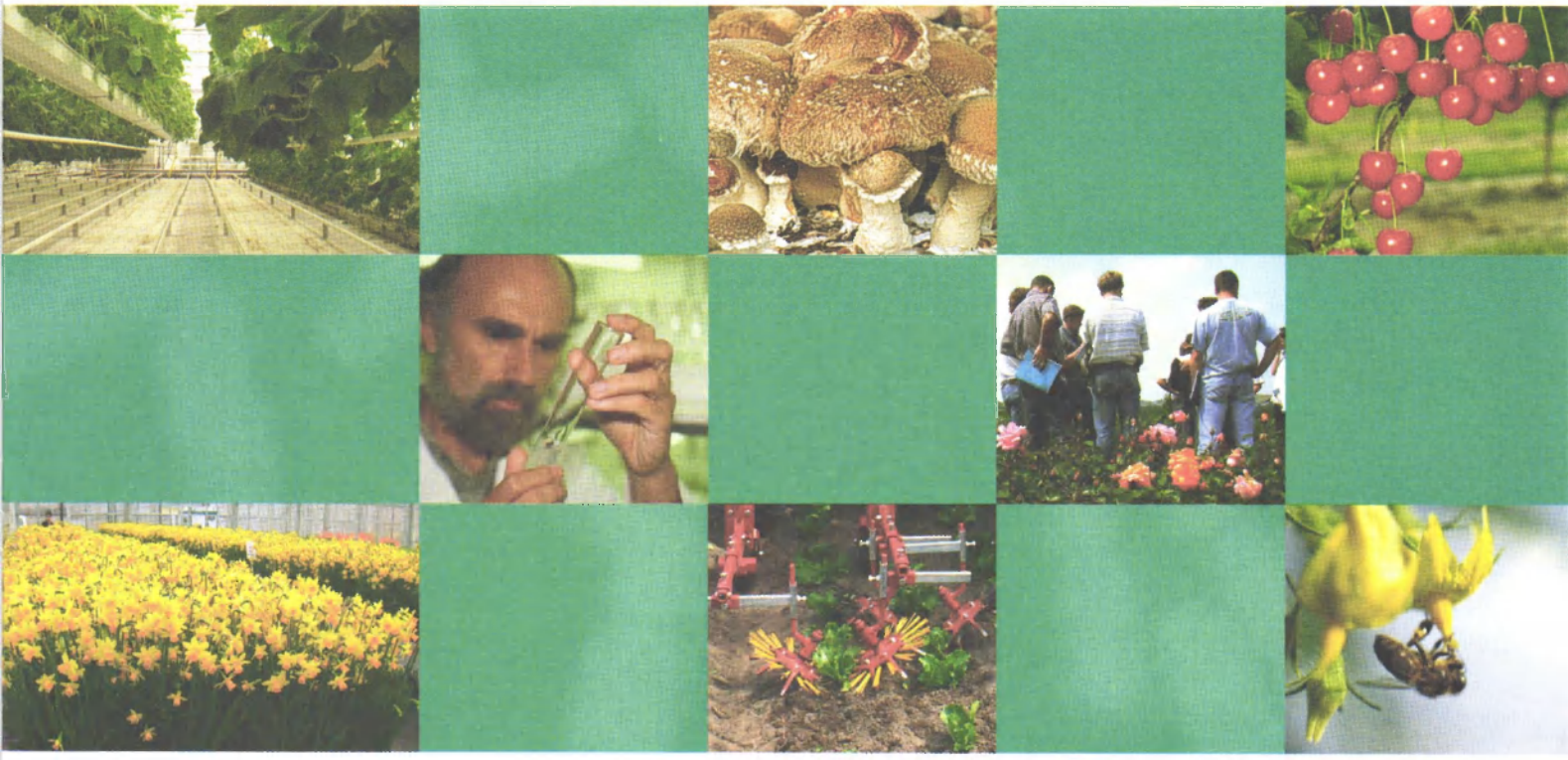
PRAKTIJKONDERZOEK
PLANT & OMGEVING
WAGENINGEN UR

Water en kwaliteit voor de boomkwekerij

Kwalitatieve aspecten inclusief waterbehandeling

Th.G.L. Aendekerk



Productschap Tuinbouw

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving
Sector Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit
PPO-projectnummer: 32 360268 00

Lisse, augustus 2008


BIBLIOTHEEK
PPO sector Bloembollen
Postbus 85
2160 AB Lisse
0252 462121

Water en kwaliteit voor de boomkwekerij

Kwalitatieve aspecten inclusief waterbehandeling

Th.G.L. Aendekerk

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving
Sector Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit
PPO-projectnummer: 32 360268 00

Lisse, augustus 2008

2285785

© 2008 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Productschap Tuinbouw

PPO-projectnummer 32 360268 00

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving
Sector Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit
Adres : Prof. van Slogterenweg 2 2161 DW Lisse
Postbus 85, 2160 AB Lisse
Tel. : +31 252 46 21 21
Fax : +31 252 46 21 00
E-mail : henk.vanreuler@wur.nl

Inhoud

pagina

SAMENVATTING 5

1 INLEIDING 7
1.1 Doelstelling en afbakening van deze opdracht 7
1.2 Te bereiken resultaten 7

2 PLAN VAN AANPAK 9

3 INVENTARISATIE KWANTITATIEVE EN KWALITATIEVE ASPECTEN 11
3.1 Kwantitatieve aspecten van waterstromen 11
3.2 Kwalitatieve aspecten van waterstromen 11
3.2.1 Chemische kwaliteitsnormen voor gietwater 11
3.3 Meetnet waterkwaliteit 12
3.4 Organische stoffen en O_2 verbruik in recirculerend water 14
3.5 Microbiologische activiteit in het recirculerend water 14

4 INVENTARISATIE VAN DE PROBLEMEN MET DE WATERKWALITEIT OP BEDRIJFSNIVEAU 17
4.1 Chemische aspecten 17
4.2 Fytosanitaire aspecten 18
4.3 Fysische en biologische aspecten van belang voor de waterkwaliteit 18

5 OPLOSSINGSRICHTINGEN OM DE WATERKWALITEIT TE VERBETEREN 21
5.1 Algemeen 21
5.2 Mechanische filtering 21
5.3 Biologische zandfilter 23
5.4 Hypofyten filter 24
5.5 MBR-bioreactor 25
5.6 UV- ontsmetting 26
5.7 Ozon 27
5.8 Verhitting 27
5.9 Beluchten en ontijzeren 28
5.10 Ultrasone methode 29
5.11 Bubbel - of beweginginstallatie 30
5.12 Ultrafilter 30
5.13 Omgekeerde osmose 31
5.14 Memstill-pilot waterzuivering 32
5.15 Koper voor afdoding sporen 33
5.16 Afdekking van silo's en bassins 34
5.17 Controle op ontsmettingsinstallaties 34

6 VERGELIJKING VAN ENKELE SYSTEMEN VAN WATERBEHANDELING 37

7 VERWACHTE ONTWIKKELINGEN 39
7.1 Opslag surplus aan water 39
7.2 Aérobe slibkorreltechnologie Nereda 39
7.3 Membraan BioReactor installatie (MBR) 39
7.4 Energie 39
7.5 Kosten van het aanvullend leidingwater 39
7.6 Ontheffingen voor brijnlozingen 40

8 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN 41

9 AANBEVOLEN LITERATUUR 43

BIJLAGE 1 ZUURSTOF GEHALTEN GEMETEN IN DIVERSE SOORTEN WATER 45

Samenvatting

In dit rapport is gekeken naar de kwaliteitseisen van water bij de teeltsystemen voor de boomkwekerijsector. Er worden eisen gesteld aan het te gebruiken water, maar ook aan het water dat geloosd wordt. In de meetnetten van Hoogheemraadschappen en Waterschappen worden diverse stoffen gevonden in waarden die boven het maximaal toelaatbaar niveau liggen. De Kader Richtlijn Water scherpt dat nog verder aan.
De eventuele consequenties op termijn voor de sector worden in beeld gebracht met daarbij de oplossingsrichtingen voor waterbehandeling. De waterkwaliteit kan worden verminderd door chemische, organische of microbiologische verontreinigingen. Het gaat daarbij zowel om de kwaliteit van het sloot-, grond- of recirculatiewater ten behoeve van de teelt van gewassen als om de kwaliteit van het overtollige water dat naar het milieu wordt geloosd.

Eerst worden de chemische aspecten van het gietwater besproken die voor de teelt van boomteeltgewassen van belang zijn en wanneer schade aan de planten kan worden verwacht. Stoffen kunnen in het systeem komen vanuit het grond- of slootwater of via bemesting. Bestrijdingsmiddelen komen via afspoeling in het water terecht.
Organische stoffen in opgeslagen gietwater hebben een negatief effect op de kwaliteit van dit water. Het organisch materiaal wordt afgebroken en dit leidt tot te lage zuurstofgehalten in het opgeslagen water. Dit water is schadelijk voor de plantenwortels.
Gedurende de teelt neemt de microbiologische activiteit in het water toe. Het kan hierbij gaan om diverse algensoorten of om plantpathogenen die in het water worden verspreid. Door in een teeltsysteem het water intensiever te recirculeren wordt de microbiologische activiteit van het water verhoogd. Wordt de buffercapaciteit van het recirculerend systeem te klein gehouden dan is de kans op ziekteverspreiding groter door een hogere infectiedruk. De noodzaak tot het treffen van fytosanitaire maatregelen is dan groot.

Hoe kan een goede waterkwaliteit kan worden behouden of verbeterd?
Beluchten en ontijzeren zullen in het algemeen worden toegepast bij grondwater dat hoge ijzer, mangaan of methaan gehalten bevat. De ballastzouten moeten een voldoende laag niveau hebben anders is deze behandeling niet zinvol. De omgekeerde osmose installatie kan worden ingezet om het water te ontzouten. Er zijn diverse typen membranen voorhanden die bij een verschillende druk werken en ook een verschillende ontzouting hebben. Het verkrijgen van ontheffingen voor brijnlozing wordt moeizaam en er komt waarschijnlijk een moment dat dit niet meer is toegestaan.

Het voorkomen van organische reststoffen in het water en de erbij behorende zuurstofconsumptie is een belangrijke graadmeter voor de stabiliteit van goed water. Filtering is meestal de eerste stap om de grotere organische deeltjes te verwijderen. Een membraanbioreactor kan worden ingezet na de mechanische filtratie. Het membraan scheidt de bacteriën, virussen en schimmels, slibvlokken en ander organisch materiaal. Zouten en pesticiden gaan door het membraan.
Een bubbel – of bewegingsinstallatie zorgt voor extra toevoer van zuurstof in het gietwater. Is deze aangebracht in het bassin waarvan het water wordt gebruikt voor begieting dan is er in principe steeds voldoende zuurstof in het gietwater aanwezig en geeft daarmee een bijdrage aan een goede wortelvorming.

Fytosanitair gezien kan er met het gietwater bij recirculatie veel mis gaan. Een biologische zandfilter kan worden ingezet om de ziektedruk in het opnieuw te gebruiken water te verlagen. UV-ontsmetting is voor de glastuinbouw een belangrijke methodiek tegen microbiologische besmetting. Voor recirculerende systemen van een buitencultuur van boomkwekerijgewassen in containers waarbij zeer grote volume aan water worden rondgepompt is deze manier van ontsmetting een probleem omdat grote capaciteiten nodig zijn om de hoeveelheden te behandelen. Ontsmetting door verhitting is ook meer op zijn plaatst op een glastuinbouwbedrijf waar veel warmte wordt geproduceerd. Ozon is een (nog) niet veel gebruikte methodiek in Nederland. Na de toepassing gaat de werking in de opslag nog verder.
Ultrafiltratie is een vorm van waterbehandeling die in de nabije toekomst veel opgang zal vinden.
De eerste modellen of systemen zijn al meer dan 25 jaar op de markt, maar door verbetering van de membranen en de stapsgewijze filtratie technisch is er veel meer mogelijk geworden. In principe kunnen met dit systeem ziektekiemen worden verwijderd. Omdat ook de zwevende organische stofdeeltjes worden

verwijderd is deze methode ook zeer geschikt als voorbehandeling voor de omgekeerde osmose behandeling.
De Sonar behandeling wordt toegepast voor vrijwaring van groene-blauwe- bruine en daadalgen. De installaties als drijvers kunnen daar worden toegepast waar sprake is van een tussenopslag, voordat een waterbehandeling is toegepast, maar ook in bassins waar het water voor het gebruik wordt opgeslagen.
Bij alle gebruikte methoden is controle op de werking van de ontsmettingsinstallaties voor en na behandeling door monstername en analyse minimaal eenmaal per jaar noodzakelijk.

1 Inleiding

De beschikbaarheid van kwalitatief goed water voor de plantengroei zal in de toekomst steeds meer een beperkende factor vormen. De verwachting is dat de kosten omhoog zullen gaan. Mede vanuit economische overwegingen zal het hergebruik van op het bedrijf beschikbare water belangrijker worden.
Het beschikbare water uit recirculatie systemen, van kas, loods of schuurdaken, oppervlaktewater, grondwater en andere verhardingsterreinen heeft niet altijd de kwaliteit die noodzakelijk is voor de teelt van gewassen.
Hierbij kan als voorbeeld worden genoemd het zuurstofgehalte in recirculerend water. Veelal is het zuurstofgehalte zeer laag en daarmee ongeschikt als gietwater. Streefwaarden hiervoor zijn onvoldoende bekend in de sector.
Een zeer belangrijk milieu aspect is de invoer van de Europese Kader Richtlijn Water (KRW) in 2000. Deze richtlijn heeft als doel om duurzaam watergebruik te bevorderen en om de kwaliteit van de watersystemen te beschermen en waar nodig te verbeteren. De waterbeheerders zijn betrokken bij de implementatie van de KRW. Dit zal onder andere gebeuren door lozingen terug te dringen of te beëindigen. De reductie van de emissie van stikstof, fosfaat en bestrijdingsmiddelen heeft een hoge prioriteit.
Met deze problematieken in het achterhoofd, is een studie verricht naar de stand van zaken van het watergebruik en –kwaliteit in de boomkwekerij. De belangrijkste problemen worden daarna benoemd. Verder is er breed geïnventariseerd welke systemen er voorhanden zijn om de kwaliteit te verbeteren en welke ontwikkelingen we mogen verwachten op dit gebied. In het laatste hoofdstuk worden conclusies en aanbevelingen gedaan om de waterkwaliteit op de kwekerij op een goed niveau te houden.

1.1 Doelstelling en afbakening van deze opdracht

Doel van deze studie is het maken van een inventarisatie van de methoden van opvang van het beschikbare water op kwekerijen en de kwaliteit van dit water aan de hand van aan het gebruik gerelateerde normen. Tevens zullen maatregelen worden aangegeven hoe de kwaliteit van het water kan worden verbeterd.
Het project richt zich voornamelijk op containerteelt. Schematisch zullen de waterstromen op verschillende typen bedrijven kwalitatief en kwantitatief in beeld worden gebracht. Er zal een overzicht worden gegeven van de kwaliteitseisen waaraan het water voor de verschillende toepassingen moet voldoen.
Tevens zullen maatregelen die genomen kunnen worden om het water voor een bepaald hergebruik geschikt te maken, worden besproken. Hierbij zal een kostprijs per eenheid water worden gegeven. Daarnaast zullen maatregelen worden beschreven die bijdragen om te voldoen aan de doelstellingen van de KRW.

1.2 Te bereiken resultaten

Het samenstellen van een brochure met daarin kwaliteitsnormen voor waterstromen en de aanbevolen stappen voor waterbehandeling om tot een goede waterkwaliteit te komen.
Ieder bedrijf dat gewassen van water voorziet kan profijt hebben van het rapport dat deze studie oplevert. In Nederland gaat het hierbij om ruim 2000 boomkwekerij bedrijven die containerteelt, vermeerdering en kasteelten hebben. In de nabije toekomst zal de waterkwaliteit en mogelijkheden om de waterkwaliteit te verbeteren ook voor vollegrondsbedrijven een steeds belangrijkere rol gaan spelen. Vanuit milieuoogpunt zijn maatregelen nodig om aan de huidige en toekomstige aangescherpte Kader Richtlijn Water te kunnen voldoen, door bv. voor opslag, helofytenfilters en andere methoden voor zuivering.
De eisen aan het te lozen water op het oppervlaktewater zijn: N gehalte < 2,2 mg/liter en een P gehalte < 0,15 mg/liter water. Voor de pesticiden zijn eveneens normen geformuleerd.

2 Plan van aanpak

Binnen PPO is veel 'water' kennis aanwezig. Aanvullende kennis is verkregen door literatuuronderzoek en bundeling van praktijkervaring.
Buiten de eigen organisatie zijn contacten gelegd met bedrijven actief op het gebied van waterbehandeling in de land – en tuinbouw en waterwinning. Contact is gezocht met Waterschappen en laboratoria die actief zijn op het gebied van routinematig onderzoek van de waterkwaliteit. Tevens zijn de mogelijkheden voor het ontwikkelen van aangepaste methodieken voor waterkwaliteitsverbeteringen via industrie en toeleveringsbedrijven onderzocht.

In de volgende stappen is per fase aangegeven hoe is gewerkt:

- Inventarisatie van de kwantitatieve en kwalitatieve waterstromen op bedrijfsniveau;
- Inventarisatie en beschrijving van de problemen met de waterkwaliteit op bedrijfsniveau;
- Toetsen van de analyse cijfers aan de waterkwaliteitsnormen.
- Oplossingrichtingen, gebruikmakend van kennis uit andere sectoren
- Aanbevelingen voor waterbehandelingen in afhankelijkheid van de aangeleverde kwaliteit van het water en de gewenste waterkwaliteit voor gebruik;
- Aanbevelingen over de handhaving van kwaliteit tijdens de opslag van water.

3 Inventarisatie kwantitatieve en kwalitatieve aspecten

3.1 Kwantitatieve aspecten van waterstromen

In deze paragraaf wordt inzicht gegeven in de hoeveelheden aan water die worden verbruikt via verdamping door gewas en (pot)grond en de totale hoeveelheid water die in een teeltsysteem wordt verpompt per jaar. Te onderkennen zijn het werkelijke water verbruik door verdamping op het boomkwekerij bedrijf en de verpompte of verplaatste hoeveelheden aan water voor de uitvoer van de verschillende teeltsystemen.
De verdampte hoeveelheden per ha per jaar hangen sterk af van de teeltduur, het gewastype en de intensiteit van gebruik van de oppervlakte.
Als voorbeeld containerteelt met als ingang gewastype per ha per jaar:
A. Gewassen met een lage verdamping 3.000 – 4.000 m^3;
B. Gewassen met een matige verdamping 4.000 – 5.500 m^3;
C. Gewassen met een hoge verdamping 5.500 – 7.000 m^3 .
Het water verdampt in het sterkst in de maanden juli – augustus en de geringste hoeveelheid in de periode november – februari.
Om de verdampte hoeveelheden aan te vullen zullen grotere hoeveelheden water via het gietsysteem moeten worden aangevoerd. Bij overheadberegening valt water naast de potten en kan de grond indringen of via het gesloten recirculerend systeem in het bassin worden teruggevoerd.
De verpompte hoeveelheden water zijn voor de meest extensieve teelten in de vollegrond buiten het laagst en voor de intensieve teelten het hoogst voor de eb/vloedsystemen die altijd recirculerend zijn aangelegd.
De verpompte hoeveelheden water kunnen nog veel hoger zijn wanneer het water in het recirculerend systeem tijdens de procesgang van zuivering naar de opslag erbij wordt betrokken. In tabel 1 staan schattingen voor de hoeveelheden verpompt water, die voor de gietwatervoorziening nodig zijn.

Tabel 1: Hoeveelheden water verpompt als gietwater in teeltsystemen voor de boomkwekerij.

Teeltsystemen	Per ha per jaar in m^3
a. Extensief teelt in de vollegrond buiten	1.000 - 3.000
b. Teelt in de kas vollegrond	3.000 – 5.000
c. Teelt in de kas in potten of containers – overhead beregening	10.000 – 15.000
d.Teelt buiten in potten of containers - druppelbevloeiing	4.000 - 6.000
e. Teelt buiten in potten of containers - overheadberegening	12.000 – 20.000
f. Teelt buiten in potten of containers - bevloeiingsmatten	6.000 – 12.000
g. Teelt buiten in potten of container – eb/vloed op tafels	20.000 - 30.000
h. Teelt buiten in potten of containers – eb/vloed systemen op vloeren	30.000 – 40.000

3.2 Kwalitatieve aspecten van waterstromen

3.2.1 Chemische kwaliteitsnormen voor gietwater

Een grove indeling kan worden gemaakt naar de chemische kwaliteitseisen van het gietwater. Buiten beschouwing blijven de voedingsstoffen die in het gietwater aanwezig zijn, omdat voor de verschillende gewassen en teelten andere eisen aan het gehalte aan voedingsstoffen gehalten wordt gesteld. Het toelaatbaar ijzergehalte in tabel 2 heeft betrekking op de tweewaardige ijzer-ionen. Dit betreft onderzoek van bronwater waarbij de beoordelingsnorm afhankelijk was van het gebruik. Voor gebruik in nevelsystemen met fijne sproeiers moet een hogere eis worden gesteld dan aan water bestemd voor de vollegrond buiten. Bladhoudende gewassen met sierwaarde mogen niet bedekt raken met een laagje geoxideerd ijzer.
De genoemde gehalten in tabel 2 zijn de toelaatbare gehalten ter voorkoming van overmaat of toxisch verschijnselen. In tabel 3 betreft het gewenste gehalten aan voedingsstoffen in het gietwater voor de planten wanneer de aanvoer van voedingsstoffen volledig door het gietwater wordt gedekt.

Tabel 2: Chemische kwaliteitsnormen voor het gietwater voor teeltsystemen in de boomkwekerij.

Kwaliteitsklasse	1	2	3
Toepassing, systeem	Vermeerdering Recirculerend	Recirculerend en teelt in pot	Vollegronds teelt
Gewasgevoeligheid	Zeer zoutgevoelig gewas	Zoutgevoelig gewas	Weinig zoutgevoelig gewas
pH water	6,5 – 7,5	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5
EC-waarde mS/cm	< 0,5	< 0,8	< 1,2
Cl mmol / l	< 1,0	< 2,5	< 5,0
Na	< 0,5	< 2,5	< 5,0
HCO_3	< 1,0	< 2,0	< 4,0
SO_4	< 1,0	< 1,5	< 2,5
Zn micromol / l	< 3,0	< 5,0	< 10
Mn	< 5,0	< 10	< 20
B l	< 15	< 20	< 40
Cu	< 20	< 30	< 50
Fe			
-Waternevel, dakbesproeiing	< 4,0	< 4,0	< 4,0
-Druppelbevloeiing	< 10	< 10	< 10
-Gewas bladhoudend	< 50	< 50	< 100
-Gewas bladverliezend	< 100	< 100	< 200

Lit. Bemestingswijzer boomkwekerijgewassen. Goed gietwater voor de boomkwekerij.
Art. Is de pH hoog dan wordt ook het HCO_3 gehalte erbij betrokken. Aanzuren is dan noodzakelijk.

Als voorbeeld adviezen voor de gehalten aan voedingsstoffen wordt in tabel 3 een voorbeeld gegeven voor de teelt onder glas met regenwater.

Tabel 3: Streefwaarden als advies voor de voedingsoplossing voor Digitalis, Lupinen en Penstemon

Beoordeling	*Digitalis*	*Lupinen*	*Penstemon*
EC – mS / cm	1,8	1,2	1,5
pH - water	6,0 – 6,5	6,0 – 6,5	6 0 - 6,5
NH_4 - mmol / liter	1,25	1,0	1,25
K	4,0	3,0	3,5
Na	< 2,5	< 1,5	< 1,5
Ca	3,5	2,5	3,0
Mg	1,5	1,0	1,25
NO_3	9,0	7,0	8,0
SO_4	< 2,5	< 1,5	<1,5
P	0,25	0,5 kort hoog +(0,25)	0,4
Fe - µmol / liter	12	12	12
Mn	5	5	5
Zn	1,0	1,0	1,0
B	15	15	15
Cu	3	3	3
Mo	3	3	3

Bron: Groeiremming van vaste planten door een verlaagde P-gift. PPO-Lisse.

3.3 Meetnet waterkwaliteit

Door Hoogheemraadschappen en Waterschappen zijn meetnetten opgezet om inzicht te krijgen in de waterkwaliteit van het oppervlakte water. Deze meetnetten hebben betrekking op gewasbeschermingsmiddelen en N en P.
In de rapportage Agrarische meetnetten 2005 en 2006 van de boomteelt in de Gouwe Polder van het Hoogheemraadschap Rijnland zijn In totaal 31 bestrijdingsmiddelen opgenomen. In 2005 waren 11

middelen boven de Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR) norm of maximaal toelaatbaar resultaat en in 2006 10 middelen. Een aantal van deze bestrijdingsmiddelen zullen ook worden opgenomen in de KRW.

Tabel 4: Bestrijdingsmiddelen die MTR norm overschrijdend zijn in de Gouwe Polder in 2005

Gemeten stoffen boomteelt	MTR norm – µg/liter	Maximale overschrijding (X)
BITERTANOL	0,31	3,0
CARBENDAZIM	0,5	24
CARBUFURAN	0,91	2,4
IMIDACLOPRID	0,013	923
IPRODION	0,1	13
LINURON	0,25	2,3
MONOLINURON	0,001	20
PIRIMICARP	0,09	1,1
PROPICONAZOOL	10	1,4
SIMAZIN	0,14	4,2
TRIZOFOS	0,032	4,7

X hoeveel keer MTR waarde.
Bron: Agrarische meetnetten 2005. Hoogheemraadschap van Rijnland

De gehanteerde waarden waarmee de basiskwaliteit van het water (= oppervlakte water) wordt aangegeven worden in drie groepen gesplitst:

Groep 1: Algemene parameters. Hieronder vallen:

- zintuiglijke waarnemingen;
- fysisch-chemische parameters waarmee inzicht wordt verkregen in effecten van verontreiniging.

- kleur, geur, schuim, vast afval, troebeling; het water mag niet zichtbaar of ruikbaar verontreinigd zijn.
- zuurgraad, 6,5 ≤ pH ≤ 9,0.
- temperatuur ≤ 25 °C.
- zuurstof ≥ 5 mg/liter, voor recirculerend water wordt aangegeven een O_2 gehalte van bij voorkeur > 7 mg O_2 per liter water.
- doorzicht, gemiddelde waarde voor eutrofiëringsgevoelige wateren van april t/m september. ≥ 0,5 m.
- algenbiomassa, gemiddelde waarde april t/m september. ≤ 100 µg/liter (als chlorophyl-a).
- totaal fosfaat, gemiddeld waarde april t/m september, ≤ 0,15 mg P/liter.
- ammoniak, som van ammonium-NH4 en ammoniak NH3. ≤ 20 µg N/liter.

Groep 2: Stoffen waarvan het voorkomen door verontreiniging en/of natuurlijke omstandigheid wordt bepaald.

- chloride, in principe gedifferentieerd naar gewasgroep, algemene wens ≤ 200 mgCl/liter.
- sulfaat, ≤ 100 mg SO4/liter.
- nitraat +nitriet, ≤ 10 mgN/liter.

Groep 3: Stoffen waarvan het voorkomen voornamelijk door verontreiniging wordt bepaald.

Zware metalen:

- cadmium ≤ 2,5 µg /liter;
- kwik ≤ 0,5 µg /liter;
- koper ≤ 50 µg /liter;
- Lood ≤ 50 µg /liter;
- zink ≤ 200 µg /liter;
- chroom ≤ 50 µg /liter;
- nikkel ≤ 50 µg /liter;
- arseen ≤ 50 µg /liter.

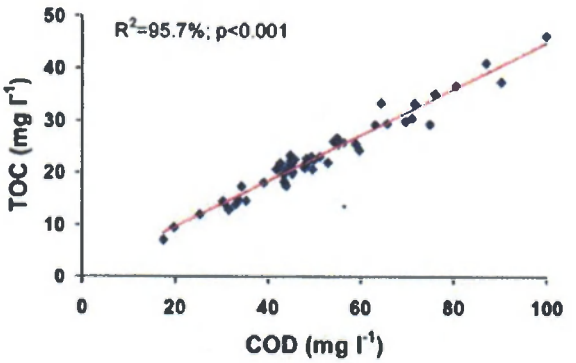
Organische microverontreinigingen:

- monocyclische aromatische koolwaterstoffen, totaal aan stoffen ≤ 2 µg /liter;
- polycyclische aromatische koolwaterstoffen, totaal aan stoffen ≤ 100 µg /liter;
- organochloorpesticiden, totaal aan stoffen ≤ 20 µg /liter;
- gechloreerde bifenylen (PCB's) ≤ 7 µg /liter;
- gechloreerde aromatische amines ≤ 1 µg /liter;
- gechloreerde fenolen ≤ 50 ng/liter.

Overige van groep 3:
- thermotolerante bacteriën van de coligroep ≤ 20 MNP/ml.
- ziekteverwekkende micro-organismen: Salmonella, Shigella, Leptospira, Brucella, Mycobacterium, e.a.
- straling voor radioactieve stoffen wordt uitgedrukt in Baqarel (Bq/l).

3.4 Organische stoffen en O_2 verbruik in recirculerend water

In gesloten recirculerende systemen is onderzoek gedaan naar de relatie tussen het totaal koolstofgehalte (Total Organic Carbon - TOC in mg per liter water) en het chemisch zuurstofverbruik (Chemical Oxygen Demand - COD mg per liter). Deze relatie was zeer goed R^2 = 95,7%; p<0.001.
Per mg C-koolstof (TOC) bleek 2 mg O_2 zuurstof (COD) nodig te zijn.
Andere uitgevoerde metingen zijn: zuurstofgehalte, pH, temperatuur en geleidingsvermogen in mS/cm. De metingen werden uitgevoerd in de periode mei t/m oktober. Het TOC gehalte neemt in de tijd in het recirculerend water toe zonder zeer ingrijpende maatregelen. Bij onvoldoende zuivering of filtratie zal het recirculatie water in de loop van het teeltseizoen sterker verontreinigd worden met als gevolg een negatief effect op het O_2 gehalte in het te hergebruiken water.
Omdat niet alle organische stof in het opgeslagen water direct afgebroken wordt is het nog moeilijk voorspelbaar waar exact de kritische grenzen liggen.
Omdat in de zomer het warmere water een lager zuurstofgehalte heeft en bovendien de hoeveelheid organische stoffen in het water toeneemt, is zuivering van het recirculerend water voor opslag noodzakelijk.
De hoeveelheid TOC zal altijd lager dan 10 mg per liter moeten zijn. Aanvullend onderzoek is noodzakelijk om de kritische grenzen vast te stellen.



Lit. Seasonal variations of biotic factors in closed commercial greenhouse growing systems. 2007. Bergstrand,K.J., S. Khalil, M. Hultberg & B.W. Alsanius. Department of Hoticulture, Alnarp, Sweden.

3.5 Microbiologische activiteit in het recirculerend water

De microbiologische activiteit neemt in het recirculatie water toe tijdens de teeltduur van het gewas. De metingen werden uitgevoerd in de periode april t/m oktober. De microbiologische analyses werden uitgevoerd op de volgende semi-selectieve media:
Algemene bacterie flora: R2A
Algemene schimmel flora: maltextract Agar
Fluorescent pseudomonad's: King B Agar
Filamentous actinomycetes: Chitin oatmeal agar.
De algemene bacterie- en schimmelflora, het zuurstof gehalte en de pH in het recirculerend water waren sterk gecorreleerd met het ontwikkelingsstadium van het gewas in het teeltsysteem.
Inzicht in de dynamiek van deze factoren tijdens de teelt kan mogelijk worden gebruikt als hulpmiddel voor de prognose van een naderende ziekte uitbreiding.
Als conclusies of kwaliteitseis kunnen voor de boomkwekerij nog geen grenzen worden vastgesteld.
Onderzoek in deze is gewenst waarbij de aansluiting met de routine analyses moet worden gevonden om in de toekomst voorspellend de infectiedruk van het water te kunnen bepalen. Met het resultaat kan op termijn dan worden vastgesteld of extra maatregelen genomen moeten worden.

Lit. Seasonal variations of biotic factors in closed commercial greenhouse growing systems. 2007. Bergstrand,K.J., S. Khalil, M. Hultberg & B.W. Alsanius. Department of Hoticulture, Alnarp, Sweden.

4 Inventarisatie van de problemen met de waterkwaliteit op bedrijfsniveau

In dit hoofdstuk worden de mogelijke problemen m.b.t. de waterkwaliteitsaspecten op bedrijfsniveau beschreven. De waterkwaliteit wordt in onderdelen chemische -, fytosanitaire, fysische- en biologische aspecten besproken. Eveneens wordt het probleem met de ontheffingen van de brijnlozingen behandeld.

4.1 Chemische aspecten

In de teelt kunnen zich vele problemen voordoen i.v.m. de chemische samenstelling van het te gebruiken gietwater. In tabel 2 zijn de chemische kwaliteitsnormen voor gietwater aangegeven.

Zuurgraad of pH

De pH van het oppervlakte water varieert meestal tussen 7 en 8,5. Door aanwezigheid van algengroei en andere waterplanten (bv. eendenkroos of Azolla) wordt het wateroppervlak sterk afgedekt en afgesloten voor diffusie. Daardoor ontstaat een hogere CO_2 productie en lagere diffusie met de buitenlucht en neemt het bicarbonaatgehalte in het water toe. Het gevolg is dat de pH stijgt, soms zelfs boven 10. Door het gebruik van dit water als gietwater neemt de pH van het substraat toe tot ongewenste hoogte, waardoor problemen ontstaan met de opname van o.a. de spoorelementen Fe en Mn.
Regenwater, condenswater en osmose water kunnen soms een te lage pH hebben en zijn daardoor schadelijk. Neutraliseren is dan noodzakelijk met chemische middelen of door het water door een marmer bad te leiden.

EC-waarde

De EC of het elektrisch geleidingsvermogen wordt bepaald door alle zouten die in het water zitten.
De schadelijke ballastzouten zoals Na, Cl en SO_4 kunnen in te hoge gehalten aanwezig zijn waardoor het beschikbare grond – en/of oppervlakte water ongeschikt is voor gebruik.

Chloride en Natrium

Oppervlakte- en bronwater kunnen in het westen – en noorden van het land te hoge gehalten aan Cl en Na hebben. Onder invloed van de aanvoer van brak kwelwater uit de dieper liggende watervoerende lagen wordt het aanwezige oppervlakte water beïnvloed. Door continu aanvoer van brak kwelwater kan een gehele polder ongeschikt gietwater bevatten. Het heeft geen zin om via een bron uit deze diepere kwelzones water te onttrekken voor gebruik zonder een waterbehandeling.

Bicarbonaat

Op veel locaties in Nederland zijn van nature al hoge gehalten aan bicarbonaat of HCO_3 aanwezig in het grond – en oppervlakte water. Bekend zijn o.a. het gebied rond het Rijk van Nijmegen en talrijke locaties in de provincie Noord-Holland. Door het gebruik van dit water neemt de pH van het substraat sterk toe waardoor schade aan het gewas optreedt. Bevat dit water hoge concentraties Na-bicarbonaat dan ontstaan bleek blad, chlorose-verschijnselen als gevolg van Fe- en Mn-gebrek en bladverbranding.

Sulfaat

Voor de plantenvoeding zijn lage concentraties van circa 1 mmol S/liter nodig. In het oppervlakte water kunnen hoge concentraties aanwezig zijn waardoor de EC-waarde van het gietwater extra wordt verhoogd. Voor de zoutgevoelige gewassen kan dit snel aanleiding geven tot groeiremming.

Zink

Zeer frequent komen verhoogde zinkgehalten in het water voor. De oorzaak is meestal gelegen in onvoldoende bescherming van de verzinkte goten in kasconstructies door een coating. Het opgeslagen regenwater dat wordt gebruik als gietwater kan dan te hoge Zn gehalten bevatten.
Bij hoge gehalten kan bladschade door bladverbranding ontstaan. Ook door opname van de wortels kan bladschade door chlorose. Gehalten > 20 µmol Zn / liter in het gietwater leiden door accumulatie in de

potgrond uiteindelijk tot schade en groeiremming van het gewas.

IJzer

Bronwater kan grote concentraties ijzer bevatten. IJzer kan diverse schaden veroorzaken. Een hoog ijzergehalte in het bronwater veroorzaakt o.a. het vastleggen van fosfaten.

a. Toxiciteit; voor de planten betekent dit, dat bij te hoge gehalten het gewas wordt beschadigd en de groei wordt gestoord.
b. Vervuiling: een bruine neerslag ontstaat op de gewassen. De waarde van het gewas of vrucht verminderd of is niet verkoopbaar. Van glasopstanden en gebouwen, kan de lichtdoorlatendheid sterk afnemen en daardoor wordt een lagere opbrengst behaald.
c. Verstoppingen: leidingen, filters en druppeldoppen kunnen verstopt raken.

Mangaan

Mangaan kan in hoge gehalten in het grondwater voorkomen. Is de pH van het water laag dan oxideert mangaan moeilijk. Bij gebruik van zulk gietwater gaat Mn in het substraat oxideren en dit leidt tot zuurstofverbruik en een lager zuurstofgehalte in het substraat. Een laag zuurstofgehalte in de potgrond leidt tot een slecht groeiresultaat.
Een te hoog mangaangehalte in de potgrond vergroot het antagonisme in de opname van ijzer waardoor ijzergebrek symptomen ontstaan.

Borium

Schade door borium overmaat is in het verleden waargenomen. Er is borium van nature in het oppervlakte water aanwezig tot een niveau van 20 µmol per liter water. Door een te hoge bijbemesting met borium kunnen de gehalten in een gesloten systeem nog verder oplopen. De schadelijk grens ligt bij circa 100 µmol per liter. De concentratie in meststoffen voor bijbemesting zal nauwlettend moeten worden gecontroleerd. Dit laatste geldt in principe voor bemesting met alle hoofd – en spoorelementen.
Literatuur, Goed gietwater voor de boomkwekerij. Bemestingswijzer boomkwekerij gewassen.

4.2 Fytosanitaire aspecten

In het gietwater van een recirculerend system kunnen ziekten aanwezig zijn die een ernstige bedreiging vormen voor de teelt. De bedreiging is gewasafhankelijk. In de boomkwekerij zijn de bacteriën Erwinia en Xanthomonas en de schimmels Botrytis cinerea, Cylindrocladium scoparium, Fusarium oxysporum, Penicillium sp., Phytophthora cinnamomi en andere spp., Pythium spp., Rhizoctonia solani, en Verticillium dahliae belangrijke belagers. Ook nematoden kunnen met het recirculerende water worden meegevoerd. In het teeltsysteem wordt in de teelt een aantal voorzorgsmaatregelen genomen, waardoor de verbreiding tot een minimum wordt beperkt of als het kan uitgesloten. Basis principe is een zeer goede hygiëne waardoor vanaf zaaien of andere vorm van vermeerdering de planten gezond blijven.
Engels onderzoek heeft aangetoond dat op de kasdekken sporen van ziektekiemen aanwezig kunnen zijn waardoor het opgeslagen regenwater toch gecontamineerd is. Het aantal sporen van ziektekiemen is meestal klein en de grootte van de sporen is 10 – 30 micron. Testen werden uitgevoerd met stukjes gewas in incubatieschaaltjes met soorten water.
Vaak kon in "schoon regenwater" van het kasdek Pythium en Fusarium worden aangetoond.
Deze testen zijn ook geschikt voor het aantonen van andere ziekte belagers in de recirculerende systemen.
Gewasbeschermingmiddelen worden in veel gevallen voorbehoedend via het irrigatiewater of via de potgrond toegediend. De andere behandelingsmanieren voor doding van o.a. de sporen van ziekten worden in het volgende hoofdstuk besproken.

4.3 Fysische en biologische aspecten van belang voor de waterkwaliteit

Afbreekbare organische verbindingen in het recirculerend water leiden bij toename van de temperatuur en pH van de water al snel tot lage zuurstofgehalten. Is bovendien het bassin of de sloot bedekt met een laag eendenkroos, Azolla of een andere waterplant waardoor de zuurstof diffusie wordt gestoord, dan zijn de zuurstofgehalten snel te laag en uiteindelijk tot een niveau van praktische nul. Het water wordt anaeroob en

stinkt. Zonder maatregelen of herstel in kwaliteit is dit water slecht en heeft een negatieve invloed op de groei en gezondheid van de plant.
In basen rijk water zitten hoge concentraties calcium, ijzer, magnesium en bicarbonaat. Eutroof water bevat hoge concentraties aan N en P geredeneerd vanuit een evenwichtig ecosysteem. Azolla, eendenkroos en andere waterplanten, drijvend of als oeverbegroeiing, zullen goed gedijen in eutroof water en daardoor kan de gehele water oppervlakte bedekt zijn met deze waterplanten.
In het oppervlaktewater zoals sloten en plassen en de waterbassins kunnen algen in een grote verscheidenheid voorkomen. Algen zijn bladgroen bevattende planten die geen differentiatie in wortels, stengels of bladeren hebben. Zij zijn eencellig of meercellig, drijvend (bv. draadvormige groenalgen of "flap') of groeien op de bodem. De algen die in het water groeien kunnen groen, blauw, bruin of rood zijn. Elke alge heeft zijn specifieke wensen voor de watersamenstelling. De Redfield ratio kan worden gebruikt om te bepalen of er groene of blauwe alg zullen groeien in het water. De verhouding stikstof en fosfor is bepalend of er groene alg dan wel blauwe alg in het water in overdaad groeit. Bij veel nitraatstikstof en weinig fosfaat in het water is de kans groot op groene alg. Is er weinig stikstof (NO3) en veel fosfaat (PO4) dan is de kans groot op blauw algen. Is de ratio nitraatstikstof: fosfaat 16: 1 dan is er weinig kans op algen groei. De kans op blauwe alg bestaat bij ratio < 10 en op groene alg bij ratio > 22.
Lit. Ecohydrologisch herstel Reeuwijkse Plassen. Dec. 2000. Opdr. Hoogheemraadschap. Uitvoer IWACO.

Relatie zuurstofgehalte van het water en groei van het gewas

Door TNO Nederland is in onderzoek aangetoond dat het zuurstofniveau in het gietwater zowel in stekmedium als in containers de wortelgroei beïnvloedt. Een hoger gehalte aan zuurstof gaf een betere ontwikkeling en betere groei van de plant .
De dosis aan zuurstof in het gietwater varieerde van circa 0,5 mg tot 10 mg O_2 per liter water. Bij niveaus < 3,6 mg zuurstof / liter werd de wortelgroei ernstig beperkt. Was het zuurstofgehalte > 5 mg zuurstof per liter dan kan een goed wortelstelsel worden verkregen indien de fysische kwaliteit van de potgrond tot op de bodem van de pot in orde is.
In het onderzoek werd naast het zuurstofgehalte ook het vochtgehalte in het groeimedium gevarieerd. Onder natte omstandigheid werd een laag zuurstofgehalte van 3 à 4 mg O_2 / liter in het bodemvocht gemeten dat negatief voor de wortel- en plantengroei was. Was de watervoorziening optimaal en het volume % lucht in de potgrond > 20 dan kan worden volstaan met een gehalte aan zuurstof in het water van > 5 à 6 mg O_2 per liter water. Was het volume % lucht in de potgrond > 40 dan is er een goede zuurstof diffusie en kan geen extra effect van het niveau in zuurstofgehalte via het gietwater worden bereikt. Omdat in de buitenteelten regelmatig in de potgrond onder in de potten of containers volume % lucht voorkomen die < 15 zijn, kan altijd worden aanbevolen gietwater met een zuurstofgehalte van > 5 à 6 mg O_2 per liter te gebruiken.
Lit. TNO Toegepaste Plantwetenschappen. Wessel Holtman. Leiden. Onder Glas, nr.2 febr. 2006.
Abstract ISHS. Symposium soilless culture. Nothingham 2007. Wessel Holtman. TNO. Leiden.

Metingen van het zuurstof gehalte in diverse soorten water

De metingen werden uitgevoerd met als doel het vergroten van inzicht in de zuurstofgehalten van het gietwater in de zomerperiode. Het onderzochte water was leidingwater, diverse kwaliteiten slootwater, en recirculerend water in diverse opslag bassins en onderweg in het teeltsysteem. Temperaturen van het water waren 24 – 28 °C.
De resultaten van de metingen zijn in tabel A van Bijlage 1 opgenomen.
Het zuurstof gehalte van het regenwater is gunstig hoog. Van het recirculatiewater is het zuurstofgehalte laag. In het opgeslagen recirculatiewater werden zeer grote hoeveelheden groene alg waargenomen die zuurstof verbruiken, waardoor de concentratie aan zuurstof laag was. De EC-waarden zijn in beide monsters laag. In het recirculatiewater zijn voedingsstoffen in een lage concentratie aanwezig die tevens de voeding waren voor de groene algen. De resultaten van de zuurstof metingen op het Boomkwekerij bedrijf Zonzeel van de Familie Loonen zijn opgenomen in Tabel B van de Bijlage 1.

Algemeen kan worden opgemerkt dat schoon water, vrij van organische bestanddelen een hoog zuurstofgehalte heeft. Levende planten (algen, enz) drijvend of zwevend of dood afbreekbaar organisch materiaal zijn van grote invloed op het zuurstof gehalte, waardoor lagere tot zeer lage zuurstof gehalten worden gemeten. Dit water heeft een zeer hoog Biologisch Zuurstof Verbruik (BZV of BOD).
Water dat chemisch verontreinigd is door bijvoorbeeld S, of ijzerhoudend kwelwater verbruikt extra zuurstof. Het Chemisch Zuurstof Verbruik (CZV of COD) voor de oxydatie van chemische stoffen is in de situatie van

het slootwater van Loonen ijzerhoudend en heeft extra zuurstof nodig.

Tabel 5: Kwaliteitklassen voor momentane zuurstofgehalte in het water in mg O_2 per liter water

Klassen	Omschrijving type water	mg O_2 per liter water
Zeer goed water	Schoon regenwater, belucht water, leidingwater	> 8
Goed bruikbaar water	Schoon oppervlakte water zonder begroeiing, goed voorgezuiverd recirculatie water, voorgezuiverd donker opgeslagen recirculatie water	6 - 8
Matige kwaliteit	Oppervlakte water met begroeiing van Azolla of eendenkroos. Vervuild recirculatiewater in de opslag, recirculatiewater niet in het donker opgeslagen	4 - 6
Slechte kwaliteit	Sterk vervuild oppervlakte water en recirculatie water bedekt met begroeiing	< 4

5 Oplossingsrichtingen om de waterkwaliteit te verbeteren

5.1 Algemeen

In dit hoofdstuk worden systemen beschreven uit de tuinbouw en de procestechniek van zuiveringsinstallaties die relevant zijn voor waterbehandeling in recirculerende systemen.

5.2 Mechanische filtering

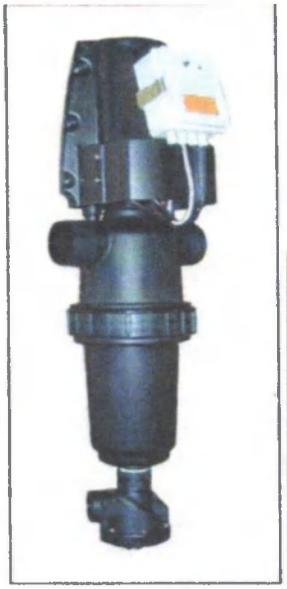
De recirculerende containerteelt bedrijven hebben in het algemeen grote hoeveelheden water te zuiveren voordat deze in het bassin voor hergebruik kunnen worden opgeslagen. Wanneer het water via open goten wordt afgevoerd is de kans op verontreinig door potgrond – en bladresten groot. Wordt de watervoorziening via een ebvloed systeem uitgevoerd dan moet ook rekening worden gehouden met een grotere mate van verontreiniging van het recirculerend water. Tabel 6 geeft een aantal scheidingsprincipes weer.

Tabel 6: Enkele algemene begrippen in de procesgang van filtratie voor waterzuivering

Proces	Voedingwater bevat	Scheidingsprincipe	Poriën doorsnede
Macrofiltratie	Grond – en plantendelen	Zeefbocht met zeefwerking	2500 - 3500 mu
Macrofiltratie	Suspens?ie, organische – en minerale deeltjes	Zeefwerking, drukval over filter 3 – 8 kPa	130 – 200 mu
Microfiltratie	Colloïdale oplossingen	Zeefwerking, drukval over membraan 10 – 100 kPa	60 - 130 mu
Ultrafiltratie	Vloeistof met grote moleculen, bv. eiwitten	Zeefwerking, drukval over membraan 50 kPa – 1 MPa	1 – 10 mu
Hyperfiltratie	Vloeistof met opgeloste zouten of organische stoffen	Diffusie door membraan, drukval 1 – 10 MPa (osmotische druk)	0,1 – 0,01 mu
Omgekeerde osmose	Vloeistof met opgeloste zouten	Semi-permeabel membraan, drukval 5 – 10 MPa	< 0,01 mu

Bron: Polytechnisch zakboekje. PBNA. 1986.

Er zijn diverse types filters, zoals zeef-, zand/media- en diskfilters met automatisch zelfreinigende programma's. Deze bieden een efficiënte oplossing voor de filtratie van water met een wisselende vuilbelasting of een fluctuerend debiet. Deze situatie doet zich onder buiten omstandigheden voor recirculerende systemen regelmatig voor.
Als eerste stap komt het recirculerend water via natuurlijk verval in een verzamelput. Vanuit de verzamelput wordt het water met een vuilwaterpomp naar de zeefbocht verpompt. Het grove organisch materiaal wordt door de zeefbocht afgescheiden en vervolgens gaat dit water in de tijdelijke tussenopslag.



Bron: Revaho, Maasdijk.

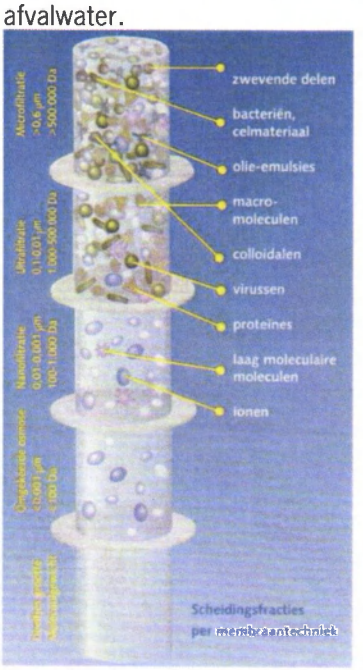


Bron: UVAR, 's-Gravendeel.



Bron: UVAR, 's-Gravendeel

Als tweede stap gaat dit water door een zelfreinigend Amiad filter van bv. 400 micron, direct gevolgd door de derde stap een automatisch zelfreinigend hydraulisch filter met een doorlaat van 100 micron filter, afhankelijk van het beregeningssysteem. Het zelfreinigend hydraulisch filter van Meteor Systems is uitgerust met een volautomatisch borstel en spoelsysteem en is uitgerust met twee drukmeters. Neemt het drukverschil te sterk toe dan wordt in 15 seconden gespoeld. De hoeveelheid spoelwater is slechts één achtste deel van een zandfilter dat een 80 micron filter heeft. Wordt het water voor druppelbevloeiing gebruikt dan wordt de kleinste doorsnede van 50 micron gekozen. Dit fijne filter is als voorbehandeling voor het recirculatie water geschikt voor de UV-C ontsmetter.
Voor de opslag van water in de ondergrond wordt eerst het regenwater door een automatisch zelfreinigend 10 micron schermfilter gevoerd naar het infiltratievat en wordt dan via de verschillende bronbuizen in de ondergrond gebracht.
De ervaring van Nic. Sosef installatie bedrijf is dat nog schoner regenwater kan worden opgeslagen door het water door 1 micron filter als extra trap te behandeling. De kans op vervuiling van de bron wordt daarmee aanzienlijk verkleind. (Persoonlijke mededeling)
Technisch Bureau Bruine de Bruin noemt de opvolging van de verschillende processen "Multifiltratie" en deze kan als zodanig worden ingezet voor het recirculerend water, het oppervlaktewater en het aanwezige afvalwater.



Bron: Technisch bureau Bruine de Bruin. 2007.

5.3 Biologische zandfilter

Langzame zandfilters zijn reeds tientallen jaren bekend als biologische methode voor de doding van ziekteverwekkers.
Op de onderzoekslocatie in Geisenheim in Duitsland is deze methodiek ontwikkeld en gepropageerd. Indien wordt gewerkt volgens de gehanteerde principes kan een goede doding van schimmels en bacteriën bereikt worden. Onvoldoende tot geen doding is er bij Fusarium, aaltjes en virussen. De werking berust op de dunne slijmerige laag van organische stof rond de zandkorrels waarin een grote biologische activiteit heerst met micro-organismen en kleine waterdiertjes. Alles wat organisch is wordt geconsumeerd dus ook de schimmels. De in het filter aanwezige micro-organismen doden sporen van o.a. Pythium en Phytophthora cinnamomi. De werking is temperatuurafhankelijk. Voor een goede werking behoort de temperatuur minimaal 15 °C te zijn. Plaatsing in een kas heeft dus de voorkeur. De werking is ook afhankelijk van een goede biologische evenwicht. Daarom is de incubatie tijd van een nieuw systeem 2 à 3 weken na ingebruikname. Gebruik van gewasbeschermingsmiddelen is funest voor de werking van het zandfilter. Ongeveer een kwart van de installaties in de sierteelt om water te ontsmetten zijn biologische zandfilters. Het zandfilter ontsmet niet doch brengt de populatie of infectie druk terug tot een acceptabel niveau.

De opbouw, filtersnelheid en onderhoud zijn belangrijke aandachtvelden voor een goede werking. Het filter bestaat uit drie lagen. De onderste laag van 25 cm bestaat uit grof grind (5 – 25 mm). Een vlies doek voor scheiding van de fracties. De volgende laag van 30 cm dik bestaat uit fijn grind met een doorsnede van 2 tot 7mm. Een vliesdoek als scheidingslaag. Daarop ligt een 80 tot 140 cm dikke laag filterzand van 0,2 – 2 mm doorsnede. Boven op deze laag filterzand komt continu een laag water te staan van 50 cm.

De filtersnelheid is 210 tot 300 liter per uur per m^2 filter oppervlak. Daarmee is de capaciteit 5 – 7,2 m^3 per etmaal. Voor andere wortelschimmels dan Phytophthora en Pythium wordt aangeraden de doorstroomsnelheid te verlagen naar 2 tot maximaal 5 m^3 afhankelijk van de infectie druk. Het behandelde water moet apart worden opgeslagen.

Het onderhoud bestaat uit het verwijderen van organisch materiaal in de toplaag en het los of gelijkmatig open maken van een klein deel van de toplaag van het zandfilter. Dit moet meestal één – of tweemaal per jaar gebeuren.
De werking van het filter kan worden gecontroleerd door een DNA analyse van het water.

Het beschreven biologische systeem van de langzame zandfiltratie is van de Fachhochschule Wiesbaden, Fachgebied Gartenbau und Landespflege in Geisenheim.

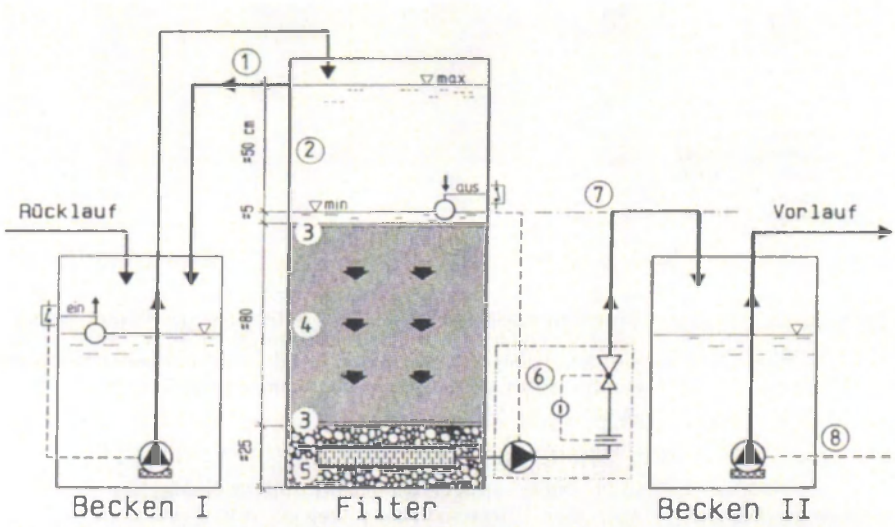


Abb. 5: Funktionsschema einer „Langsamfiltrations"-Anlage zur Entseuchung von Drainagewasser
1 = Überlauf
2 = Wasserstand
3 = Filtermatte (Vliesmatte)
4 = Filterkörper (Sand 0,2 bis 2 mm oder 'Siran')
5 = Drainageschicht (Grobkies 5 bis 25 mm mit Drainagerohr)
6 = Durchflußbegrenzung oder ersatzweise Handventil (max 3,5 bis 5 Liter/min je m² Filterfläche
7 = Niveau auf Wasserstand min.
8 = Bewässerungssteuerung
Zeichnung: Bambach

Bron: TASPO. Praxis, Geschlossene Kulturverfahren. 1990.

5.4 Hypofyten filter

Een hypofyten filter kan worden omschreven als een voorziening waarin op natuurlijke manier water wordt gezuiverd in het landelijk gebied.
Deze methode is ontwikkeld in Geizenheim/Wiesbaden in Duitsland waarbij het niveau aan mineralen in het water op een biologische manier wordt verlaagd. De twee belangrijkste voedingsstoffen zijn stikstof en fosfaat. Daarnaast wordt het water gezuiverd van organische delen en door de verblijfstijd worden bestrijdingsmiddelen verder afgebroken tot minder schadelijke reststoffen.
Opbouw filters
Deze vorm van waterzuivering bestaat uit drie trappen waarbij de voorkeur uitgaat naar een aanleg waarbij via cascaden het water extra wordt verrijkt met zuurstof.
De **eerste** fase bestaat uit de voorzuivering.
Een sedimentatie stap die uit drie trappen of herhalingen bestaat met er tussen een cascade voor verrijking met zuurstof. De filterbakken zijn beplant met *Phragmitis australis*, en met een gemengde beplanting van *Carix acutiformis*, *Phragmitis australis* en *Juncus effusus*. Organisch materiaal en zand en klei kunnen bezinken en voedingsstoffen kunnen door de begroeiing worden opgenomen.
De **tweede** fase is de hoofdreiniging met een vertikaal filter.
De filterlaag is beplant met *Phragmitis australis* en *Carex acutiformis*.
De **derde** fase is de rest zuiveringsstap.
Deze laatste stap dient om de eventueel gewenste denitrificatie te bewerkstelligen en zo de stikstofbelasting te verminderen. Deze bestaat uit een horizontaal doorgaand filter. Aan de aan- en afvoerzijde in het filtertracé wordt kiezel ingebracht. De beplanting bestaat uit een mengsel van *Phragmitis australis, Iris pseudacorus, Scirpus species, Carex acutiformis en Juncus effusus.*

Effecten van zuivering
Organische verontreiniging zwak belast met een Chemisch Zuurstof Verbruik (CZV) tot 150 mg per liter water is eenvoudig af te breken. Hogere afbraak is mogelijk bij een goede zuurstof voorziening door extra verrijking met 3 – 7 mg O_2 per liter en goede microbiële activiteit in het filter tot ruim 300 mg per liter CZV. Nitraatstikstof verlaging in het water heeft plaatst door opname van de groeiende gewassen en door vastlegging in micro-organismen. Is de verhouding CZV: N = 3: 1, dan wordt ruim 90% van de aanwezige stikstof vastgelegd. Is de verhouding CZV: N = 5: 1 dan wordt alle stikstof volledig vastgelegd of opgenomen.
Ammoniumstikstof kan door de gewassen worden opgenomen, afhankelijk van het soort gewas, de

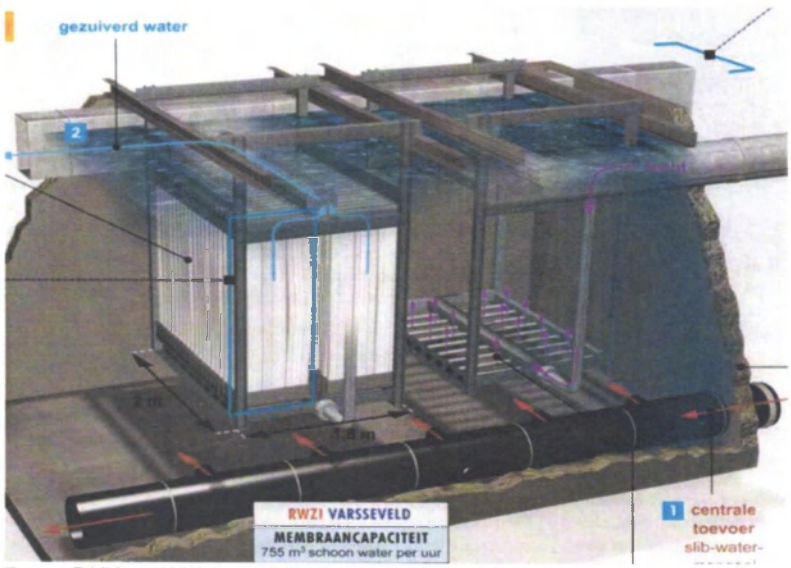
temperatuur van het water en de zuurstofvoorziening van het water. Bij een extra zuurstof toevoer van 3 – 7 mg O_2 per liter is de afname in ammoniumstikstof gehalte van 70 tot ruim 90%. Bij hoge temperaturen van het water (18 – 22 °C) in de zomer gaven alle gewassen 100% reductie van het ammoniumgehalte.

De fosfaat reductie is sterk afhankelijk van het gewas en de lengte van de filtergoot. De reductie aan fosfaat is na 10 meter filtergoot 40 – 65% door opname van de gewassen. Wanneer geen gewas aanwezig is er geen fosfaat reductie.

Lit. Naturnahe Abwasserbehandlung mit Pflanzen in ländlichen Raum. Landwirtschaftkammer Wesser-Ems.2000.

5.5 MBR-bioreactor

In de membraan-bioreactor (MBR) vindt scheiding van bacteriën,virussen, slibvlokken en andere vaste deeltjes niet door bezinking plaats doch door membranen. Het water wordt door de membraan gezogen en is gezuiverd en kan worden hergebruikt. Opgeloste verbindingen als pesticiden en voedingsstoffen gaan door het membraan heen.
Een eenheid voor waterzuivering bestaat uit een cassette met veertig membraanmodules, die elk uit duizenden spaghettivormige holle vezels bestaan. Een module heeft een oppervlakte van 31,5 m^2 en met een maximum capaciteit van 37,5 liter per uur per m^2 is circa 1 m^3 per uur te zuiveren. Voor een totale cassette is de productie circa 40 m^3 per uur.
De membraan-bioreacterinstallatie (MBR-installatie) op de rioolwaterzuiveringsinstallatie in Varsseveld zuivert het effluent tot stikstof en fosfaat gehalten lager dan de streefwaarden voor te lozen water (N < 5 mg en voor P < 0,15 mg/l). Een goede voorbehandeling van het afvalwater is noodzakelijk en deze bestaat uit fijne roosters, zand en vetvangers en speciale microzeven. Voor de inname gaat het water door een rooster met een spijlafstand van 6 mm. Vervolgens is een extra zeef aangebracht met gaatjes van 0,8 mm zodat kleine deeltjes worden afgescheiden.
De spaghettivormige holle vezels en het slib worden door luchtbellen in beweging gehouden. Na 6 minuten filtreren wordt gedurende 20 seconden water teruggespoeld om het membraan schoon te maken.
Deze methodiek biedt waarschijnlijk meer toekomst om ziektekiemen af te scheiden doch de ziektekiemen worden niet gedood. Door de scheiding van ziektekiemen in een beperkte hoeveelheid water behoeft slechts een klein volume aan water een behandeling te ondergaan waarbij de ziektekiemen worden afgedood.



Bron: DHV en Witteveen. De Ingenieur. 9. 23 juni 2006.

5.6 UV- ontsmetting

Bij een UV-ontsmetting worden pathogenen afgedood door UV-straling. UV-stralen hebben een golflengte van 100 tot 400 nm. De UV-stralen met een golflengte van 200 tot 280 nm hebben een dodende werking op ziektekiemen. De DNA-structuur van de micro-organismen wordt beschadigd, waardoor de cellen afsterven of hun functie verliezen. Het DNA wordt het meest efficiënt afgebroken bij een golflengte van 265 nm.
Bij het ontwerp van een installatie is het van belang de transmissie of doorlatendheid voor UV-licht van het te ontsmetten drainwater of recirculerend water te verhogen indien gewenst en de capaciteit en de gewenste stralingsdoses hierop aan te passen. Hoe sterker de vervuiling is des te sterker moet ook de UV straling zijn. Filtratie vooraf met een zandfilter of andere vorm van zuivering is noodzakelijk bij gebruik van het UV-ontsmettingsapparaat. Verontreinigingen van neergeslagen meststoffen of algen kunnen er toe leiden dat micro-organismen onvoldoende aan het UV-licht worden blootgesteld. (Zie 5.2 Mechanische filtering) Er bestaat een lagedruk- en hogedruk-UV-ontsmetting. Met de UV-ontsmetters worden ook de ijzerchelaten afgebroken.

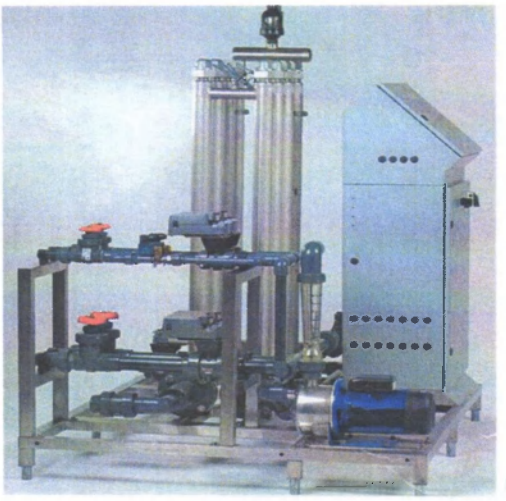
VitaLite 500 geleverd door Hortimax beschikt over drie typen stralingskamers voor een transmissie van 5 – 30% (type LSD), 15 - 40% (type GDS) en hogere transmissies (typen ADS). Keuze is afhankelijk van capaciteit en organismen die moeten worden gedood.

De NoVira **LD/UV-ontsmetter** is uitgerust met lage druk lampen van 200 Watt. Deze lampen hebben een werkgebied tussen 200 en 280 nanometer, waarbij een golflengte van 254 nanometer (UVC-licht) de effectiefste ontsmetting geeft. Er worden in het water geen elementen geoxideerd. Door de dunne waterfilm van 7 mm wordt het water gemakkelijk ontsmet en is de pakkans bij doding van bacteriën, schimmels en virussen in de 8 meter lange behandelingsruimte groter dan in een behandelbuis met een dikkere waterlaag.



Lage druk UV-ontsmetter
Bron: HortiMax BV, Pijnacker

Met de hoge druk lamp UV-ontsmetter zijn de behandelbuizen dikker en is de stralingsdosis groter en door de dosis met bv. 100 mJ/cm^2 wordt circa 77% van het ijzer gereduceerd. De ijzerconcentratie moet na de behandeling worden aangepast.
Met een stralingsdosis van 100 -150 mJ/cm^2 worden de aaltjes, schimmels en andere pathogene afgedood. Aanzuren van het water is niet noodzakelijk voor de UV-ontsmetter.



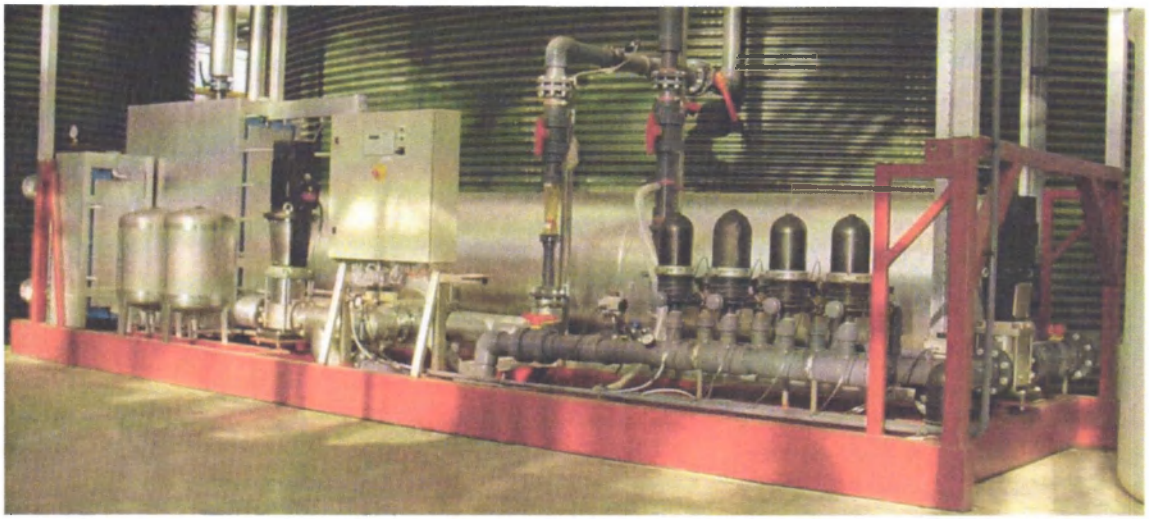
Hoge druk UV-ontsmetter
Bron: HortiMax BV, Pijnacker

5.7 Ozon

Ontsmetting met behulp van ozon is tot nu toe geen uitgebreid toegepaste methode. Ozon wordt door het water geleid en door oxydatie scheuren de celwanden en worden de micro-organismen zoals schimmels, gisten, algen, virussen en bacteriën als Salmonella en Legionella gedood. De effectiviteit van ozon is groot door een snellere werking dan andere chemische producten als Chloor.
Ozon is instabiel en moet daarom op de werkplek worden gemaakt. Het aanmaken gebeurt in een Ozongenerator bij 14.000 Volt. Dit apparaat zet zuurstof uit de lucht om in ozon. Het gas is zwaarder dan lucht en lost goed op in water. Bij toevoeging aan het te ontsmetten water kan het zijn werk doen. De half waarde tijd van ozon is 20 minuten. Bij de opslag in de voorraadtank of bassin of in de leidingen doet de ozon nog zijn werking. De productiecapaciteit van de te leveren installaties is van 5 tot 280 g ozon per uur. Een productiecapaciteit van 40 gram ozon per uur is voldoende per ha glastuinbouw. Voor een recirculerend containerbedrijf met een hoge infectie druk waar meer m^3 door het systeem moeten worden gestuurd is een capaciteit van circa 60 gram ozon per uur per ha noodzakelijk.

5.8 Verhitting

Apparatuur om water te verhitten zijn meer in gebruik bij glasgroente bedrijven dan in de boomkwekerij. Een zuurdosering van het water is noodzakelijk om neerslag te voorkomen (pH 4 – 4,5).
Voor verhitten van drainwater is een zeer goede voorzuivering van het te behandelen water noodzakelijk anders raakt het systeem verstopt. Van Dijk Heating levert systemen met een capaciteit van 2 t/m 50 m^3 per uur.
Een korte tijd van 30 seconden moet het water een temperatuur hebben van minimaal 95 à 97 ^{0}C. Op een glastuinbouwbedrijf wordt een geïntegreerde warmtewisselaar geplaatst, waardoor zuiniger met energie kan worden omgegaan. De productie aan ontsmet water kan 2,5 m^3 per uur zijn en het energie verbruik is dan 25 à 30 kilowatt .



Bron: Van Dijk Heating BV, Bunnik.

5.9 Beluchten en ontijzeren

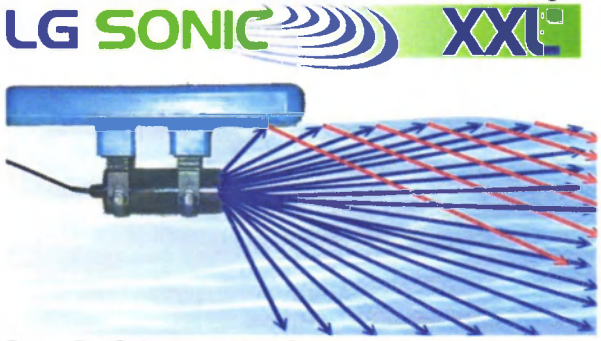
Bij een beschikbaarheid van ijzerrijk bronwater is een ontijzeringsinstallatie noodzakelijk. De noodzaak van deze behandeling is besproken bij de Inventarisatie van de problemen van de waterkwaliteit op bedrijfsniveau in hoofdstuk 4.
Een uitgebreide analyse van het water is noodzakelijk om vast te stellen welke stoffen aanwezig zijn die zuurstof vragen voor de verdere oxydatie. De geoxideerde stoffen worden via de zandfiltratie afscheiden.
Het systeem zorgt voor een goede beluchting van het water, waardoor eerst de mogelijke aanwezige methaangas verdwijnt. Methaan is voeding voor bacteriën en bij een flinke groei hiervan ontstaat verslijming in de leidingen. Vervolgens kan de eventueel aanwezige ammoniak, tweewaardige mangaan en tweewaardig ijzer worden geoxideerd.
Hoe kan het probleem van een hoog mangaangehalte in het water opgelost worden?
De pH van het water wordt verhoogd door het water over een marmer bed te leiden en vervolgens te zorgen voor voldoende beluchting. Heeft het water tevens een hoog ijzergehalte dan kan worden besloten d.m.v. een zeer goede beluchting het mangaan en ijzer als neerslag in het zandfilter af te scheiden.
Bij hoge gehalten aan de genoemde stoffen kan het proces van ontijzeren moeilijker verlopen.
Een extra stap van zuurstoftoevoer kan dan noodzakelijk zijn. Leid het water bijvoorbeeld over een hellende plaat of dresdener sproeier, zodat er een groot water oppervlak ontstaat dat zuurstof uit de lucht kan opnemen. Een andere manier is een venturi op de waterpomp voor de invoer in de silo of bassin.
Het streven zal zijn om in het reservoir van behandeld water een zuurstof gehalte te verkrijgen van minimaal 8 mg per liter.



Bron: ten Cate, IMAG, Wageningen. Rapport ontijzering. Ontijzeringscapaciteit 30 m^3 / uur. Vijver 600 m^3.

5.10 Ultrasone methode

Lg Sonic van de firma Jokri is een installatie die ultrasonische trillingen veroorzaakt. De speciaal ontwikkelde transductor is een waterdicht element dat de stroom omzet in niet-hoorbare geluidsvibraties op frequenties die fataal zijn voor verschillende soorten algen maar geen gevaar opleveren voor mens en dier. Vanwege de manier waarin de transductor in het water drijft worden de geluidsgolven door het wateroppervlak gereflecteerd en zal het volledige watervolume worden behandeld.
Door de vibratie scheuren de vacuolen van de alg en zo vernietigt het systeem alleen de algen .



Bron: De Schoenmacker Ronny.

De installaties van Firma Jokri zijn drijvend vrij eenvoudig aan te brengen en kunnen in drie capaciteiten worden geleverd.
De Lg Sonic XXL is op dit moment de krachtigste en geeft tal van toepassingen, Deze heeft een bereik tot 400 meter voor blauw groene algen en tot 150 meter voor andere zwevende algen; ook draadalg is een gemakkelijk te bestrijden alg. Het verbruik van 10 watt is zeer laag in vergelijk met andere systemen, ook de installatie is vrij simpel en onderhoud is er niet.







Bron: De Schoenmacker Ronny.

Tabel 7: Technische informatie over de typen LG SONIC algen verdelger

	LG SONIC XXL	LG SONIC XL	LG SONIC TANK
Afstand werking verdelging	75 - 100 meter	50 - 75 meter	15 meter
Elektriciteitsverbruik	10 Watt / uur	7 Watt / uur	7 Watt / uur
Gewicht drijvend apparaat	6,6 kg	6,6 kg	6,6 kg
Opmerking	Hoogste capaciteit	Bassins tot circa 5000 m^3	Silo's en tanks

Het akoestisch systeem Vamsonic bestaat uit een membraan dat laag frequente geluidsgolven produceert, waardoor de algen doodgaan. Er is een aantal typen in de handel. De kleinste variant werkt in een straal van 6 m en verbruikt 16 W per uur. De krachtigste uitvoering werk effectief tot 200 m afstand en verbruikt 50 W per uur.


Bron: De Schoenmacker Ronny.

5.11 Bubbel - of beweginginstallatie

Het systeem VitaOloïd van Hortimax zorgt voor beweging in het water waardoor het zuurstofgehalte hoger wordt en er minder algengroei is. Een elektromotor drijft een schoep aan waardoor het water in beweging komt en het zuurstofgehalte wordt verhoogd. Het toerental is via een besturingskast instelbaar.
Verrijking van het water met zuurstof is zeer positief voor de gietwaterkwaliteit, omdat extra zuurstof in het wortelmilieu wordt gebracht waardoor de kwaliteit van de wortels en de groei van de plant positief wordt beïnvloed.

Tabel 8: Capaciteit van de installaties

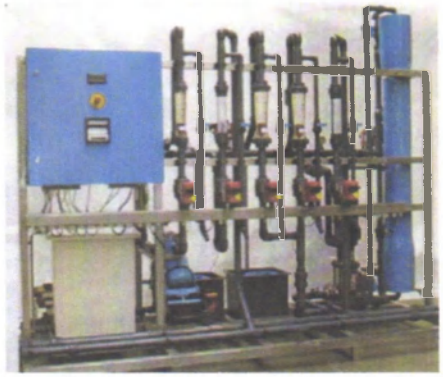
Zuurstofverrijking en algenbestrijding bij een laag water verbruik	
Waterbassins tot 1.000 m^3	VitaOloïd 200
Waterbassins tot 12.000 m^3	ViitaOloïd 400
Silo's tot 1.000 m^3	VitaOloïd 200
Zuurstofverrijking bij een hoogwaterverbruik	
Verbruik tot 200 m^3 per dag	VitaOloïd 200
Verbruik tot 600 m^3 per dag	ViitaOloïd 400
De diepte werking VitaOloïd 200 is maximaal 3 m.	
De diepte werking VitaOloïd 400 is maximaal 6 m.	


Bron: Hortimax systeem VitaOoïd

5.12 Ultrafilter

Drainwater van een recirculerend systeem moet worden hergebruikt. Omdat in het recirculerend water sporen van ziekten en zwevende organische stoffen aanwezig kunnen zijn is zuivering van de water noodzakelijk.
Reeds in 1980 had WAVIN een ultrafiltratie membraan ontwikkeld die deze stoffen kan uitfilteren. Om stoffen te concentreren in het water kan gebruik worden gemaakt van een dergelijk filter. Een ultrafilter heeft zulke kleine poriën dat eiwitstructuren kunnen worden tegengehouden, maar zouten en water er door gaan. Bij ultrafiltratie loopt de oplossing langs een membraan als holle buis en wordt het water door het membraan geperst. Het behandelde schone water wordt opgeslagen in een reservoir. De concentratie van de stoffen

neemt op de filterlaag toe en wordt door een uitgaande stroom langs het afgevoerd.
De poriëngrootte is van belang wil dit systeem ook ingezet kunnen worden om (sporen van) schimmels en bacteriën te kunnen scheiden en het gezonde water er door te laten. Een 3 micron filter zou voldoende zijn om ziektekiemen inclusief de virussen te kunnen afscheiden. Deze installatie werkt bij een lage druk 0,1 tot 2 Bar. Voor zwembaden, waar aan de "kiemdruk" van het water zeer hoge eisen worden gesteld, wordt deze techniek toegepast.
De tuinder/boomkweker is erg bang voor ziektekiemen. De firma Bruine de Bruin uit Aalsmeer heeft een proefinstallatie beschikbaar die op locatie kan proefdraaien om de gewenste voorbehandeling van het water vast te stellen evenals de werking van de membranen. Om de werking vast te stellen is een deeltjesteller ingevoerd, waardoor bij het proefdraaien en later bij de tuinder kan worden vastgesteld of na de ultrafiltratie het geproduceerde water kiemvrij is.



Bron: Bruine de Bruin, proefinstallatie ultra-filtratie.

Bij het toepassen van ultrafiltratie als ontsmettingstechniek worden alle zwevende stoffen afgevangen, waardoor geen organisch materiaal achterblijft in het water. Hierdoor is de kans klein op groeiremmende afbraakproducten die afkomstig zijn van biologische omzettingsprocessen. De ziektekiemen worden tevens tegengehouden waardoor het water veilig is voor gebruik. Bovendien is het mogelijk om het water na de ultrafiltratie verder te behandelen met membraantechnologie om het zoutgehalte te verlagen.
Moet op termijn volgens de aangescherpte wetgeving van de Kader Richtlijn Water worden gewerkt dan kan,een overschot aan recirculerend water in het systeem op deze wijze worden behandeld alvorens te lozen. De voedingsstoffen worden ingedikt opgeslagen. Op meststoffen kan zo worden bespaard. Een randvoorwaarde is dan wel dat het uitgangswater bij voorkeur regenwater of osmosewater is met vrijwel geen ballast zouten.

5.13 Omgekeerde osmose

Omgekeerde osmose of Reverse Osmosis (RO) is een techniek waarbij zout of brakwater tegen de osmotische druk in door een membraan wordt geperst waarbij het opgeloste zout niet door het membraan gaat. Deze techniek is reeds meer dan 30 jaar populair als waterbehandeling in de tuinbouw en vele andere toepassingen.
RO is populair zowel op kleine schaal als op grote schaal voor de drinkwatervoorziening, industrie en tuinbouw. Afhankelijk van het type uitgangswater is een verschillende voorbehandeling noodzakelijk voordat dit water door het membraan kan worden gestuurd. Het gebruikte water kan grond- , bron-, oppervlakte-, leiding- of zeewater zijn.
De laatste jaren zijn de kosten voor deze techniek zeer sterk gedaald door goedkopere membranen, verbeterde prestaties en een sterke concurrentie. Het energie gebruik is nu 3 à 4 kWh/m^3 en zal naar verwachting dalen naar 2 à 3 kWh/ m^3 geproduceerd schoon water. De productieprijs van water bij een grote installatie is inmiddels lager dan € 0,50 per m^3.
Een probleem is de zorg voor de afval stroom van de ontzouting, brijn genoemd. De brijn bevat een geconcentreerde zoutoplossing, soms zuren, flocculanten (stoffen die vuildeeltjes aan zich binden) en anti-scalents die ketelsteen tegen gaan.
Deze toevoegingen moeten het dichtslibben van de poriën en kanalen van filters en membranen voorkomen. Chloor wordt toegevoegd om bacterie groei tegengegaan. Het lozen in oppervlaktewater is niet toegestaan en het lozen op een grotere diepte is op termijn eveneens een probleem. Voor brak grondwater geschikte

RO installaties zijn het meest geschikt voor de tuinbouw zolang er binnen de toegestane wetgeving mag worden geloosd.



Omgekeerde osmose installatie.
Bron: Bruine de Bruin BV.

5.14 Memstill-pilot waterzuivering

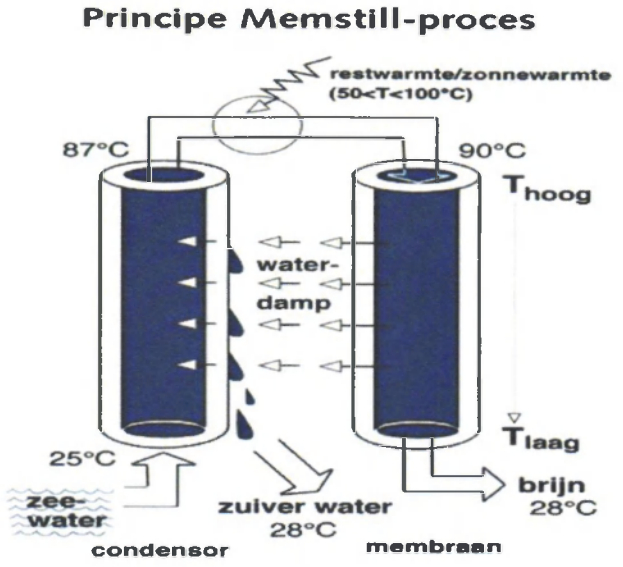
De Memstill is een nieuwe techniek voor de ontzilting van zeewater die zeer perspectiefvol lijkt. Mogelijk leiden ontwikkelingen op termijn voor een installatie die geschikt is voor de tuinbouw. De techniek wordt ontwikkeld door een samenwerkingsverband van TNO, Keppel Seghers, E.ON, Evides, Watertechnologie Holland, Heineken, Waternet en EMF.

Technologie
Memstill combineert de techniek van membraanfiltratie en distillatie en zet zeewater met restwarmte in één stap om tot demi-water of ontzout water. Het schone water verdampt door ultrafijne filters naar buiten en wordt op die manier van het vuile zoute restvocht gescheiden. Dit water is te gebruiken als drinkwater en in de tuinbouw en industrie.
Als energie kan vrijkomende restwarmte uit industriële processen of zonnecollectoren worden gebruikt. Hierdoor is het een relatief goedkope en zeker ook schone ontziltingstechnologie.

Lage kosten
Het proces wordt aangedreven door kleine temperatuurverschillen en daardoor is weinig energie nodig. De kosten van grootschalige waterproductie en commerciële inzet van restwarmte zijn € 0,30 tot € 0,40 per m^3 geproduceerd schoonwater.
Bovendien is een Memstill installatie compact gebouwd en draagt bij gebruik van de restwarmte nauwelijks bij aan de productie van broeikasgassen.



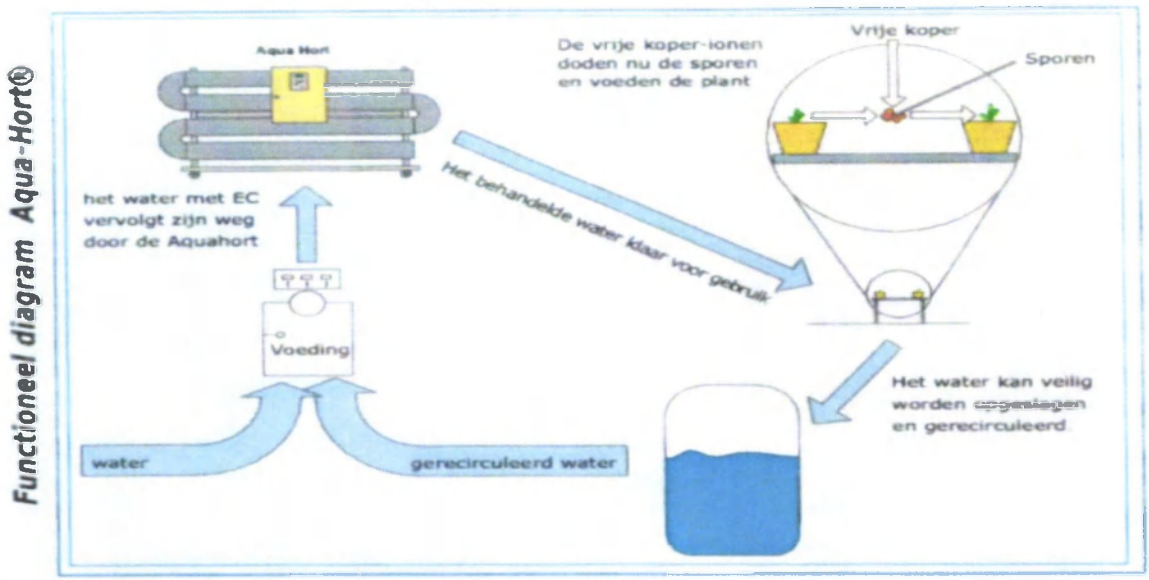
De Memstill-proeffabriek.
Bron TNO, Delft.



Bron: TNO, Delft. Principe Memstill-proces.

5.15 Koper voor afdoding sporen

In Denemarken is dit systeem beproefd door het DEG-Greenteam in samenwerking met de bedrijven Aqua-Hort en Aqua-Perl Danmark. Doel was een werking te verkrijgen tegen Phytophthora ramorum en de zoosporen van Pythium en Phythophthora cinnamomi. Bij 0,5; 1,0; 1,5 en 2 mg Cu in ion vorm per liter water werden de sporen met dunne celwanden gedood. Voor planten voeding zijn concentraties in het gietwater van 0,1 – 0,2 mg Cu per liter water reeds voldoende.
Bij aanvang van de teelt kan worden gestart met 0,5 mg Cu als dosis. In de zomer kan dit worden verhoogd tot 1 mg Cu per liter en bij een verhoogd risico kan een concentratie van 1,5 mg Cu per liter worden aangehouden.
Roos vertoonde ernstige remming in wortelgroei bij 1 mg Cu per liter water in het wortelmilieu. Bij 0,3 mg Cu per liter was er reeds remming van wortelgroei. (Lit. YoubiZheng, Universiteit van Guelph, Canada). Ook de Nederlandse ervaringen zijn dat voor roos en chrysant bij 0,3 mg Cu schade kan worden verwacht en bij Pelargonium bij een overschrijding van 0,5 mg Cu in het wortelmilieu. Dit betekent circa 8 µmol Cu per liter. Overmaat moet worden voorkomen. Dit leidt vaak tot chlorose i.v.m. met antagonisme met ijzer. De wortelgroei stagneert en tevens wordt de plantengroei sterk geremd onder invloed van hoge Cu gehalten in de wortelomgeving.
De installatie bestaat uit een aantal buizen met elektroden, een elektromagneet en een controle eenheid. In de controle zitten een volumemeter en automatisch worden de gewenste hoeveelheden Cu toegediend. Deze installatie wordt geplaatst na het meststof doseringssysteem. Indien recirculatiewater wordt gebruikt kunnen de niveaus aan Cu in mindering worden gebracht op de dosering.
De installatie kan worden geleverd met een capaciteit van 5 – 130 m^3 per uur. De Cu elektroden hebben een levensduur van circa 4 jaar en kunnen eenvoudig worden vervangen. Van de Aqua-Hort zijn op ruim 250 kwekerijen in de wereld exemplaren geïnstalleerd die tussen de € 3.000 en € 12.000 kosten. De terugverdientijd is kort indien sprake is van een hoog risico van schimmelziekten (sporen) in het gietwater.



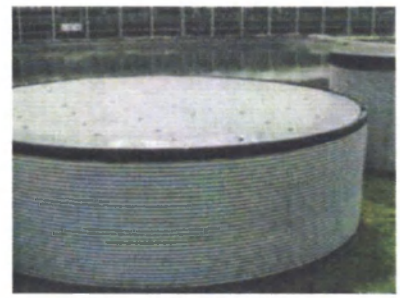
Bron: Aqua-Perl. Denemarken. FlowerTECH 2005, vol.8/no.8. Figuur werking systeem afdoding met koper.

5.16 Afdekking van silo's en bassins

Door het water donker op te slaan hebben de algen geen gelegenheid om te groeien, omdat zij voor de fotosynthese licht nodig hebben. Het water vervuilt niet door algengroei en bovendien wordt de pH van het water niet door algen beïnvloed. De algen hebben namelijk door de productie van koolzuurgas een basisch effect op de pH. Het bicarbonaatgehalte in het water neemt toe waardoor de pH stijgt.
Verschillende systemen zijn in de handel om de algengroei efficiënt te voorkomen. Genab heeft onder andere het systeem Airtop silokap. Met deze geïntegreerde silohoes met anti-alg afdeksysteem ontstaat een donkere ruimte voor wateropslag. Albers Alligator heeft een LP DEK als drijvende siloafdekking.



Bron: Genab BV, 's-Heerenberg. Airtop silokap.



Bron: Albers Alligator, Wageningen. Drijvende siloafdekking

5.17 Controle op ontsmettingsinstallaties

Het gebruik van ontsmettingsinstallaties is in de tuinbouw sterk toegenomen. Controle op de werking ervan is zeer belangrijk. Controle op de ontsmettende werking van de UV straling, biologische zandfilters en verhitting kan betrouwbaar worden uitgevoerd. Hiervoor worden voor en na de ontsmetting de organismen geteld of wordt het DNA geanalyseerd. Niet alle technieken zijn voor de verschillende ontsmettingsmethoden geschikt om te controleren of de doding van de ziekteverwekkers goed is.
BLGG biedt een onderzoek aan dat heet Ontsmetter Check. Van de watermonsters wordt het aerobe kiemgetal bepaald dat het aantal schimmels en bacteriën aangeeft. Bij een goede werking van de ontsmetter moeten deze kengetallen na ontsmetting flink lager zijn.
Voor een biologisch zandfilter is deze methode ongeschikt omdat per definitie zeer veel micro-organismen aanwezig zijn. De DNA methodiek is dan geschikter. BLGG noemt dit RISCover. De mate van besmetting wordt in 4 gradaties aangegeven. De werking van UV-ontsmetters kan ook op deze wijze worden bepaald omdat het DNA wordt afgebroken. Is de werking onvoldoende dan is het DNA aanwezig. Voor verhitting is

de DNA controle niet geschikt omdat de levende cellen worden gedood doch het DNA blijft intact.
Algemeen heeft de DNA methodiek het voordeel dat overal in het water of teeltsysteem kan worden gemeten of besmettingen of besmettingshaarden aanwezig zijn. Dit kan leiden tot een vermindering van een grootschalige preventieve inzet van fungiciden.
De monstername moet onder steriele omstandigheden gebeuren. De flessen moeten steriel zijn. Tappunten moeten bij de inname of aanvoer en bij de afvoer van het eind product aanwezig zijn. Aangeraden wordt om minimaal 4 keer per jaar de installatie te controleren. De oorzaken van onvoldoende werking kunnen divers zijn.

6 Vergelijking van enkele systemen van waterbehandeling

In het vakblad Onder glas van februari 2007 is een overzicht gegeven van een aantal systemen dat kan worden gebruikt voor ontsmetting van het te gebruiken gietwater en recirculerend water. Aan deze tabel is een aantal waterbehandelingen toegevoegd die eveneens perspectief bieden om de kwaliteit van het water te verbeteren of als voorbehandeling dienen voor het proces van waterbehandeling. Dit zijn tevens maatregelen of behandelingen die worden ingezet om een goede waterkwaliteit te behouden.

Tabel 9: Systemen van waterbehandeling ter verbetering van de kwaliteit met plus- en minpunten (naar artikel in Onder Glas febr. 2007)

Systeem	**Pluspunten**	**Minpunten**
Doel: Doding of scheiding van ziekte kiemen en/of scheiding van zouten		
HD/UV	Slechts 1 UV lamp (of slechts enkele) Dosis regeling, laag energie verbruik ledere lamp eigen meting en regeling Geen pH en temperatuur verandering Automatische wisserreiniging? en T10 bepaling Werkt nog tot lage transmissie T10 van 10%	Afname ijzer Hoger energie verbruik dan LD/UV Geen nawerking in wortelmilieu Afhankelijk van T10 transmissie
LD/UV	Laagste energie verbruik Minimale pH verandering Geen temperatuur verhoging Reinigbaar door spoeling met zuur Eenvoudige installatie	Afname ijzer Hogere lampkosten dan HD/UV Moeilijker beveiligbaar dan HD/UV Dosis afhankelijk van watertemperatuut Werkt pas vanaf hogere T10 transmissie Geen nawerking in wortelmilieu
Biologisch filter	Lage investering Laag energie verbruik Bruikbaar tegen Pythium en Phytophthora	Onvoldoende verwijdering van virussen, aaltjes, bacteriën en Fusarium Geen nawerking in wortelmilieu
Chemisch, Cu, Chloor	Lage investering Eenvoudig Werking tot in wortelmilieu	Risico voor teelt Moeilijk beveiligbaar Toepassing afhankelijk van milieuregels
Ozon	Heeft een snelle werking en goede doding Heeft nawerking in de opslagtank. Capaciteit kan eenvoudig door verhogen van dosering worden aangepast.	Instabiel in gebruik. Moet ter plaatse worden geproduceerd. In de tuinbouw beperkte ervaring
Ultra filtratie	Lage druk nodig voor werking Ziekteverwekkers af te scheiden Eis aan voor behandeling gunstig?? Recirculatie water zeer geschikt. In module vorm eenvoudig uit te breiden	Geen afdoding ziekte verwekker Lozing kan een probleem vormen Beperkte ervaring in de tuinbouw
Omgekeerde osmose	Milieuvriendelijk Geen chemische middelen nodig Scheidt bacteriën, virussen, en schimmels Scheidt zouten en zware metalen Diverse soorten membranen beschikbaar	Doodt de organismen niet Scheidt ook voedingszouten af Lozing van het brijn met voeding en gewasbeschermingsmiddel
Verhitting	Geen verandering meststoffen Eenvoudige reiniging met zuur Eenvoudig proces	Hoog energieverbruik Lage pH van circa 4 Temperatuurverhoging van enkele graden. Geen nawerking in wortel milieu

MBR-bioreactor	Scheiding van ziektekiemen Scheiding organische stoffen en beperkt N en P?.	Brijn met ziekteverwekkers en organische reststoffen Tuinbouw weinig tot geen ervaring Goede voorbehandeling water noodzakelijk
Memstill	Zout – en ziekte vrij na behandeling Slechts één behandeling Lage energiebehoefte, restwarmte kan worden gebruikt Goedkoop bij grote modules	Geen ervaring in de tuinbouw Bij afwezigheid van restwarmte proces duurder. Brijn moet worden geloosd. Ziektekiemen kunnen aanwezig zijn
Beluchten/ontijzeren	Mangaan en ijzer goed te verwijderen Voor dit probleem een uitstekende toepassing	Geen afdoding ziektekiemen Veel spoelwater nodig

Bron: Dick Zwartveld, Priva en aanvullingen van PPO-Lisse.

Tabel 10: Systemen van waterbehandeling ter behoud van kwaliteit met enkele plus- en minpunten

Systeem	**Pluspunten**	**Minpunten**
Sonar installatie	Voorraad water wordt vrijgehouden van algen Relatief goedkoop systeem Diverse capaciteiten beschikbaar Laag energiegebruik	Werkt niet tegen ziektekiemen Behandeling continueren
Bubbel/bewegingsinstallatie	Verhogen van zuurstofgehalte Betere waterkwaliteit met als gevolg een beter gewas Doodt algen	Geen afdoding ziektekiemen Behandeling continueren
Mechanische filtering	Zeeftrommels – afscheiding van grofste vuil Zeefbochtfilter- afscheiding van grofste vuil a Amiad zelfreinigend filter – deeltjes < 400 mu Zelfreinigend hydraulisch filter –deeltjes < 100 mu Zandfilter – deeltjes < 50 mu Kaarsfilter – deeltjes < 10 mu Alle scheidingen verlaging van zuurstof verbruik Minder verstopping watergeefsysteem	
Afdekken van reservoirs	Airtop tegen algengroei zeer effectief LP DEK tegen algengroei zeer effectief In silo's of kelders in donker geen algengroei Geweven Mypex doek op drijvers tegen algengroei Sloten overkluisd? geen algengroei	
Hypofyten filter	Vooral positief voor "surplus aan bemest water" Organische verontreiniging afbreken Bijna 100% reductie van nitraat – en ammonium Fosfaatreductie van 40 – 65%. Sommige bestrijdingsmiddelen worden afgebroken	Flinke ruimte nodig voor behandeling Plantenresten moeten worden afgevoerd Meststoffen niet meer beschikbaar

Bron: Aendekerk, PPO-Lisse

7 Verwachte ontwikkelingen

7.1 Opslag surplus aan water

De containerteelt in de boomkwekerij kan een waterkringloop hebben waarbij het bedrijf zelfvoorzienend is, omdat er een overschot aan water is. Belangrijk is het vergroten van de hoeveelheid aan maximaal te bufferen water in het systeem. Gedurende de late herfst / winterperiode wordt een hoeveelheid van circa 4.000 m^3 per ha aan neerslag aangevoerd via het gesloten containerveld en de kasdekken. Dit water behoeft niet altijd in gesloten reservoirs met een dichte ondergrond te worden opgeslagen. Een voorziening waar het water kan worden gestapeld of via het verdringer principe in het grondwater of oppervlaktewater kan worden opgeslagen is eveneens zeer welkom. Belangrijk is dat er geen zoute kwel in de directe omgeving van de opslag is omdat dan veel goed water verloren gaat door vermenging.

7.2 Aérobe slibkorreltechnologie Nereda

Er zijn ontwikkelingen die zich richten op het verwijderen van organische stoffen met als doel het verlagen van het biochemisch zuurstof verbruik. Hiervoor kan het biologisch actief slibsysteem worden gebruikt. Bij een conventionele waterzuiveringsinstallatie duurt het langer en is veel ruimte nodig voor de na bezinking van het slib.? Door het gebruik van de aërobe slibkorreltechnologie Nereda vormen zich slibkorrels waardoor het bezinken wordt vergemakkelijkt.
Door dit systeem is ook de biologische stikstof verwijdering groter. stowa (Nieuwsbrief 33 2006).
Het hergebruik van water wordt weer mogelijk en het milieu wordt minder belast. Stowa . Nieuwsbrief 33 2006.

7.3 Membraan BioReactor installatie (MBR)

De resultaten van de MBR-installatie op de riool zuiveringsinstallatie in Varsseveld waren zeer goed.
Na een gedegen voorbehandeling van het afvalwater met fijnroosters, zand – vetvangers en microzeven bleken de concentraties aan stikstof en fosfaat van het effluent beneden de norm van 5 mg N en 0,15 mg P per liter te liggen. Het recirculerend water van een boomkwekerijbedrijf beschikt over organische verontreinigingen als wortelexudaten en humuszuren. Deze techniek kan gebruikt worden om het te veel aan water op het bedrijf schoon te lozen. Deze installaties hebben een kleine capaciteit en zijn i.v.m. de bewaking van de procesgang duur. Een mogelijkheid zou kunnen zijn een dergelijke installatie collectief in te zetten voor een polder of poldergedeelte.

7.4 Energie

Bestaande en nieuwe methodieken worden getoetst op investerings- en uitvoeringskosten en daarmee de kosten per inwoner equivalent voor zuivering van het water.
De methodieken MBR membraambio-reactor installatie en aeroob slib korreltechnologie dragen bij tot lagere investeringskosten en lagere proceskosten. Of in de toekomst deze membraam-reactor aan de ontzouting of scheiding van de voedingsstoffen kan bijdragen, is bepalend of deze manier van zuiveren van het surplus van recirculerend water geschikt is.
Het volgen van deze nieuwe ontwikkelingen van zuivering, in relatie tot de energiekosten, is noodzakelijk.

7.5 Kosten van het aanvullend leidingwater

De kosten voor de extra aanvoer van leidingwater voor een bedrijf zijn hoog. Bovendien is het van belang om te weten hoe de kwaliteit is van dit water is. Indien dit water afkomstig is van oppervlaktewater, Maas of

Rijn, moet rekening worden gehouden met chloride gehalten van circa 2 tot 3 mmol (70 tot 105 mg) Cl per liter water.
Vastrecht kosten zijn voor een 2,5 m^3 capaciteit per uur € 70,00 per jaar exclusief btw
Waterverbruik kosten per m^3 afname € 0,94 exclusief btw.
Waterbelasting en heffingen per m^3 afname exclusief btw:
Grondwaterheffing € 0,201
Waterbelasting € 0,147
Rioolheffing € 1,75
Prijzen per 1 april 2007 van OASEO.

7.6 Ontheffingen voor brijnlozingen

In de fase van een overschot van recirculerend water in het groeiseizoen, bij onvoldoende opslag capaciteit, kan het water met voedingsstoffen worden ingedikt m.b.v. een osmose installatie en worden opgeslagen. De kosten voor het ontzouten door omgekeerde Osmose zullen voor grote installaties en een continu gebruik lager zijn dan € 0,50 per m^3.

De provincie Zuid-Holland heeft in 2007 het beleid aangescherpt ten aanzien van de lozingen van het brijn (ingedikte zoute water uit de omgekeerde osmose installatie) om de kwaliteit van het grondwater in de toekomst beter te waarborgen. Als resultaat heeft de provincie alle glastuinbouwbedrijven aangeschreven. Een beperkt aantal boomteelt bedrijven gebruiken in het westen van het land het grondwater als bron voor omgekeerde osmose en als aanvulling op het opgeslagen regenwater en recirculerend water. Het grondwater kan meestal geschikt worden gemaakt voor gietwater door gebruik van een omgekeerde osmose installatie. Het restproduct dat ontstaat heet brijn en wordt teruggepompt in de ondergrond. Voor deze vorm van water onttrekking en lozing is een vergunning nodig.
Het grondwater mag nu nog op basis van melding en vergunning legaal worden opgepompt om te worden gebruikt als gietwater. Wanneer het water als behandeling door een omgekeerde osmose installatie wordt gestuurd ontstaat een probleem. Dit mag niet worden geloosd. Echter tot 2013 kan en wil de provincie Zuid-Holland onder voorwaarden, ontheffingen verlenen op dit lozingsverbod.

8 Conclusies en aanbevelingen

Water, zowel de kwantiteit als kwaliteit zal in de toekomst steeds belangrijker worden in de boomkwekerij. In de pot- en containerteelt hangt de benodigde hoeveelheid water af van de teeltduur, gewastype en de hoeveelheid potten per oppervlakte eenheid. Per ha wordt op jaarbasis tot 7000 m^3 verdampt.
Er zijn chemische normen voor de kwaliteit van het gietwater beschikbaar waarbij de zoutgevoeligheid van het gewas een belangrijk criterium is.
Verschillende ziekten kunnen met het water worden verspreid en overgebracht. Een goede bedrijfshygiëne is noodzakelijk om problemen te voorkomen. Zelfs in opgevangen regenwater kunnen ziekteverwekkers voorkomen.
Onderzoek heeft laten zien dat een hoog zuurstofgehalte en positief effect heeft op de wortelgroei. Bij gehalten lager dan 3.6 mg O_2/ l werd de groei beperkt. Uiteraard speelt ook het luchtgehalte in de pot een rol. Bij minimaal 20 volume % lucht moet voor een goede groei het water minimaal 5 mg O_2/ l bedragen. Bij meer dan 40 volume % lucht is er een goede lucht uitwisseling en heeft het zuurstof gehalte in het water nauwelijks een effect. Schoon water heeft in het algemeen een hoog zuurstofgehalte. Organische verontreinigingen en algengroei verlagen het zuurstofgehalte en dienen zoveel mogelijk vermeden te worden.
Er zijn verschillende methoden om, indien gewenst, de waterkwaliteit in recirculerende systemen te verbeteren. Voor de glastuinbouw zijn verschillende technieken ontwikkeld die ook relevant voor de pot- en containerteelt kunnen zijn. Welke geschikt is voor een bepaald bedrijf is afhankelijk van de aard van het probleem dat men wil oplossen en de benodigde capaciteit. Daarnaast spelen de kosten een rol. Het is lastig om een prijs voor de verschillende technieken op te geven. Dit heeft vooral te maken met de snelle ontwikkelingen. Een nieuwe techniek is bij introductie duur maar als de verkoop stijgt daalt vaak de prijs zeker als er concurrerende technieken op de markt worden aangeboden.
Filtering wordt gebruikt om deeltjes van verschillende grootte uit het water te verwijderen. Men spreekt dan ook van macro-, micro-, ultra- en hyper-filtratie. Daarnaast wordt omgekeerde osmose gebruikt om opgeloste zouten te verwijderen.
Een zandfilter is een bekend systeem om ziekteverwekkers te verwijderen. Voor een effectieve werking moet de temperatuur minimaal 15 ^{0}C. Via een hypofyten filter kunnen voedingsstoffen verwijderd worden. Een nieuwere methode is membraam-bioreactor (MBR) waarbij voedingsstoffen kunnen worden verwijderd. Ziektekiemen worden niet gedood maar afgescheiden.
Water kan worden ontsmet door UV straling, ozon of door verhitting. UV straling lijkt een eenvoudige methode. Bij verhitting spelen de energiekosten een belangrijke rol. Het gebruik van warmtewisselaars, zoals in de glastuinbouw, drukt de kosten.
Afdekken van bassins is een effectieve methode om algengroei tegen te gaan. Ultrasone trillingen zijn effectief voor het bestrijden van algen. Een bubbel- of bewegingsinstallatie kan ingezet worden om de hoeveelheid te verminderen.
Ziektekiemen kunnen ook gedood worden door toediening van bv. koper. Een belangrijk knelpunt hierbij is dat sommige gewassen erg gevoelig zijn voor koper.

Nieuwe technieken volgen elkaar snel op. Bij de keuze voor bepaalde systemen is het raadzaam om zich goed te laten informeren door diverse onafhankelijke partijen en om een duidelijk beeld te hebben over de toekomst van het bedrijf, zowel qua grootte, inrichting als sortiment.
Houd er rekening mee dat technieken zoals filtratie en omgekeerde osmose afvalwater produceren. Dit kan op termijn tot nieuwe problemen leiden.
Om de kwaliteit van het water voortdurend in beeld te houden is het aan te raden om in overleg met een deskundige een bemonsteringsplan voor het teeltseizoen op te stellen. Het is belangrijk een aantal keren per jaar te controleren of de gekozen ontsmettingstechniek goed werkt.

De invoering van de Kader Richtlijn Water (KRW) zal leiden tot vaststelling voor normen voor het oppervlaktewater. Daarnaast worden Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR) waarden voor gewasbeschermingsmiddelen opgesteld. Dit kan directe gevolgen hebben voor de toegestane kwaliteit van het lozingswater van een bedrijf. Aanpassing van de wateropslag en gebruik van zuiveringstechnieken, zoals hier behandeld, moeten ook hiervoor oplossingen gaan bieden

9 Aanbevolen literatuur

Aendekerk, Th.G.L. Bemestingswijzer boomkwekerijgewassen. Boomteeltpraktijkonderzoek 1996.
Aendekerk, Th.G.L. Goed gietwater voor de boomkwekerij. Bedrijfsontwikkeling, LNV, 1982.
Alterra, 20 Puzzelstukjes voor de KRW. Alterra – Rapport 1403. 2006
Kesslerová , Klára. Agrarische meetnetten 2005 en 2006. Hoogheemraadschap Rijnland
Polytechnisch zakboekje. PBNA. 1986.

Bijlage 1 Zuurstof gehalten gemeten in diverse soorten water

Tabel A: Gemeten zuurstofgehalten in het water op diverse locaties in de boomkwekerij

Data 2004	Locatie en omschrijving	mg O_2 / liter water
5 aug	Leidingwater Boskoop – belucht	10,6
5 aug	Leidingwater Boskoop – stilstaand-onbelucht	8,2
5 aug	Gedemineraliseerd water – belucht	11,5
5 aug	Gedemineraliseerd water – stilstand - onbelucht	8,2
5 aug	Slootwater – schoon –van de Werf	7,2
5 aug	Slootwater – schoon –geen begroeiing- PPO-Boskoop	7,1
5 aug	Slootwater – sterk verontreinigd-begroeid -PPO-Boskoop	< 1,0
5 aug	Silo – recirculatiewater-afgedekt met Mypex – PPO-Boskoop	5,7
5 aug	Verzamelput-recirculatiewater- vervuild- PPO-Boskoop	2,8
5 aug	Drijvend bassin-recirculatiewater-PPO-Boskoop	4,1
5 aug	Drijvend bassin-regenwater – PPO-Boskoop	7,8
10 aug	Grootbassin –recirculatiewater Kwekerij Schrauwen	7,0
10 aug	Beluchtingssloot –recirculatiewater Kwekerij Schrauwen	9,2
10 aug	Vijver – intensieve visvijver	2,4

* Water temperatuur 24 – 28 °C.

Tabel B: Zuurstofgehalten van Kwekerij Zonzeel- Loonen in 2004 – 2005-2006

Data 2004	Locatie en omschrijving	mg O_2 / liter water
		Temp 20 °C
10 aug	Grondbassin – regenwater (1)– Kwekerij Loonen	7,8
10 aug	Grondbassin – recirculatiewater (2) Kwekerij Loonen	5,5
10 aug	Onder de vloer- recirculatiewater (3) Kwekerij Loonen	5,6
10 aug	Hoofdwaterloop-sloot – schoon (4) Kwekerij Loonen	4,8
10 aug	Scheidingssloot C – vervuild-ijzerrijk (5) Kwekerij Loonen	< 1,0
23sept	Grondbassin-regenwater (1) – Kwekerij Loonen	9,2
23sept	Grondbassin-recirculatiewater (2) Kwekerij Loonen	7,6
2005		
4 febr	Bassin -regenwater (1) – Kwekerij Loonen	7,9
4 febr	Bassin -recirculatiewater (2) Kwekerij Loonen	6,8
17 mei	Bassin -regenwater (1) – Kwekerij Loonen	10,4
17 mei	Bassin -recirculatiewater (2) Kwekerij Loonen	10,4
6 juli	Bassin -regenwater (1) – Kwekerij Loonen	8,2
6 juli	Bassin -recirculatiewater (2) Kwekerij Loonen	2,0
18 juli	Bassin-1-regenwater – Kwekerij Loonen	10,8
18 juli	Bassin -2-Recirculatiewater-Kwekerij Loonen	9,8
2006	Temp 10 °C	Temp 20 °C
5 april	Bassin -1 regenwater –Kwekerij Loonen 12,8	8,0
5 april	Bassin -2 recirculatiewater –Kwekerij Loonen 12,1	6,4



