

# WaterWaarden, grenswaarden voor goed water

**Maart 2013**



**Groen Agro Control**  
LABORATORIUMONDERZOEK & ADVIES



# WaterWaarden, grenswaarden voor goed water

**Opdrachtgever:** Productschap  **Tuinbouw**

**Mede mogelijk gemaakt door:** 

Looptijd project: februari 2012 – november 2012

## COLOFON:

**Contactpersoon:** Ines van Marrewijk

**Adres:** Groen Agro Control  
Distributieweg 1  
2645 EG Delfgauw  
Tel: 015 2572511  
Fax: 015 2572522

**Datum:** Maart 2013  
**Titel Rapport:** WaterWaarden, grenswaarden voor goed water PT14565  
**Opdrachtgever:** Productschap Tuinbouw  
**Kernwoorden:** glastuinbouw, substraat, komkommer, tomaat, aubergine, paprika, grenswaarde, waterwaarden, fytotoxisch, organische stof, organisch materiaal, droge stof, microbiologie, wortellexudaten, recirculatie, zware metalen, schadelijke componenten, water, steenwol, uitvloeier.

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm, elektronisch of op geluidsband of op welke andere wijze ook en evenmin in een retrieval systeem worden opgeslagen zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgevers.



## **INHOUDSOPGAVE**

<b>INHOUDSOPGAVE</b>	<b>3</b>
<b>SAMENVATTING</b>	<b>4</b>
<b>1. INLEIDING</b>	<b>6</b>
<b>2. PLAN VAN AANPAK</b>	<b>7</b>
2.1 Materiaal en methoden	7
2.2 Te bereiken resultaten	11
<b>3. RESULTATEN</b>	<b>13</b>
3.1 Eerste groeiproef op water	13
3.2 Tweede groeiproef op water	16
3.3 Teeltproef op substraat	17
<b>4. CONCLUSIES</b>	<b>24</b>



## SAMENVATTING

Voor een economische bedrijfsvoering is het voor telers van belang dat zij geen teeltrisico's lopen bij het terugdringen van emissie. Dit onderzoek richt zich op de telers van glasgroente op substraatmatten. Door kennis over de relevante stoffen en hun grenswaarden kan tijdig gesignaleerd worden of ingrijpen in de waterstromen nodig is. In de advieskaart staat het overzicht van grenswaarden waaraan druppelwater moet voldoen. Zodoende kunnen telers hun water zelf beoordelen door de kritische parameters te (laten) bepalen op kritische momenten of bij twijfel.

De grenswaarden zijn via drie series proeven onderzocht voor zover ze niet reeds bekend zijn. Komkommer is als voorbeeldgewas gekozen omdat komkommer vaak het meest gevoelig is voor groeiremming ten opzichte van de andere groentegewassen. Het resultaat is een overzicht van grenswaarden. Aan de hand van de resultaten in komkommer zijn ook grenswaarden voor tomaat en paprika bepaald.

De onderzochte parameters zijn:

- Wortellexudaten, te weten salicylzuur en 2,4-dichloorbenzoëzuur.
- Organische reststof zoals dode deeltjes van micro-organismen, algen en plantresten.
- Uitvloeiers uit steenwolsubstraat
- Zware metalen uit WKK-condenswater, chroom, nikkel, aluminium, koper en zink. Zink en koper zijn voedingselement vandaar dat alleen chroom, aluminium en nikkel getest zijn.
- Perazijnzuur als biocide ontstaat uit een reactie van waterstofperoxide met azijnzuur en heeft een oxiderende werking.
- Waterstoffluoride is de werkzame stof van glasreinigingsmiddelen (praktijk 'fluor')
- Formaldehyde is de actieve stof van Formaline een ontsmettingsmiddel.
- Met kiemgetal wordt bedoeld algemeen voorkomende schimmels en bacteriën die primair niet plantschadelijk lijken.

Met grenswaarde wordt bedoeld de concentratie van een stof waarbij een groentegewas op substraatmatten geen schade in gewasgroei of productie ondervindt. De grenswaarden zijn van toepassing vanaf de start van de teelt in de kas. In opkweeksituaties zijn jonge planten gevoeliger, voor grenswaarden in opkweek zou meer specifiek onderzoek gedaan moeten op zaailingen en jonge planten.



Uit dit onderzoek is gebleken dat van de onderzochte parameters er een aantal zijn die bij verhoogde concentraties in het water een groter risico vormen dan tot nu toe leek. Dat zijn:

- Hoewel salicylzuur vaak in verband wordt gebracht als antioxidant wat de plant weerbaar kan maken tegen aanval van pathogenen blijkt salicylzuur bij overmaat in water schadelijk te zijn voor planten. De oxiderende werking is dan merkbaar zo sterk dat het de wortels aantast.
- De metalen nikkel en aluminium bleken toxisch voor de plant bij overmaat. Tevens kunnen deze niet opneembare metalen in water concurrerend zijn met de opname van sporenelementen (antagonisme), waardoor gebrek aan andere elementen ontstaat.
- De biocide fluor wordt toegepast voor glasreiniging van de kas. Achtergebleven resten in water geven schade wanneer die in contact komen met wortels. Daarnaast kan fluor ook in dampvorm over gaan waardoor ook verbrandingsschade bovengronds kan ontstaan. Zeker wanneer er onvoldoende luchtuitswisseling met de buitenlucht plaats vindt.
- De biocide perazijnzuur blijkt behoorlijk schadelijk te kunnen zijn. Het wordt als reinigingsmiddel ingezet in druppelwater. Het zou aan te bevelen om perazijnzuur met en sneltest te meten in druppelwater, net zoals waterstofperoxide bij de toepassing gemeten wordt met sneltestmethoden.

Voor komkommer, tomaat en paprika zijn advieskaarten voor telers opgesteld. Omdat de grenswaarden met ca. 50% marge zijn opgesteld, zijn er geen verschillen voor deze drie gewassen voor wat betreft de onderzochte parameters. In de advieskaart zijn tevens concentraties opgenomen die in de praktijk voor kunnen komen.



## 1 INLEIDING

Er wordt ten behoeve van de glastuinbouw (KRW) veel onderzoek gericht op het elimineren van schadelijk reststoffen uit water door inzet van nieuwe technieken. Het doel is om emissie van reststoffen vanaf een glastuinbouwbedrijf te elimineren (vanaf de start van de teelt). Voor een economische bedrijfsvoering is het voor telers van belang dat zij geen teeltrisico's lopen bij het terugdringen van emissie. Er zijn echter nog geen algemene richtlijnen tot welk niveau planten tolerant zijn voor de diverse componenten in water. Ook de bijbehorende schadedrempels zijn niet altijd duidelijk.

### **Probleemstelling**

Er is momenteel geen samenhangend overzicht van schadelijke componenten en de maximale concentraties waarbij plantengroei geremd wordt. Het is nu nog niet duidelijk tot welk niveau het water gezuiverd moet worden en er is geen basis waarop telers kunnen besluiten dat recirculatie veilig door kan gaan. Veel oplossingsrichtingen zijn nu op zuiveringstechnieken gericht, terwijl dat hoge investeringen met zich meebrengt, welke mogelijk niet noodzakelijk zijn wanneer tijdig bijgestuurd wordt.

Dit onderzoek richt zich op de telers van glasgroente op substraatmatten. Voor hen worden praktische criteria (en meetmethoden) gegeven om daarmee te kunnen bepalen of water wel of niet veilig gerecirculeerd kan worden. Door kennis over de relevante stoffen en hun grenswaarden kan tijdig gesignaleerd worden of ingrijpen in de waterstromen nodig is. Mogelijk blijken lozingen gewoon niet nodig te zijn, kunnen er in het teeltproces maatregelen genomen worden zodat schadelijke niveaus niet bereikt worden of zijn eenvoudige zuiveringen toepasbaar zijn waardoor grotere (technische) investeringen overbodig zijn.

### **Doelstelling en afbakening**

Met een handzaam overzicht van grenswaarden waar druppelwater aan moet voldoen kunnen telers hun water zelf beoordelen door de kritische parameters te (laten) meten.

Het tijdig signaleren van kritische waarden en aanpassen van de waterstromen op het bedrijf zorgen voor een optimale teelt met maximale recirculatie zonder groeiremming. Langduriger recirculatie op basis van feiten en minder op gevoel is hierdoor mogelijk.

De grenswaarden worden op proefkasschaal onderzocht voor zover ze niet gelijktijdig in ander onderzoek nader bekeken worden, of reeds bekend zijn. Het resultaat is een handzaam overzicht van grenswaarden. Er wordt rekening gehouden met de KRW regelgeving. Voorwaarde is dat er geen productieremming optreedt bij recirculatie van water. Komkommer is als voorbeeldgewas gekozen omdat komkommer vaak het meest gevoelig is voor groeiremming ten opzichte van de andere groentegewassen.

Aan de hand van de resultaten in komkommer zijn ook grenswaarden voor tomaat en paprika bepaald.

Voor andere sier- en groentegewassen zou aan de hand van kleinschalige proeven per gewas de grenswaarden van de parameters bepaald kunnen worden. Dit aanvullende onderzoek is niet opgenomen in het plan.

Voor onderzoek naar componenten in opkweek loopt een specifiek project "goed gietwater"



## 2 PLAN VAN AANPAK

### 2.1 Materiaal en methoden

#### Bekende parameters

Voor het samenstellen van het overzicht van grenswaarden wordt geen dubbel werk gedaan. Voor zover schadelijke stoffen en hun schadedrempels al beschikbaar zijn in de literatuur, bij GAC, bij Grodan, of in huidig lopend onderzoek bepaald worden, worden deze gegevens overgenomen.

In de onderstaande tabel1 staan de parameters waarvan de grenswaarden uit eerder of lopend onderzoek zouden moeten komen.

<b>Grenswaarden voor uitgangswater die reeds bekend zijn</b>			
<b>Parameters: Chemisch</b>	<b>Oorsprong</b>	<b>Effect op gewas</b>	<b>Info uit (lopend) onderzoek</b>
Bestrijdingsmiddelen	Uit teelt	Mogelijk groeivertraging	WaterProof (roos)
Zuurstof	Organisch, bronwater, microbiologisch	Gebrek geeft groeivertraging	WaterProof (roos)
Methaan in water	Bronwater	Vervuiling watersysteem	Normen belucht bronwater
Meststoffen	Meststoffen	Nihil, stuurbaar met mestgift	Streefwaarden per gewas
Zware metalen: Zink	WKK condenswater	Nihil, stuurbaar met mestgift	Streefwaarden per gewas
Natrium	Water, meststoffen	Groeivertraging bij overmaat	Emissienorm per gewas
Biocide: actief chloor	Teeltwisseling	Overmaat geeft schade	Ervaringsgegevens
Biocide: waterstofperoxide	Teeltwisseling	Overmaat geeft schade	Ervaringsgegevens
<b>Parameters: Biologisch</b>	<b>Oorsprong</b>	<b>Effect</b>	<b>Info uit (lopend) onderzoek</b>
Wortelpathogenen	Diverse	Schadelijk (infectiedruk)	Ervaringsgegeven uit laboratoriumanalyses

Tabel 1: Van deze parameters komen de grenswaarden uit andere bronnen



### Te onderzoeken parameters

Voor de nog niet bekende grenswaarden van andere parameters zullen plantproeven gedaan worden. In de praktijk zijn gedurende verschillende omstandigheden (start teelt, zomer, najaar, teeltwisseling) hoge en lage waarden te verwachten. Omdat een jonge plant in het winterseizoen het meest gevoelig is, worden de proeven in jonge planten en in een jonge aanplant gedaan, waarmee de start van de teelt gesimuleerd wordt.

In de onderstaande tabel 2 staan de parameters waarvan de grenswaarden via plantproeven zijn bepaald.

<b>Grenswaarden voor uitgangswater die onderzocht worden in dit onderzoek</b>			
<b>Parameters: Chemisch</b>	<b>Specifiek</b>	<b>Oorsprong</b>	<b>Effect op gewas</b>
Wortellexudaten	Salicylzuur	Wortel	Onbekend
Wortellexudaten	2,4-Dichloorbenzoëzuur	Wortel	Onbekend
Organische stof	Reststoffen in water, na ontsmetten	Microbiologisch, organische stof	Onbekend
Uitvloeiers	Grodan vloeier	Steenwol	Mogelijk groeivertraging
Zware metalen	Nikkel	WKK condenswater	mogelijk schade bij overmaat
Zware metalen	Chroom	WKK condenswater	mogelijk schade bij overmaat
Zware metalen	Aluminium	WKK condenswater	mogelijk schade bij overmaat
Biociden	Fluor	Teeltwisseling (glas)	effect deels bekend
Biociden	Perazijnzuur	Teeltwisseling	effect deels bekend
Biociden	Formaldehyde	Teeltwisseling	effect deels bekend
<b>Parameters: Biologisch</b>	<b>Specifiek</b>	<b>Oorsprong</b>	<b>Effect</b>
Kiemgetal	Bacteriën en schimmels	Algemeen voorkomende microbiologie	Zuurstofconcurrentie en anthagonisme

Tabel 2: Van deze parameters worden de grenswaarden in dit onderzoek bepaald

### Toelichting op de te onderzoeken parameters

#### Salicylzuur en 2,4-Dichloorbenzoëzuur

In eerder onderzoek (Effects of temperature and photoperiod on phytotoxic root exudates of cucumber in hydroponic culture; M.H.R. Pramanik et al, Japan 2000) bleken salicylzuur en 2,4-dichloorbenzoëzuur twee belangrijke wortellexudaten die in hydrocultuur de groei van komkommer negatief beïnvloedde.

#### Organische reststoffen

Organische reststoffen kunnen een negatieve invloed hebben op water, vanwege het feit dat afbraakprocessen van deze stoffen zuurstof verbruiken. Daarnaast zijn ze een voedingsbron voor microbiologische organismen die van invloed zijn op de gewasgroei. Uit de onderste laag van de silo is bij komkommerteler ontsmet drainwater genomen. Na het bezinken van de organische resten is een deel van het water afgegoten. In het water is de hoeveelheid droge stof en organische stof bepaald. Zodoende kon een zekere concentratie organische stof in het voedingswater van de proeven ingezet worden. Voordat de oplossing met organische stof is toegepast is deze eerst gekookt om er zeker van te zijn dat er geen levende organismen meer in voorkomen.





#### Uitvloeiers uit steenwolsubstraat

Drainwater met uitvloeier uit steenwol wordt na het volzetten van nieuwe matten en gedurende de eerste 2 á 3 maanden van de teelt soms weggegooid vanwege de gedachte van telers dat ze een negatieve invloed zouden kunnen hebben op de groei. Volgens het advies van Grodan kan drainwater direct veilig hergebruikt worden. De meest gangbare vloeier is onderzocht. Grodan vloeier is in de proeven getest tot een concentratie van 100%. Uit metingen door Grodan is bekend dat deze vloeier vrijwel niet uitspoelt.

Verder is uit onderzoek door Groen Agro Control gebleken dat vloeier in water via zogenaamde geavanceerde oxidatie (AOX) tot zo'n 45% afgebroken wordt. Dat was bij toepassing van AOX van 30 ppm peroxide samen met een UVc-dosis van 240 mJ/cm<sup>2</sup>. Deze informatie komt uit het onderzoek Goed Gietwater werkpakket 2, waarvoor Groen Agro Control het onderzoek naar afbraak van stoffen door AOX deed. AOX is de toepassing waarbij net voor de UV installatie een oxidator (o.a. peroxide) wordt toegevoegd.

#### Zware metalen uit WKK-condenswater

De huidige WKK's leveren per verbruikte kuub gas 1 liter condenswater. Condenswater van WKK installaties zal, net als condenswater van de ketel binnen het bedrijf hergebruikt moeten worden. In het Besluit glastuinbouw staat voor condenswater uit WKK's dat het voor de lozing op oppervlaktewater en riool maximaal 20mg/l minerale olie mag bevatten en maximaal 30 °C qua temperatuur mag zijn.

Vanuit onderzoek in condenswater van WKK installaties is bekend dat het vervuild kan zijn met chroom, nikkel, aluminium, koper en zink en een zeer lage pH heeft. Van koper en zink zijn grenswaarden en streefwaarden in water voor groentegewassen bekend. Zink en koper kan als voedingselement gecorrigeerd worden in de bemesting vandaar dat bij gebruik van condenswater van de WKK, wat betreft zink- of koperovermaat geen sprake hoeft te zijn. De andere drie elementen zijn geen relevante voedingselementen voor planten, mogelijk geven ze zelfs schade bij overmaat. Het is bekend dat er uit minerale substraten zoals perliet en steenwol elementen zoals aluminium en ijzer vrij kunnen komen, omdat die in de grondstof (gesteente) voorkomen.

Daartoe zijn chroom, aluminium en nikkel getest in de plantproeven van dit onderzoek. De stoffen zijn in zuivere vorm aangekocht en toegevoegd aan het voedingswater.



### Biociden en glasreinigingsmiddelen

Tijdens de teeltwisseling en in de teelt zelf worden biociden gebruikt die achter kunnen blijven in water. In verhoogde concentraties kunnen ze gewasschade geven. Grenswaarden van veel gebruikte middelen op basis van actief chloor en waterstofperoxide, zijn uit eerder onderzoek al bekend. Drie andere belangrijke middelen te weten perazijnzuur, fluor en formaldehyde, zijn in dit onderzoek getest.

Perazijnzuur zit soms als tweede werkzame stof in biociden die in de tuinbouw gebruikt worden. Ze zitten dan in een lage concentratie in middelen op basis van waterstofperoxide. Perazijnzuur ontstaat uit een evenwichtsreactie van waterstofperoxide en azijnzuur en heeft een oxiderende werking.

Fluor is de werkzame stof van een aantal glasreinigingsmiddelen. In de praktijk wordt fluor als naam gebruikt als het in feite om waterstoffluoride (HF) gaat. In dit onderzoek wordt daarom steeds fluor als term gebruikt. Een ervaringsgegeven in water is dat voor tomaat vanaf 1,0 mg/l de gevarezone optreedt in substraatteelt.

Formaldehyde is de actieve stof van formaline, een middel dat wordt toegepast tijdens de teeltwisseling. Daarbij komt soms onbedoeld een hoeveelheid middel in het uitgangswater terecht. Daarnaast kan er wat formaldehyde uit steenwol- of uit foamsubstraten vrijkomen. De stoffen uit biociden en reinigingsprodukten zijn in zuivere vorm aangekocht en toegevoegd aan het voedingswater. Met uitzondering van formaldehyde, daarvoor is Formaline (37% formaldehyde) toegepast.

### Kiemgetal

Het is bekend dat er zeer veel algemene schimmels en bacteriën die in water voorkomen primair niet schadelijk zijn, maar wel van invloed kunnen zijn op de plantengroei via antagonisme (concurrentie) op andere microbiologische organismen en voeding en de invloed op het zuurstofgehalte in water. Via plantproeven werd de invloed van algemeen voorkomende bacteriën en schimmels vastgesteld.

Water met bacteriën en schimmels voor de hydrocultuurproeven is verkregen uit drainwater van jonge planten.

In de kasproef is aan de voorraadbak aan voedingswater een suspensie van bacteriën en schimmels toegevoegd. Daarnaast is het zuurstofgehalte in het voedingswater verlaagd. Ter controle van de behandeling 'kiemgetal', is via DNA analyse bepaald dat er geen pathogene micro-organismen aanwezig waren in de suspensie en in het substraatblok.



### Proefopzet van de plantproeven

Nog onbekende grenswaarden worden via plantproeven bepaald. Dit is in drie series plantproeven gedaan, twee proeven op hydrocultuur met jonge komkommerplanten en een kasteelt komkommer.

In de eerste serie zijn de brede grenzen in concentratie bepaald met zaailingen van komkommer in hydrocultuur. Ten opzichte van het geplande onderzoek bleek een extra serie proeven in hydrocultuur nodig, om meer precieze concentraties te kunnen bepalen voor de opzet van de teeltproef op substraat.

In de kasproef zijn zeer nauwkeurig twee of drie concentraties van elke parameter ingezet vanaf de start van een komkommerteelt op steenwol. In deze substraatproef is met visuele waarnemingen en met de oogst van komkommers de invloed van de parameters bepaald.

De beoordeling van behandelde planten werd steeds gedaan ten opzichte van referentieplanten die bij standaard voedingswater groeiden. Gedurende de groeiperiode werd voor alle behandelingen naar behoefte gestuurd op klimaat en watergift en voeding. Alle behandelingen hadden gelijke instellingen met uitzondering van de parameter die werd onderzocht.

### Waarnemingen aan de plantproeven

De invloed van de ingestelde waarden in het voedingswater in hydrocultuur is op de planten beoordeeld via:

- Aan het eind van de groeiperiode is het versgewicht per plant bepaald, gecorrigeerd met het aanvanggewicht
- Gewas en bijzondere symptomen zijn visueel beoordeeld en op foto vastgelegd

De invloed van de ingestelde waarden op de planten in de kasproef op substraat is beoordeeld via:

- Gewas en bijzondere symptomen zijn visueel beoordeeld en op foto vastgelegd
- Ter controle is het watergehalte en de EC van elke mat gedurende de proef twee keer bepaald met een watergehaltemeter.
- Gedurende de proef zijn op 8 dagen de vruchten per plant geoogst en daarvan is het versgewicht bepaald
- Van diverse behandelingen zijn in het blad en met de vruchten van de laatste oogst nog diverse analyses uitgevoerd. Om te meten of concentraties van elementen (v.b. metalen) in de plant verhoogd zijn door toevoeging in het voedingswater. En om te meten of bepaalde normaal aanwezige voedingselementen verhoogd of verlaagd zijn.
- Aan het einde van de proef zijn concentraties van parameters in het matwater bepaald. Zodoende kan beoordeeld worden of de concentratie in het voedingswater rond de wortels is opgelopen of gelijk is aan de gift in de proef.



## 2.2 Te bereiken resultaten

Praktische grenswaarden voor uitgangswaarden voor veilig hergebruik van water. En de mogelijkheden voor controle en sturing van de parameters zodat het gewas geen schade kan oplopen. Dit geeft telers kennis over welke stoffen in meer en mindere mate bijdragen aan groeibeperking bij langdurige en 100% recirculatie bij toepassing van de geldende regels (emissienormen, hergebruik van condenswater uit de kas, ketel en WKK etc etc). Er is rekening gehouden met de regelgeving over water en de lozingsnormen. De grenswaarden zullen juist bijdragen om de teler handvatten te geven zodat lozingen minder nodig zijn. De teler kan zijn beslissingen namelijk meer op meetwaarden baseren en heeft daarmee minder risico op groeibeperking.

Naar behoefte kan de teler de parameters in water zelf bepalen via sensoren of sneltesten of extern analyse laten doen door een laboratorium. Voor zover externe analyses aan water nodig zijn, is de verwachting dat de doorlooptijd afhankelijk van de te bepalen parameter, tussen de 1 en de 5 werkdagen is.

### Advieskaart voor respectievelijk komkommer, tomaat en paprika

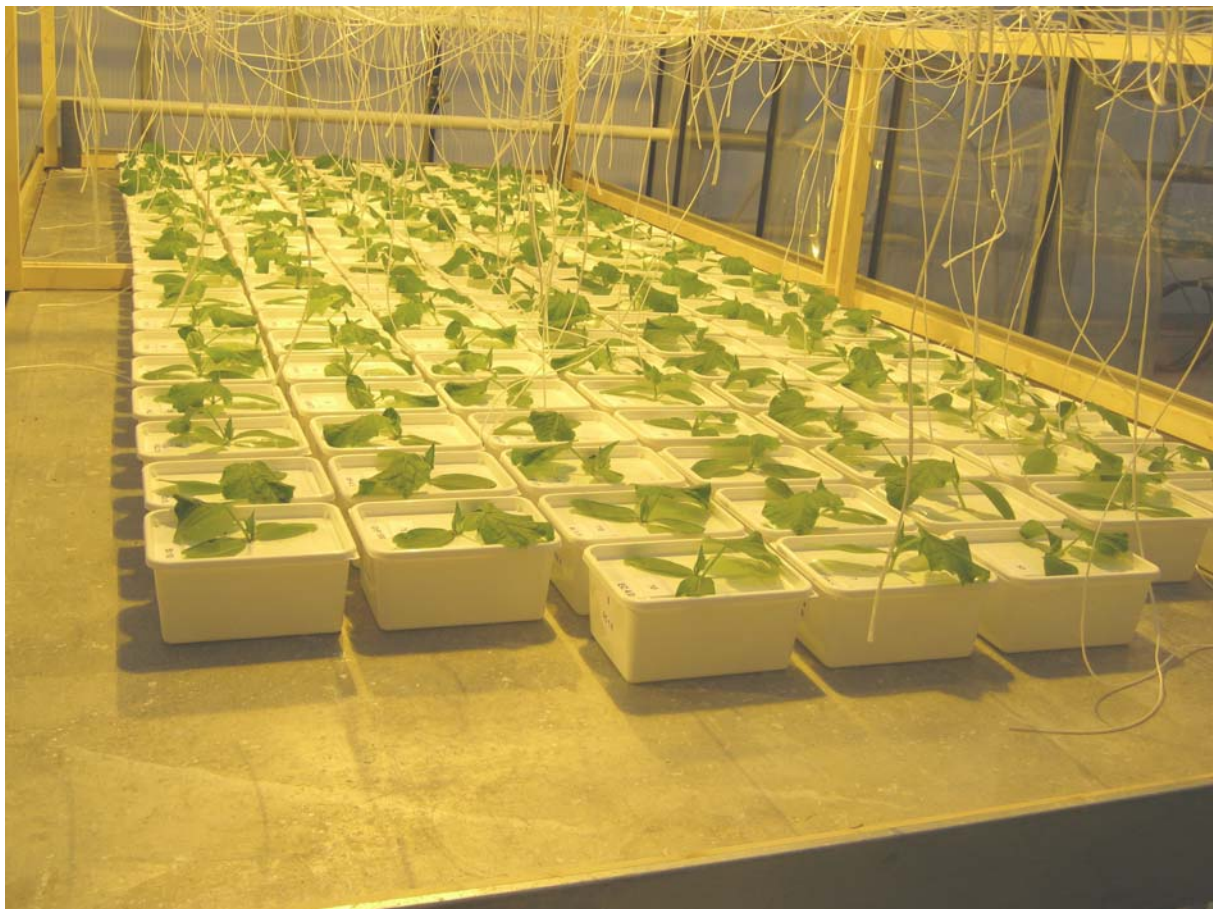
Er wordt per gewas een handzaam overzicht opgesteld met de grenswaarden van de parameters voor veilig (her)gebruik van water.

## 3 RESULTATEN

### 3.1 Eerste groeiproef op water

In de eerste serie groeiproeven zijn de brede grenzen in concentratie bepaald met zaailingen van komkommer in hydrocultuur. De concentraties van de parameters zijn bepaald aan de hand van literatuurgegevens, ervaringsgegevens uit de praktijk en uit proeven van Grodan die eerder onderzoek bij Groen Agro Control deed naar zware metalen in water.

Op foto 1 is te zien hoe de opstelling van deze proef in de kas is gerealiseerd.



*Foto 1: Proefopstelling van de eerste groeiproef met komkommerzaailingen op hydrocultuur*

Gedurende de groeiperiode zijn alle behandelingen gelijk gestuurd op klimaat, watergift en voeding. De behandelingen zijn in drievoud uitgevoerd welke random verdeeld stonden over de tafel, ze hadden dus gelijke omstandigheden met uitzondering van de parameter die werd onderzocht. De beoordeling van de behandelde planten is gedaan ten opzichte van referentieplanten die in standaard voedingswater voor komkommer groeiden.



De invloed van de ingestelde waarden in het voedingswater in hydrocultuur is op de planten beoordeeld via:

- Aan het eind van de groeiperiode is het versgewicht per plant bepaald, gecorrigeerd met het aanvangsgewicht van de zaailingen bij de start van de proef
- Gewas en bijzondere symptomen zijn visueel beoordeeld en op foto's vastgelegd

In tabel 3 staan de statistische resultaten (van het versgewicht) per behandeling weergegeven. Het resultaat is niet in grammen plant weergegeven, maar in statistische klassen a of b. Daarbij staat een a bij de behandelingen die statistisch een gelijk plantgewicht hadden ten opzichte van de standaardbehandeling. En b staat voor de behandelingen waarbij het gewicht van de planten lager was dan die van de standaardbehandeling.

Wanneer er bij geen van de drie concentraties groei-effect zichtbaar is of wanneer bij alle drie de concentraties groei-effect optreedt, kan gesteld worden dat nog geen grenswaarde gevonden is. Dat geldt voor organische stof, aluminium, fluor en formaldehyde. Daartoe is voor deze parameters een tweede groeiproef op hydrocultuur gedaan, om meer specifiek de grenswaarden te kunnen vaststellen (zie hoofdstuk 3.1)

Voor de behandeling 'Kiemgetal' is gekozen voor het toevoegen van een hoeveelheid natte steenwol waar paprikazaailingen in groeiden. Aan het eind van de proef was in alle drie de oplossingen de concentratie aan bacteriën (60.000 k.v.e./ml) en schimmels (15-30 k.v.e./ml) vrijwel gelijk. In een voedingsoplossing is moeilijk om een vastgesteld gehaltes aan schimmels en bacteriën te handhaven. Vandaar dat in de tweede hydroproef zowel bij aanvang als aan het eind van de proef het kiemgetal is bepaald.

Uit de resultaten van deze proef zijn wel grenswaarden bepaald voor de volgende parameters: salicylzuur, 2,4-dichloorbenzoënzuur, nikkel, chroom, perazijnzuur. Deze gaven voldoende onderscheid in de drie concentraties om de juiste concentraties voor de kasproef op substraat te kunnen bepalen (zie hoofdstuk 3.3).

Resultaten eerste groeiproef op hydrocultuur								
Parameters		Behandelingen				Statistisch resultaat		
Referenties	Specifiek	Conc. 1	Conc. 2	Conc. 3	Eenheid	Conc. 1	Conc. 2	Conc. 3
EC en Standaard	Referentie EC 2,0 pH 5,5	1	2	4	mS/cm	a	a	a
pH		4,5	5,5	6,5		a	a	
Parameters: Chemisch	Specifiek	Conc. 1	Conc. 2	Conc. 3	Eenheid	Conc. 1	Conc. 2	Conc. 3
Wortellexudaten	Salicylzuur	10	50	100	umol/l	a	b	b
Wortellexudaten	2,4-Dichloorbenzoënzuur	1	5	10	umol/l	a	b	b
Organische stof	Ontsmet uit drainwater	0,004	0,04	0,4	g/l	a	a	a
Zware metalen	Nikkel	0,5	5,0	20	umol/l	a	a	b
Zware metalen	Chroom	0,1	0,5	2,0	umol/l	a	a	a
Zware metalen	Aluminium	0,5	1,0	2,0	umol/l	a	a	a
Biociden	Fluor	1,0	10	100	mg/l	a	b	b
Biociden	Perazijnzuur	5	20	30	mg/l	b	b	b
Biociden	Formaldehyde	5	10	50	mg/l	a	a	b
Parameters: Biologisch	Specifiek	Conc. 1	Conc. 2	Conc. 3	Eenheid	Conc. 1	Conc. 2	Conc. 3
Kiemgetal	Bacteriën en schimmels	10	100	200	g/l	a	a	b
Alle behandelingen zijn in 3 herhalingen uitgevoerd					In geel de standaard behandeling			
Behandelingen met als resultaat "b" gaven een lager versgewicht ten opzichte van de referentie a								

Tabel 3: Statistische resultaten (van versgewicht) van komkommerzaailingen in de eerste groeiproef op hydrocultuur.

De bijzondere symptomen zijn steeds afgezet tegen de standaardbehandeling waarvan vier planten op foto 2 afgebeeld staan.



Foto 2: Planten van de standaardbehandeling van de eerste groeiproef op hydrocultuur

Voor alle de behandelingen die in tabel 3 een negatief groei-effect (b) hebben, waren de planten korter en de bladeren kleiner ten opzichte van de referentieplanten. In enkele behandelingen vertoonden de planten lichte verwelking op zonnige momenten, waardoor het plantgewicht uiteindelijk beïnvloed werd. Planten in de hoge concentraties formaldehyde vertoonden tevens verbrandingsverschijnselen.



### 3.2 Tweede groeiproef op water

Ten opzichte van het geplande onderzoek bleek een extra serie proeven in hydrocultuur nodig te zijn voor de volgende parameters: organische stof, aluminium, fluor, formaldehyde en voor kiemgetal aan bacteriën en schimmels. Zodoende kon uiteindelijk meer precies de concentraties bepaald worden voor de opzet van de teeltproef op substraat. Voor kiemgetal is gekozen voor het toevoegen van een oplossing met een vooraf bekende concentratie aan bacteriën en schimmels (geen bekende pathogene schimmels en bacteriën).

Gedurende de groeiperiode zijn alle behandelingen gelijk gestuurd op klimaat, watergift en voeding. De behandelingen zijn in drievoud uitgevoerd welke random verdeeld stonden over de tafel. Ze hadden dus gelijke omstandigheden met uitzondering van de parameter die werd onderzocht. De beoordeling van de behandelde planten is gedaan ten opzichte van referentieplanten die in standaard voedingswater voor komkommer groeiden.

De invloed van de ingestelde waarden in het voedingswater in hydrocultuur is op de planten beoordeeld via:

- Aan het eind van de groeiperiode is het versgewicht per plant bepaald, gecorrigeerd met het aanvangsgewicht van de zaailingen bij de start van de proef
- Gewas en bijzondere symptomen zijn visueel beoordeeld en op foto's vastgelegd

In tabel 4 staan de statistische resultaten (van het versgewicht) per behandeling weergegeven. Het resultaat is niet in grammen plant weergegeven, maar in statistische klassen a of b. Daarbij staat a bij de behandelingen die statistisch een gelijk plantgewicht hadden ten opzichte van de standaardbehandeling. En b staat voor de behandelingen waarbij het gewicht van de planten lager was dan die van de standaardbehandeling. Voor de geteste uitvloeier in en concentratie van 100% geldt dat deze ook beperkte groeiremming vertoonde. Deze concentratie van 100% is dus als concentratie in de matten proef gebruikt

Resultaten tweede groeiproef op hydrocultuur								
Parameters		Behandelingen				Statistisch resultaat		
Referenties	Specifiek	Conc. 1	Conc. 2	Conc. 3	Eenheid	Conc. 1	Conc. 2	Conc. 3
EC en Standaard pH	Referentie EC 2,0 pH 5,5	-	2	-	mS/cm	-	a	-
		-	-	-		-	a	-
Parameters: Chemisch	Specifiek	Conc. 1	Conc. 2	Conc. 3	Eenheid	Conc. 1	Conc. 2	Conc. 3
Wortelxudaten	Salicylzuur	-	-	-	umol/l	-	-	-
Wortelxudaten	2,4-Dichloorbenzoëzuur	-	-	-	umol/l	-	-	-
Organische stof	Ontsmet uit drainwater	-	-	4	g/l	-	-	a
Zware metalen	Nikkel	-	-	-	umol/l	-	-	-
Zware metalen	Chroom	-	-	-	umol/l	-	-	-
Zware metalen	Aluminium	0,5	1,0	2,0	mmol/l	a	a	b
Biociden	Fluor	2,0	-	-	mg/l	a	-	-
Biociden	Perazijnzuur	-	-	-	mg/l	-	-	-
Biociden	Formaldehyde	20	-	-	mg/l	b	-	-
Parameters: Biologisch	Specifiek	Conc. 1	Conc. 2	Conc. 3	Eenheid	Conc. 1	Conc. 2	Conc. 3
Kiemgetal	Bacteriën en schimmels	50	100	200	ml/l	a	a	a
	Inzet bacterien	90.000	180.000	360.000	kve/ml			
	Inzet schimmels	11	22	44	kve/ml			
Alle behandelingen zijn in 3 herhalingen uitgevoerd					In geel de standaard behandeling			
Behandelingen met als resultaat "b" gaven een lager versgewicht ten opzichte van de referentie a								

Tabel 4: Statistische resultaten (van versgewicht) van komkommerzaailingen in de tweede groeiproef op hydrocultuur. Als onder statistisch resultaat een "–" teken staat, is deze parameter al onderzocht in de eerste groeiproef.





### 3.3 Teeltproef op substraat

#### Behandelingen

In de kasproef zijn twee of drie concentraties van elke parameter ingezet vanaf de start van een komkommerteelt op steenwol. De gekozen concentraties zijn bepaald op basis van de kennis uit de eerste en tweede proef op hydrocultuur. Om de grenswaarden in een mattenteeltproef vast te stellen zijn de concentraties gekozen die in de hydrocultuurproef schade opriepen. Doel was om te kijken of je dat op een teelt bij matten ook schade vindt. Verder is er in de opzet ervoor gekozen om planten zoveel mogelijk bloot te stellen aan deze concentraies en dus deze concentraties te handhaven in the matten. Er is dus continue die concentratie toegediend (worst case). In de praktijk zou je eerder afname in de tijd verwachten.

Organische stof is niet meegenomen als behandeling omdat in de eerste proeven is gebleken dat zelfs zeer hoge concentraties organische stof in water geen negatieve invloed op de groei had. Formaldehyde is in de kasproef niet ingezet omdat de dampwerking ervan invloed zou kunnen hebben op de andere behandelingen. Het aantal behandelingen in de kas komt daarmee op 25. Twee extra behandelingen langs de gevel zijn ingezet met lage concentraties van vloeier 1 en vloeier 2. Deze behandelingen staan tussen haakjes omdat ze vanwege hun positie langs de gevel statistisch niet representatief zijn. In tabel 5 zijn de behandelingen weergegeven. De referentiebehandeling kreeg uitsluitend voedingswater waarin de EC en pH respectievelijk 3,0 en 5,5 waren. Afhankelijk van de drain-EC is de EC van de gift tot 2,5 verlaagd, dat gebeurde dan bij alle behandelingen.

Behandelingen in de teeltproef op steenwol substraat					
Parameters		Behandelingen			
Referenties	Specifiek	Conc. 1	Conc. 2	Conc. 3	Eenheid
De standaard	EC 3,0 pH 5,5	3			mS/cm
Parameters: Chemisch	Specifiek	Conc. 1	Conc. 2	Conc. 3	Eenheid
Wortellexudaten	Salicylzuur		50	100	umol/l
Wortellexudaten	2,4-Dichloorbenzoëzuur		5	10	umol/l
Organische stof	-				
Uitvloeiers	Grodan vloeier	(20%)	40%	100%	
Zware metalen	Nikkel	40	80	100	umol/l
Zware metalen	Chroom	2	5	10	umol/l
Zware metalen	Aluminium	1	2	5	mmol/l
Biociden	Fluor	2	5	10	mg/l
Biociden	Perazijnzuur	1	5	10	mg/l
Biociden	Formaldehyde	niet mogelijk i.v.m. dampwerking			
Parameters: Biologisch	Specifiek	Conc. 1	Conc. 2	Conc. 3	Eenheid
Kiemgetal	Microbiologie, zuurstof-arm	MB en N <sub>2</sub>			ml/l

Tabel 5: Behandelingen in de kasproef



Schematisch overzicht van de behandelingen in de kasafdeling

In figuur 1 is schematisch het bovenaanzicht van de proef in beeld gebracht, met daarin de 25 behandelingen. De randrijen links en rechts deden niet mee voor de officiële proef.

	216	215	214	213	212	211	210	209		208	207	206	205	204	203	202	201			
	Vloeiër2 20									Vloeiër 1 20										
	200	199	198	197	196	195	194	193	192	191	190	189	188	187	186	185	184	183	182	181
	180	179	178	177	176	175	174	173	172	171	170	169	168	167	166	165	164	163	162	161
	DC-Benzoeenzuur 10				Perazijnzuur 5				Vloeiër2 100				Salisylzuur 50				Nikkel 100			
	160	159	158	157	156	155	154	153	152	151	150	149	148	147	146	145	144	143	142	141
	140	139	138	137	136	135	134	133	132	131	130	129	128	127	126	125	124	123	122	121
	Aluminium 1				Vloeiër2 40				Perazijnzuur 10				Vloeiër2 40				Perazijnzuur 1			
	120	119	118	117	116	115	114	113	112	111	110	109	108	107	106	105	104	103	102	101
	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81
	Nikkel 80				Fluor 5				Fluor 10				Salisylzuur 100				Chroom 5			
	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61
	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41
	Nikkel 40				Aluminium 5				Chroom 2				Chroom 10				Aluminium 2			
	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21
	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Kiemgetal				DC-Benzoeenzuur 5				Fluor 2				Vloeiër1 100				Referentie			
	232	231	230	229	228	227	226	225				224	223	222	221	220	219	218	217	
	randrij									randrij										

Figuur 1: Schematisch bovenaanzicht van kasproef, met daarin de 25 behandelingen

### Technische opstelling van de kasproef

Op foto 3 is het overzicht in de kas te zien bij de start van de teelt. Elke behandeling heeft zijn eigen voorraadbak met 60 liter voedingsoplossing met daarin de concentratie aan middel. Elke unit leverde op deze wijze aan 8 komkommerplanten water, verdeeld over 4 matten van 1 meter lengte. De planten kregen naar behoefte water via een centrale sturing op basis van instraling en gerealiseerde drain. Afhankelijk van het verbruik zijn de voorraadbakken steeds met voedingsoplossing en met toevoeging van de parameter van de behandeling gevuld. Om de twee tot vijf dagen zijn de oplossingen zodoende nieuw aangemaakt.



Foto 3: Overzicht van kasproef bij de start van de proef

### Visuele waarnemingen in de kasproef

De invloed van de ingestelde waarden op de planten in de kasproef op substraat is op verschillende wijzen beoordeeld. Het gewas is steeds beoordeeld op bijzondere symptomen ten opzichte van de referentie. Er zijn gedurende de teelt geen verschillen in gewasgroei, gewasopbouw of gewaskleur waargenomen. Op foto 4 en 5 is te zien hoe het gewas er bij stond na 21 dagen na planten. Het bovenaanzicht geeft een gelijk beeld van de koppen van de plant, zonder afwijkingen.



Foto 4 en 5: Zij-aanzicht en bovenaanzicht van het gewas na 21 dagen na planten

### Metingen in de steenwolmatten in de kasproef

Om er zeker van te zijn dat er geen verschillen tussen de matten ontstond is het watergehalte en de EC van elke mat gedurende de proef twee keer bepaald met behulp van een watergehalte-EC-meter. De metingen lagen binnen de gebruikelijke variatie tussen matten.

### Metingen aan geoogste komkommers in de kasproef

Vanaf het moment dat er vruchten aan de plant hingen, is er om de dag geoogst. Totaal zijn er op 8 dagen vruchten geoogst gedurende tweeënhalve week, waarbij het aantal vruchten en het gewicht per vrucht is bepaald.

Uit de oogst van gemiddeld 6 vruchten per plant (ca. 2 kg/plant), bleek dat de oogst ten opzichte van de referentie nauwelijks afwijkingen gaf. In tabel 6 zijn de statistische resultaten weergegeven van de geoogste vruchten.



Enkele behandelingen met de ingestelde hoge concentratie gaven wat lagere productie, welke in de tabel 6 zijn aangegeven met b-.

Resultaten teeltproef op steenwol substraat									
Parameters		Behandelingen				Statistisch resultaat			
Referenties	Specifiek	Conc. 1	Conc. 2	Conc. 3	Eenheid	Conc. 1	Conc. 2	Conc. 3	
De standaard	EC 3,0 pH 5,5	3			mS/cm	<b>a</b>			
Parameters: Chemisch	Specifiek	Conc. 1	Conc. 2	Conc. 3	Eenheid	Conc. 1	Conc. 2	Conc. 3	
Wortellexudaten	Salicylzuur		50	100	umol/l		a	a	
Wortellexudaten	2,4-Dichloorbenzoëzuur		5	10	umol/l		a	a	
Uitvloeiers	Grodan vloeier	(20%)	40%	100%		(a)	a	a	
Zware metalen	Nikkel	40	80	100	umol/l	a	a	a	
Zware metalen	Chroom	2	5	10	umol/l	a	a	a	
Zware metalen	Aluminium	1	2	5	mmol/l	a	a	b-	
Biociden	Fluor	2	5	10	mg/l	a	a	b-	
Biociden	Perazijnzuur	1	5	10	mg/l	a	a	a	
Parameters: Biologisch	Specifiek	Conc. 1	Conc. 2	Conc. 3	Eenheid	Conc. 1	Conc. 2	Conc. 3	
Kiemgetal	Microbiologie, zuurstof-arm	MB en N <sub>2</sub>			ml/l	a			
Per behandelingen: 4 matten met op elke mat 2 planten (8 planten/behandeling)					In geel de standaard behandeling				
Tussen haken twee behandelingen die als randrijen op niet representatieve posities stonden									
Behandelingen met als resultaat "b-" gaven een lagere opbrengst ten opzichte van de referentie <b>a</b>									

Tabel 6: Statistische resultaten (van versgewicht) van oogst van komkommers in de kasproef.

De behandeling met 10 mmol/l Aluminium gaf een lagere productie. Deze waarde is dus niet veilig voor gebruik als giftwater. Ook de behandeling met 10 mmol/l Fluor gaf een lagere productie. Deze waarde is dus niet veilig voor gebruik als giftwater.

Alle ervaringen uit deze proef worden meegenomen voor de grenswaarden, die als resultaat van dit onderzoek worden opgeleverd.



### Metingen aan concentraties voedingselementen in blad en komkommervruchten

In blad en vruchten van diverse behandelingen zijn op het eind van de proef nog diverse analyses gedaan. Daarbij is de concentratie van hoofd- en spore-elementen en zware metalen bepaald. Hierbij is steeds de vergelijking gemaakt met de referentie om te kunnen bepalen of een bepaald element verhoogd of verlaagd aanwezig is als gevolg van de behandeling.

In tabel 7 staan de elementen op basis van droge stof in 10 bladeren en 10 vrucht en aan het eind van de teelt. Daarin is zichtbaar dat de inbouw van elementen in de behandelingen met nikkel, chroom en aluminium niet anders is ten opzichte van de referentiebehandeling.

Gehalte aan elementen in blad en vrucht aan einde komkommerteelt														
Behandeling	Monster	DS % van VG	K mmol /kg ds	Na mmol/ kg ds	Ca mmol/ kg ds	Mg mmol/ kg ds	P-tot mmol/ kg ds	N-tot mmol/ kg ds	Fe mmol/ kg ds	Mn mmol/ kg ds	Zn mmol/ kg ds	B mmol/ kg ds	Cu µmol /kg ds	Mo µmol /kg ds
Referentie	Blad	11	1007	< 10	1680	339	155	4896	1.7	5.1	1.0	7.7	141	140
Nikker 100	Blad	13	980	< 10	1702	330	143	4262	1.8	5.3	1.0	6.6	170	104
Chroom 10	Blad	13	926	< 10	1638	321	150	4163	1.9	5.9	0.9	7.0	147	111
Aluminium 5	Blad	12	928	< 10	1672	310	141	4487	1.9	5.1	1.3	6.9	147	132
Referentie	Vrucht	3	1378	11.8	72.2	111	288	3520	0.7	0.7	0.6	2.2	121	38.8
Nikker 100	Vrucht	3	1272	10.4	67.7	102	270	3515	0.6	0.7	0.5	2.1	106	30.8
Chroom 10	Vrucht	3	1368	10.9	70.0	106	275	3671	0.8	0.7	0.5	2.1	118	28.6
Aluminium 5	Vrucht	3	1333	10.7	59.5	104	248	3299	0.6	0.6	0.5	2.1	108	36.4

Tabel 7: Elementen in blad en vrucht op basis van droge stof (DS) en % DS ten opzichte van versgewicht (VG)

### Metingen aan concentraties zware metalen in komkommervruchten

Van nikkel, chroom en aluminium zijn steeds van de lage en hoge concentratie 10 vruchten geoogst en daarin is het gehalte aan zware metalen bepaald. Het is vooral belangrijk om te weten of het gehalte aan nikkel, chroom en aluminium in de vruchten verandert wanneer die metalen toegevoegd worden aan het giftwater. In tabel 8 staan de resultaten van de analyses op zware metalen in 10 vruchten aan het eind van de komkommerteelt. In de tabel is zichtbaar dat de (vetgedrukte) behandelingen de metalen nikkel, chroom en aluminium niet verschillen ten opzichte van de referentiebehandeling (in geel aangegeven). Dit komt overeen met gegevens uit de literatuur waarin aangegeven staat dat hoge concentraties aan Ni en Cr accumuleren in de wortels maar niet actief worden opgenomen en kunnen accumuleren in vruchten.

Gehalte aan zware metalen in vruchten aan einde komkommerteelt										
Behandeling	Monster	Al	Cr	Ni	As	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn
		mg/ kg ds	mg/ kg ds	mg/ kg ds	mg/ kg ds	mg/ kg ds	mg/ kg ds	mg/ kg ds	mg/ kg ds	mg/ kg ds
Referentie	Vrucht	10	<10	<3,0	<3,0	<0,1	7,6	<0,1	<5,0	38
Nikkel 40	Vrucht	4,6	<10	<3,0	<3,0	<0,1	6,0	<0,1	<5,0	34
Nikkel 100	Vrucht	19	<10	<3,0	<3,0	<0,1	7,3	<0,1	<5,0	34
Chroom 2	Vrucht	9,3	<10	<3,0	<3,0	<0,1	7,4	<0,1	<5,0	36
Chroom 10	Vrucht	12	<10	<3,0	<3,0	<0,1	8,1	<0,1	<5,0	37
Aluminium 1	Vrucht	6,4	<10	<3,0	<3,0	<0,1	9,6	<0,1	<5,0	40
Aluminium 5	Vrucht	8,7	<10	<3,0	<3,0	<0,1	<5,0	<0,1	<5,0	31

Tabel 8: Zware metalen in 10 vruchten op basis van droge stof (DS) en % DS ten opzichte van versgewicht (VG)



### Metingen aan concentraties zware metalen in matwater

In de behandelingen van nikkel, chroom en aluminium is ook nog in het matwater bepaald of de concentratie aan metalen verhoogd is ten opzichte van de referentie (in geel). In tabel 9 staan de resultaten van de analyses op zware metalen in het matwater aan het eind van de komkommerteelt. Aluminium en chroom zijn niet verhoogd in het matwater, nikkel is wel licht verhoogd. Alle drie de metalen die extra zijn toegevoegd hebben de eigenschap om snel neer te slaan in oplossing. Zo was bij de behandeling met aluminium op zeker moment aan de oppervlakte van het steenwolblok een neerslag van aluminium zichtbaar.

Gehalte aan zware metalen in matwater aan einde komkommerteelt										
Behandeling	Monster	Al	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
	uit 4 matten	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Referentie	Matwater	<0,1	<0,1	<0,01	<0,05	<0,05	0,60	<0,05	<0,2	0,8
Nikkel 40	Matwater	<0,1	<0,1	<0,01	<0,05	<0,05	0,60	<b>1,4</b>	<0,2	1,4
Nikkel 100	Matwater	<0,1	<0,1	<0,01	<0,05	<0,05	0,30	<b>1,9</b>	<0,2	0,4
Chroom 2	Matwater	<0,1	<0,1	<0,01	<0,05	<0,05	0,60	0,1	<0,2	1,6
Chroom 10	Matwater	<0,1	<0,1	<0,01	<0,05	<0,05	0,40	<0,05	<0,2	1,0
Aluminium 1	Matwater	<0,1	<0,1	<0,01	<0,05	<0,05	0,40	<0,05	<0,2	0,9
Aluminium 5	Matwater	<0,1	<0,1	<0,01	<0,05	<0,05	0,45	<0,05	<0,2	0,9

Tabel 9: Zware metalen in matwater

### Metingen aan concentraties fluor in komkommervruchten

Tenslotte is ook nog in de behandeling met fluor bepaald op het gehalte in vruchten beïnvloed wordt bij toevoeging van fluor aan het giftwater. In de vruchten van de referentie komt fluor in 0,01 mg/kg droge stof voor. In de behandeling met een fluorgift van 2 mmol/l kwam er in de vruchten 0,1 mg/kg droge stof voor, en in de hoogste gift van 10 mmol/l kwam er in de vruchten 0,21 mg/kg droge stof voor. Hoewel dit onderzoek naar de opname en inbouw van fluor in de komkommer niet statistisch betrouwbaar is, lijkt het erop dat door een verhoogde fluorgift het gehalte aan fluor in komkommervruchten kan stijgen. De plant neemt dus meer fluor op wanneer meer aangeboden wordt.



## 4 CONCLUSIES

Uit dit onderzoek en uit eerder onderzoek zijn grenswaarden in uitgangswater bepaald.

De grenswaarden zijn concentraties van stoffen waarbij een groentegewas op substraatmatten zeker geen schade in gewasgroei of productie ondervindt.

Een grenswaarde van de parameters geldt steeds als waarde op zich, waarbij de rest van de teeltomstandigheden en de ingrediënten in het uitgangswater normaal zijn. In de teeltproef van dit onderzoek zijn de behandelingen steeds voortdurend blootgesteld aan de ingestelde concentraties een zogenaamde worst case benadering.

In de praktijk zal een verhoging vaak slechts tijdelijk zijn en kunnen zelfs wat fluctueren. De grenswaarden voor veilige groei en productie zijn daarom steeds vastgesteld op ongeveer de helft van de toxische concentraties in de komkommerproef in de kas.

De grenswaarden zijn van toepassing vanaf de start van de teelt in de kas. In opkweeksituaties zijn jonge planten gevoeliger, voor grenswaarden in opkweek zou meer specifiek onderzoek gedaan moeten op zaailingen en jonge planten.

Uit dit onderzoek is gebleken dat van de onderzochte parameters er een aantal zijn die bij verhoogde concentraties in het water een groter risico vormen dan tot nu toe leek. Dat zijn:

- Hoewel salicylzuur vaak in verband wordt gebracht als antioxidant die de plant weerbaar maakt tegen aanval van pathogenen blijkt het bij overmaat in water schadelijk te zijn. De oxiderende werking is dan merkbaar zo sterk dat het dan wortels aantast.
- De metalen nikkel en aluminium bleken toxisch voor de plant bij overmaat. Tevens kunnen niet opneembare metalen in water concurrerend zijn met de opname van sporenelementen (antagonisme), waardoor gebrek aan andere elementen ontstaat.
- De biocide fluor wordt toegepast voor glasreiniging van de kas. Achtergebleven resten in water geven schade wanneer die in contact komen met wortels. Daarnaast kan fluor ook in dampvorm over gaan waardoor ook verbrandingschade bovengronds kan ontstaan. Zeker wanneer er onvoldoende luchtwisseling met de buitenlucht plaats vindt.
- De biocide perazijnzuur blijkt behoorlijk schadelijk te kunnen zijn. Het wordt als reinigingsmiddel ingezet in druppelwater. Het zou wenselijk zijn om perazijnzuur met en snelst te meten in druppelwater, net zoals waterstofperoxide bij die toepassing ook gemeten wordt met snelstmethoden.

Voor komkommer, tomaat en paprika zijn advieskaarten voor telers opgesteld. Omdat de grenswaarden met ca. 50% zekerheidsmarge zijn opgesteld, zijn er geen verschillen voor de drie gewassen voor wat betreft de onderzochte parameters. In onderstaande tabel 10 staat de opzet van de advieskaart met daarin de parameters in gram per liter. De kolom 'grenswaarde' geeft de veilige concentraties aan, de kolom 'praktijk' geeft aan wat er in de praktijk kan worden waargenomen. Dat zijn ervaringsgegevens van gemeten concentraties in uitgangswater in de glastuinbouwpraktijk, uitgaande van een gemiddelde situatie zonder bijzondere verhoging.





Grenswaarden en praktijkwaarden van parameters in gietwater									
			Kokkommer		Tomaat		Paprika		
Parameters									
Parameters: Chemisch	Specifiek	Eenheid	Praktijk	Grenswaarde	Praktijk	Grenswaarde	Praktijk	Grenswaarde	
Wortelxudaten	Salicylzuur	mg/l	<0,05	7	<0,05	7	<0,05	7	
Wortelxudaten	2,4-Dichloorbenzoëzuur	mg/l	<0,05	1	<0,05	1	<0,05	1	
Zware metalen	Nikkel	ug/l	1 -20	3.000	0,015	3.000	0,015	3.000	
Zware metalen	Chroom	ug/l	1 -20	250	15	250	15	250	
Zware metalen	Aluminium	ug/l	5 - 200	25	5 - 200	25	5 - 200	25	
Biociden	Fluor	mg/l	0,2	1	0,2	1	0,2	1	
Biociden	Perazijnzuur	mg/l	0,5	1	0,5	1	0,5	1	
Biociden	Formaldehyde	mg/l	0	5	0	5	0	5	
Biociden	Waterstofperoxide	mg/l	5	10	5	10	5	10	
Biociden	Natriumhypochloriet	mg/l	2	5	2	5	2	5	
Gas in water	Zuurstof (T onafhankelijk)	%	60-100	60-80	60-100	60-80	60-100	60-80	
Gas in water	Zuurstof (T afhankelijk)	mg/l	2-12	2-6	2-12	2-6	2-12	2-6	
Gas in water	Methaan (CH <sub>4</sub> )	mg/l	0,1-12	>0,2	0,1-12	>0,2	0,1-12	>0,2	
Parameters: Biologisch	Specifiek	Eenheid	Praktijk	Grenswaarde	Praktijk	Grenswaarde	Praktijk	Grenswaarde	
Organische stof	Ontsmet uit drainwater	g/l	<1	2	<1	2	<1	2	
Kiemgetal aerob	Bacterien	kve/ml	100.000	500.000	100.000	500.000	100.000	500.000	
Kiemgetal aerob	Schimmels	kve/ml	<10	20	<10	20	<10	20	
Volgens wetgeving	Specifiek	Eenheid	Praktijk	Maximum	Praktijk	Maximum	Praktijk	Maximum	
Emissienorm drain	Stikstof (N) tm 2014	kg/ha/jr		150		125		200	
volgens Activiteitenbesluit	Stikstof (N) tm 2017	kg/ha/jr		100		83		133	
per 2013	Stikstof (N) na 2018	kg/ha/jr		75		67		100	

Tabel 10: Opzet voor de advieskaart voor telers (parameters zijn zoveel mogelijk naar gelijke eenheden gebracht)

De geteste concentratie uitvloeier (100%,) liet in de mattenproef geen groeiremming zien. In de praktijk is de vloeier aan steenwol gebonden en spoelt vrijwel niet uit.

Verder is uit onderzoek door Groen Agro Control gebleken dat vloeier in water via zogenaamde geavanceerde oxidatie (AOX) tot zo'n 45% afgebroken wordt. Dat was bij toepassing van AOX van 30 ppm peroxide samen met een UVc-dosis van 240 mJ/cm<sup>2</sup>. Dit kan in de praktijk toegepast worden om extra zekerheid te hebben.

De grenswaarden bieden de mogelijkheid om meer gericht keuzes te maken voor een teler, en tevens handvatten om gericht naar ontsmettings- en zuiveringsmethoden te kijken. Het geeft de eisen aan waaraan gezuiverd water aan moet voldoen voor gebruik als druppelwater.

Niet alle componenten in water worden hiermee gedekt. Met voortschrijdend inzicht en een meer kritische houding ten opzichte van waterkwaliteit in de glastuinbouw en in het milieu, is het mogelijk dat in de nabije toekomst meer kennis nodig is over grenswaarden van andere componenten. Enkele voorbeelden zijn weekmakers en anaërobe bacteriën en schimmels in water. Tevens kunnen er in de toekomst bij het schaarser worden van meststoffen mogelijk onregelmatigheden en onzuiverheden in meststoffen voorkomen die voor ongewenste ballast zorgen in het recirculatiewater. Nu is dat alleen bekend van natriumvervuiling in vaste meststoffen.