

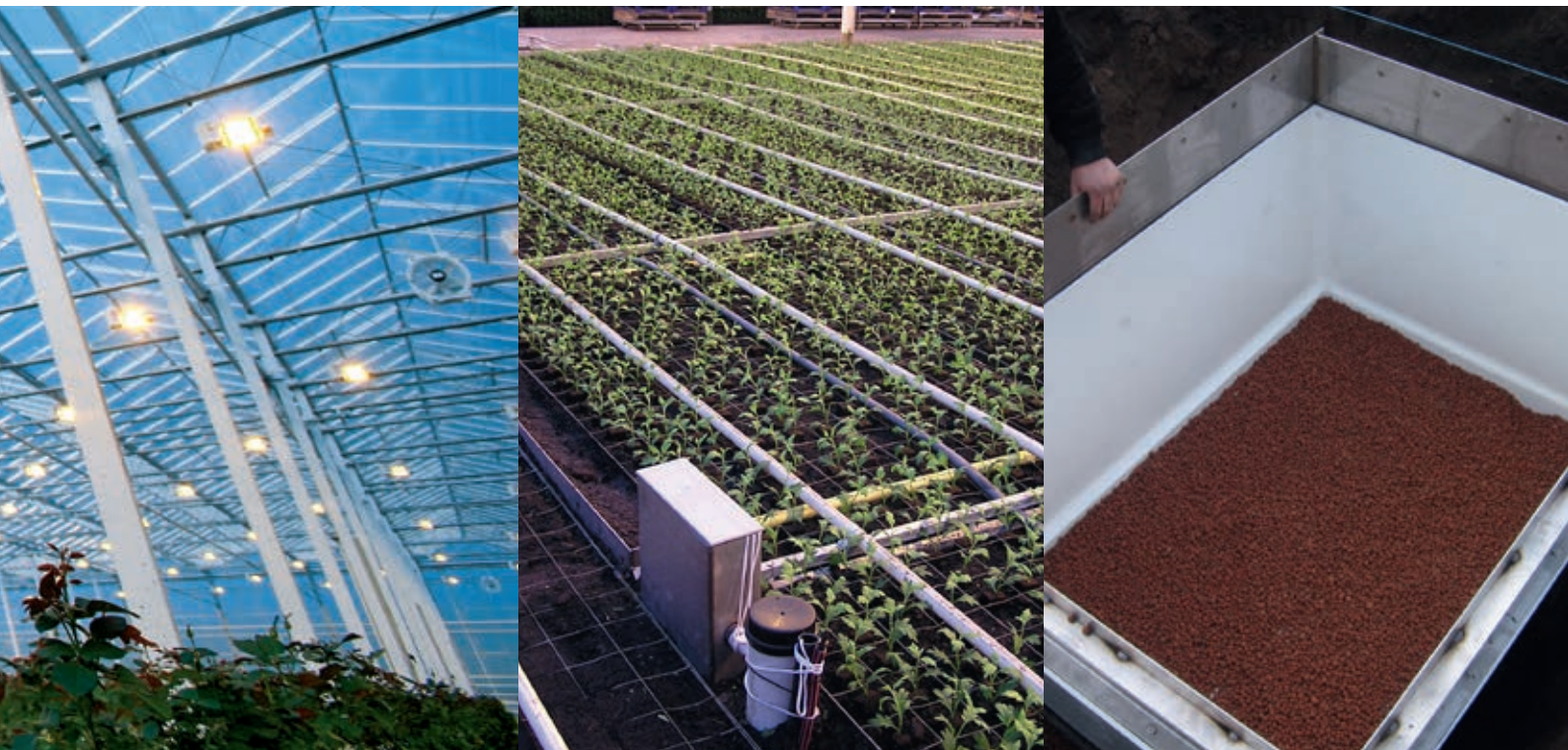


# Ontwikkeling emissie-managementsysteem grondgebonden teelt; de lysimeter en drainmeter

Wim Voogt<sup>1</sup>, Frans Zwinkels<sup>2</sup>, Jos Balendonck<sup>1</sup>, Hennie van Dorland<sup>3</sup>, Aat van Winkel<sup>1</sup>, Marius Heinen<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Wageningen UR Glastuinbouw <sup>2</sup> Zwinkels projecten en advies <sup>3</sup> Wageningen UR Agrotechnology & Food Sciences Group

<sup>4</sup> Wageningen UR Alterra



## Referaat

Het doel was het ontwikkelen van een aantal hulpmiddelen voor telers van grondgebonden teelten, waarmee zij emissiedoelstellingen kunnen halen. De leidende gedachte hierbij is dat een gesloten waterkringloop als bij substraatteelten onhaalbaar is. Emissiereductie zal vooral via het waterspoor behaald moeten worden en daarom is een aanpak van de input kant, via irrigatie afgestemd op de evapotranspiratie, het meest effectief. Voor het ontwerp van een robuuste lysimeter zijn in nauw overleg tussen telers en onderzoekers de randvoorwaarden geformuleerd. Samen met toeleverende bedrijven is de lysimeter ontworpen en op negen bedrijven geïnstalleerd en gedurende ruim 1.5 jaar getest. De bijbehorende drainmeter is eveneens ontworpen, gebouwd en getest. Na ongeveer een halfjaar bleek een herontwerp van de drainmeter noodzakelijk vanwege een aantal grote knelpunten. Bij het herontwerp is nauw overlegd met installatiebedrijven. De nieuwe robuuste drainmeter is vervolgens uitvoerig getest en is daarna op alle bedrijven geïnstalleerd.

## Abstract

For soil grown greenhouse crops a closed water chain is beyond reach. Therefore the project 'Greenhouse Crops Waterproof -soil bound' aimed at the improvement of the water management, by matching irrigation to the crops demand. For this purpose a set of tools was developed to support growers in their operational decisions. At the start the preconditions for the system consisting of a lysimeter and a drainage meter were developed. Next, a robust version of the lysimeter with an integrated automatic drainage monitoring device was developed, in close cooperation with growers and technical supplies companies. This system was installed in the greenhouse of nine growers of flowers and vegetable crops; among them several soil types and hydrological conditions. During the test it appeared that the drainage meter was too susceptible for clogging and corrosion. Therefore, a new type drainage meter was developed, installed, and tested.



© 2012 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Wageningen UR Glastuinbouw.

## Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Violierenweg 1 Bleiswijk  
: Postbus 20, 2265 ZG Bleiswijk  
Tel. : 0317-485606  
E-mail : [glastuinbouw@wur.nl](mailto:glastuinbouw@wur.nl)  
Internet : [www.glastuinbouw.wur.nl](http://www.glastuinbouw.wur.nl)

# Inhoudsopgave

|   |   |    |
|---|---|----|
|   | Voorwoord   | 5  |
|   | Samenvatting  | 7  |
| 1 | Inleiding   | 9  |
|   | 1.1 Grondgebonden teelten                                       | 9  |
|   | 1.2 Aanpak  | 10 |
|   | 1.3 Wat vooraf ging   | 10 |
|   | 1.3.1 Foliebakken   | 10 |
|   | 1.3.2 Modelstudie   | 11 |
|   | 1.3.3 Lysimeter met beweegbare bovenrand                        | 11 |
|   | 1.4 Doel  | 12 |
| 2 | De lysimeter  | 13 |
|   | 2.1 Beschrijving van de lysimeter                               | 13 |
|   | 2.2 Meting uitspoeling  | 14 |
|   | 2.3 Ontwerp voor een robuuste Lysimeter (KRW)                   | 14 |
|   | 2.3.1 Eisen ten aanzien van betrouwbaarheid van de meetwaarden: | 14 |
|   | 2.3.2 Eisen vanuit teelttechniek                                | 15 |
|   | 2.3.3 Eisen robuustheid lysimeter                               | 15 |
|   | 2.3.4 Fotoserie lysimeter                                       | 16 |
|   | 2.3.5 Plaatsing   | 17 |
|   | 2.3.6 De meetopstelling   | 18 |
|   | 2.3.7 Het ontwerp   | 18 |
| 3 | Drainmeting   | 21 |
|   | 3.1 Ontwerp 1   | 21 |
|   | 3.1.1 Fotoserie drainmeter 1                                    | 22 |
|   | 3.2 Ontwerp 2   | 23 |
|   | 3.3 Regenmeter  | 24 |
|   | 3.3.1 Fotoserie drainmeter 2                                    | 25 |
| 4 | Installaties en test  | 27 |
|   | 4.1 Lysimeter   | 27 |
|   | 4.1.1 Fotoreportage plaatsing lysimeter                         | 28 |
|   | 4.2 Drainmeter  | 29 |
| 5 | Kosten  | 31 |
| 6 | Discussie en conclusie  | 33 |
| 7 | Literatuur  | 35 |

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Bijlage I   | Werktekening lysimeter, biobedrijven               | 37 |
| Bijlage II  | Werktekening drainkoker                            | 39 |
| Bijlage III | Werktekening lysimeter (chrysanth en zomerbloemen) | 41 |
| Bijlage IV  | Werktekening nieuwe drainmeter                     | 43 |
| Bijlage V   | Werktekening schakelkast nieuwe drainmeter         | 45 |
| Bijlage VI  | Functionele eisen drainmeter                       | 47 |

# Voorwoord

Dit achtergrondrapport is verschenen binnen het project 'Glastuinbouw Waterproof - Grondgebonden'. Het project werd gefinancierd door het Productschap Tuinbouw (PT, Zoetermeer) met subsidie van Agentschap NL (ministerie van Milieu & Infrastructuur) in het kader van de 2<sup>e</sup> tender Regeling Innovatieprogramma Kaderrichtlijn Water. Het project is een samenwerkingsverband tussen onderzoeks- en kennisinstellingen en is ondersteund door een aantal partners vanuit de waterschappen en de tuinbouwtoelevering. De penvoering werd gedaan door het Productschap Tuinbouw, en de dagelijkse uitvoering vond plaats door de onderaannemers: Wageningen UR Glastuinbouw, Wageningen UR Alterra en LTO-Groeienservice. De volgende partners maakten deel uit van het project: de waterschappen Rivierenland, Peel- en Maasvallei, Hollandse Delta en de hoogheemraadschappen Delfland, Hollands Noorderkwartier, daarnaast de tuinbouw toeleveringsbedrijven Hoogendoorn BV, Hortimax BV en Priva BV. Voor dit project was een begeleidingscommissie ingesteld; een voortzetting van de bestaande klankbordgroep uit de werkgroep emissienormen van het Platform Duurzame Glastuinbouw, aangevuld met enkele telers. De commissie bestond uit: Wouter Verkerke (vz)(WUR-glastuinbouw), Marianne Mul (Unie van Waterschappen), Guus Meijs (LTO Noord Glaskracht), Jolanda Schrauwen (Hoogheemraadschap Delfland), Martine Tieleman (gemeente Westland) Ruud Theunissen (min VWI), (Arno Krielen (Waterschap Rivierenland), Jos Ammerlaan (chrysantenteler, Bleiswijk), Jean Aerts (chrysantenteler, Venlo).

Experimenten werden uitgevoerd bij negen grondgebonden telers in de regio's Limburg, Brabant, Zuid-Holland. Op verzoek van de landelijke gewascommissies chrysanten- en sla/radijs zijn door het productschap tuinbouw nog twee kleinere aanpalende projecten gefinancierd om op een aantal extra chrysanten en een slabedrijf het systeem te implementeren en te testen. De resultaten van die projecten worden in deze rapporten ook integraal meegenomen.

Het project en was beoogd van januari 2010 t/m dec 2011. Echter door vertragingen bij de gunning, zowel bij Agentschap als bij de co-financier Productschap Tuinbouw is het project feitelijk pas in augustus 2010 gestart. Door verlenging kon worden doorgedaan met de implementatie, toepassing en toetsing tot en met juni 2012, daarna is nog een periode aan de rapportage gewerkt. Hoofddoel van het project was het ontwikkelen van een emissie-managementsysteem voor de grondgebonden teelten en dit vervolgens te toetsen in de praktijk.

De rapportage is gedaan op de vier hoofdlijnen in het project.

1. Ontwikkeling en testen van de lysimeter en bijbehorende drainmeter,
2. Ontwikkelen van een systeem voor de datacommunicatie en toepassing van bodemvochtsensoren
3. Toepassing van rekenkundige modellen in het emissie-management systeem
4. Toepassing van het emissie-management systeem op praktijkbedrijven.

De werkzaamheden waarover in deze rapporten wordt gerapporteerd zijn mede tot stand gekomen in samenwerking met de volgende personen:

Frank van der Helm, Jan Janse, Hans Janssen en Gert-Jan Swinkels, medewerkers WUR-glastuinbouw, Simone Verzandvoort, Willy de Groot, Gerben Bakker, Henk Vroon, Jan Wesseling, en Klaas Oostindie, medewerkers Alterra.

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.

Margreet Schoenmakers, John van der Knaap, Aad Vernooy en Kees Zuidgeest, medewerkers LTO-groeienservice.

De telers en bedrijfsleiders van de negen bedrijven worden bedankt voor hun gastvrijheid en medewerking.





# Samenvatting

Het hoofddoel van het project 'Glastuinbouw Waterproof, grondgebonden' was het ontwikkelen van een aantal middelen voor telers van grondgebonden teelten, waarmee zij emissiedoelstellingen kunnen halen. De leidende gedachte hierbij is dat een gesloten waterkringloop zoals toegepast bij substraatteelten onhaalbaar is. Emissiereductie zal vooral via het waterspoor behaald moeten worden en daarom is een brongerichte aanpak, de irrigatie afgestemd op de evapotranspiratie, het meest effectief. Het project omvatte in de eerste plaats het ontwikkelen en combineren van een aantal technische hulpmiddelen en in de tweede plaats het installeren en testen in de praktijk. In dit rapport worden de lysimeter en de bijbehorende drainmeter besproken.

De lysimeter is een apparaat waarmee de uitspoeling naar de ondergrond c.q. het drainagesysteem kan worden bepaald. Het principe bestaat uit een bak in de grond van ca. 90 cm diepte en een voldoende groot oppervlak om representatief te zijn voor de kas. Randvoorwaarden zijn opgesteld om de lysimeter te kunnen toepassen in de praktijk van een kasomgeving en teeltsituaties. Vervolgens is in overleg met telers en technische toeleveranciers een zogenaamde robuuste lysimeter ontworpen. Het ontwerp was gebaseerd op resultaten uit voorgaande projecten. In het ontwerp is rekening gehouden met alle mogelijke randvoorwaarden, zoals de praktische inpasbaarheid vanwege de teelten, teeltsystemen, kasconstructie, mechanisatie, watergeefsystemen e.d., alsmede randvoorwaarden vanwege de bodemfysica, hydrologie en meetbaarheid. Dit alles onder de voorwaarden van technische uitvoerbaarheid en een realistische kostprijs.

Als essentieel noodzakelijk onderdeel verbonden aan de lysimeter moest ook een automatische continue drainmeter worden ontwikkeld. Het aanvankelijke ontwerp was een geïntegreerd systeem, met pomp, pompschakeling, meetapparaat en dataopslag en -communicatie, het geheel ook compact gemonteerd, op uitdrukkelijke wens van de telers. De ontwerpen zijn beschreven in een technisch document, dit is beschikbaar gesteld aan installatiebedrijven.

Vervolgens zijn de systemen op negen bedrijven geïnstalleerd en gedurende ruim 1.5 jaar succesvol getest.

Na ongeveer een halfjaar bleek een herontwerp van drainmeter noodzakelijk vanwege een aantal grote knelpunten. Het bleek dat het drainwater in een aantal gevallen door ijzer- kalk- of slibafzetting ernstige verstoppingen veroorzaakte in het pomp- of het meetsysteem. Ook bleek het systeem dermate gevoelig voor vochtinwerking dat de elektronica geregeld uitviel. Om deze redenen is besloten tot een drastische aanpassing van het meetsysteem. Een nieuw ontwerp werd gemaakt met in de eerste plaats bovengrondse plaatsing van alle apparatuur, in de tweede plaats met zo min mogelijk bewegende delen, en in de derde plaats de toepassing van zelfaanzuigende pompen die ongevoelig zijn voor verstoppende componenten in het water. Een prototype is eerst gedurende een halfjaar getest, vervolgens is dit op alle bedrijven geïnstalleerd. Bij dit proces is nauw samengewerkt met installatiebedrijven.

Uit de praktijktest bleek dat de lysimeter prima voldeed, er deden zich geen noemenswaardige problemen voor met de gewasgroei, ook zetting van de bodem bleek geen bottleneck. Bij een geringe watergift bestaat het gevaar voor uitdroging, additioneel zal handmatig water in de bak moeten worden gegeven. Randapparatuur zoals de drainmeter moet robuust worden uitgevoerd, drainwater kan gemakkelijk verstoppingen geven en er mag geen elektronica in contact komen met vocht. De lysimeter blijkt wel een traag reagerend systeem en is daarom niet bruikbaar voor directe terugkoppeling op de watergift.

Het ontwikkelen van een set technische hulpmiddelen voor telers, waarmee zij het watermanagement kunnen verbeteren is gehaald. Ondanks nog een aantal technische onvolkomenheden is het een bruikbaar instrument en geeft inzicht in de waterstromen in de bodem.

In drie andere achtergrondrapporten van dit project wordt nader ingegaan op watergehaltesensoren en modulaire opbouw (Balendonck *et al.* (2012), gebruik van modellen (Heinen *et al.* 2012) en de toepassing van het systeem in de praktijk (Voogt *et al.* 2012).



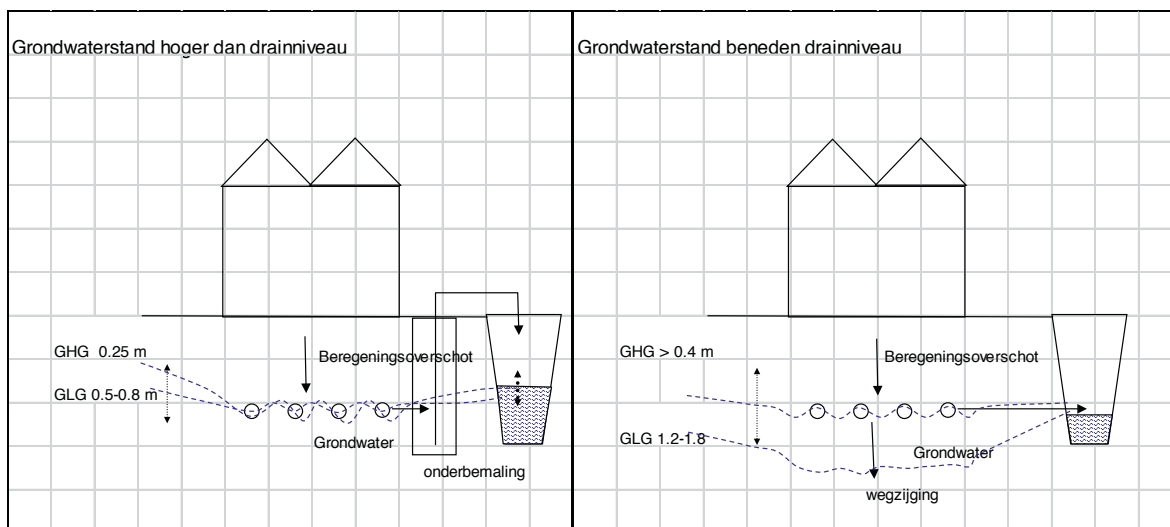


# 1 Inleiding

## 1.1 Grondgebonden teelten

De uitspoeling van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen vanuit glastuinbouwbedrijven vormt een knelpunt voor het halen van KRW (kaderichtlijn water) en NR (nitraatrichtlijn) doelstellingen. Bij de substraatteelten wordt de problematiek aangepakt via gesloten waterkringen. Voor grondgebonden teelten is die oplossingsrichting meestal niet mogelijk en ook niet effectief. Ondanks een grote omschakeling van grond naar substraatteelt in de afgelopen 30 jaar is er een stabiel areaal van circa 20% grondgebonden teelten (Voogt *et al.* 2009). Bij deze teeltwijze is een beregeningsstrategie gericht op overschot gebruikelijk. Voor de meeste telers vormt de bodem een 'black box', en is gevoel en ervaring een belangrijke factor bij de uitvoering van beregening. Het gevolg is een ongecontroleerde uitspoeling van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen. Sluiting van de waterketen is bij grondgebonden teelten niet mogelijk. Bij situaties met drainagesystemen werkt de hydrologische situatie verstorend. Er kan sprake zijn van kwel, inzijging of wegzijging. Bovendien, in situaties waar het grondwater gemiddeld dieper zit dan het niveau van de drainage, werkt een drainagesysteem niet, of ontbreekt ook vaak (Figuur 1.). Om die reden is voor grondgebonden teelt een andere benadering gekozen, namelijk een aanpak bij de bron. Dit project richt zich volledig op dit uitgangspunt, door de watergift en bemesting af te stemmen op de behoefte van het gewas en zodoende de uitspoeling naar oppervlaktewater en grondwater te minimaliseren.

De huidige stand van zaken is dat grondteeltbedrijven globaal in twee categorieën te verdelen is. Enerzijds zijn er de verouderde bedrijven, die ook niet meer zullen innoveren en waarvan verwacht mag worden dat het grootste deel binnen enkele jaren zal zijn gesaneerd. Daarnaast zijn er moderne tot zeer moderne kapitaalintensieve bedrijven, met moderne apparatuur. Echter, slechts sporadisch gebruikt men beslissingsondersteunende middelen om de watergift af te stemmen op de gewasbehoefte. Gebleken is dat men vooral gebruik maakt van gevoel en ervaring, of vaste patronen. Ondanks dat het gebruik van tensiometers (een sensor om de waterpotential in de bodem te meten, wat een relatie heeft met het watergehalte) door bijvoorbeeld 'Groen Label Kas' wordt geadviseerd, worden deze niet gebruikt. Ook een modelmatige berekening van gewasbehoefte of het -verbruik, zoals een verdampingsmodel, wordt nog niet veel toegepast.



Figuur 1. Schematische weergave van twee situaties van grondwater en een drainagesysteem. De linker Figuur is het systeem met onderbemaling in gebieden met een hoog grondwaterpeil, de rechter situatie doet zich voor met constant of periodiek een lagere grondwaterpeil dan het drainiveau.

## 1.2 Aanpak

Er is een aanpak gekozen om telers te voorzien van een 'beslissingsondersteunend systeem'. De kern hiervan wordt gevormd door een lysimeter, een meetinstrument waarmee de omvang van de emissiestroom kan worden gemeten. De meetdata hiervan zijn op zichzelf al waardevol en kunnen door de teler gebruikt worden om zijn beregeningsstrategie aan te passen en daarmee emissiereductie te realiseren. Uit het voorgaande onderzoek bleek dat de lysimeter een traag systeem is. Door de traagheid van het systeem is de lysimeter alleen onvoldoende om de watergift goed af te stemmen op de behoefte. Door de data van de lysimeter samen met andere meetwaarden zoals bodemvochtmetingen te koppelen aan data uit de procescomputer die veel telers gebruiken en hiervoor software te ontwikkelen, zou een krachtig instrument kunnen ontstaan dat de 'black box' inzichtelijk kan maken. Een dergelijk programma kan een teler werkelijk in staat stellen zijn watergift en bemesting af te stemmen op de situatie en de emissie te beheersen.

Het geheel van lysimeter, randapparatuur en software wordt in een praktijkexperiment getest.

## 1.3 Wat vooraf ging

### 1.3.1 Foliebakken

In de periode 2008 - 2010 is in verschillende projecten ervaring opgedaan met lysimeters in de praktijk. Als eerste is dit uitgevoerd bij vier biologische teeltbedrijven. Deze zogenaamde 'foliebakken' waren gemaakt van stoombaar folie, ingegraven en ter plaatse geconstrueerd (afb. 1). Voor de biologische bedrijven zijn destijds de wanden tot aan maaiveldhoogte gemaakt. Vervolgens is een project opgestart bij vijf chrysantentelers, waar met hetzelfde systeem is gewerkt. Echter op aandrang van de telers is om praktische redenen de bak uitgevoerd tot op 30 - 40 cm diepte, zodat bij een teeltwisseling ongehinderd grondbewerking kon worden uitgevoerd. Gebleken is dat de foliebakken om meerdere redenen niet voldoen.

- De robuustheid laat te wensen over, na twee jaar telen bleek de folie bij een aantal bedrijven bros te worden en gemakkelijk af te breken.
- De wand van de folie lijkt in de teelt gemakkelijk in het profiel in te zakken (harmonica-effect)
- Het ontbreken van een bovenrand bij de chrysanten maakt de betrouwbaarheid van de meting onvoldoende (zie ook: Bakker *et al.* 2010).

De resultaten van dit project zijn uitvoerig beschreven in Voogt *et al.* (2009).

Echter afgezien van een aantal technische knelpunten is er voldoende perspectief gebleken voor de verdere ontwikkeling van de lysimeter met als doel het te kunnen gebruiken in een teeltsituatie.



Een eerder model van de lysimeter gemaakt van stoomfolie.

## 1.3.2 Modelstudie

De werkgroep emissienormen, ingesteld door het 'Platform Duurzame Glastuinbouw' was bijzonder geïnteresseerd in de ontwikkelingen om de uitspoeling te meten bij teelten in kasgrond. Er bleek behoefte aan een betrouwbaar en duurzaam meetinstrument om de emissies te meten. Uit de voorgaande projecten waren een aantal knelpunten gekomen die dit in de weg stonden. Er is daarom een project geformuleerd en uitgevoerd dat onder andere als doel had de randvoorwaarden en knelpunten voor een robuuste en betrouwbaar lysimeter systeem te inventariseren. Als belangrijkste resultaat kwam naar voren dat de wand van de lysimeter tot aan het maaiveld door moet lopen om capillair contact en diensgevolge waterbeweging tussen de bodem in en buiten de bak te voorkomen. Ook werd duidelijk dat de lysimeter in principe even diep moet zijn als de grondwaterstand in de referentiesituatie. In het geval de grondwaterstand (veel) lager is dan de onderrand van de lysimeter zal bij een vrije drainage dit leiden tot een onderschatting van de uitspoeling. Een lysimeter waarbij de zuigspanning onderin de bak geregeld wordt met een drukgeregelde poreuze plaat geeft de beste resultaten. De resultaten zijn beschreven in Bakker *et al.* 2010.

## 1.3.3 Lysimeter met beweegbare bovenrand

Om tegemoet te komen aan het genoemde bezwaar van het ontbreken van een bovenrand is vanaf februari 2010 gewerkt aan de ontwikkeling van een prototype met beweegbare bovenrand. Dit prototype is ontwikkeld door studenten van TU-Delft en in samenwerking met 'Zwinkels Projecten en Techniek' afgebouwd. Dit prototype is geplaatst in een kasafdeling bij Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk. De bedoeling was dit prototype door te ontwikkelen tot een voor de praktijk bruikbaar model dat door de (tuinbouw)-toeleverende industrie kan worden geproduceerd. Dit traject is in gang gezet, onder andere door het prototype als basis te nemen, de formulering van een lijst met verbeterpunten en een lijst met productspecificaties te maken. Echter gebleken is dat vanwege een groot aantal technische knelpunten en de zeer hoge kosten dit niet haalbaar zou zijn (Verkerke, 2011).



*Het prototype van de lysimeter met beweegbare bovenrand, voor de plaatsing in de grond in een kas in Bleiswijk.*

Omdat de praktijk echter geen of weinig vertrouwen had in de bestaande foliebak, is besloten tot een koerswijziging in het KRW-project. In nauw overleg met vertegenwoordigers van de groep telers is een praktijktype robuuste lysimeter ontwikkeld.

## 1.4 Doel

Binnen het project 'Glastuinbouw waterproof grondgebonden', ontwikkelen van de randvoorwaarden voor een praktisch geschikte, robuuste lysimeter en een bijbehorende automatische drainmeter. Vervolgens het ontwerpen en construeren, installeren en testen van de lysimeter.



*Het ontwerp van een verbeterde versie van de lysimeter is gedaan in nauw overleg tussen telers, onderzoekers en technische specialisten.*

## 2 De lysimeter

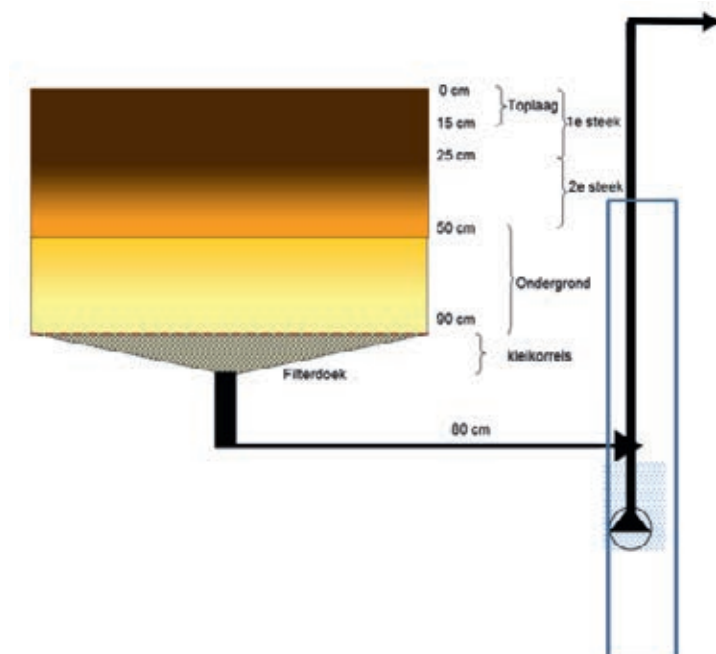
### 2.1 Beschrijving van de lysimeter

De lysimeter is een instrument dat al lang in landbouwkundig wetenschappelijk onderzoek wordt toegepast (Weihermüller *et al.* 2007). Hiermee worden water en opgeloste stoffen op een gewenste diepte beneden de wortelzone opgevangen. Lysimeters zijn meestal onderdeel van wetenschappelijke onderzoeksprojecten.

In feite is het niet anders dan een grote bak met grond waarin planten worden geteeld en waarbij men de watergift en het verlies aan water, hetzij via drain hetzij via gewichtsafname bepaalt. Er zijn al meldingen uit het midden van de 16e eeuw, waar wetenschappers de wateropname van planten hebben gemeten met een dergelijk apparaat. In de loop der jaren is de term “lysimeter” ontstaan, voor alle apparaten en meetopstellingen waarmee de neerwaartse beweging van water in de bodem, het verlies aan nutriënten, of het transpiratieverlies kan worden gemeten. Als definitie is de volgende te geven: Een apparaat dat een natuurlijk bodemprofiel bevat en waarmee de hoeveelheid percolaat als gevolg van natuurlijke neerslag of beregening uit het bodemprofiel kan worden opgevangen en gemeten.

Voor de werking van de lysimeter zijn een aantal uitgangspunten uit de bodemfysica van groot belang.

In een natuurlijke bodem wordt de zuigspanning (energietoestand van het bodemvocht) in de wortelzone bepaald door de toestand daaronder, welke weer wordt bepaald door of de ligging van het grondwater, kwel- of wegzijgingssituaties, dan wel de ligging van een slecht- of ondoorlatende laag op grotere diepte. De verdeling van de zuigspanning met de diepte bepaalt vervolgens de mate van uitspoeling in de natuurlijke bodem. Wanneer een lysimeter wordt geplaatst in de bodem, dan wordt het contact van de bovengrond met de ondergrond verbroken. De situatie onder in de lysimeter is dan niet meer gelijk aan de situatie op gelijke diepte buiten de lysimeter. Zo zal bij een drainerende lysimeter de zuigspanning onderin de lysimeter gelijk zijn aan nul, als ware daar een grondwaterspiegel. Desalniettemin kan een lysimeter wel een beregeningsoverschot registreren, maar de waterverdeling met de diepte kan afwijken van die buiten de lysimeter. Dat kan gevolgen hebben voor de nutriëntenprocessen in de lysimeter, waardoor de uitspoeling van nutriënten niet representatief kunnen zijn.



Figuur 1. Schematische weergaven van de lysimeter met opstelling voor afpompen van opgevangen drainwater.

## 2.2 Meting uitspoeling

Met een lysimeter kan de uitspoeling vanuit de teeltlaag worden gemeten. Behalve met de voorgaande projecten is er nog weinig ervaring hiermee. Daarom is de representativiteit van de uitspoeling via de lysimeter en de betrouwbaarheid van de gemeten emissie van stikstof (N) en fosfor (P) onbekend. Onderzocht zal worden of de lysimeter een betrouwbaar instrument is om de bedrijfseigen emissie te meten.

Lysimeters zijn in het landbouwkundig wetenschappelijk onderzoek gebruikte meetinstrumenten, vooral ingezet voor waterbalansstudies. Eind 2007 is het idee gelanceerd om emissie te meten in glastuinbouwsituaties (Voogt *et al.* 2007) en zijn enkele projecten geformuleerd. Het betreft dus een nieuwe toepassing van de lysimeter. Op een aantal bedrijven is sinds medio 2008 geëxperimenteerd met deze nieuwe toepassing van de lysimeter.

## 2.3 Ontwerp voor een robuuste Lysimeter (KRW)

De lysimeter is een gesloten bak die van voldoende oppervlak moet zijn om een representatief deel van de kasoppervlak te kunnen vormen. Figuur 1. bevat een globale schets van de lysimeter.

Voor het ontwerp zijn de volgende eisen geformuleerd:

### 2.3.1 Eisen ten aanzien van betrouwbaarheid van de meetwaarden:

- Volledig gesloten bak c.q. de meeteenheid. In het bijzonder voor het onderdeel dat periodiek of permanent onder grondwaterniveau staat geldt dat het systeem absoluut waterdicht moet zijn.
- Voor die delen die permanent boven het grondwater staan is de eis wat minder streng, maar wel moet zoveel mogelijk capillair contact tussen de bodem binnen en buiten de bak vermeden worden.
- Alle wanden reiken tot aan het maaiveld, omdat capillair contact tussen de bodem binnen en buiten de bak vermeden moet worden.
- In sommige situaties zal het nodig blijken grondverwarmingsbuizen door de lysimeter te laten lopen. Let ook hier goed op dat de er op de plaatsen waar deze buizen door de lysimeterwand gaan er een water- en stofdichte verbinding wordt toegepast.
- In principe geldt: de diepte van de lysimeter is zoveel mogelijk gelijk aan het grondwaterniveau in de omringende kas. Een aanvullende eis is dat het niveau waarop het drainwater uitgedrukt wordt regelbaar is zodat dit niveau gelijk te maken is aan het grondwaterniveau.
- Om praktische redenen geldt voor diepe grondwaterstanden (> 1.50 beneden maaiveld) dat de diepte van de lysimeter 1.50 m bedraagt.
- Oppervlak: Bij één lysimeter per kas, minimaal 2\*2 m<sup>2</sup>. Ook kan gekozen worden voor een aantal kleinere bakken, die bij elkaar eenzelfde oppervlak bestrijken. De vorm van het oppervlak is daarbij niet van belang, tenzij het beregeningspatroon in de kas niet uniform is.
- Voor de lysimeter is van belang is dat het grondoppervlak een bepaalde omvang heeft, hoe de vormgeving van de bak eronder is, is waarschijnlijk niet van veel belang, mits het water nergens kan stagneren.
- De bodem binnen en buiten de bak moet zoveel mogelijk dezelfde opbouw, dichtheid en structuur hebben.
- Dit kan worden benaderd door de bodemlagen zoveel mogelijk gescheiden uit te graven en bij vulling dienen deze zoveel mogelijk in de oorspronkelijke toestand (denk ook aan de dichtheid) te worden teruggezet.
- Alle bodemkundige teelthandelingen zoals bemesting, organische stoftoevoer, grondbewerking (zie hieronder) moeten op dezelfde manier kunnen worden toegepast als in de kas.
- Vrije uitstroom van het drainagewater, bijvoorbeeld door plaatsing van een laag kleikorrels onderin van 2 cm over het gehele oppervlak.
- Snelle afvoer van drainage water, de drain verzamelleiding naar het opvangreservoir licht aflopend.
- Het reservoir moet beneden het laagste punt van de lysimeter worden geplaatst.

## 2.3.2 Eisen vanuit teelttechniek

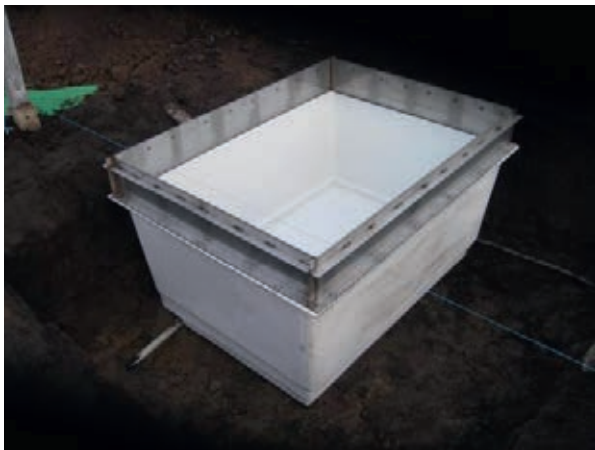
- Materialen mogen geen bron zijn van plant-onverdraagzame stoffen of ziekteverwekkers, of een gemakkelijke schuilplaats vormen voor pathogenen en aaltjes.
  - Machinale grondbewerking moet mogelijk blijven. Hier zijn verschillende opties:
  - Alleen frezen (diepte 12 cm, uit veiligheid 20 cm aanhouden)
  - Spitzfrezen (diepte 30 cm, uit veiligheid 40 cm aanhouden)
- Diepe grondbewerking (zoals diepspitten of woelen) zijn niet verenigbaar met de lysimeter.
- Minimale diepte 70 cm, liever 90 cm, overeenkomend met de gemiddelde draandiepte bij veel glastuinbouwbedrijven. Bij diepe grondwaterprofielen of hangwaterprofielen kan ook een diepere bak worden gekozen, die meer overeenkomt met de heersende zuigspanningen in die type bodems.
- Echter vanwege hanteerbaarheid en plaatsing is een standaarddiepte van 90 cm aan te bevelen.
- Geen belemmeringen boven het maaiveld, plaatsing in het plant/zaai bed, naast de al genoemde zijwanden.
- Noodzakelijke apparatuur en afvoerkoker onder de goot plaatsen, niet breder dan 12 cm uitvoeren.

## 2.3.3 Eisen robuustheid lysimeter

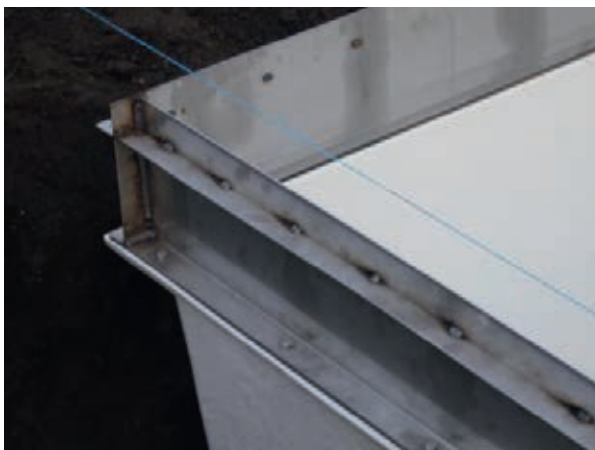
- Alle materialen moeten bestand zijn tegen stomen. Houdt hierbij rekening met > 100 °C aan het maaiveld, 85 °C op 15 cm diepte, 70 °C op 80 cm, gedurende enkele tot vele uren.
- Alle materialen bestand tegen langdurig verblijf in een (deels verzadigde) grond: met constant vocht en een redelijke temperatuur en aanwezigheid bodemprocessen.
- Bestand tegen mechanische druk van de bodem.
- Voorzorgsmaatregelen tegen verzakkingen en effecten van zetting van de bodem onder de lysimeter.
- Bestand tegen werkgangen met machines op het grondoppervlak teelt: planten, oogsten, andere teelthandelingen.



## 2.3.4 Fotoserie lysimeter



De lysimeter, polyester onderbak (L), en afgemonteerd met de RVS rand (R).



Detailopnames RVS rand met verstevigingsribben.



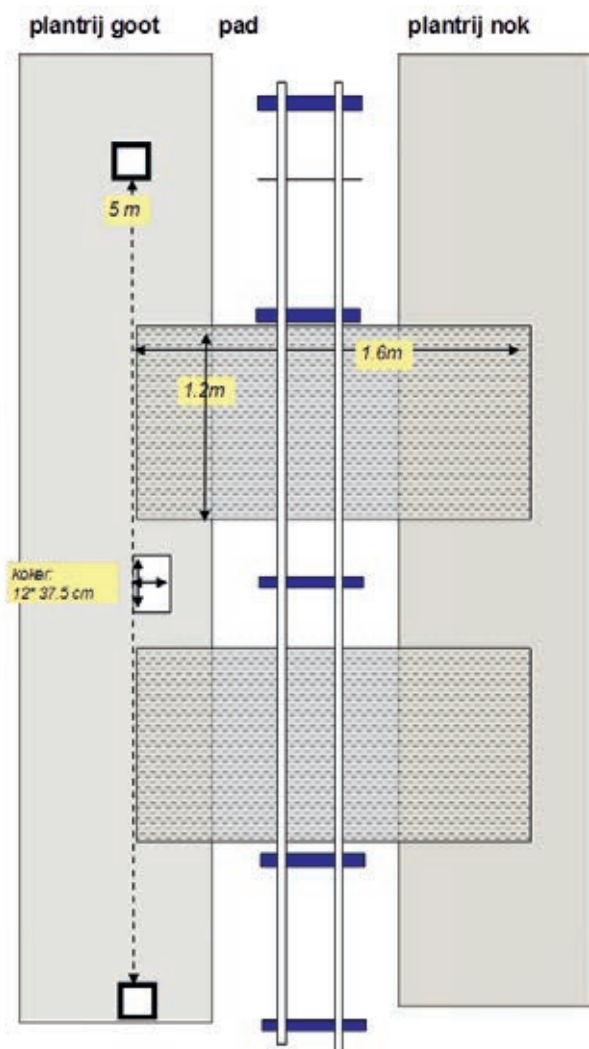
Afvoer onderzijde lysimeter: water- en stofdicht gemonteerd.



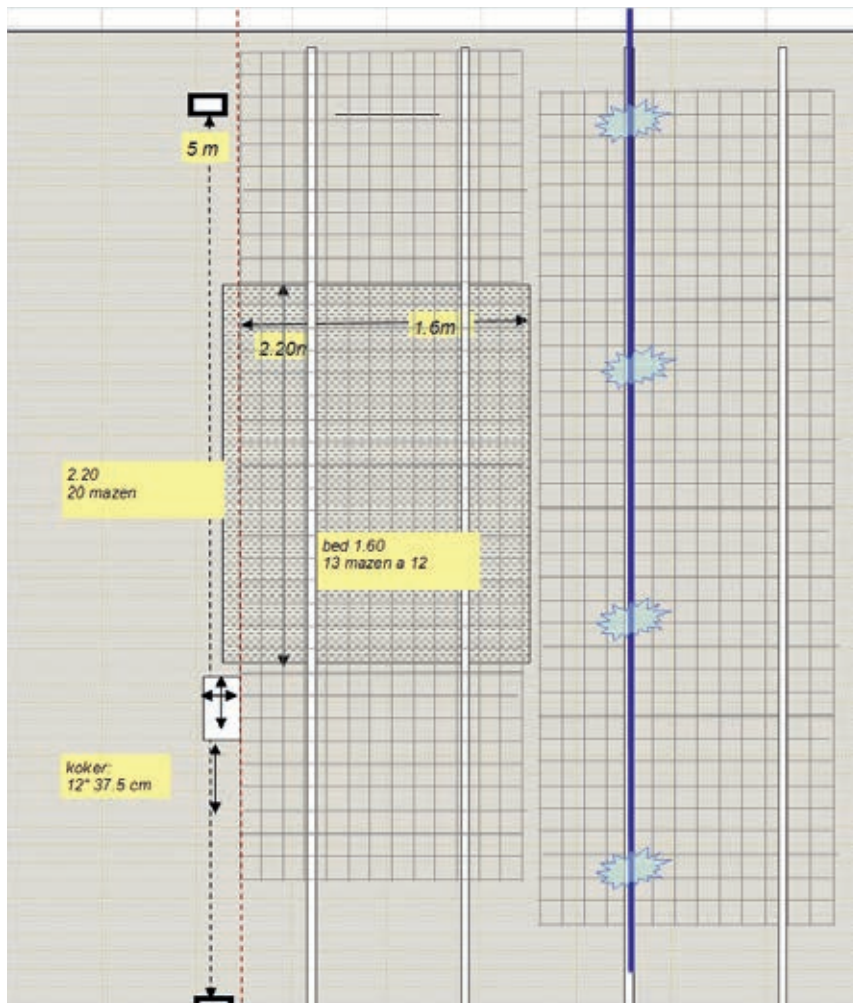
Bodem lysimeter gevuld met kleikorrels en afgedekt met vliesdoek om te verhinderen dat wortels in de laag met kleikorrels dringen.

## 2.3.5 Plaatsing

Van belang is plaatsing op een representatieve plek in de kas, dat wil zeggen niet bij de gevels, hoofdpad, en teveel in schaduw. Ook de plaatsing ten opzichte van het watergeefstelsel dient zorgvuldig te worden gekozen, zodat een oppervlaktegetrouw en evenredig deel van de beregening wordt ontvangen. In de praktijk komt het erop neer dat de lysimeter even breed moet zijn als de halve breedte van de afstand tussen twee regenleiding strengen, over een lengte van 2 maal de afstand tussen sproeidoppen. In de praktijk bij o.a. chrysanten, betekent dit een bak van 1.60 m breed (bij standaard kapbreedtes met veelvouden van 3.20). De lengte wordt bepaald door de dopafstand. Omdat dit sterk variabel is, wordt uitgegaan van een lengte van minimaal 2 meter. Onderin wordt een afvoer gemonteerd en het water wordt zijdelings met een buis afgevoerd naar een verzamelvat (opvangreservoir). Bij het plaatsen wordt het oorspronkelijke profiel zoveel mogelijk gescheiden en op folie gestort (tijdelijk, gedurende de plaatsing) en per laag weer teruggeplaatst. Bij het plaatsen dient rekening te worden gehouden met het zaai-/plantbed of rijensysteem. Te allen tijde dient een evenredig deel van paden en plantbedden te worden meegenomen. Vanwege de plant/oogstmechanisatie is het voor teelten als chrysant van belang dat de grens van een maas van het gaas precies bij het begin van het randprofiel begint/eindigt. De figuren 2 en 3 geven een schets voor de uitvoering voor een rijenteelt als paprika/tomaat en een voor de situatie bij chrysant.



Figuur 2. Schets van de opstelling van bovenaf gezien hoe de lysimeters geplaatst zijn bij de biologische bedrijven met vruchtgroenten.



Figuur 3. Schets van de opstelling van bovenaf gezien hoe de lysimeters geplaatst zijn bij een chrysantenteelt met een hijsverwarmingssysteem.

### 2.3.6 De meetopstelling

Het drainwater wordt zijdelings afgevoerd via een T-stuk naar een verticale buis of koker, met een opvangreservoir. In de buis/koker wordt een set van instelbare niveauschakelaars aangebracht, die een slangenpompje aanschakelen. Het slangenpompje voert het water af naar een voorraadvat (jerrycan), waarbij het verpompte volume wordt gemeten via pulstellers. De pulsteller wordt aangesloten op een datalogger, met GSM modem, zodat draadloos de gegevens kunnen worden verzonden. Er hoeven geen signalen op de bedrijfscomputer te worden geplaatst.

Het opvangen drainagewater wordt periodiek bemonsterd en geanalyseerd.

De leidingen worden van polypropyleen (PP) gemaakt, dus zijn eventueel stoombaar. De elektrische apparatuur (zie hfst 3) is te verwijderen.

### 2.3.7 Het ontwerp

In eerste instantie is in overleg met de telers een drietal opties in overweging genomen.

Optie 1 "Robuuste bak", wens chrysantentelers: een robuuste bak waar met trekker overheen gereden kan worden. Deze is extra stevig uitgevoerd zodat bij onnadenkend bewerken van de grond de bak niet onherstelbaar beschadigd wordt.

afmeting: 1.65 m breed (bedbreedte + looppad) \* ca. 1.5 m in lengte, diepste punt 90 cm. Bak waarschijnlijk van RVS.

Optie 2: "Goedkopere bak" bedoeld voor teelten die minder frequent wisselen of waar telers geen problemen zien in wat meer arbeid voor het verwijderen c.q. plaatsen van een opzetrand. Deze wordt voorzien van afneembare randen, op twee niveaus, één voor alleen frezen (15 cm) en één voor spitten (25 cm, dus bij elkaar 40 cm). De bak van kunststof (polyester bestaande mal) en de rand van kunststof of RVS. Afmetingen: zoveel mogelijk aansluiten bij de al genoemde maatvoering 1.65 \* 1.5 m.



Optie 3: "Kleine handzame bak" bedoeld als alternatief voor optie 2 voor die situaties waar meerdere (kleine) bakken gewenst zijn. Bak gemaakt van kunststof met afneembare rand.

Vervolgens zijn gesprekken gevoerd met constructeurs en zijn tekeningen uitgewerkt. Hieruit is het volgende definitieve ontwerp naar voren gekomen voor een "robuuste" bak.

De robuuste bak wordt uitgevoerd als een polyester bak van 1500 \* 2000 mm onderzijde, verlopend naar 1600 \* 2250 mm boven, 750 mm hoog, extra zwaar uitgevoerd met 8 mm dikte. Hierop komt een bovenrand van 15 cm van RVS. De rand wordt afgedicht met een rand van neopreenrubber. De RVS rand is 3 mm dik en wordt uitgevoerd met verstevigingsribben om vervorming tegen te gaan. De verstevigingsribben worden bij de twee korte en een lange zijde aan de buitenkant gesitueerd, en bij één lange zijde aan de binnenkant, om groundbewerking pal langs de rand mogelijk te maken. De bak en rand worden apart op de bedrijven afgeleverd vanwege transport en hanteerbaarheid (gewicht) en ter plekke afgemonteerd met RVS bouten. De onderzijde van de bodemplaat van de polyester bak is vlak, aan de binnenzijde wordt deze door opvulling van zowel voor naar achter en van links naar rechts naar één hoek licht hellend gemaakt. Op dit hoekpunt wordt in een verlaging een doorvoer geplaatst. Dit punt wordt met een licht afschot verbonden met een drainreservoir. Al het leidingwerk is uitgevoerd in polypropreen om het geheel stoombestendig te maken. Koppelstukken zijn voorzien van een rubberen manchet om lekkages te voorkomen. Naast de bak wordt een koker geplaatst van RVS. Deze is bedoeld voor de meetapparatuur (in het eerste ontwerp, zie hfst 3) en een voorziening voor stomen (afzuigventilator). De koker heeft een diepte van 1650 mm, is 122 mm breed en 375 mm lang en is voorzien van een vernauwing onderin om kleine hoeveelheden drainwater reeds te kunnen opvangen *et al.* te pompen. Er zijn vaste doorvoeren in gemonteerd voor de leiding vanaf de lysimeter en voor doorvoer van kabels (sensoren). De koker wordt tussen de kolommen geplaatst, vlak voor of achter de lysimeter met een dusdanige breedte dat er geen hinder ontstaat bij teelthandelingen met machines e.d. De koker komt ca. 20 cm boven het maaiveld en wordt voorzien van een beloopbaar deksel.

Naast de drainkoker werd een buis van PP met een diameter van 110 mm en een lengte van ca. 1.50 m ingegraven. Deze dient als reservoir voor het afgepompte water, zodat eventuele bemonsteringen kunnen plaatsvinden.

Gedetailleerde bouwtekeningen zijn opgenomen in Bijlagen I-IV.



*Plaatsing drainkoker, situatie bij de biologische bedrijven, waar twee parallelle bakken zijn geplaatst.*



*Stoomafzuigventilator, geplaatst op de drain afvoerkoker geïntegreerd met pomp voor afzuigen drainwater.*



## 3 Drainmeting

In dit hoofdstuk beschrijven we eerst het oorspronkelijke ontwerp (Sectie 3.1). Omdat er technische problemen ontstonden met dit ontwerp (zie Hoofdstuk 4) is vervolgens een meer robuust ontwerp ontwikkeld en getest (Sectie 3.2). In de derde sectie wordt kort stilgestaan bij de regenmeter.

### 3.1 Ontwerp 1

Een lysimeter is geschikt om een beregeningsoverschot c.q. uitspoeling op te vangen. Vanzelfsprekend is daarnaast meetapparatuur nodig om hoeveelheden in de tijd te kunnen vastleggen en eventueel door te geven aan registratieapparatuur. Als belangrijke randvoorwaarde voor dit project gold een uitdrukkelijke wens van de telers dat alle randapparatuur zoveel mogelijk moest worden weggewerkt, zodat er bovengronds geen apparatuur, kabels of leidingen in de weg zouden zitten. Een andere randvoorwaarde was dat we zo snel mogelijk van start moesten gaan, vanwege de beperkte doorlooptijd van het project. Besloten is daarom alles in eigen beheer te maken, het ontwikkelen van een systeem samen met constructie- en installatiebedrijven zou teveel tijd vergen.

Het eerste ontwerp van een schakelkast is tegelijk met de drainkoker ontworpen en zodanig op elkaar afgestemd dat het geheel precies in de drainkoker paste. Deze zogenaamde Pompmodule bestond uit een RVS stang die tot onderin de drainkoker reikte met daaraan een RVS plaat, waarop twee schakelkasten werden gemonteerd.

De pompmodule bestaat uit een slangenpomp welke via een toevoerbuis het water vanuit de diepte kan verpompen in een opvangsysteem.

Bij oververzadiging onderin de lysimeterbak, lekt het water via vrije val in de afvoerbuis en stroomt af naar de koker en komt in het opvangreservoir met daarin de niveauschakelaars. De schakeling wordt zodanig dat bij bereiken van een hoogste niveau in de buis beide schakelaars worden bekrachtigd. De pomp blijft lopen totdat de onderste schakelniveau bereikt is. Normaal is de bovenste schakelaar lager dan de uitstroomopening van de drainafvoer uit de bak. Een mogelijk optie, die nog nader beproef moet worden is dat de schakelaars hoger gezet kunnen worden, zodat er een buffervoorraad water onderin het afvoersysteem blijft staan, of desnoods tot onderin in de bak zodat capillair contact mogelijk is met het grondprofiel. Dit laatste maakt het mogelijk om bij afwezigheid van capillaire aanvoer vanuit grondwater, zoals dat wel buiten de bak kan plaatsvinden, dit te compenseren door desnoods water aan te voeren via de koker.

De pomp wordt gestart met behulp van een vlotterschakelaar (boven niveau). De pomp stopt zodra het waterniveau zakt beneden een lager gelegen niveau, wederom getriggerd door een vlotterschakelaar. Het bovenste schakelpunt van de vlotterschakeling moet onder de uitstroomopening van de verzamelleiding liggen. Het netto volume van het reservoir (binnen de stop en start voorwaarden) mag niet meer dan één liter bedragen. Het restantvolume in het reservoir bij het onderste schakelpunt moet zo klein mogelijk zijn.

Het uitgepompte drainagewater zou geconditioneerd moeten worden opgeslagen (bij voorkeur: donker, gekoeld (0-4 °C), conserveringsmiddel toevoegen)

De hoeveelheid (cm<sup>3</sup>) verpompt water moet bepaald worden en vastgelegd. Omdat de hoeveelheid die verpompt wordt onvoldoende constant is, is ervoor gekozen niet met start- en stoptijden te rekenen, maar het volume te meten. Flowmeters zijn hiertoe ongeschikt omdat er geen constante flow is en bovendien met grote drukverschillen en start en stop verschillen gerekend moet worden door het op en aflopen van de persleiding. Gekozen is voor regenmeters, met een kiepbakjessysteem. Met dergelijke meetsystemen is redelijk veel ervaring opgedaan bij drainmetingen in de substraatteelt. De regenmeter (waarvan de kap verwijderd is) is gemonteerd in een schakelkast. Hierop is een reservoir gebouwd, met een niveaudetectie, die de pomp uitschakelt zodra het reservoir vol zit. De pompcapaciteit is namelijk veel groter dan de doorloopsnelheid van de regenmeter. Bovendien is er dan een meer constante aanvoer naar de regenmeter. Het gemeten water wordt via vrij verval afgeleid naar een drainverzamelreservoir.

Het maximale beregeningsoverschot waar we rekening mee houden is 5 mm per etmaal. Voor een lysimeter oppervlak van 4 m<sup>2</sup> levert dat dus een maximale flow op van 20 liter per etmaal. De nauwkeurigheid waarmee gemeten zou moeten worden is 0.1 mm/dag (2%) wat overeenkomt met 0.4 l/dag.

De drainwaterverzamelbuis naast de drinkoker dient om het gemeten drainwater te bewaren tot moment van bemonsteren. In deze buis is ook een dompelpomp geplaatst en voorzien van een schakeling, met startknop vooraan bij het betonpad. Er is een persleiding tot vooraan het pad aangebracht, waarmee het water op een gewenst tijdstip naar voren kon worden gepompt.

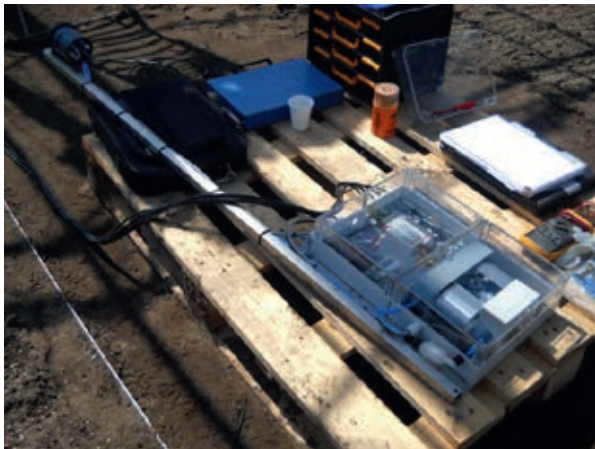
### 3.1.1 Fotoserie drainmeter 1



*Drinkoker (onderzijde aan de rechterkant).*



*Pompmodule met niveauschakeling.*



*Frame met gemonteerde pompmodule, schakelkast en drainteller.*

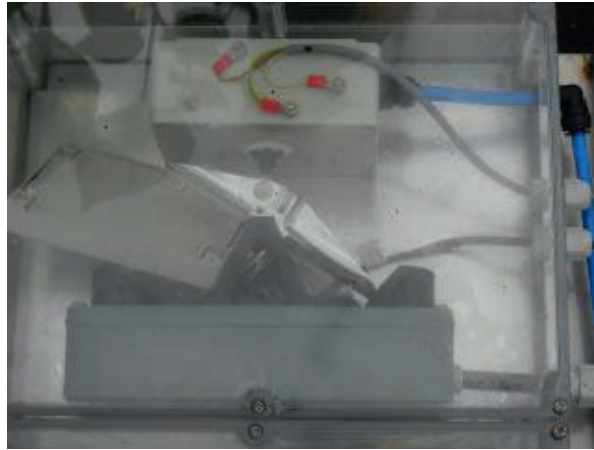


*Detail opname filter voor aanvoer naar drainteller.*





*Pompeenheid voor bemonstering.*



*Drainteller met reservoir.*

## 3.2 Ontwerp 2

Tijdens het eerste halfjaar ontstonden de nodige problemen met het eerste systeem. Besloten is tot een koerswijziging en een nieuw ontwerp is gemaakt.

De drainmeter bestaat uit een zelf-aanzuigende pomp welke het drainwater vanuit de drainkoker bij de lysimeter kan verpompen naar een meetkoker (nabij het middenpad). Met behulp van de meetkoker kan het afgepompte volume worden bepaald d.m.v. een hoogtemeter (Ultrasone afstandsmeter). Het verzamelde water in de meetkoker wordt (na meting) door een tweede pomp afgepompt naar een bemonsteringsbuis (in de grond) of kan weglopen naar een afvoer. De verhouding van deze laatste twee stromen kan handmatig ingesteld worden al naargelang het te verwachten volume drainwater. Een PLC-unit (Programmable Logic Controller) bestuurt het proces.

De hoeveelheid (ml,  $\text{cm}^3$ ) verpompt water wordt per meetcyclus vastgelegd. De meetbuis heeft een diameter van ongeveer 90 mm, een effectieve meetlengte van ca. 900 mm, en de meetresolutie van de US-afstandsmeter is ca. 1 mm. Daarmee komt de meetresolutie op ongeveer 6 ml, wat ruim voldoende is voor de dagelijkse drainmeting. Indien er meer water in de drainput aanwezig is dan met 1 meetcyclus kan worden gemeten, zal de PLC extra meetcycli inlassen totdat de pomp geen water meer uit de drainput oppompt. Standaard staat de PLC ingesteld op 1 maal meten per dag, waardoor de drainflow dus in ml/dag bepaald kan worden. Omdat telers graag de drainflow uitgedrukt willen zien in mm/dag moet dit getal door de PLC nog omgerekend worden met een factor voor het oppervlak (ca.  $4 \text{ m}^2$ ) van de lysimeterbak. De PLC stuurt na iedere cyclus dit getal uit in de vorm van een aantal pulsen via een schakelcontact. De drainmeter gedraagt zich dus eigenlijk als een soort watermeter of literteller. Het totaal gemeten volume per dag, is dan de maat voor de uitspoeling. Dit laatste bepaalt de procescomputer door de drainpulsen te sommeren per dag.

Het maximale beregeningsoverschot waar we rekening mee houden is 5 mm per dag. Voor een lysimeter oppervlak van  $4 \text{ m}^2$  levert dat dus een maximale flow op van 20 liter per dag, hetgeen neer komt op maximaal 4 keer volpompen van de meetunit.

De drainmeter module heeft een directe koppeling met de procescomputer. Immers alleen op de procescomputer kan de teler de uitspoeling zichtbaar maken en hiermee een relatie zien met zijn beregening.

### 3.3 Regenmeter

Voor een juiste bepaling van het beregeningsoverschot (potentiële indicatie voor uitspoeling + verandering waterberging in grond) is het noodzakelijk de exacte waarde voor de beregening en de verdamping te weten. De verdamping wordt met een model bepaald waarbij de instraling en de buisverwarming als input dienen, welke beschikbaar zijn vanuit de klimaatcomputer (Heinen *et al.* 2012). De beregening is in principe ook vanuit de klimaatcomputer beschikbaar, maar dit geeft in de praktijk mogelijk niet de exacte beregening ter plaatse van de lysimeter weer, mogelijk door variaties in het beregeningssysteem (controle homogeniteit). Sommige telers willen daarom een terugkoppeling in de vorm van een regenmeter, welke bij de lysimeter geplaatst kan worden. Deze regenmeter zal dan op de klimaatcomputer aangesloten moeten worden.

Een regenmeter kan niet bij alle telers gebruikt worden. Bijvoorbeeld niet bij teelten met druppelsslagen. In dat geval moet de teler toch teruggrijpen op zijn waterverbruik geregistreerd m.b.v. watermeters. Een mogelijk nadeel van regenmeters in de kas is de kans op vervuiling van de verzamelbeker (stof, zand, gewasresten e.d.). Telers zullen dus aandacht moeten hebben voor het onderhoud van hun regenmeter.

De regenmeters worden bij bloemenkwekers gemonteerd op de buisverwarming, zodat deze met het gewas omhoog lopen en altijd op gewashoogte blijven meten. Omdat de regenmeters met een kabel aangesloten zijn, moet erbij herplaatsen en omhoog gaan opgelet worden dat deze kabel niet storend werkt bij de schermen die vrij omhoog en omlaag moeten kunnen.

Regenmeters hebben als uitgang een reed contact en geven over het algemeen een puls af per ca. 5-6 ml (ofwel 2.54 mm). De kalibratie van de regenmeter is afhankelijk van de waterstroomhoeveelheid. Het controleren van deze regenmeters (kalibreren) is daarom zeker vereist.



Regenmeter.

### 3.3.1 Fotoserie drainmeter 2



Meetskoker gemonteerd aan paal.



Membraanpomp voor leegpompen.



Voorziening voor afvoer drainwater aan kolom na meting.



Ultrasone sensor voor meting waterhoogte drainwater.



Membraanpomp voor oppompen meetbuis voor drainwater.



## 4 Installaties en test

De lysimeter en drainmeter is op negen bedrijven geplaatst. Hiervan vielen zes binnen het KRW innovatiekader project, voor twee extra chrysantenbedrijven met diep grondwater en een slabedrijf is additionele financiering verkregen vanuit het Productschap Tuinbouw. Voor de verslaggeving wordt hier verder geen onderscheid in gemaakt. De negen bedrijven waren verdeeld over de volgende regio's, gewassen en grondsoorten.

| Regio                         | Gewas   | Grondsoort <sup>1</sup>  | Grondwater   | Drainage aanwezig  |
|-------------------------------|---|--|--|--|
| Noord Limburg                 | Chrysant<br>Chrysant<br>Matricaria<br>Biologische<br>vruchtgroenten | Leemarm zand<br>Leemhoudend zand<br>Sterk lemig zand<br>Sterk lemig zand | Diep > 5 m<br>Diep > 2 m<br>Diep > 1.50 m<br>Diep > 1.50 | nee<br>wel, nauwelijks drain<br>wel, geen drain<br>wel, geen drain |
| Rivierengebied                | Chrysant  | zeer lichte zavel  | Wisselend 1 - 2 m  | wel, wisselend drain   |
| Zuid-Hollands<br>glasdistrict | Chrysant<br>Sla   | Lichte klei<br>Zand  | Wisselend 1 - 1.50 m<br>< 1 m                            | wel, wisselend drain<br>wel, drain                                 |
| ZH eilanden                   | Biologische<br>vruchtgroenten                                       | zwarte zavel   | < 1 m  | wel, drain   |
| Venen                         | zomerbloemen  | humeuze lichte klei  | < 1 m  | wel, drain   |

<sup>1</sup> Voor profielbeschrijving zie Heinen *et al.* (2012).

### 4.1 Lysimeter

De installatie van lysimeter, drainmeter en randapparatuur is uitgevoerd over de periode januari 2010 (twee biologische bedrijven) en februari t/m mei 2010. De twee biologische bedrijven werden noodzakelijkerwijs eerst geïnstalleerd, omdat de teeltwisseling met vruchtgroenten in de maand december plaatsvindt. Omdat het nieuwe ontwerp van de lysimeter een polyester bak vereiste, anders dan het bestaande sortiment, moest een nieuwe mal worden gemaakt. Omdat dit pas na de teeltwisseling beschikbaar zou zijn, is besloten op de twee bio-bedrijven met poly-esterbakken te werken die gemaakt werden op bestaande mallen. Om aan de gewenste oppervlakte te komen is besloten twee bakken, in serie in de kas te plaatsen. Voor het ontwerp van de robuuste lysimeter is een nieuwe mal gemaakt, waarop vervolgens voor alle bedrijven een lysimeter is gemaakt.

Op alle bedrijven is met een graafmachine een ruim gat gegraven, waarbij de bodem per drie á vier lagen apart is weggezet en later teruggeplaatst. De bodem werd soms waar nodig met zand vlak gemaakt. De lysimeter is waterpas geplaatst, met een zijde exact onder het midden van de goot, verder in het midden tussen twee kolommen. De diepte werd zodanig uitgericht dat de bovenrand ca. 1 cm boven het maaiveld uitstak. De drainkoker werd gezien vanaf het middenpad voor de lysimeter geplaatst, eveneens tussen de kolommen en gezorgd werd dat deze 30 cm boven het maaiveld uitstak.

Bij het plaatsen en aankoppelen van leidingwerk is een test op waterdichtheid van de aansluitingen uitgevoerd. Op de bodem van de lysimeter werd een laag kleikorrels van ca. 5 cm gestort, dit werd afgedekt met vliesdoek om vermenging van zand/grond tussen de kleikorrels en ingroei van wortels te voorkomen. De bodemlagen werden één voor één teruggezet, waarbij de grond met de graafmachine stevig werd aangedrukt.

Er zijn tijdens de teelt geen complicaties geweest. In het algemeen bleek er geen enkel verschil tussen de groei van de gewassen in de lysimeter met die in de rest van het teeltvak. Er waren twee uitzonderingen op deze regel. In de eerste plaats de slateelt, waar bleek dat de RVS rand, die aanvankelijk wat hoger uit het maaiveld stak dan de bedoeling was, bij de eerste teelt verbranding aan de slapplanten gaf. Dit is hoogstwaarschijnlijk ontstaan door een hoge temperatuur, in die periode (mei 2012) was er erg veel instraling, waardoor het metaal waarschijnlijk erg heet werd. Dit is verholpen door de grond wat op te hogen. De tweede situatie deed zich voor bij het bedrijf met zomerbloemen. De groei was hier aanvankelijk slecht in de lysimeter. Hier waren structuurproblemen ontstaan kennelijk veroorzaakt door de zware graafmachine bij het plaatsen van de lysimeter. In de volgende teelten, nadat de grond extra losgemaakt zijn de groeiproblemen niet meer waargenomen. Verder was er een chrysantenteler die opmerkte dat de takgewichten wat lichter blijven in de lysimeter. Bij één teler is een aantal keren integraal de takgewichten en taklengte gemeten van alle takken en van referentie takken. Er bleek geen verschil.



## 4.1.1 Fotoreportage plaatsing lysimeter



*Uitgraven van het gat voor de lysimeter.*



*Exact bepalen van de diepte.*



*De grond wordt laag voor laag apart weggezet.*



*De lysimeterbak wordt met de graafmachine geplaatst.*



*De bak moet waterpas worden geplaatst.*



*Voor het verder afwerken wordt een lektest gedaan.*



*Tenslotte wordt de lysimeter laag voor laag afgevuld.*



## 4.2 Drainmeter

Vanwege levertijden van onderdelen en doorlooptijd van montage is de eerste versie van de drainmeter pas vanaf eind maart geïnstalleerd op de bedrijven. De installatie is gelijktijdig uitgevoerd met het aansluiten van de sensoren en de datacommunicatie.

Met het eerste ontwerp van de drainmeter zijn veel problemen geweest. Een beperkt deel had te maken met constructiefouten, er trad soms lekkage op van koppelingen. Een eerste serieus probleem trad op door corrosie van de reed-contacten van het mechanisme van de drainteller. Deze zijn allen vervangen door gesealde exemplaren. In een aantal gevallen trad na verloop van tijd ook corrosie op van de dataloggers, hoewel deze waterbestendig behoorden te zijn. Een volgende probleem was verstoppingen. In enkele gevallen trad verstopping op van het reservoir boven de drainteller, ook na het plaatsen van een filter in de aanvoerleiding naar het reservoir. Door deze blokkade werd niet of nauwelijks meer afgepompt en hoopte zich drainwater op onderin de drainkoker. Het drainwater uit de lysimeter bleek een hardnekkige bron van allerhande verstoppingen. Hierdoor moesten meerdere keren pompjes vervangen worden, die vastliepen als gevolg van vastlopen van de pompwaaier. Ook slibde het filter in de aanvoerleiding soms volledig dicht. De aard van de verstoppingen was soms duidelijk van minerale oorsprong, door ijzer of kalkneerslag of mogelijk een combinatie met kleimineralen of slibdeeltjes. Ook micro-organismen zouden een rol gespeeld kunnen hebben. Omdat de problemen zich opstapelden is besloten bij alle bedrijven het systeem te vervangen nadat een nieuw prototype was ontworpen en getest.

Met de nieuwe drainmeter is eerst ervaring opgedaan bij een proefopstelling in een kas van Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk. Vervolgens is het systeem uitgetest op een teeltbedrijf. Hieruit kwamen een paar kleine kinderziektes naar voren, met name de plaatsing van de ultrasone afstandssensor en instellingen van het programma komen kritisch. De sensor blijkt uiterst gevoelig voor aan de wand hangend water, of indien de ondergrens te kritisch staat ingesteld. Om te voorkomen dat het systeem telkens op storing gaat, is het van belang dat er ruimere grenzen worden gehanteerd voor starten en stoppen.





## 5 Kosten

Het is niet goed mogelijk een goede schatting van de kosten te maken van een lysimeter en een drainmeter, aangezien tot nu toe met prototypen is gewerkt en ook de serieproductie beperkt bleef tot een aantal exemplaren.

Onderstaande tabel moet daarom ook als zodanig worden geïnterpreteerd.

### Lysimeter

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| Materialen                 |        |
| Polyester bak              | € 800  |
| RVS rand                   | € 750  |
| Drainverzamelkoker*        | € 750  |
| Leidingwerk                | € 100  |
| Installatie                |        |
| Graafwerk                  | € 350  |
| Plaatsing en aansluitingen | € 500  |
| Subtotaal                  | € 3250 |

### Drainmeter

|  |        |
|--|--------|
| materiaalkosten drainbuis, pompen e.d. | € 1770 |
| Elektronica                            | € 2500 |
| Aansluiting klimaatcomputer            | PM     |
| Installatiekosten                      | € 500  |
| Subtotaal                              | € 4770 |

**Totaal lysimeter + drainmeter** € 9000

Uitgaande van een post voor onderhoud en een afschrijving van 10 jaar zijn de jaarkosten ca. € 1000 per jaar.

Omdat de apparatuur niet meer in de drainkoker wordt geplaatst, is een RVS koker niet meer noodzakelijk en kan worden volstaan met een veel kleinere koker van PolyPropyleen, Hiermee is het systeem wellicht € 700 goedkoper te maken.



## 6 Discussie en conclusie

Bij de start van het project was duidelijk dat de telers nadrukkelijke wensen en eisen hadden bij de inpassing van het systeem van lysimeter en randapparatuur. Er mocht geen hinder bestaan tijdens de teelthandelingen, dit had met name betrekking op de grondbewerking. Echter, gestoeld op de ervaringen uit voorgaande proeven (Voogt *et al.* 2009) en de theoretische beschouwingen uit de modelverkenning (Bakker *et al.* 2010) was duidelijk geworden dat een bovenrand tot het maaiveld een harde randvoorwaarde voor het systeem is. Om aan beide tegengestelde eisen te kunnen voldoen is het idee geopperd een lysimeter met een beweegbare bovenrand te ontwikkelen, of een ander flexibel systeem. Helaas bleek als resultaat van een afstudeeronderzoek door de TU-Delft studenten dat dit technisch wel zeer complex en financieel te kostbaar zou worden (Verkerke, 2010). Aangezien het doel van de lysimeter is het kunnen meten van uitspoeling, is de eis van een rand tot boven het maaiveld essentieel. Telers hebben daarom een stap gezet door af te zien van hun eis dat de grondbewerking ongehinderd plaats moest kunnen vinden. Ze gingen akkoord met een rand die tot aan het maaiveld reikt. Door deze rand te voorzien van versteviging waar met zwaardere machines overheen gereden kan worden is niettemin een werkbaar compromis ontstaan. De ervaringen in 1.5 jaar hebben laten zien dat dit teelttechnisch geen onoverkomelijke problemen heeft gegeven. De stoombaarheid van het systeem is getest en het blijkt dat een afzuigventilator meer dan voldoende temperatuurstijging geeft tot op grote diepte zodat het systeem veilig is. Alle toegepaste materialen blijken stoombestendig. Een aandachtspunt is wel de grondbewerking bij de start, na plaatsen. Voor gronden die gevoelig zijn voor structuurbederf, dient na het plaatsen in ieder geval (handmatig) de bovenlaag voldoende los gemaakt te worden.

Vanwege de constant hoge vochtigheidsgraad in de drainkoker en de gevoeligheid van elektronische apparatuur kan bleek de drainkoker echter niet gebruikt te kunnen worden voor plaatsing van randapparatuur. Dit dient daarom hoog aan de kolom, boven de regenleiding te worden bevestigd. Afhankelijk van de grondsoort is gebleken dat het drainwater allerlei stoffen kan bevatten zoals ijzer en kalk, wat kan neerslaan, of slib en organische stofdeeltjes, die al dan niet in combinatie tot ernstige aangroei en verstopping kunnen leiden. Het is daarom aan te bevelen die typen pompen te gebruiken die ongevoelig zijn voor verstoppende-materialen.

De investeringskosten voor een robuuste lysimeter en een volledig geautomatiseerd systeem van drainmeting zijn vrij hoog. Overwogen kan worden tot een minder intensief systeem, waarbij de drainmeting wordt vervangen door een simpele uitvoering van een pomp en een opvangreservoir, waar men dan handmatig de drain registreert en eventueel bemonsterd. Deze gedachtegang, waarbij het systeem is opgebouwd uit verschillende modules, is verder uitgewerkt in het tweede rapport in deze serie: 'Ontwikkeling van een emissie-managementsysteem; bodemvochtsensoren en modulaire opbouw' (Balendonck *et al.* 2012). Besprekingen van behaalde resultaten en beschrijving van best practices kan worden geraadpleegd in de overige twee achtergrondrapporten (Heinen *et al.* 2012; Voogt *et al.* 2012)



## 7 Literatuur

Bakker, G.; Heinen, M.; Assinck, F.B.T.; Voogt, W. 2010.

Lysimeter als meetinstrument voor emissies in grondgebonden glastuinbouw : modelmatige inventarisatie van randvoorwaarden en knelpunten voor een robuuste en betrouwbare lysimeter voor emissiemeting. Wageningen : Alterra, (Alterra-rapport 2105) - p. 65.

Balendonck, J., Voogt, W., Van Winkel, A., Van Dorland, H., Swinkels, G.J. Janssen, H., Zwinkels, F., Heinen, M., 2012.

Ontwikkeling emissie-managementsysteem grondgebonden teelt - Bodemvochtsensoren en modulaire opbouw ; rapport nummer GTB-1191, Bleiswijk, Wageningen UR Glastuinbouw.

European Commission. 1991.

Nitrates directive. Directive 91/676/EEC, council directive of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources (91/676/EEC). Brussels.

European Commission. 2000.

Water Framework Directive. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Brussels.

Heinen, M., Assinck, F., Voogt, W., Swinkels, G.J., Balendonck, J., Van Winkel, A., 2012.

Ontwikkeling emissie-managementsysteem grondgebonden teelt - Modellen (deel III); rapport nummer GTB-1192, Bleiswijk, Wageningen UR Glastuinbouw

Voogt, W.; van Winkel, A., Houter, B. 2009.

Ontwikkeling en toetsing van de lysimeter voor chrysantenbedrijven met diep grondwater. Bleiswijk, Wageningen UR glastuinbouw, Rapport 295, 41 p.

Voogt, W., Sterk, F., Vermeulen, F. 2008. Teelt in kasgrond anno 2007.

Bleiswijk, Wageningen UR glastuinbouw, 43 pp.

Voogt, W. ; Winkel, A. van; Burgt, G.J.H.M. van der, 2007.

Bodem en water: N en P emissie in de bioteelt. <http://library.wur.nl.ezproxy.library.wur.nl/way>

Voogt, W.; Verkerke, W. (2011)

Herontwerp en bouw van een nieuwe lysimeter, Thema: Emissieloze kas BO-12.03-010-002.02.

Voogt, W.; Janse, J.; Van der Helm, F.; Balendonck, J.; Heinen, M.; Van Winkel, A. Ontwikkeling

emissie-managementsysteem grondgebonden teelt - Modellen (deel IV); rapport nummer GTB-1193, Bleiswijk, Wageningen UR Glastuinbouw.







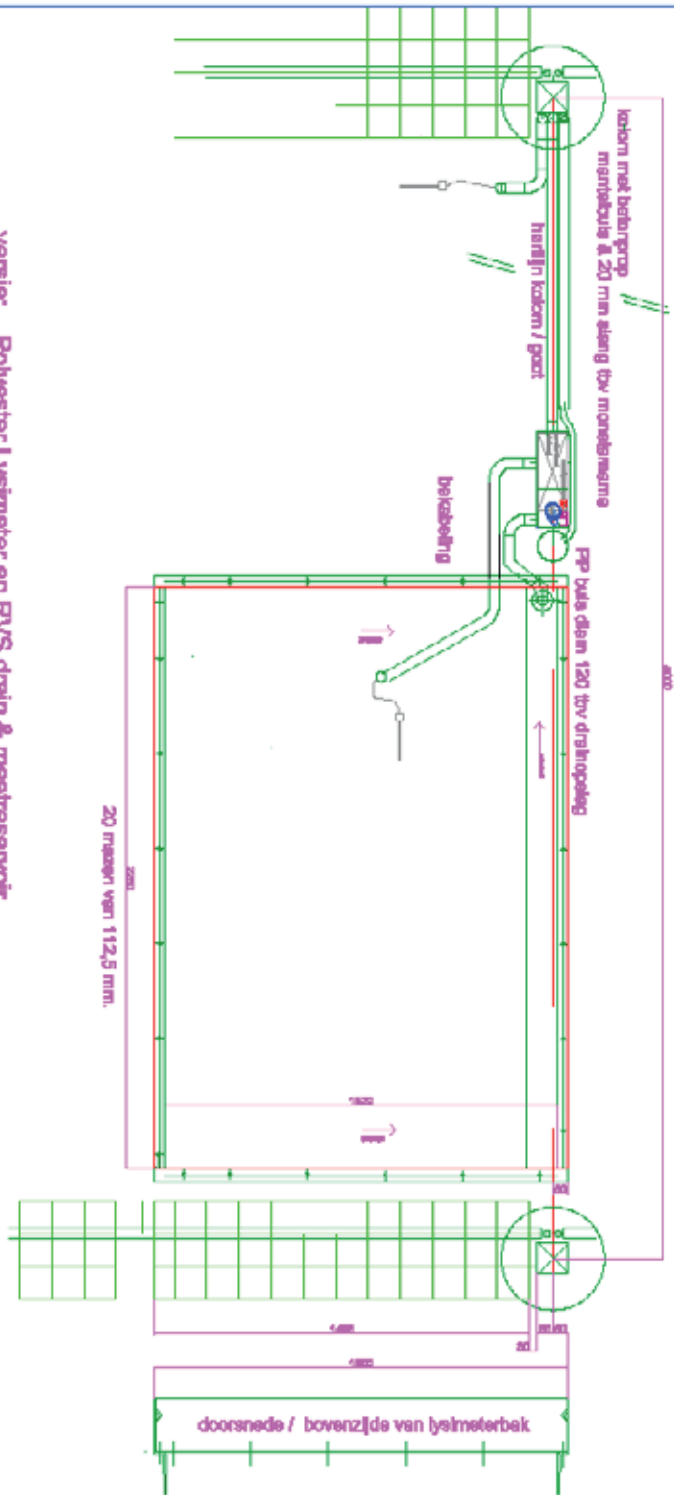






# Bijlage III Werktekening lysimeter (chrysant en zomerbloemen)

versie: Polyester Lysimeter en RVS drain & meetreservoir  
 met losse drahtopslagbuis diam 120 mm L = ca. 1200 mm.  
 vast: gamonteerbare rand t.b.v. grondbewerking



MIDDENPAD

|  |   |                            |
|--|---|----------------------------|
| Bestelnummer:<br>R10, M 2010120B   | datum:<br>11-01-2011                      | pagina:<br>102             |
| Naam:<br>Lysimeter Polyester - Chrysant  | ontwerper:<br>Mogelbelegen UR/KRW project | bevoegd:<br>F. M. Zandstra |
|   |   |                            |
| Bestelling bij:<br>Naam: Moller<br>Adres: 2091 LR<br>Tel: 079-348105<br>Fax: 079-383100<br>Mobiel: 06-1197715<br>E-mail: <a href="mailto:franzwinkels@projectoplossingen.nl">franzwinkels@projectoplossingen.nl</a><br>Web: <a href="http://www.projectoplossingen.nl">www.projectoplossingen.nl</a> |   |                            |













## Bijlage VI Functionele eisen drainmeter

- Moet telers inzicht verschaffen in werkelijke uitspoeling op langere termijn.
- Meten van drainhoeveelheid m.b.v. een ultrasone-afstandsmeter (monitoren van opvoerhoogte gedurende het pompen, en pomp afzetten als de meetbuis bijna vol is, correctie voor doodvolume onder in de meetbuis, meten in 1 mm op schaal van 1000 mm, wachten met meting totdat het schuim gezakt is).
- Robuustere pomp (zelf aanzuigend). Deze werkt een vaste duur (ca. 3 minuten) zodat met alle zekerheid de meetbuis volgepompt kan zijn als er voldoende drainwater is.
- Automatische pomp aansturing (1 x per dag) + mogelijkheid tot handstart van meetcyclus
- Handbediening van diverse functies mogelijk bij storingen:
  - o Start het afpompen uit de meetbuis (bijv. bij storing).
- 3 instelbare functies:
  - o Standby: drainmeter staat op aan, maar op non-actief;
  - o Drainmeting: 1 meetcyclus per dag (tijdstip en frequentie instelbaar);
  - o Stomen: Regelmatig afpompen en meten (bv 1x per kwartier) van condenswater uit drainput om "waterslot" te voorkomen.
- Geen elektro-mechanica onder de grond!
- Geen tere beweegbare onderdelen in watercircuit i.v.m. vuil drainwater (roest, modder, plantenresten e.d.). Daarmee vermijden van kleppen e.d. Mogelijkheid tot schoonmaken van meetkoker (algen) en dichte buis i.v.m. algenaangroei.
- Storingsmeldingen (via storingslampje op bedieningspaneel (rood), en naar klimaatcomputer). Rode lampje brandt ook tijdens een meetcyclus ter terugkoppeling voor teler.
- Eenvoudige koppeling met irrigatie/fertigatie computer:
  - o Pulsuitgang welke meetvolume gekalibreerd in mm doorgeeft (maximale frequentie 1 Hz);
  - o Statuslijn: een pulslijn met frequentie codering voor foutmeldingen (bijv. meetbuis blijft vol na afpompen (1Hz, ½ Hz, ¼ Hz) of 1 enkele puls per meetcyclus als terugkoppeling van starten cyclus);
  - o Storingsindicator (verbreekcontact welke aangeeft dat de drainmeter off-line is, of een storing heeft);
  - o Startsignaal ingang (maak contact), mogelijkheid om vanaf procescomputer een meetcyclus te starten (in werkelijkheid is dit een volledige reset, zodat ook foutmeldingen op afstand weer gereset kunnen worden).
- Controleerbare uitlezing van de uitspoeling in mm/dag (op computer).
- In de kas nabij het gangpad een terugkoppeling d.m.v. een eenvoudige mechanische teller (met reset) van het aantal uitgestuurde pulsen (teler kan dit als een soort dagteller gebruiken, ook wanneer de koppeling met de procescomputer zou zijn uitgevallen).
- Beveiliging/detectie/controle van fouten (nader specificeren waarop, b.v. overloop jerrycan, drooglopen van de aanvoer, lek in het systeem).
- Monstername voor BLGG via monsterkoker in de grond. Bij analyse uitspoeling stikstof, wordt het lastig om monsters te nemen uit een vat dat water lange tijd heeft gestaan bij hoge temperatuur omdat er dan omzettingen kunnen plaatsvinden. Gekozen is om het monster onder de grond op (lage) grondtemperatuur op te slaan.
- Goed bereikbaar voor service.
- Meetprincipe inzichtelijk voor teler, met mogelijkheden van eigen service en eerste hulp bij storingen.
- Mogelijkheid tot aansluiting van een regenmeter, te plaatsen nabij de lysimeter.
- Borging, fraudegevoeligheid, certificering (KRW-handhaving emissie) - mogelijk aandacht op termijn.



Nieuwe meetbuis bij de 1<sup>e</sup> kolom.











