



Behandeling van het afloopwater van waterdumpers

Selectie van technieken voor de verwijdering van verontreinigingen

Definitief

Productschap  Tuinbouw

Productschap Tuinbouw
Louis Pasteurlaan 6
2719 EE Zoetermeer



Grontmij Nederland bv
De Bilt, 8 februari 2007

Verantwoording

Titel : Behandeling van het afloopwater van waterdumpers
Projectnummer : 212932
Referentienummer : I&M-99056646-HV
Revisie : 1
Datum : 8 februari 2007

Auteur(s) : dr. H.P.M. van Vliet, ir. N.C. Wortel

E-mail adres :

Gecontroleerd door : ir. N.C. Wortel

Paraaf gecontroleerd :

Goedgekeurd door : dr. ir. J.H. Roorda

Paraaf goedgekeurd :

Contact : De Holle Bilt 22
3732 HM De Bilt
Postbus 203
3730 AE De Bilt
T +31 30 220 74 44
F +31 30 695 63 66
E infraenmilieu@grontmij.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	4
2	Samenstelling en hoeveelheid.....	5
2.1	Watersamenstelling.....	5
2.1.1	Te behandelen water.....	5
2.1.2	Te behalen resultaat.....	6
2.2	Waterhoeveelheid en behandelingscapaciteit.....	7
2.3	Strategie.....	8
3	Mogelijke technieken.....	10
3.1	Inleiding.....	10
3.2	Mogelijke technieken, eerste selectie.....	10
3.3	Nadere bespreking van resterende technieken.....	12
3.3.1	Chemische oxidatie.....	12
3.3.1.1	Ozon.....	12
3.3.2	Sedimentatie / filtratie.....	13
3.3.3	Adsorptie.....	14
3.3.3.1	Actief kool.....	14
3.4	Praktijkinstallaties.....	15
3.4.1	Bezoek.....	15
3.4.2	Beschikbare analyses.....	15
3.5	Voorgestelde meest geschikte technieken.....	15
4	Indicatieve kostenraming.....	17
4.1	Oxidatie met behulp van ozon.....	17
4.2	Sedimentatie / filtratie.....	17
4.2.1	Sedimentatie.....	17
4.2.2	Membraanfiltratie.....	18
4.3	Actief kool adsorptie.....	18
4.4	Kostenvergelijking.....	18
5	Conclusie.....	20

1 Inleiding

In waterdumpers (was en sorteerinrichtingen voor fruit) wordt gebruik gemaakt van circulerende waterstromen. Het water raakt langzaam verontreinigd met organisch materiaal, maar ook met sporen van gewasbeschermingsmiddelen. Op enig moment wordt het water ververst. Het gebruikte water wordt geloosd.

De laatste jaren is er een verschuiving opgetreden naar het gebruik van sneller biologisch afbreekbare gewasbeschermingsmiddelen. Maar nog steeds moeten er middelen worden gebruikt, die minder snel afbreekbaar zijn. Het beleid is erop gericht, om ook deze middelen vergaand uit het afloopwater te verwijderen. Een brongerichte aanpak geeft daarbij in principe de beste mogelijkheid, om tot een vergaande verwijdering van de vracht te komen.

Deze studie is gericht op het selecteren van de optimale techniek voor de behandeling van afloopwater van een was en sorteerinrichting voor fruit.

In hoofdstuk 2 wordt nagegaan, wat de (aard van de) verontreinigingen is, wat de lozingsmogelijkheden zijn en om hoeveel water het gaat. In hoofdstuk 3 worden mogelijke behandelings technieken genoemd. Middels een expert judgement benadering wordt in twee stappen gekomen tot de beste technieken. In hoofdstuk 4 wordt van de resterende technieken een kostenindicatie gegeven. De studie wordt afgesloten met een conclusie met betrekking tot de meest in aanmerking komende techniek.

2 Samenstelling en hoeveelheid

2.1 Watersamenstelling

2.1.1 Te behandelen water

Om te komen tot de selectie van de beste technieken moet de samenstelling van het te behandelen water bekend zijn. Het gaat daarbij niet alleen om de gewasbeschermingsmiddelen (microverontreinigingen), maar ook om andere parameters, zoals zwevend stof, CZV en zuurgraad.

De te verwachten concentraties aan gewasbeschermingsmiddelen liggen in de range van minder dan 0,1 µg/l tot enkele honderden µg/l. Indicatieve voorbeelden zijn:

- carbendazim, 48 - 910 µg/l;
- tolylfluanide, 3 - 7,1 µg/l;
- DMST (afbraakproduct van tolylfluanide), 83 - 380 µg/l;
- thiofanaat-methyl, 120 - 150 µg/l;
- captan, 9,4 - 40 µg/l;
- pyrimethanil, 0,07 - 0,3 µg/l;
- indoxycarb, 1,4 - 6 µg/l;
- pirimicarb, 0,04 - 0,63 µg/l;
- fenoxycarb, 0,15 - 0,37 µg/l.

Het betreft hier analyseresultaten bij verschillende bedrijven, zonder ingeschakelde waterbehandeling [naar informatie van het waterschap].

Moderne gewasbeschermingsmiddelen worden in waterig milieu afgebroken. Maar de afbreeksnelheid is van middel tot middel verschillend. Captan heeft bijvoorbeeld in water een halfwaardetijd in de orde van 1 dag. Carbendazim is matig afbreekbaar. De halfwaardetijd is circa 28 dagen. Dit kan leiden tot accumulatie. Carbendazim is een afbraakproduct van een ander beschermingsmiddel, tyofanaat-methyl. Dat carbendazim na 15 september 2006 niet meer mag worden toegepast, betekent bijgevolg niet, dat het niet meer aangetroffen kan worden in het water. Van primicarb is bekend, dat het in water een snelle fotochemische degradatie ondergaat. Ook van dit gewasbeschermingsmiddel is de halfwaardetijd ongeveer 1 dag.

In zijn algemeenheid gesteld: een lage halfwaardetijd voor het middel zelf zal leiden tot relatief lage gehalten in het water. Maar het is wenselijk, om niet alleen te letten op het middel zelf, maar ook op de aanwezigheid van afbraakproducten.

In Tabel 2-1 zijn enige overige gegevens met betrekking tot de samenstelling van het water vermeld. Waar ranges aangegeven zijn gaat het weer om metingen bij meerdere bedrijven.

Tabel 2-1 Samenstelling te behandelen water

Parameter	eenheid	waarde
CZV	mg O ₂ /l	200 - 1430
BZV	mg O ₂ /l	250 - 630
N-Kj	mg N/l	10,5 - 14,2
Zuurgraad	pH	6,3 - 7,6
zwevende stof	mg/l	88
TOC	mg C/l	68
Chloride	mg/l	25 - 43
Sulfaat	mg/l	83
Extinctie (190 - 280 nm)	m ⁻¹	300

2.1.2 Te behalen resultaat

Welk resultaat met de waterbehandeling moet worden bereikt hangt af van het doel van de behandeling. De behandeling kan gericht zijn op het mogelijk maken van:

- langduriger gebruik;
- lozing.

Langduriger gebruik

Een (beperkte) behandeling, die langduriger gebruik van het water mogelijk maakt, past in het streven van de overheid. Tijdens het bedrijf verdwijnt er water via de ondergedompelde houten kratten en het fruit. Maar de daardoor vereiste suppletie is niet voldoende, om het water langdurig helder en fris te houden, zodat na enige tijd vervanging noodzakelijk is. Er zijn voor het moment waarop dat zo is geen harde eisen te formuleren. Omdat het fruit vanuit de koeling (circa 2 °C) in de dumper wordt gebracht blijft de temperatuur van het circulerende water tijdens het bedrijf laag (8-9 °C). De laatste spoeling (annex suppletie) vindt plaats met leidingwater (circa 11 °C). Deze wijze van handelen waarborgt, dat er geen snelle bacteriegroei optreedt in het water. In de praktijk wordt veelal tot vervanging besloten, als het water er visueel troebel uitziet en/of als er een duidelijke geur waarneembaar wordt.

Een behandeling dient op de eerste plaats te leiden tot een afdoende verwijdering van zwevend stof (troebelheid). Omdat de verwijdering van zwevend stof veelal ook leidt tot een vermindering van CZV / BZV kan worden verwacht, dat dan ook het ontstaan van geur wordt uitgesteld.

Lozing

Om aan lozingseisen te voldoen is een verdergaande behandeling nodig.

Welke eisen moeten worden gehaald hangt af van de lozingssituatie. Als lozing op het riool (en aanvullende behandeling in een rioolwaterzuiveringsinstallatie) mogelijk is, kan veelal worden volstaan met een minder vergaande behandeling, dan nodig bij lozing op het oppervlaktewater. Bij gewasbeschermingsmiddelen is een probleem, dat de biologische afbreekbaarheid sterk verschillend is. Het gevolg is, dat een biologische behandeling in een rioolwaterzuiveringsinstallatie niet voor alle middelen als effectief kan worden beschouwd. Er is dan ook bij lozing op het riool een voorbehandeling en/of een aanvullende behandeling nodig. Verder is er bij de meeste bedrijven geen aansluiting op een riool naar een waterzuivering aanwezig en wordt aansluiting op de riolering door de waterbeheerders niet als wenselijk beschouwd. Voor de studie zal bijgevolg worden uitgegaan van lozing op het oppervlaktewater.

Indicatief kunnen de eisen worden gehanteerd, die gesteld worden aan water, dat gebruikt wordt voor de bereiding van drinkwater. Deze eisen zijn 0,1 µg/l per gewasbeschermingsmiddel en 0,5 µg/l voor de som van gewasbeschermingsmiddelen [Besluit Kwaliteitsdoelstellingen en Monitoring van oppervlaktewater, Staatsblad 1991]. Een andere indicatie geeft het Infiltratiebesluit bodembescherming [Besluit Wet Bodembescherming, Staatsblad 233, april 1993]. Dit geeft voor de meeste individuele gewasbeschermingsmiddelen een grens van 0,1 µg/l. Voor de som van alle gewasbeschermingsmiddelen is de grens 0,5 µg/l. Voor de som van organochloorbestrijdingsmiddelen geldt een strengere grens van 0,1 µg/l.

In de aangekondigde wijziging van het “Lozingsbesluit open teelt en veehouderij” wordt (naar het zich nu laat aanzien) een mogelijkheid opgenomen, om het water uit fruitsorteerinrichtingen te lozen op oppervlaktewater. Voorwaarden daarbij zijn, dat er sprake moet zijn van toepassing van de best beschikbare techniek en dat moet worden voldaan aan de MTR-waarden voor het oppervlaktewater [Ontwerp actualisering lozingsvoorschriften, ministerie van Verkeer en Waterstaat, 8 juni 2006, kenmerk HDJZ/WAT/2006-735]. In de Vierde Nota Waterhuishouding worden voor individuele middelen zeer verschillende gehalten genoemd als MTR-niveau (maximaal toelaatbaar risico niveau). De ontwerpisen voor enkele van de genoemde gewasbeschermingsmiddelen zijn weergegeven in Tabel 2-2.

Tabel 2-2 (Ontwerp) lozingseisen gewasbeschermingsmiddelen

parameter	eenheid	waarde
Captan	□g/l	0,11
carbendazim	□g/l	0,11
Pirimicarb/	□g/l	0,09
fenoxycarb	□g/l	0,0014
tolyfluanide	□g/l	0,1
DMST	□g/l	0,75
pyrimethanil	□g/l	2,9

Voor sommige gewasbeschermingsmiddelen lijkt een aanvullende behandeling niet of nauwelijks nodig (bijvoorbeeld pyrimethanil, nu aangetroffen gehalten tot 0,3 µg/l, ontwerplozingseis 2,9µg/l). Voor andere middelen moet een hoog verwijderingrendement worden bereikt (bijvoorbeeld carbendazim, aangetroffen in de range 48 - 910 µg/l, ontwerplozingseis 0,11 µg/l, vereist rendement dus meer dan 99%!).

Ook aan verschillende van de parameters, opgenomen in Tabel 2-1, worden lozingseisen gesteld, die afhankelijk zijn van de lozingssituatie. Voor lozing op oppervlaktewater kunnen indicatief de eisen, zoals weergegeven in Tabel 2-3 worden aangehouden.

Tabel 2-3 Indicatieve lozingseisen overige parameters

parameter	eenheid	Oppervlaktewater
CZV	mg O ₂ /l	100 - 150
BZV	mg O ₂ /l	10 - 20
zwevende stof	mg/l	30
zuurgraad	pH	6,5 - 9
temperatuur	°C	< 30
Chloride	mg/l	200 - 300
Sulfaat	mg/l	-

Weer geldt, dat voor sommige parameters vermoedelijk met een eenvoudige behandeling kan worden volstaan (bijvoorbeeld zwevend stof, aangetroffen in de orde van 100 mg/l, indicatieve eis 30 mg/l), terwijl voor andere parameters een vergaande verwijdering nodig is (bijvoorbeeld CZV / BZV, indicatief benodigde verwijdering tot meer dan 95%).

2.2 Waterhoeveelheid en behandelingscapaciteit

De inhoud van een waterdumper is 7 - 10 m³. Het water wordt gerecirculeerd, waarbij er sprake is van een relatief kleine suppletiestroom.

Bij een systeem zonder enige waterbehandeling dient het water na ongeveer 1 week te worden vervangen. Om de (kans op) verstoring van de normale bedrijfsvoering te minimaliseren verdient het aanbeveling om het water apart, in een buffer, op te slaan. Vanuit de buffer kan het water dan bijvoorbeeld in één werkdag worden behandeld en geloosd. De vereiste capaciteit is dan te stellen op 1-2 m³/uur. Een alternatief is het buiten bedrijfstijd (in de nacht en onder mi-

nimaal toezicht) behandelen van het water (beschikbare tijd 8 - 16 uur). Vanuit het oogpunt van de inpassing in de normale bedrijfsvoering is dat echter minder gewenst.

Door een deelstroombehandeling, gericht op de verwijdering van zwevend stof, kan de standtijd worden verlengd tot 5 - 6 weken. En bovendien hoeft niet te worden geïnvesteerd in een aparte buffer. Het water wordt dan behandeld gedurende de tijd, dat de dumper in gebruik is. Zeer indicatief kan op basis van de gebruikelijke recirculatie (tot 40 m³/uur) een benodigde capaciteit tot 4 m³/uur worden afgeschat. Maar er is al ervaring met deze vorm van deelstroombehandeling. Hieruit blijkt, dat bij een capaciteit van 1 m³/uur en gebruik van de dumper gedurende 8 uur na werktijd de waterbehandeling nog gedurende enige uren in gebruik moet blijven. Bij 16 uur bedrijf per dag is dat ook het geval, als een capaciteit van 1,5 m³/uur wordt gebruikt. De benodigde capaciteit kan daarom worden afgeschat op 1 - 2 m³/uur.

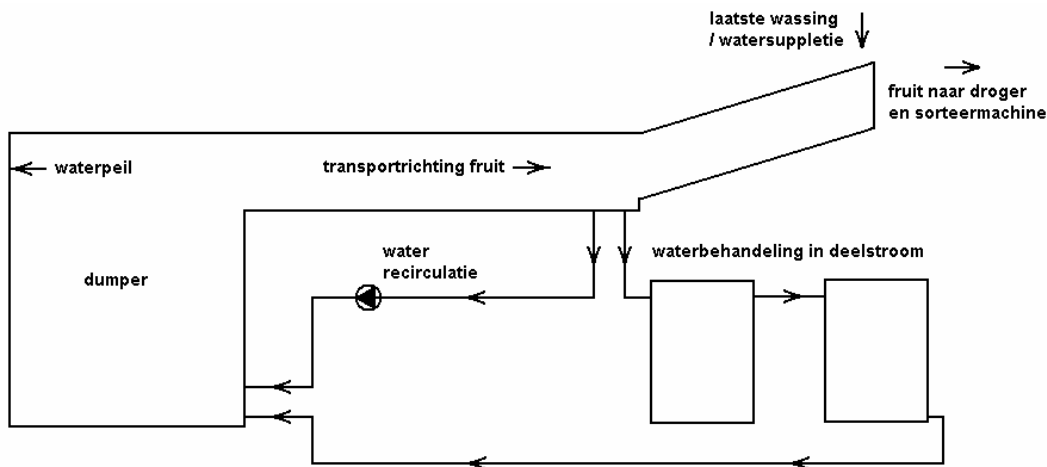
Samengevat is bij behandeling op de eindstroom een capaciteit van 1 - 2 m³/uur voldoende, mits het afgelaten water in een buffer kan worden opgeslagen en is bij continue deelstroombehandeling een capaciteit van 1 - 2 m³/uur voldoende, zonder dat een buffer noodzakelijk is en met het voordeel van de toegenomen standtijd van het water.

2.3 Strategie

Het zwaartepunt bij de bedrijfsvoering ligt bij het zo lang mogelijk fris en helder houden van het in de waterdumpers recirculerende water. Dit kan worden bereikt door middel van in deelstroom afvangen van zwevend materiaal, de eerste zuiveringstrap. Hierdoor wordt de standtijd van het water verlengd.

Om de installatie voor de verwijdering van de gewasbeschermingsmiddelen zo klein mogelijk te houden kan ook deze installatie in deelstroom worden bedreven. Het ligt dan voor de hand, om deze tweede zuiveringstrap te schakelen ná de eerste. De gefilterde stroom wordt in zijn geheel, of deels, verder behandeld. Deze tweede stap is bedoeld voor de verwijdering van de gewasbeschermingsmiddelen maar draagt ook bij aan een verdere verlenging van de standtijd.

Bij gebruik van 2 trappen ontstaat de in figuur 2.1 geschetste configuratie.



Figuur 2 Inpassing van de waterbehandeling

Of er inderdaad twee trappen nodig zijn hangt af van de kwaliteit van het water (mate van verontreiniging, soort gewasbeschermingsmiddelen, die aanwezig zijn) en van de daadwerkelijk opgelegde lozingseisen. Ook de verwijderingrendementen, die gehaald moeten worden, kunnen van bedrijf tot bedrijf verschillend zijn.

Een verdere waterbesparing kan wellicht nog worden bereikt, door het water aan het einde van de productierun (als de dumper grondig moet worden gereinigd) op te slaan in een aparte tank. Dit water kan in zijn geheel weer worden teruggevoerd naar de dumper via de eerste en de tweede trap. Deze verdergaande optie wordt in deze studie echter verder niet meegenomen.

Wegens het (veelal) ontbreken van een aansluiting op het riool dient het restwater (spoelwater, reinigingswater) te worden geloosd op het oppervlaktewater. Het gaat daarbij om enkele procenten van de hoofdstroom. Het afgevangen slib wordt hergebruikt door het op het land te brengen of afgevoerd ter verwerking elders.

Gegeven de bedrijfsomstandigheden, waaronder met de installatie wordt gewerkt, dient er zoveel mogelijk sprake te zijn van “een-knops-bediening”.

3 Mogelijke technieken

3.1 Inleiding

Voor de selectie van zuiveringstechnieken zijn verschillende insteken mogelijk. De eerste insteek is, om “alle” mogelijke technieken in de studie te betrekken. Er dienen dan tientallen technieken te worden besproken en met behulp van een uitgebreide multi-criteria analyse met elkaar te worden vergeleken. Dit is een tijdrovend traject, waarbij slecht gebruik gemaakt wordt van in het werkveld al aanwezige kennis. De tweede, efficiëntere, insteek is, om op basis van expert judgement in klein comité een voorselectie te maken van de beste technieken. Deze voorgeselecteerde technieken kunnen vervolgens nader worden vergeleken middels een (korte) beschrijving, te verwachten zuiveringsrendement en kosten.

In dit hoofdstuk wordt de expert judgement voorselectie gemaakt in twee slagen. In de eerste slag wordt van een beperkt aantal mogelijke technieken kort aangegeven, waarom ze wel of niet in aanmerking komen voor nadere overweging. In de tweede slag wordt op basis van een nadere bespreking aangegeven, welke techniek(en) in aanmerking komen voor de keuze van meest aangewezen techniek.

3.2 Mogelijke technieken, eerste selectie

Het te behandelen water valt te karakteriseren als enigermate organisch belast water, dat gewasbeschermingsmiddelen bevat, die deels niet snel biologisch afbreekbaar zijn. Voor dergelijk afloopwater zijn in principe vele zuiveringstechnieken mogelijk:

- biologische verwijdering:
 - aërobe zuivering met adsorptie aan slib;
- chemische oxidatie:
 - chloorbleekloog (en andere vormen van hypochloriet);
 - chloor / chloordioxide (gas);
 - permangenaat;
 - ozon;
 - waterstofperoxide met UV-licht;
- fysische behandeling:
 - coagulatie met vlokmiddel en bezinking/flotatie
 - granulaire (zand) filtratie
 - membraam filtratie:
 - microfiltratie;
 - ultrafiltratie;
 - nanofiltratie;
 - omgekeerde osmose;
 - adsorptie:
 - bruinkool;
 - actief kool;
 - zeolieten.

Van deze technieken vallen er echter voor het specifieke probleem direct enkele af.

Door de slechte biologische afbreekbaarheid van (een deel van) de microverontreinigingen is een biologische aanpak weinig geschikt. Maar als het water voldoende andere, wel afbreekbare componenten bevat, dan ontstaat bioslib. Door adsorptie aan het bioslib wordt een deel van de microverontreinigingen alsnog uit het water verwijderd. In het onderhavige specifieke geval is er echter geen constante waterstroom beschikbaar (naar hoeveelheid in de tijd en naar samenstelling). Een biologische installatie kan dan niet stabiel worden bedreven.

Van de chemische technieken zijn de technieken, die gebruikmaken van een vorm van actief chloor niet aantrekkelijk. Er is sprake van specifieke veiligheidsproblemen en/of van de mogelijkheid, dat milieuschadelijke organochloorverbindingen worden gevormd. Permangenaat is vermoedelijk geen voldoende sterke oxydator. Bovendien is permangenaat ten opzichte van de andere oxidatiemiddelen duur.

De toepassing van ozon dan wel waterstofperoxide met UV-licht kan niet op voorhand worden afgewezen, al stellen deze technieken voor een praktische toepasbaarheid wel eisen aan de zuiverheid en/of de helderheid van het water. Een belangrijk voordeel van oxidatietechnieken is, dat er geen vaste afvalstoffen hoeven te worden afgevoerd.

Zoals aangegeven in tabel 2.1 is de extinctie van het water erg hoog (300 m^{-1}). Op basis van expert judgement [J. Malley, University of New Hampshire] liggen de behandelingskosten van een dergelijk water met UV/peroxide hoog (indicatief: € 4,-/ m^3 of hoger). Dit betekent, dat het gebruik van UV als niet realistisch moet worden beoordeeld. Ook als het zwevend stof vergaand wordt verwijderd (waardoor de extinctie daalt), moet een dusdanig hoge rest-extinctie worden verwacht, dat UV geen reële optie is. Vooralsnog resteert van beide technieken alleen de toepassing van ozon.

Coagulatie en vlokafscheiding door bezinking / flotatie heeft een redelijk tot goed rendement van afscheiding van zwevende stof en enige organische belasting. Gezien de complexiteit in bedrijfsvoering en hoogte van de investering maakt flotatie weinig kans, bezinking wel. Door de bezinking in een lamellenseparator te laten plaatsvinden word een goed rendement bereikt bij een laag ruimtebeslag.

Filtratie over een enkel- of dubbellaags zandfilter, al dan niet voorafgegaan door dosering van vlokmiddel heeft eveneens een goed rendement op de verwijdering van zwevende stof en troebelheid.

Bij de membraanfiltratietechnieken dient nadrukkelijk een onderscheid te worden gemaakt naar het doel, waarvoor ze worden ingezet. Gaande van microfiltratie via ultrafiltratie en nanofiltratie naar omgekeerde osmose zijn de membranen steeds meer in staat, om deeltjes en uiteindelijk zelfs losse moleculen uit het water te filteren. Dat kan, doordat de poriën in de membranen steeds kleiner worden. Er is wel een steeds groter filteroppervlak en een steeds grotere druk (pompcapaciteit) nodig. En de gevoeligheid voor verstoppingen wordt steeds groter.

Als het gaat om de verwijdering van zwevend stof (troebelheid), dan zijn microfiltratie en ultrafiltratie bestaande en bewezen technieken. Troebelheid en zwevende stof kunnen voor 99 % of meer worden verwijderd. Nanofiltratie en omgekeerde osmose zijn hier niet voor geschikt.

Als het gaat om de verwijdering van opgeloste gewasbeschermingsmiddelen zijn microfiltratie en ultrafiltratie niet geschikt. Ze verwijderen alleen de gewasbeschermingsmiddelen, die geadsorbeerd zijn aan het zwevende stof. Gewasbeschermingsmiddelen hebben veelal een moleculgewicht (MW) in de range van 150 - 300. Met nanofiltratie kunnen moleculen worden verwijderd, die een MW van 200 of hoger hebben. Nanofiltratie houdt dus een deel van de gewasbeschermingsmiddelen tegen. Omgekeerde osmose (hyperfiltratie) is gericht op de verwijdering tot en met enkelvoudige anorganische zouten. Omgekeerde osmose is voor de verwijdering van gewasbeschermingsmiddelen als een te ver gaande filtratietechniek te beschouwen.

Voor de toepassing van iedere vorm van filtratie geldt nog een nadeel. Door filtratie wordt de behandelde waterstroom verdeeld in een gereinigde stroom en een (ten opzichte van sedimentatie grotere) afvalstroom. In de afvalstroom zijn de microverontreinigingen geconcentreerder aan-

wezig dan in de oorspronkelijke stroom. Op de afloopwaterstroom is een aanvullende behandeling nodig, voordat deze kan worden geloosd. Het alternatief is recirculatie van het water, maar daardoor ontstaat weer het probleem van accumulatie.

Van de adsorptietechnieken moet de toepassing van bruinkool als minder geschikt worden geklasseerd, vooral vanwege de beperkte standtijd (door het beperkte adsorberende vermogen). Actief kool is een zeer bewezen techniek voor de verwijdering van organische microverontreinigingen. Ook zeolieten kunnen worden toegepast. Met betrekking tot zeolieten kan in zijn algemeenheid worden opgemerkt, dat de prijs hoger is dan de prijs van actief kool. De adsorberende eigenschappen zijn vergaand vergelijkbaar. Een belangrijk voordeel van zeolieten is, dat ze niet brandbaar zijn. Voor de onderhavige toepassing is dat echter niet relevant.

3.3 Nadere bespreking van resterende technieken

Op basis van de eerste selectie resteren de volgende technieken:

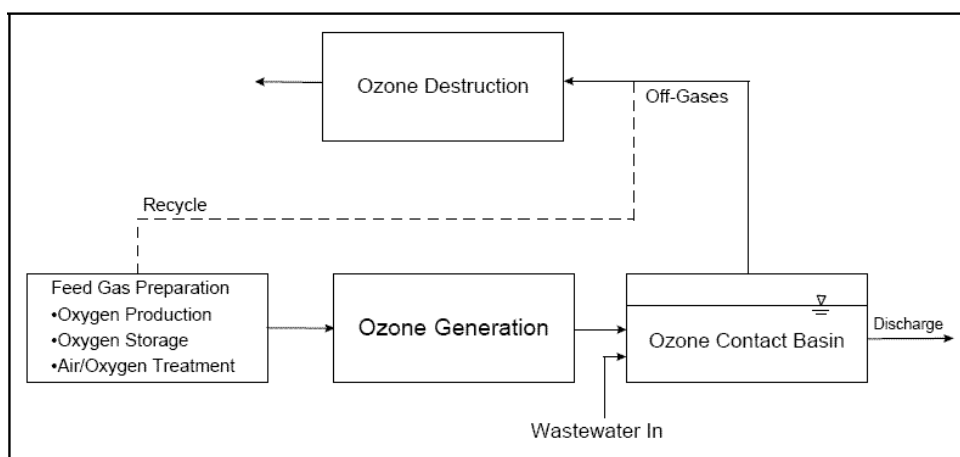
- chemische oxidatie:
 - ozon;
- fysische verwijdering:
 - filtratie:
 - zandfiltratie (eventueel met vlokmiddeldosering)
 - sedimentatie (met vlokmiddeldosering)
 - microfiltratie;
 - ultrafiltratie;
 - nanofiltratie;
 - adsorptie:
 - actief kool.

Deze voorgeselecteerde technieken kunnen nader worden vergeleken middels een (korte) beschrijving, en het te verwachten zuiveringsrendement.

3.3.1 Chemische oxidatie

3.3.1.1 Ozon

In onderstaande figuur wordt de basisopzet voor een ozonsysteem weergegeven. De behandeling kan zowel op de hele waterstroom als op een deelwaterstroom als op een spuiwaterstroom worden toegepast.



Source: U.S. EPA, 1986.

Figuur 3-1 Ozoninstallatie, schematisch

Voor ozon geldt, dat de behoefte, gemeten naar het gehalte gewasbeschermingsmiddelen, gering is. Uitgaande van een maximaal gehalte van circa 1.000 µg/l (1 g/m³) kan de ozonbehoefte worden afgeschat op 0,45 g/m³.

Maar ozon oxideert niet alleen de gewasbestrijdingsmiddelen. Zoals aangegeven in tabel 2.1 kan er sprake zijn van een CZV-gehalte in de range van 200 - 1.500 mg/l. De hieraan gekoppelde ozonconsumptie is bij een 2:3 dosering 150 - 1.000 g/m³. Dergelijke vereiste doseringen maken, dat het concept op voorhand als financieel onhaalbaar moet worden beschouwd. Er is dan echter geen rekening gehouden met het effect van de verwijdering van zwevend stof, voorafgaand aan de aanvullende behandeling. Met zwevend stof wordt ook een deel van de CZV verwijderd. Praktijkgegevens wijzen erop, dat door de verwijdering van zwevend stof het CZV gehalte kan dalen tot 70 - 200 mg/l. De dan nog resterende ozonbehoefte is af te schatten op 50 - 150 g/m³.

Bij schonere stromen (waarvan na filtratie sprake is) kan de ozonbehoefte ook worden afgeschat op basis van rest-TOC. Het onbehandelde water bevat circa 70 mg TOC/l (zie tabel 2.1, slechts een meetwaarde beschikbaar). Indien door de voorbehandeling 50 - 80% TOC-verwijdering wordt bereikt is de ozonbehoefte 18 - 7 g/m³.

Complicerend bij de afschatting is de kinetiek van de ozonoxidatie. Het ene type (organische) stof wordt eerder en sneller door ozon geoxideerd dan de andere. De twee extremen zijn:

- de rest CZV / TOC is (veel) makkelijker oxideerbaar dan de gewasbeschermingsmiddelen;
- de rest CZV / TOC is (veel) moeilijker oxideerbaar dan de gewasbeschermingsmiddelen.

In het eerste geval is het mogelijk, dat er, ondanks een ruime overdosering van ozon, toch een onvoldoende verwijdering van de gewasbestrijdingsmiddelen wordt bereikt. In het tweede geval zal er slechts een geringe overdosering van ozon nodig zijn. Gegeven de ruime range van de schattingen dient dit aspect als beslissend voor de praktische (financiële) haalbaarheid van het concept te worden beschouwd.

Met betrekking tot de toepasbaarheid is tenslotte nog van belang, hoe de ozonbehandeling wordt ingezet. Bij permanente behandeling van het water (deelstroombehandeling, leidend tot een maximalisering van de standtijd) moeten er wellicht maatregelen worden genomen, om te voorkomen, dat het fruit in contact komt met ozon in het water. Dit kan betekenen, dat ozon in deze toepassing minder geschikt is, maar alleen als eindbehandeling bij het lozen kan worden ingezet. Uit het oogpunt van de benodigde investering gaat ook in deze configuratie de voorkeur uit naar een installatie, die is uitgelegd op een debiet van 1 - 2 m³/uur, dan wel die gebruik maakt van een ozongenerator met een zo klein mogelijke capaciteit. Vermoedelijk is het dan noodzakelijk, om het te lozen water te bufferen in een extra tank (ruimtebeslag). Verder vraagt een dergelijke configuratie meer aparte aandacht, waardoor de inpasbaarheid in de bedrijfsvoering lastiger is.

In principe is met ozonoxidatie een rendement tot meer dan 99% mogelijk. Maar gegeven de onzekerheden met betrekking tot de daadwerkelijke ozonbehoefte van het water in dumpers is het zonder testen niet mogelijk, om te zeggen, dat de in paragraaf 2.1.2 aangegeven maximaal vereiste rendementen kunnen worden gehaald.

Samenvattend is de conclusie:

- indien ozonoxidatie wordt toegepast is een voorbehandeling (verwijdering zwevend stof / CZV / TOC) noodzakelijk;
- of ozonoxidatie als haalbaar kan worden beschouwd hangt af van de daadwerkelijke en op basis van de beschikbare gegevens niet goed in te schatten ozonvraag.

3.3.2 Sedimentatie / filtratie

Het zwevend stofgehalte in onbehandeld water is circa 90 mg/l (tabel 2.1). Voor de directe toepassing van zandfiltratie is dit een te hoog gehalte. Als bovengrens voor zandfiltratie kan indicatief 50 mg/l worden beschouwd. Bij hogere gehalten moet er een zeer hoge terugspoel (reinigings) frequentie moet worden toegepast, wat weer leidt tot een grotere vereiste capaciteit van

zowel de filters als de voor het terugspoelwater vereiste slibbezinkers. Het gebruik van zandfilters is in het onderhavige geval bijgevolg minder aantrekkelijk.

Sedimentatie (met vlokmiddeldosering) is bij dit soort gehalten in theorie wel goed toepasbaar. En er is ook al praktijkervaring mee, die de theorie staft. Er zijn geen harde gegevens beschikbaar met betrekking tot de rendementen. Maar op basis van CZV-verwijdering (en de aanname, dat het zwevend stof in waterdumpers sterk van organische, afbreekbare aard is) kan 50 - 80% verwijdering worden afgeschat, met een ondergrens van 20 - 40 mg zwevend stof per liter.

Als alternatief voor sedimentatie is microfiltratie of ultrafiltratie te overwegen. In (biologische) waterzuiveringssystemen is ultrafiltratie een inmiddels bewezen techniek om het slib vergaand af te vangen, tot gehalten van 20 mg zwevend stof per liter of lager.

Zowel bij sedimentatie als bij micro/ultrafiltratie ontstaat slib. De ervaringen met sedimentatie zijn, dat het hierbij om "kleine" hoeveelheden gaat. Bij filtratie is de retourstroom wat groter dan bij sedimentatie (filtratie geeft maximaal een indikking met een factor 10, d.w.z. tot circa 0,1% droge stof, bij sedimentatie met behulp van een lamellenseparator is circa 0,5% ds te verwachten). De retourstroom kan na bezinken van het slib óf worden teruggedoerd naar de ingang van de behandelingsstap óf (bij voldoende laag gehalte aan zwevend stof) worden doorgeleid naar de tweede trap.

Nanofiltratie kan een aantal van de gewasbeschermingsmiddelen tegen houden, afhankelijk van het molecuulgewicht. Afhankelijk van de beschermingsmiddelen, die op een bepaald bedrijf worden gebruikt zou nanofiltratie bijgevolg een bruikbare techniek voor de tweede trap kunnen zijn. Maar het voldoet niet als algemene techniek, bij wisseling van middelen zou het bedrijf bijvoorbeeld alsnog in de problemen kunnen komen.

3.3.3 Adsorptie

3.3.3.1 Actief kool

Een gebruikelijke methode om organische microverontreinigingen uit afloopwater te verwijderen is het toepassen van actief kool. Er zijn twee gebruikelijke uitvoeringsvormen: dosering in de vorm van poeder en filtratie over een bed. De voorkeur gaat uit naar de laatste variant omdat er dan geen problemen zijn met het weer verwijderen van de gedoseerde kool uit het effluent (aanvullende bezinking en/of filtratie).

Zoals besproken is er sprake van een duidelijk verhoogd gehalte aan zwevend stof. Omdat de werking beter is, naarmate het water minder storende componenten bevat verdient het aanbeveling, om de kool te schakelen na een voorafgaand filter (sedimentatie, microfiltratie . . .).

Aangehouden kan worden, dat actief kool minimaal 40 g organische microverontreiniging per kg kan binden. Uitgaande van een maximaal gehalte gewasbeschermingsmiddelen van 1 g/m³ is het koolverbruik te schatten op maximaal 25 g actief kool per m³.

Actief kool adsorbeert echter niet alleen de microverontreinigingen, maar ook macroverontreinigingen, zoals CZV. Uitgaande van een CZV gehalte van 200 mg/l na voorafgaande afscheiding van zwevend stof en onder de aanname, dat dit rest-CZV volledig adsorbeert aan kool kan een additionele koolconsumptie van 5 kg per m³ worden afgeschat. Hierbij is in ieder geval sprake van een overschatting.

Om tot een zo goed mogelijke afschatting te komen van het daadwerkelijk te verwachten verbruik is contact opgenomen met een leverancier van actief kool. Op basis van indicatieve laboratoriumtesten van een leverancier zijn er aanwijzingen, dat voor met CZV beladen effluent van een sedimentatietrap een standtijd van 5.000 tot 10.000 bedvolumina mogelijk is. Uitgaande van een standtijd (na installatie van sedimentatie / filtratie) van 5 weken en een waterdumperinhoud van 10 m³, dus een jaardoorzet van 100 m³, zou de koolconsumptie dan niet meer dan enkele kg per jaar bedragen.

Evenals voor de toepassing van ozonoxidatie geldt voor de toepassing van actieve kool, dat er onvoldoende harde gegevens zijn, om tot een goede afschatting van de haalbare zuiveringsrendementen en de kosten te komen. Het uitvoeren van testen is noodzakelijk.

3.4 Praktijkinstallaties

3.4.1 Bezoek

In het kader van de studie zijn 2 installaties bezocht:

- lamellenseparator;
- lamellenseparator met nageschakeld actief koolfilter.

In beide installaties wordt een deelstroom van het over de waterdumper circulerende water afgetapt. In het water wordt poly electrolyet gedoseerd, de ontstane vlokken worden middels een lamellenseparator afgescheiden en het water wordt teruggevoerd naar de waterdumper. De waterdummers hebben een inhoud van circa 7 m³. Bij een totale recirculatie over de waterdumper in de orde van 20 - 40 m³/uur wordt 1 - 2 m³/uur in deelstroom behandeld. Het volume van de lamellen separator is circa 1 m³.

De beoordeling van de waterkwaliteit in het systeem vindt visueel plaats. Criteria zijn helderheid en geur. In beide installaties is de standtijd van het water duidelijk verlengd, van een tot enkele weken naar 5 - 6 weken. Voor beide installaties geldt, dat er bij intensief gebruik (8 uur per dag) gedurende enkele uren of zelfs de hele nacht “nagedraaid” dient te worden om de gewenste verlaging van de troebelheid van het water te bereiken. Er zijn geen precieze gegevens bekend met betrekking tot het poly electrolyet verbruik (25 liter gebruiksooplossing in ongeveer 5 weken). Ook de slibproductie is niet goed bekend (“weinig”).

In de tweede installatie wordt het water, dat na verlopen van de standtijd moet worden geloosd, na de lamellen separator over een actief kool filter gevoerd. Er zijn geen harde gegevens beschikbaar met betrekking tot de standtijd van het koolfilter. Indicatief werd een standtijd van 6 maanden genoemd.

De installaties zijn van het karakter “een-knop-bediening”. Dit is voor de gebruikers een belangrijk argument om de installatie ook daadwerkelijk te gebruiken.

3.4.2 Beschikbare analyses

In zijn algemeenheid geldt, dat er weinig voor de studie bruikbare meetgegevens beschikbaar zijn. Er zijn een beperkt aantal analyses uitgevoerd op het water van dumpers zonder en van dumpers met deelstroombehandeling. Er is echter geen sluitend meetprogramma uitgevoerd (bijvoorbeeld analyses bij uitgeschakelde deelstroombehandeling versus analyses met ingeschakelde deelstroombehandeling). Er zijn wel aanwijzingen, dat de gehalten aan bestrijdingsmiddelen bij ingeschakelde behandeling slechts toenemen tot een bepaald niveau. Dat betekent, dat er door de verwijdering van de troebelheid óók een zekere verwijdering van bestrijdingsmiddelen wordt bereikt. De verwijdering is echter onvoldoende voor een rechtstreekse lozing. Er zijn geen (test) gegevens beschikbaar over de mogelijkheid om met de bestaande configuraties tot een verdergaande zwevend stof (én gewasbeschermingsmiddelenverwijdering) te komen.

3.5 Voorgestelde meest geschikte technieken

De behandeling van het water in dumpers dient in de toekomst 2 doelen:

- helder houden van het water bij het sorteren van het fruit;
- verlagen van de lozing van bestrijdingsmiddelen.

Voor de eerste doelstelling volstaat een installatie, waarmee zwevend stof wordt verwijderd. Het ligt voor de hand, om voor het bereiken van de doelstelling een permanente (deelstroom) behandeling te gebruiken. Een positief neveneffect lijkt te zijn, dat er ook een deel van de bestrijdingsmiddelen wordt weggenomen.

Als technieken komen in aanmerking sedimentatie, microfiltratie en ultrafiltratie.

Met sedimentatie is inmiddels (positieve) praktijkervaringen opgedaan, met micro en ultrafiltratie nog niet.

Voor de tweede doelstelling, het verlagen van de lozing van gewasbeschermingsmiddelen, is alleen het moment van lozing van belang. Vanuit dat oogpunt ligt het voor de hand, om het water pas te behandelen, als het wordt geloosd. Maar zoals besproken in paragraaf 2.2 heeft een deelstroombehandeling de voorkeur. De meest flexibele techniek is daarbij, om de verwijdering van de gewasbeschermingsmiddelen te schakelen ná de verwijdering van zwevend stof, waarbij de optie open blijft, om de gehele deelstroom te behandelen, of slechts een deel daarvan. In het laatste geval kunnen beide trappen vergaand onafhankelijk van elkaar optimaal worden ingesteld.

Als na de voorafgaande sedimentatie / filtratie te schakelen systemen kunnen worden genoemd:

- behandeling door adsorptie aan kool;
- behandeling met ozon;
- behandeling door nanofiltratie.

Het is mogelijk, maar niet met zekerheid te stellen, dat door middel van een koolfilter een voldoende verlaging van de gehalten wordt bereikt. Ozonoxidatie kan even effectief zijn (en heeft als voordeel, dat er geen afvalstroom ontstaat). Voor beide systemen geldt, dat er onvoldoende harde analyse / test gegevens zijn om hierover een definitief oordeel te vellen. En omdat deze gegevens niet beschikbaar zijn is ook een sluitende bedrijfseconomische beoordeling niet mogelijk. Voor ozon is een mogelijk knelpunt de ontoelaatbaarheid van contact van fruit met ozon. Voor nanofiltratie geldt, dat in ieder geval niet alle typen gewasbeschermingsmiddelen verwijderd worden. Bedrijfsspecifiek kan het echter een toepasbare techniek zijn.

4 Indicatieve kostenraming

Bij de bespreking van de technieken is een aantal malen aan de orde gekomen, dat er belangrijke onzekerheden bestaan met betrekking tot de ontwerpgrondslagen. Het is daarom alleen maar mogelijk, om een indicatie te geven van het kostenniveau van de verschillende technieken.

4.1 Oxidatie met behulp van ozon

Kapitaalskosten

Voor het oxidatiesysteem dient te worden geïnvesteerd in een ozongenerator (met hulpapparatuur als koelsysteem, injectiesysteem, contactstelsysteem, zuurstofvoorziening, afgasbehandelingsstelsysteem). De investering wordt bepaald door de vereiste hoeveelheid ozon.

Uitgaande van een behandelingscapaciteit van 2 m³/uur en een lage ozonbehoefte (15 g/m³ op basis van TOC na verwijdering van zwevend stof) kan worden volstaan met de kleinste typen ozongenerator, met investeringen in de orde van € 15.000,- of minder. Bij een hogere ozonbehoefte (150 g/m³ op basis van CZV na verwijdering van zwevend stof) nemen de kosten toe, maar is er (door het lage debiet) nog steeds sprake van een kleine installatie. Gedacht kan worden aan een investering in de orde van € 20.000,-.

Operationele kosten

Bij kleinschalige ozoninstallaties is weinig inzet van personeel nodig. Ook het onderhoud is geen belangrijke kostenpost.

De productie van ozon vraagt energie. De energievraag is te stellen op 8 kWh per kg ozon. Bij de kleinste installatie zijn de energiekosten te stellen op minder dan € 500,-/jaar. Maar bij de grotere installatie stijgen deze al naar € 4.000,- - 5.000,- per jaar. De afgassen dienen te worden behandeld om te voorkomen, dat er ozon in de (werkplek) atmosfeer geraakt. Gebruikelijk is een koolfilter, waarvan de standtijd "lang" is. De kosten zijn gering.

De bedrijfsmatige haalbaarheid van de techniek is sterk afhankelijk van de energiekosten, dat wil zeggen van de op dit moment nog niet bekende daadwerkelijke ozonbehoefte.

4.2 Sedimentatie / filtratie

4.2.1 Sedimentatie

Kapitaalskosten

Sedimentatie kan op verschillende manieren worden uitgevoerd. De twee hoofdvormen zijn traditionele bezinkers en lamellenseparatoren. Wegens het kleinere ruimtebeslag gaat de voorkeur uit naar lamellenseparatoren. Voor een installatie met een capaciteit tot 2 m³/uur kan de benodigde investering worden afgeschat op 14.000 - 20.000 €, inclusief slibopvang.

Operationele kosten

Bij kleinschalige lamellenseparatoren is weinig inzet van personeel nodig. Het belangrijkste onderhoud is het periodiek reinigen van de lamellenset. Dit kan goed in eigen beheer worden uitgevoerd. Een lamellenseparator kan als een robuust stuk techniek worden beschouwd.

Het energieverbruik is laag, omdat de benodigde pompvermogens laag zijn (orde: 1 kW). Voor de goede werking is het doseren van een vlokmiddel nodig (poly electroliet), in de orde van 25 mg/m³. Ook de kosten hiervan zijn beperkt.

4.2.2 Membraanfiltratie

De kosten voor de verschillende soorten membraanfiltratie (micro, ultra en nano) zijn niet zeer onderscheidend. De kosten lopen van micro naar nano wel enigermate toe. Dit hangt samen met de toenemende filterwerking. Daardoor is een groter membraanoppervlak nodig (hogere investering) en ook wat meer pompvermogen.

Kapitaalskosten

Uitgaande van een debiet van 2 m³/uur kan voor microfiltratie een investering van € 28.000,- worden afgeschat, oplopend naar indicatief € 34.000,- voor nanofiltratie. Bij deze investering dient nog te worden opgeteld de investering in de opvang en ontwatering van het slib.

Operationele kosten

De personeelslasten zijn, als bij de andere technieken, laag. Het onderhoud is niet zeer intensief. Er dient rekening te worden gehouden met noodzakelijke reiniging van de membranen. De standtijd van een set membranen kan worden gesteld op circa 5 jaar, waarna vervanging nodig is (circa € 3.000,-). Membranen zijn wat gevoeliger voor juist gebruik dan de andere technieken (vooral de werkwijze tijdens opstarten en uitschakelen van de installatie). Het energie gebruik is hoger dan bij toepassing van een lamellenseparator. Er is sprake van een beperkt chemicaliën-gebruik voor de reiniging van de membranen.

4.3 Actief kool adsorptie

Kapitaalskosten

Actief kool adsorptie kan op verschillende manieren worden uitgevoerd. De twee hoofdvormen zijn doseren van poederkool, gevolgd door bezinking / filtratie en het gebruik van een koolfilter in een gesloten tank. Wegens de eenvoudiger bediening en de compactere bouw gaat de voorkeur uit naar het gebruik van een gesloten tank. De investering wordt voornamelijk bepaald door het benodigde filteroppervlak. Dit wordt bepaald door de vereiste contacttijd. Bij een kortere contacttijd volstaat een kleiner filteroppervlak. Voor een installatie met een capaciteit tot 2 m³/uur kan, uitgaande van een standtijd van 10.000 - 5.000 bedvolumes, de benodigde investering worden afgeschat op € 4.000 - 9.000. Bij kortere standtijden zijn grotere filters vereist en neemt de vereiste investering uiteraard toe.

Operationele kosten

Het gebruik van een actief kool filter vraagt weinig personeelsinzet of onderhoud. Ook het energieverbruik is laag (er is alleen een opvoerpomp nodig). Er hoeven geen chemicaliën te worden gedoseerd. Wel moet de verzadigde kool uiteindelijk worden afgevoerd als afval (voor regeneratie, storten of verbranding). De operationele kosten betreffen dus voornamelijk de aanschaf van nieuwe kool en de afvoerkosten van de oude kool. Als het koolgebruik laag is (orde minder dan 500 kg/jaar) zijn deze kosten te overzien (tot € 750,-). Bij een hogere daadwerkelijke koolbehoefte nemen deze kosten rechtevenredig toe. De bedrijfsmatige haalbaarheid van de techniek is bijgevolg sterk afhankelijk van de op dit moment nog niet bekende daadwerkelijke koolbehoefte.

4.4 Kostenvergelijking

In Tabel 4-1 zijn de vereiste investeringen samengevat. Zoals besproken kunnen vooral de investeringen voor de verwijdering van de gewasbeschermingsmiddelen niet goed worden aangegeven, omdat er geen harde gegevens zijn voor de ozon en de koolbehoefte.

Tabel 4-1 **Overzicht indicatieve investeringen**

techniek	range	in €
Verwijdering zwevend stof		
lamellenseparator	15.000	20.000
microfiltratie / ultrafiltratie	28.000	32.000
Verwijdering gewasbeschermingsmiddelen		
ozonoxidatie	15.000	20.000
nanofiltratie	30.000	34.000
adsorptie aan actieve kool (1)	4.000	9.000

1: bij een standtijd van 5.000 - 10.000 bedvolumes

Voor de verwijdering van zwevend stof is de situatie helder. Op basis van de nu beschikbare informatie is het gebruik van sedimentatie (lamellenseparator) de meest aangewezen techniek. De alternatieven, micro of ultrafiltratie, vereisen duidelijk hogere investeringen en hebben vergelijkbare of iets hogere operationele kosten.

Voor de verwijdering van gewasbeschermingsmiddelen gaat de voorkeur in eerste instantie uit naar adsorptie aan actieve kool, gevolgd door ozonoxidatie. Een aandachtspunt hierbij is nog de toelaatbaarheid van de aanwezigheid van sporen ozon in het water. Als enige kans daarop absoluut niet toelaatbaar is, kan ozonoxidatie niet worden toegepast als deelstroombehandeling, maar moet het op de eindstroom (tijdens het lozen) worden toegepast. Dit kan de inpasbaarheid in de bedrijfsvoering bemoeilijken.

In eerste instantie lijkt nanofiltratie door de hoge vereiste investering geen reëel alternatief. Bij een (sterk) verhoogde koolbehoefte (wat vermoedelijk ook betekent: een verhoogde ozonbehoefte) kan de voor actief kool vereiste investering de investering voor ozonoxidatie benaderen en wellicht overtreffen. De operationele kosten (kool: vervanging en afvoer van verzadigde kool; ozonoxidatie: energiekosten) worden dan beslissend voor de keuze. En in tweede instantie is het zelfs denkbaar, dat filtratie dan wél een reëel alternatief wordt (de investeringskosten zijn hoog, maar de operationele kosten kunnen dan relatief laag uitkomen).

5 Conclusie

Op basis van technologische en praktische overwegingen zijn een aantal technieken aanwijsbaar, waarmee naar verwachting een goede verwijdering van zwevend stof en, aansluitend, van gewasbestrijdingsmiddelen mogelijk is.

De beste aanpak is de behandeling van een deelstroom van het recirculerende water.

Voor de verwijdering van zwevend stof is de toepassing van een lamellenseparator een goede en inmiddels bewezen techniek. Voor de branche kan de techniek gelden als best beschikbare techniek. Het alternatief microfiltratie / ultrafiltratie is duurder en lastiger in de bedrijfsvoering.

Een harde keus voor de verwijdering van de gewasbestrijdingsmiddelen kan niet worden gemaakt. Technologisch zijn zowel ozonoxidatie als adsorptie aan actief kool als nanofiltratie mogelijk. Bij al deze technieken is het noodzakelijk, om voorafgaand het zwevende stof vergaand te verwijderen. Als het water in de dumpers gegarandeerd vrij moet blijven van ozon dient voor ozonoxidatie als alternatief voor deelstroombehandeling eindstroombehandeling te worden overwogen.

Als de ozon én de koolbehoefte laag is, gaat de voorkeur uit naar het gebruik van actief kool, gevolgd door ozon (nanofiltratie vergt namelijk de hoogste investering). Naarmate de ozonbehoefte en/of de koolbehoefte toeneemt kan de voorkeursvolgorde echter wijzigen.

Het is bijgevolg noodzakelijk, om nader onderzoek uit te voeren naar de daadwerkelijke ozon / kool behoefte.

Om een harde keus voor een van de technieken voor de verwijdering van gewasbeschermingsmiddelen te kunnen maken dienen de volgende stappen te worden doorlopen:

- Optimaliseren van de capaciteit van de zwevend stofverwijdering (op basis van de praktijkervaring lijkt enige capaciteitsuitbreiding op zijn plaats, hierdoor deelt de inspanning, die in de tweede trap moet worden gedaan).
- Eenduidig vaststellen van het effect van de verwijdering van zwevend stof op het restgehalte aan gewasbestrijdingsmiddelen.
- Vaststellen van de daadwerkelijke standtijd van nu reeds toegepaste koolfilters in termen van bedvolumes door het regelmatig uitvoeren van analyses op het ingaande en het uitgaande water. Dit kan gebeuren door middel van een test op labschaal, ondersteund door testen in bestaande installaties.
- Aanvullend: vaststellen van de ozonbehoefte van het te lozen water (laboratoriumonderzoeken, gevolgd door indicatieve kostenvaststelling, eventueel gevolgd door een praktijkproef).

Aanvullend kan worden overwogen om een proef met nanofiltratie uit te voeren. Maar deze techniek biedt in ieder geval geen branchebrede oplossing.