



Onderzoek Waterkringloopsluiting Tulpenbroeierij

Overzicht huidige en toekomstige technieken om waterkringloopsluiting mogelijk te maken

E.A. van Os¹, L. Feenstra², J. van Ruijven¹, C.C.M.M. Stijger¹,
N. Koeman-Stein² en W. Appelman²

1. Wageningen UR Glastuinbouw, 2. TNO

Rapport GTB-1394

Referaat

Waterkringsluiting in de tulpenbroeierij is gewenst. Voor de tulpenbroeiers is van belang of zij op adequate wijze kunnen ontsmetten en welke apparatuur beschikbaar is om GBM te verwijderen. Veel verschillende soorten apparatuur is op de bedrijven aanwezig. Met goede voorfiltratie is puntontsmetting goed mogelijk met UV en ozon en systeemontsmetting (nawerking in leidingen) met waterstofperoxide, perazuur of zuiver-chloorunit. Fenolen dienen uit drainwater verwijderd te worden met oxidatietechnieken (ozon, UV). Zuiveren van lozingswater, vóór dat het in de spoelsloot komt zal verplicht worden. Nieuwe, gecertificeerde, apparatuur zal hiervoor moeten worden aangeschaft. Hergebruik van lozingswater, na voorfiltratie en ontsmetting, is ook mogelijk.

Abstract

Closing of the water cycle is required in the forcing of tulips. For growers it is important to know if and how they can eliminate pathogens at an adequate way and which equipment is most suitable to break down plant protection products from waste water. Now participating growers have various equipment for full or partly disinfection. It is recommended to start with good pre-filtration methods to eliminate pathogens which can be fully achieved with UV and ozone, while products such as hydrogen peroxide with additives or chlorite products can be used for an after-effect in the pipe work. Phenolic compounds, released by the roots, can be eliminated with oxidising methods. However efficacy has not been investigated. Purification of discharge water, before entering the waste ditch, will be obliged. New, certified, equipment will come on the market soon. Reuse of discharge water, after pre-filtration and disinfection, is also an option.

Rapportgegevens

Rapport GTB-1394

Projectnummer: 373 614 2701/2702

Hier wordt geïnvesteerd in uw toekomst. Dit project is mede mogelijk gemaakt met steun van het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling van de Europese Unie.



Disclaimer

© 2016 Wageningen UR Glastuinbouw (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk, Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk, T 0317 48 56 06, F 010 522 51 93, E glastuinbouw@wur.nl, www.wageningenUR.nl/glastuinbouw. Wageningen UR Glastuinbouw.

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

Adresgegevens

Wageningen UR Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
F +31 (0)10 522 51 93

Inhoud

	Samenvatting	5
	Voorwoord	7
1	Inleiding	9
	1.1 Vraagstelling en doel	9
	1.2 Aanpak	9
	1.3 Resultaten	10
	1.4 Leeswijzer	10
2	Achtergrond van de noodzaak tot waterkringloopsluiting	11
3	Bedrijfskarakterisering	13
4	Ontsmettingstechnieken	15
5	Voorfiltratie technieken	21
6	Fenol	23
7	Zuiveren lozingswater	25
8	Discussie	27
9	Conclusies	29
	Literatuur	31
	Bijlage 1 Overzicht waterkringlopen op deelnemende bedrijven	33
	Bijlage 2 Overzicht bedrijfskarakterisering	35

Samenvatting

Glastuinbouw in Noord Holland Noord is voor een groot deel tulpenbroeierij. Op dit bedrijfstype is recirculatie van het voedingswater, gezien de wetgeving, een "must". Nul-lozing naar oppervlaktewater of riool moet gerealiseerd worden (Activiteitenbesluit, 2012) per 2027 voor nutriënten. Daarnaast is er recent wetgeving gekomen om lozingswater te zuiveren van gewasbeschermingsmiddelen (2018).

De vraag in dit onderzoek is of er voldoende methoden en technieken beschikbaar zijn om pathogenen te verwijderen en om lozingswater te zuiveren. Deelnemende telers hebben zelf al apparatuur geïnstalleerd, deels naar tevredenheid, deels met de gedachte dat dit een eerste stap is. De vraag voor hen is en ook voor de rest van de sector: wat moet de volgende stap zijn.

Op basis van de inventarisatie van Proeftuin Zwaagdijk (Duin, 2015) is onderzocht bij en gesproken met betrokken telers en zijn resultaten vergeleken met ervaringen met apparatuur uit de glastuinbouw.

Voor nutriënten moet naar 2027 naar een nagenoeg nul lozing worden toegewerkt, in 2015 is nu een lozing van 67 kg stikstof per ha glas per jaar toegestaan, na 2017 wordt dit 50 kg stikstof/ha/jr. Gezien de nitraatcijfers in recirculerend water (5-10 mmol/l NO₃) komt dit overeen met ca. 700 tot 1425 m³ voedingsoplossing die nu mag worden geloosd; in 2017 tussen de 475 en 950 m³/ha/jr.

De deelnemende bedrijven hebben grote variatie aan apparatuur om pathogenen of ziekteverwekkers te verwijderen: UV, ozon, chloor, met wisselende voorfiltratie (zeefbocht, trommelfilter, vlakbedfilter, zandfilter of een semi-automatisch filter en eventuele extra apparatuur zoals koper/zilverionisatie.

De hoofdindeling in ontsmettingstechnieken is fysisch (verhitten, UV, filtratie), chemisch (ozon, waterstofperoxide, chloorverbindingen) of electrochemisch (anodische oxidatie zoals ECA water) en koper/zilverionisatie. Voor puntontsmetting (ter plekke) werken UV en ozon uitstekend, voor systeemwerking (nawerking van product in de leidingen) zijn producten als waterstofperoxide perazuur en zuiver chloorunit goede mogelijkheden. Veel middelen met systeemwerking geven ook een kans op wortelschade, exacte grenzen zijn echter niet bekend. Combinaties van verschillende middelen en technieken geven risico's schade aan wortels of mensen.

Het drainwater van de broei is redelijk vuil gezien het grote aantal voorfilters en de benodigde terugspoeling.

Verwijderen van meest organisch vuil is wel noodzakelijk om de ontsmetting naar behoren te laten functioneren.

Een doekfilter is ene goede oplossing om deeltjes groter dan 20 µm te kunnen verwijderen, hier ontstaat geen terugspoelwater, het geheel aan vaste stof kan worden gecomposteerd. Een SAF filter kan automatisch terugspoelen met geringe hoeveelheden water. Beide zijn goede vervangers van het traditionele zandfilter.

Minder spoelwater betekent namelijk minder lozing van stikstof.

Fenolen zijn stoffen die de tulpenbol produceert en die schade geven aan de wortels tijdens de broei. De stoffen blijken gemakkelijk te oxideren te zijn (met ozon, UV/H₂O₂).

Zuivering van lozingswater, om gewasbeschermingsmiddelen te verwijderen, is iets anders als ontsmetten en is vanaf 2018 verplicht (95% verwijdering per middel). Onduidelijk is nog hoeveel middelen in het water aanwezig zijn. Tijdens de trek wordt weinig gebruikt, maar hechting van middelen aan grond en bol is goed mogelijk. Telers moeten een gecertificeerd apparaat kopen, momenteel wordt gestart met de certificering.

Emissieloos telen is ook een optie, en wordt deels al toegepast. Als in het bollenspoelwater nutriënten zitten of gewasbeschermingsmiddelen dan moet deze waterstroom er bij betrokken worden. Hergebruik na voorfiltratie en ontsmetting is ook mogelijk.

Voorwoord

In samenwerking met de hieronder genoemde tulpenbroeiers heeft Greenport Noord Holland Noord in het kader van het project Agrivizier subsidie verleend om onderzoek te doen naar de waterkringloopsluiting op tulpenbroeibedrijven. De basis was in eerste instantie gelegd door Proeftuin Zwaagdijk (zie rapport Pieter Duin, 2015 in literatuurlijst), vervolgens zijn Wageningen UR Glastuinbouw en TNO Water Treatment gevraagd aanvullend onderzoek te doen.

In dit rapport ziet u een verslag van dit onderzoek.

Wij danken betrokken telers voor hun gastvrijheid om ons te ontvangen en voor de informatie die ze hebben gegeven om de broeierijsector sterker naar de toekomst te kunnen maken. Tussenresultaten zijn met hen besproken en ook het eindresultaat en het voor u liggende rapport is met hen doorgesproken. Wij danken ook Jeroen Noot voor de coördinatie van het onderzoek.

Wij danken alle betrokkenen voor het gestelde vertrouwen en hopen met dit project en het daaruit voor u liggende rapport een stap gezet te hebben naar verdere sluiting van de waterkringloop.

1 Inleiding

Glastuinbouw in Noord Holland Noord is voor een groot deel tulpenbroeierij. Op dit bedrijfstype is recirculatie van het voedingswater, gezien de wetgeving, een “must”. Nul-lozing naar oppervlaktewater of riool moet gerealiseerd worden (Activiteitenbesluit, 2012) per 2027.

1.1 Vraagstelling en doel

De vraag is:

- Welke methoden en technieken zijn nu of binnenkort beschikbaar om recirculatiewater vrij te maken van pathogenen en groeiremmende stoffen (voornamelijk fenolen) zodat langer gerecirculeerd kan worden.
- Hoe moeten technieken worden ingezet en wat is de onderlinge invloed op elkaar, zowel positief als negatief. Wat is de kans op vervolgschade als restant product van het toegepaste middel (bijvoorbeeld ozon of chloor) bij de wortels komt.
- Kunnen bekende technieken uit de praktijk op een eenduidige wijze worden getest zodat technieken onderling vergelijkbaar zijn.
- Kan lozingswater adequaat gezuiverd worden voor lozing op riool of oppervlaktewater (verwijdering gewasbeschermingsmiddelen en stikstof) zodat het milieu er geen schade van ondervindt.

In de praktijk worden al verschillende technieken toegepast om water te ontsmetten voor hergebruik. Het is voor bedrijven die voor een investering in waterbehandeling staan, niet duidelijk welke technieken en instellingen de beste kosteneffectiviteit geven. Proeftuin Zwaagdijk heeft praktijkmetingen gedaan (Duin, 2015). De praktijkmetingen geven een indruk van de effectiviteit in de betreffende praktijksituaties en geven richting aan een objectieve vergelijking van technieken. Op basis van de bevindingen van de praktijkmetingen is nader vastgesteld wat de volgende stappen zijn. In overleg met de bedrijven is nagegaan welke kennishiaten er nog zijn met betrekking tot hoeveelheden te behandelen recirculatiewater, de effectiviteit van nieuwe technieken vanuit de glastuinbouw, etc. De betrokken bedrijven in dit project zijn duidelijk voorlopers op het gebied van waterhergebruik. De resultaten van dit onderzoek zijn gericht op het komen tot een goede keuze voor een (investerings)beslissing voor waterbehandelingstechnologie van zowel deze voorlopers, als van bedrijven die nog moeten starten met waterhergebruik. Voor beide groepen geldt dat zij in 2027 aan de nieuwe lozingseisen moeten voldoen.

1.2 Aanpak

Het onderzoek is uitgevoerd door Wageningen UR en TNO Water Treatment in samenwerking met tulpenbroeiers en Proeftuin Zwaagdijk.

Dit onderzoek sluit nauw aan op de praktijkmetingen die Proeftuin Zwaagdijk heeft uitgevoerd (Duin, 2015) aan technieken die al op een aantal bedrijven zijn geïnstalleerd. Voor kennisoverdracht is samengewerkt met de betrokken partners.

Wageningen UR heeft met name technische en inhoudelijke kennis geleverd rond waterstromen en desinfectietechnieken. TNO Water Treatment heeft met name technisch inhoudelijke kennis geleverd met betrekking tot nieuwe en in ontwikkeling zijnde methoden voor desinfectie, oxidatie en verwijderen/binden van groeiremmers zoals fenolen.

Het onderzoek omvatte de volgende onderdelen:

1. Inventarisatie onderzoek

- A: Kennis genomen van metingen van Proeftuin Zwaagdijk (zie ook Duin, 2015).
- B: Discussie met 6 betrokken telers over grootte waterstromen, toegepaste technieken, spui momenten en centrale vraag over verwijdering van pathogenen, gewasbeschermingsmiddelen en groeiremmers. De metingen van Proeftuin Zwaagdijk waren hierbij het uitgangspunt van de discussie met de telers.
- C: Overzicht gemaakt van beschikbare en toekomstige technologieën. Hierbij is aangegeven wat de mogelijkheden van een technologie zijn o.a. punt- of systeemontsmetting, welke combinaties mogelijk en logisch zijn en de onderlinge invloed op elkaar, veiligheidsaspecten, de capaciteiten met bijbehorende prijsindicaties. De bedrijfszekerheid staat vooraan. Ook zijn (toekomstige) toelatingseisen meegenomen.

2. Inschatting van de omvang van de waterstromen (in m³) op een tulpenbroeierij gedurende het jaar om capaciteit apparatuur te bepalen en eventueel te lozen hoeveelheid. Hierbij is de input gebruikt die reeds is verzameld door de 6 betrokken tulpenbroeiers en Proeftuin Zwaagdijk. Op basis hiervan is naar de sector een advies gegeven omtrent de capaciteit van de apparatuur. In het project is zijn de resultaten steeds teruggekoppeld met betrokken telers.

3. Waterbehandeling voor hergebruik: In het oorspronkelijke voorstel was nog uitgegaan van het uitvoeren van een test op verwijderen groeiremmers en een pathogeen (in dit geval een schimmel). Dit is niet uitgevoerd doordat de andere onderdelen meer tijd vroegen dan oorspronkelijk was gepland. Dit betekende dat het totale budget helaas niet toereikend was om deze proeven daadwerkelijk uit te voeren. Langdurige proeven en proeven die het hele teeltsysteem (zoals lange leidingen) beschouwen waren sowieso niet mogelijk.

4. Zuivering voor lozing: op basis van waterstromen op een tulpenbroeierij (doel 2) is bepaald hoeveel er wordt geloosd, wat de samenstelling van lozingswater (stikstof, gewasbeschermingsmiddelen) is en of en hoe dit water kan worden gezuiverd vóór lozing op oppervlaktewater of riool.

5. Presentatie voor tulpenbroeiers, toeleveranciers, adviseurs, onderzoekspartners over de beschikbare kennis en de resultaten uit dit project die zijn behaald, tijdens de Vaktentoonstelling bij Proeftuin Zwaagdijk op 21 februari 2016. Hier zijn zowel de resultaten van het praktijkonderzoek van de Proeftuin Zwaagdijk, als ook de resultaten van het huidige onderzoek gepresenteerd. De discussie kan nu ook richting geven aan eventueel vervolgonderzoek van Wageningen UR/TNO en Proeftuin Zwaagdijk.

1.3 Resultaten

- Inzicht in de (kosten)effectiviteit van beschikbare en nieuwe technieken en methoden voor ontsmetting van recirculatiewater en verwijdering van groeiremmende stoffen.
- Inzicht in hoeveelheden lozing en of dat moet worden behandeld.
- Eindrapport met resultaten en conclusies.

1.4 Leeswijzer

In dit hoofdstuk is het projectplan, de werkopdracht, weergegeven en de te verwachte resultaten. In de volgende hoofdstukken zal aandacht worden besteed aan de redenen om tot waterkringloopsluiting te komen en aan de verschillende technieken die hiervoor beschikbaar zijn. Illustraties zijn voor een deel afkomstig uit een presentatie die is gehouden voor de deelnemende telers op 21 september 2015. Naar aanleiding van de toen gerezen vragen is dit aangepast en wordt het in dit rapport voorzien van een toelichting.

2 Achtergrond van de noodzaak tot waterkringloopsluiting

Om het grond- en oppervlaktewater schoon en gezond te krijgen zijn diverse maatregelen voorgesteld. Het wettelijk kader hiervoor is genoemd in Figuur 1. De uitkomst is dat glastuinders op 1 januari 2018 over zuiveringsapparatuur dienen te beschikken indien zij voedingsoplossing met gewasbeschermingsmiddelen lozen op het oppervlaktewater. Bestuurspartijen (Ministeries, LTO) zijn nog aan het onderzoeken of er bijvoorbeeld uitzonderingen kunnen komen voor kleine bedrijven en hoe het met biologische teelten kan worden geregeld. Per 2027 moet er een nagenoeg nulmissie worden gerealiseerd op het gebied van nutriënten. De weg hier naar toe is aangegeven in Figuur 2.

Waarom kringloopsluiting ?

- **Kwaliteit oppervlaktewater**
 - Nutrienten
 - Gewasbeschermingsmiddelen (GBM)
- **EU Kaderrichtlijn Water**
 - 2015: gezond oppervlaktewater
 - Platform Duurzame Glastuinbouw (GLAMI):
 - Activiteiten Besluit: Nagenoeg nul emissie in 2027
- **2^o rapport Duurzame Gewasbescherming 2013:**
 - minder overschrijdingen GBM in oppervlaktewater
 - ➔ 95% minder GBM per stof
 - ➔ zuivering lozingswater





Figuur 1 Redenen waterkringloopsluiting.

Categorie	2012 t/m 2014	2015 t/m 2017	Na 2017	Voorlopige indeling substraatgewassen
1	25	25	25	Overige groenten
2	50	33	25	Anthurium, Kuipplanten, Perkplanten
3	75	50	38	Orchidee (Cymbidium)
4	100	67	50	Tulp , Eenjarige zomerbloeiërs
5	125	83	67	Tomaat, Kruiden
6	150	100	75	Komkommer, Potplant, Uitgangsmateriaal Sierteelt, Overig Sierteelt
7	200	133	100	Aardbei, Aubergine, Paprika
8	250	167	125	Roos, Gerbera, Uitgangsmateriaal groenten
9	300	200	150	Phalaenopsis, overige potplantorchideeën

Figuur 2 Toegestane lozing van stikstof (in kg/ha/jaar) in de periode tot 2027.

Om bij te houden hoeveel stikstof mag worden geloosd is het gemakkelijker om uit te gaan van een min of meer vaste concentratie nitraat in het drainwater, dan ontstaat een relatie tussen kg stikstof en het aantal geloosde m³ voedingsoplossing. Uit de analyses van Duin (2015) komen 5 en 10 mmol/l NO₃ naar voren als minimum en maximum concentratie. In Figuur 3. is een rekenvoorbeeld gegeven voor tulp en voor groente- en bloemengewassen. De nu geldende 2017 norm laat zien dat er tussen de 475 en 950 m³ voedingsoplossing per ha kas per jaar geloosd mag worden.

	Tomaat	Paprika aubergine	Komkommer	Roos, gerbera,	Pot plant (Ficus)	Tulp	
NO ₃ aanvoer (mmol/l)	13.9	16.1		5.6	14.1		
NO ₃ drain (mmol/l)	29.9	22.1	18	16.2	12	5	10
N in drain (kg/m ³)	0.42	0.31	0.25	0.24	0.17	0.07	0.14
N emissie norm (2014), (kg/ha/yr)	125	200	150	250	150	100	100
Toegestane spui (m ³ /ha/yr)	300	650	600	1050	900	1425	700
N emissie norm (2017), (kg/ha/yr)	83	133	100	167	100	67	67
Toegestane spui (m ³ /ha/yr)	200	450	400	750	600	950	475

Figuur 3 Relatie tussen toegestane hoeveelheid te lozen stikstof (kg/ha/jaar) en hoeveelheid spui (m³/ha/jaar).

Nieuwe wetgeving voor ontsmettings- en reinigingsmiddelen

Ctgb geeft aan dat stoffen die ter plekke (in situ genoemd) worden geproduceerd en radicalen aanmaken een toelating moeten gaan krijgen in de komende jaren (synchronisatie bestaande Nederlandse en Europese wetgeving):

- Ozon heeft nu een vrijstelling, maar moet in 2016 een dossier aanleveren en krijgt een goedkeuring in 2018 of 2019; hieraan zijn (hoge) kosten verbonden.
- Anodische oxidatie (o.a. ECA water) moet in 2017 een toelating aanvragen, en de uitslag hiervan staat nog niet vast. Aanvraag wordt in feite gedaan op de werkzame, geproduceerde stoffen onderchlorigzuur en hypochlorietion. Leveranciers zouden dit bij voorkeur gezamenlijk moeten gaan doen.
- Natrium- en calciumhypochloriet hebben tot 2017 een vrijstelling, maar moeten ook een toelating gaan aanvragen.
- H₂O₂ heeft al een toelating als biocide, maar niet in combinatie met stabilisatoren (organische zuren of zilverionen). Een volledig dossier moet in 2017 worden aangeleverd.
- UV en verhitten zijn vrijgesteld van toelatingsprocedures, het zijn fysieke middelen.

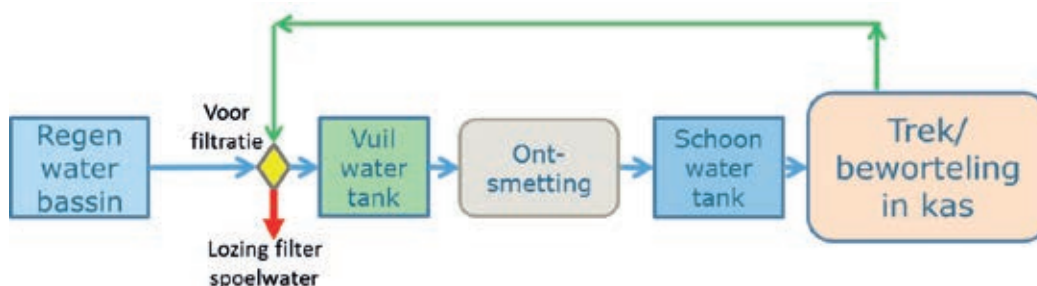
Onderscheid dient te worden gemaakt tussen toepassing van middelen als biociden voor ontsmetting, en toepassing in de zuivering van lozingswater. Zuivering heeft ten doel GBM af te breken en niet om pathogenen te doden, er is dus geen goedkeuring van Ctgb nodig. Biociden dienen om op oppervlakten organismen te doden (biofilm). GBM worden ingezet om pathogenen te doden. Biociden kunnen als bijwerking pathogenen in het water doden, maar als de hoofdwerking pathogeendoding is dan is het een gewasbeschermingsmiddel en dient het daar een toelating voor te krijgen.

Conclusie wetgeving:

- Voor 2018 moet het lozingswater gezuiverd worden van gewasbeschermingsmiddelen. Per stof moet 95% worden verwijderd. Hiervoor is momenteel apparatuur in onderzoek. Alleen gecertificeerde apparatuur kan hiervoor gebruikt worden.
- Uitrijden op eigen land van niet gezuiverd water mag, indien het doelmatig is voor betreffend gewas (het moet dus groeien), reden waarom uitrijden op eigen land in de winterperiode geen oplossing is.
- Voor lozing nutriënten (met name stikstof en fosfaat) is een emissienorm gesteld. In 2027 moet de lozing van stikstof zijn teruggebracht tot nagenoeg nul. Voor 2015 en 2017 zijn voor tulp al emissienormen vastgesteld. Kilogrammen stikstof zijn om te rekenen tot een lozingsvolume in m³ per hectare per jaar.
- Middelen die ter plekke radicalen maken moeten in veel gevallen een (biocide) toelating aanvragen bij Ctgb. Hieronder vallen natrium- en calciumhypochloriet, waterstofperoxide met stabilisatoren, ozon en anodische oxidatie (chloorwerking).

3 Bedrijfskarakterisering

Duin (2015) heeft een inventarisatie van de waterstromen gemaakt. Deze zijn in Bijlage 1 weergegeven. In Figuur 4 is een principeschema van de waterkringloop op een tulpenbroeierij weergegeven.



Figuur 4 Waterstromen op één bedrijf met stilstaand water en vijf bedrijven met eb/vloed met de nadruk op de bewortelingscel en de kas.

Het water dat wordt geloosd betreft met name terugspoelwater van filters. Bij sommige bedrijven is deze hoeveelheid (onevenredig) hoog. Dit duidt op vuil drainwater. In hoofdstuk 5 wordt hier nader op ingegaan.

In Bijlage 2 is een overzicht gegeven van de omvang van de waterstromen. Het zijn indicatieve waarden. In feite is er een driedeling: bedrijven die nagenoeg nul m³ lozen; bedrijven die gemiddeld volgens emissienorm lozen en bedrijven die heel veel boven de emissienorm lozen.

Opvallend is de grote verscheidenheid aan systemen, alle bedrijven zijn anders. Wel is er bij alle bedrijven een scheiding in watersysteem tussen beworteling en trek in de kas. Als ontsmetting tegen pathogenen wordt 3x hoge druk UV gebruikt, 1x lage druk UV, 1x ozon en 1x chloor. Daarnaast komt aanvullende apparatuur voor zoals aquahort (1x) en H₂O₂ (4x). Ook wordt circulatie op de vuilwatertank toegepast om de inhoud van de tank te reinigen (ozon, chloor, ultrasoon), zie bijvoorbeeld Bijlage 1, bedrijven 3 en 4.

Als voorfiltratie voor de ontsmetter komt een breed scala aan apparatuur voor: zeefbocht, trommelfilter, vlakbedfilter, zandfilter, fijnfilter en een semi-automatisch filter.

Vijf bedrijven beschikken over een spoelsloot die in meer of mindere mate wordt gebruikt om water af te voeren. Soms wordt het water verspreid over het (eigen) land. In twee gevallen werd de spoelsloot uitsluitend gebuikt om spoelwater te lozen. In drie gevallen ook om voedingsoplossing uit de trek te lozen. Soms kan de sloot het water gemakkelijk bergen, soms lijkt de aanvoer veel groter dan de verwerkingscapaciteit. Er is weinig bekend aan de gehalten aan nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen in de spoelsloot. Momenteel wordt een spoelsloot door waterbeheerders gedoogd, voor de toekomst is het zeer waarschijnlijk dat het water dat het bedrijf verlaat naar de spoelsloot als lozing wordt bestempeld en meetelt in de emissienorm stikstof.

Na elke trek worden de materialen intensief gereinigd om de kans op ziekten in een volgende trek te minimaliseren. Regenwater is de basis van de watervoorziening, maar vaak wordt kraanwater bijgemengd (10%) om de pH op een waarde van 6,5 – 7 te krijgen. Op één bedrijf werd alleen kalksalpeter (CaNO₃) gegeven, op de andere bedrijven werd een volledige voedingsoplossing gedoseerd.

Fenolen komen in het begin van het trekseizoen vrij uit de bollen. Ze geven groeiremming aan de wortels en bruinverkleuring. Meeste telers spelen hier op in door of verdachte partijen bollen te weigeren of door het kantelen van kistjes en/of verdacht water te lozen of snel de oplossing te verversen.

Aan de hand van bovenstaande inventarisatie bij de bedrijven zijn de volgende acties uitgevoerd en beschreven in de hierop volgende hoofdstukken:

- Ontsmettingssystemen tegen pathogenen
- Voorfiltratie technieken
- Beschrijving van de fenolafbraak
- Technieken om gewasbeschermingsmiddelen te verwijderen uit lozingswater (zuiveren)

4 Ontsmettingstechnieken

De ontsmettingstechnieken zijn ingedeeld volgens Figuur 5, specifieke kenmerken zijn gegeven. In Figuur 6 zijn de technieken onderverdeeld en is aangegeven of de techniek al of niet in de tuinbouw wordt toegepast.

Ontsmettingsmethodes

■ Fysisch:

- Afbraak of barrière
- (meestal) puntontsmetting

■ Chemisch:

- Afbraak door oxidatie met chemische stof
- 'nawerking': dosering in het water
- Schadelijk voor gewas bij te hoge concentratie

■ Electrochemisch:

- Productie van een reactieve stof uit een niet-reactieve stof
- 'nawerking' de reactieve stof komt in het systeem



Figuur 5 Hoofddeling ontsmettingstechnieken.

Fysisch	Chemisch (oxidanten)	electrochemisch
Verhitten	Ozon	anodische oxidatie (ECA water)
UV-belichting	Waterstof peroxide	Koper-zilver ionisatie (aquahort)
Membraan filtratie (UF/ NF/ RO)	Chloor - Natrium hypochloriet - Chloor dioxide	In situ peroxide productie**
Zandfiltratie (combi fysisch/ biologisch)	Perazuur	
Microfiltratie		
Actief kool		
Ultrasound		
Keramische membranen (MF/UF)**		
Foto katalytische oxidatie**		

** nog niet toegepast in tuinbouw

Figuur 6 Onderverdeling per ontsmettingstechniek.

De niet toegepaste technieken zijn naar voren gekomen als technieken met perspectief omdat ze in andere situaties een goed resultaat geven.

In Figuur 7 is per techniek aangegeven wat het effect is op bacteriën, schimmels en virussen als plantpathogenen. Daarnaast is aangegeven of fenolen worden afgebroken of dat de techniek een punt- of systeemwerking heeft. Bij een puntwerking is alleen daar ter plaatse een effect gerealiseerd. Bij een systeemwerking blijft de techniek een zekere werking behouden als de oplossing door het leidingsysteem wordt gepompt. In Figuur 7 staan een aantal vraagtekens, hier is de werking niet goed onderzocht in de tuinbouw.

Methode	Bacterie	Schimmel	Virus	Fenolen	Punt/ systeem werking
Verhitten	++	++	++	--	P
UV	++	++	++	++	P
Micro filtratie	+	+	-	--	P
Ultra filtratie	++	++	+?	--	P
Nano filtratie	++	++	+?	+?	P
Omgekeerde osmose	++	++	++	++	P
Langzame zand filtr	++	+	-	--	P
Keramisch membr (MF/UF)	+	+	-	--	P
Actief kool	+	+	-	+?	P
Ultrasoon	+/-	+/-	--	?	P
Foto katalytische oxidatie	+	-?	-	?	P
Ozon	++	++	++	++	p/s
H ₂ O ₂	++	+	-	+?	p/s
In situ H ₂ O ₂ productie	++	+	-	+?	p/s
Na/Ca hypochloriet	+	+/-	--	+/-	s
Chloor dioxide	++	++	--	+/-	s
Zuiver chloor	++	++	-	+/-	s
Perazuur (Jet5)	+	+	+	-	s
ECA water	++	+	-?	-?	p/s
Koper/zilver ionisatie	+	+	-?	-?	s

Figuur 7 Effect van de ontsmettingstechniek op pathogenen en fenol.

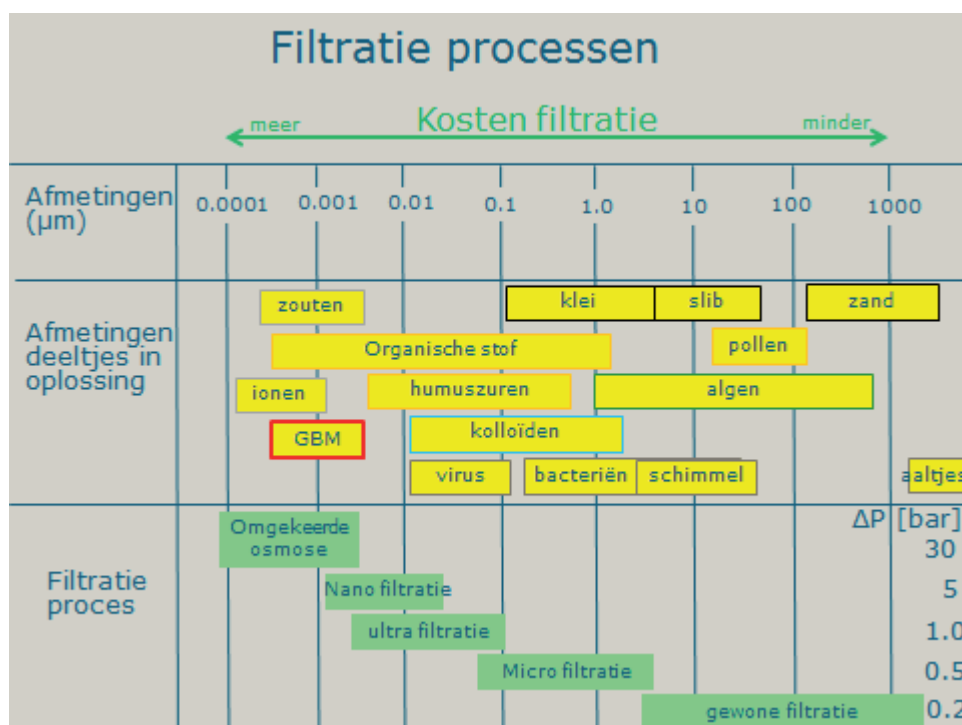
Bespreking ontsmettingstechnieken (Figuur 8) (Van Os, 2009):

- **Verhitten:** 95°C gedurende 30s of 85°C gedurende 3 minuten. De oudste methode maar nog steeds een zeer betrouwbare techniek. Aanzuren voor behandeling is wel essentieel om ketelsteenvorming te voorkomen. Nadelig kan zijn dat indien water continu wordt hergebruikt en opname gering is de temperatuur door het verhittingsproces langzaam kan gaan oplopen.
- **UV belichting:** 100 mJ/cm² voor bacteriën en schimmels, 250 mJ/cm² voor virus. Een betrouwbare techniek als voldaan wordt aan de primaire eis van helderheid van het water (T10 > 25%) door een goede voorfiltratie met verwijdering van alle deeltjes. Genoemde dosering kan zowel met een lage druk als met een midden of hoge druk installatie worden verkregen. De verschillen zitten in het lightspectrum (LD-UV alleen 254 nm; HD-UV breder), energie (meer warmteontwikkeling bij HD-UV) en de kosten (LD-UV is efficiënter op maat te maken voor kleinere waterhoeveelheden en wordt daardoor goedkoper dan HD-UV, bij grote installaties wordt HD-UV snel goedkoper dan LD-UV vanwege het mindere aantal benodigde lampen).



Figuur 8 Ontsmettingsinstallaties: verhitting (links), lage druk UV (midden), hoge druk UV (rechts).

• **Filtratie** (Figuur 9):



Figuur 9 Overzicht filtratie.

Filtratie wordt veel toegepast in industrie, drinkwater en afvalwaterreiniging, vaak ook als voorbehandeling voor een andere techniek. Afhankelijk van het te verwijderen deeltje wordt een filtertype gekozen. In de tuinbouw zijn van belang:

- Omgekeerde osmose om grondwater te ontzouten, niet om pathogenen te verwijderen (te duur).
- Nano-, Ultra- en Microfiltratie voor het verwijderen van moleculen en pathogenen.
- Zandfiltratie voor het verwijderen van grove delen (zand, wortels, grond, substraat, blaadjes, algen etc), een snelle methode.

De aangegeven werkdruk geeft tegelijkertijd een indicatie van de kosten; hoe meer druk nodig is, hoe hoger de kosten. Zeefbocht, trommelfilter, zandfilter, doekfilter en semiautomatisch filter (SAF) worden nog uitgebreid besproken in hoofdstuk 5 Voorfiltratie. Het zijn, volgens Figuur 9, gewone filtratie technieken.

- **Langzame zandfiltratie:** filterzand met een korrelgrootte van 0,15 – 0,35mm, een filtratiesnelheid van 100-300 l/m² filteroppervlak per uur; filteroppervlak in m² = 10x de vereiste capaciteit m³ per uur. Het te filteren water staat boven een 100 cm dikke zandlaag en sijpelt door de laag heen. De methode wordt ook wel biofiltratie genoemd omdat op het grensvlak van water en zand er een biologisch actieve laag wordt gevormd waar pathogenen in gevangen worden en onschadelijk worden gemaakt. Vooral geschikt voor kleinere bedrijven, heeft een lage investering en verwijderd met name schimmels en bacteriën betrouwbaar.
- **Keramisch membraan** (o.a. PWN Andijk) is micro- en ultrafiltratie. Het membraan is van keramiek en zeer uniform waardoor met hoge snelheden kan worden gewerkt zonder het membraan kapot te maken. Schimmels en bacteriën worden dus wel verwijderd, maar virus niet. Het is nog niet in een plantaardige omgeving toegepast.
- **Actief kool** verwijderd de niet geladen deeltjes, dus wel pathogenen en organisch stof en gewasbeschermingsmiddelen, maar geen ionen (kalium, calcium, nitraat etc.). Het vervuult snel en een goede voorfiltratie is vereist. Momenteel niet in gebruik voor ontsmetting.
- **Ultrasoon:** met trillingen worden organismen kapotgemaakt. De laag-energie versie maakt alleen van deze trillingen in het water gebruik. Voornamelijk algen en pythiums en phytophthora's zijn hiermee te verwijderen. De hoog-energie versie (>0,33 W/cm²) maakt gebruik van cavitatie en OH radicalen waardoor organismen exploderen in een omgeving met vacuumbellen die in de oplossing worden geproduceerd. Aanbieders: LG Sonic (laag-energie), Luykx US (hoog-energie). Combi tussen ultrasoon en UV zou goed werken en 80% minder UV nodig hebben in vergelijking met alleen UV (geen onderzoeksresultaten bekend).
- **Ozon** wordt ter plekke geproduceerd en is een sterke oxidator die met alle organische stof kan reageren. Het is uitstekend in staat om pathogenen en gewasbeschermingsmiddelen te verwijderen. Een zeer fijne voorfiltratie is vereist. Meestal wordt de redoxpotentiaal gebruikt om het proces te sturen. 500-600 mV is vereist voor ontsmetten, 700-800 mV voor afbraak GBM. In een gesloten systeem kunnen restanten ozon voor een systeemwerking zorgen, daarnaast zie je het zuurstofgehalte van het water omhoog gaan.
- **H₂O₂**, waterstofperoxyde, is zowel puur (35% concentratie) als met stabilisatoren (zwakke zuren) en andere toevoegingen (zilver) verkrijgbaar. Het is een zwakkere oxidator dan ozon, de werking tegen virus is daarom twijfelachtig. Indien toegepast vlak voor een UV installatie dan is een sterkere werking te verkrijgen die ook GBM kan afbreken. Wordt H₂O₂ alleen na de mengbak toegepast dan dient het vooral om de biofilm in leidingen te verminderen.
- **Chloor producten:** zuiver chloor unit, chloordioxide, bleekwater zijn producten die op een of andere manier chloor toepassen. Chloor is van oudsher bekend om zijn reinigende en ontsmettende werking. Daarnaast kan chloor daarom juist snel met allerlei andere stoffen reageren tot ongewenste verbindingen afhankelijk van wat er in het water aanwezig is, zeker in combinatie met andere producten of technieken.
 - Bleekwater of natriumhypochloriet is een zwakke oxidator maar omdat het erg goedkoop is, wordt het toch veel toegepast. Het toepassen van calciumhypochloriet heeft in de tuinbouw, waar natrium vaak beperkt wordt opgenomen en reden tot lozing is, een voordeel. Het heeft echter geen toelating.
 - Chloordioxide moet terplekke worden gemaakt wat een dure methode is. Wordt op schepen gebruikt om drinkwater te maken, maar wordt niet veel als ontsmettingsmiddel in de tuinbouw toegepast. Het vereist een behandelingsduur van ca. 10 minuten.
 - Zuiver chloor unit is een verbijzondering van ECA water. Het geproduceerde chloorgas wordt onmiddellijk in het te ontsmetten water gedoseerd waardoor het krachtige onderchloorig zuur ontstaat. Hiervan gaat een goede ontsmettende werking uit. Geen onderzoeksresultaten bekend naar de verwijdering van virus in de tuinbouwpraktijk. Leverancier geeft aan dat schimmels goed bestreden worden.
- **ECA water**, electrochemisch geactiveerd water of anodische oxidatie. Door toevoeging van zout aan water en het vervolgens te electrolyseren ontstaat een waterstroom met hoge reactiviteit (onderchloorig zuur en hypochloriet ion). Afhankelijk van de overige hoeveelheid organische stof worden pathogenen gedood. In de groenteteelt is het gevaar dat perchloraat gevormd kan worden dat in de vruchten kan gaan zitten, hetgeen verboden is.
- **Perazuur:** mix van perazijnzuur en waterstofperoxide. Productnaam o.a. Jet 5. Het kan tegen de meeste pathogenen worden gebruikt, er is geen uitgebreid onderzoek in de tuinbouw bekend. Het heeft een systeemwerking.
- **Fotokatalytische ontsmetting (FKO):** UV licht zorgt voor radicaalvorming van water dat in contact is met een speciaal gecoate plaat (TiO₂). Pathogenen worden gedood en GBM kunnen worden afgebroken. Onvoldoende onderzoek uitgevoerd in de tuinbouw om een uitspraak te doen over de mogelijkheden, bijvoorbeeld het effect van organische vervuiling in het water.

- **Koper/zilver ionisatie**, hier ontstaan door electrolyse koper en zilverionen die een op schimmels en bacteriën dodende werking hebben. Effectiviteit is echter vrij gering, terwijl de koperproductie in de oplossing hoog is t.o.v. wat de plant nodig heeft. Methode wordt het meest toegepast in de potplantenteelt. Wel voldoende effect kan worden bereikt met lange behandelingsduur van meer dan 2 uur tot een dag.



Figuur 10 Ontsmettingsmiddelen: v.l.n.r.: waterstofperoxide, natriumhypochloriet, ozon, koper/zilverionisatie.

Bij het kiezen tussen technieken spelen de volgende factoren een belangrijke rol: capaciteit, kosten, veiligheid, vereiste voorbehandeling, bedrijfszekerheid en flexibiliteit. Daarnaast is belangrijk of je een punt of systeemontsmetting wilt hebben, waarna uiteindelijk het kostenplaatje de doorslag kan geven.

Een ander belangrijk issue: (on)logische combinaties. Bijvoorbeeld fysische puntontsmetting (UV) en chemische systeemontsmetting, resultaat is een volledige ontsmetting met nawerking in het systeem. Er zijn wel 2 apparaten nodig waardoor de investering hoger is. De volgorde van plaatsing is belangrijk: chemische oxidant en dan UV dan wordt chloor geoxideerd en niet je organisch materiaal. Als water eerst met UV wordt behandeld en daarna met een chemische oxidant dan resulteert dit in nawerking in het leidingsysteem. Geavanceerde oxidatie gaat echter juist uit van eerst H_2O_2 toevoegen en vlak daarna UV licht geven. Het resultaat is een versterkte afbraak van organische stof (b.v. gewasbeschermingsmiddelen of fenolen; hoofdstuk 6) maar geen of nauwelijks nawerking in het leidingsysteem.

Conclusie ontsmettingssystemen voor tulpenbroeierij:

- Voor puntontsmetting werken UV en ozon uitstekend. Verhitten werkt ook goed, maar zou een temperatuurverhoging van het water kunnen geven.
- Voor systeemontsmetting, met nawerking in het leidingsysteem, zijn waterstofperoxide met stabilisator, perazuur en zuiverchloorunit goede mogelijkheden. Nadelen zijn wel dat er (soms) stoffen worden ingebracht waarmee de plant niets kan.
- Voor veel middelen met systeemwerking ligt de pathogene werking heel dicht bij de schadegrens voor wortels; een kleine fout kan dan grote gevolgen hebben.
- Filtratietechnieken moeten vooral gebruikt worden als voorbehandeling om het feitelijke ontsmettingsproces goed te laten verlopen.
- Combinatie van technieken, punt- en systeemwerking kan voordelen hebben. Er zijn echter ook nadelen met betrekking tot veiligheid (extra chemische reacties, vrijkomen chloor of ozon) en onverwachte omstandigheden in de waterkringloop die kunnen leiden tot onverwachte reacties. Kennis van zaken is hierbij van belang.

5 Voorfiltratie technieken

Bijna alle technieken die in hoofdstuk 4 zijn besproken vereisen een voorfiltratie. Door filtratie vooraf worden grove delen uit het water gefilterd waardoor de ontsmettingstechniek efficiënter kan worden ingezet, b.v. minder dosering van ozon en waterstofperoxyde, hogere transmissie van het water bij UV, minder snelle verstopping van fijnere ultra- of nanofilters.

In Figuur 11 is een overzicht gegeven van de meest toegepaste technieken. De technieken zijn van grof naar fijn gesorteerd op afscheidingsdiameter.

Type	Kleinste afscheidings diameter (μm)	Hoeveelheid terugspoel water	Kosten	Overige kenmerken
Zeefbocht	150-500	0	Rel. goedkoop	Voor grote volumes water en grove vervuiling (potgrond)
Trommelfilter	25-60	0	?	Robuust Open constructie, zichtbaar filterproces Groot vuilbergend vermogen Eenvoudige (hand)reiniging
Zandfilter	25-50	2-5% van feed	Rel. goedkoop	Dieptefiltratie: Mate van filtratie afhankelijk van diameter zanddeeltjes en stroomsnelheid. Groot vuilbergend vermogen. Robuust, automatisch terugspoelen
Doekfilter	20	0	Kosten: 34 m ³ /uur; €9000 investering, 250m/rol, 2-3 rol/jr (€200)	Drukloze eenvoudige filtertechniek Zichtbaar filterproces; volautomatisch filter; geen terugspoelwater Doekfilterverbruik: 5-10 m/dag (30 m dik doek op rol tot 250 m dun doek op rol, afhankelijk diameter);
SAF filter	10	< 1% van feed (>1% bij veel vervuiling)	Rel. duur	industriële zelfreinigende metaal-filters; oppervlaktefiltering; continu werkend, weinig spoelwater, gemak, compact

Figuur 11 Overzicht voorfiltratietechnieken

Zeefbocht en trommelfilter zijn geschikt voor het verwijderen van zand, potgrond en wortelresten. Trommelfilter en zandfilter zijn automatisch terugspoelbaar. Het doekfilter of vlakbedfilter kan erg fijn materiaal verwijderen. Het concentraat kan worden gecomposteerd, inclusief doek. SAF filter, afkorting van semi automatisch filter, is de automatische variant van de vanouds bekende schijvenfilters die met de hand moeten worden gereinigd. Er wordt frequent teruggespoeld met kleine hoeveelheden.

Gezien de ervaringen bij de telers is een goede voorfiltratie iets waar niet op bezuinigd mag worden. Redenen van vuil drainwater:

- Het regelmatig inbrengen van nieuwe partijen bollen, al of niet gespoeld of gepeld, hier komen zand en wortelresten vrij.
- Misschien het lekken van de bollen na opprikken (zetmeel, suikers)
- Vrijkomen van fenolen die met meststoffen tot een geleachtige substantie overgaat.

Bollenwaswater is sowieso heel vuil (zand, klei, humeuze stoffen) en zal in meer dan een stap moeten worden gefilterd voordat ontsmetting en vervolgens hergebruik kan plaatsvinden.

Conclusies voorfiltratietechnieken:

- Onduidelijk welke stoffen voor het vuile drainwater zorgen en daardoor voor het frequent spoelen van filters en hoge lozingen van filterspoelwater. Dit zou nader onderzocht moeten worden.
- Een doekfilter veroorzaakt geen spoelwater en kan tot 20um filteren. Eventueel ook in 2 stappen toe te passen. Daarna pas gaan ontsmetten.
- Een SAF filter, of vergelijkbaar type van een ander merk, kan met veel minder spoelwater een goed effect geven. Het zal de vervanging/vernieuwing van het zandfilter moeten worden.

6 Fenol

Samenvatting literatuurverkenning afbraak van fenolen door geavanceerde oxidatieprocessen (AOP)

Bij de broei van tulpen op water doet zich soms het verschijnsel voor dat wortels bruin verkleuren en te kort blijven. Dit leidt tot kwaliteitsverlies van de tulpen. Onderzoek van PPO (Van Dam *et al.* 2005) heeft aangetoond dat de bruinkleuring wordt veroorzaakt door fenolen uit de bolhuid.

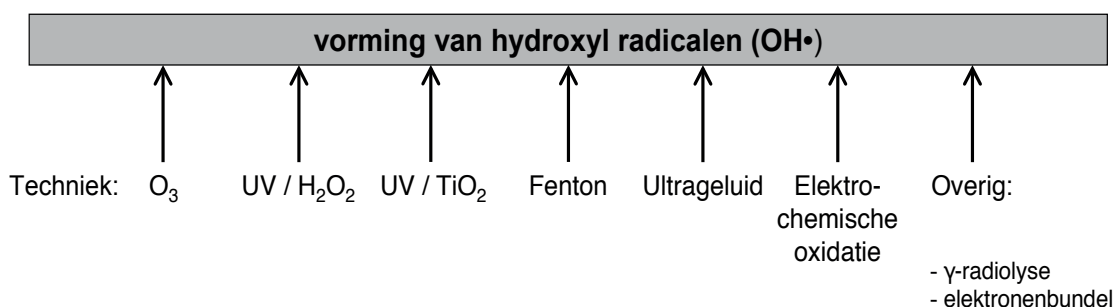
Toelichting AOP

Geavanceerde oxidatieprocessen (AOP) maken gebruik van het sterk oxiderend vermogen van hydroxyl radicalen ($\text{OH}\cdot$). Met deze hydroxyl radicalen is het mogelijk om organische componenten gedeeltelijk te oxideren of volledig te oxideren tot CO_2 en andere reactieproducten (zoals anorganische ionen). Figuur 12 geeft een overzicht van de oxidatiepotentialen van diverse oxidatiemiddelen. Fluor heeft de hoogste oxidatiepotentiaal, vlak daarna gevolgd door het hydroxyl radicaal. Andere oxidatiemiddelen, zoals ozon (O_3), waterstofperoxide (H_2O_2) en onderchlorigzuur (HClO) hebben een veel lagere oxidatiepotentiaal.

Component	Oxidatiepotentiaal [V]
F_2	2.85
$\text{OH}\cdot$	2.80
O_3	2.08
H_2O_2	1.78
HClO	1.63
Cl_2	1.36
O_2	1.23

Figuur 12 Oxidatie potentiaal van diverse componenten.

Diverse technieken kunnen ingezet worden om deze hydroxyl radicalen te produceren, Figuur 13 geeft een overzicht van de mogelijke technieken:



Figuur 13 Schematische weergave van de diverse technieken om hydroxyl radicalen te produceren.

Het sterke oxiderende vermogen stelt de radicalen in staat om moeilijk te oxideren verbindingen om te zetten. De sterke oxidatiekracht, gecombineerd met het α -selectieve oxidatiekarakter van de radicalen, maakt dat een groot aantal oxidatieprocessen tegelijkertijd plaatsvindt.

Een belangrijk voordeel van AOP-technieken is dat het effectief werkt bij zeer lage concentratieniveaus ($\mu\text{g/l}$). Daarnaast is het met enkele oxidatiemiddelen mogelijk chemische desinfectie te bewerkstelligen. Toepassing van AOP-technieken vereist een goede voorbehandeling, omdat storende oxideerbare componenten tot een te hoog verbruik aan hoeveelheden oxidatiemiddelen leidt. Er worden verschillende geavanceerde oxidatie processen in de praktijk toegepast, waaronder waterstofperoxide, ozon, een gecombineerde ozon en peroxidebehandeling, hypochloriet, Fenton's reactant (waterstofperoxide waaraan ijzer-katalysator is toegevoegd), UV / ozon, UV/ waterstofperoxide en UV/lucht.

Afbraak fenol

Uit een vergelijking van de verschillende oxidatietechnieken (Esplugas *et al.* 2002), Figuur 14 voor de afbraak van fenol blijkt dat Ozon een effectieve methode is, maar dat een Fenton reagens en UV/ H_2O_2 als proces betere afbraakresultaten laten zien (kortere halfwaardetijd).

Process	k [h ⁻¹]	t _{1/2} [h]	t _{3/4} [h]
UV	0.528	1.31	3.33
Photocatalysis	0.582	1.19	2.47
O ₃ /H ₂ O ₂	2.13	0.325	0.63
O ₃ /UV	3.14	0.221	0.417
O ₃ /UV/H ₂ O ₂	4.17	0.166	0.333
O ₃	4.42	0.157	0.317
UV/H ₂ O ₂	6.26	0.111	0.383
Fenton	22.2	0.0312	0.067

Figuur 14 Reactie constante (k), halfwaardetijd ($t_{1/2}$) en driekwartwaardetijd ($t_{3/4}$) voor verschillende geavanceerde oxidatie processen (Esplugas *et al.* 2002).

Een ander onderzoek laat zien dat het Fenton proces het meest kostenefficiënt proces is voor de afbraak van fenol gevolgd door electrochemische oxidatie en ozon (Cañizares *et al.* 2009). Beide onderzoeken spreken elkaar dus eigenlijk tegen. Belangrijk hierbij te vermelden is dat het vergelijken van onderzoeksresultaten moeilijk is omdat de gemaakte aannames veelal niet worden vermeld. Wat de beste beschikbare techniek is voor de afbraak van fenol, kan dus niet beantwoord worden op basis van deze korte literatuurverkenning. Wel kan worden geconcludeerd dat in algemene zin fenol/fenolen behoren tot de categorie makkelijk oxideerbare verbindingen. Verschillende oxidatiemiddelen leiden tot goede resultaten, mits de juiste condities worden gekozen.

Een aantal stoffen dat moet worden afgebroken heeft een lange behandelingstijd nodig. Chloor reacties met schimmels of fenolen met onderchlorigzuur geven daarom soms een goed, soms een mindere resultaat. Onderzoek naar de werking is niet uitgevoerd.

Conclusie fenol:

- Fenolen, die vrijkomen uit de bolhuid en schade aan de groei van de wortels kunnen geven zijn eenvoudig te oxideren.
- Voor de tulpenbroei zijn daarom ozon en H_2O_2 +UV de aanbevolen technieken om fenolen te verwijderen.

7 Zuiveren lozingswater

Al het water met gewasbeschermingsmiddelen dat de teler van plan is te lozen moet vanaf 1 januari 2018 worden gezuiverd. Lozingswater is al het water dat het bedrijf verlaat, naar sloot of riool. Het zuiveringsrendement is vastgesteld op 95% per stof. Het gezuiverde water mag worden geloosd indien het aan de emissienorm (hoofdstuk 2, Figuur 2) wat betreft stikstof voldoet. Of er veel of weinig GBM in het te lozen water, voornamelijk filterspoelwater en water uit de spoelsloot, aanwezig zijn is onduidelijk. Tijdens de trek worden geen of weinig (b.v. tegen luis) middelen gebruikt. Tijdens de bollenteelt worden wel GBM gebruikt, deze kunnen zich hechten aan de met het rooien meekomende grond of aan de bol zelf en kunnen misschien tijdens het spoelen van de bollen weer vrijkomen, maar misschien ook wel tijdens de trek. Hiervan is onvoldoende kennis beschikbaar. Een enkele meting (Duin, 2015) gaf aan dat er geen GBM in het water zaten. Lozingswater mag, zonder zuivering, ook op eigen land worden uitgereden maar alleen als dit doelmatig is voor het betrokken land. Dit betekent dat bij uitrijden op grasland het gras moet groeien. Het betekent ook dat uitrijden in de winterperiode wanneer de bollentrek plaatsvindt het uitrijden bijna nooit doelmatig is.

In de afgelopen jaren hebben verschillende proeven plaatsgevonden (van Ruijven *et al.* 2013, 2014) om lozingswater uit de glastuinbouw te zuiveren. Hiervoor zijn betreffende technieken op een zelfde wijze getest door gebruik te maken van Standaard Water (bekende hoeveelheid nutriënten, EC, organische stof en 12 GBM). De volgende technieken zijn getoetst:

- H_2O_2 + UV, geavanceerde oxidatie. Toetsing met zowel lage als hoge druk lampen met een dosering van 50 mg/l H_2O_2 en 500 mJ/cm² UV licht. Het effect was een zuiveringsrendement van 80-90%. Het rendement nam af bij hogere concentraties GBM. Herhaald behandelen van 4-8x gaf een rendement van meer dan 95%. Het is dus vooral van belang de behandelingstijd uit te breiden en niet de hoogte van de dosering.
- Ozon bereikte een rendement van 98%. Extra toevoeging van UV licht gaf geen extra resultaat. Ook met ozon + UV + H_2O_2 gaf geen additioneel effect.
- Actief kool gaf in kortdurende proeven een rendement van 99%. Helaas gaven de duurproeven nog onvoldoende resultaat. De voorfiltratie moet worden uitgebreid omdat het koolfilter na verloop van tijd regelmatig verstopte.

Het is de opzet dat apparatuur voor zuivering van GBM vooraf getest gaat worden en bij een 95% zuiveringsrendement per stof wordt goedgekeurd (certificering) en op een openbare lijst wordt geplaatst. Telers kunnen daar zien welke apparatuur goedgekeurd is. Op de korte termijn gaat o.a. ozon van Agrozone volgens beschreven protocol worden getoetst.

Telers kunnen zelf een strategie bepalen met betrekking tot zuivering:

- Zuivering per bedrijf: elke teler koopt een goedgekeurd apparaat
- Gebiedsgerichte aanpak: tot 2016 konden collectieven zich bij LTO aanmelden, deze worden gekeurd door de Waterschappen en indien goedgekeurd dan krijgen deze collectieven uitstel tot 2021 om een gezamenlijke zuiveringsinstallatie aan te leggen.
- Mobiele zuivering: met enkele loonwerkers en producenten van zuiveringsapparatuur is overleg en gaat onderzoek plaatsvinden naar het toepassen van mobiele zuivering. Een vrachtwagen met apparatuur komt op afroep langs en zuivert het opgeslagen lozingswater van GBM. De volgende dag wordt op een ander bedrijf met hetzelfde apparaat gezuiverd. Deze methode lijkt voor kleine bedrijven interessant en voor bedrijven die maar zeer incidenteel weinig lozingswater hebben.
- Emissieloos telen: al het water wordt hergebruikt, er vindt geen lozing meer plaats. Enkele betrokken telers in dit project hebben aangetoond dat deze optie reëel is.

Conclusie voor zuivering:

- Zuivering is iets anders als ontsmetten en moet vanaf 2018 plaatsvinden op al het water met GBM dat het bedrijf verlaat. Een zuiveringsrendement van minimaal 95% per middel moet gerealiseerd worden.
- Onduidelijk is nog in hoeverre er veel of weinig GBM in het lozingswater aanwezig zijn. Hier zou onderzoek naar moeten worden gedaan.
- Telers kunnen een gecertificeerd apparaat voor hun eigen bedrijf kopen of via een loonwerker een mobiel apparaat inhuren. Emissieloos telen is een andere optie die overwogen kan worden.

8 Discussie

De overheid dwingt glastelers na te denken over de emissie van water met nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen naar grond- en oppervlaktewater. Deelnemende telers aan dit project kunnen onderverdeeld worden in een groep die nu al nagenoeg niets lozen (<10 kg N per ha kas per jaar), een middengroep die rond de emissienorm (50 kg per ha per jaar) van 2017 loost en een groep die veel loost (>200 kg N per ha per jaar). Bij het lozen is de gemeenschappelijke factor: wat te doen met het spoelwater dat in de spoelsloot wordt geloosd. Allereerst is er de definitiekwestie: is water met nutriënten dat naar de spoelsloot gaat een lozing uit de kas of niet? Vervolgens: wat doe je met dit water; wordt het uitgereden over eigen (gras)land, gebruikt om nieuwe partijen bollen te spoelen of is het teveel en is er overloop naar sloten of wegsijpelen naar de ondergrond? De definitiekwestie zal vanuit wetgever en waterschappen in overleg met vertegenwoordigers van de bollentrekkers moeten worden opgelost in de komende jaren.

Wel is er afgesproken (Activiteitenbesluit, 2013) tussen partijen (vertegenwoordigers van regering en werkgevers) om in 2027 tot een nagenoeg nullozing te komen. Is volledig hergebruik (nu al) mogelijk? Deelnemende telers laten zien dat het kan en ook dat het met heel verschillende apparatuur kan. Hergebruik tijdens de trek is mogelijk door goed te ontsmetten, inclusief een goede voorbehandeling (filtratie) van het drainwater. Reststromen zoals filterspoelwater kunnen na behandeling ook worden hergebruikt, en waswater wordt op de spoelsloot geloosd evenals het restant water uit de trek.

Ziekteverwekkers

Pathogenen of ziekteverwekkers zijn met huidige technieken goed onschadelijk te maken. Goede technieken met puntwerking zijn UV en ozon; met systeemwerking (dus ook "nawerking" in de leidingen) ozon en de zuiver chloor installatie en waterstofperoxide met stabilisatoren. De restrictie is de noodzaak of virus moet worden bestreden. Indien de bollen opnieuw worden gebruikt (op het land) is virusdoding toch essentieel. In dat geval vallen technieken af (chloordioxide, calcium of natrium hypochloriet, ECA water, micro- en ultrafiltratie). Of de laatste methoden schimmels en virussen voldoende verwijderen zal grotendeels nog onderzocht moeten worden.

Gewasbeschermingsmiddelen (GBM)

Indien lozing in de spoelsloot aangeduid wordt als lozing vanaf het eigen bedrijf dan zal een zuiveringsunit vereist worden. Het gehalte aan middelen lijkt laag maar metingen zijn hiernaar maar beperkt uitgevoerd. Het lijkt aanbevelenswaardig eerst het wettelijke kader vast te stellen. Binnen de technieken zijn de chemische oxidaties (ozon, misschien H_2O_2 met UV) de beste technieken om tot 95% zuivering of wel verlaging van de concentratie aan middelen te komen. De chloor producten en perazijnzuur zullen hierop eerst moeten worden getoetst. Dat was binnen dit project niet haalbaar.

Nutriënten

In het te lozen water zit een hoeveelheid stikstof. Uit de door Proeftuin Zwaagdijk uitgevoerde analyses en daaruit volgende berekening blijkt een lozing van $475 - 950 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{jaar}$ toegestaan te zijn tot 2021 ($10\text{-}5 \text{ mmol NO}_3/\text{liter}$). De beste oplossing om dit verder te verlagen is over te schakelen naar een volledig hergebruik van water/voedingsoplossing. Bewustwording bij telers over de hoeveelheid water die wordt geloosd moet echter verder omhoog. Gezien de korte tijdsduur van de trek en de metingen van Duin (2015) is ophoping van nutriënten of natrium binnen één trekseizoen niet snel aan de orde. Het zou zinvol zijn om een strategie te bedenken om aan het einde van het seizoen zo min mogelijk water met nitraat over te houden (aanpassing samenstelling voedingsoplossing).

Fenolen

Schade door fenolen treedt nog regelmatig op. Fenolen blijken echter vrij gemakkelijk te oxideren en dus onschadelijk te maken. Verspreiding in het leidingen systeem moet zoveel mogelijk worden voorkomen gezien het verstoppend effect van fenolen. Technieken met ozon en H_2O_2 met UV zijn de aangewezen weg. Onduidelijk is nog of de zuiver chloor unit, chloordioxide en andere toegepaste producten (bleekloog, perzuur) voldoende effectief zijn, hiervoor zou onderzoek moeten plaatsvinden.

Wetgeving

Ctgb geeft aan dat stoffen die ter plekke (in situ genoemd) worden geproduceerd en radicalen aanmaken een toelating moeten gaan krijgen in de komende jaren. Dit impliceert dat producten die nu vrijelijk worden gebruikt onder de biocide wetgeving gaan vallen. Telers zullen in gedachten moeten houden dat indien zij zich richten op betreffende producten zij zich moeten realiseren dat over enkele jaren deze producten verboden kunnen zijn, hierover moeten zij met betrokken leverancier/fabrikant gaan praten.

Bovenstaande geldt niet voor zuivering, want daar is het doel om GBM af te breken.

9 Conclusies

Wetgeving dwingt telers na te denken over waterkringloopsluiting. In 2018 is zuivering van lozingswater verplicht (95% verwijdering van GBM), terwijl ook moet worden voldaan aan de emissienormen voor stikstof (Activiteitenbesluit 2012).

Waterkringloopsluiting is in de trek van bolbloemen goed mogelijk.

- Pathogenen kunnen goed onder controle worden gehouden (ontsmetten) met bestaande apparatuur: UV, ozon (puntwerking). Daarnaast lijken een aantal producten goede mogelijkheden te bieden (zuiver chloor unit, waterstofperoxide, calciumhypochloriet) voor systeemwerking.
- Een goede voorfiltratie is vereist met een doekfilter of een SAF filter, eventueel aangevuld met een zeefbocht of trommelfilter voor een eerste filtratiestap met name voor bollenwaswater.
- Fenolen verwijderen via oxidatietechnieken (ozon, H_2O_2 + UV) is goed mogelijk. Ook hier is de vraag of de chloor producten voldoende werkzaam zijn.
- Gewasbeschermingsmiddelen, weinig gebruikt tijdens de trek, kunnen via oxidatie (ozon, H_2O_2 + UV) uit het water worden verwijderd (zuivering). Of chloorproducten hier werkzaam zijn zal moeten worden onderzocht.
- Volledige recirculatie (nagenoeg nullozing) moet worden bereikt door een andere benadering van met name het filterspoelwater en bollenspoelwater. Door enkele technieken achter elkaar te plaatsen is hergebruik van beide mogelijk: voorfiltratie en ontsmetting. Enkele telers zijn deze mogelijkheden al aan het uitproberen.

Literatuur

Cañizares P., Paz R., Sáez C., Rodrigo M. A., 2009.

Costs of the electrochemical oxidation of wastewaters: A comparison with ozonation and Fenton oxidation processes, *Journal of Environmental Management* 90 (2009), 410-420

Duin, P. 2015.

Waterzuivering in de tulpenbroeierij. Proeftuin Zwaagdijk, proj.nr 150094, 40p.

Esplugas S., Giménez J., Contreras S., Pascual E., Rodríguez M., 2002.

Comparison of different advanced oxidation processes for phenol degradation, *Water Research* 36, p1034-1042.

Van Dam, M.F.N., H. Gude en L.H.W. van der Plas, 2005.

Bruine wortels in tulp; onderzoek naar het mechanisme achter de bruinverkleuring van tulpen wortels in de teelt op water. Rapport PPO 330952, 30p.

Van Os, E.A., 2009.

Comparison of some chemical and non-chemical treatments to disinfect a recirculating nutrient solution. *Acta Hort.* 843, p. 229 – 234.

Van Ruijven, J.P.M., Van Os, E.A., Van Der Staaij, M. and Beerling, E.A.M., 2014.

Evaluation of technologies for purification of greenhouse horticultural discharge water. *Acta Horticulturae* 1034, p. 133 – 140.

Van Ruijven, J.P.M.; Beerling, E.A.M. ; Os, E.A. van; Staaij, M. van der, 2014.

Evaluatie zuiveringstechniek voor verwijdering gewasbeschermingsmiddelen II : robuustheid bij hogere concentraties middelen en nieuwe technieken en behandelmethoden. Bleiswijk : Wageningen UR Glastuinbouw, (Rapport GTB 1334) - 58 p.

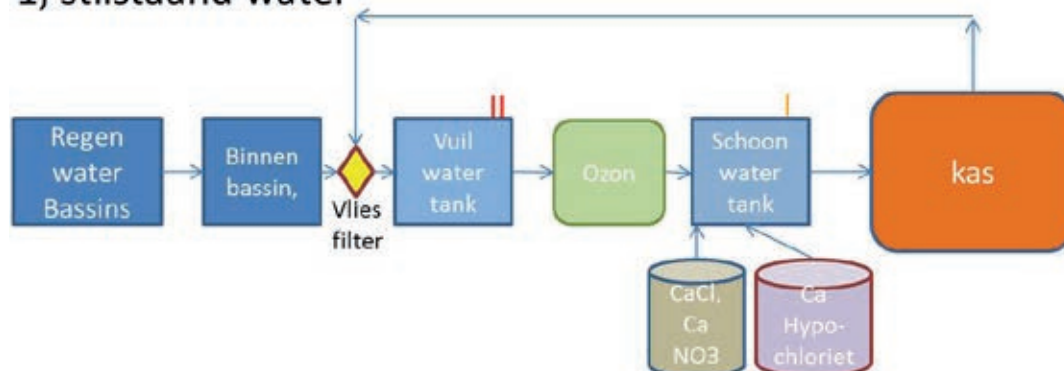
Van Ruijven, J.P.M. van; Os, E.A. van; Staaij, M. van der; Beerling, E.A.M., 2013.

Evaluatie zuiveringstechniek voor verwijdering gewasbeschermingsmiddelen uit lozingswater glastuinbouw: Beoordeling van vier technieken op effectiviteit in verwijderen gewasbeschermingsmiddelen uit lozingswater en toepasbaarheid in een glastuinbouwomgeving. Bleiswijk : Wageningen UR Glastuinbouw, (Rapporten Wageningen UR GTB 1222)

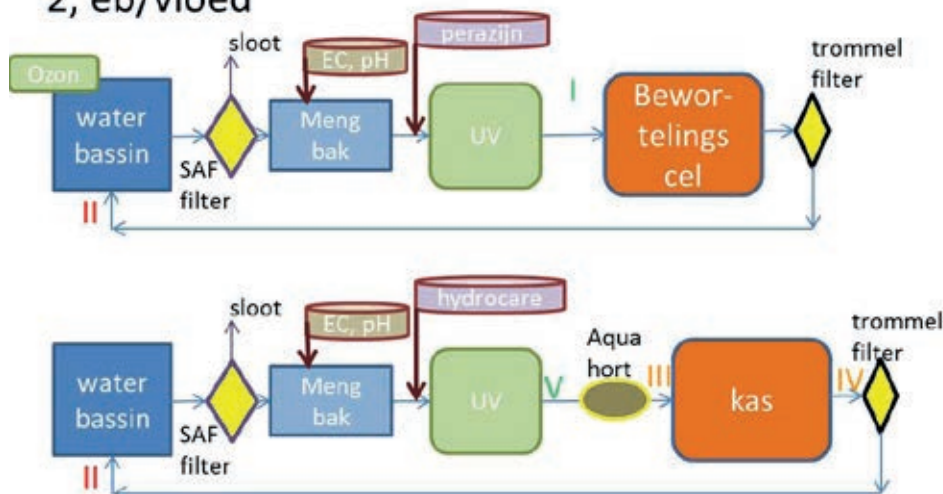
Bijlage 1 Overzicht waterkringlopen op deelnemende bedrijven

I, II, III en IV zijn monsterpunten uit onderzoek Duin (2015).

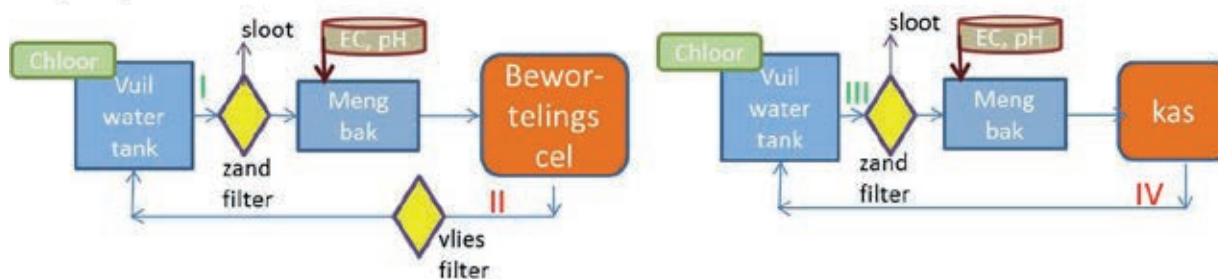
1, stilstaand water



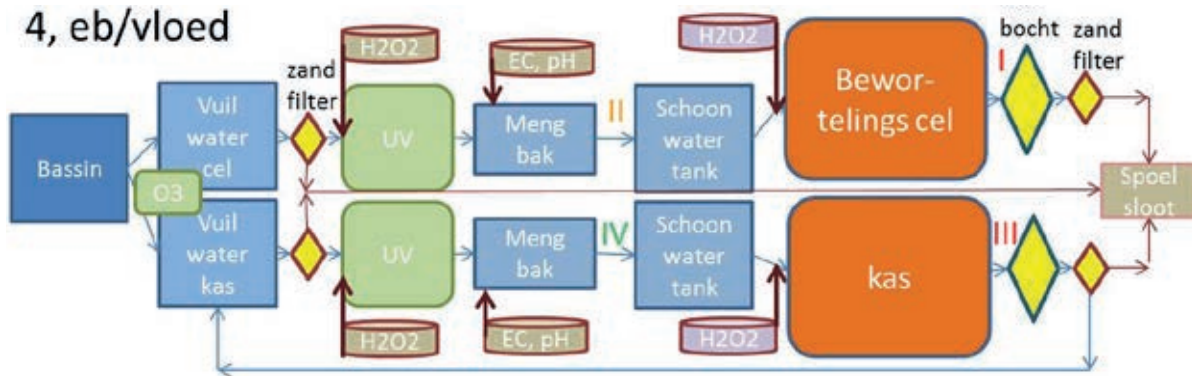
2, eb/vloed



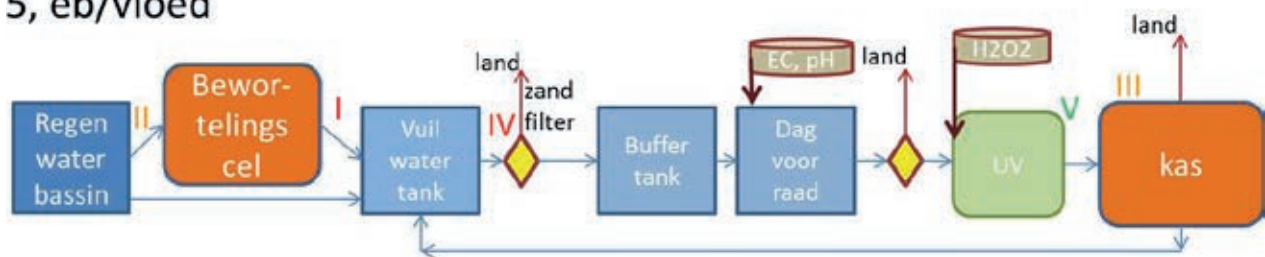
3, eb/vloed



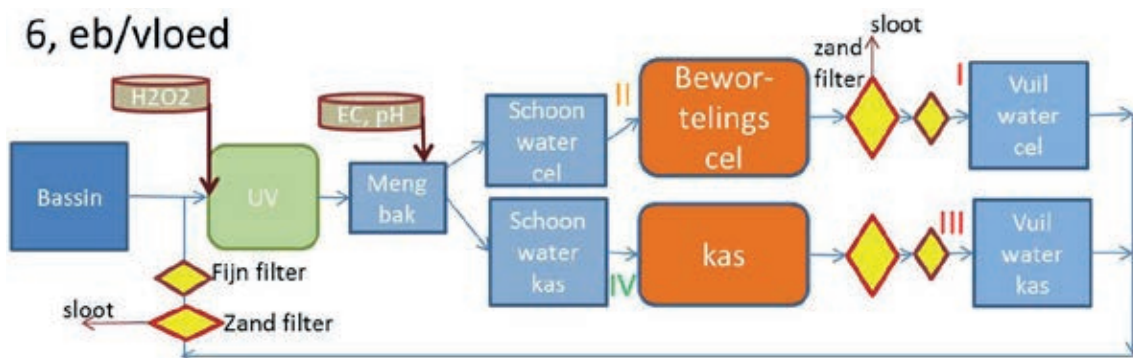
4, eb/vloed



5, eb/vloed



6, eb/vloed



Bijlage 2 Overzicht bedrijfskarakterisering

Bedrijf	Watergeef systeem	Wateraanvoer	Ontsmetting		Dosering in leidingsysteem (reiniging)	Waterafvoer (spui)		N emissie* (indicatief)
		Hoeveelheid	methode	capaciteit		hoeveelheid	methode	
		m3/dag		m3/h		m3/dag		kg/ha/yr
1	stilstaand	60 tot 100 waarvan 40% regenwater = 24 tot 40; kraanwater voor wasserij: 4	Ozon (700 mV)	batch systeem 4,5 m3 inhoud; ontsmet in 10 tot 90 min.		~ 0	100% recirculatie	~ 0
2	eb-vloed	200 tot 250 m3/week (regenwater of totaal?)	Beworteling: ozon recirculatie op bewortelingsbassin; ook ultrasoon en H2O2 + UV op recirculatie. Kas: H2O2 + LDUV op recirculatiewater en Aquahort	Ozon: 5; UV en Aquahort: 18	Perazur of hypochloriet (beworteling) Hydrocare bij calamiteiten	30 tot 40	afvoer naar afvalwatersloot	250
3	eb-vloed	4 tot 5	chloor	5.5	geen	0,5 tot 1,5	afvoer via overloop op eigen grasland (eens in de drie weken)	32
4	eb/vloed	?	H2O2 + HDUV en Ozon recirculatie op vuilwatersilo	16 -17	H2O2-dosering	~ 0	terugspoelwater filters gaat naar spoelbassin. Dit water verlaat bedrijf niet. Wordt geruikt voor spoelen bollen van het land	~ 0
5	stilstaand (beworteling); eb/vloed (Kas)	?	H2O2 + HDUV	30 - 40 ?	H2O2-dosering	1.5	restwater afvoer naar silo; ca. 70 m3 per 1,5 mnd. Daarna versproeien over land	63
6	eb/vloed	onbekend (regenwater) en 2200 m3/jaar kraanwater	H2O2 + HDUV	max. 25	geen	> 15	afvoer waswater (hoeveelheid onbekend) en terugspoelwater filters (15 m3/dag) via spoelkuil op eigen land	265

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



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

Glastuinbouw Rapport GTB-1394

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

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