

VERTROUWELIJK

Earth, Life &amp; Social Sciences

Utrechtseweg 48

3704 HE Zeist

Postbus 360

3700 AJ Zeist

www.tno.nl

T +31 88 866 60 00

F +31 88 866 87 28

**TNO-rapport****TNO 2016 R10263 | Eindrapport****Goed Gietwater Werkpakket 3, taak 2  
Industrieelonderzoek naar  
waterkringloopsluiting in opkweekbedrijven**

Datum	Maart 2016
Auteur(s)	TNO: Ir. W.A.J. Appelman MBA, J.G.H. Brouwer Wageningen UR Glastuinbouw: Ir. C. Blok, Ir. B. van der Maas, Ing. M. van der Staaij. Ir. E.A.M. Beerling Hellebrekers Technieken B.V.: B. Meeuwssen
Exemplaarnummer	
Oplage	
Aantal pagina's	61 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	2
Opdrachtgever	Subsidieprogramma innoWator
Projectnaam	ES - Goed Gietwater fase 3.2
Projectnummer	060.14147

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2016 TNO

VERTROUWELIJK

## Samenvatting

Efficiënt omgaan met water speelt voor biologische en niet-biologische opkweekbedrijven van plantmateriaal een steeds grotere rol. Toenemende en strengere eisen met betrekking tot lozing van water en de emissie van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen naar het oppervlaktewater vragen nieuwe maatregelen. Overheden en de glastuinbouwsector hebben als doelstelling om de emissies van de glastuinbouwsector via het waterspoor in 2027 nagenoeg tot nul te reduceren waarbij er in 2018 al maatregelen moeten worden genomen met betrekking tot gewasbeschermingsmiddelen.

Het doel van het Goed Gietwater project is om middels industrieel onderzoek te komen tot een vergaande waterkringloopsluiting in de opkweeksector. Met een geoptimaliseerd watermanagement en behandeling van het overtollige gietwater kunnen water en nutriënten worden teruggewonnen en emissies van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen naar het oppervlaktewater worden voorkomen.

Het Goed Gietwater project sluit daarbij aan op het eerder uitgevoerde project "Glastuinbouw Waterproof: substraatteelt" dat liep in 2011 en 2012 en zich richtte op waterkringloopsluiting bij de reguliere glastuinbouwbedrijven. De opgebouwde kennis is als startpunt gebruikt voor het project Goed Gietwater. Aanvullende eisen voor de opkweeksector zijn de noodzaak voor verwijdering van remmiddelen en het geschikt zijn voor biologische teelt. Bij biologische opkweek kan het gebruik van dierlijke meststoffen leiden tot een verhoogde concentratie aan organisch materiaal (TOC) waardoor een aanvullende TOC verwijdering nodig is om rem- en gewasbeschermingsmiddelen efficiënt te kunnen verwijderen. Daarnaast is een aanvullende complicerende factor de veelheid aan verschillende voedingsstromen met elk eigen eisen voor zuivering en hergebruik.

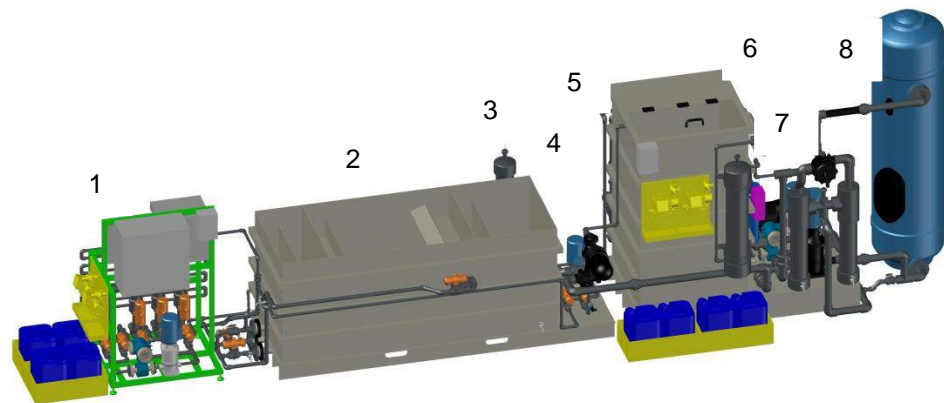
In het Goed Gietwater project is daarom aanvullend onderzoek uitgevoerd naar de verwijdering van rem- en gewasbeschermingsmiddelen en ontsmetting ten behoeve van het verkrijgen van water dat geschikt is om als gietwater in de biologische en niet-biologische opkweeksector te (her)gebruiken. Gedurende het project zijn de bestaande eisen en kentallen geanalyseerd en is ontbrekende kennis geïnventariseerd (werkpakket 1), zijn diverse nog onvoldoende bekende factoren onderzocht die de kwaliteit van het gietwater negatief kunnen beïnvloeden en zijn grenswaarden bepaald (werkpakket 2) en is een technologieconcept ontwikkeld en gedemonstreerd (werkpakket 3). Daarnaast is er samen met branchevereniging Plantum in het kader van een TNO MKB Technologie Cluster project kennis verspreid naar de sector over het verbeteren van het watermanagement.

Het resultaat is een voorgestelde strategie voor emissieloos telen voor de opkweeksector en het ontwikkelde technologieconcept is in staat om gietwater te bereiden uit diverse soorten water, waaronder spuiwater, en bestaat uit:

- Good housekeeping, het optimaliseren van waterstromen en slimme voedingsregelingen;
- Cascadering, maximaliseren van het waterhergebruik door het opslaan en/of concentreren van waterstromen;
- Waterzuivering, selectief toepassen van waterbehandeling, rekening houdend met de gevraagde waterkwaliteit en gietwatertoepassing;

- Elektrocoagulatie voor het verwijderen van TOC, zodat ook biologisch gietwater kan worden ingezet in de normale opkweek;
- Omgekeerde osmose ten behoeve van waterterugwinning en het door concentreren binnen het bedrijf houden van de nutriënten uit het overtollig water;
- Geavanceerde oxidatie en actief koolfiltratie, gericht op complete verwijdering van rem- en gewasbeschermingsmiddelen.

De onderzoeksinstallatie is bij Grow Group te Naaldwijk geplaatst en in de periode van november/december 2016 getest en gedemonstreerd. In verschillende stappen is de installatie getest waarbij gebruik is gemaakt van Standaardwater, een door Wageningen UR Glastuinbouw ontwikkeld 'realistic worse case' concept voor lozingswater uit de glastuinbouw. De onderzoeksinstallatie heeft laten zien goed gietwater te kunnen produceren. Het technologieconcept is op een open dag (16 december 2015) voor de sector gedemonstreerd. Zie Figuur S-1.



Figuur S-1 Schema onderzoeksinstallatie industrieel onderzoek Goed Gietwater. 1) pH regeling en statische menger, 2) elektrocoagulatie, 3) kaarsenfilter, 4) discfilter, 5) tussenopslag, 6) geavanceerde oxidatie, 7) omgekeerde osmose en 8) actief koolfilter.

Doordat het daadwerkelijke praktijkonderzoek in de tijdsplanning een aantal tegenslagen heeft gehad, is niet het mogelijk geweest de installatie goed in te regelen en alle geplande onderzoeken uit te voeren. Om het ontwikkelde concept te kunnen vertalen naar een ontwerp voor een commerciële onderzoeksinstallatie zijn nog een aantal stappen nodig. Er zijn aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek en implementatie in de sector.

**Bijlage(n)**

A Foto's onderzoeksinstallatie

B Meet- en analyse resultaten onderzoeksinstallatie

**Inhoudsopgave**

<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Projectbeschrijving .....</b>	<b>7</b>
2.1	Doelstelling project .....	7
2.2	Consortium .....	7
2.3	Projectopzet.....	8
2.4	Resultaten vorige fasen.....	9
2.4.1	Werkpakket 1 Analyse van bestaande eisen en kentallen .....	9
2.4.2	Werkpakket 2 Kwaliteit gietwater en groeiprestaties .....	9
2.4.3	Werkpakket 3 Ontwikkeling van een conceptueel ontwerp op laboratoriumschaal (taak 1).....	10
<b>3</b>	<b>Recirculatieconcept en opzet test met onderzoeksinstallatie .....</b>	<b>13</b>
3.1	Conceptueel ontwerp.....	13
3.1.1	Good housekeeping.....	13
3.1.2	Cascadering.....	14
3.1.3	Waterbehandeling.....	15
3.2	Te behandelen water .....	18
3.2.1	Spuiwater uit reguliere teelt .....	18
3.2.2	Spuiwater uit biologische teelt .....	20
3.3	Conclusies .....	20
<b>4</b>	<b>Praktijkonderzoek.....</b>	<b>22</b>
4.1	Introductie .....	22
4.2	Meetresultaten .....	22
4.2.1	Verwijdering van TOC.....	23
4.2.2	Waterterugwinning en concentreren van nutriënten.....	26
4.2.3	Verwijdering gewasbeschermings- en remmiddelen.....	31
4.3	Discussie en conclusies .....	31
4.3.1	Verwijdering van TOC.....	31
4.3.2	Waterterugwinning en concentreren van nutriënten.....	32
4.3.3	Verwijdering gewasbeschermings- en remmiddelen.....	33
4.4	Evaluatie en economische aspecten .....	34
<b>5</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen .....</b>	<b>37</b>
<b>6</b>	<b>Verantwoording .....</b>	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>Literatuur .....</b>	<b>40</b>

Bijlagen:

A Foto's onderzoeksinstallatie

B Meet- en analyse resultaten onderzoeksinstallatie

# 1 Inleiding

Een goede waterkwaliteit is een essentiële voorwaarde voor hergebruik van water bij (glas)tuinbouwbedrijven. Bij de gespecialiseerde opkweekbedrijven en ook tijdens de start met nieuw plantmateriaal in de reguliere teeltbedrijven zijn de eisen aan waterkwaliteit door de hoge gevoeligheid van de jonge plantjes zeer hoog. Om planten gezond te houden en risico's op schade te minimaliseren worden gewasbeschermingsmiddelen gebruikt. Gezien de wijze van watergeven (eb/vloed fertigatie, zie Figuur 1-1) komen deze eenvoudig in het gietwater, en indien er geloosd wordt, ook in het oppervlaktewater terecht. Hetzelfde geldt voor meststoffen als stikstof en fosfaat.



Figuur 1-1 Opkweek van planten met eb en vloed fertigatie met biomeststof op basis van varkensmest.

In oktober 2015 is in het hoofdlijnenakkoord met de overheid, het bedrijfsleven en de branche organisatie LTO, Glaskracht NL afgesproken dat glastuinbouwbedrijven op grond van de milieuwetgeving per 1 januari 2018 moeten beschikken over een functionerende installatie voor het zuiveren van drainwater bij substraatteelt, drainagewater bij grondgebonden teelt en filterspoelwater met een zuiveringsrendement van minimaal 95% [RWS, 2015]. Er ligt echter ook al een convenant dat de sector met landelijke en regionale overheden heeft gesloten naar aanleiding van de Europese Kaderrichtlijn Water [KRW, 2000]. Hierin is afgesproken om de emissie van gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten terug te brengen naar nagenoeg nul in 2027. Voor substraatteelten (inclusief opkweek) zijn daarom sinds 2013 stikstofemissienormen van kracht, die in elke twee jaar verder worden aangescherpt tot uiteindelijk (nagenoeg) nul in 2027.

De strenger wordende emissienormen zijn voor opkweekbedrijven een grote opgave omdat (vergaand) recirculeren van drainwater diverse belemmeringen kent. De hogere kwaliteitseisen aan gietwater en de complexe en (kwalitatief en kwantitatief) variabele waterstromen van opkweekbedrijven vereisen een andere aanpak en andere technieken dan de reguliere glastuinbouw.

Om zowel antwoord te hebben op deze strenger wordende emissienormen, en daarnaast meteen een antwoord op de zuiveringsplicht voor gewasbeschermingsmiddelen, is het doel van het Innowator project Goed Gietwater om te komen tot een vergaande waterkringloopsluiting in de opweeksector.

## 2 Projectbeschrijving

### 2.1 Doelstelling project

Het Innowator project Goed Gietwater beoogt de ontwikkeling van een duurzame watertechnologie voor opkweekbedrijven in de glastuinbouw. Hiertoe is een recirculatieconcept onderzocht en ontwikkeld gebaseerd op een verbeterd watermanagement en een geavanceerde chemisch-fysische waterbehandeling. Het doel is hiermee de te recirculeren hoeveelheid overtollig gietwater te beperken en op te werken tot een goede kwaliteit gietwater, waarbij de inzet van natriumhypochloriet voor ontsmetting en lozing of vrije drainage naar het oppervlaktewater of riool voorkomen worden. Het concept is gericht op zowel de gangbare als ook de biologische opkweekbedrijven. Daarnaast kunnen de ontwikkelde kennis en inzichten ook worden ingezet bij de start van de teelt in reguliere glastuinbouwbedrijven, om vanaf het begin het zogenaamde 1<sup>e</sup> water volledig te kunnen hergebruiken zonder risico op productieverlies.

### 2.2 Consortium

Het Innowator project Goed Gietwater is uitgevoerd door een consortium bestaande uit:

- Plantum, branchevereniging opkweekbedrijven, penvoerder en communicatie;
- Grow Group, opkweekbedrijf en eindgebruiker;
- Hellebrekers Technieken B.V., technologiebouwer en systeemleverancier;
- Wageningen UR Glastuinbouw, waterkwaliteitseisen en grenswaarden in relatie tot opkweek, ontwikkeling recirculatieconcept;
- Grodan, leverancier steenwol substraat;
- Bas van Buuren, leverancier potgrond;
- Groen Agro Control, waterkwaliteitseisen en grenswaarden;
- TNO, ontwikkeling, begeleiding en evaluatie waterbehandelingstechnologie.

Deze partijen beslaan gezamenlijk de gehele keten (onderzoek, ontwikkeling, producent, leverancier, overheid en eindgebruiker) rondom de toepassing van het nieuw te ontwikkelen recirculatie- en technologieconcept. Naast het samenwerkingsverband is er een stakeholdersgroep die in het project heeft geïnvesteerd en begeleid, bestaande uit:

- RVO, Innowator programma;
- Rabobank, Stimuleringsfonds DIT;
- STOWA met een bijdrage uit het Stimuleringsbudget Emissiebeperking Glastuinbouw;
- Productschap Tuinbouw;

Verder hebben Plantum en Hellebrekers Technieken B.V. geïnvesteerd.

Deze stakeholdersgroep is 2 tot 3 keer per jaar in vergadering bijeenkomen om de projectresultaten te bespreken.

## 2.3 Projectopzet

De zeer hoge kwaliteitseisen aan gietwater van opkweekbedrijven vereisen andere technieken dan ingezet worden in de reguliere glastuinbouw en met zeer hoge prestaties. In het onderhavige project wordt daarom voor opkweekbedrijven onderzocht of het ook voor deze bedrijven mogelijk is om goed gietwater te bereiden uit overtollig gietwater dat nu nog wordt geloosd. Het project is daarmee complementair aan het vooraf uitgevoerde KRW project Glastuinbouw Waterproof [Beerling, 2009], waarbij de focus in het project Goed Gietwater ligt op het verkrijgen van de juiste kwaliteit gietwater.

Het onderzoek is opgedeeld in drie werkpakketten:

- In werkpakket 1 'Analyse bestaande eisen en kentallen' zijn de gewenste kwaliteitseisen voor gietwater en de bestaande en ontbrekende kennis hierover verwoord (werkpakketleiding: Wageningen UR Glastuinbouw);
- In werkpakket 2 'Kwaliteit gietwater en groeiprestaties' zijn diverse factoren die de kwaliteit van het gietwater negatief kunnen beïnvloeden nader onderzocht. Grenswaarden voor groeiremming en de mogelijkheden van het tenietdoen van de groeiremming met geavanceerde oxidatie zijn bepaald (werkpakketleiding: Wageningen UR Glastuinbouw);
- Werkpakket 3 'Concept en toepassingsontwikkeling t.b.v. optimale kwaliteit gietwater' richtte zich op de ontwikkeling op laboratoriumschaal en demonstreren op pilotschaal van een conceptueel ontwerp van technologieën voor bereiding van gietwater uit spuiwater (werkpakketleiding: TNO).

Het project is aangevraagd en gehonoreerd in 2010, waarbij de eerste twee werkpakketten volledig zijn uitgevoerd in de periode van 2010-2014. Door een in eerste instantie niet volledige begroting is werkpakket 3 in twee na elkaar geschakelde delen uitgevoerd:

- Taak 1: Conceptueel ontwerp d.m.v. laboratoriumonderzoek. Afgerond in 2014;
- Taak 2: Demonstratie op pilotschaal. Uitgevoerd in 2015.

In dit rapport worden de resultaten van werkpakket 3, taak 2 beschreven samen met de overall conclusies van het project. De voorbereiding en onderbouwing van het pilotonderzoek is beschreven in de eerdere rapportages van de werkpakketten 1 [Maas van der et al., 2012], 2 [Blok et al., 2012] en 3 taak 1 [Jurgens et al., 2014]. In sectie 2.4 worden de resultaten uit de eerdere werkpakketten kort samengevat.

In hoofdstuk 3 worden de resultaten beschreven van het conceptueel ontwerp en de opzet van demonstratie op pilotschaal. In hoofdstuk 4 zijn de resultaten verkregen op pilotschaal samengevat en vergeleken met de verwachtingen op basis van het laboratoriumonderzoek. De onderliggende analyseresultaten zijn opgenomen in een aparte bijlage (Bijlage B). In paragraaf 4.4 is een beknopte evaluatie opgenomen. Het rapport wordt afgesloten met conclusies en aanbevelingen in hoofdstuk 5.



## 2.4 Resultaten vorige fasen

### 2.4.1 *Werkpakket 1 Analyse van bestaande eisen en kentallen*

De kwaliteitseisen voor de definiëring van goed gietwater zijn opgesteld door een groep van materiedeskundigen en kwekers (werkgroep Uniform Uitgangsmateriaal van Plantum). De kwaliteitseisen hebben betrekking op:

- De concentraties voedingselementen voor het gietwater;
- De organische stoffen en verontreinigingen in de verschillende watertypen en waterstromen;
- Voorkomen van plantenziekten;
- Plantregulatoren en ‘toxische stoffen’ zoals schoonmaakmiddelen;
- Groeiremmers.

In een vervolgstap zijn de kwaliteitseisen waar mogelijk gekwantificeerd. Daartoe is een literatuurstudie uitgevoerd, zijn gesprekken met deskundigen geweest, zijn interviews gehouden op een viertal opkweekbedrijven en zijn enkele toeleveranciers benaderd.

Uit de literatuur zijn bruikbare kwantitatieve cijfers verkregen over schadedrempels of een wenselijke onder- en bovengrens. In een aantal gevallen is een vertaalslag nodig van onderzoekresultaten naar de opkweek van plantmateriaal of ontbreekt data om grenzen of drempels te kunnen vaststellen voor een bepaald kwaliteitscriterium. De voorstellen voor vervolgonderzoek in werkpakket 2 ‘Kwaliteit gietwater en groeiprestaties’ zijn:

- Vaststellen drempelwaarden voor de totaal organisch koolstof (total organic carbon, TOC) en de maximum concentratie humuszuren;
- Vaststellen van schadedrempels voor rem- en ontsmettingsmiddelen.

De kwaliteitseisen voor het voedingswater en het hergebruik van de voedingsoplossing in de biologische opkweek zijn punten van aandacht. De werkzaamheid van ‘weerbaarheid inducerende middelen’ tegen ziekten en plantenplagen roept nog veel vragen op. Er is een grote behoefte aan meetmethoden voor kwantitatieve data. Onderzoek op dit gebied is gepland buiten het project Goed Gietwater.

### 2.4.2 *Werkpakket 2 Kwaliteit gietwater en groeiprestaties*

In werkpakket 2 is een aantal factoren die de kwaliteit van het gietwater negatief kunnen beïnvloeden nader onderzocht. In overleg met de begeleidingscommissie (werkgroep Uniform Uitgangsmateriaal van Plantum) is een selectie van onderwerpen uit werkpakket 1 gemaakt. Bepaald zijn grenswaarden voor groeiremming en de mogelijkheden van het tenietdoen van de groeiremming met geavanceerde oxidatie.

Een ontsmettingsmiddel (natrium hypochloriet, NaOCl), twee organische stoffen (POW-humus en kokoschips), een remstof (Alar) en een uitvloeimiddel uit de steenwol zijn in meetreeksen getest op groeiremming. NaOCl laat groeiremming zien vanaf 45 mg/L, ook Alar (daminozide) remt de groei vanaf 45 mg/L. De organische stoffen en de uitvloeier vertonen geen groeiremming. Een hoog gehalte

aan organische stof beïnvloedt de groei van micro-organismen en kan verstrend werken bij UV-ontsmetting.

Geavanceerde oxidatie (AOP) op basis van UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> resulteert niet in de gewenste afbraak van NaOCl, POW-humus en exudaat van kokoschips bij de in de praktijk toegepaste UV-dosis (250 mJ/cm<sup>2</sup>). Het vloeimiddel in demiwater wordt bij een hoge dosis peroxide (30 ppm) en 240 mJ/cm<sup>2</sup> tot 45% afgebroken. AOP vertoont geen invloed van betekenis op de afbraak van daminozide in water ten opzichte van alleen een UV-behandeling.

### 2.4.3 *Werkpakket 3 Ontwikkeling van een conceptueel ontwerp op laboratoriumschaal (taak 1)*

Om tot een juiste keuze van waterbehandeling te komen zijn met literatuur- en laboratoriumonderzoek verschillende waterbehandelingstechnieken onderzocht. Eerder is in het project KRW Glastuinbouw Waterproof - Substraat [Appelman et al., 2012 en Jurgens et al., 2012] gebleken dat met omgekeerde osmose (RO) of membraan destillatie (MD) 80-90% van het spuiwater van gangbare teeltbedrijven teruggewonnen kan worden. Om na te gaan of dit ook voor de opkweekbedrijven geldt, is op laboratoriumschaal onderzocht in welke mate gewasbeschermings- en groeiremmiddelen worden tegengehouden door beide technieken. Uit de onderzoeksresultaten blijkt dat RO hierop beter presteert dan MD. Daarnaast kan overwogen worden om nanofiltratie (NF) toe te passen als voorschakeling aan RO of als vervanger hiervan (niet verder onderzocht).

In Tabel 2-1 is het tegenhoudend vermogen (de retentie) van de RO membranen voor de geteste remmiddelen weergegeven. Deze resultaten laten zien dat omgekeerde osmose een hoge retentie (>90%) kent voor de remmiddelen. De praktische ligt op een totale verwijdering van minimaal 95%, zie ook Hoofdstuk 1.

Tabel 2-1 Gemeten retentie voor omgekeerde osmose op geselecteerde remmiddelen gemeten op labschaal.

Remmiddel (µg/L)	Retentie RO (%)
Daminozide (Alar)	>90
Paclobutrazole (Bonzi)	90
Chloormequat (Cycocel)	>94

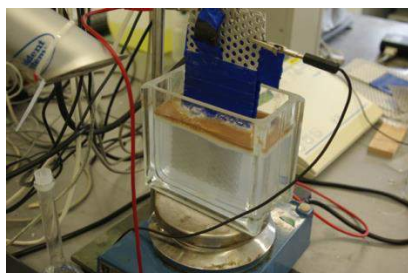
Een andere behoefte is waterbehandeling waarbij gewasbeschermings- en groeiremmingsmiddelen worden verwijderd uit drainwater dat gerecirculeerd wordt. Hiervoor komt AOP in de vorm van UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in aanmerking, zie ook de rapportage van taak 3.1. De AOP techniek is bovendien geschikt voor het verwijderen van gewasbeschermingsmiddelen uit te lozen spuiwater. Filtratie met actief kool kan als een polishing stap worden gebruikt om de laatste restanten en TOC te verwijderen. Uit de onderzoeksresultaten blijkt dat met zowel UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> als koolfiltratie alle 12 aanwezige gewasbeschermingsmiddelen in het Standaardwater te verwijderen zijn. Met beide technieken is een verwijderingsrendement van meer dan 90% technisch haalbaar. Ten tijde van het uitgevoerde onderzoek was nog niet bekend dat de vereiste zuivering op 95% verwijdering is gesteld wat mogelijk inhoudt dat de intensiteit van de technologieën moeten worden verhoogd of wellicht technologieën moeten worden gecombineerd voor voldoende verwijdering.

Voor beide technieken is de aanwezigheid van TOC in het te behandelen water van grote invloed op de prestaties. Zo is voor UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> voor een 90% verwijdering van de gewasbeschermingsmiddelen uit Standaardwater met circa 10 ppm TOC een UV-dosis vereist van 1200 mJ/cm<sup>2</sup>, terwijl voor dezelfde verwijdering in water zonder organisch stof (RO permeaat) een dosis vereist is van 540 mJ/cm<sup>2</sup>. De aanwezige TOC is voor de oxidatie van de in veel lagere concentraties aanwezige gewasbeschermingsmiddelen een concurrent. De TOC-verwijdering varieerde tijdens de behandeling met UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> van 0 tot circa 30%, afhankelijk van de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-dosering. Voor koolfiltratie is gevonden dat de invloed van TOC relatief beperkt is op de maximale adsorptie (isothermen) maar dat de adsorptiesnelheden van bepaalde gewasbeschermingsmiddelen met een factor 100 kunnen dalen door porieblokkering. In de praktijk is het daarom belangrijk dat de aanwezige (opgeloste) TOC in het spuiwater, samen met andere eventuele zwevende vaste bestanddelen wordt verwijderd, voorafgaand aan het verwijderen van de gewasbeschermingsmiddelen. Dit betekent concreet dat de verwijdering van gewasbeschermingsmiddelen in belangrijke mate in de laatste stap in een waterbehandelingsketen moet plaats vinden.

In plaats van de toepassing van UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> of koolfiltratie kan ook gedacht worden aan de toepassing van een combinatie van beide technieken, al dan niet voorafgegaan door coagulatie (uitvlokken) voor TOC-verwijdering. In de eerste stap wordt met UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> een groot deel van de gewasbeschermingsmiddelen verwijderd (ca. 80%) en in een tweede stap met koolfiltratie het resterende. In het koolfiltratieproces kan het restende H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, eventuele nevenproducten van de gewasbeschermingsmiddelen en organische componenten worden verwijderd. De beide technieken zijn deels complementair. Dat geldt ook voor de verwijdering van de individuele gewasbeschermingsmiddelen. De twee gewasbeschermingsmiddelen die in AOP met UV/ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> het langzaamst worden omgezet (pymetrozine en toclofos-methyl) worden met koolfiltratie relatief goed afgevangen. De twee gewasbeschermingsmiddelen die in Standaardwater de laagste affiniteit hebben voor kool (pirimicarb en methoxyfenozide) worden bij UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> relatief snel omgezet. Hoewel met één techniek ook een hoog verwijderingsrendement kan worden gerealiseerd, ligt het voor de hand om voor situaties waarbij een verwijderingsrendement van meer dan 90% is vereist te kiezen voor een combinatie. Bij toepassing van één techniek zijn de vereiste procescondities voor een hoge verwijdering relatief extreem, terwijl bij toepassing van twee technieken de procescondities relatief mild kunnen zijn.

Het uitgevoerde onderzoek in taak 3.1 laat zien dat de effectiviteit van gangbare waterbehandelingstechnieken negatief wordt beïnvloed door de aanwezigheid van hoge concentraties TOC in het te behandelen water zoals bij het gebruik van dierlijke mest het geval is. Uit het onderzoek is ook gebleken dat elektrocoagulatie een effectieve technologie hiervoor kan zijn. Daarom wordt bij de uitvoering van de pilotproef een voorafgaande verwijdering van TOC met elektrocoagulatie voorzien. Bij elektrocoagulatie wordt een elektrisch potentiaalverschil tussen twee elektrodes aangebracht, waardoor metaalionen in oplossing gaan. Deze ionen vormen een precipitaat (neerslag) met opgeloste verbindingen zoals TOC. Deels hechten ook gewasbeschermingsmiddelen en remmiddelen zich aan de vlokken. Door het precipitaat/vlokken uit het water te verwijderen kan een effectieve verwijdering van TOC en eventueel andere aanwezige opgeloste verbindingen worden gerealiseerd.

Uit de resultaten van de oriënterende experimenten in taak 3.1 (Figuur 2-1 en Tabel 2-2) blijkt dat bij de gekozen procescondities (kraanwater, toevoeging van humus/illiet van Standaardwater, stroomsterkte 5 mA/cm<sup>2</sup>, duur van de proef 90 min), het TOC-gehalte afneemt met 60%. Van de remmiddelen is alleen een afname van daminozide (afname ca 70%) geconstateerd. Deze stof breekt slecht af met UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Het remmiddel chloromequat wordt met elektrocoagulatie niet verwijderd. De verwijdering van de gewasbeschermingsmiddelen imidacloprid en pirimicarb is respectievelijk 40 en 10%.



Figuur 2-1 Batch-opstelling elektrocoagulatie.

Tabel 2-2 Resultaten oriënterend experimenten met EC\*.

Component	Type	Afname concentratie [%]
TOC	--	60
daminozide	Remmiddel	70
chloromequat	Remmiddel	<10
imidacloprid	Gewasbeschermingsmiddel	40
pirimicarb	Gewasbeschermingsmiddel	10

\* Condities: kraanwater met toegevoegd TOC uit Standaardwater, tijdsduur experiment 90 min, stroomdichtheid 5 mA/cm<sup>2</sup>.

Op basis van deze resultaten en die van de eerdere werkpakketten 1 en 2 is voorgesteld om een combinatie van elektrocoagulatie (EC), omgekeerde osmose (RO), geavanceerde oxidatie (AOP) en actief kool (Tabel 2-3) op praktijkschaal te onderzoeken. In beginsel wordt hiermee een volledig hergebruik van het water en nutriënten mogelijk.

Tabel 2-3 Overzicht waterbehandelingsstappen en inzet technieken.

Benodigde waterbehandeling	Electro-coagulatie	Omgekeerde osmose*	Geavanceerde oxidatie*	Actief kool
TOC verwijdering	X	X	X	X
Verwijdering gewasbeschermingsmiddelen	X	X	X	X
Nutriëntenterugwinning		X		
Ontzouting restantwater		X		
Waterterugwinning		X	X	X

\* RO en AOP hebben tevens een desinfecterende werking.

## 3 Recirculatieconcept en opzet test met onderzoeksinstallatie

### 3.1 Conceptueel ontwerp

De resultaten uit de werkpakketten 1 en 2 beschrijven welke eisen opkweekbedrijven aan de waterkwaliteit van gietwater stellen en voor welke factoren (extra) zuiveringsstappen nodig zijn [Maas van der et al, 2012; Blok et al, 2012]. Om tot een efficiënt hergebruik en zuivering te komen is echter meer nodig.

Sec toepassen van een waterbehandelingstechnologie, zoals omgekeerde osmose (RO) op een opkweekbedrijf waarbij niet eerst gekeken is naar optimalisatie en vermindering van het watergebruik, is kostentechnisch niet verstandig vanwege de grote hoeveelheid reststroom (concentraat van RO) die ontstaat. De uitdaging bij opkweekbedrijven ligt met name in de combinatie van verschillende teelten en als gevolg daarvan de complexiteit van de waterstromen. In taak 1 van werkpakket 3 is daarom, naast selectie van relevante zuiveringstechnologie, ook aandacht besteed aan het verkleinen van de waterstromen die zuivering nodig hebben door een verbeterd watermanagement en cascadering.

Het in het project ontwikkelde concept bestaat uit drie onderdelen:

- Good housekeeping, optimaliseren van waterstromen en watergebruik met slimme voedingsregelingen (sectie 3.1.1);
- Cascadering, maximaliseren hergebruik door cascadering van waterstromen van verschillende kwaliteit (sectie 3.1.2);
- Waterbehandeling, selectief toepassen van waterbehandeling rekening houdend met de gevraagde waterkwaliteit en gietwatertoepassing (sectie 3.1.3).

#### 3.1.1 *Good housekeeping*

De waterstromen bij zowel de locatie van de Grow Group in Naaldwijk en Bergschenhoek als ook een aantal andere opkweekbedrijven zijn in kaart gebracht. Hiertoe is een nieuw project gestart binnen het MKB Technologie Cluster programma met een vijftal andere leden van Plantum.

Dit onderzoek leidde in alle gevallen bij de deelnemende bedrijven tot een groter inzicht in de waterstromen die in de loop der tijd steeds complexer waren geworden. Er bleken soms vereenvoudigingen mogelijk die direct tot besparingen van water en voeding leidden. Daarnaast biedt een bedrijfsspecifiek overzicht een basis voor cascadering en waterzuivering.

Anders dan bij reguliere teeltbedrijven, is hergebruik van drainwater lastig vanwege het gebruik van een veelvoud aan recepturen waardoor verschillende voedingsstromen ontstaan. De aanleg van meer buffercapaciteit voor de opslag van overtollig voedingswater, in combinatie met het gebruik van meetapparatuur en dynamische EC en niveauregeling, kan het hergebruik van voedingswater alsnog mogelijk maken. Veel van deze maatregelen zijn terug te vinden in de projectrapportage [Feenstra en Jurgens, 2013], maar ook in de rapportages van het

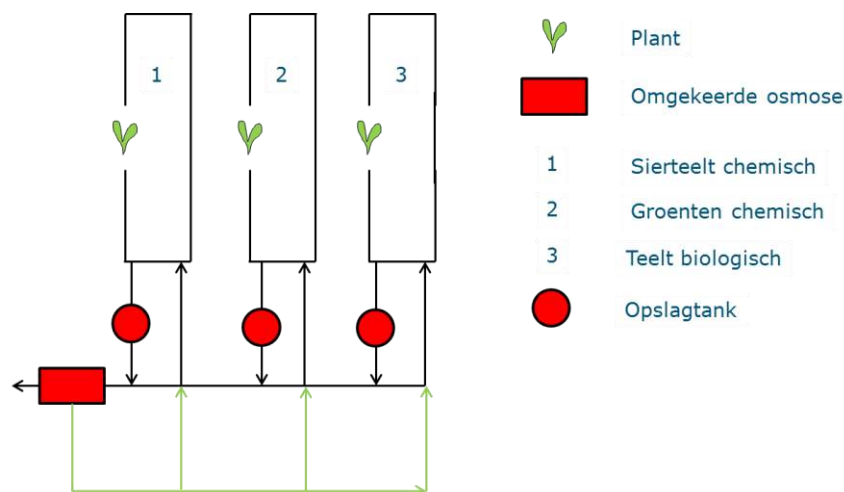
KRW-project Glastuinbouw Waterproof [Beerling, 2009] en de blauwdruk waterstromen glastuinbouw [LTO-Glaskracht, 2011].

Dit kennisoverdrachtproject heeft gediend als ondersteuning bij het vormen van het technologieconcept in het project Goed Gietwater. De resultaten bestonden uit:

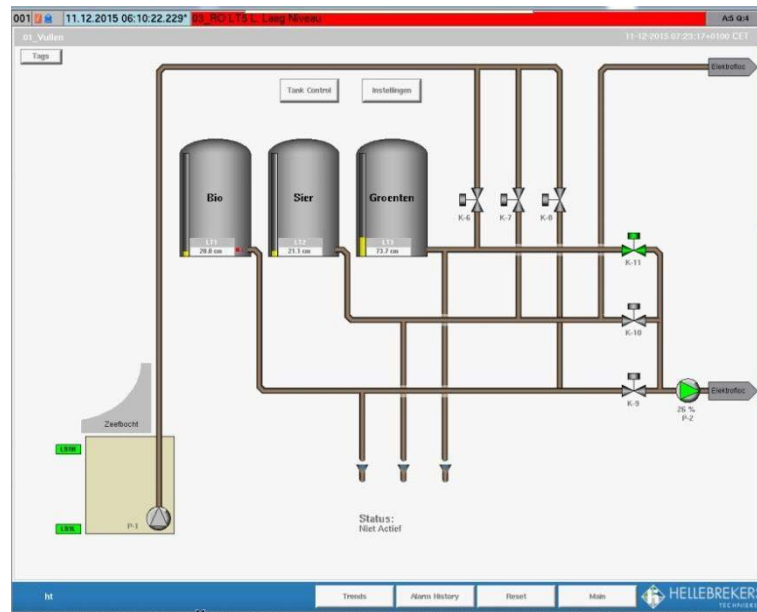
- Overzicht van het huidige watersysteem/massabalans met alle belangrijke in- en uitgaande stromen;
- Informatie over hoeveelheden, samenstelling en waterbalans voor de belangrijkste componenten;
- Overzicht van relevante maatregelen die leiden tot waterkringloopsluiting en beperking van de emissie van gewasbeschermingsmiddelen (zowel verbeterd watermanagement als implementatie van nieuwe duurzame watertechnologie);
- Overzicht van de kosten en baten van relevante maatregelen.

### 3.1.2 Cascadering

Aanvullend op de Good housekeeping en voortbouwend op de blauwdruk waterstromen glastuinbouw, heeft Wageningen UR Glastuinbouw een concept voor cascadering voor opkweekbedrijven ontworpen. Opkweekbedrijven scheiden hun waterstromen vaak in verschillende gewasgroepen waarvan het drainwater niet in een andere groep terecht mag komen. Het meest duidelijke voorbeeld hierbij is water uit reguliere teelt wat niet terug mag naar biologische teelten. Door intern het recirculatiewater te cascaderen kunnen water en voeding efficiënter worden gebruikt. Cascaderen betekent hier werken in compartimenten op basis van middelengebruik waarna het drainwater gebruikt kan worden in alle lagere cascadennummers. In Figuur 3-1 is dit principe schematisch weergegeven zoals dit eerder in taak 1 is uitgewerkt. Figuur 3-2 toont hoe dit cascaderingconcept vervolgens wordt weergegeven in een regelsysteem. Figuur 3-3 geeft op foto de uiteindelijk gebouwde situatie weer met de drie verschillende opslagreservoirs van ieder 10 m<sup>3</sup>. Hierin is alleen RO aangegeven als waterbehandeling voor concentrering van nutriënten. Overige waterbehandeling en desinfectie ontbreken in dit schema.



Figuur 3-1 Cascadering, ofwel segmentering van waterstromen naar verschillende plantgroepen ontwikkeld door Wageningen UR Glastuinbouw.



Figuur 3-2 Schermafdruck van proces- en regelschema om cascadering van de waterstromen naar 3 plantgroepen mogelijk te maken bij de Grow Group.



Figuur 3-3 Foto cascaderingsstelsel met opslagvaten voor water uit verschillende typen teelt (ieder 10 m<sup>3</sup>).

### 3.1.3 Waterbehandeling

Op basis van de resultaten uit de eerdere werkpakketten is een waterbehandelingsplan opgesteld en een onderzoeksinstallatie voor het industrieel onderzoek gebouwd. De essentie van de onderzoeksinstallatie die bij de Grow Group in Naaldwijk is geplaatst, is om te zorgen dat het ingenomen water zolang en zoveel mogelijk kan worden gerecirculeerd en hergebruikt. Dit wordt bereikt door:

- Ten eerste een slim ontwerp voor cascadering van de waterstromen en andere maatregelen ten behoeve van het verminderen van het spuiwater (sectie 3.1.2). Overtollig water en nutriënten kunnen daarbij direct of indirect opnieuw worden gebruikt. Indirect hergebruik kan plaats vinden met behulp van concentrering

- met RO en opslag van het concentraat waarbij het schone permeaat kan worden gebruikt in nieuw gietwater. Zo kunnen water en nutriënten grotendeels weer opnieuw apart van elkaar worden ingezet;
- Vervolgens zuiveren van alleen die waterstromen waarvoor dat nodig is. Bijvoorbeeld bij waterstromen waarbij de aanwezigheid van TOC of gewasbeschermings- of remmiddelen kritisch is;
  - Tenslotte eventueel zuivering van het restant spuiwater dat uiteindelijk om verschillende redenen geloosd moet worden. Dit gaat om aanzienlijk kleinere hoeveelheden dan in de huidige situatie. De zuiveringstechnologie zal moeten worden ingezet om de aanwezige gewasbeschermingsmiddelen te verwijderen voordat geloosd mag worden.

Het uitgevoerde onderzoek (taak 1 van werkpakket 3) omvatte experimenten op laboratoriumschaal naar verschillende technologieën waarbij de onderstaande technologieën de meest veelbelovende perspectieven boden voor het verdere industriële onderzoek:

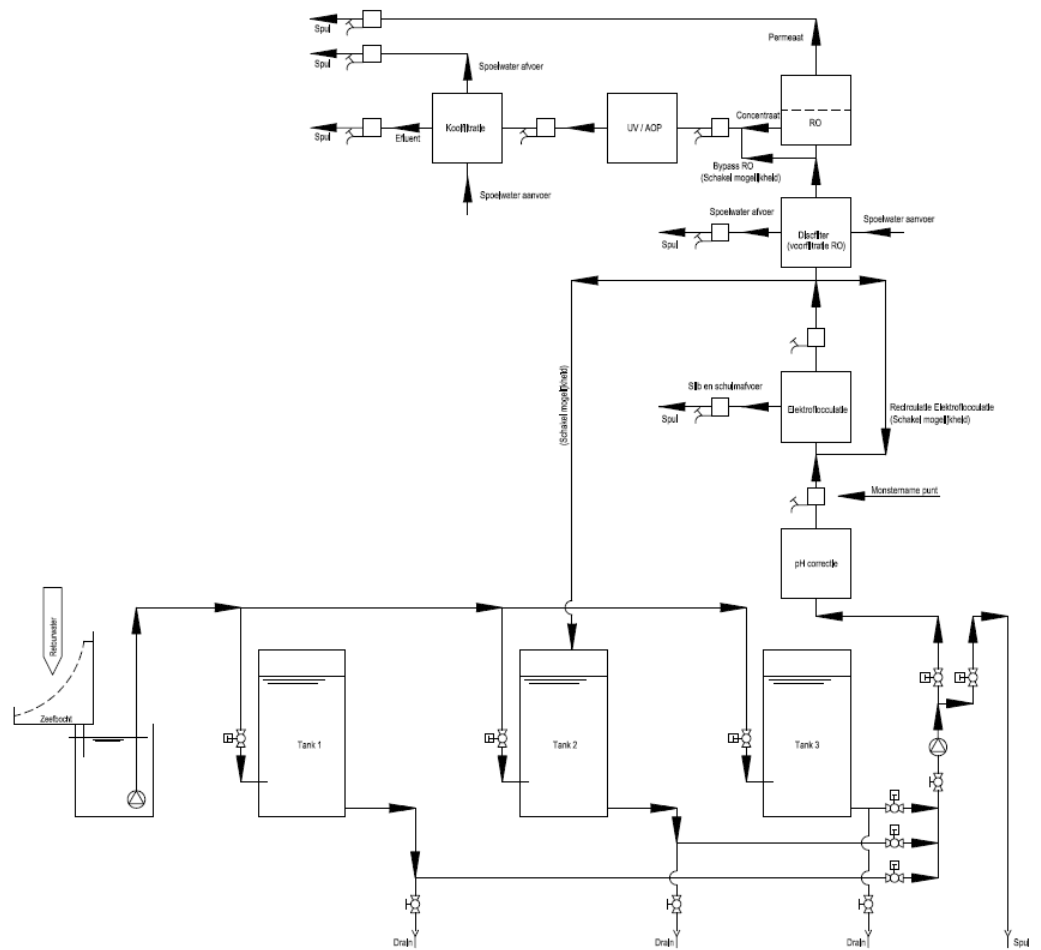
- Elektrocoagulatie (EC) voor het verwijderen van TOC, inclusief een deel van de gewasbeschermingsmiddelen;
- Omgekeerde osmose (RO) voor waterterugwinning en concentrering van nutriënten in het spuiwater;
- Geavanceerde oxidatie (AOP) op basis van UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>;
- Nabehandeling met actief koolfiltratie voor een complete verwijdering van gewasbeschermings- en remmiddelen.

Door het projectconsortium is gekozen om de combinatie van deze technologieën samen met een systeem voor cascadering in een onderzoeksinstallatie voor industrieel onderzoek op te nemen. In Figuur 3-4 is het processchema voor de onderzoeksinstallatie weergegeven en in Figuur 3-5 een ontwerpimpressie van de uiteindelijke installatie. Tabel 3-1 geeft een overzicht van de gekozen dimensies en capaciteiten.

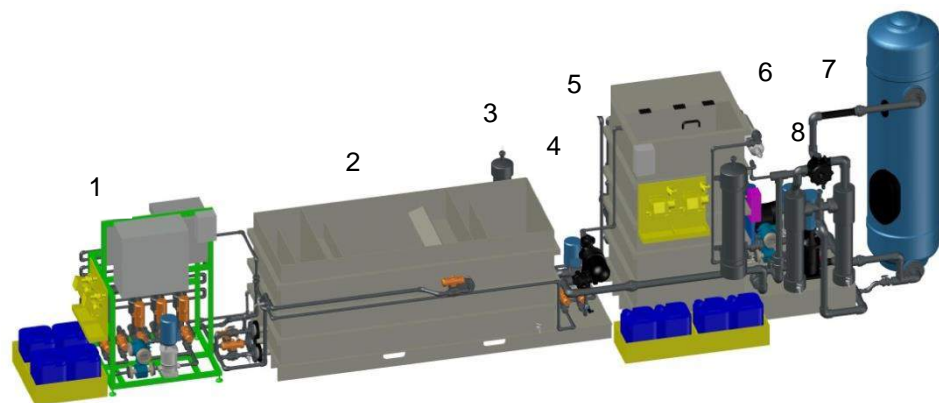
Tabel 3-1 Kentallen onderzoeksinstallatie Goed Gietwater.

Onderdeel	Capaciteit / omvang	Opmerkingen, bijzonderheden
Cascadering, aantal vaten en capaciteit	3 x 10 m <sup>3</sup>	
Elektro-coagulatie	500 L/h	Stroomdichtheid 35 mA/cm <sup>2</sup>
RO installatie	600 L/h 400 L/h concentraat 200 L/h permeaat	ca. 5 bar operatiedruk
Geavanceerde oxidatie	400 L/h	UV intensiteit, 52 mJ/cm <sup>2</sup> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> dosering, 14 mL/h
Actief koolfilter	400 L/h	





Figuur 3-4 Processchema onderzoeksinstallatie industrieelonderzoek.



Figuur 3-5 Schema onderzoeksinstallatie industrieel onderzoek Goed Gietwater. 1) pH regeling en statische menger, 2) elektrocoagulatie, 3) kaarsenfilter, 4) discfilter, 5) tussenopslag, 6) geavanceerde oxidatie, 7) omgekeerde osmose en 8) actief koolfilter.

### 3.2 Te behandelen water

Grow Group gebruikt een grote hoeveelheid schoon leidingwater (drinkwater) voor de opkweek van jonge groentepplanten. Schoonwater is noodzakelijk voor de groei van jonge planten; jonge planten reageren snel op veranderde waterkwaliteit. Schoonwater is echter duur en de voorschriften voor een hoog drinkwatergebruik worden steeds verder aangescherpt. Leidingwater bevat daarnaast relatief veel natrium en is daardoor niet geschikt voor recirculerende systemen, omdat het natrium dan ophoopt en groeischade geeft. Een duurzame en toekomstgerichte oplossing is daarom gewenst. Hergebruiken van (natrium-arm)water en een gesloten watersysteem kunnen een oplossing bieden.

Hergebruik van voedingswater is alleen mogelijk als een waarborg bestaat voor de kwaliteit. In sommige gevallen kunnen verkeerde verhoudingen van meststoffen, restanten van gewasbeschermingsmiddelen, remmiddelen, schoonmaakmiddelen en pathogenen of andere micro-organismen voor problemen zorgen. Bij Grow Group is daarnaast deels sprake van biologische teelt. Grow Group is hiervoor SKAL- en Bio-Suisse-gecertificeerd en gebruikt biologische meststoffen en natuurlijke correctiemethoden. Daarnaast is de beschikbaarheid van voldoende goed gietwater een voorwaarde voor Grow Group om te kunnen uitbreiden.

In het onderzoek is daarom uitgegaan van een tweetal soorten water: regulier spuiwater en biologisch spuiwater. Het gereinigde water wordt in dit onderzoek niet opnieuw in het bedrijf ingezet maar geloosd, omdat de installatie een pilot is en de effectiviteit ervan juist wordt onderzocht.

#### 3.2.1 Spuiwater uit reguliere teelt

Om zuiveringstechnologieën te kunnen beoordelen op geschiktheid voor de glastuinbouw is het noodzakelijk deze te toetsen met water dat representatief is voor de glastuinbouw. Hiervoor is Standaardwater gebruikt, een door de Wageningen UR Glastuinbouw ontwikkeld concept [Ruijven et al, 2014] en officieel erkend als toetsingswater voor zuiveringstechnologie [Infomil, 2016]. Dit water dient als standaard voor lozingswater uit substraatteelten en grondgebonden teelten, en bevat nutriënten en sporenelementen, een zekere mate van vervuiling (TOC) en 11 gewasbeschermingsmiddelen met 12 werkzame stoffen. De TOC is samengesteld uit 20 mg/L humuszuur (Pow-Humus) als organische vervuiling en 6 mg/L illiet klei als minerale vervuiling. De toegevoegde gewasbeschermingsmiddelen staan in Tabel 3-2, de remmiddelen, chloraat en hypochloriet in Tabel 3-3 en de toegevoegde meststoffen in Tabel 3-4.

Ten behoeve van het onderzoek met water van opkweekbedrijven zijn aan het Standaardwater nog enkele remmiddelen toegevoegd: Bonzi, Alar en Cycocel (Tabel 3-2). Dit zijn remmiddelen die in de teelt van potplanten en sierteeltgewassen veelvuldig worden toegepast. Deze middelen worden op de gewassen gespoten en komen deels op de teeltvloer terecht. De middelen mogen echter niet in vervolgteelten terecht komen en moeten daarom uit het water verwijderd worden. Daarnaast is ook bij enkele tests chloraat toegevoegd, omdat residuen van deze stof ongewenst in planten (en vruchten) aangetroffen kunnen worden.

Tabel 3-2 Aan Standaardwater toegevoegde gewasbeschermingsmiddelen.

Merksnaam	Werkzame stof	Concentratie (mg/L)	Relevantie
Ortiva	azoxystrobine	2	Onderdeel van Standaardwater
Collis	boscalid	4	Onderdeel van Standaardwater
Topsin M	carbendazim	2	Onderdeel van Standaardwater
Admire	imidacloprid	2	Onderdeel van Standaardwater
Collis	kresoxim methyl	2	Onderdeel van Standaardwater
Mesurol	methiocarb-sulfoxide	2	Onderdeel van Standaardwater
Runner	methoxyfenozide	2	Onderdeel van Standaardwater
Pirimor	pirimicarb	2	Onderdeel van Standaardwater
Pirimicarb-desmethyl	pirimicarb-desmethyl	2	Onderdeel van Standaardwater
Plenum	pymetrozine	2	Onderdeel van Standaardwater
Calypso	thiacloprid	2	Onderdeel van Standaardwater
Rizolex	tolclofos-methyl	2	Onderdeel van Standaardwater
Rovral aquaflo	iprodion	2	Onderdeel van Standaardwater

Tabel 3-3 Extra aan Standaardwater toegevoegde remmiddelen, chloraat en hypochloriet.

Merksnaam	Werkzame stof	Concentratie (mg/L)	Relevantie
Bonzi	paclobutrazool	2*	Gebruikelijke remstof
Alar	daminozide	2*	Gebruikelijke remstof
Cycocel	chloormequat	2*	Gebruikelijke remstof
Chloraat	chloraat	200	Ophoping
Hypochloriet	hypochloriet	2000	Bron van natrium en chloraat

Tabel 3-4 Samenstelling Standaardwater voor TOC en nutriënten.

Parameter	Waarde	Eenheid
pH	5,5	--
EC	3,0	mS/cm
TOC (humuszuren)	20000	mg/L
Illiet klei	6	mg/L
NH <sub>4</sub>	0,5	mmol/L
K	7,0	mmol/L
Na	6,0	mmol/L
Ca	8,0	mmol/L
Mg	3,5	mmol/L
Si	0,0	mmol/L
NO <sub>3</sub>	17,0	mmol/L
Cl	6,0	mmol/L
SO <sub>4</sub>	6,0	mmol/L
HCO <sub>3</sub>	1,0	mmol/L
P	0,7	mmol/L
Fe	50	µmol/L
Mn	20	µmol/L
Zn	5	
B	50	
Cu	2	
Mo	1	

Een andere aanpassing op het Standaardwater is dat leidingwater als uitgangswater is gebruikt in plaats van RO of regenwater. Reden hiervoor was dat Grow Group leidingwater gebruikt als uitgangspunt. Nadat het water was klaargemaakt in de silo duurde het enkele uren tot dagen tot het water werd gebruikt. Het water in de silo's werd hierbij niet actief gemengd.

### 3.2.2 *Spuiwater uit biologische teelt*

Omdat in de opkweeksector, alsook bij Grow Group deels wordt gewerkt met biologische teelten zullen oplossingen voor een verbeterd watermanagement hier ook mee overweg moeten kunnen. Drainwater uit biologische opkweek bevat geen gewasbeschermings- en remmiddelen en is daarmee interessant om als basis te gebruiken voor de reguliere teelt als alternatief voor bijvoorbeeld drinkwater. Daarbij kunnen aanwezige biologische meststoffen door concentrering worden afgescheiden. Een voordeel van het verwijderen van TOC is dat desinfectie door UV mogelijk wordt. Drainwater uit biologische opkweek heeft een sterke kleuring en daardoor een lage transmissie wat UV-behandeling minder effectief maakt.

Ten tijde van het onderzoek op locatie bij Grow Group was er geen biologische opkweek. Het doel was om de onderzoeksinstallatie naast het onderzoek met regulier spuiwater (3.2.1) ook te testen met water dat bij biologische opkweekteelt wordt gebruikt. Hiervoor is leidingwater gebruikt, aangevuld met ca. 1% (w/w) biologische varkensmest waarbij de geleidbaarheid (EC) steeg tot 2,5 mS/cm. De experimenten die met dit leidingwater aangevuld met varkensmest zijn gedaan, moesten helaas worden afgebroken omdat de installatie nog onvoldoende ingeregeld was en worden daardoor niet in de verdere beoordeling van de technologie in deze rapportage meegenomen. Wel staan de analyseresultaten in Bijlage B vermeld.

## 3.3 **Conclusies**

Het in het project ontwikkelde recirculatieconcept bestaat uit drie onderdelen:

- Good housekeeping, optimaliseren van waterstromen en watergebruik met slimme voedingsregelingen (sectie 3.1.1);
- Cascadering, maximaliseren hergebruik door cascadering van waterstromen van verschillende kwaliteit (sectie 3.1.2);
- Waterbehandeling, selectief toepassen van waterbehandeling rekening houdend met de gevraagde waterkwaliteit en gietwatertoepassing (sectie 3.1.3), bestaande uit:
  - Elektrocoagulatie (EC) voor het verwijderen van TOC, inclusief een deel van de gewasbeschermingsmiddelen;
  - Omgekeerde osmose (RO) voor waterterugwinning en concentrering van nutriënten in het spuiwater;
  - Geavanceerde oxidatie (AOP) op basis van UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>;
  - Nabehandeling met actief koolfiltratie voor een complete verwijdering van gewasbeschermings- en remmiddelen.

De combinatie van het recirculatieconcept en waterbehandelingstechnologie is door Hellebrekers Technieken B.V. op pilotschaal gerealiseerd bij Grow Group voor het

industriële onderzoek. De installatie is getest op Standaardwater gebaseerd op leidingwater aangevuld met remmiddelen, hypochloriet en chloraat. Deze middelen mogen niet in vervolgteelten terecht komen en moeten daarom uit het water verwijderd worden. Daarnaast zijn test uitgevoerd met leiding water aangevuld met varkensmest, maar deze worden niet in de verdere beoordeling meegenomen omdat de installatie nog onvoldoende ingeregeld was.

## 4 Praktijkonderzoek

### 4.1 Introductie

Dit hoofdstuk beschrijft en bediscussieert de relevante resultaten die behaald zijn tijdens de praktijkproeven met de onderzoeksinstallatie op locatie. De onderzoeksinstallatie is na plaatsing bij Grow Group in november en december 2015 gebruikt voor het onderzoek. Er is gesimuleerd spuiwater (Standaardwater) aangemaakt welke daarna in de onderzoeksinstallatie in verschillende stappen is behandeld.

In de navolgende paragrafen worden de resultaten geëvalueerd en vergeleken met de verwachtingen uit de voorgaande fasen op laboratoriumschaal. Gekeken is naar:

- Verwijdering van TOC;
- Waterterugwinning en concentreren van nutriënten;
- Verwijdering gewasbeschermings- en remmiddelen.

Tabel 4-1 geeft een overzicht van de uitgevoerde experimenten en een aantal bijzonderheden hierbij.

Tabel 4-1 Overzicht draaidagen onderzoeksinstallatie en bijzonderheden.

Datum (2015)	Gebruikt water	Opmerkingen
11 november	Biologisch gietwater	Leiding water met biologische varkensmest aangemaakt. Niet in de beoordeling meegenomen omdat de installatie nog niet goed ingeregeld was en de achteraf onvoldoende bleken te zijn.
19 november	Bedrijfseigen water	Sterk verdund met condenswater, gehalte TOC laag, bedoeld voor inregelen EC. Niet in de beoordeling meegenomen vanwege storing in installatie.
25 november	Standaardwater	Storing in installatie
2 december	Standaardwater	Storing in installatie
9-11 december <sup>1</sup>	Bedrijfseigen water met toegevoegde middelen	Duurproef met bedrijfseigen water, middelenpakket uit Standaardwater en remmiddelen toegevoegd
15-16 december <sup>2</sup>	Standaardwater	Duurproef met Standaardwater, volledig middelenpakket en remmiddelen

<sup>1</sup> Op 9 december is Standaardwater klaargemaakt en is natriumhypochloriet toegevoegd. Op 10 december is bemonsterd. De onderzoeksinstallatie stond ca. 6 uur stil ten tijde van bemonstering, waardoor van een aantal punten geen monsters genomen kon worden. Na het verhelpen van de storing is om deze reden is op 11 december opnieuw bemonsterd.

<sup>2</sup> Op 15 december is Standaardwater klaargemaakt, op 16 december is bemonsterd.

### 4.2 Meetresultaten

Nadat de onderzoeksinstallatie geplaatst was, heeft het meer tijd gekost om deze goed ingeregeld te krijgen dan vooraf was voorzien. Bij de eerste proeven op 11 november, 19 november, 25 november en 2 december zijn storingen in de installatie opgetreden en bij beoordeling van de analysedata zijn deze ongeregelheden zichtbaar. Om deze reden zijn deze data niet in de evaluatie van

de technieken meegenomen. Alleen de resultaten van de experimenten op 11 en 16 december zijn in dit hoofdstuk verder uitgewerkt. De overige resultaten zijn in bijlage B opgenomen.

#### 4.2.1 Verwijdering van TOC

De bulk van het TOC in het spuiwater bestaat uit humuszuren en is van onschadelijke aard. Uit het voorgaande onderzoek is gebleken dat wanneer gewasbeschermings- of remmiddelen, die in veel lagere concentraties aanwezig zijn ( $\mu\text{g}$ ) dan de TOC (mg), verwijderd dienen te worden, de hoeveelheid TOC storend werkt. Het aanwezige TOC is voor de oxidatie een concurrent. In Figuur 4-1 is het gemaakte slib te zien is.



Figuur 4-1 Bezinking elektrocoagulatie, slibniveau na 10 min (25 november, Standaardwater).

Tabel 4-2 presenteert de gemeten concentraties nutriënten en TOC voor en na elektrocoagulatie. Tabel 4-3 en Tabel 4-4 geven voor beide dagen de concentraties gewasbeschermings- en remmiddelen.

Voor het bepalen van het verwijderingsrendement is steeds uitgegaan van de vracht, dat is het product van de hoeveelheid liters en de concentratie. Voor de hoeveelheid liters is een schatting gemaakt op basis van de gemeten scheiding met elektrocoagulatie. Wat opvalt is dat in een aantal gevallen meer van een stof is gevonden in het water na de elektrocoagulatie (de waterstroom uit het opslagreservoir) dan waarmee werd gestart. Een reden hiervoor kan zijn dat de monstername artefacten oplevert doordat de concentratie in het testwater niet constant was (niet roeren). Een andere reden kan zijn dat het water in het opslagreservoir bij monstername versneden is met vers water waardoor het gehalte lager is dan toegediend. Nog een mogelijkheid kan zijn dat de stoffen uitzakken in de tank zodat hoge concentraties onderuit de tank de installatie ingaan als nalevering vanuit slib uit bijvoorbeeld voorgaande proeven.

De gewasbeschermingsmiddelen werden niet verwijderd tijdens coagulatie, terwijl dat wel verwacht werd op basis van experimenten op laboratoriumschaal. Dit wordt mogelijk veroorzaakt door de geringe TOC-verwijdering. De verwachte afname in TOC was ca. 40 tot 60% gebaseerd op de laboratoriumproeven.

Tabel 4-2 Concentraties nutriënten en TOC voor en na elektrocoagulatie, experiment 11 en 16 december, bedrijfswater Grow Group met toegevoegd middelenpakket.

Parameter	11-dec		16-dec			Eenheid	
	Voeding (influent)	Slib	Product (effluent)	Voeding (influent)	Slib		Product (effluent)
pH	6,4	7,3	7,1	6,6	7,2	7,1	[-]
EC	2,4	2,4	2,4	4,3	4,2	4,3	[mS/cm]
TOC*	13,2	-	16,5	15,4	37	14,3	[mg/L]
NH <sub>4</sub>	1,6	1,7	1,7	0,70	0,70	0,70	[mmol/L]
K	5,0	5,0	5,2	7,0	7,4	7,4	[mmol/L]
Na	2,2	2,3	2,3	9,4	9,8	9,8	[mmol/L]
Ca	3,9	3,8	3,9	8,7	8,8	8,9	[mmol/L]
Mg	2,9	2,7	2,9	6,0	6,3	6,2	[mmol/L]
Si	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	0,1	0,1	[mmol/L]
NO <sub>3</sub>	13,4	13,9	13,5	17,9	18,3	18,2	[mmol/L]
Cl	2,2	2,4	2,2	8,9	8,9	8,9	[mmol/L]
SO <sub>4</sub>	3,2	3,2	3,5	10,8	11,5	11,7	[mmol/L]
HCO <sub>3</sub>	0,4	0,4	0,4	1,2	1,1	1,1	[mmol/L]
P	0,85	0,05	0,30	1,0	0,95	0,80	[mmol/L]
Fe	49,4	12,5	41,6	61,8	64,4	62,5	[μmol/L]
Mn	11,4	18,6	9,6	28,8	29,7	27,0	[μmol/L]
Zn	8,5	12,1	6,7	7,8	9,3	8,0	[μmol/L]
B	37	34	39				[μmol/L]
Cu	1,3	6,9	4,3				[μmol/L]
Mo	0,70	0,10	0,70				[μmol/L]

\*) TOC analyses uitgevoerd door TNO



Tabel 4-3 Concentraties gewasbeschermingsmiddelen voor en na elektrocoagulatie, experiment 11 december, bedrijfswater Grow Group met toegevoegd middelenpakket.

<b>Merknaam</b>	<b>Werkzame stof</b>	<b>Toevoer (Influent)</b>	<b>Slib</b>	<b>Afvoer (Effluent)</b>	<b>Eenheid</b>
Ortiva	azoxystrobine	1,05	0,72	0,99	µg/L
Collis	boscalid	3,80	3,90	3,65	µg/L
Topsin M	carbendazim	0,64	0,59	0,57	µg/L
Admire	imidacloprid	0,28	0,25	0,88	µg/L
Collis	kresoxim methyl	1,60	0,98	0,61	µg/L
Mesurool	methiocarb-sulfoxide	0,036			µg/L
Runner	methoxyfenozide	1,40	1,20	1,50	µg/L
Pirimor	pirimicarb	0,77	0,59	1,05	µg/L
Pirimicarb-desmethyl	pirimicarb-desmethyl	0,026	0,035	0,055	µg/L
Plenum	pymetrozine	0,20	0,23	0,89	µg/L
Calypso	thiacloprid	0,17	0,19	0,55	µg/L
Rizolex	tolclofos-methyl	0,44	0,21	0,23	µg/L
Rovral aquaflo	iprodion	0,058	0,029		µg/L
Bonzi	paclobutrazool	1,70	1,15	1,65	µg/L
Alar	daminozide	<0,01	<0,01	<0,01	mg/L
Chloormequat	chloormequat	<0,01	<0,01	<0,01	mg/L

Tabel 4-4 Concentraties gewasbeschermingsmiddelen voor en na elektrocoagulatie, experiment 16 december, Standaardwater en remmiddelen.

<b>Merknaam</b>	<b>Werkzame stof</b>	<b>Toevoer (Influent)</b>	<b>Slib</b>	<b>Afvoer (Effluent)</b>	<b>Eenheid</b>
--	perchloraat	<0,01		<0,01	mg/L
Chloraat	chloraat	0,50		0,51	mg/L
Ortiva	azoxystrobine	1,15	1,20	0,97	µg/L
Collis	boscalid	3,60	3,45	3,45	µg/L
Topsin M	carbendazim	0,45	0,44	0,42	µg/L
Admire	imidacloprid	0,72	0,64	0,53	µg/L
Collis	kresoxim methyl	1,40	1,15	0,89	µg/L
Mesurool	methiocarb	0,011	0,010		µg/L
Methiocarb-sulfoxide	methiocarb-sulfoxide	0,014			µg/L
Runner	methoxyfenozide	1,60	1,20	1,45	µg/L
Pirimor	pirimicarb	0,18	0,31	0,38	µg/L
Pirimicarb-desmethyl	pirimicarb-desmethyl	0,018	0,021	0,026	µg/L
Plenum	pymetrozine	0,18	0,18	0,15	µg/L
Calypso	thiacloprid	0,47	0,43	0,37	µg/L
Rizolex	tolclofos-methyl	0,29	0,25	0,20	µg/L
Rovral aquaflo	iprodion	0,036		0,080	µg/L
Bonzi	paclobutrazool	1,55	1,45	1,35	µg/L
Alar	daminozide	<0,01	<0,01	<0,01	mg/L
Chloormequat	chloormequat	<0,01	<0,01	<0,01	mg/L

#### 4.2.2 *Waterterugwinning en concentreren van nutriënten*

Wanneer eenmaal de bulk van de storende organische componenten uit het water is verwijderd, is de volgende stap het scheiden van de nutriënten en andere stoffen van het water, om gietwater van hoge kwaliteit te genereren, en daarnaast de nutriënten te concentreren.

In Tabel 4-5 en Tabel 4-9 zijn de resultaten van de wateranalyses voor en na RO weergegeven. Uit Tabel 4-5 blijkt dat op 11 december, als gevolg van de RO behandeling, de geleidbaarheid van het influent (2,4 mS/cm) verlaagd was tot 0,44 mS/cm in het permeaat en in het concentraat verhoogd was naar 3,3 mS/cm. De RO efficiëntie was 33% voor water en 7% voor zout. In dit experiment lijkt de zoutslip in het permeaat meer dan evenredig toe te nemen als het percentage gezuiverd water toeneemt. Hier blijkt ook de bekende slip van Borium door de RO met 62% in het permeaat tegen 7% gemiddeld voor de andere elementen.

Wat verder opvalt is dat het RO permeaat in verhouding schoon is. De middelen imidacloprid, pymetrozine en thiacloprid kennen een slip van 4%, de overige middelen 1% of lager. Hierbij moet opgemerkt worden dat efficiëntie voor het permeaat relatief laag was (33%). Reden hiervoor was dat met deze instelling water van hoge kwaliteit bereid kon worden. Nadeel van deze aanpak was dat er relatief veel en weinig geconcentreerd (dun) concentraat werd gevormd;

Na de RO was een groot deel van de middelen verdwenen (ongeveer 20%). Bij tolclofos-methyl was zelfs bijna alles verdwenen. Dit kan duiden op hechting van de middelen aan het (nieuwe) RO membraan. Bij langer gebruik zal hier een evenwicht ontstaan en zullen deze effecten verwaarloosbaar zijn. De middelen zouden in het spoelwater van de RO membranen moeten terugkeren. Dit is niet nader bekeken.

De RO installatie was tijdens de praktijkproeven ingesteld op een verhouding van een derde permeaat en twee derde concentraat. Dit is een instellingsparameter en verder te optimaliseren op basis van de effecten op de nageschakelde behandelingen en economische en energie-overwegingen.

Voor een aantal middelen is gebleken dat die minder goed tegengehouden werden en/of een significante variatie gaven in de meetwaarden. Dit gold bijvoorbeeld voor de gewasbeschermingsmiddelen iprodione en pymetrozine. De precieze oorzaak hiervoor is onbekend. Daarnaast is het mogelijk dat over een langere periode (range dagen/weken) sommige gewasbeschermings- en remmiddelen zich hechten aan het membraan en vervolgens via adsorptie/desorptie (hechten/loskomen) zich door het membraan bewegen. Hierdoor kan de retentie in de tijd afnemen.

De kwaliteit van het permeaat uit de RO installatie was, zoals verwacht, goed. De dichte RO membranen houden meer dan 95% van de middelen tegen. RO heeft in het laboratoriumonderzoek een hoge retentie van gemiddeld boven de 80% laten zien (sectie 2.4.3). Of onder die omstandigheden ook een zuiveringsefficiëntie van minimaal 95% kan worden bereikt is met de pilot niet getest. Op basis van het laboratoriumonderzoek kan daar wel een uitspraak over worden gedaan. In taak 1 is gebleken dat de RO niet toereikend zal zijn om alle gewasbeschermingsmiddelen vergaand (> 95%) en met zekerheid te verwijderen. Een nageschakelde technologie is nodig.

Tabel 4-5 Concentraties nutriënten voor en na RO, experiment 11 en 16 december.

Parameter	11 december			16 december			Eenheid
	In RO	Perm. RO	Conc. RO	In RO	Perm. RO	Conc. RO	
pH	7,2	6,5	7,2	7,1	6,3	7,2	
EC	2,4	0,54	3,3	4,3	0,77	5,2	[mS/cm]
TOC	14,8	1,2	19	14,3	1,8	18,7	[mg/l]
NH <sub>4</sub>	1,7	0,70	2,2	0,70	0,30	0,80	[mmol/l]
K	5,1	1,9	7,0	7,2	2,3	9,2	[mmol/l]
Na	2,2	0,7	3,3	9,6	2,3	12,5	[mmol/l]
Ca	3,8	0,1	5,8	9,3	0,2	12,2	[mmol/l]
Mg	2,8	0,1	4,9	4,9	0,1	6,8	[mmol/l]
Si	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	[mmol/l]
NO <sub>3</sub>	13,3	3,6	18,8	18,2	4,8	22,7	[mmol/l]
Cl	2,2	0,2	3,4	8,9	0,5	11,2	[mmol/l]
SO <sub>4</sub>	3,4	0,1	6,0	8,7	0,1	12,3	[mmol/l]
HCO <sub>3</sub>	0,4	0,1	0,5	1,1	0,1	1,3	[mmol/l]
P	0,25	< 0,05	0,30	0,60	< 0,05	0,65	[mmol/l]
Fe	37,9	0,5	65,5	49,3	< 0,4	65,6	[μmol/l]
Mn	9,4	0,2	15,3	21,0	0,2	26,5	[μmol/l]
Zn	6,5	0,2	10,7	5,1	0,3	6,4	[μmol/l]
B	37	34	45				[μmol/l]
Cu	4,4	< 0,1	7,3				[μmol/l]
Mo	0,60	< 0,1	1,2				[μmol/l]
pH	7,2	6,5	7,2	7,1	6,3	7,2	--
EC	2,4	0,54	3,3	4,3	0,77	5,2	[mS/cm]
TOC	14,8	1,2	19	14,3	1,8	18,7	[mg/l]
NH <sub>4</sub>	1,7	0,70	2,2	0,70	0,30	0,80	[mmol/l]
K	5,1	1,9	7,0	7,2	2,3	9,2	[mmol/l]
Na	2,2	0,7	3,3	9,6	2,3	12,5	[mmol/l]
Ca	3,8	0,1	5,8	9,3	0,2	12,2	[mmol/l]
Mg	2,8	0,1	4,9	4,9	0,1	6,8	[mmol/l]
Si	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	[mmol/l]
NO <sub>3</sub>	13,3	3,6	18,8	18,2	4,8	22,7	[mmol/l]
Cl	2,2	0,2	3,4	8,9	0,5	11,2	[mmol/l]
SO <sub>4</sub>	3,4	0,1	6,0	8,7	0,1	12,3	[mmol/l]
HCO <sub>3</sub>	0,4	0,1	0,5	1,1	0,1	1,3	[mmol/l]
P	0,25	< 0,05	0,30	0,60	< 0,05	0,65	[mmol/l]
Fe	37,9	0,5	65,5	49,3	< 0,4	65,6	[μmol/l]
Mn	9,4	0,2	15,3	21,0	0,2	26,5	[μmol/l]
Zn	6,5	0,2	10,7	5,1	0,3	6,4	[μmol/l]
B	37	34	45				[μmol/l]
Cu	4,4	< 0,1	7,3				[μmol/l]
Mo	0,60	< 0,1	1,2				[μmol/l]

Tabel 4-6 Concentraties nutriënten voor en na AOP en actief koelfiltratie, experiment 11 en 16 december.

Parameter	11 december			16 december			Eenheid
	Conc. RO	Conc. na UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Conc. na koelfilter	Conc. RO	Conc. na UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Conc. na koelfilter	
pH	7,2	7,2	7,5	7,2	7,2	7,5	--
EC	3,3	3,3	3,3	5,2	5,3	5,2	[mS/cm]
TOC	19	25,7	6,1	18,7	19,3	6,7	[mg/l]
NH <sub>4</sub>	2,2	2,2	2,1	0,80	0,80	0,70	[mmol/l]
K	7,0	6,9	7,1	9,2	8,6	9,1	[mmol/l]
Na	3,3	3,2	3,3	12,5	12,0	12,5	[mmol/l]
Ca	5,8	5,8	6,0	12,2	11,4	12,0	[mmol/l]
Mg	4,9	4,5	4,1	6,8	6,7	6,9	[mmol/l]
Si	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	0,1	0,1	[mmol/l]
NO <sub>3</sub>	18,8	18,7	19,1	22,7	22,8	22,8	[mmol/l]
Cl	3,4	3,4	3,5	11,2	11,2	11,2	[mmol/l]
SO <sub>4</sub>	6,0	5,7	4,6	12,3	11,8	12,2	[mmol/l]
HCO <sub>3</sub>	0,5	0,5	0,8	1,3	1,5	1,5	[mmol/l]
P	0,30	0,30	< 0,05	0,65	0,60	0,25	[mmol/l]
Fe	65,5	59,3	14,4	65,6	62,9	15,5	[μmol/l]
Mn	15,3	14,2	8,6	26,5	25,4	11,2	[μmol/l]
Zn	10,7	10,6	6,8	6,4	6,0	5,5	[μmol/l]
B	45	44	59				[μmol/l]
Cu	7,3	6,8	7,2				[μmol/l]
Mo	1,2	1,1	1,0				[μmol/l]



Tabel 4-8 Percentage van de gewasbeschermings- en remmiddelen op 11 december voor de RO, in permeaat en concentraat van de RO en na UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Het percentage is uitgedrukt op de hoeveelheid gevonden in het water in de opslag op het moment van monsternemen. NB hier is gerekend met vrachten, gerelateerd aan ingaande stroom.

<b>Merknaam</b>	<b>Werkzame stof</b>	<b>RO in (%)</b>	<b>RO perm. (%)</b>	<b>RO conc. (%)</b>	<b>Na UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (%)</b>
Ortiva	azoxystrobine	95	0	70	57
Collis	boscalid	96	0	96	90
Topsin M	carbendazim	89	1	89	73
Admire	imidacloprid	314	3	232	165
Collis	kresoxim methyl	38	0	15	29
Mesurool	methiocarb-sulfoxide	0	0	0	0
Runner	methoxyfenozide	107	0	117	103
Pirimor	pirimicarb	135	1	95	53
Pirimicarb-desmethyl	pirimicarb-desmethyl	211	0	147	160
Plenum	pymetrozine	445	4	213	218
Calypso	thiacloprid	317	3	222	126
Rizolex	tolclofos-methyl	54	0	7	40
Rovral aquaflo	iprodion	0	0	13	0
Bonzi	paclobutrazool	97	0	85	81

Tabel 4-9 Percentage van de gewasbeschermings- en remmiddelen op 16 december voor de RO, in permeaat en concentraat van de RO en na UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Het percentage is uitgedrukt op de hoeveelheid gevonden in het water in de opslag op het moment van monsternemen. NB hier is gerekend met vrachten, gerelateerd aan ingaande stroom.

<b>Merknaam</b>	<b>Werkzame stof</b>	<b>RO in (%)</b>	<b>RO perm. (%)</b>	<b>RO conc. (%)</b>	<b>Na UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (%)</b>
Ortiva	azoxystrobine	84	0	67	64
Collis	boscalid	96	0	84	84
Topsin M	carbendazim	92	1	91	91
Admire	imidacloprid	74	1	58	68
Collis	kresoxim methyl	64	0	53	54
Mesurool	methiocarb	0	0	64	64
Methiocarb-sulfoxide	methiocarb-sulfoxide	0	0	0	0
Runner	methoxyfenozide	91	0	76	85
Pirimor	pirimicarb	214	2	200	229
Pirimicarb-desmethyl	pirimicarb-desmethyl	144	0	144	186
Plenum	pymetrozine	86	0	82	99
Calypso	thiacloprid	80	1	61	73
Rizolex	tolclofos-methyl	69	0	55	82
Rovral aquaflo	iprodion	222	0	161	166
Bonzi	paclobutrazool	87	1	97	95

Na de AOP is een wisselend, maar over het algemeen slechts zeer beperkt deel van de middelen verwijderd. Dit is voor de meeste stoffen tussen de 10-20% maar anders bij kresoxim-methyl (+15%), pirimicarb (-40%), pymetrozine (+5%) en tolclofos-methyl (+37%).

### 4.2.3 Verwijdering gewasbeschermings- en remmiddelen

Na de RO-stap bevat het concentraat naast nuttige meststoffen ook restanten gewasbeschermings- en remmiddelen (tenzij het behandelde water van de biologische opkweek afkomstig is). Om dit concentraat weer in te kunnen zetten op alle teeltvelden van de opkweek, moeten deze restanten verwijderd worden. Het concentraat uit de RO is daarvoor met geavanceerde oxidatie (AOP) en actief kool behandeld. Uit het laboratoriumonderzoek is bekend dat voor een 90% verwijdering van de middelen uit het Standaardwater een UV intensiviteit van  $1200 \text{ mJ/cm}^2$  nodig is. Indien er geen TOC aanwezig is, kan met  $540 \text{ mJ/cm}^2$  worden volstaan. De hoge mate van afbraak door AOP in het laboratorium werd bereikt door frequent en lange tijd te recirculeren over een AOP eenheid. In de onderzoeksinstallatie is een single-pass gebruikt met een UV intensiviteit van  $54 \text{ mJ/cm}^2$ . Daarnaast was de TOC in de voorgaande elektrocoagulatiestap onvoldoende verwijderd. Dit verklaart de veel lagere afbraakpercentages voor gewasbeschermings- en remmiddelen in de pilotproef. Resultaten zijn terug te vinden in Tabel 4-6 (nutriënten), Tabel 4-7 en Tabel 4-8 (gewasbeschermings- en remmiddelen). In Tabel 4-10 worden de resultaten en gebruikte condities vergeleken van het laboratorium en pilotonderzoek.

Tabel 4-10 Prestaties en condities tijdens het laboratorium- en pilotonderzoek, nodig voor 90% verwijdering van gewasbeschermings- en remmiddelen.

Conditie	Laboratorium	Onderzoeksinstallatie	Eenheid
UV dosis per passage	44	52	$\text{mJ/cm}^2$
Verblijftijd UV unit/passage	3	31	s
Totale verblijftijd	88 door recirculeren (voor 90% verwijdering)	31	s
Aantal passages	27	1	--
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> dosering	20	12	ppm
Gevonden afbraak, single pass	20	20	%

Het actief koolfilter blijkt in staat te zijn om chlooraat en alle gewasbeschermings- en remmiddelen af te vangen maar is nog niet aan een duurproef onderworpen. Een duurproef geeft inzicht in de capaciteit van het koolstoffilter en daarmee de standtijd.

## 4.3 Discussie en conclusies

### 4.3.1 Verwijdering van TOC

Uit de resultaten van de experimenten uitgevoerd op laboratoriumschaal bleek dat aanwezige TOC redelijk tot goed was te verwijderen met elektrocoagulatie. Daarbij is ook aangetoond dat gelijktijdig een deel van de gewasbeschermings- en remmiddelen werd verwijderd. In Tabel 4-11 staan de resultaten samengevat voor TOC verwijdering in de verschillende stappen tijdens het praktijkonderzoek en deze zijn vergeleken met de verwachtingen op basis van het laboratoriumonderzoek.

Tabel 4-11 Overzicht waterbehandelingsstappen en effect op verwijdering TOC.

Techniek	Laboratorium onderzoek	Industrieel praktijkonderzoek
Elektrocoagulatie	Ca. 60%	< 10%, alleen bepaald op Standaardwater. Niet op overtollig water uit biologische teelt
Omgekeerde osmose	Niet bepaald	Ca. 90%
Actief kool adsorptie	Volledig	Ca. 99%

Wat opvalt is dat de TOC verwijdering in de elektrocoagulatie in de praktijk veel kleiner is (10%) dan werd verwacht op basis van het laboratoriumonderzoek (60%). Een mogelijke oorzaak is het feit dat het water niet goed gemengd is en of te lang heeft gestaan. Hierbij is vermoedelijk een deel van het TOC in het voorraadreservoir bezonken. Daarnaast is de verblijftijd van het water in de elektrocoagulatie op pilotschaal een aantal factoren korter dan in het laboratoriumonderzoek is gehanteerd.

De TOC kon met een hoog rendement (90%) door de RO installatie verwijderd worden.

#### 4.3.2 *Waterterugwinning en concentreren van nutriënten*

De onderzoeksinstallatie heeft als doel om zo direct en volledig mogelijk zowel het gietwater als de nutriënten te hergebruiken. Samen met het cascaderingprincipe betekent dit dat overtollig gietwater kan worden hergebruikt of opgeslagen. In verband met een teeltwissel zou dit anders moeten worden geloosd omdat het bijvoorbeeld middelen bevat die wel in de sierteelt, maar niet in de groenteteelt kunnen of mogen worden gebruikt. Omdat opslagcapaciteit beperkt is en kosten met zich mee brengt, is een RO installatie ingezet waardoor de inhoudsstoffen bewaard blijven (RO concentraat). Het resterende water (RO permeaat) is nagenoeg vrij van middelen en kan opnieuw worden ingezet als gietwater voor alle teeltvakken.

Bij de beoordeling van de resultaten is het belangrijk om op te merken dat in het laboratoriumonderzoek de processen afzonderlijk zijn onderzocht, er is niet met een combinatie van waterbehandelingstechnieken gewerkt zoals in de onderzoeksinstallatie. Verder is de beschikbare tijdsperiode voor de uitvoering van het praktijkonderzoek korter geweest dan in eerste instantie was gepland. Door tijdsgebrek en late beschikbaarheid van de analyseresultaten (na afloop van de experimenten) is het niet gelukt om de onderzoeksinstallatie optimaal in te regelen.

Verder is op te merken dat het in de praktijk lastig is gebleken om het Standaardwater goed gemengd aan de installatie aan te bieden. De pilotinstallatie had geen voorzieningen voor het mengen en gemengd houden van het aangemaakte water. Vermoedelijk is een deel van het slecht oplosbaar TOC uitgezakt met als gevolg dat de TOC concentratie van het water dat naar pilotinstallatie werd geleid lager was dan verwacht. Ook van gewasbeschermingsmiddelen is bekend dat deze naar verloop van tijd kunnen uitzakken. Hierdoor varieerden mogelijk de gehalten gewasbeschermingsmiddelen over de lengte van de pilotinstallatie, die de beoordeling van de efficiëntie van de verschillende technieken heeft bemoeilijkt.



### 4.3.3 Verwijdering gewasbeschermings- en remmiddelen

In Tabel 4-12 staan de resultaten samengevat voor de verwijdering van gewasbeschermings- en remmiddelen en chlooraat in de verschillende stappen en vergeleken met de verwachtingen uit het laboratoriumonderzoek.

Tabel 4-12 Overzicht waterbehandelingsstappen en effect op verwijdering van chlooraat en gewasbeschermings- en remmiddelen.

Techniek	Laboratorium onderzoek	Industrieel praktijkonderzoek
Electrocoagulatie	Deels verwijdering in combinatie met TOC	Niet aangetoond
RO – permeaat	Bron voor nieuw gietwater	Permeaat is geschikt voor hergebruik en vrij van middelen
RO - concentraat	Verkleining volume voor nabehandeling of opslag	Ingesteld reductie volume van ca. 30-40% kan nog worden geoptimaliseerd
Geavanceerde oxidatie (AOP) op RO concentraat	Geen volledige afbraak bereikt	Langer recirculeren over AOP noodzakelijk
Actief kool adsorptie op RO concentraat	+	Schoon, vrij van middelen. kortlopende proef

Tijdens de pilotexperimenten is tijdens de elektrocoagulatie onvoldoende TOC en gewasbeschermings- en remmiddelen verwijderd. De RO daarentegen scheidt de gewasbeschermingsmiddelen voor 96-100% af en in de meeste gevallen voor een specifiek stof meer dan 99%. De gewasbeschermingsmiddelen komen echter niet in zijn geheel in de concentraatstroom terecht; een wisselend deel van gemiddeld 20% blijft achter op het membraan. Van de remmiddelen wordt, opmerkelijk genoeg, alleen Bonzi (paclobutrazool) teruggevonden. Paclobutrazool wordt tijdens de single pass voor 20% afgebroken door UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Gezien de hoge doseringen is te verwachten dat dit middel zich gemakkelijk opbouwt in het water en lang is terug te vinden.

In Tabel 4-13 staan de resultaten samengevat voor de verwijdering van de gewasbeschermings- en remmiddelen voor de verschillende stappen in de onderzoeksinstallatie, vergeleken met de verwachting uit het laboratoriumonderzoek.

Tabel 4-13 Overzicht waterbehandelingsstappen op verwijdering gewasbeschermings- en remmiddelen, gebaseerd op experimenten met Standaardwater.

Techniek	Laboratorium onderzoek	Industrieel praktijkonderzoek	Opmerkingen
Electrocoagulation (EC): effect op influent	Aangetoond, tot ca. 60%	Minimaal, < 10%	Alleen getest op Standaardwater: niet opgeloste TOC in pilot uitgezakt in voorraadreservoir.
Omgekeerde osmose (RO): permeaat kwaliteit	Aangetoond 7 middelen verwijderd boven 90% Lager: pymetrozine 70% carbendazim 87% boscalid 87% ilprodione 62%	Aangetoond, gemiddeld >95%	Gewasbeschermings-middelen > 80% Remmiddelen > 90%
Geavanceerde oxidatie op RO concentraat	Aangetoond, >95% na langdurige behandeling	10-25%	Lagere verwijdering in pilot verklaarbaar door single pass bedrijf en laag vermogen UV. Hierdoor lagere H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> dosering, lagere UV dosis en kortere verblijftijd.
Actief kool adsorptie op RO concentraat	Aangetoond, >99%	>99%	Kortlopende belasting

Door de te korte tijd die voor het pilotonderzoek beschikbaar was, gecombineerd met een lange tijd tussen experiment/monsternamen en de feedback van de analyses, was het onvoldoende mogelijk de pilotinstallatie na elke test stap te optimaliseren. Getracht is de tests zodanig te ontwerpen dat met verschillende instellingen resultaten konden worden verkregen, maar dit heeft niet volledig het gewenste resultaat gehad. Wel aangetoond is dat de verschillende stappen RO en actief kool beide goed water bereiden, vrij van gewasbeschermings- en remmiddelen.

#### 4.4 Evaluatie en economische aspecten

De samenstelling, TOC en gehalten aan gewasbeschermingsmiddelen, maar ook de gewenste toepassing, bepalen welke verwijdering in de praktijk vereist is. Dit geldt met name voor hergebruiksdoeleinden van het water. Indien het behandelde spuiwater wordt geloosd op het oppervlaktewater of riool dient de installatie door een onafhankelijke instantie getest te zijn met Standaardwater in een officieel beoordelingsprotocol, resulterend in minimaal 95% verwijdering van gewasbeschermingsmiddelen.

Het project Goed Gietwater heeft met het recirculatie- en technologieconcept het doel gehad te laten zien dat het technisch mogelijk is om het overtollige water zo efficiënt mogelijk weer opnieuw in een bedrijf her te gebruiken. De noodzakelijke waterbehandeling kan variëren van alleen verwijdering van TOC, bijvoorbeeld bij het water uit de biologische teelt, concentrering en bewaren van nutriënten voor

volgende teelten, of in teeltvakken te gebruiken waarvoor resten van middelen geen probleem zijn, tot en met een complete verwijdering van alle gewasbeschermings- en remmiddelen uit het concentraat zodat de meststoffen overall inzetbaar zijn.

Uit de onderzoeksresultaten blijkt dat met de voorgestelde technologie de aanwezige gewasbeschermingsmiddelen nagenoeg volledig uit het Standaardwater water te verwijderen zijn. Voor verwijdering van gewasbeschermings- en remmiddelen uit het concentraat met meststoffen wordt verwacht dat zowel AOP met UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> als koolfiltratie als polishing stap nodig zijn. In het laboratoriumonderzoek is aangetoond en gedemonstreerd dat met zowel UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> als koolfiltratie een verwijdering van meer dan 90% technisch haalbaar is en dat beide technieken efficiënter werken indien de TOC verwijderd is.

Met betrekking tot de economie van het voorgestelde recirculatie en zuiveringsconcept kunnen met de uitkomsten van het Goed Gietwater project op dit moment alleen kwalitatieve uitspraken gedaan worden. Indien, in het licht van de komende zuiveringsverplichting, een opkweekbedrijf besluit om over te schakelen naar waterrecirculatie, cascadering en waterbehandeling dan zal daar een investering voor nodig zijn. Deze investering vertaalt zich in kosten voor afschrijving en onderhoud en daarnaast zijn er variabele kosten zoals energie en verbruiksmaterialen (membranen, actief kool). De benodigde investering zal sterk verschillend per bedrijf, afhankelijk van bijvoorbeeld de kwaliteit van het uitgangswater, de aanwezige infrastructuur/technologieën, en de variatie in waterstromen (benodigde waterkwaliteit). Hiertegenover staan baten zoals een verminderd watergebruik, een aanzienlijke reductie op de kosten van nutriënten.

Verder zijn kostenbepalende factoren de schaalgrootte van de apparatuur en wellicht een verschillende noodzaak voor waterbehandelingstechnologie. Relatief gezien neemt de investering, uitdrukt in behandelde hoeveel water, af bij een toenemende grootte doordat vaste kosten zoals die voor regeling en bediening niet of minder mee schalen. Vanwege deze redenen wordt er door de sector gekeken naar de mogelijkheid voor een collectieve behandeling van overtollig gietwater en is voor bedrijven die zich met een collectief hebben aangemeld onder bepaalde omstandigheden uitstel van de zuiveringsplicht mogelijk tot uiterlijk 1 januari 2021. Zowel op het gebied van exploitatiekosten als op storingsgevoeligheid biedt een collectieve oplossing voordelen. Binnen collectieven bestaat de mogelijkheid dat bedrijven gaan betalen voor de hoeveelheid geloosd water. De lozingen naar een minimum terugbrengen is dan extra aantrekkelijk. Daarnaast zullen er ook drukkende markteffecten op de kostprijs van zuiveringsinstallaties te verwachten zijn. De watertechnologiesector kan voor de glastuinbouw als markt standaardproducten ontwikkelen en aanbieden.

Uit eerder onderzoek rond de evaluatie van de 2e Nota Duurzame Gewasbescherming [Buurma et al, 2013] en ook [Feenstra, 2013] kan een indicatie worden verkregen van de verwachte investerings- en behandelingskosten van een aantal individuele waterbehandelingstechnologieën, bijvoorbeeld AOP met UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> of actief kool en RO.

Voor zowel AOP met UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, geldt daarbij dat de aanwezigheid van TOC in het te behandelen water van grote invloed is op de prestaties. Uit het huidige, in het project Goed Gietwater, blijkt dat het belangrijk is dat de aanwezige (opgeloste)

TOC, samen met andere eventuele zwevende vaste bestanddelen voorafgaand aan het behandelen met UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> of koolfiltratie worden verwijderd uit het spuiwater. Dit betekent concreet dat de verwijdering van gewasbeschermingsmiddelen bij voorkeur als laatste stap in een waterbehandelingsketen plaats moet vinden ("polishing" stap). Voor de verwijdering van TOC is in dit project de toepassing van elektrocoagulatie onderzocht, waarbij de laboratoriumresultaten veelbelovend waren, maar dit is in praktijkproeven (nog) niet bevestigd. Een kanttekening bij AOP met UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> is dat mogelijk toxische afbraak- of nevenproducten kunnen worden gevormd omdat er vermoedelijk geen volledige oxidatie plaats zal vinden. Ook bestaat het risico dat zal een deel van de toegevoegde H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> niet verbruikt zal worden. Door een nageschakeld actief koolfilter worden deze mogelijk schadelijke producten afgevangen. Een kanttekening bij actief koolfiltratie is de incidentele vervanging van het koolbed bij verzadiging.

## 5 Conclusies en aanbevelingen

Het project Goed Gietwater heeft de opkweeksector inzicht gegeven in de waterhuishouding en opties voor verbetering van het watermanagement door middel van good housekeeping en cascadering en inzicht gegeven in de mogelijkheden van waterbehandeling. Middels een aantal werkpakketten zijn de bestaande eisen en kentallen geanalyseerd (werkpakket 1), de diverse factoren onderzocht die de kwaliteit van het gietwater negatief kunnen beïnvloeden (werkpakket 2) en een technologieconcept ontwikkeld en gedemonstreerd (werkpakket 3). Daarnaast is er in een TNO MKB Technologie Cluster project kennis verspreid over het verbeteren van het watermanagement naar de sector.

Het ontwikkelde recirculatieconcept is in staat om gietwater te bereiden uit diverse soorten water, waaronder overtollig gietwater en bestaat uit:

- Good housekeeping, optimaliseren waterstromen en watergebruik met slimme voedingsregelingen;
- Cascadering, maximaliseren hergebruik door cascadering van waterstromen van verschillende kwaliteit;
- Waterzuivering, selectief toepassen van waterbehandeling rekening houdend met de gevraagde waterkwaliteit en gietwatertoepassing:
  - Elektrocoagulatie voor het deels verwijderen van TOC;
  - Omgekeerde osmose ten behoeve van waterterugwinning en concentratie van nutriënten voor hergebruik;
  - Geavanceerde oxidatie en actief koolfiltratie, gericht op complete verwijdering van gewasbeschermings- en remmiddelen.

De onderzoeksinstallatie die hiervoor op praktijkschaal is gerealiseerd heeft bij Grow Group op locatie proefgedraaid (november en december 2015). Voor de tests is Standaardwater [Ruijven van et al., 2014] ingezet. De onderzoeksinstallatie heeft laten zien goede kwaliteit water te kunnen maken voor hergebruik voor verschillende teelten, dan wel lozing waarbij nutriënten, gewasbeschermings- en remmiddelen zijn geconcentreerd met RO en de gewasbeschermings- en remmiddelen vervolgens zijn verwijderd door AOP en actief koolfiltratie.

Tabel 5-1 geeft een samenvatting van de resultaten met de verschillende onderdelen van de pilotinstallatie. De resultaten verkregen op pilotschaal met AOP met UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en elektrocoagulatie waren slechter dan op basis van laboratoriumexperimenten werd verwacht.

Tabel 5-1 Bijdrage waterbehandelingsstappen aan uiteindelijke kwaliteit gietwater.

Technologie	Stroom	Functie	Resultaat
Electro-coagulatie	Overtollig gietwater	TOC verwijdering van overtollig water uit biologische teelt voor effectieve desinfectie en inzet in water voor reguliere teelt	Geen resultaat uit biologisch teelt. Standaardwater en remmiddelen: slib geproduceerd, maar geen opgelost TOC, gewasbeschermings- en remmiddelen verwijderd
Omgekeerde osmose	Permeaat	Bron voor nieuw gietwater	Permeaat is geschikt voor hergebruik en nagenoeg vrij van middelen
	Concentraat	Verkleining volume meststoffen voor nabehandeling of opslag	Ingesteld reductie volume van ca. 30-40% kan nog worden geoptimaliseerd
Geavanceerde oxidatie	Concentraat	Afbraak bereikt gewasbeschermings- en remmiddelen	Geen volledige afbraak bereikt. Langer recirculeren over AOP proces of hogere H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> dosering en sterkere UV lamp noodzakelijk
Actief kool adsorptie	Concentraat	Verwijdering restant rem- en gewasbeschermingsmiddelen	Schoon, vrij van middelen

Doordat het daadwerkelijke praktijkonderzoek een aantal tegenslagen heeft gehad in de tijdsplanning, is niet het mogelijk geweest de installatie goed in te regelen en alle geplande onderzoeken uit te voeren. Om het ontwikkelde concept te kunnen vertalen naar een ontwerp voor een commerciële onderzoeksinstallatie zijn nog een aantal stappen nodig. De volgende aanbevelingen ten behoeve van de uitvoering van vervolgonderzoek en implementatie worden daarom gedaan:

- Actief kool heeft een hoog verwijderingsrendement (>99%) maar zal na verloop van tijd en afhankelijk van aangeboden verontreinigingen zoals rem- en gewasbeschermingsmiddelen maar ook TOC verzadigd raken. De capaciteit van actief kool zal per stof en situatie verschillend zijn en de maximale beladingsgraad zal nog moeten worden vastgesteld op basis van aanvullende laboratoriumexperimenten;
- Chloraat is mobiel gebleken in de installatie en alleen het actief koolfilter neemt deze effectief weg. Ook voor chloraat zal de capaciteit van het actief koolfilter experimenteel bepaald moeten worden;
- Er was tijdens de experimenten geen biologisch spuiwater uit het bedrijf beschikbaar. De proef met het gesimuleerde biologische spuiwater is niet in de verdere beoordeling van de technologie meegenomen omdat de instellingen van de installatie achteraf onvoldoende waren. Bij het behandelen van het biologische spuiwater worden er met name significante effecten verwacht bij de TOC verwijdering door elektrocoagulatie. Er wordt aanbevolen experimenten met gesimuleerd biologisch spuiwater uit te voeren;
- Inzetten van het geproduceerde water in de praktijk. De kwaliteit en samenstelling van het behandelde en geproduceerde water en de concentraten voldoen aan de eisen, maar zijn deze nog niet opnieuw in de praktijk ingezet en met gewas in contact gebracht.

## 6 Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever:

Plantum

Ir. T. Simons

Vossenburchkade 68

2805 PC Gouda

In het kader van project Innowator Goed Gietwater

Namen van de projectmedewerkers:

Ir. W.A.J. Appelman MBA

J.G.H. Brouwer

Ir. C. Blok<sup>1</sup>

Ing. M. van der Staaij<sup>1</sup>

Ir. B. van der Maas<sup>1</sup>

Ir. E.A.M. Beerling<sup>1</sup>

B. Meeuwsen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Wageningen UR Glastuinbouw

<sup>2</sup> Hellebrekers Technieken B.V

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed:

n.v.t.

Datum waarop, of tijdbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgevonden:

Juni 2015 – December 2015

Ondertekening:

Ir. W.A.J. Appelman MBA  
Auteur

Goedgekeurd door:

Dr. Ing. J.M. Jetten  
Research manager  
Functional Ingredients

## 7 Literatuur

Appelman W, Creusen R, Jurgens R, Medevoort van J, Zijlstra M, Os van E. 2012. Glastuinbouw Waterproof, substraatteelt WP5, Fase 3: pilot onderzoek membraandestillatie. TNO rapport TNO 060-UT-2012-01534

Beerling E. 2009. KRW substraatteelten. KRW bestendige glastuinbouw - waterkringloopsluiting op bedrijfsniveau. Door waterhergebruik en zuivering minder schaarste en geen emissie naar water.

Blok C, IJdo M, Maas B van der, Marrewijk IV. 2012. Goed gietwater: werkpakket 2: kwaliteit gietwater en groeiprestaties. Wageningen UR Glastuinbouw, Bleiswijk, the Netherlands.

Buurma J, Leendertse P, Visser A, (2013) Waterkwaliteit binnen de normen Haalbaarheid en betaalbaarheid van ambities in 2e Nota Duurzame Gewasbescherming, LEI-rapport 2013-044, CLM-rapport 826-2013, LEI Wageningen UR, Den Haag

Feenstra, L. 2013. Verwijdering van gewasbeschermingsmiddelen (GBM) uit spuiwater van de glastuinbouw. TNO rapport TNO-060-UT-2013-000122.

Feenstra, L. Jurgens, R. 2013. Rapportage Technologiecluster Watersysteemoptimalisatie opkweekbedrijven Plantum, Besloten versie. TNO rapport R10445.

InfoMil. 2016. Activiteitenbesluit en regelgeving in ontwikkeling, voor agrarische bedrijven. <http://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw-tuinbouw/activiteitenbesluit/regelgeving-0/>

Jurgens R, Appelman W, Zijlstra M, Creusen R, Os van E. 2012. Glastuinbouw Waterproof - WP5 - onderzoek fase 2 (laboratorium onderzoek). TNO 060-UT-01532.

Jurgens R, Appelman W, Feenstra L. 2014. Rapportage Goed Gietwater Werkpakket 3, taak 1: concept- en toepassingsontwikkeling voor een optimale kwaliteit gietwater (laboratorium onderzoek).

KRW. 2000. Water Framework Directive. Introduction to the new EU Water Framework Directive, [http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/info/intro\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/info/intro_en.htm)

LTO-Glaskracht. 2011. Blauwdruk Waterstromen Glastuinbouw.

Maas AA van der, Blok C, Beerling E. 2012. Goed Gietwater. Werkpakket 1: Analyse bestaande eisen en kentallen. Wageningen UR Glastuinbouw, Bleiswijk, the Netherlands.



Ruijven, JPM van, Os, EA van, Staaij, M van der, Beerling, EAM. 2014. Evaluation of technologies for purification of greenhouse horticultural discharge water. *Acta Hort.* 1034: 133-140. DOI: 10.17660/ActaHortic.2014.1034.15.

RWS. 2015. Hoofdlijnenakkoord waterzuivering in de glastuinbouw. <https://www.rijksoverheid.nl/>

## A Foto's onderzoeksinstallatie

Onderstaande foto's geven een impressie van de onderzoeksinstallatie zoals die de Grow Group in Naaldwijk is geplaatst.



Figuur A-1 Vooraanzicht onderzoeksinstallatie industrieel onderzoek Goed Gietwater. Links voor de drie blauwe voorraad reservoirs is de pH correctie en een deel van de elektrocoagulatie eenheid zichtbaar.



Figuur A-2 Tussenaanzicht onderzoeksinstallatie.



Figuur A-3 Zijaanzicht met tussenopslag (links) met AOP daaraan bevestigd en de installatie voor actief kool adsorptie (rechts).



Figuur A-4 Aanzicht op gehele installatie.



Figuur A-5 Aanzicht met omgekeerde osmose (RO) eenheid (onder) en AOP unit (boven).



Figuur A-6 Zijaanzicht met regelkast (links), tussenopslag (midden) met AOP daaraan bevestigd en installatie voor actief kool (rechts).

## B Meet- en analyse resultaten onderzoeksinstallatie

### B.1 Overzicht van de uitgevoerde experimenten

Tabel 4-1 geeft een overzicht van de uitgevoerde experimenten en een aantal bijzonderheden hierbij.

Tabel 4-1 Overzicht draaidagen onderzoeksinstallatie en bijzonderheden.

Datum (2015)	Gebruikt water	Opmerkingen
11 november	Biologisch gietwater	Leiding water met biologische varkensmest gebruikt. Niet in de beoordeling meegenomen omdat de installatie nog niet goed ingeregeld was en de achteraf onvoldoende bleken te zijn.
19 november	Bedrijfseigen water	Sterk verdund met condenswater, gehalte TOC laag, bedoeld voor inregelen EC. Niet in de beoordeling meegenomen vanwege storing in installatie.
25 november	Standaardwater	Storing in installatie
2 december	Standaardwater	Storing in installatie
9-11 december <sup>1</sup>	Bedrijfseigen water met toegevoegde middelen	Duurproef met bedrijfseigen water, middelenpakket uit Standaardwater en remmiddelen toegevoegd
15-16 december <sup>2</sup>	Standaardwater	Duurproef met Standaardwater, volledig middelenpakket en remmiddelen

<sup>1</sup>Op 9 december is Standaardwater klaargemaakt en is Natrium hypochloriet toegevoegd. Op 10 december is bemonsterd. De onderzoeksinstallatie stond ca. 6u stil ten tijde van bemonstering, waardoor van een aantal punten geen monsters genomen kon worden. Om deze reden is op 11 december opnieuw bemonsterd (door TNO).

<sup>2</sup> Op 15 december is Standaardwater klaargemaakt, op 16 december is bemonsterd.

### B.2 Meetpunten in de onderzoeksinstallatie voor monsternamen

In tabel B-2.1 zijn de meetpunten in de onderzoeksinstallatie voor monsternamen van gewasbeschermingsmiddelen, remmiddelen, TOC en chlooraat weergegeven.

Tabel B-2.1 Meetpunten in de onderzoeksinstallatie voor monsternamen gewasbeschermingsmiddelen, remmiddelen, TOC (Total Organic Carbon) en chlooraat.

Code	Monster	Gewasbeschermingsmiddelen	TOC	Chlooraat
MK1-1	influent tank 1	x	x	x
MK3-1	slib EF	x		
MK5-1	laatste bak EF (voor discfliter)	x	x	x
MK9-1	bak voor RO		x	
MK10-1	permeaat	x		x
MK11-1	concentraat	x	x	
MK12-1	na UV+perox.	x		x
MK13-1	spoelwater koolfilter	x		
MK14-1	effluent	x		

## B.3 Analyseresultaten onderzoeksinstallatie

### B.3.1 11 november *Biologisch gietwater\**

Tabel B.-3.1.1 11 november, instellingen installatie gesimuleerd biologisch gietwater met varkensmest, deel 1.

11-nov-15	monster code		EC	pH	Feed l/h	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (ppm)
15.00 uur	11-1-0-0	voor UV+perox	1.17	6.25	0	0
	11-2-0-0	voor UV+perox			0	0
15.10 uur	12-1-200-0	na UV+perox			200	0
	12-2-200-0	na UV+perox			200	0
15,25 uur	12-1-300-0	na UV+perox			300	0
	12-2-300-0	na UV+perox			300	0
15,45 uur	12-1-300-20	na UV+perox			300	20
	12-2-300-20	na UV+perox			300	20
16.05 uur	12-1-300-50	na UV+perox			300	50
	12-2-300-50	na UV+perox			300	50
16.25 uur	12-1-600-20	na UV+perox			600	20
	12-2-600-20	na UV+perox			600	20
16.35 uur	14-1-600-20	effluent			600	20
	14-2-600-20	effluent			600	20

Tabel B-3.1.2 11 november, instellingen installatie gesimuleerd biologisch gietwater, deel 2.  
Concentraties in µg/L.

Monster	Abamectine	Carbendazim	Imidacloprid	Propamocarb (-hydrochloride)	Spinosad	Thiophanate- methyl
15XB194	-	0,32	1,5	-	-	-
15XB195	-	0,36	1,4	-	-	-
15XB196	-	0,31	0,50	-	-	-
15XB197	-	0,31	0,54	-	-	-
15XB198	-	0,32	0,64	-	-	-
15XB199	-	0,35	0,74	-	-	-
15XB200	-	0,36	0,65	-	-	-
15XB201	-	0,34	0,73	-	-	-
15XB202	-	0,32	0,81	-	-	-
15XB203	-	0,30	0,73	-	-	-
15XB204	-	0,34	0,90	-	-	-
15XB205	-	0,27	0,68	-	-	-
15XB206	-	-	-	-	-	-
15XB207	-	-	-	-	-	-
<b>grens</b>	<b>&lt; 0,50*</b>	<b>&lt; 0,020</b>	<b>&lt; 0,010</b>	<b>&lt; 0,50</b>	<b>&lt; 0,050</b>	<b>&lt; 0,50</b>

Tabel B-3.1.3 Analyse nutriëntensamenstelling RO concentraat, 11 november 2016.

Parameter	Waarde	Eenheid
pH	6,6	
EC	1,1	[mS/cm]
NO <sub>3</sub>	5,5	[mmol/l]
Cl	1,2	[mmol/l]
NH <sub>4</sub>	0,9	[mmol/l]
K	1,9	[mmol/l]
SO <sub>4</sub>	1,3	[mmol/l]
HCO <sub>3</sub>	0,4	[mmol/l]
Na	1,6	[mmol/l]
Ca	1,9	[mmol/l]
P	0,37	[mmol/l]
Fe	24	[mmol/l]
Mg	1,3	[mmol/l]
Si	< 0,1	[µmol/l]
Mn	4,4	[µmol/l]
Zn	6,1	[µmol/l]
B	15	[µmol/l]
Cu	0,5	[µmol/l]
Mo	0,2	[µmol/l]

## B.3.2 19 november Bedrijfseigen water \*

Tabel B-3.2.1 19 november Bedrijfseigenwater, nutriëntensamenstelling

Parameter	Influent + zuur 1	Influent 1	Eenheid
pH	2,3	8,3	
EC	4,9	2,1	[mS/cm]
NH <sub>4</sub>	8	7,8	[mmol/l]
K	5,1	5,1	[mmol/l]
Na	3,7	3,4	[mmol/l]
Ca	1,9	1,8	[mmol/l]
Mg	0,4	0,4	[mmol/l]
Si	0,2	0,2	[mmol/l]
NO <sub>3</sub>	0,1	< 0,1	[mmol/l]
Cl	4,4	4,4	[mmol/l]
SO <sub>4</sub>	14,2	1,1	[mmol/l]
HCO <sub>3</sub>	< 0,1	12,9	[mmol/l]
P	0,5	0,5	[mmol/l]
Fe	39,4	39,3	[μmol/l]
Mn	9,5	8,8	[μmol/l]
Zn	13,6	14,7	[μmol/l]
B	15	15	[μmol/l]
Cu	0,2	0,9	[μmol/l]
Mo	< 0,1	< 0,1	[μmol/l]

Tabel B-3.2.2 19 november Bedrijfseigenwater, TOC

monsternummer	Monster	TOC (mg/L)
XX151119492	Influent + zuur 2	77
XX151119491	Influent 2	74



## B.3.3 25 november Standaardwater

Tabel B-3.3.1 25 november Standaardwater, nutriëntensamenstelling voor en na RO

Monster	Eenheid	Influent	RO permeaat	RO concentraat
pH	--	6,7	6,8	7,9
EC	[mS/cm]	3,8	0,3	5,7
NH4	[mmol/l]	0,5	0,2	1,1
K	[mmol/l]	5,6	0,9	9,3
Na	[mmol/l]	7,4	0,8	12,5
Ca	[mmol/l]	8,4	0	13,8
Mg	[mmol/l]	3,8	0	6
Si	[mmol/l]	< 0,1	0	< 0,1
NO3	[mmol/l]	17,1	1,8	25,8
Cl	[mmol/l]	7,4	0,1	11,6
SO4	[mmol/l]	6,7	0	11
HCO3	[mmol/l]	1,3	0,1	2,2
P	[mmol/l]	0,7	0	0,2
Fe	[µmol/l]	43,9	0	45,5
Mn	[µmol/l]	19,2	0	27
Zn	[µmol/l]	5,6	0	7,3
B	[µmol/l]	73	50	85
Cu	[µmol/l]	2,1	0	4
Mo	[µmol/l]	0,7	0	0,9

## B.3.4 2 december Standaardwater

Tabel B-3.4.1 Standaardwater, samenstelling gewasbeschermingsmiddelen voor en na AOP

Merknaam	werkzame stof	gemiddelden influent	concentraat	concentraat	
			RO voor UV+perox	RO na UV+perox	
	Perchloraat	<0,1	<0,01	<0,01	mg/l
	Chloraat	0,46	0,47	0,41	mg/l
Ortiva	azoxystrobine	0,94	0,87	0,63	µg/l
Collis	boscalid	2,8	4,3	3,1	µg/l
Topsin M	carbendazim	0,535	0,49	0,335	µg/l
Admire	imidacloprid	0,6	0,585	0,515	µg/l
Collis	kresoxim methyl	1,25	1,3	0,94	µg/l
Mesurool	methiocarb	0,375	0,165	0,525	µg/l
Runner	methoxyfenozide	1,85	1,8	1,45	µg/l
Pirimor	pirimicarb	0,039	0,105	0,059	µg/l
Plenum	pymetrozine	0,135	0,15	0,125	µg/l
Calypso	thiacloprid	0,365	0,37	0,32	µg/l
Rizolex	tolclofos-methyl	0,19	0,15	0,077	µg/l
Rovral aquaflo	iprodion	0,028	0,026	0	µg/l
Bonzi	paclobutrazool	1,8	1,7	1,35	µg/l
Alar	daminozide	<0,01	<0,01	<0,01	mg/l
	chloormequat	<0,01	<0,01	<0,01	mg/l

**B.3.5** 9-11 december *Bedrijfseigen water met toegevoegde middelen*

Tabel B-3.5.1 Concentraties nutriënten en TOC voor en na Elektrocoagulatie, experiment 11 december, bedrijfswater Grow Group met toegevoegd middelenpakket

<b>Monster</b>	<b>Voeding (influent)</b>	<b>Slib</b>	<b>Product (effluent)</b>	<b>Eenheid</b>
pH	6,4	7,3	7,1	[-]
EC	2,4	2,4	2,4	[mS/cm]
TOC*	13,2	-	16,5	[mg/l]
NH <sub>4</sub>	1,6	1,7	1,7	[mmol/l]
K	5,0	5,0	5,2	[mmol/l]
Na	2,2	2,3	2,3	[mmol/l]
Ca	3,9	3,8	3,9	[mmol/l]
Mg	2,9	2,7	2,9	[mmol/l]
Si	< 0,1	< 0,1	< 0,1	[mmol/l]
NO <sub>3</sub>	13,4	13,9	13,5	[mmol/l]
Cl	2,2	2,4	2,2	[mmol/l]
SO <sub>4</sub>	3,2	3,2	3,5	[mmol/l]
HCO <sub>3</sub>	0,4	0,4	0,4	[mmol/l]
P	0,85	0,05	0,30	[mmol/l]
Fe	49,4	12,5	41,6	[µmol/l]
Mn	11,4	18,6	9,6	[µmol/l]
Zn	8,5	12,1	6,7	[µmol/l]
B	37	34	39	[µmol/l]
Cu	1,3	6,9	4,3	[µmol/l]
Mo	0,70	0,10	0,70	[µmol/l]

\*) TOC analyses uitgevoerd door TNO

Tabel B-3.5.2 Concentraties gewasbeschermingsmiddelen voor en na Elektrocoagulatie, experiment 11 december, bedrijfswater Grow Group met toegevoegd middelenpakket.

<b>Merknaam</b>	<b>Werkzame stof</b>	<b>Toevoer (Influent)</b>	<b>Slib Elektro coagulatie</b>	<b>Afvoer (Effluent)</b>	<b>Eenheid</b>
Ortiva	azoxystrobine	1,050	0,720	0,995	µg/l
Collis	boscalid	3,800	3,900	3,650	µg/l
Topsin M	carbendazim	0,645	0,590	0,575	µg/l
Admire	imidacloprid	0,280	0,250	0,880	µg/l
Collis	kresoxim methyl	1,600	0,985	0,610	µg/l
MesuroI	methiocarb-sulfoxide	0,036			µg/l
Runner	methoxyfenozone	1,400	1,200	1,500	µg/l
Pirimor	pirimicarb	0,775	0,590	1,050	µg/l
pirimicarb- desmethyl	pirimicarb-desmethyl	0,026	0,035	0,055	µg/l
Plenum	pymetrozine	0,200	0,235	0,890	µg/l
Calypso	thiacloprid	0,175	0,195	0,555	µg/l
Rizolex	tolclofos-methyl	0,440	0,210	0,239	µg/l
Rovral aquaflo	iprodion	0,058	0,029		µg/l
Bonzi	paclobutrazool	1,700	1,150	1,650	µg/l
Alar	daminozide	<0,01	<0,01	<0,01	mg/l
chloormequat	chloormequat	<0,01	<0,01	<0,01	mg/l

Tabel B-3.5.3 Concentraties gewasbeschermingsmiddelen voor en na Elektrocoagulatie, experiment 11 december, Standaardwater

<b>Merksnaam</b>	<b>werkzame stof</b>	<b>Toevoer (Influent)</b>	<b>Slib Elektro coagulatie</b>	<b>Afvoer (Effluent)</b>	<b>Eenheid</b>
	Perchloraat	<0,01		<0,01	mg/l
Chloraat	Chloraat	0,50		0,51	mg/l
Ortiva	Azoxystrobine	1,150	1,200	0,970	µg/l
Collis	Boscalid	3,600	3,450	3,450	µg/l
Topsin M	Carbendazim	0,455	0,440	0,420	µg/l
Admire	Imidacloprid	0,725	0,645	0,535	µg/l
Collis	Kresoxim methyl	1,400	1,150	0,890	µg/l
Mesurool	Methiocarb	0,011	0,010		µg/l
Methiocarb-sulfoxide	Methiocarb-sulfoxide	0,014			µg/l
Runner	Methoxyfenozone	1,600	1,200	1,450	µg/l
Pirimor	Pirimicarb	0,180	0,315	0,385	µg/l
Pirimicarb-desmethyl	Pirimicarb-desmethyl	0,018	0,021	0,026	µg/l
Plenum	Pymetrozine	0,180	0,185	0,155	µg/l
Calypso	Thiacloprid	0,470	0,43	0,375	µg/l
Rizolex	Tolclofos-methyl	0,295	0,25	0,205	µg/l
Rovral aquaflo	Iprodion	0,036		0,080	
Bonzi	Paclobutrazool	1,550	1,450	1,350	µg/l
Alar	Daminozide	<0,01	<0,01	<0,01	mg/l
Chloormequat	Chloormequat	<0,01	<0,01	<0,01	mg/l

Tabel B-3.5.3 Concentraties nutriënten voor en na RO, experiment 11 december.

Parameter	eenheid	Toevoer	Permeaat	Concentraat
		RO	RO	RO
pH		7,2	6,5	7,2
EC	[mS/cm]	2,4	0,54	3,3
TOC	[mg/l]	14,8	1,2	19
NH <sub>4</sub>	[mmol/l]	1,7	0,70	2,2
K	[mmol/l]	5,1	1,9	7,0
Na	[mmol/l]	2,2	0,7	3,3
Ca	[mmol/l]	3,8	0,1	5,8
Mg	[mmol/l]	2,8	0,1	4,9
Si	[mmol/l]	< 0,1	< 0,1	< 0,1
NO <sub>3</sub>	[mmol/l]	13,3	3,6	18,8
Cl	[mmol/l]	2,2	0,2	3,4
SO <sub>4</sub>	[mmol/l]	3,4	0,1	6,0
HCO <sub>3</sub>	[mmol/l]	0,4	0,1	0,5
P	[mmol/l]	0,25	< 0,05	0,30
Fe	[µmol/l]	37,9	0,5	65,5
Mn	[µmol/l]	9,4	0,2	15,3
Zn	[µmol/l]	6,5	0,2	10,7
B	[µmol/l]	37	34	45
Cu	[µmol/l]	4,4	< 0,1	7,3
Mo	[µmol/l]	0,60	< 0,1	1,2

Tabel B-3.5.4 Concentraties nutriënten voor en na AOP en AK, experiment 11 en 16 december.

Monster	Concentraat RO	Concentraat na UV+Perox,	Concentraat na koolfilter (effluent)	Eenheid
pH	7,2	7,2	7,5	
EC	3,3	3,3	3,3	[mS/cm]
TOC	19	25,7	6,1	[mg/l]
NH <sub>4</sub>	2,2	2,2	2,1	[mmol/l]
K	7,0	6,9	7,1	[mmol/l]
Na	3,3	3,2	3,3	[mmol/l]
Ca	5,8	5,8	6,0	[mmol/l]
Mg	4,9	4,5	4,1	[mmol/l]
Si	< 0,1	< 0,1	< 0,1	[mmol/l]
NO <sub>3</sub>	18,8	18,7	19,1	[mmol/l]
Cl	3,4	3,4	3,5	[mmol/l]
SO <sub>4</sub>	6,0	5,7	4,6	[mmol/l]
HCO <sub>3</sub>	0,5	0,5	0,8	[mmol/l]
P	0,30	0,30	< 0,05	[mmol/l]
Fe	65,5	59,3	14,4	[µmol/l]
Mn	15,3	14,2	8,6	[µmol/l]
Zn	10,7	10,6	6,8	[µmol/l]
B	45	44	59	[µmol/l]
Cu	7,3	6,8	7,2	[µmol/l]
Mo	1,2	1,1	1,0	[µmol/l]

Tabel B-3.5.5 Concentraties gewasbeschermingsmiddelen voor en na AOP en AK, experiment 11 december

Merksnaam	werkzame stof	Concentraat RO	Concentraat	Concentraat	Eenheid
	Perchloraat	voor UV+Perox,	na UV+perox	na koolfilter (effluent)	mg/l
Ortiva	azoxystrobine	1,100	0,900		µg/l
Collis	boscalid	5,450	5,100	0,012	µg/l
Topsin M	carbendazim	0,855	0,705		µg/l
Admire	imidacloprid	0,970	0,690		µg/l
Collis	kresoxim methyl	0,360	0,695		µg/l
Runner	methoxyfenozide	2,450	2,150		µg/l
Pirimor	pirimicarb	1,100	0,610		µg/l
pirimicarb-desmethyl	pirimicarb-desmethyl	0,057	0,062		µg/l
Plenum	pymetrozine	0,635	0,650		µg/l
Calypso	thiacloprid	0,580	0,33		µg/l
Rizolex	tolclofos-methyl	0,046	0,26		µg/l
Rovral aquaflo	iprodion	0,012			µg/l
Bonzi	paclobutrazool	2,150	2,050		µg/l
Alar	daminozide	<0,01	<0,01	<0,01	mg/l
chloormequat	chloormequat	<0,01	<0,01	<0,01	mg/l



## B.3.6 15-16 december Standaardwater

Tabel B 3-6.1 Concentraties nutriënten en TOC voor en na Elektrocoagulatie, experiment 16 december, bedrijfswater Grow Group met toegevoegd middelenpakket

Monster	Voeding (influent)	Slib	Product (effluent)	Eenheid
pH	6,6	7,2	7,1	[-]
EC	4,3	4,2	4,3	[mS/cm]
TOC*	15,4	37	14,3	[mg/l]
NH <sub>4</sub>	0,70	0,70	0,70	[mmol/l]
K	7,0	7,4	7,4	[mmol/l]
Na	9,4	9,8	9,8	[mmol/l]
Ca	8,7	8,8	8,9	[mmol/l]
Mg	6,0	6,3	6,2	[mmol/l]
Si	0,1	0,1	0,1	[mmol/l]
NO <sub>3</sub>	17,9	18,3	18,2	[mmol/l]
Cl	8,9	8,9	8,9	[mmol/l]
SO <sub>4</sub>	10,8	11,5	11,7	[mmol/l]
HCO <sub>3</sub>	1,2	1,1	1,1	[mmol/l]
P	1,0	0,95	0,80	[mmol/l]
Fe	61,8	64,4	62,5	[μmol/l]
Mn	28,8	29,7	27,0	[μmol/l]
Zn	7,8	9,3	8,0	[μmol/l]
B				[μmol/l]
Cu				[μmol/l]
Mo				[μmol/l]

\* TOC analyses uitgevoerd door TNO

Tabel B 3-6.2 Concentraties gewasbeschermingsmiddelen voor en na Elektrocoagulatie, experiment 16 december, Standaardwater

<b>Merknaam</b>	<b>werkzame stof</b>	<b>Toevoer (Influent)</b>	<b>Slib Elektro coagulatie</b>	<b>Afvoer (Effluent)</b>	<b>Eenheid</b>
	Perchloraat	<0,01		<0,01	mg/l
Chloraat	Chloraat	0,50		0,51	mg/l
Ortiva	Azoxystrobine	1,150	1,200	0,970	µg/l
Collis	Boscalid	3,600	3,450	3,450	µg/l
Topsin M	Carbendazim	0,455	0,440	0,420	µg/l
Admire	Imidacloprid	0,725	0,645	0,535	µg/l
Collis	Kresoxim methyl	1,400	1,150	0,890	µg/l
MesuroI	Methiocarb	0,011	0,010		µg/l
Methiocarb-sulfoxide	Methiocarb-sulfoxide	0,014			µg/l
Runner	Methoxyfenozide	1,600	1,200	1,450	µg/l
Pirimor	Pirimicarb	0,180	0,315	0,385	µg/l
Pirimicarb-desmethyl	Pirimicarb-desmethyl	0,018	0,021	0,026	µg/l
Plenum	Pymetrozine	0,180	0,185	0,155	µg/l
Calypso	Thiacloprid	0,470	0,43	0,375	µg/l
Rizolex	Tolclofos-methyl	0,295	0,25	0,205	µg/l
Rovral aquaflo	Iprodion	0,036		0,080	
Bonzi	Paclobutrazool	1,550	1,450	1,350	µg/l
Alar	Daminozide	<0,01	<0,01	<0,01	mg/l
Chloormequat	Chloormequat	<0,01	<0,01	<0,01	mg/l

Tabel B 3-6.3 Concentraties nutriënten voor en na RO, experiment 16 december

Parameter	Toevoer RO	Permeaat RO	Concentraat RO	eenheid
pH	7,1	6,3	7,2	
EC	4,3	0,77	5,2	[mS/cm]
TOC	14,3	1,8	18,7	[mg/l]
NH <sub>4</sub>	0,70	0,30	0,80	[mmol/l]
K	7,2	2,3	9,2	[mmol/l]
Na	9,6	2,3	12,5	[mmol/l]
Ca	9,3	0,2	12,2	[mmol/l]
Mg	4,9	0,1	6,8	[mmol/l]
Si	< 0,1	< 0,1	0,1	[mmol/l]
NO <sub>3</sub>	18,2	4,8	22,7	[mmol/l]
Cl	8,9	0,5	11,2	[mmol/l]
SO <sub>4</sub>	8,7	0,1	12,3	[mmol/l]
HCO <sub>3</sub>	1,1	0,1	1,3	[mmol/l]
P	0,60	< 0,05	0,65	[mmol/l]
Fe	49,3	< 0,4	65,6	[μmol/l]
Mn	21,0	0,2	26,5	[μmol/l]
Zn	5,1	0,3	6,4	[μmol/l]
B				[μmol/l]
Cu				[μmol/l]
Mo				[μmol/l]

Tabel B 3-6.4 Concentraties nutriënten voor en na AOP en AK, experiment 16 december

Parameter	Concentraat	Na UV+perox,	Na koolfilter (effluent)	Eenheid
	RO			
pH	7,2	7,2	7,5	[-]
EC	5,2	5,3	5,2	[mS/cm]
TOC	18,7	19,3	6,7	[mg/L]
NH <sub>4</sub>	0,80	0,80	0,70	[mmol/L]
K	9,2	8,6	9,1	[mmol/L]
Na	12,5	12,0	12,5	[mmol/L]
Ca	12,2	11,4	12,0	[mmol/L]
Mg	6,8	6,7	6,9	[mmol/L]
Si	0,1	0,1	0,1	[mmol/L]
NO <sub>3</sub>	22,7	22,8	22,8	[mmol/L]
Cl	11,2	11,2	11,2	[mmol/L]
SO <sub>4</sub>	12,3	11,8	12,2	[mmol/L]
HCO <sub>3</sub>	1,3	1,5	1,5	[mmol/L]
P	0,65	0,60	0,25	[mmol/L]
Fe	65,6	62,9	15,5	[μmol/L]
Mn	26,5	25,4	11,2	[μmol/L]
Zn	6,4	6,0	5,5	[μmol/L]

Tabel B 3-6.5 Concentraties gewasbeschermingsmiddelen voor en na AOP en AK, experiment 16 december

<b>Merksnaam</b>	<b>Werkzame stof</b>	<b>Concentraat RO</b>	<b>Na UV+perox</b>	<b>Na koolfilter (effluent)</b>	<b>Eenheid</b>
	Perchloraat		<0,01		mg/L
Chloraat	Chloraat		0,52		mg/L
Ortiva	Azoxystrobine	1,1	1,05		µg/L
Collis	Boscalid	4,30	4,30	0,012	µg/L
Topsin M	Carbendazim	0,59	0,59		µg/L
Admire	Imidacloprid	0,60	0,70		µg/L
Collis	Kresoxim methyl	1,07	1,07		µg/L
Mesurool	Methiocarb-sulfoxide	0,01	0,01		µg/L
Runner	Methoxyfenozide	1,75	1,95		µg/L
Pirimor	Pirimicarb	0,51	0,59		µg/L
Pirimicarb-desmethyl	Pirimicarb-desmethyl	0,037	0,048		µg/L
Plenum	Pymetrozine	0,21	0,25		µg/L
Calypso	Thiacloprid	0,41	0,49	0,010	µg/L
Rizolex	Tolclofos-methyl	0,23	0,34		µg/L
Rovral aquaflo	Iprodion	0,083	0,086		µg/L
Bonzi	Paclobutrazool	2,15	2,10		µg/L
Alar	Daminozide	<0,01	<0,01	<0,01	mg/L
Chloormequat	Chloormequat	<0,01	<0,01	<0,01	mg/L