op de lange termijn in de grond te kunnen telen. Emissies kunnen inzichtelijk gemaakt worden voor de teler en dragen bij aan de bewustwording en kan een teler voldoen aan de zorgplicht voor de grondgebonden teelten.



# 1 Inleiding

## 1.1 Wat ging vooraf

In het onderzoek is al een geruime periode aandacht besteed aan de emissieproblematiek van de grondgebonden teelten. In de periode voor 2010 zijn er projecten uitgevoerd bij met name chrysant, die erop waren gericht de watergift en de bemesting te optimaliseren (Voogt *et al.* 2000; 2002; 2003; 2004). Vanwege de invoering van de maatregelen voor de KRW doelstellingen en de afspraken binnen het 'platform duurzame glastuinbouw, gericht op minimaliseren van emissie, zijn nieuwe initiatieven ontstaan. Een daarvan was het ontwikkelen van een methode om de uitspoeling beter te kunnen meten. Hiervoor is een oud onderzoeksinstrument, namelijk de lysimeter van stal gehaald om toe te passen op praktijkbedrijven. In de periode 2008 – 2010 is hiermee ervaring opgedaan, eerst bij een aantal biologische bedrijven, later ook in de chrysantenteelt (Voogt *et al.* 2009). In vervolg hierop is een traject gestart onder de titel 'Glastuinbouw Waterproof Grondgebonden'. Als eerste is een project uitgevoerd 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. Centraal in dat project stond 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. Het doel was om telers hulpmiddel aan te reiken waarmee zij aan de zogenaamde "zorgplicht" uit het activiteitenbesluit kunnen voldoen. Het project was ook vormgegeven rondom regionale praktijknetwerken van telers, adviseurs en andere stakeholders, met de bedoeling ervaring uit te wisselen en gezamenlijk verder te ontwikkelen.



**Figuur 1.1** Aanleg van het eerste prototype van de lysimeter; de zogenaamde foliebak.



**Figuur 1.2.** Uitwisseling van ervaringen en ideeën in regionale praktijknetwerken.

Bovengenoemd project liep van 2010 t/m 2012. Het traject is in 2013 voortgezet met een vervolgproject gericht op verdere ontwikkeling van een aantal onderdelen en implementatie in de praktijk. De nadruk zou dan komen te liggen op het praktijkrijp maken. De ervaring leerde dat het ontwikkelde systeem met drie onderdelen nl. lysimeter, vochtsensoren en modellen voor veel ondernemers met grondgebonden teelt erg ingewikkeld was. De conclusie is daarom getrokken dat dit te hoog gegrepen en daarmee een stap te ver was. Ook 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.

## 1.2 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:

- De kennis die is opgebouwd in het traject van 'Glastuinbouw Waterproof grondgebonden' verder uitbouwen.
- Uitbreiding van het aantal pilotbedrijven; meer gewassen en meer regio's.
- Implementatie van technieken en strategieën voor een verbeterd watermanagement op bedrijven worden ondersteund.

## 1.3 Leeswijzer

In het kader van het STOWA fonds: "Stimuleringsbudget emissiebeperking glastuinbouw" is een aanvullende subsidie verkregen voor de uitvoering van het project. Dit rapport geeft een overzicht en samenvatting van behaalde resultaten tot nu toe. Voor meer informatie wordt verwezen naar de afzonderlijke (deel-)rapporten die verschenen zijn over dit project (Voogt *et al.* 2014; Voogt *et al.* 2015). Omdat het project ook tot in 2015 doorloopt zullen er nog rapporten verschijnen.

In hoofdstuk 2 wordt de stand van zaken besproken met betrekking tot de ontwikkeling van de tools. In hoofdstuk 3 wordt aan de hand van een drietal casi de resultaten besproken van emissie management, met als extra bespreekpunt het werken met vochtsensoren. Vervolgens worden in een hoofdstuk discussie besproken welke knelpunten en verbeterpunten er zijn voor emissie management en leidt dit tot een aantal conclusies.

## 1.4 Aanpak

In het algehele project is aan een aantal onderdelen gewerkt:

1. Verbeterde versie van een geïntegreerd systeem voor emissie management, alsmede een test op praktijkbedrijven.
2. Een beschrijving van onderdelen en de opbouw van een modulair systeem, alsmede een test hiervan op praktijkbedrijven.
3. Een ontwerp, beschrijving en in de praktijk geteste versies van goedkopere alternatieven van de lysimeter en de drainmeting.
4. Een overzicht van onder praktijkomstandigheden geteste varianten van robuuste en storingsongevoelige bodemvochtsensoren.
5. Resultaten van waterstromen (irrigatie, drain, gewasverdamping) en bodemvocht bij diverse grondsoorten, gewassen en hydrologische situaties, uitgewerkt in een rapport.
6. Een nieuwe versie van 'best practices' en richtlijnen voor irrigatiemanagement gericht op nul-emissie bij grondgebonden kasteelt, gebundeld in een rapport.
7. Kennisuitwisseling door per kwartaal praktijknetwerk bijeenkomsten, per kwartaal een nieuwsbrief, minimaal twee vakbladartikelen en een serie themagerichte open middagen.



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 zou doelmatiger zijn. Daarom is van de lysimeter met daaraan gekoppelde drainmeter samen met toeleveringsbedrijven een stand-alone versie ontworpen en ontwikkeld tot een product. Tegelijkertijd zijn 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 is gezocht naar storingsongevoelige en robuuste typen. Ook zijn alternatieven gezocht en ontworpen voor de koppeling met de gangbare data infrastructuur op glastuinbouwbedrijven (klimaatcomputer) en zijn nieuwe vormen van datacommunicatie (internet) op toepasbaarheid worden getest.

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 Emissiemanagement tools

In het voorgaande traject is ervoor gekozen om de emissieproblematiek bij grondgebonden teelten aan te pakken aan de "input" kant. Hergebruik van drain is lang niet altijd mogelijk (Voogt, 2015); een gesloten systeem zoals bij substraatteelt is daarom uitgesloten. Bij de grondgebonden glastuinbouw is bij veel teelten sprake van een bemestingsoverschot én een beregeningsoverschot. De combinatie van beregenings- en bemestingsoverschot maakt het risico van uitspoeling van hoge concentraties nutriënten in de glastuinbouw vrij groot. Ook is de bodem voor veel telers een 'black box'. De processen die zich daar afspelen zijn onzichtbaar en de parameters zijn moeilijk meetbaar. De watergift wordt daarom vaak gebaseerd op gevoel en ervaring. In de nieuwe regelgeving wordt telers duidelijk voor ogen gesteld dat zij zelf verantwoordelijk zijn de water- en mestgift af te stemmen op de behoefte. De opgave is dan ook de teler handvaten te geven om de watergift beter af te stemmen op de gewasbehoefte. Zodoende zijn in een aantal projecten sinds 2010, onder de overkoepelende titel 'glastuinbouw waterproof grondgebonden' tools ontwikkeld bedoeld als hulpmiddel voor telers bij het nemen van beslissingen bij de strategie van irrigatie- en bemesting. Aanvankelijk waren drie tools ontwikkeld: een lysimeter, vochtsensoren en modellen. Omdat de laatste tool niet aansloeg in de praktijk is dit losgelaten. In dit rapport wordt daarom alleen aandacht besteed aan de doorontwikkeling van de lysimeter en de vochtsensoren.

### 2.1 De Lysimeter

In het voorgaande project was uitgegaan van een geïntegreerd systeem van lysimeter met een automatische drainmeting. Aangezien het een te ingewikkeld, storingsgevoelig en vooral te duur systeem was, is besloten de onderdelen te ontkoppelen. 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. Daarnaast is 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) .

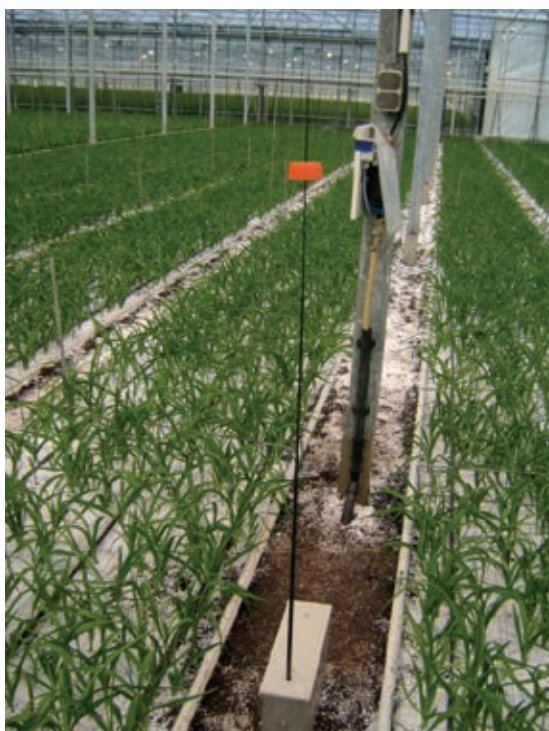
De lysimeter 'light' is ontworpen aan de hand van de volgende randvoorwaarden:

- De bak zelf met een RVS rand zoals in het huidige systeem.
- Een goedkopere opvangkoker van stoombaar materiaal (Polypropyleen).
- Een robuuste zelf-aanzuigende pomp.
- Een tijdschakelaar die instelbaar elke dag een paar keer " pompt".
- 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.



**Figuur 2.1** Lysimeter "light" versie geplaatst bij een Freesia teler. Niveau-signalering door middel van een eenvoudige vlotter en een handmatig bediende pomp.



**Figuur 2.2** Lysimeter voorzien van stoomafzuig ventilator, om ervoor te zorgen dat bij stomen een voldoende effect op diepte wordt bereikt.

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 uitvoerige beschrijving en tekening is opgenomen in Voogt *et al.* (2014)

## 2.2 Vochtsensoren

De ervaring met elektronische vochtmetingen zijn tot nu toe niet positief verlopen. De gekozen systemen bleken erg storingsgevoelig en vatbaar voor corrosie. Bovendien niet handig in de teelt vanwege de vele kabels. In het voorgaande project is gebruik gemaakt van één 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 LetsGrow, een systeem voor data-uitwisseling via internet. Het systeem was dat de sensoren gekoppeld waren via een Wageningen UR-server/modem. Dit is echter geen praktisch systeem. Ook omdat deze vochtsensoren regelmatig storingen geven, heeft Wageningen UR besloten dit systeem niet langer te zullen ondersteunen. Een inventarisatie is gedaan naar beschikbare geschikte typen. 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 (herplaatsbaar) (zonder concessies). Daarnaast een sterke wens tot koppelbaarheid aan de klimaat computer. Eventueel ook met een EC en Temperatuur. Uiteraard is betaalbaarheid ook belangrijk.

### Vochtensensor typen

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.

Een overzicht van de geschikte sensoren is gegeven in: Voogt *et al.* 2014. Een korte samenvatting volgt hieronder.

1. Losse sensoren op klimaatcomputer-draadloos (WIRELESS VALUE, Emmen). Met dit systeem kunnen 4 robuuste vochtsensoren gekoppeld worden, met een directe koppeling aan de klimaatcomputer. Voorwaarde is dat de klimaatcomputer daartoe 4 analoge (4-20mA) ingangen vrij heeft. De aanschaf van de vier sensoren en basis set apparatuur bedraagt ca. € 3630 (excl. BTW). 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.



**Figuur 2.3** 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.



**Figuur 2.4** 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. Wageningen UR-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.



**Figuur 2.5** Sensoren 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, 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. De kalibratie van dit type sensoren is niet eenvoudig, maar ongekalibreerd 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.



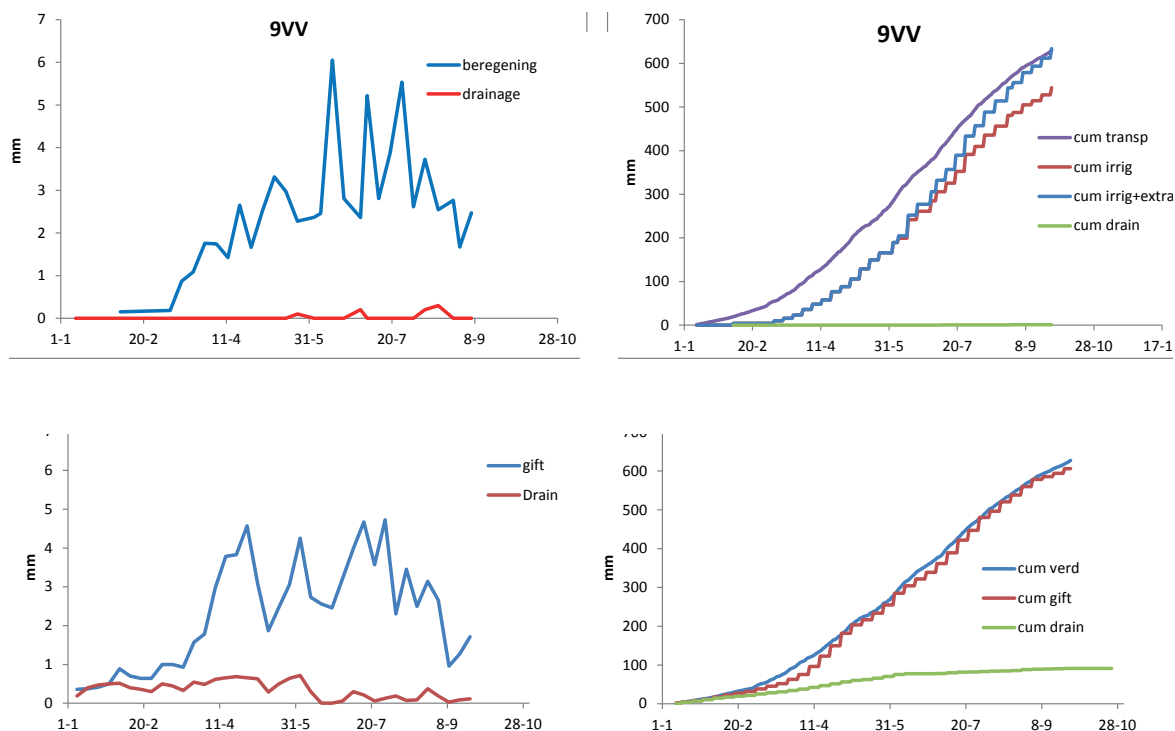
**Figuur 2.6** Eenvoudige handapparatuur (Aqua-Tag).

De inventarisatie is niet uitputtend, er komen regelmatig nieuwe systemen op de markt, zoals onlangs het draadloze systeem PlantCare, geleverd via Eijkelkamp (Giesbeek).

# 3 Emissiemanagement in de praktijk

In dit hoofdstuk worden de resultaten van een aantal bedrijven gepresenteerd. Dit om een beeld te geven van hoe het emissiemanagement in de praktijk werkt en welke resultaten er geboekt worden.

## 3.1 Biologische groenteteelt

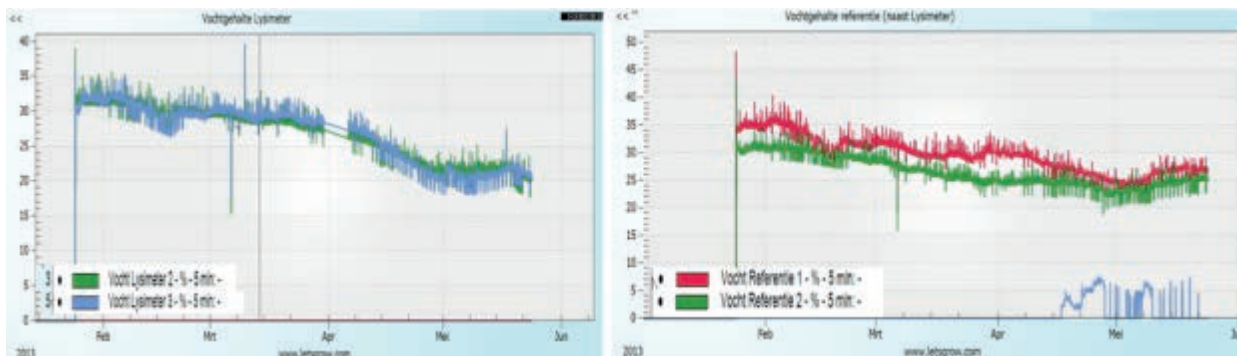


**Figuur 3.1** Watergift en hoeveelheid gemeten drainage in de lysimeter in mm/dag (links) en de cumulatieve gift en drain (rechts) over het gehele teeltjaar van beide bioteelt bedrijven 9VV en 8KT met tomaat; watergift bij 9VV tevens met gecorrigeerde gift in de lysimeter.

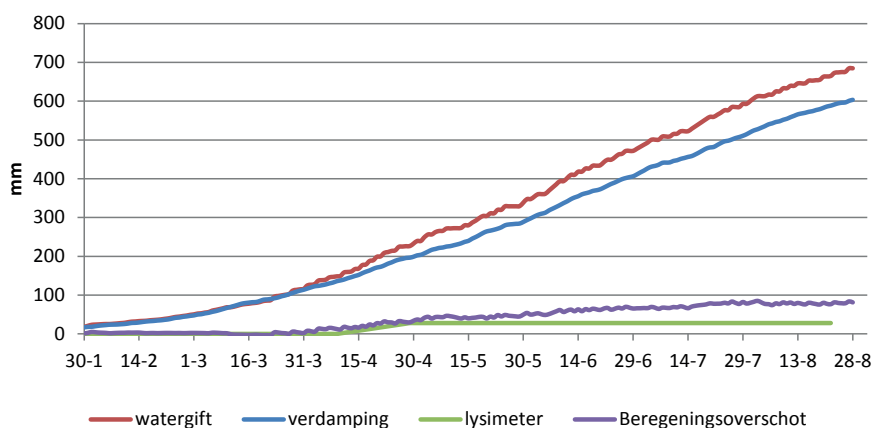
Als eerste worden de resultaten besproken van twee bedrijven met biologische groenteteelt (om redenen van privacy zijn de bedrijven aangeduid met een code: 8KT en 9VV). De watergift en de gemeten drainage voor seizoen 2013 en 2014 zijn weergegeven in Figuur 3.1. Op beide bedrijven was sprake van een paprikateelt, met min of meer gelijke plantdatum. Er was een duidelijk verschil in watergeefregime tussen beide bedrijven: bij 9VV is bij de aanvang en de eerste maanden van de teelt beperkt berekend, 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 berekend. 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 zelfs 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 3.1) als extra gift opgenomen, maar geldt dus alleen voor de lysimeter. De watergift bij 8KT zou ongeveer op de berekende verdamping hebben gezeten. Bij het einde 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 berekend 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 3.2). 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.



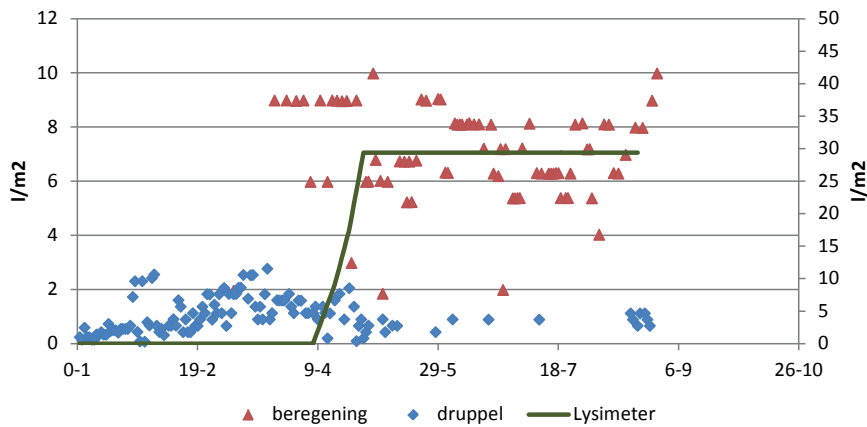
**Figuur 3.2** Gemeten vochtgehalten met vochtsensoren bij 9VV in de lysimeter en in een referentieplot, sensoren op 20 (rood), 35 (groen) en 60 (blauw) diepte. Sensor op 20 cm in de lysimeter en 60 cm in de referentie waren defect.



**Figuur 3.3** Biologische tomatenteelt, cumulatieven van watergift, verdamping en de gemeten uitspoeling via de lysimeter.

In Figuur 3.3 is het resultaat van de monitoring weergegeven van een van de bedrijven in 2014. Uit deze gegevens blijkt dat de watergift iets hoger is geweest dan de berekende verdamping, dit zou in theorie dan tot een beregeningsoverschot van ca 90 mm hebben gegeven, ofwel 13 % van de gift. In de lysimeter is echter niet meer dan 30 mm opgevangen, slechts 5 % van de gift. Een gedeelte van het verschil kan veroorzaakt zijn door effecten van buffering van de bodem; door de uitdroging in de periode: eind vorige en begin nieuwe teelt zal de bodem een grotere waterberging hebben gehad. Ook kan de berekende verdamping in werkelijkheid hoger zijn geweest. De hoeveelheid uitspoeling is op dit bedrijf zeer bescheiden. Voor het realiseren van 0-emissie zou echter ook dit laatste stukje overschot geëlimineerd moeten worden. Bij deze teeltwijze wordt zowel met berekening als met druppelbevloeiing gewerkt (Figuur 3.4). De periode waarin het overschot is gemeten op dit bedrijf blijkt samen te vallen met de periode dat er werd overgeschakeld van druppelen op beregenen. Mocht er al gezocht worden naar verbeteringen dan liggen hier wat aanknopingspunten.

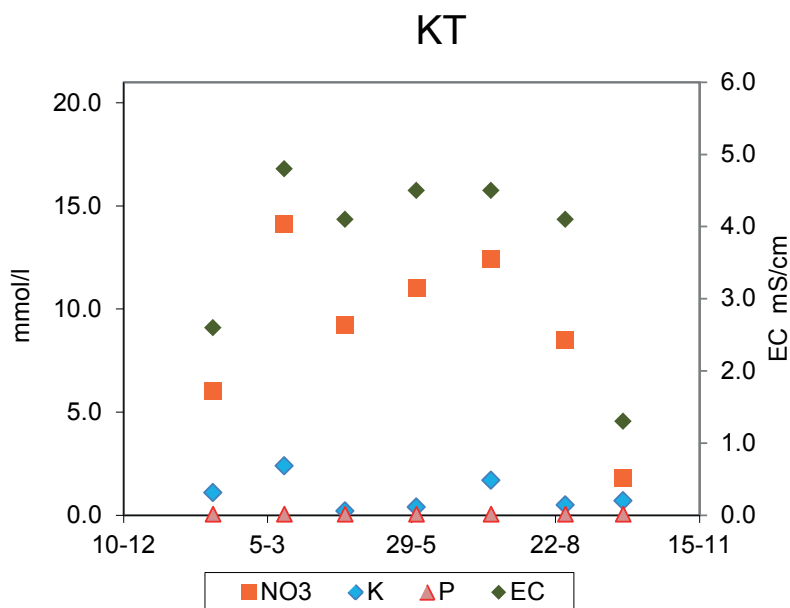




**Figuur 3.4** Watergift regenleiding en via druppelbevloeiing bij een biologische tomatenteelt.

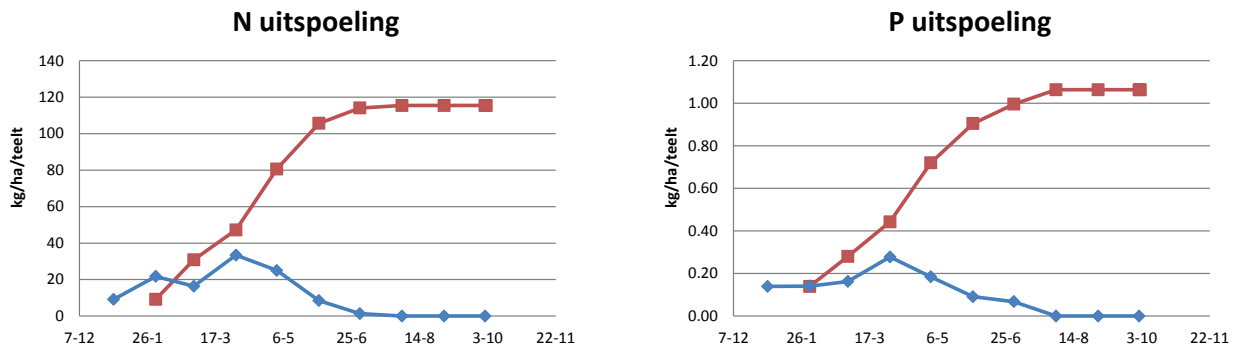
Ook op het andere bio bedrijf bedroeg de uitspoeling in 2014 niet meer dan 10 % van de gift. De resultaten in 2014 liggen in één lijn met die van eerdere monitoringsresultaten.

### 3.1.1 Nutriënten



**Figuur 3.5** Gehalten aan nutriënten en de EC in monsters van drainwater afkomstig van de lysimeter bij bedrijf 8KT.

Bemesting bij de biologische teelt is complexer dan bij gangbaar. Fertigatie is niet mogelijk. Voorraadbemesting en bijbemesten met korrelmest is de enige optie (Voogt, 2014). Beheersing is daardoor veel lastiger en is men nog meer dan bij gangbare teelten aangewezen op beheersing van de watergift om uitspoeling te voorkomen. 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 (Figuur 3.5). 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 3.6). 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.



**Figuur 3.6** Berekende uitspoeling aan N en P, in kg/ha per maand (blauw) en cumulatief (rood) over de gehele teelt bij bedrijf 8KT.

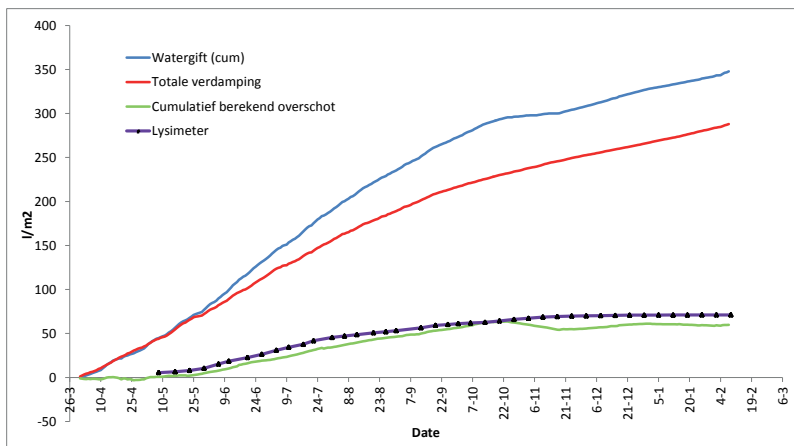
Net als in de eerdere jaren van het onderzoek is gevonden, blijkt dat de uitspoeling van bioteelt bedrijven gering is. Deze groep telers stemt de watergift bewust goed af op de gewasbehoefte. Dit komt voort uit de bewuste keuze voor duurzame productie. Anderzijds is er een teelttechnische reden; men wil gewas en bodem beperkt nat maken te voorkoming van schimmelinfecties. 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.

## 3.2 Snijbloemen, Alstroemeria

### 3.2.1 Irrigatie

Een volgend voorbeeld is een teelt Alstroemeria; een meerjarig gewas, waarbij uitsluitend met druppelbevloeiing wordt geïrrigeerd. Bij dit bedrijf is begin 2014 bij een nieuwe teelt gestart waarbij een lysimeter is geplaatst. Uit de resultaten van de monitoring blijkt dat er de eerste weken geen uitspoeling is geweest (Figuur 3.7). Vanaf eind mei ontstaat er drainwater in de lysimeter en is er tot in september vrijwel continu drainwater. Daarna vlakkt het af en in de periode tot eind december geen drainwater meer. Het cumulatieve berekende overschot is vrijwel gelijk aan de gemeten uitspoeling. Dit houdt in dat de berekende verdamping een betrouwbare schatting is van de werkelijke verdamping.<sup>1</sup> In de periode maart tot oktober blijkt de verdamping voor het grootste deel afhankelijk van de straling. Na half oktober wordt de invloed van verwarming en vooral die van assimilatielicht groter. In de periode november / december is de assimilatiebelichting verantwoordelijk voor meer dan 50 % van de totale verdamping.

<sup>1</sup> Voor het kunnen berekenen van de verdamping moet de waarde van een aantal parameters gekozen worden. De belangrijkste zijn de 'stralingsfactor' en de 'verwarmingsfactor'. De waarde van de laatste is  $1.8 \cdot 10^{-4}$ . Dit is gebaseerd op onderzoek door De Graaf aan diverse gewassen, zonder specifieke informatie over Alstroemeria. Voor de stralingsfactor is 1.1 gekozen, gebaseerd op het eerder genoemde onderzoek bij Alstroemeria (Voogt, 2006, niet gepubliceerd).



**Figuur 3.7** Alstroemeria: cumulatieven van watergift, verdamping, berekend overschot en de gemeten uitspoeling via de lysimeter.

Met het oog op mogelijke verbeteringen in de watergeefstrategie naar 0-emissie, liggen er mogelijkheden. In de zomermaanden kan de gift nog wat worden verlaagd. In het winterhalfjaar ligt de watergift al beneden de verdamping.

### 3.2.2 Nutriënten

Het drainwater uit de lysimeter heeft een hoge EC waarde (Figuur 3.8). Deze is vrij constant op 4.5 mS/cm. De samenstelling wisselt echter, aanvankelijk is er ca 8 mmol/l  $\text{NO}_3^-$  aanwezig, dit stijgt door naar ca 14 mmol/l in zomer en najaar, waarbij  $\text{SO}_4$  en Cl relatief wat dalen. Aan de kationenkant blijkt er vrij veel Ca en Mg aanwezig, K is erg laag. De herkomst van de N is ongetwijfeld een restant van eerdere bemesting. Een klein deel kan afkomstig zijn uit vertering van veenresten; bij het uitgraven van de lysimeter werd veen aangetroffen in de ondergrond.

De hoge concentratie N in het drainwater, tezamen met het geproduceerde drainwater zorgt ervoor dat de totale emissie op ca 100 kg N/ha uitkomt (Figuur 3.9). Dit is gemeten over de periode mrt- dec. en wordt voornamelijk in de zomerperiode opgebouwd. Omdat de N-gift niet meer dan 500 kg N/ha jaar bedraagt is relatief gezien de uitspoeling aanzienlijk, met ruim 20 % van de gift.

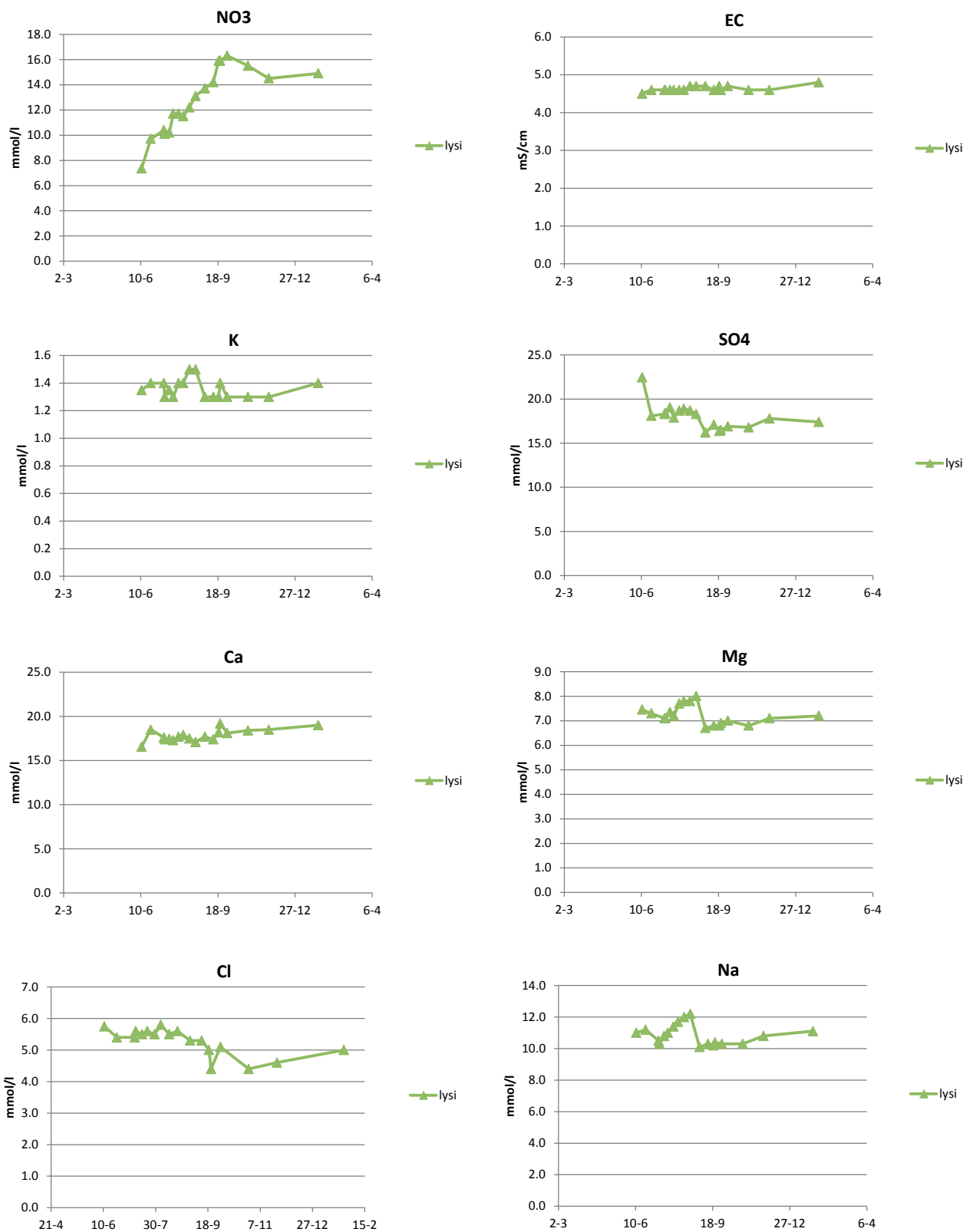
De P-uitspoeling is verwaarloosbaar klein, omdat klaarblijkelijk een groot deel van de P gebonden wordt in het profiel in de vorm van calciumfosfaten.

Om te achterhalen waar de hoge N cijfers in de drain van afkomstig zijn, is de grond tot op grote diepte in de lysimeter en daarbuiten onderzocht (Tabel 3.1) . Het blijkt dat de EC en de voedingselementen in de drie onderzochte lagen, zowel binnen als buiten de lysimeter erg hoog zijn. Er blijkt nauwelijks een verandering op te treden in EC en N naarmate diepere lagen bemonsterd worden. De EC c.q.  $\text{NO}_3^-$  in het drainwater van de lysimeter hebben derhalve wel te maken met hoog voedingsniveau in de bodem. Ook blijkt er geen verschil van betekenis tussen de lysimeter en de bodem daarbuiten. Dit betekent dat het hoge niveau niet te maken heeft met het grond omzetten vanwege de plaatsing van de lysimeter. Hoogstwaarschijnlijk heeft dit daarom te maken met een langjarige ophoping van nutriënten door bemesting. Het is aan te bevelen de EC van de gift aan te passen. De Na en Cl gehalten in de bodem zijn niet hoog, echter, gezien de zoutgevoeligheid van Alstroemeria is aan te bevelen deze niet verder op te laten lopen.

Tabel 3.1

Analyseresultaten van grondmonsters (1:2 extract) over 3 diepten bemonsterd in de lysimeter en in het teeltvak.

	pH	EC	K	Na	Ca	Mg	NO3	Cl	SO4
lysimeter	mS/cm			mmol/l					
3e	7.3	1.4	1.3	2.6	3.5	1.4	6.4	1.0	2.1
2e	7.4	1.3	1.5	2.3	3.2	1.3	5.9	0.8	1.9
1e	7.1	1.5	2.5	2.5	3.1	1.6	7.2	1.1	1.8
kas									
3e	7.4	1.1	0.8	2.3	2.3	1.0	5.1	0.6	1.0
2e	7.2	1.2	1.6	2.2	2.3	1.1	6.3	0.7	1.0
1e	7.1	1.4	3.0	1.9	2.4	1.3	7.4	0.8	1.1



**Figuur 3.8** Concentratie van nutriënten en zouten in de drain van de lysimeter bij Alstroemeria.



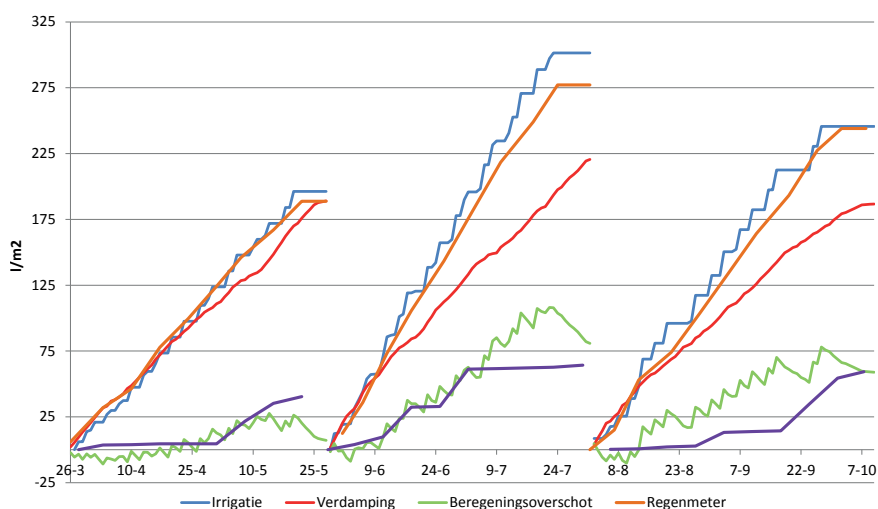
**Figuur 3.9** Cumulatieve berekende N gift en de berekende N-emissie uit de lysimeter bij de alstroemeri-teelt.

### 3.3 Snijbloemen: Chrysant

Als derde casus wordt de teelt van chrysanten behandeld. Bij chrysantentelers is al langer onderzoek gedaan aan de watergift en uitspoeling (Voogt *et al.* 2009; Voogt *et al.* 2012<sup>1</sup>; 2013; 2014). Zeer uiteenlopende resultaten zijn er gevonden, variërend van praktisch geen, tot vrij veel uitspoeling. Ook de verschillen in N-concentraties in de drain en daarmee de nutriënten emissies waren zeer aanzienlijk. De achtergronden voor deze verschillen zijn divers en waarschijnlijk terug te voeren op individuele factoren op de bedrijven. Effecten van grondsoort en hydrologie spelen mee, maar de inzichten van individuele telers over wat nodig is lijken te overheersen (Voogt *et al.* 2012). Naast de watergift speelt ook de strategie van de bemesting een belangrijke rol. Bij een chrysantenbedrijf met een lysimeter werden tijdens drie achtereenvolgende teelten gegevens verzameld over watergift, drain lysimeter, klimaat, bodemanalyses en bemesting. Ook werd wekelijks de gewasgroei en de mineralenopname door het gewas via metingen en bemonsteringen gevolgd. Een nauwkeurige beschrijving van de werkwijze en de resultaten zijn beschreven in (Abraham, 2015).

#### 3.3.1 Irrigatie

De watergift, geregistreerd via de computer komt goed overeen met de meting ter plekke via de regenmeters (Figuur 3.10). Wel is er stelselmatig iets minder gemeten in de regenmeters. Dit kan veroorzaakt zijn door een "ongelukkige" plaatsing van de regenmeters, die dan toevallig minder ontvangen dan wat de literteller (computer) registreert, of dat er werkelijk ter plaatse minder valt dan gemiddelde in het beregeningsvak. Het kan natuurlijk ook dat de literteller afwijkt, dit is in dit onderzoek niet verder nagegaan. Wel is bekend uit ander onderzoek dat er een behoorlijk verschil kan zijn tussen de geregistreerde gift en de werkelijkheid. Dit kan aanleiding zijn tot flink misverstand in interpretatie van de gietstrategie. Voor de berekeningen hier is uitgegaan van de geregistreerde watergift (computer).



**Figuur 3.10** Chrysant, cumulatieven van watergift (uit computer en gemeten via regenmeter), verdamping, berekend overschot en de gemeten uitspoeling via de lysimeter.

In de eerste teelt is de watergift vrijwel gelijk aan de berekende verdamping, met een netto berekend beregeningsoverschot van nagenoeg 0. Desondanks is er toch een beperkte hoeveelheid drain gemeten in de lysimeter, overeenkomend met ca 15 % van de gift. Dit is veroorzaakt in de tweede helft van de teelt toen er net iets meer water is gegeven dan de verdamping. De uitputting in de laatste week (er wordt dan geen water meer gegeven) komt uiteraard niet meer tot uiting in de lysimeter; er wordt geen water teruggegeven. In de tweede teelt is er – logischerwijs wan zomerperiode- beduidend meer water gegeven, echter de stijging in de gift is veel meer dan de toename van de verdamping. Het beregeningsoverschot loopt op tot ca 100 mm en eindigt uiteindelijk op 82 mm, 27 % van de gift. In de lysimeter wordt 65 mm gemeten (22 % drain). Hoewel de drain in de lysimeter in de eerste weken parallel loopt met het berekend overschot, is dit in de laatste weken van de teelt niet meer het geval. De oorzaak is niet duidelijk, het is aannemelijk dat de berekende verdamping onderschat is voor die periode, het was toen uitzonderlijk warm weer, zodat er meer is geventileerd dan gebruikelijk. Dit kan de verdamping sterk hebben gestimuleerd. Ook in de derde teelt is de watergift ruimer dan in de eerste teelt, het beregeningsoverschot bereikt een piekwaarde van 78 mm (31 %) en komt uiteindelijk uit op 59 mm (24 %). Via de lysimeter wordt eveneens een kleine 60 mm uitspoeling gevonden. Over de drie teelten is er een overschot van ca 20 % (Tabel 3.2) .

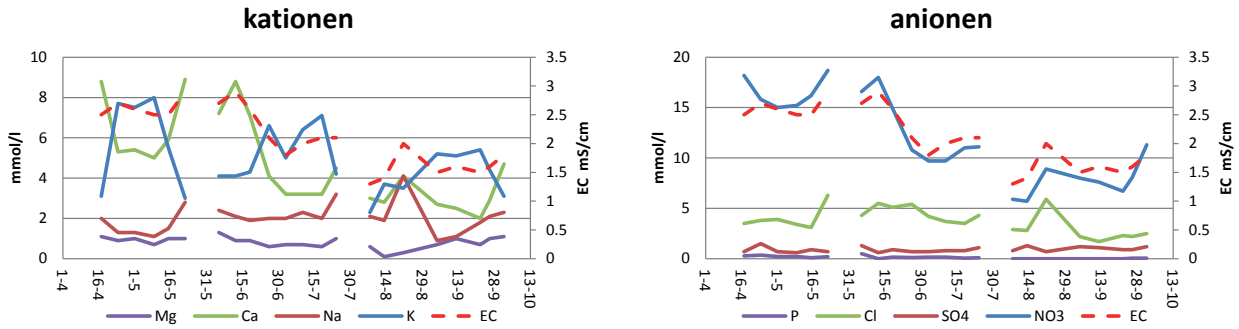
**Tabel 3.2**

Overzicht van de de waterbalans per teelt en het totaal.

teelt	gift	verdamping	ber. Overschot	drain	% drain
1	196	189	7	40	21%
2	301	221	81	64	21%
3	246	187	59	59	24%
totaal	743	596	147	164	22%

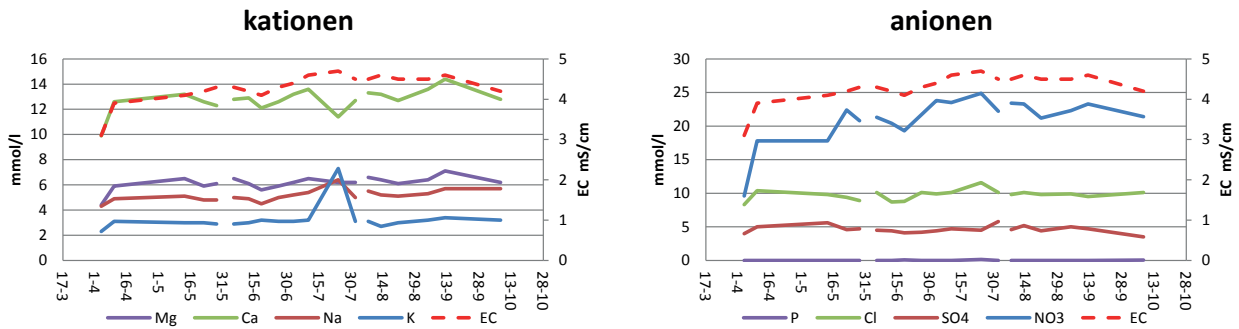
### 3.3.2 Nutriënten

Bij chrysan wordt uitsluitend gefertigeerd. Aanvankelijk is een hoge EC gegeven en in de loop van het seizoen is een lagere EC is gedoseerd. De concentraties in de gift zijn daarmee evenredig verlaagd (Figuur 3.11). Het valt op dat er vrij grote schommelingen zijn in de K en Ca concentraties, klaarblijkelijk wijzigt de ondernemer de samenstelling regelmatig. De aanwezigheid van Na in het gietwater duidt op het hergebruik van drainwater. De N ( $\text{NO}_3^-$ ) concentraties zijn aanmerkelijk gedaald in de loop van de teelt en lopen vrijwel parallel aan de EC.



**Figuur 3.11** Concentraties van kationen en anionen (mmol/l) en de EC waarde (mS/cm) gemeten in het beregeningswater.

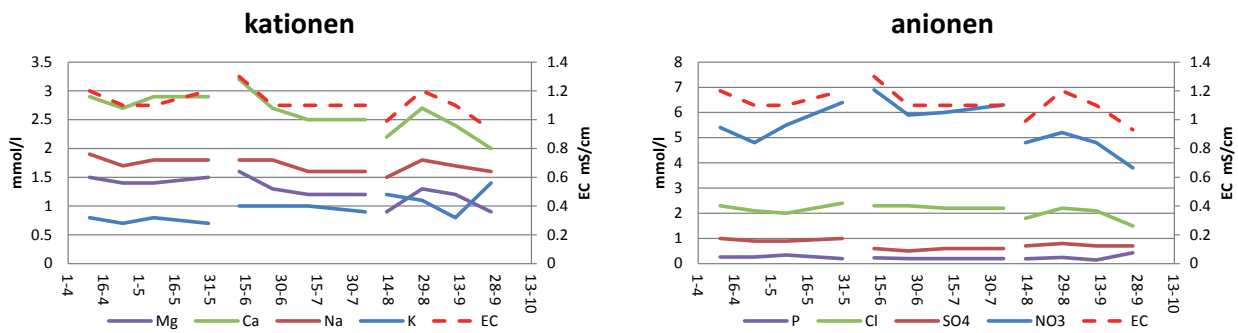
In het drainwater van de lysimeter is er echter weinig van de fluctuatie in de gift terug te vinden (Figuur 3.12). De EC is hoog, en wordt aan de kationenkant voor meer dan de helft bepaald door Ca en Mg en K is erg laag. Dit heeft alles te maken met de bodem, vastlegging van K en omwisseling met Ca en Mg, maar ook door oplossen van koolzure kalk. Het Na gehalte is vrij hoog, maar niet ongebruikelijk voor drainwater. Dit soort resultaten worden algemeen aangetroffen in de lysimeter analyses (Voogt *et al.* 2012). Aan de anionenkant is meer dan de helft van de EC opgebouwd uit  $\text{NO}_3^-$ , er is dus veel N uitspoeling. De P-concentratie is vrijwel nihil. De Cl is vrij hoog.



**Figuur 3.12** Concentraties van kationen en anionen (mmol/l) en de EC waarde (mS/cm) gemeten in het drainwater van de lysimeter.

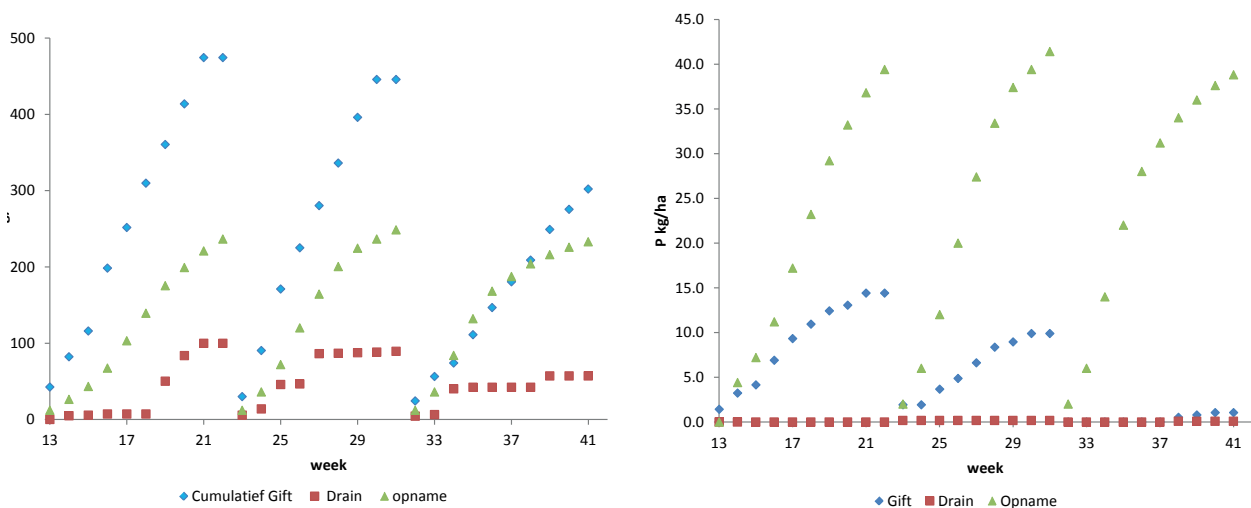
De concentraties in de bodem zijn ook vrij stabiel; er is weinig terug te vinden van de schommelingen in de gift. Wel is de tendens van EC daling in de loop van de tijd te zien. Dit komt vooral tot uiting komt in een daling van het Ca gehalte (Figuur 3.13). Dit kan goed samenhangen met de daling in EC-gift. De  $\text{NO}_3^-$  cijfers lijken aanvankelijk nog wat te stijgen, maar dalen in de derde teelt flink. Dit zal samenhangen met enerzijds de daling in de gift en anderzijds het hoge beregeningsoverschot.



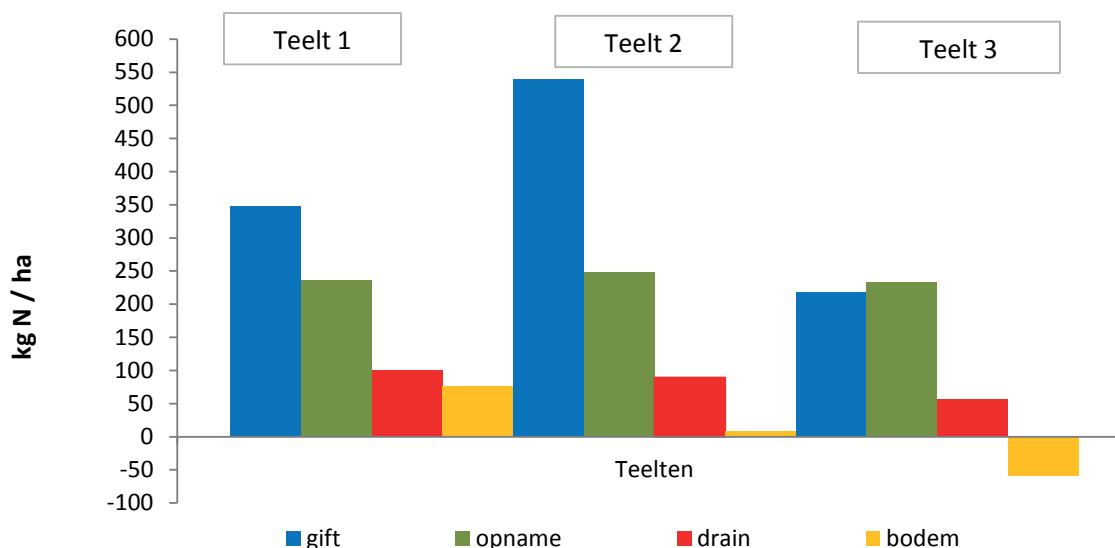


**Figuur 3.13** Concentraties van kationen en anionen (mmol/l) en de EC waarde (mS/cm) gemeten in de bodem, analyses via het 1:2 volume extract.

Uit de watrigheid en de gemeten concentraties zijn de totale vrachten van de nutriënten berekend. Dit is ook van de drainage gedaan. Van elke teelt is de totale opname van alle nutriënten bepaald, door een representatief aantal takken te oogsten, te meten en te analyseren op mineralen. Ook zijn wekelijks lengtemetingen gedaan. Aan de hand van de lengtemetingen is berekend welk deel per week opgenomen is. Deze data zijn uitgezet in de tijd tezamen met de gift en de drain (Figuur 3.14). Er is een groot verschil tussen gift en opname van N in de eerste twee teelten. Voor een deel draineert dit uit, een kleiner gedeelte is terug te vinden in een stijging van de gehalten in de bodem (Figuur 3.15). In de derde teelt zijn gift en drain wel in evenwicht en is er een daling in de bodem, dus put de bodem uit; dit getal is nagenoeg in overeenstemming met de uitspoeling. Het grote verschil in de balans in de eerste twee teelten kan niet uit de meetresultaten worden verklaard. Het is aannemelijk dat er wel wat denitrificatie is opgetreden. In eerder onderzoek is vastgesteld dat er bij chrysant 10-tallen kg/ha kunnen verdwijnen. De voorwaarden voor denitrificatie: bodemleven/ organisch materiaal/vrij NO<sub>3</sub>- zijn zeker aanwezig. Als er anaerobie optreedt gaat het proces van denitrificatie onmiddellijk van start, dit kan al bij een gietbeurt lokaal het geval zijn. Onduidelijk is waarom uit de balans bij de derde teelt dan geen denitrificatie zou blijken, terwijl de gietstrategie ten opzichte van de eerste en tweede teelt zeker niet droger van aard is.



**Figuur 3.14** Cumulatief berekende vracht aan N en P in kg/ha in de gift, drain en gewasopname voor drie achtereenvolgende chrysantenteelten.



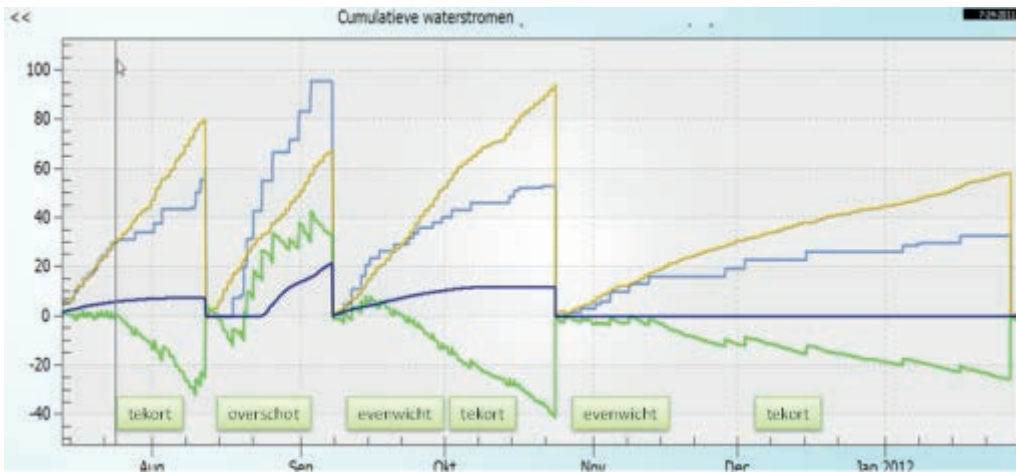
**Figuur 3.15** Balans van stikstof bepaald bij de drie teelten chrysant.

### 3.4 Werken met vochtsensoren

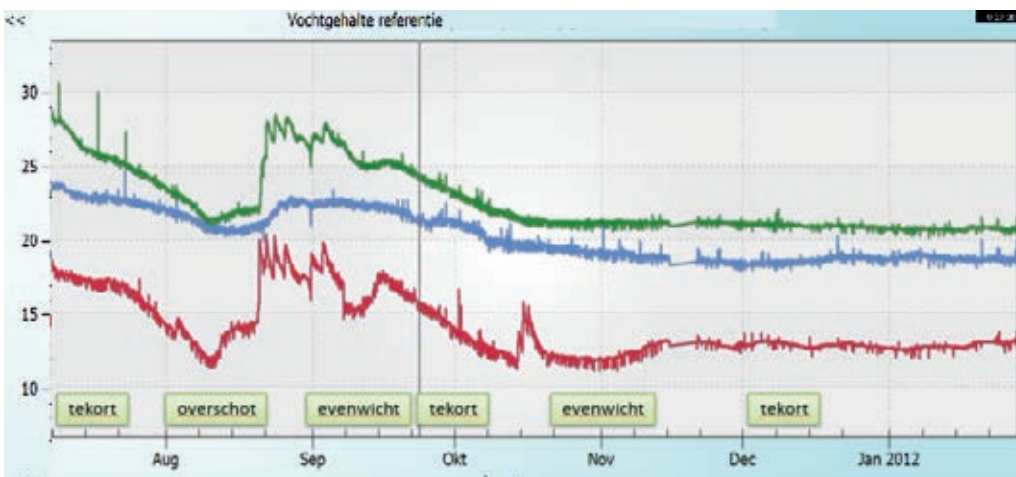
De interpretatie van meetdata van de vochtsensoren is vaak onderwerp van discussie met telers. In het project wordt daarom veel aandacht besteed aan het meekijken en meedenken met de telers of bedrijfsleiders. Het is ondoenlijk alle situaties die voorkomen te bespreken. In deze paragraaf worden een aantal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

#### Voorbeeld 1 Slateelt

In de slateelt (zandgrond, toplaag 20 cm met verhoogd organische stof, grondwater ca. 80 – 90 cm beneden maaiveld) 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 3.14). Illustratief is de reactie van de vochtsensoren op drie diepten (20, 35 en 60 cm; Figuur 3.15). 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 die zich voordoen 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 dan ook op 60 cm een stijging van het vochtgehalte zichtbaar. In de periode daarna, de herfst en winter, met langzame groei en weinig verdamping wordt beperkt berekend en is er netto indroging. Echter door de geringe hoeveelheid is de dynamiek niet groot. Bovendien lijkt de indroging geen effect op het verloop van de vochtgehalten, hoogstwaarschijnlijk is de capillaire aanvoer voldoende om het vochttekort aan te vullen.



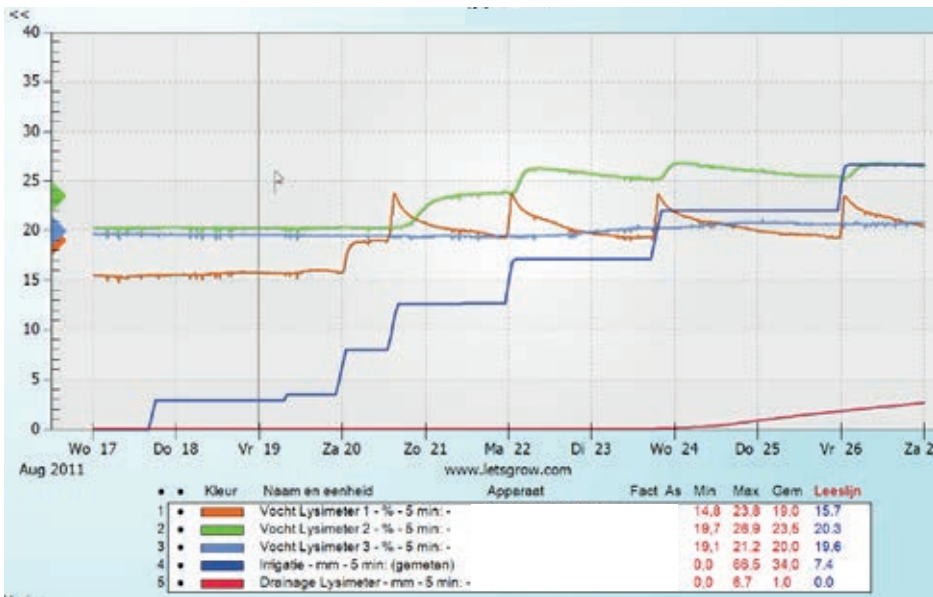
**Figuur 3.16** Cumulatieve watergift, berekende verdamping en berekend beregeningsoverschot van vier opeenvolgende slateelten.



**Figuur 3.17** 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.

### Voorbeeld 2 Chrysant

Een voorbeeld van het gedrag van de sensoren en vochtgehalten in een teeltsituatie bij chrysant is gegeven in Figuur 3.18. Het betreft een teelt op zandgrond met diep grondwater (2 – 3 m), vochtsensoren op drie diepten (20, 35 en 60 cm). Bij de start van een teelt is er – zoals vrijwel standaard, sprake van een relatief droge situatie. De aangietbeurt direct na het planten is vaak niet zichtbaar aan de vochtsensoren, omdat 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. Er is dus na-ijling van de lysimeter, omdat de draandiepte van de lysimeter zich op 90 cm bevindt en dus later reageert dan de sensor op 60 cm. Bij sommige bedrijven is gemeten dat dit na-ijlen soms wel een week kan duren (Voogt *et al.* 2009).



**Figuur 3.18** Watergift, drain in lysimeter en vochtgehalten op drie diepten bij een chrysantenteelt.

## 4 Discussie en conclusie

De resultaten behaald op de praktijkbedrijven laten opnieuw zien dat de variatie tussen bedrijven erg groot is. Sommige bedrijven blijken zeer goed in staat de watergift af te stemmen op de gewasbehoefte, waardoor er nauwelijks uitspoeling ontstaat. Bij andere bedrijven lukt dat niet altijd en zijn er bepaalde perioden waarin de uitspoeling groot is. Ondanks dat bepaalde bedrijven al een aantal jaren ervaring hebben opgedaan met de lysimeter blijkt dat de drain klaarblijkelijk niet altijd een parameter goede is om de watergift mede te helpen af te stemmen op de gewasbehoefte.

Met name in de zomermaanden blijkt dat vaak de watergiften hoger zijn dan de gewasbehoefte. Uit discussies met telers zijn daar allerlei redenen zijn voor. De keuze voor een bepaalde watergift heeft niet altijd met de gewasvraag of bodem als zodanig te maken. Bijvoorbeeld: werkdruk, waardoor men "even geen tijd heeft" en terugvalt op een standaardwijze van watergeven. Of het zekere voor het onzekere nemen als de groei tegenvalt of ongelijker is dan gewenst. Bij enkele telers overheerst ook de gedachte dat een hoge watergift – een waarbij uitspoeling optreedt – tot een hogere/betere productie en kwaliteit leidt.

Een aparte bespreking vraagt de biologische teler. De intenties bij deze telers zijn goed; men wil geen emissie. Dit blijkt uit de gevoerde irrigatiestrategie. Echter het gevaar van zoutophoping dat om de hoek ligt bij deze teeltwijze (inherent aan de beperkte keuzes aan meststofsoorten en daarmee onvermijdelijk aanvoer van meer zouten dan gewenst) is een risicofactor.

Er zijn enkele telers die veel aandacht geven aan het watergeven en daarbij gebruik maken van de tools. Voor met name het verloop van het vochtgehalte, gemeten met vochtsensoren is de aandacht groot. Het blijkt echter nog altijd lastig om de vertaalslag te maken van een gemeten vochtgehalte naar een actie in de vorm van een gift. Vaak heeft men een standaard patroon en past dit dan al naar gelang het vochtgehalte toe- of afneemt. Het blijkt dan dat de ingrepen bij een dalende trend vaak toch te fors zijn, waardoor er alsnog uitspoeling ontstaat. Vochtsensoren blijken wel een belangrijk hulpmiddel, echter naast de al eerder genoemde interpretatie zijn de plaatsing en de stabiliteit van het meetsignaal punten van zorg. Zodra er (ver-)storingen zijn in het meetsignaal of de meetwaarden sterk afwijken van het gevoel van de teler is het vertrouwen weg. Ook de fysieke plaatsing, met name bij teelten waar dit frequent voorkomt, kan dit het enthousiasme sterk verkoelen.

De berekende gewasverdamping komt vrij goed overeen met de werkelijkheid, valt af te leiden uit het verschil tussen het berekende overschot en de gemeten drain. Bij chrysanthe is er mogelijk een onderschatting in (warme) zomerperioden. Het is denkbaar dat dit samenhangt met sterkere verdamping van de berekening vanaf het gewas na een berekening. Dit is namelijk niet in de modellen opgenomen.

In de praktijk van het telen wordt de dagelijkse watergeefstrategie toch veelal bepaald door ervaring, waarbij vaste regimes de basislijn zijn. Aanpassingen worden vooral gedaan door de gift per moment bij te stellen naar gelang de straling hoger of lager is. Ook wordt veel gewerkt met een handmatige/visuele beoordeling van de grond vochtigheid aan de hand van een boring. De drain van de lysimeter speelt slechts een beperkte rol. De behoefte aan een goede vochtsensor is daarom groot, telers geven aan dat indien zij n zouden beschikken over een goede vochtsensor, daar wel degelijk rekening te houden met het patroon van uitspoeling.

De nutriëntenemissie (beoordeeld naar de probleemelementen) bestaat vrijwel uitsluitend uit stikstof. De emissie van fosfaat is verwaarloosbaar. De belangrijkste drijvende kracht achter de nutriënten emissie is het netto berekeningsoverschot. Niettemin zijn er ook in de bemesting verbeteringen mogelijk. Het blijkt dat er soms een groot N-overschot is omdat de concentraties in de drain aanzienlijk zijn. De oorzaak van de hoge N concentraties heeft een duidelijke link met hoge N gehalten in de bodem in de ondergrond. Dit blijkt pas bij het bemonsteren van drie teeltlagen. Het is wat vroeg voor conclusies, maar toch lijkt het erop dat er een hogere bemesting wordt aangehouden dan voor de voeding van het gewas nodig is. Dit teveel verplaatst zich naar de ondergrond en hoopt zich dan op. De hogere bemesting heeft vaak te maken bij de wens van telers een bepaalde EC te realiseren in de bodem, om bepaalde effecten op de groei of gewaskwaliteit te halen. Echter het is niet perse nodig om dit met N te doen. Onderzoek in het verleden heeft aangetoond dat dit ook kan met andere anionen. Praktisch gesproken zal dit betekenen dat in de voedingsoplossingen een deel van de  $\text{NO}_3^-$  zal moeten worden vervangen door  $\text{SO}_4$  of  $\text{Cl}$  meststoffen, hiermee kan toch de EC gerealiseerd

Door het wateroverschot terug te dringen is de emissie echter beheersbaar. Een nagenoeg 0-emissie voor N lijkt zeker haalbaar. Als daarnaast de bemestingsschema's aangepast worden naar lager  $\text{NO}_3^-$  kan ook het N-overschot teruggedrongen en lagere  $\text{NO}_3^-$  concentraties in de drain geven.

In de vervolgfase zal de nadruk daarom moeten komen te liggen op het toepassen van vochtsensoren. Hierbij zullen enerzijds richtlijnen moeten worden ontwikkeld voor het vochtgehalte in de wortelzone. Anderzijds zal het verloop van de waarden bij de diepste sensoren gekoppeld moeten worden aan het verloop van de drainage in de lysimeter. Hiermee kunnen dan indicatoren worden ontwikkeld die uitspoeling signaleren.

## 5 Conclusies

- 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 géén sensor die aan álle 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:
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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. Dit risico is met name groot voor biologische telers, aangezien zij vanwege beperkte meststofkeuzes al met een hogere zoutbelasting te maken hebben.
- 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.
- 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.
- De emissie is soms nog zeer fors, in deze richting is nog veel winst te behalen. Met name ook de bemesting kan worden geoptimaliseerd.
- Het systeem, waarvan de ontwikkeling in het voorgaande project is gestart en nu een doorontwikkeling heeft meegemaakt, geeft perspectief om op de lange termijn in de grond te kunnen blijven telen. Emissies kunnen voor de teler inzichtelijk worden gemaakt, wat direct bijdraagt aan de bewustwording. Zo kan een teler voldoen aan de zorgplicht voor grondgebonden teelten. De kennis zal leiden tot het verder ontwikkelen van strategieën en maatregelen zodat emissies tot een minimum kunnen worden beperkt.





## 6 Referenties

- Abrahamo, Camilla, 2015.  
Water and nutrient balance of a chrysanthemum crop. Wageninigen UR Glastuinbouw (Rapport/ Wageningen UR Glastuinbouw) (in preparation).
- 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., A. Huys en R.H.M. Maaswinkel, 2000.  
Toetsing fertigatiemodel. Proefstation voor Bloemisterij en glasgroente, Naaldwijk, Intern Rapport, 36 pp.
- 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.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., Bos, A.L. van den. Huys, A.H. 2002.  
Toetsing van het fertigatiemodel in de praktijk; resultaat van toetsing op vier bedrijven met jaarrondchrysant, periode 2000 – 2001. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, sector glastuinbouw, Naaldwijk, Intern rapport.
- Voogt, W., A. van Winkel, A.J. Corsten. 2004.  
Reductie uitspoeling bij chrysant; Implementatie en toetsing van het fertigatiemodel bij drie bedrijven met chrysantenteelt. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Naaldwijk, Intern rapport december 2004.
- Voogt, W., A. van Winkel, B. Houter. 2009.  
Ontwikkeling en toetsing van lysimeter voor chrysantenbedrijven met diep grondwater; Meetinstrument voor N en P emissie. Wageningen UR glastuinbouw, Rapport GTB 245.
- 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.
- Voogt, W. ; Balendonck, J. ; Heinen, M. ; Helm, F.P.M. van der; Janse, J. ; Swinkels, G.L.A.M., 2014.  
Implementatie emissie-managementsysteem grondgebonden teelten Beiswijk : Wageningen UR Glastuinbouw, (Rapport / Wageningen UR Glastuinbouw 1312)
- Voogt, W. ; Balendonck, J. ; Winkel, A. van; Janse, J. ; Swinkels, G.L.A.M. , 2015.  
Emissie-management grondgebonden teelten : Monitoring water en meststoffen op praktijkbedrijven en ontwikkeling robuuste vochtsensor in 2014. Wageningen UR Glastuinbouw, (Rapport / Wageningen UR Glastuinbouw 1351) - p. 36
- Voogt, W., 2015.  
Verkenning kwel-beperkende maatregelen voor grondgebonden kasteelt : tussenrapport. Bleiswijk : Wageningen UR Glastuinbouw, (Rapport / Wageningen UR Glastuinbouw 1359) - p. 36









To explore  
the potential  
of nature to  
improve the  
quality of life



Wageningen UR Glastuinbouw  
Postbus 20  
2665 ZG Bleiswijk  
Violierenweg 1  
2665 MV Bleiswijk  
T +31 (0)317 48 56 06  
F +31 (0) 10 522 51 93  
[www.wageningenur.nl/glastuinbouw](http://www.wageningenur.nl/glastuinbouw)

Glastuinbouw Rapport GTB-1363

Wageningen UR Glastuinbouw initieert en stimuleert de ontwikkeling van innovaties gericht op een duurzame glastuinbouw en de kwaliteit van leven. Dat doen wij door toepassingsgericht onderzoek, samen met partners uit de glastuinbouw, toeleverende industrie, veredeling, wetenschap en de overheid.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.