



PRAKTIJKONDERZOEK
PLANT & OMGEVING

WAGENINGEN UR

Biologische zuivering van water verontreinigd met gewasbeschermingsmiddelen

Onderzoeksresultaten 2008 t/m 2011

H.A.E. de Werd, M. Wenneker, J.H. Looij, W.H.J. Beltman, A. van der Lans,
H.F. Huiting, J.A. de Bruine & M.G. van Zeeland



Biologische zuivering van water verontreinigd met gewasbeschermingsmiddelen

Onderzoeksresultaten 2008 t/m 2011

H.A.E. de Werd, M. Wenneker, J.H. Looij, W.H.J. Beltman, A. van der Lans, H.F. Huiting, J.A. de Bruine & M.G. van Zeeland

© 2012 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)

Alle intellectuele eigendomsrechten en auteursrechten op de inhoud van dit document behoren uitsluitend toe aan de Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO). Elke openbaarmaking, reproductie, verspreiding en/of ongeoorloofd gebruik van de informatie beschreven in dit document is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving / Plant Research International, Business Unit Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit.

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapportnummer 2012-06; € 15,- -

**Dit onderzoek werd gefinancierd door het Ministerie van Economische zaken,
Landbouw en Innovatie, Provincie Noord-Holland, Hoogheemraadschap Hollands
Noorderkwartier, Waterschap Zuiderzeeland en Bayer CropScience**



Projectnummer: 3261092305

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving

Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit

Adres : Lingewal 1, Randwijk
: Postbus 200, 6670 AE Zetten
Tel. : 0488 - 47 37 02
Fax : 0488 - 47 37 17
E-mail : infofruit.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	7
1.1 Algemeen.....	7
1.2 Leeswijzer.....	7
1.3 Aanleiding voor het onderzoek.....	8
1.4 Doel van het onderzoek.....	10
1.5 Opdrachtgevers en gerelateerde projecten.....	11
2 PRINCIPE BIOLOGISCHE ZUIVERING	13
3 TESTEN VAN BIOLOGISCHE ZUIVERINGSSYSTEMEN.....	17
3.1 Bemonstering en analyse	18
3.2 Effectiviteit zuivering	18
3.3 Vergelijking concentraties met waterkwaliteitsnormen.....	19
3.4 Monitoring samenstelling effluent	19
4 EFFECTIVITEIT EN PRAKTISCHE TOEPASBAARHEID	21
4.1 Effectiviteit.....	21
4.1.1 Overall resultaten per stof	25
4.1.2 Overall resultaten en bijzonderheden per locatie.....	26
4.1.3 Negatieve uitschieters niet altijd te verklaren.....	26
4.2 Verdampingscapaciteit.....	27
4.2.1 Fytobac.....	28
4.2.2 Biofilter met plantenbakken.....	28
4.3 Storingen en oplossingen	28
4.4 Evaluatie met de gebruikers	29
4.4.1 Inpasbaarheid en capaciteit	29
4.4.2 Onderhoud en controle.....	30
4.4.3 Suggesties van gebruikers voor verbetering	30
4.4.4 Bereidheid tot gebruik en aanschaf	30
5 CONCLUSIES EN DISCUSSIE	31
5.1 Conclusies	31
5.2 Discussie	32
5.2.1 Vergelijking met resultaten in het buitenland.....	31
5.2.2 Verwerking effluent	32
5.2.3 Verwerking gebruikt substraat	32
5.2.4 Werking op langere termijn	33
5.2.5 Technische aandachtspunten bij installatie en gebruik van de fytobac en biofilters	33
5.2.6 Aandachtspunten bij proeven met de fytobac en biofilters	33
REFERENTIES.....	35
BIJLAGE 1 HANDLEIDING FYTOBAC EN BIOFILTER.....	37
BIJLAGE 2 BIJZONDERHEDEN PER ONDERZOEKSLOCATIE	39
BIJLAGE 3 PUBLICATIES EN PRESENTATIES	41

Samenvatting

Biologische zuivering is in beeld als mogelijkheid om water verontreinigd met gewasbeschermingsmiddelen te zuiveren. Hierbij is vooral gekeken naar de geschiktheid voor het zuiveren van afvalwater van vul- en wasplaatsen voor spuitapparatuur in de open teelten.

In diverse proeven en op verschillende locaties is de effectiviteit en praktische toepasbaarheid van biologische zuivering onderzocht, gedemonstreerd en bediscussieerd. Op basis van de metingen kan geconcludeerd worden dat het merendeel van de stoffen ruim voldoende (voor 95% of meer) verwijderd wordt als er water van vul- en wasplaatsen of een vergelijkbare mate van verontreiniging gezuiverd wordt. Op de meeste onderzoekslocaties komen echter regelmatig één of enkele stoffen voor die voor minder dan 90% uit het afvalwater verwijderd worden, of zelfs gemiddeld in een hogere concentratie worden aangetroffen in het effluent dan in het afvalwater (influent) zelf. Deze uitschieters naar beneden zijn in de meeste gevallen niet verklaarbaar op basis van het gebruik van de installatie of het uitspoelingsrisico van deze stoffen. Uitschieters lijken daarom eerder een gevolg te zijn van onregelmatigheden in het gebruik van de installatie, bemonstering, analyse of door 'verontreiniging' van het gebruikte substraat.

De onderzoeksresultaten laten zien dat biologische zuivering van afvalwater met restanten van gewasbeschermingsmiddelen het milieurisico van water verontreinigd met gewasbeschermingsmiddelen kan verkleinen; dit ten opzichte van de situatie dat het afvalwater onbehandeld op het erf (bodem, riool of oppervlaktewater) geloosd wordt. Het is niet realistisch aan te nemen dat het water altijd voor 100% gezuiverd wordt. Effluent van zuivering kan (tijdelijk) nog concentraties middel bevatten, die schade aan het waterleven kunnen veroorzaken. Om schade te voorkomen moet voorkomen worden dat effluent van zuivering in het oppervlaktewater terecht komt. Dit kan door effluent te voorkomen (niet meer opbrengen dan wat er kan verdampen). De verdampingscapaciteit van biofilters met plantenbakken of de fytobac is echter beperkt en kleiner dan de zuiveringscapaciteit van deze systemen. Als er meer gezuiverd wordt, dan er verdampt kan worden, dan is het aan te raden het effluent niet op oppervlaktewater te lozen. De praktische ervaring uit de Nederlandse proeven en buitenlands onderzoek zijn verwerkt in de Handleiding Fytobac en Biofilter (oplevering voorjaar 2012). Hierin wordt een constructie en gebruiksadvies gegeven en wordt ook aangegeven hoe eventueel effluent afgevoerd kan worden.

Mede dankzij de presentaties en demonstraties is de primaire sector en het toeleverend bedrijfsleven zich meer bewust geworden van de risico's van puntmissies in de open teelten en de mogelijkheden deze te voorkomen. Opvang en biologische zuivering is één van meerdere opties om verantwoord met bijvoorbeeld het waswater van de spuit om te gaan. Het bedrijfsleven ziet biologische zuivering als een aantrekkelijk systeem vanwege de eenvoud ervan, mits de kosten beperkt blijven. Tot nog toe is er vooral interesse voor toepassing bij telers en loonbedrijven die bezig zijn de erfinrichting aan te passen en daarbij meteen faciliteiten voor het opvangen van waswater van spuitapparatuur willen realiseren. Huidige gebruikers willen hun Biofilter of Fytobac blijven gebruiken. Hoe breed het verder opgepakt wordt door het bedrijfsleven, is met name afhankelijk van de ontwikkelingen op het gebied van regelgeving (Activiteitenbesluit) en verdere stimulering van opvang en zuivering.

1 Inleiding

1.1 Algemeen

In dit rapport worden de resultaten beschreven van het onderzoek van WUR PPO, in samenwerking met WUR Alterra, naar de inzetbaarheid van biologische zuiveringstechnieken voor verwerking van afvalwater dat verontreinigd is met gewasbeschermingsmiddelen. De onderzochte toepassingen zijn gericht op land- en tuinbouwbedrijven, inclusief loonbedrijven en exclusief glastuinbouwbedrijven.

Voor de glastuinbouw worden de mogelijkheden van zuivering ook onderzocht, maar ligt de focus meer op andere technieken dan biologische zuivering. Deze lijken perspectiefvoller voor de verwerking van de grotere volumes (veelal > 100 m³ jaar) verontreinigd water. In de glastuinbouw gaat het met name om drain- en drainagewater. Voor volumes van enkele tot enkele tientallen kubieke meters per jaar lijkt biologische zuivering een meer kosteneffectieve oplossing. Meer informatie over het zuiveringsonderzoek voor de glastuinbouw is te verkrijgen bij WUR Glastuinbouw, mevr. E. (Ellen) Beerling.

1.2 Leeswijzer

Voorliggend rapport is bedoeld om een overzicht te geven van de achtergrond en resultaten van het onderzoek.

Hoofdstuk 1 geeft, na deze leeswijzer (1.1), de aanleiding van het onderzoek weer (1.2). Vervolgens wordt het doel van het onderzoek besproken (1.3) en daarna de opdrachtgevers en gerelateerde project (1.4). Het werkingsprincipe van biologische zuivering van afvalwater met daarin gewasbeschermingsmiddelen wordt uitgelegd in hoofdstuk 2. In hoofdstuk 3 wordt de opzet van het onderzoek beschreven. Hoofdstuk 4 geeft een samenvattend overzicht van de resultaten. Ten slotte bevat hoofdstuk 5 de conclusies en aanbevelingen.

In de bijlage 3 is een overzicht te vinden van publicaties, presentaties en demonstraties naar aanleiding van dit onderzoek. Naast de bijlagen in dit rapport is nog een losse bijlage aan dit rapport gekoppeld: Bijlage 'Opzet en resultaten per bedrijf' die informatie bevat over de opzet van de praktijkproeven en de resultaten per onderzoekslocatie. Deze bijlage is niet noodzakelijk om het hoofdrapport te begrijpen, maar dient vooral als onderbouwing en om specifieke informatie over een locatie op te zoeken. Hierin staan onder andere de grafieken met het concentratieverloop van de meest relevante stoffen per onderzoekslocatie en grafieken die per locatie het verwijderingsrendement voor de meest relevante stoffen weergeven.

Dit rapport is een geactualiseerde versie van PPO-rapport 2010-16: **'Biozuiveringssystemen voor de open teelten. Stand van zaken onderzoek 2009'**, van Wenneker *et al.*, 2012. Een deel van de proefgegevens en resultaten uit de periode 2007-2009 is in voorliggend rapport beknopt weergegeven. Voor detailgegevens wordt dan verwezen naar genoemd rapport.

Handleiding Fytobac en Biofilter

Voor een praktisch advies voor de constructie en het gebruik van een fytobac of biofilter kunt u gebruik maken van de eerder genoemde uitgebreide 'Handleiding Fytobac en Biofilter' of folders over constructie en gebruik van een Biofilter of de Phytobac®, van respectievelijk PPO en Bayer CropScience.

De uitgebreide handleiding bevat een beschrijving ten behoeve van de constructie, het gebruik en het onderhoud van systemen voor biologische zuivering van afvalwater met daarin restanten van gewasbeschermingsmiddelen. De primaire doelgroep voor deze handleiding zijn bedrijven of personen die dergelijke systemen willen (laten) construeren, installeren, gebruiken en onderhouden en instanties die toe moeten zien op het juiste gebruik van deze installaties. De regelgeving voor de constructie en het gebruik van deze systemen wordt ook toegelicht.

1.3 Aanleiding voor het onderzoek

In het onderzoeksprogramma 2006 – 2009 van het ministerie van LNV zijn emissieroutes van gewasbeschermingsmiddelen naar oppervlaktewater in land- en tuinbouwgebieden beter in kaart gebracht. Hierbij is speciaal aandacht besteedt aan puntemissies (Werd *et al.*, 2006). Biologische zuivering van afvalwaterstromen kan naar verwachting een bijdrage leveren aan het terugdringen van puntemissies.

Puntemissies

Puntemissies dragen significant bij aan het ontstaan van normoverschrijdingen in het oppervlaktewater. Gewasbeschermingsmiddelen kunnen op verschillende manieren in het oppervlaktewater terechtkomen. In het kort zijn dit diffuse emissie: (druppel)drift tijdens gewasbespuitingen en verdamping tijdens en na toepassing, uit- en afspoeling van de bodem, emissies of lozingen vanaf het erf of uit bedrijfsgebouwen/kassen en afspoeling van het perceel. Er is veel onderzoek gedaan naar spuitdrift bij de toepassing van bestrijdingsmiddelen vanwege de bijdrage ervan aan emissies naar oppervlaktewater. Driftreducerende doppen, spuitvrije zones en bufferzones zonder gewas zijn geïntroduceerd om emissie terug te dringen. Echter, metingen van waterschappen tonen minder afname van concentraties in oppervlaktewater dan verwacht op basis van modelberekeningen voor de tussenevaluatie van het beleid Duurzame Gewasbescherming (MNP, 2006). Uit de eindevaluatie (Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) in voorbereiding) lijkt vooralsnog hetzelfde beeld te komen: de gemeten belasting van oppervlaktewater neemt relatief minder af dan de berekende belasting van oppervlaktewater. Dat de gemeten belasting van oppervlaktewater minder hard afneemt, wordt naar verwachting mede veroorzaakt door puntemissies. Omdat deze moeilijk te kwantificeren en modelleren zijn, zijn deze slechts beperkt opgenomen in de modellen die gebruikt worden om de belasting van het oppervlaktewater te berekenen.

Puntemissies zijn hoofdzakelijk verontreinigingen die ontstaan bij het vullen en het reinigen van de spuitapparatuur op het erf en bij het beheer van de overgebleven spuitvloeistof (Foto 1). Het gaat hier om morsen bij het vullen van spuit, overlopen van de spuitmachine tijdens vullen, lekken van leidingen of doppen en lozen van spuitresten of waswater (Basford *et al.*, 2004; Debaer & Jaeken, 2006; De Wilde *et al.*, 2007; Jaeken & Debaer, 2005; Wenneker, 2007). In het buitenland wordt de bijdrage door deze puntbelastingen aan vervuiling van het oppervlaktewater op 40-90% geschat (Bach *et al.*, 2005; Carter, 2000; Kreuger & Nilsson, 2001; Mason *et al.*, 1999; Müller *et al.*, 2002). Naast puntemissies rond het spuiten zijn er ook risico's bij het be- en verwerken van plant- en zaaigoed en geoogst product. Denk bijvoorbeeld aan het schoonmaken of afregenen van zaa- en pootmachines die met middelen in aanraking gekomen zijn, lekkage bij het dompelen van plantgoed en water uit sorteerinstallaties van appels en peren.



Foto 1: Door het schoonmaken van spuitapparatuur met water kan bij lozing op het riool of oppervlaktewater de waterkwaliteit in gevaar komen.

Voorkomen van puntemissies

Puntemissies moeten in principe voorkomen worden door het naleven van algemene regelgeving, die stelt dat lozing van water verontreinigd met gewasbeschermingsmiddelen op oppervlaktewater en riool verboden is. De praktijk leert echter dat op veel bedrijven reële risico's op verontreiniging van oppervlaktewater door puntemissies bestaan, vooral bij het schoonmaken van spuitapparatuur (Van Zeeland en Van der Weide, 2008; Wenneker *et al.*, 2008).

Het risico op puntemissie naar oppervlaktewater bij het vullen en reinigen van de spuitmachines is het grootst wanneer op een verhard erf gevuld en schoongemaakt wordt. De keuze om op het erf te reinigen is vaak om praktische redenen: altijd goed begaanbaar, water/hogedrukspuit in de buurt en de opslag van gewasbeschermingsmiddelen is dichtbij. Goed uitgeruste spuitapparatuur met een voldoende grote schoonwatertank, een efficiënt reinigingssysteem en een haspel met spuitlans voor reiniging van de buitenkant vermindert de noodzaak om op het erf te vullen en reinigen. Als er gekozen wordt voor reiniging op de verharding in plaats van op het perceel, is in veel gevallen een waswateropvang nodig om emissie naar het milieu te voorkomen. Lozing van waswater van spuitapparatuur op de bodem (bijvoorbeeld een onverhard deel van het erf) is slechts onder voorwaarden mogelijk. Zie kader:

Concepttekst uit activiteitenbesluit (dec. 2011)

Lozing naar het milieu van het was- en spoelwater van apparatuur waarmee gewasbeschermingsmiddelen zijn toegediend, is verboden, tenzij de lozing in het Besluit algemene regels voor inrichtingen milieubeheer (kortweg Activiteitenbesluit) wordt toegestaan. Artikel 3.24 van dit besluit staat 'het lozen' op de bodem toe, mits:

- a. het uitwendig wassen plaatsvindt op een perceel waar de gewasbeschermingsmiddelen zijn toegepast;
- b. het lozen plaatsvindt vanuit een zuiveringssysteem; of
- c. het uitwendig wassen zelden plaatsvindt (uitwendig wassen van ten hoogste twee motorvoertuigen of werktuigen per jaar).

Puntemissies zijn deels te voorkomen door bewustwording van de risico's op het ontstaan van puntemissies bij boeren, tuinders en adviseurs. Daarnaast is er behoefte aan oplossingen om puntemissies op praktische wijze te kunnen voorkomen. Eén van die oplossingen is het opvangen en zuiveren van afvalwaterstromen. Als waswater opgevangen moet worden, kan er gekozen worden voor een vul- en wasplaats van gestort beton, van betonelementen (prefab) of asfalt. Een alternatief is het gebruik van een (verplaatsbare) kunststof wasplaats of een metalen of kunststof plaat met opstaande randen en een waterafvoer naar een pompput of opvangput.

Zuivering afvalwaterstromen

Veel puntemissieroutes hebben gemeen dat ze ontstaan doordat een afvalwaterstroom vanaf het erf of vanuit een bedrijfsgebouw direct of indirect in het oppervlaktewater terecht komt. Verwerking van het afvalwater op het eigen bedrijf kan een aantrekkelijke oplossingsrichting zijn om verschillende redenen:

- Afvoer van afvalwater als chemisch afval is veelal erg kostbaar.
- Lozen of verspreiden van met gewasbeschermingsmiddelen op de bodem is nu en wordt met de verwachte regelgeving (Activiteitenbesluit, in voorbereiding) slechts onder beperkte voorwaarden toegestaan.

Zuivering is vaak niet mogelijk zonder hiervoor extra voorzieningen te treffen:

- De olie- en vetafscheider die op een aantal bedrijven gebruikt wordt om waswater van machines te reinigen voor lozing op riool of een sloot, zijn helaas niet geschikt voor het verwijderen van gewasbeschermingsmiddelen uit water.
- Ook rioolwaterzuiveringsinstallaties zijn niet in staat om gewasbeschermingsmiddelen efficiënt te verwijderen. Middelen kunnen de werking ervan zelfs verstoren.

In 2006 is een inventarisatie van bestaande zuiveringstechnieken gemaakt (Vulto & Beltman, 2006). De beschikbare technieken zijn onder te verdelen in biologische en fysisch-chemische technieken. Biologische zuiveringstechnieken hebben als voordeel dat de installaties relatief eenvoudig en betaalbaar in constructie en onderhoud zijn en daardoor kosteneffectief. De capaciteit is daarentegen relatief beperkt. Fysisch-chemische zuiverings- en filtertechnieken – bijvoorbeeld actieve koolfilters, uitvlokken, oxidatie en membraanfiltratie – kunnen ook gebruikt worden voor grotere volumes. Deze technieken vereisen over het algemeen meer specialistische kennis en onderhoud en zijn vaak duurder in aanschaf en gebruik. Biologische zuivering kan een aantrekkelijke optie zijn voor verwerking van relatief kleine volumes afvalwater (tot circa 30 m³ per jaar) op agrarische bedrijven. In de studie van Vulto en Beltman zijn biobedden, helofytenfilters, actieve koolfilters met of zonder met uitvlokken (Carboflow/Sentinel), oxidatie en fotochemische omzetting en ten slotte membraanfiltratie vergeleken. Ook hieruit kwam biologische zuivering met biobedden en daarvan afgeleide systemen zoals het biofilter en de fyto-bac als kansrijk naar voren voor afvalwaterstromen van beperkte omvang. Helofytenfilters, ook wel rietfilters genoemd, zijn een vorm van biologische zuivering die veel wordt toegepast voor verwijdering van nutriënten uit water. Deze methode blijkt op basis van literatuur slechts beperkt effectief voor de verwijdering van gewasbeschermingsmiddelen uit water.

Naast onderzoek naar biologische zuivering voeren PPO, Alterra en WUR Glastuinbouw met bedrijven ook onderzoek uit naar fysisch en fysisch-chemische zuivering, zoals:

- Combinatie lamellenseparator – ozon – koolstoffilter (getest voor water uit fruitsorteerinstallaties, publicatie in voorbereiding).
- Combinatie stoffilter – koolstoffilter (o.a. voor condenswater uit bollenbewaarcellen, publicatie in voorbereiding).
- Combinatie flocculatie – koolstoffilter ('Sentinel' i.s.m. Inagro vzw, niet gepubliceerd).
- UV, waterstofperoxide en koolstoffilter voor spuiwater in de glastuinbouw.
- Diverse meer geavanceerde zuiveringsmethoden (verkenning voor de glastuinbouw).

In 2007 zijn pilots met biologische zuivering van water van vul- en wasplaatsen voor spuitapparatuur gestart in de fruitteelt en akkerbouw. In 2008 tot en met 2011 zijn verschillende systemen getoetst op werking en bruikbaarheid op proef- en praktijkbedrijven actief in de akkerbouw, fruitteelt en bollenteelt. In vrijwel alle gevallen is gekozen voor verwerking van water van vul- en wasplaatsen van spuitapparatuur, omdat dit water op veel bedrijven een potentieel risico voor oppervlaktewater vormt en wat volume betreft, lijkt te passen bij de capaciteit van installaties voor biologische zuivering.

1.4 Doel van het onderzoek

Effectiviteit

Omdat de basisprincipes van de werking van systemen voor biologische zuivering al onderzocht zijn door onder andere Vlaamse universiteiten en onderzoeksinstituten (zie referentielijst), is er in Nederland vooral onderzoek gedaan naar het gebruik en de effectiviteit van deze installaties onder praktische omstandigheden. Daarnaast richt het onderzoek zich op het bepalen van de aandachtspunten bij de installatie en het gebruik en onderhoud ervan.

Demonstratie en communicatie

Een belangrijk tweede doel was, om middels demonstraties en publicaties ondernemers en adviseurs (meer) bewust te maken van de risico's op puntemissies en ze kennis te laten maken met de mogelijkheden van biologische zuivering op het eigen bedrijf. Andere doelgroepen zijn de beleidsadviseurs en beleidsmakers die zich onder andere bezighouden met de herziening van de regelgeving met betrekking tot lozingen van met name het Activiteitenbesluit.

1.5 Opdrachtgevers en gerelateerde projecten

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het Beleidsondersteunend onderzoeksprogramma van het Ministerie van LNV, tegenwoordig het Ministerie van EL&I, met medefinanciering van de Provincie Noord-Holland, Waterschap Zuiderzeeland, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier en Bayer CropScience. Daarnaast is gebruik gemaakt van resultaten uit de volgende projecten:

- 'Ontwerp van een optimale vul- en spoelplaats', dat PPO in opdracht van LaMi uitgevoerd heeft (2010-2011) (LaMi is een samenwerkingsverband tussen Provincie Utrecht en LTO Noord).
- Bedrijfsnetwerk 'Telen met toekomst' (tot en met 2010).
- Samen werken aan een Schone Maas (2011, lopend).

Verder is er regelmatig uitwisseling geweest met het Proefcentrum Fruitteelt vzw en Inagro vzw (voorheen POVLT), beide in België, omdat zij ook onderzoek uitvoeren naar biologische zuivering.

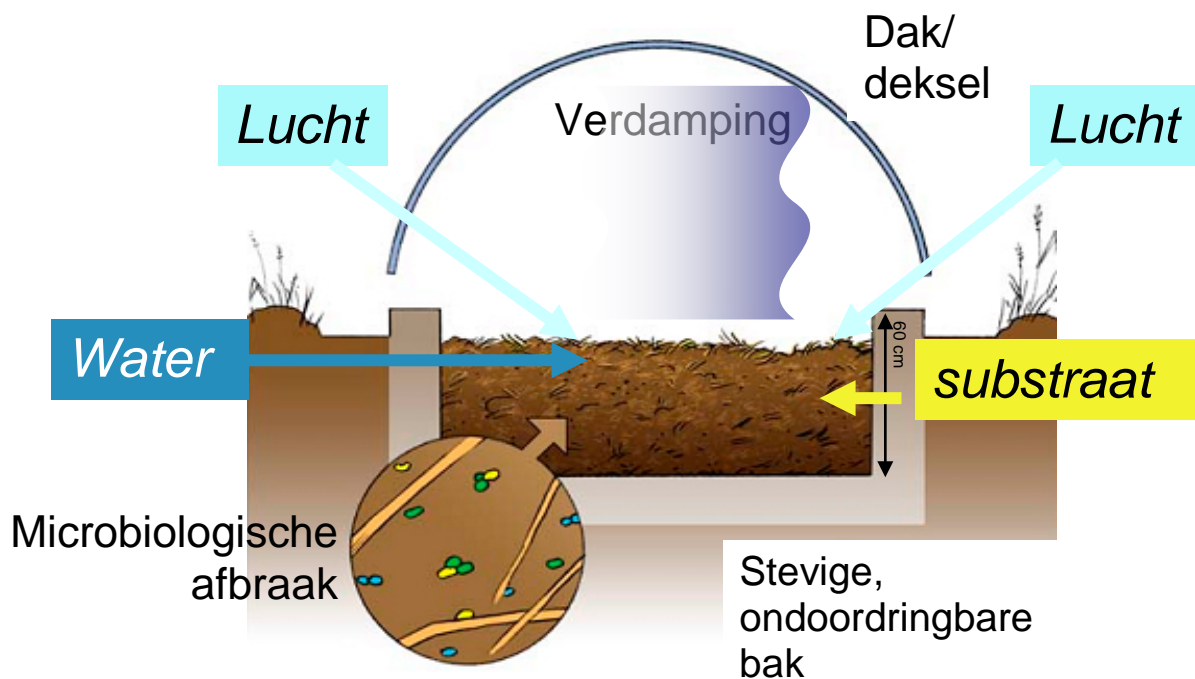
2012

In 2012 loopt het onderzoek op enkele locaties door, onder meer om een beter beeld te krijgen van de effectiviteit op de langere termijn. Ook is de verwachting dat op meer locaties installaties aangelegd kunnen worden voor demonstratiedoeleinden. Daarnaast heeft in 2011 een aantal ondernemers besloten installaties te bouwen voor eigen gebruik. Deze ondernemers hebben dit veelal besloten naar aanleiding van demonstraties, toelichtingen op open dagen en publicaties gerelateerd aan dit project of naar aanleiding van demonstraties door o.a. Bayer CropScience.

2 Principe biologische zuivering

Biologische zuivering werkt op basis van afbraak door micro-organismen (bacteriën en schimmels) in een substraat met veel organische stof (Figuur 1). De organische stof voorkomt dat middelen gemakkelijk uit het substraat spoelen en is een voedingsbodem voor de micro-organismen die voor de eigenlijke afbraak zorgen.

Voor de biologische zuivering van afvalwater met gewasbeschermingsmiddelen zijn meerdere typen installaties ontwikkeld in diverse landen. Het werkingsprincipe van alle typen installaties is echter grofweg hetzelfde. Een biologisch zuiveringssysteem werkt niet als een fysiek filter waar gewasbeschermingsmiddelen niet doorheen kunnen. Correcte installatie, gebruik en onderhoud van het systeem zijn noodzakelijk voor een goede werking.



Figuur 1: Het werkingsprincipe van biologische zuivering van water met gewasbeschermingsmiddelen (Bron: Bayer CropScience)

Verschillende typen en namen

Onderscheiden worden enerzijds het biobed en anderzijds de Phytobac® of fytobac en het biofilter. De namen worden nog al eens door elkaar gebruikt. De term **biobed** (Torstensson, 2000) wordt doorgaans gebruikt voor het eerste biologische zuiveringssysteem voor vul- en wasplaatsen van spuitmachines. Dit van oorsprong Zweedse systeem bestond uit een gat in de grond, gevuld met substraat. Hierboven werd de spuit gestald en gevuld of schoongemaakt. Nadelen van dit eenvoudige systeem waren de hoge pieken in belasting (een buffer voor het afvalwater ontbreekt) en het risico op uitspoeling naar de ondergrond en grondwater. Het oorspronkelijke biobed is daarom doorontwikkeld tot de momenteel beschikbare systemen: **fytobac**, **Phytobac®** (Foto 2) en **biofilter** (Foto 3). Deze worden uitgebreid beschreven in eerder genoemde handleiding (De Werd, in voorbereiding). In tegenstelling tot het oorspronkelijke biobed wordt bij deze systemen altijd een buffertank of put voor het afvalwater gebruikt en is het substraat geïsoleerd van de ondergrond. Zo worden hoge pieken en uitspoeling naar bodem en grondwater voorkomen.



Foto 2: Een Phytobac®



Foto 3: Een Biofilter

Phytobac®

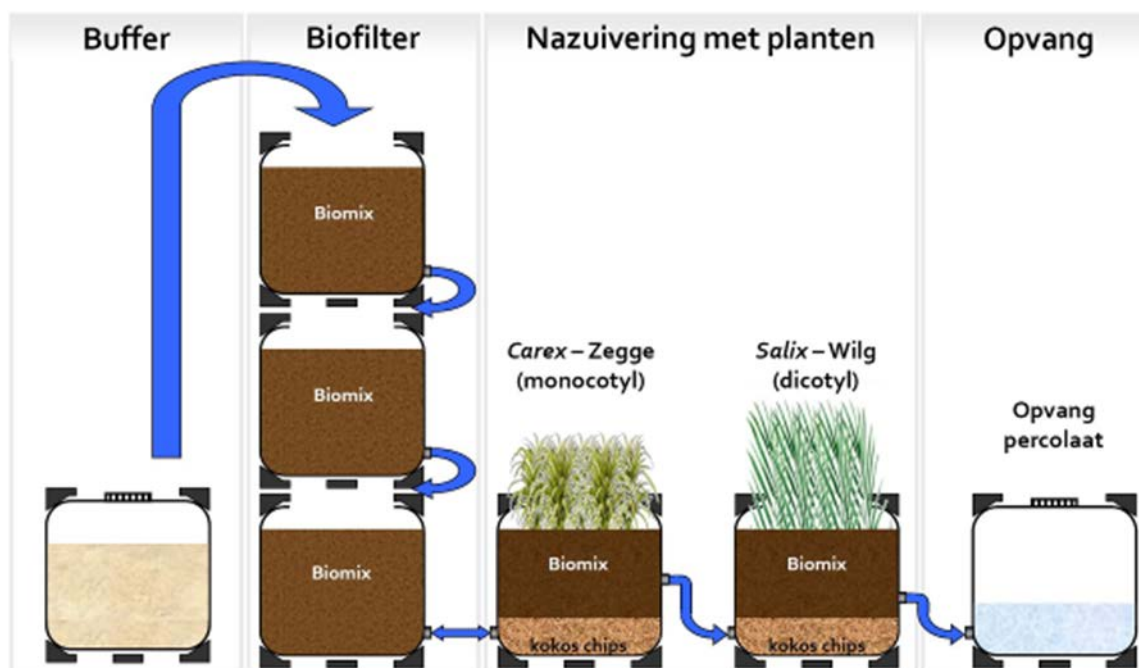
De naam Phytobac® is een door Bayer CropScience beschermde merknaam die een zuiveringssysteem koppelt aan een specifieke vulling, constructie en gebruik van het systeem. Het betreft altijd een dichte stevige bak van beton of kunststof, gevuld met een mengsel van bouwvoorgrond en stro. Er mag niet meer water opgebracht worden dan het systeem kan verdampen. De mix moet jaarlijks met stro aangevuld en volledig doorgemengd worden. Omdat er geen restwater ontstaat, is er geen risico op uitspoeling van middelen naar het milieu. De verdampingscapaciteit is bepalend voor de verwerkingscapaciteit. Details zijn te vinden in eerder genoemde handleiding (De Werd, in voorbereiding) of op te vragen bij Bayer CropScience. De Phytobac® is door de Franse overheid erkend als methode voor verantwoorde verwerking van water van de vul- en wasplaats van spuitapparatuur en is op een groot aantal bedrijven in gebruik.

Fytobac

De fytobac is een term die gebruikt wordt voor installaties zoals de Phytobac®, maar ook varianten daarop met een wat andere constructie, substraat of gebruikadvies. Zo kan de vulling afwijken of kan er onder voorwaarden gekozen worden voor een systeem waarbij meer water gezuiverd wordt dan wat er kan verdampen. In dat geval kan een gedraineerd systeem aangelegd worden. Een fytobac kan behalve in een dichte stevige bak ook in een vloeistofdichte 'bak' van dikke folie (vijverfolie) in de grond aangelegd worden.

Biofilter

Het biofilter (Figuur 2) bestaat uit meerdere stapelbare units van 1 m³ (meestal 2 of 3 gestapelde plastic bakken met een inhoud van elk duizend liter (IBC's)). Een systeem met 3 units is voldoende voor de zuivering van 3.000 à 4.000 liter restwater per jaar. Bij grotere hoeveelheden zijn meer eenheden noodzakelijk. De units zijn meestal gevuld met dezelfde materialen als bij biobedden en fytobac-systemen, maar er kunnen ook andere substraten worden gebruikt. Het systeem vraagt relatief weinig grondoppervlak, omdat het in de hoogte gebouwd wordt. Uitgaande van een verwijdering van 90% per filterbak (Debaer *et al.*, 2004), zou bij een combinatie van meerdere bakken een reductie van meer dan 99% bereikt moeten kunnen worden.



Figuur 2: Biologische zuivering met opvang en verdamping (bron: Proef Centrum Fruitteelt vzw, België)

Plantenbakken voor extra verdamping

Een optie om extra water te verdampen is het gebruik van plantenbakken die drainagewater uit een fytobac of biofilter verdampen. Deze bakken kunnen ook een extra zuiveringseffect geven.

De fytobac, Phytobac® en het biofilter, al dan niet met plantenbakken voor extra verdamping, moeten echter niet verward worden met moeras-, riet- of helofytenfilters. Deze begroeide filters zijn, zoals eerder gezegd, vooral effectief in het verwijderen van nutriënten uit het water en onvoldoende werkzaam voor verwijdering van gewasbeschermingsmiddelen.

Substraat of biomix

De samenstelling van het substraat kan variëren tussen en binnen de verschillende systemen. Belangrijk is dat een microbiële populatie aanwezig is die in staat is om middelen af te breken. Belangrijk bij biologische afbraak zijn beschikbaarheid van zuurstof, grondsoort, temperatuur, pH, redoxcondities en nutriënten (Vidali, 2001). Bij de eerste systemen werden veen (potgrond), stro en bouwvoorgrond gebruikt. Een mengsel van deze ingrediënten wordt biomix genoemd. Tegenwoordig wordt veen soms vervangen door verschillende vormen van compost. Potgrond en compost hebben meerdere gunstige eigenschappen: een goede nutriëntenbron voor micro-organismen, een hoog waterbergend vermogen en het houdt pesticiden zeer goed vast waardoor het risico op uitspoeling uit of ophoping onderin de filterbak(ken) verkleind wordt. Het vervangen van het aandeel veen in het substraat door andere organische materialen als compost heeft niet zozeer met een verschil in effectiviteit te maken, maar meer met de lokale beschikbaarheid van de verschillende substraten. Stro wordt toegevoegd als een extra energiebron voor micro-organismen en zorgt voor meer lucht in het substraat. In praktijk wordt de hoeveelheid stro vaak gelimiteerd tot 50 volumeprocent (Torstensson & Castillo, 1996). Met bouwvoorgrond worden micro-organismen in het systeem gebracht en komt de afbraak sneller op gang dan zonder toevoeging van bouwvoorgrond. Het substraat moet rijk zijn aan humus en moet liefst een laag kleigehalte hebben. Fogg & Boxall (2004) toonden aan dat de grondsoort niet van groot belang is. In het algemeen wordt een beter resultaat verkregen met een mengsel van stro en compost dan wanneer alleen bouwvoorgrond wordt gebruikt. Er zijn geen vergelijkingen tussen gebruik van bouwvoorgrond met stro (Phytobac-principe) enerzijds en biomix anderzijds bekend.

In het algemeen verbetert het adsorptievermogen bij meer en fijnere organische stof (De Wilde, 2009). Een sterkere adsorptie kan echter wel tot gevolg hebben dat middelen moeilijker afgebroken kunnen worden. Een goed adsorberend vermogen is vooral van belang bij drainerende systemen waar uitspoeling van middelen uit het systeem een risico voor het milieu met zich meebrengt.

Bij het testen van verschillende substraten (o.a. Genot *et al.*, 2002, Torstensson & Castillo, 1996, De Vleeschouwer *et al.*, 2005) worden soms tegengestelde effecten gevonden van toevoeging als dierlijke mest. Omdat ook goede resultaten mogelijk lijken te zijn zonder dierlijke mest, wordt het toevoegen van dierlijke mest in praktijkproeven doorgaans achterwege gelaten.

Als het substraat door inklinking en afbraak in volume afneemt, moet het aangevuld worden. Als het nieuwe substraat niet geheel doorgewerkt wordt, wordt aanbevolen het gehele substraat na bepaalde tijd (± 10 jaar) te vervangen. Als de nieuwe ingrediënten steeds door het oude substraat gemengd worden, is vervanging waarschijnlijk niet noodzakelijk.

3 Testen van biologische zuiveringssystemen

Van 2007 tot en met 2011 is op verschillende locaties een installatie gebouwd voor biologische zuivering van met gewasbeschermingsmiddelen verontreinigd afvalwater (Tabel 1). Het onderzoek is breed uitgevoerd om de toepasbaarheid van biofilters in de open teelten op verschillende bedrijfstypen met verschillende typen ondernemers en voor een groot scala aan middelen te kunnen bepalen. Op de locaties VR, RN en GOY is in eerste instantie gewerkt met afvalwater dat zelf werd samengesteld. Hiermee is het beter mogelijk de effectiviteit voor verschillende stoffen, met variabele stofeigenschappen, vast te stellen. In de laatste jaren is de nadruk meer verschoven naar effectiviteit en werking onder praktische omstandigheden en is op alle locaties gewerkt met afvalwater van de bedrijven zelf, zonder extra toevoeging van middelen.

Locatie-naam	Sector	Plaats (provincie)	Periode	Type installatie	Afvalwater
VR	Akkerbouw (proefbedrijf)	Vredepeel (L)	2007 -2009 2011	Fytobac bovengronds, in 2011 plantenbakken aangekoppeld	Water met herbiciden, vanaf 2011 water van vul-en wasplaats
FL	Akkerbouw	Swifterbant (FL)	2011	Biofilter + plantenbakken	Waswater spuit
NH2	Akkerbouw	Anna Paulowna (NH)	2011	Biofilter + plantenbakken	Waswater spuit
MA	Bollenteelt	Anna Paulowna (NH)	2008	Biofilter	Percolaatwater composthoop, daarna condenswater bollencellen
HG	Bollen/akkerbouw (loonbedrijf)	St. Maartensvlotbrug (NH)	2008-2010	Biofilter	Wasplaats spuit + spitinjecteur
HG	Bollen/akkerbouw (loonbedrijf)	St. Maartensvlotbrug (NH)	2011	Fytobac in de grond (folie) + plantenbak	Wasplaats spuit + spitinjecteur
RN	Fruitteelt (proefbedrijf)	Randwijk (GE)	2008-2011	Biofilter + plantenbakken	Vul- en wasplaats
GOY	Fruitteelt	't Goy (UT)	2008-2011	Biofilter + vanaf 2010 met plantenbak	Vul- en wasplaats 2009: water met diverse middelen toegevoegd
UT2	Fruitteelt	Benschop (UT)	2010-2011	Biofilter + plantenbak	Vul- en wasplaats

Tabel 1: Overzicht locaties met gegevens

De manier waarop de effectiviteit en toepasbaarheid onderzocht is, varieert tussen de jaren en de locaties. Deze variatie is deels het gevolg van het verschil tussen de diverse systemen en deels door voortschrijdend inzicht in de onderzoeksperiode. Er zijn waarnemingen gedaan aan de volgende aspecten:

- Concentraties van actieve stof en relevante afbraakproducten (metabolieten) in afvalwater en uitstromend water (effluent).
- Volumes opgebracht (influent) en uitstromend water (effluent) en daaruit volgend de absorptie en verdamping van water uit het systeem.
- Bij gebruik plantenbakken of begroeiing: de ontwikkeling van het gewas.
- Het optreden van en de oplosbaarheid van storingen.
- Gebruikerservaringen algemeen.

3.1 Bemonstering en analyse

Standaard zijn watermonsters van een liter genomen, gekoeld bewaard in donkere glazen flessen en opgestuurd voor analyse op de aanwezigheid van actieve stoffen van gewasbeschermingsmiddelen en relevante metabolieten. Voor analyse is gebruik gemaakt van de zogenaamde GC-MS / LC-MS methode. In een aantal gevallen is daarnaast nog extra onderzoek verricht naar de aanwezigheid van stoffen die met deze methode niet aangetoond kunnen worden. Dit geldt bijvoorbeeld voor glyfosaat en metam-natrium.

3.2 Effectiviteit zuivering

Het meest relevant is de bepaling van het verwijderingsrendement. Hiervoor is de samenstelling van het ingaande water (influent) en eventueel uitstromend water (effluent) bepaald. Het doel van deze metingen is om de ordegrrootte van de concentratie in het in- en uitkomende water te kunnen vergelijken om zo de effectiviteit van het zuiveringssysteem te bepalen.

Per locatie is gekeken welke stoffen het meeste risico voor het oppervlaktewater gevormd zouden hebben bij lozing van het water uit de opvangputten. Hiervoor is geselecteerd op de hoogste pieken in concentratie ten opzichte van de waterkwaliteitsnorm voor de betreffende stof. Daarbij is geen rekening gehouden met het aantal keren dat een hoge piek gemeten is.

Voor de locaties waar in 2009-2011 metingen verricht zijn, zijn voor de tien stoffen die met de hoogste concentratie ten opzichte van de waterkwaliteitsnorm gevonden zijn, grafieken gemaakt met het verloop van de concentraties en ter vergelijking de hoogte van de waterkwaliteitsnorm (zie aparte bijlage 'Opzet en resultaten per bedrijf'). Daarnaast is per locatie één grafiek gemaakt met het zuiveringsrendement (effectiviteit) voor de meest relevante stoffen voor die locatie. Voor enkele locaties zijn aparte grafieken en berekeningen gemaakt voor verschillende jaren, omdat door een wijziging van de proefopzet de jaren niet als één meetperiode te beschouwen zijn.

Het rendement of de effectiviteit in procenten is berekend op basis van:

$$\frac{(\text{gemiddelde concentratie in influent}) - (\text{gemiddelde concentratie in het effluent})}{\text{concentratie in het influent}} \times 100$$

Hierbij is voor de metingen waar de stof niet is aangetoond gerekend met de helft van de waarde van de rapportagegrens voor die stof. De rapportagegrens is de minimale waarde die gemeten moet zijn om de stof als aangetoond te rapporteren in het analyseverslag.

Omdat er door absorptie en verdamping meer water het filter in gaat dan er uit komt, is de eigenlijke effectiviteit wat hoger dan het percentage dat op bovenstaande wijze berekend wordt. Beter zou zijn om een volledige massabalans te maken van alles wat er in gaat, er uit komt en in het filter achterblijft en afgebroken is. Dit vraagt echter om een intensievere bemonstering en analyse en was voor de meeste locaties binnen dit project niet mogelijk.

Alleen met de resultaten van locatie VR, onderzoeksperiode 2008-2009 is wel een massabalans gemaakt, waarbij ook de gehalten in het substraat meegenomen zijn. Dit geeft een beeld van de daadwerkelijke afbraak in het systeem, terwijl vergelijking van het in- en effluent in principe alleen de verwijdering uit het water weergeeft.

De uitkomsten van de rendementsberekeningen zijn samengevat weergegeven in hoofdstuk 4.

3.3 Vergelijking concentraties met waterkwaliteitsnormen

Voor veel stoffen zijn er verschillende normen waaraan de oppervlaktewaterkwaliteit getoetst kan worden. In dit rapport hanteren we de milieukwaliteitsnormen zoals weergegeven in het zoekstelsel voor de normen van de HelpdeskWater (http://apps.helpdeskwater.nl/normen_zoekstelsel/normen.php). De MTR-normen (maximaal toelaatbaar risico) worden vervangen door EQS-normen (Environmental Quality Standards): de MAC-EQS voor piekconcentratie en de AA-EQS voor toetsing aan de jaargemiddelde concentratie. Voor de grafieken met het verloop van de concentratie en het rendement over meerdere jaren is gebruikt gemaakt van de normen uit het zoekstelsel zoals vermeld in najaar/winter 2011. Indien beschikbaar is de MAC-EQS gebruikt. Voor stoffen waarvoor nog geen EQS beschikbaar was, is de MTR of ad hoc MTR voor oppervlaktewater gebruikt. In de praktijk worden de MTR en EQS vooral gebruikt om de waterkwaliteit in grotere wateren te toetsen. Een overschrijding van deze normen geeft een indicatie van het risico voor de oppervlaktewaterkwaliteit bij lozing. Lozing van water met een beperkte normoverschrijding leidt niet altijd tot overschrijdingen op meetpunten. Tussen het punt van lozing en het meetpunt zal in de meeste gevallen verdunning, binding aan organische stof en gronddeeltjes en afbraak optreden. De mate waarin is erg afhankelijk van de eigenschappen van de betreffende stof.

3.4 Monitoring samenstelling effluent

De concentraties in het effluent zijn op verschillende manieren gemonitord. Per locatie wordt de werkwijze gespecificeerd in de betreffende paragraaf in de bijlage met resultaten per locatie.

Voor of na plantenbak

Effluent kan zowel voor als na de plantenbakken bemonsterd zijn. In principe wordt de 'end of pipe' vloeistof als effluent gedefinieerd en bemonsterd. Op enkele locaties is ook het water tussen de filterbakken en de plantenbakken bemonsterd gedurende de periode dat er nog geen water uit de plantenbakken kwam of gedurende de gehele periode (VR '11).

Verzamelvat of tussenvat

Afhankelijk van de opstelling kon behalve uit een verzamelvat met effluent ook uit een tussenvat gemonsterd worden. Het verzamelvat geeft een totaalbeeld van de werking van het filter over een langere periode. Een piek in het effluent kan nog lang meetbaar blijven. Metingen in een tussenvat of rechtstreeks uit de filter- of plantenbak door water af te tappen, geeft de toestand van het uitstromende water weer voor een kortere periode. Beide methoden hebben voor- en nadelen. Op de meeste locaties is in een verzamelvat met effluent gemeten.

4 Effectiviteit en praktische toepasbaarheid

4.1 Effectiviteit

Zoals in hoofdstuk 3 is aangegeven, is per combinatie van locatie en onderzoeksperiode het verwijderingsrendement berekend door de gemiddelde concentratie in het influent en in het effluent met elkaar te vergelijken. Dit is gedaan voor de meest relevante stoffen per locatie. Hiermee worden die stoffen bedoeld die bij lozing van het afvalwater op het oppervlaktewater de hoogste overschrijdingen ten opzichte van de norm gegeven zouden hebben in het ontvangende water.

Als op een locatie de onderzoeksopzet tijdens de onderzoeksperiode ingrijpend gewijzigd is, is onderzoeksperiode gesplitst. Voor beide delen zijn dan aparte rendementsberekeningen uitgevoerd. Dit is bijvoorbeeld het geval bij HG, VR en GOY.

In de overzichten van de berekende effectiviteit zijn niet meegenomen:

- Stoffen die niet (meer) relevant zijn voor landbouwkundig gebruik.
- Stoffen waarvan de hoogst gemeten concentratie zo dicht bij de rapportagegrens van het laboratorium ligt, dat niet bepaald kan worden of de stof voor 90% of meer verwijderd is. Dit is op enkele locaties van toepassing voor piperonyl butoxide (o.a. Spruzit vlb) en op één locatie voor thiofanaat-methyl.
- Metingen van captan. Bij de bewaring van de monsters is geen rekening gehouden met de speciale eisen die gesteld worden aan de bewaring van monsters met captan. De monsters zijn namelijk niet aangezuurd. In dat geval wordt captan snel afgebroken in water.

Effluent uit een biofilter of fyto-bac die gebruikt wordt voor waswater van spuitapparatuur, mag volgens de concepttekst van het activiteitenbesluit geloosd worden op riool of verspreid worden over een landbouwperceel als aan een aantal voorwaarden voldaan wordt. Eén van die voorwaarden is dat de installatie een effectiviteit heeft van ten minste 95%. Dit zal niet per locatie gecontroleerd worden, dus het is belangrijk om te beoordelen of gemiddeld aan deze eis voldaan kan worden.

Op basis van de positieve ervaringen uit Belgisch onderzoek streven we in proeven over het algemeen naar een effectiviteit van 99% of meer voor zoveel mogelijk stoffen. De resultaten uit binnen- en buitenland laten tot nog toe zien dat dit voor het merendeel van de stoffen gehaald wordt, maar dat negatieve uitschieters er voor kunnen zorgen dat de gemiddelde effectiviteit uitkomt rond de 95%. De negatieve uitschieters zijn soms te verklaren door de uitspoelingsgevoeligheid of persistentie van een stof, maar lijken in de proeven die in dit rapport beschreven zijn vaak willekeurige stoffen te betreffen die op andere locaties wel goed verwijderd worden.

In het overzicht (Tabel 2) representeert elk vakje de effectiviteit voor één combinatie van een stof, onderzoekslocatie en onderzoeksperiode. Gemiddeld is het berekende verwijderingsrendement per stof, per locatie en onderzoeksperiode (dus per vakje in de tabel) 93%. De gemiddelde effectiviteit per stof per combinatie van locatie en onderzoeksperiode is 94%. Hierbij is voor de cellen met een negatief berekend rendement een rendement van 0% meegenomen.

Worden berekende negatieve waarden weggelaten bij het berekenen van de gemiddelde effectiviteit, dan komt het gemiddelde rendement per locatie uit op 95%. Dit maakt dus weinig uit voor de gemiddelde berekende effectiviteit per locatie.

% verwijdering uit water op basis van gemiddelde concentraties in influent en effluent										
			99-100%	90-98%	50-89%	0-49%	negatief			
	Locatie-jaar ->									
Stof	RN '09	RN '10-'11	GOY '09-'11	UT2 '10-'11	HG '08-'10	HG '11	NH2 '11	FL '11	VR '11	VR '08-'09
AMPA (afbraakproduct van glyfosaat)	93				100					
abamectine (o.a. Vertimec Gold)		100	97							
acetamiprid (Gazelle)				100				100		
aclonifen (Challenge)									100	
asulam (o.a. Asulox)					99	100			100	
azoxystrobine (o.a. Amistar)					99	100	100	94		
bentazon (o.a. Basagran)										88
bifenthrin (Bistar)									87	
boscalid (o.a. Bellis)	100	100	100	100	negatief			99		
carbendazim (afbraakproduct van thiofanaat-methyl)		100	99	100	99		100	negatief		
chlooraniline (afbraakproduct van chloorprofam)					98					
chloorprofam (o.a. Gro-Stop)					100	98			100	
clomazone (Centium)					99				100	
cyazofamid (Ranman)							100	100		
cycloxydim (Focus Plus)					100	99				
cyproconazool (o.a. Sphere)							100			
cyprodinil (o.a. Switch)	100	100	99	100						
deltamethrin (o.a. Decis)		100		100			100			
difenoconazool (o.a. Score)								100		
dimethenamid (o.a. Frontier Optima)							52	100	100	100
dimethoaat (o.a. Perfekthion)					100			100		
dimethomorph (o.a. Acrobat)					100					
dithianon (o.a. Delan)	100		100							
dodine (o.a. Syllit)		100								
esfenvalerate (Sumicidin Super)					89	99	98	88		
ethofumesate (o.a. Goltix)								100	100	
fenhexamid (Teldor)		100		100						
fenoxycarb (o.a. Insegar)	100	100	99	96		9	100			
fenpropimorph (o.a. Corbel)							100	100	100	
florasulam (o.a. Primus)				97	100	100				
fludioxonil (o.a. Switch)			39						negatief	
glyfosaat (o.a. Roundup)	99				100					
hexythiazox (Nissorun)				99						

% verwijdering uit water op basis van gemiddelde concentraties in influent en effluent										
			99-100%	90-98%	50-89%	0-49%	negatief			
	Locatie-jaar ->									
Stof	RN '09	RN '10-'11	GOY '09-'11	UT2 '10-'11	HG '08-'10	HG '11	NH2 '11	FL '11	VR '11	VR '08-'09
imidacloprid (o.a. Admire)	100	100	100		96					
indoxacarb (Steward)	100	100	100	99						
isoproturon (o.a. Azur)							100			
kresoxim-methyl (o.a. Strobry)	100	100	100	100						
lambda-cyhalothrin (Karate Zeon)					91	94	negatief			
linuron (o.a. Afalon)	100	100	100		97	100	100	100	100	
MCPA (o.a. U 46)	100	100	89	100	100	100				
mesotrione (o.a. Calaris)					100					
metamitron (o.a. Goltix)					100	100			100	
methoxyfenozide (Runner)	100	100	100							
metribuzin (o.a. Sencor)					100		100	99	100	
nicosulfuron (o.a. Milagro)										100
pendimethalin (o.a. Stomp)					negatief	negatief			100	
piperonyl butoxide (o.a. Spruzit Vlb.)		100							99	
pirimicarb (Pirimor)	99	100	100	100	100	92	28	96		
propamocarb-hydrochloride (o.a. Proxanil)							100			
prothioconazole (o.a. Redigo)							100			
propyzamide (o.a. Kerb)									100	
prosulfocarb (o.a. Defi)								100	100	
pyraclostrobin (o.a. Bellis)	100	100	100	100	99					
pyrimethanil (o.a. Scala)			99							
pyridate (Lentagran)					100	7				
S-metolachloor (o.a. Dual Gold)					99	44	100	99	100	
spinosad (o.a. Tracer)									99	
spirodiclofen (Envidor)		100				100				
sulcotrion (Mikado)										100
tebuconazool (o.a. Folicur)		100		100	99	100	99	97		
terbutylazin (o.a. Calaris)					100	93			100	100
thiacloprid (o.a. Calypso)	100	100	99	85	100	100	45	67	100	
thiamethoxam (o.a. Actara)							100			
thiofanaat-methyl (Topsin)					87	99				
thiram (o.a. Thiram Granuflo)		97								
triadimenol (o.a. Exact)	100	100	100	100						
trifloxystrobin (o.a. Flint)	100	100	100	100				87		
triflurosulfuron (Safari)									100	

Tabel 2: Overzicht verwijderingsrendement per stof. Waarde berekend op basis van vergelijking van gemiddelde concentratie in influent en in effluent. Indien de concentratie in het effluent hoger was, is dit aangegeven als 'negatief'. In deze tabel zijn per locatie de landbouwkundig relevante stoffen opgenomen met de hoogste aangetroffen waarde relatief ten opzichte van de waterkwaliteitsnorm voor die stof. Een langere onderzoeksperiode geeft in het algemeen een betrouwbaarder beeld van het rendement dan een korte periode.

4.1.1 Overall resultaten per stof

In tabel 2 staan de 68 stoffen die voor de betreffende locaties en jaren het grootste risico op hoge concentratiepieken geven ten opzichte van de waterkwaliteitsnorm in het oppervlaktewater:

- 51 stoffen worden bij elke combinatie van locatie en onderzoeksperiode voor ten minste 90% verwijderd (overal groen; in de meeste gevallen ten minste 99% verwijdering).
- 7 stoffen worden niet altijd voor 90% of meer verwijderd, maar wel altijd voor ten minste 50% (oranje; in de meeste gevallen 85% effectiviteit of meer).
- 5 stoffen werden voor ten minste één combinatie van locatie en onderzoeksperiode voor minder dan 50% verwijderd (rood).
- 5 stoffen werden voor ten minste één combinatie van locatie en onderzoeksperiode in een gemiddeld hogere concentratie in het effluent aangetroffen dan in het influent. In dat geval volgt er een negatief rendement uit de berekening.

Van de 10 stoffen in tabel 2 die ten minste één keer een oranje of rood vakje hebben, komt dat voor twee stoffen bij meerdere combinaties van locatie en onderzoeksperiode voor:

- Fludioxonil (o.a. Switch) op twee onafhankelijke locaties (GOY en VR).
- Pendimethalin (o.a. Stomp) bij twee installaties op dezelfde locatie (HG) in op elkaar aansluitende onderzoeksperiodes.

Om in te kunnen schatten of voor deze stoffen een structureel lage effectiviteit van biologische zuivering verwacht moet worden, is meer informatie over de stofeigenschappen verzameld. Daarnaast is meer informatie verzameld uit eerdere proeven met deze stoffen. In principe is het uitspoelingsrisico uit biologische zuiveringssystemen het grootst voor stoffen die mobiel zijn in de bodem. Als de stof daarbij ook nog relatief persistent is, wordt het risico op uitspoeling verder vergroot, omdat de stof dan relatief langzaam afgebroken wordt.

Fludioxonil (o.a. Switch) is niet mobiel of persistent in de bodem. Op basis van de stofeigenschappen is het daarom niet aannemelijk dat deze stof gemakkelijk uit een biofilter of fyto-bac spoelt. De oorzaak van het onverwacht hoog aantreffen op twee onafhankelijk locaties is niet verklaard. Op beide locaties ging het om één monster effluent met een hoge concentratie die op dezelfde datum zijn geanalyseerd. Voor beide locaties werd een vrijwel gelijke waarde gerapporteerd. Een kruisbesmetting of verwisseling bij monsternamen of analyse is in dit geval vrijwel uit te sluiten omdat deze locaties door verschillende medewerkers met verschillende bemonsteringsmaterialen bemonsterd zijn. Een fout in de analyse lijkt hier een mogelijke verklaring. Vertraagde uitspoeling uit het biofilter (GOY) of contaminatie van het monster op een andere manier is echter niet geheel uit te sluiten.

Pendimethalin (o.a. Stomp) is ook niet mobiel en is (matig) persistent in de bodem. Ook voor deze stof is het op basis van de stofeigenschappen niet aannemelijk dat deze snel uitspoelt uit een zuiveringssysteem.

Carbendazim, afbraakproduct van **thiofanaat-methyl**, komt niet uit de overzichtstabel (Tabel 2) naar voren als stof die slecht verwijderd wordt, maar is ook enkele keren in onverwacht hoge concentraties in het effluent aangetroffen: de stof kwam dan in die gevallen niet of slechts in lage concentraties in het influent voor. Dit geldt in ieder geval voor FL '11 (Tabel 2) en MA '08 (niet in Tabel 2 genoemd). Op locaties waar gedurende meerdere jaren langdurige lage concentraties carbendazim in het influent zaten, is de stof niet uitgespoeld uit het systeem (o.a. GOY en RN).

Carbendazim is persistent en weinig mobiel in de bodem, vooral bij een lage pH bindt het zich sterk aan gronddeeltjes. Op basis van deze stofeigenschappen is het risico op uitspoeling uit een zuiveringssysteem relatief beperkt. De persistentie van carbendazim leidt wel tot een relatief groot risico op onbedoelde vervuiling vanuit substraat (grond, compost) of andere materialen naar het effluent. Een dergelijke vervuiling is dan ook de meest waarschijnlijke verklaring voor het onverwacht hoog aantreffen van carbendazim in effluent.

Overzicht resultaten buitenland

De Wilde (2009) geeft een uitgebreid overzicht van proefresultaten van afbraak in biologische systemen in haar proefschrift. Fludioxonil en pendimethalin worden hierin genoemd:

- **Fludioxonil** spoelde niet uit en werd voor 100% afgebroken in het substraat (resultaat van 1 onderzoek).
- Er wordt naar twee proeven met **pendimethalin** verwezen. De stof breekt goed af en spoelt niet in grote mate uit. In één van deze experimenten is wel aangetoond dat bij een toenemende dosering water het percentage uitspoeling toeneemt. De uitspoeling was echter laag (0,12%), vergeleken met de andere stoffen in de proef.
- Proeven met **carbendazim** of **thiofanaat-methyl** zijn buiten de proeven in dit rapport niet bekend. De Wilde vermeldt geen proeven met deze stoffen en bij een internationale workshop over biologische zuivering (Piacenza, 2010) bleken ook geen proeven met deze stoffen bekend bij de aanwezige onderzoekers.

4.1.2 Overall resultaten en bijzonderheden per locatie

In de aparte bijlage (Bijlage 2) worden de resultaten per locatie uitgebreid weergegeven. Hierbij wordt ook specifiek aangegeven of er een verklaring is voor negatieve uitschieters wat effectiviteit betreft.

In **tabel 2** is voor het berekenen van de gemiddelden bij een negatief rendement met de waarde 0 gerekend. Bij deze werkwijze, varieert het gemiddelde verwijderingsrendement per locatie over de stoffen van 82% (HG '11) tot 100% (RN '10-'11). Dit is weergegeven in (**Tabel 3**). Gemiddeld komt het rendement per stof voor een onderzoeksperiode op een locatie uit op 94%.

Tabel 2 laat zien dat de lagere gemiddelde percentages veelal veroorzaakt worden door enkele stoffen met een negatief of zeer laag verwijderingsrendement. Het merendeel van stoffen wordt voor ten minste 90% verwijderd (veelal 99 of 100%).

Resultaten van één jaar minder betrouwbaar

Een langere onderzoeksperiode geeft een betrouwbaarder beeld: door meer monsters is er minder invloed van toevalstreffers. Daarnaast is het mogelijk dat bij onvoldoende afbraak stoffen vanaf het tweede jaar uitspoelen die in het eerste jaar nog niet uitspoelden. De doorlooptijd van een stof door het systeem kan namelijk meerdere jaren beslaan.

Op locatie VR werd het vertraagd uitspoelen waargenomen voor enkele herbiciden in 2009. Bij RN en GOY is in het begin van de onderzoeksperiode met hoge concentraties fungiciden en insecticiden in het influent gewerkt. Deze stoffen spoelden in dat jaar en de daar op volgende jaren niet uit. Het vertraagd uitspoelen lijkt vooral een risico voor stoffen die relatief uitspoelingsgevoelig en persistent zijn. Vooral binnen de herbiciden komt een aantal stoffen voor die relatief gemakkelijk uitspoelen.

Locatie-jaar ->									
RN'09	RN '10-'11	GOY'09-'11	UT2 '10-'11	HG'08-'10	HG'11	NH2-'11	FL'11	VR'11	VR'08-'09
99	100	96	99	92	82	86	91	95	97

Tabel 3: Gemiddelde verwijderingsrendement per combinatie van locatie en onderzoeksperiode. Bij gemiddeld hogere concentratie in het effluent dan in het influent is met een verwijderingsrendement van 0% gerekend. Aan de gemiddelden over meerdere jaren kan redelijkerwijs meer waarde gehecht worden dan aan de gegevens op basis van één jaar.

4.1.3 Negatieve uitschieters niet altijd te verklaren

De lage percentages – met een rendement van 50% of lager – in de overzichtstabel (Tabel 2) zijn niet overal te verklaren op basis van slechte afbreekbaarheid of lage adsorptie van deze stoffen aan grond- of organische stofdeeltjes. Een deel van de negatieve uitschieters is naar verwachting veroorzaakt door storingen in de installaties waardoor deze tijdelijk verzadigd waren en/of door andere onregelmatigheden bij de uitvoering van de (praktijk)proeven. Denk bijvoorbeeld aan verontreiniging vanuit de biomix (compost, perceelgrond, stro).

De kans op onopgemerkte fouten bij bemonstering of analyse is relatief klein, maar niet uit te sluiten. Het is opvallend dat de rendementen gemiddeld hoger zijn op de proefbedrijven van PPO (RN en VR) dan op de praktijklocaties. Mogelijk is er een verband met de gemiddeld intensiever controle op de werking van het systeem.

De belangrijkste bijzonderheden per locatie, die mogelijke verklaringen vormen voor een aantal negatieve uitschieters zijn opgenomen in bijlage 2 in dit document.

Biomix

De voor de biomix gebruikte compost, potgrond en perceelsgrond zijn op de meeste locaties niet geanalyseerd op residuen van gewasbeschermingsmiddelen. Alleen de biomix op de locaties HG ('11) en VR ('11) zijn geanalyseerd bij aanvang, omdat hier een nieuwe biomix gemaakt werd met een deel oude gebruikte biomix in plaats van perceelsgrond. In de biomix van deze locaties werden geen hoge concentraties van gewasbeschermingsmiddelen aangetroffen. Omdat op de andere locaties het substraat voor aanvang niet geanalyseerd is, is niet met zekerheid te zeggen in hoeverre het substraat een bron van fludioxonil, pendimethalin, carabendazim of andere stoffen in het effluent is geweest.

Onverwachte verklaringen

Een bijzonder voorbeeld van een stof die wel in het effluent aangetroffen werd, maar niet in het influent zat, was permethrin. Deze stof is op twee locaties in lage concentraties gevonden in het effluent. Permethrin kent geen gewastoeepassingen, maar mag gebruikt worden in onder andere insectensprays, mierenlokdozen, maar ook als vlooienmiddel voor honden en katten. Illegaal landbouwkundig gebruik is niet aannemelijk. De meest aannemelijke verklaring voor het aantreffen van permethrin in het effluent is een kat die een mooi plekje tussen de plastic bakken van het biofilter heeft gevonden (Foto 4). Dit aangetroffen voorbeeld is demonstratief voor mogelijke verklaringen van onverwachte meetresultaten. Hier kom je soms alleen per toeval achter. De kat is overigens niet geanalyseerd.



Foto 4: de meest aannemelijke verklaring voor het onverwacht aantreffen van permethrin (o.a. vlooienmiddel) in het effluent

4.2 Verdampingscapaciteit

Bij het verwerken van het afvalwater wordt er naar gestreefd geen of zo weinig mogelijk restwater over te houden. Het principe van de Phytobac® van Bayer CropScience gaat sowieso uit van een gesloten systeem waarbij al het water verdampt. Bij gedraineerde systemen is het bij voldoende capaciteit per jaar, maar een onregelmatige aanvoer, een optie om drainagewater uit het systeem op een later moment alsnog te verdampen.

Bij het monitoren van de verdampingscapaciteit

Bij het beoordelen van de verdampingscapaciteit op de testlocaties die in dit rapport beschreven staan, is met de volgende punten rekening gehouden:

- Er is in alle gevallen gewerkt met een vulling van de filterbakken met biomix met potgrond of compost als basis. Aan de biomix wordt geen water toegevoegd bij de start. Uitzondering was de locatie GOY, waar de biomix bij aanvang nat gemaakt is. De biomix zal een deel van het water in het eerste jaar absorberen. Het verschil tussen in- en effluent is daarom niet alleen verdamping.
- Bij het plaatsen van plantenbakken zal het substraat in de plantenbak ook eerst een deel van het water absorberen, zoals dat ook in de filterbakken het geval is.
- De plantenbakken worden beplant met kleine grasplanten/wilgenstekken. Het eerste jaar is de verdampingscapaciteit van het gewas nog beperkt.
- De filter- en plantenbakken stonden niet overal op de best mogelijke plek voor de verdamping. Op een aantal locaties kon neerslag in de plantenbakken komen.

4.2.1 Fytobac

Voor de Fytobac: 250-500 L per m² per jaar (onbegroeid of weinig begroeid oppervlak).

In de onderzoeksperiode 2008-2009 was de verdampingscapaciteit van de Fytobac in Vredepeel 300 – 500 L per m² per jaar. Dit komt grofweg overeen met de verwachte verdamping van onbegroeid oppervlak.

De verdampingscapaciteit van de fytobac in Vredepeel in 2011 (na toevoeging van de plantenbakken) kon niet betrouwbaar bepaald worden, omdat daar gestart is met droge plantenbakken met nog kleine plantjes.

4.2.2 Biofilter met plantenbakken

De verdampingscapaciteit van de biofilters is het best te bepalen aan de hand van de installaties die, met geen of weinig storing, meerdere jaren achter elkaar gebruikt zijn. Dit is het meest van toepassing op de installaties op de locaties RA en GOY. De verdampingscapaciteit voor een set van drie filterbakken en twee plantenbakken onder Nederlandse omstandigheden is circa 2,5 tot 3,0 m³ per jaar in de eerste jaren. Veelal werd rond 500 L per m² oppervlak verdampt. Bij drie filterbakken en twee filterbakken kan uitgegaan worden van vijf bakken en dus 5 m² oppervlak.

Naar verwachting loopt de verdampingscapaciteit verder op bij een verdere groei van het gewas in de plantenbakken. Voor een standaardset van drie filterbakken met twee plantenbakken is een verdamping van 3 tot 4 m³ per jaar naar verwachting haalbaar. In België werd met een standaardset van drie filterbakken met twee plantenbakken ten minste 5 m³ per jaar verwerkt zonder restwater over te houden. Het is nog onzeker of dit ook onder Nederlandse omstandigheden haalbaar is. Tot nog toe werd deze capaciteit op geen van de locaties benaderd. Dit heeft grotendeels te maken met het feit dat de plantenbakken nog niet zo'n vol gewas hadden als in België en de plaatsing van de filter- en plantenbakken niet altijd optimaal was. Het is soms lastig om zowel het inregenen te beperken en tegelijkertijd wel optimaal te profiteren van wind en zon. Daarnaast is het in België gemiddeld ook een paar graden warmer, waardoor de verdamping in het voorjaar sneller op gang komt en hoger is.

4.3 Storingen en oplossingen

De bevindingen die hier beschreven zijn, zijn gebruikt bij het opstellen van de 'Handleiding Fytobac en Biofilter' (De Werd en Looij, 2012).

De belangrijkste storingen en onvolkomenheden die opgetreden zijn op de verschillende locaties zijn:

1. Niet doorlopen van het water tussen de vaten: op 3 locaties.
2. Gedeeltelijke verstopping van aanvoerleiding en/of het verdeelsysteem.
3. Afgifte door pomp niet stabiel of niet goed in te stellen.
4. Storing/defect aan de pomp.

Oplossingen/aanbevelingen:

1. Na overleg met collega's van het Proefcentrum Fruitteelt vzw: beluchtingsslangen gemonteerd op de slangen tussen de vaten. Hiermee zijn de problemen opgelost. Tevens is dit in de bouw instructie opgenomen.
2. Diverse oplossingen:
 - a. Waterfilter tussen pomp en verdeelsysteem monteren: opgenomen in bouw instructie
 - b. Voorkeur voor dompelpomp met paar keer per etmaal een grotere hoeveelheid voor aanvoer naar de (eerste) filterbak. Daarbij kan een ruimere aanvoerleiding gebruikt worden dan bij gebruik van een pulspompje dat meerdere malen per minuut een zeer kleine hoeveelheid opbrengt.
 - c. Verdeelsysteem: kies voor een systeem met een goed evenwicht tussen enerzijds goede verdeling over oppervlak en anderzijds beperkte kans op verstopping. Construeer zo dat het gemakkelijk door te spoelen is. Gebruik bijvoorbeeld een leiding met gaatjes, ketsplaat of grove sproeidoppen.
 - d. Ten minste maandelijks controleren op verstopping en enkele malen per jaar doorspoelen en filter reinigen.
3. Afgifte controleren door te meten bij het installeren en dat vervolgens ten minste jaarlijks te doen.
4. Gebruik waar nodig een met vlotter uitgeruste pomp.

Automatische dosering van water

Op proefboerderij Wijnandsrade is binnen het project 'Samen werken aan een Schone Maas' voor demonstratiedoeleinden een kant en klare fytobac van de firma Hermex geïnstalleerd. Deze was voorzien van een pomp die aan- en uitgeschakeld wordt op basis van de vochtigheid van het systeem. De vochtigheid wordt hierin gemeten met tensiometers. Dit systeem bleek erg storingsgevoelig. Zowel de leverancier als Bayer CropScience bekijken de mogelijkheden om op een meer robuuste manier de dosering op het substraat automatisch bij te sturen op basis van de vochtigheid van het systeem. Hierbij wordt gekeken naar vervanging van de tensiometers door een vlottersysteem (Hermex) of sensoren die het vochtgehalte meten (Bayer CropScience) in plaats van de zuigspanning van het water in het substraat (tensiometer).

4.4 Evaluatie met de gebruikers

Eind 2011 is met een aantal gebruikers van de biozuiveringssystemen gesproken over de praktische toepasbaarheid, verbeterpunten en of ze ook voor biologische zuivering zouden kiezen als het niet vanuit onderzoeks- of demonstratieprojecten geïnitieerd was en vanuit deze projecten (mee) onderhouden wordt. De gebruikers van biofilters op de locaties UT2, GOY, FL, HG ('08-'10) en NH2 en de gebruikers van de fytobac-systemen op de locaties VR en HG ('11) zijn geïnterviewd. Dit zijn vier teeltbedrijven, een proefbedrijf en een bedrijf dat met name loonwerk doet en daarnaast nog gewassen teelt.

4.4.1 Inpasbaarheid en capaciteit

Inpasbaarheid

Dat smaken verschillen, blijkt ook uit de reactie op de vraag hoe het systeem past in de erfsituatie. Enkele keren wordt opgemerkt dat 'een stapel gebruikte IBC's' een rommelige aanblik geeft. De meerderheid van de gebruikers geeft aan dat het systeem bijdraagt aan een goede uitstraling van het bedrijf. Kleinere sets, zoals op de fruitteeltbedrijven gebruikt worden, vallen minder op. Als voordeel van de biofilters wordt gezien dat het door stapeling weinig ruimte inneemt. De stap om biologische zuivering op te nemen in de bedrijfsvoering en -inrichting is kleiner dan wanneer al faciliteiten voor de opvang van water bij het vullen en wassen aanwezig zijn.

Capaciteit

Op enkele bedrijven merken de gebruikers terecht op dat een (betere) scheiding van neerslag en/of 'gewoon schoonmaakwater' nog nodig is om pieken met te veel water in de buffer te voorkomen. Het loonbedrijf op locatie HG denkt daarbij aan het opnemen van een vul- en wasplaats voor de spuit onder een nieuw te plaatsen overkapping of loods wanneer dit in de bedrijfsontwikkeling past.

Meerdere gebruikers willen de verdamping van water uit het filter nog opschroeven. Hierbij wordt gedacht aan het plaatsen van extra plantenbakken en het verplaatsen van plantenbakken naar een locatie met meer zon en/of wind en het beter beschermen tegen invliegen.

4.4.2 Onderhoud en controle

Onderhoud

Gedurende de proefperiode zijn de installaties veelal geïnstalleerd en onderhouden door PPO. De gebruikers hebben tussen de bezoeken van PPO door de installaties in de gaten gehouden. PPO bemonsterde doorgaans een per vier tot zes weken. In een aantal gevallen hebben de gebruikers ook zelf aanpassingen gedaan voor een betere werking.

Controle

De meeste gebruikers controleerden de installatie ten minste eens per maand en daar tussen in nog vaak in het voorbijgaan op opvallende lekkages en dergelijke. In de eerste weken na de ingebruikname is extra aandacht nodig om te kijken of de dosering goed is en blijft en er geen lekkage optreedt. Daarna richt de controle zich vooral op doorstroming, onderhoud van de plantenbak en het aftappen van leidingen wanneer vorst verwacht wordt. De benodigde tijd voor onderhoud en controle is op basis van de ervaringen tot nog toe acceptabel voor de gebruikers.

4.4.3 Suggesties van gebruikers voor verbetering

De gebruikers hebben verschillende verbeteringssuggesties aangedragen. Indien mogelijk de vul- en wasplaats overkappen; meer verdamping creëren door optimale locatie voor plantenbakken of een gewas dat meer verdampt; terugslagkleppen in de leidingen als er risico is op het teruglopen van vloeistof naar het vorige vat of tank door de wet van communicerende vaten. Over het algemeen vinden de gebruikers het een praktisch en eenvoudig systeem.

4.4.4 Bereidheid tot gebruik en aanschaf

De gebruikers geven aan de aangelegde systemen ook te willen blijven gebruiken wanneer de begeleiding en het onderhoud vanuit het onderzoeks- en demonstratieproject stopt. Een alternatief, indien toegelaten, is het opgevangen water over het land te verspreiden door uitrijden of met het fertigatiesysteem (boomgaard) over het land te verdelen.

Als de projecten er niet zouden zijn, zou het wel of niet aanschaffen van een systeem voor biologische zuivering vooral bepaald worden door wetgeving (met name het Activiteitenbesluit): in hoeverre zijn er mogelijkheden het water zonder zuivering op een toegestane manier te lozen of uit te rijden? Dit is nu nog niet bekend. En in hoeverre wordt hierop gehandhaafd?

Daarnaast zijn de kosten van belang. Als acceptabele kosten voor aanschaf of aanleg van een systeem voor biologische zuivering worden, door ondernemers, veelal bedragen rond € 1.000 tot € 1.500 genoemd. Hierbij wordt opgemerkt dat de exacte aanschafprijs minder belangrijk is dan de laagdrempeligheid om er mee te beginnen en lage kosten in het gebruik.

De keuze tussen aanschaf van een kant-en-klaar systeem of het zelf bouwen wordt bepaald door het verschil in kosten en de beschikbaarheid van tijd en materialen (dit laatste met name bij het loonbedrijf). Over het algemeen wordt aangegeven dat voor eenvoudige goedkope systemen de optie van een kant- en klaar systeem wel overwogen zou worden. Collectieve inkoop wordt als optie genoemd om een lage aanschafprijs te realiseren. Zelf installeren heeft als voordeel dat je sneller en beter weet hoe het systeem opgebouwd is. Dit is een voordeel bij controle en onderhoud. De kosten moeten lager zijn dan van geavanceerde systemen voor fysisch chemische zuivering, zoals de Carboflow of Sentinel.

5 Conclusies en discussie

5.1 Conclusies

Effectiviteit

De effectiviteit is bepaald door de concentratie in water dat uit de systemen komt (effluent) te vergelijken met de samenstelling van het opgebrachte water (influent). Dit is een geschikte methode om een overall beeld te krijgen van de mate waarin stoffen uit het water verwijderd worden.

- De onderzochte biofilters en fytobac-systemen verwijderen het merendeel van de stoffen voor 99 – 100% uit het water.
- Doorgaans worden ook enkele stoffen in mindere mate verwijderd (85 – 98%) en worden één of enkele stoffen zelfs in hogere concentraties gevonden in het effluent dan in het influent.
- Enkele stoffen worden op meerdere locaties en/of in meerdere onderzoekslocaties niet of slecht verwijderd. Hiervoor is in de meeste gevallen geen logische verklaring gevonden op basis van stoffeigenschappen, omstandigheden, uitgevoerde handelingen of resultaten met dezelfde stoffen in andere onderzoeken. Naar verwachting spelen nalevering uit de gebruikte substraten en/of onregelmatigheden in het gebruik van de installaties of de monsternamen of –verwerking hierbij een rol.

Vergelijking met resultaten in het buitenland

In meerjarige buitenlandse proeven in België is vastgesteld dat de meeste middelen voor ten minste 95% uit het water verwijderd worden door systemen voor biologische zuivering (Pussemer *et al.*, 2004). In een langjarige praktijkproef met een biofilter in België nam het verwijderingsrendement gedurende de jaren toe van 95,59% tot 99,47%, mede door het doorvoeren van verbeteringen als beluchtingsslangen en het toevoegen van plantenbakken. Het gemiddelde rendement komt hiermee wat hoger uit dan wat gemiddeld op de Nederlandse locaties gehaald is (Hendrickx *et al.*, 2010). Hendrickx concludeert dat de experimentele resultaten met zelf samengesteld influent ook in de praktijk behaald kunnen worden.

Op basis van de proefresultaten en gebruikservaringen is het niet realistisch te verwachten dat onder praktische omstandigheden continu een zuiveringsrendement van 99% of meer behaald wordt voor alle stoffen in het afvalwater. Bij een juiste installatie en onderhoud (zoals beschreven in eerder genoemde handleiding) mag wel een gemiddeld zuiveringsrendement van ten minste 95% verwacht worden. Toepassing van biologische zuivering geeft een aanzienlijke vermindering van het risico op verontreiniging van bodem, grond- en oppervlaktewater in vergelijking met de situatie dat het water onbehandeld op de bodem, riool of oppervlaktewater geloosd wordt.

Implementatie van biologische zuivering

De praktische toepasbaarheid wordt in het algemeen als acceptabel ervaren door de gebruikers op proef- en praktijkbedrijven waar de systemen gebruikt zijn. De storingsgevoeligheid valt mee (na optimalisatie van het ontwerp). De doorstroming tussen de verschillende compartimenten (indien van toepassing) en de verdeling van water over het substraat moet wel minimaal maandelijks gecontroleerd worden.

Biologische zuivering wordt door verschillende ondernemers als interessante mogelijkheid gezien wanneer schoonmaken en lozen van waswater op het erf, zonder het water op te vangen, niet meer toegelaten is of een direct lozingsgevaar voor het oppervlaktewater veroorzaakt. Een aantal bedrijven (ondernemers/telers) zal, indien dat toegelaten wordt, het opgevangen water onbehandeld over een perceel willen verspreiden op een braakliggend perceel of een perceel waar de middelen zijn toegepast. Dit is momenteel (maart 2012) nog toegestaan met een ontheffing van de gemeente.

De verwachting is echter dat dit met het in werking treden van het nieuwe activiteitenbesluit medio 2012 nog slechts beperkt toegestaan wordt. Een ander deel van de bedrijven heeft geen mogelijkheid om het waswater over een perceel te verspreiden. Uiteraard spelen ook de kosten van biologische zuivering een belangrijke rol in vergelijking met beschikbare alternatieven voor afvoer/verwerking van restwater. Een beperkt aantal ondernemers heeft inmiddels op eigen initiatief opvang en zuivering op het eigen bedrijf gerealiseerd.

De positieve uitstraling die biologische zuivering voor de sector kan hebben, speelt eveneens mee bij de overweging van telers en loonbedrijven om met biologische zuivering aan de slag te gaan.

De intensieve communicatie over de proeven met opvang en zuivering binnen dit project en gerelateerde initiatieven heeft er mede toe geleid dat:

- In andere projecten en communicatie-activiteiten aandacht besteed is en wordt aan voorkomen van puntemissies en mogelijkheid van (biologische) zuivering.
- Bij het aanpassen van wet- en regelgeving omtrent het wassen van spuitapparatuur inconsistente regelgeving verdwijnt en er duidelijk verwezen wordt naar de mogelijkheden en beperkingen van biologische zuivering als één van de opties voor verwerking van verontreinigd waswater.
- Het bewustzijn groeit bij primaire ondernemers en het land- en tuinbouw bedrijfsleven van het risico van puntemissies en de mogelijkheden om deze te voorkomen.

5.2 Discussie

In het beschreven onderzoek zijn zuiveringssystemen getest in sectoren van onbedekte teelt van akker- en tuinbouwgewassen. Er is een grote verscheidenheid aan stoffen met het afvalwater op de systemen gebracht. De opzet van de meeste proeven is niet bedoeld om massabalansen te maken, waarbij precies bepaald kan worden welk deel van de middelen is afgebroken, welk deel in het substraat achterblijft en welk deel in eventueel effluent terecht komt. De metingen in Vredepeel ('08-'09) zijn hierop een uitzondering.

5.2.1 Verwerking effluent

Om schade aan het milieu te voorkomen in het geval het filter een stof onvoldoende verwijderd heeft, geniet het de voorkeur om al het effluent te verdampen. Lozing van effluent op het oppervlaktewater kan een risico op schade voor het waterleven veroorzaken en is daarom niet toegestaan. Op basis van de gemiddelde resultaten is het risico hierbij vele malen kleiner dan bij lozing van ongezuiverd waswater. Verspreiding van effluent over een perceel of lozing is nu nog toegestaan met een ontheffing van de gemeente. Binnen het nieuwe activiteitenbesluit worden naar verwachting verspreiding over een perceel waarop de middelen toegepast zijn, en lozing op het riool als mogelijkheden voor de afvoer van effluent uit biologische zuivering opgenomen. Lozing van het effluent op de riolering is momenteel (maart 2012) niet toegestaan. Al het water verdampen is en blijft de oplossing met het minste risico voor het milieu.

5.2.2 Verwerking gebruikt substraat

Als het substraat in een fyto-bac of biofilter bij het aanvullen (elke een of twee jaar) niet in zijn geheel gemengd wordt, wordt aangeraden de mix na circa tien jaar te vervangen. Een veel gestelde vraag is: hoe kan dit substraat op een verantwoorde manier en tegen lage kosten verwerkt worden?

Voor de locatie waarvan een massabalans gemaakt werd (VR '08-'09), is berekend dat de hoeveelheid actieve stof, in dit geval van een aantal herbiciden, die in het filter achterbleef een fractie was van de opgebrachte hoeveelheid. Het verschil tussen de hoeveelheid stoffen in het influent en effluent lijkt daadwerkelijk afbraak te zijn.

De analyse van het substraat op locatie GOY liet zien dat de concentraties in het filter na gebruik voor zuivering van waswater veelal gelijk waren aan die in de toplaag van de boomgaardgrond op de betreffende locatie. Belgisch onderzoek laat zien dat na een jaar compostering eventuele residuen in biomix grotendeels afgebroken zijn.

Deze bevindingen hebben er toe geleid dat het Ministerie van Infrastructuur en Milieu voornemens is het verspreiding van gebruikt substraat uit het filter over landbouwgrond toe te staan, mits het gedurende een jaar gecomposteerd is. Het composteren moet zodanig uitgevoerd worden, dat er geen vocht vanuit de composthoop in het milieu terecht komt.

5.2.3 Werking op langere termijn

Een deel van de meetreeksen die in dit rapport weergegeven zijn, beslaat een meetperiode van slechts een jaar. Berekeningen en metingen aan het systeem in Vredepeel ('08-'09) laten zien dat na een jaar alsnog middelen in effluent terecht kunnen komen. Dit betekent dat de waarde van meetreeksen korter dan een jaar in principe een beperkte waarde hebben. Het risico op het alsnog uitspoelen van middelen in hoge concentraties, na dat eerste jaar, lijkt op basis van de overall resultaten echter beperkt. Het risico hierop wordt bepaald door de combinatie van binding aan organische stof en afbraaksnelheid. In de proef in Vredepeel zijn bewust stoffen in het influent gebracht die relatief gemakkelijk uitspoelen waren. De meeste herbiciden adsorberen zwak aan organische stof.

5.2.4 Technische aandachtspunten bij installatie en gebruik van de fytobac en biofilters

In deze paragraaf worden de belangrijkste aandachtspunten bij het installeren en gebruik van biologische zuiveringssystemen beschreven. Deze zijn gebaseerd op de ervaringen uit eigen onderzoek en de ervaringen uit (praktijk)proeven in het buitenland door andere onderzoeksinstellingen. Deze aandachtspunten zijn verwerkt in de Handleiding Fytobac en Biofilter (Bijlage 1).

Behoud de effectiviteit

- Voorkom dat het substraat met water verzadigd raakt. Houd het substraat wel vochtig.
 - De dimensionering van het biobed of biofilter moet worden afgestemd op de verwachte jaarlijkse hoeveelheden restwater.
 - Let bij materiaalkeuze voor de leidingen en het verdeelsysteem op het risico van verstoppingen en de mogelijkheid om verstoppingen op te lossen.
 - Gebruik beluchtingsslangen voor optimale doorstroming tussen compartimenten en let op het risico van terugloop door overheveling.
 - Controleer de opbrengst van de opvoerpomp en het doseersysteem bij installatie en controleer dat vervolgens regelmatig.
- Zorg voor nieuw organisch materiaal in het systeem.
 - Vul het substraat ten minste jaarlijks bij met stro en als het ver ingeklonken is ook potgrond of compost. Bij voorkeur geheel doormengen door het oude substraat.
- Voorkom zo veel mogelijk dat onverdunde spuitoplossing (de concentratie die je toepast op het perceel) in het systeem komt.
 - De (eerste) spoeling van de spuittank dient zo veel mogelijk in het veld plaats te vinden.
 - Opvang van restwater in een ruime buffertank of put geeft verdunning van piekconcentraties.

Optimaliseer de verdamping van het water

- Houd er rekening mee dat eventuele plantenbakken nog weinig zullen verdampen als het gewas nog niet goed ontwikkeld is.
- Kies een locatie in de wind en in de zon voor optimale verdamping. Voorkom of beperk dat neerslag in het systeem komt.

5.2.5 Aandachtspunten bij proeven met de fytobac en biofilters

Specifiek voor het uitvoeren van (praktijk)proeven met fytobac of biofilters gelden nog de volgende aandachtspunten:

- Bij het onderzoek naar het rendement van biologische zuivering kan de combinatie van hoge concentraties van verschillende geformuleerde producten leiden tot een slecht gemengd of slecht oplosbaar influent.

- De concentraties van de herbiciden in het influent voor de fyto-bac waren vele malen hoger dan waar het laboratorium normaal gesproken op analyseert (bijvoorbeeld watermonsters van oppervlaktewater). Als het laboratorium hier geen rekening mee houdt kunnen meet- of analysefouten ontstaan.
- Houd er rekening mee dat wanneer de concentraties van een stof in het influent relatief dicht bij de rapportagegrens van de stof liggen, de effectiviteit slechts beperkt te bepalen is. Het is bijvoorbeeld niet te bepalen of een stof voor 95% verwijderd wordt als de uitgangskoncentratie niet hoger is dan 4x de minimale concentratie die door het laboratorium in het analyserapport opgenomen wordt.
- Probeer zo veel mogelijk met orde-groottes van concentraties in het influent te werken, zoals ze in de praktijk ook voorkomen. De concentratie van een middel in het substraat kan de effectiviteit van de afbraak beïnvloeden.
- Laat voor aanvang van de proeven het substraat in de installatie (de mix of individuele ingrediënten als compost, potgrond, stro of bouwvoorgrond) door een laboratorium analyseren op aanwezigheid van residuen van middelen.
- Een aantal actieve stoffen kan langzaam door het filter omlaag zakken. Dit kan langer dan een jaar duren. Dit impliceert dat de proefperiode voldoende lang moet zijn om nalevering van middelen te kunnen meten.

Referenties

- Bach, M., Röpke, B., Frede, H. G., 2005. Pesticides in rivers – Assessment of source apportionment in the context of WFD. European Water Management Online, pp. 1–13.
- Basford, W. D., Rose, S. C., Carter, A. D., 2004. On-farm bio remediation (biobed) systems to limit point source pesticide pollution from sprayer mixing and washdown areas. Aspects of Applied Biology 71, International advances in pesticide application, pp. 27–34.
- Carter, A. D., 2000. How pesticides get into water – and proposed reduction measures. Pesticide Outlook 11:149–157.
- Clevering, O., Weide, van der R., 2008. Biobedden – achtergrondinformatie en onderbouwing ontwerp op proefbedrijf Vredepeel. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, rapport 3261074007.
- Debaer, C., Broers, N., Jaeken, P., 2004. Beschikbaarheid van gewasbeschermingsmiddelen (GBM): hou ze uit het (oppervlakte)water! – Deel 1: Biofilters een praktische oplossing. Fruitteeltnieuws 24: 13 – 18.
- Debaer, C., Jaeken, P. 2006. Modified biofilters to clean up leftovers from spray loading and cleaning; experience from pilot installations. Aspects of Applied Biology 77, International advances in pesticide application, pp. 247–252.
- De Vleeschouwer C, Pigeon O, Cors F, De Ryckel B, Weickmans B and Meeus P. Developpement de bioepurateurs destines a traiter les eaux de rincage et de nettoyage des pulverisateurs. 2005. Centre Wallon de Recherches agronomiques (CRA-W). Departement Phytopharmacie.
- De Wilde, T., Spanoghe, P., Debaer, C., Ryckeboer, J., Springael, D., Jaeken, P., 2007. Overview of on-farm bioremediation systems to reduce the occurrence of point source contamination. Pest Management Science 63:111-128.
- De Wilde, T., 2009. Sorption and degradation of pesticides in biopurification systems. PhD-thesis, Universiteit Gent, Faculteit Bio-Ingenieurswetenschappen.
- Fogg, P., Boxall, A.B.A., 2004. Effect of different soil textures on leaching potential and degradation of pesticides in biobeds. Journal of Agricultural and Food Chemistry 52: 5643-5652.
- Hendrickx, N., De Wilde, T.; Sniegowski, K., Goossens, T., Spanoghe, P., Springael, D., The BIOREM project, results from practice. In: Book of abstracts, 3rd European Biobed Workshop, Università Cattolica del Sacro Cuore (UCSC), Piacenza, Italy, August 31st - September 1st, 2010.
- Jaeken, P., Debaer, C., 2005. Risk of water contamination by plant protection products (PPP) during pre- and post treatment operations. Annual Review of Agricultural Engineering 4(1):93–114.
- Kreuger J and Nilsson E., 2001. Catchment scale risk-mitigation experiences - key issues for reducing pesticide transport to surface waters. BCPC Conference Pesticide Behaviour in Soil and Water [78], 319-324.
- Mason, P. J., I.D.L Foster., A.D. Carter, A.Walker, S. Higginbotham, R.L. Jones, I.A.J. Hardy, 1999. Relative importance of point source contamination of surface waters: River Cherwell acatchment monitoring study. Proceedings of the XI Symposium Pesticide Chemistry, 11–15 September, Cremona, Italy pp. 405–412.
- MNP – Milieu- en Natuurplanbureau, 2006. Tussenevaluatie van de nota Duurzame Gewasbescherming.

MNP-publicatienummer-500126001. (www.mnp.nl/bibliotheek/rapporten/500126001.pfd).

Müller, K., Bach, M., Hartmann, H., Spittler, M., Frede, H.G., 2002. Point- and nonpoint-source pesticide contamination in the Zwester Ohm catchment, Germany. *Journal of Environmental Quality* 31(1):309–318.

Genot, P., Van Huynh, N., Debongnie, Ph., Pussemier, L., 2002. Effects of addition of straw, chitin and manure to new or recycled biofilters on their pesticides retention and degeneration properties. *Med. Fac. Landbouw. Univ. Gent* 67: 117-128.

Pussemier, L., De Vleeschouwer C., Debongie, P., 2004. Self-made biofilters for on-farm clean-up of pesticides wastes. *Outlooks on Pest Management – April 2004*: 60 – 63.

Torstensson, L., Pilar Castillo, del M., 1996. Biobeds minimize environmental risks when filling agricultural spraying equipment. *Proc. COST Workshop*, p. 223-224. Stratford Upon-Avon, UK.

Torstensson, L., 2000. Experiences of biobeds in practical use in Sweden. *Pesticide Outlook* October 2000: 206-211.

Vidali, M., 2001. Vidali, Bioremediation. An overview. *Pure and Applied Chemistry* 73 1163-1172.

Vulto, V.C., Beltman, W.H.J., 2006. Overzicht van zuiveringsmethoden voor reststromen met bestrijdingsmiddelen. *Alterra rapport 5233323/2*.

Wenneker M., 2007. Puntbelastingen en restwaterstromen in de fruitteelt. *Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, sector fruit*. PPO rapport 2007–09.

Wenneker, M., W. Beltman, A. van der Lans, R. van der Weide, R. de Werd en M. van Zeeland, 2010. Biozuiveringssystemen voor de open teelten. *Stand van zaken onderzoek 2009*. PPO Rapport 2010-16.

Werd, H.A.E. de, W.H.J. Beltman en R.C.M. Merkelbach, 2006. Puntbelastingen in de gewasbescherming. *Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Lisse*, PPO-rapport nr 720.

Werd, H.A.E. de en J.H. Looij, *in voorbereiding*, Handleiding Fytobac en Biofilter. PPO

Zeeland, M.G. van, Kroonen-Backbier, B., Weide, R.Y. van der, 2008. Bemonstering reinigingswater spuitapparatuur: analyseresultaten van 5 watermonsters genomen op 5 loonbedrijven. *Lelystad, PPO-AGV rapport 3261074008-2*.

Bijlage 1 Handleiding Fytobac en Biofilter

Op het moment van publicatie is de handleiding nog niet definitief. Voor meer informatie kan contact opgenomen worden met Rik de Werd, PPO, per e-mail: infofruit.ppo@wur.nl.

Bijlage 2 Bijzonderheden per onderzoekslocatie

- VR '08-'09: beperkt aantal stoffen (herbiciden). 1 jaar afvalwater, gevolgd door 1 jaar schoon water. Geen storingen. O.a. zeer uitspoelinggevoelige stof bentazon verklaart lagere effectiviteit.
- VR '11: fludioxonil niet in influent gemeten, wel in effluent. Stoffen wel gebruikt op bedrijf. Niet gevonden in biomix bij aanvang. Geen storingen. Verontreiniging vanuit andere bron dan influent verwacht. Biomix is geanalyseerd en daarin niet aangetroffen.
- FL'11: monster tussen filter en plantenbak, want er was nog geen effluent uit de plantenbak. Enkele stoffen hoog in effluent, terwijl ze niet gebruikt zijn. Mogelijk verontreiniging in biomix bij de start. Opgebracht volume relatief laag. Biomix niet geanalyseerd bij aanvang.
- NH2'11: installatie direct intensief gebruikt voor waswater binnenkant spuit met restanten. Geen andere verklaring voor relatief slechte werking kunnen vinden, dan dat mogelijk overdosering (hoge concentraties) plaatsgevonden heeft, terwijl het microbieel leven in het filter nog op gang moest komen.
- HG'08-'10: er zit een gat in meetperiode. In 2010 is alleen in het najaar één meting gedaan. Pieken in influent en effluent eerder in 2010 kunnen daardoor gemist zijn. Dit is een mogelijke verklaring voor het negatief berekende rendement voor pendimethalin in 2010.
- HG'11: nieuwe fytobac, in de grond aangelegd in een bak van folie. Bij hevige neerslag bleek water van de wasplaats over te stromen naar de effluentput. Effluent is daardoor mogelijk verontreinigd geraakt met vuil water van de wasplaats. Ook is hier mogelijk sprake geweest van overbelasting door te hoge concentraties (restanten spuitvloeistof) bij de start van het gebruik.
- GOY '09-'11: enkele keren verstopping opgetreden (verzadiging van één of meer filterbakken) in 2010. Hier geen negatieve effecten van gezien.
- RN '09-'11: één keer verstopping en verzadiging opgetreden. Geen gevolgen van gezien.
- UT2 '10-'11: één keer slechte doorstroming naar plantenbakken opgetreden.

Bijlage 3 Publicaties en presentaties

Naar aanleiding van de proeven en demonstraties in de periode 2008-2011

Vakbladartikelen

- Anonymus, 2008. Handout – puntbelastingen. Flyer telen met toekomst - demonstratiemiddag puntbelastingen fruitteelt 13 november 2008, Velddriel.
- Anonymus, 2008. Verminderen puntbelasting - opvangen en verwerken restwater is eerste stap. Nieuwe Oogst - katern Gewas - Jaargang 4, nummer 15, 23 augustus 2008.
- Anonymus, 2009. Biobed om water te zuiveren van bestrijdingsmiddelen. Agrarisch Dagblad 12 februari 2009: 9.
- Anonymus, 2009. Slimmer spuiten voor het milieu, milieu-effecten puntbelastingen en biofilters. Resource 4, juni 2009.
- Anonymus, 2010. Nefyto Bulletin, Maart 2010: artikel n.a.v. presentatie op workshop Nefyto.
- Hurkens, Y., 2009. Waswater in een biobed. Nieuwe Oogst 12 februari 2009.
- Lee, H. van der, 2011. Biofilter voorkomt emissie wasplaats : Interview met Rik de Werd. Akker magazine 2011 (2): 19-21.
- Vliegen-Verschure, A., 2009. Terugdringen puntbelastingen geen punt. De Fruitteelt 99 (9): 18-19
- Vliegen-Verschure, A., Werd, H.A.E. de, 2011. Van restvloeistof tot plantenbak: Biozuiveringssysteem reinigt afval- en restwater van bespuiting. De Fruitteelt 101 (35/36): 10-11.
- Wenneker, M., 2009. Tips om puntbelastingen te voorkomen. Bayer Fruitteelt Koerier: 7.
- Wenneker, M., Kanne, J., 2008. Zorgvuldig werken essentieel voor terugdringen puntbelastingen. De Fruitteelt 98 (39): 12-13
- Werd, H.A.E. de, 2009. Tips om puntbelastingen te voorkomen. Bayer Bloembollen Koerier: 7.
- Zevenbergen, G., 2009. Biobed moet waswater van vuile veldspuit reinigen Landbouw Mechanisatie februari 2009: 26-27.

Brochure/handleiding

- Huiting, H.F. en Werd, H.A.E. de, 2010. Brochure "Vul- en reinigingsplaatsen" PPO WageningenUR. Korte handleiding over de mogelijkheden voor de aanleg van een vul- en wasplaats voor spuitapparatuur.
- Huiting, H.F. en Werd, H.A.E. de, 2012. Brochure "Bouw uw eigen Biofilter" PPO Wageningen UR. Korte handleiding voor constructie en gebruik van een biofilter.
- Werd, H.A.E. de en J.H. Looij, 2012 (nog in concept d.d. 30-1-2012). Handleiding Fytobac en Biofilter. Werking, constructie en het gebruik voor afvalwater verontreinigd met gewasbeschermingsmiddelen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Randwijk.

Onderzoeksrapporten

- Wenneker, M, Beltman, W., Lans, A. van der, Weide, R. van der, Werd, R. de en Zeeland, M. van, (2010). Biozuiveringssystemen voor de open teelten. Stand van zaken onderzoek 2009. PPO rapport 2010-16, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Randwijk.
- Werd, H.A.E. de, Lans, van der A.M., Looij, J.H., Wenneker, M., 2009. Biologische zuivering bedrijfsafvalwater bollenteelt met resten van bestrijdingsmiddelen. Lisse, Projectrapport PPO-BBF 3261034057300, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Randwijk.

Presentaties, workshops en demonstraties

- Agrifirm, 2010. Demonstratie biofilter en discussie opvangfaciliteiten restwater op relatiedagen akkerbouw 2010 (5 dagen).
- Hoogland, G. en Werd, H.A.E. de, 2010. Open dag Duurzame Bollenteelt Noord-Holland: presentatie resultaten biofilters en emissierisico's reiniging buitenkant spuit i.s.m. telen met toekomst en loonbedrijf Hoogland; begin juni. Presentatie door deelnemend loonbedrijf: Gustaaf Hoogland.
- Huiting, H.F., 2011. Uitleg werking Fytobac Hoogland voor medewerkers Bayer CropScience (voorjaar 2011).
- Lans, A.M. van der, 2011. Demonstratie van het biofilter. Open dag boomteelt, 9-06-2011, Oss.
- Lans, A.M. van der, 2011. Demonstratie van het biofilter. Open dag boomteelt, 22-09-2011, Oene.
- Meuffels, G., 2010. Presentatie fytobac op Landelijk preidag, PPO Vredepeel, 15 oktober 2010.
- Ravesloot, M., 2010. Uitleg biofilter voor CDA-delegatie met ook toenmalig minister Verburg, PPO Randwijk.
- Vredepeel: Technodag thema Emissie, 2009-02-11. Circa 400 bezoekers.
- Weide, R.Y. van der, 2009. Workshop - Verwerken van restvloeistoffen o.a. biobed/Carboflow.
- Wenneker, M. 2008. Perendag – inclusief puntbelastingen. Demonstratiedag voor de perenteelt. Krabbendijke, Zeeland. Organisatie: DLV, ZLTO/NFO. Telen met toekomst. 1 augustus 2008. Circa 500 bezoekers.
- Wenneker, M. en Huiting, H., 2010. Workshop met werkgroep fruittelers over opties vul- en wasplaats voor spuit op fruitteeltbedrijven. Initiatief met LaMi (provincie Utrecht en waterschap Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden). Najaar 2010.
- Wenneker, M. en Kanne, J., 2008. Demonstratiemiddag Puntbelastingen 13 november 2008, Van Kessel Fruit BV, Velddriël. Aanwezig 75 personen. Organisatie: Nederlandse Fruittelers Organisatie, Waterschap Rivierenland, Telen met Toekomst.
- Wenneker, M., 2009. Demonstratie biofilter 1 oktober 2009 – Suprofruit 2009, Internationale workshop Spray Application Techniques, 30 september – 2 oktober 2009, Wageningen. Circa 90 bezoekers.
- Wenneker, M., 2009. Discussieavond fruittelers emissiebeperking: drift en puntbelastingen. Studiekring Tricht & Buurmalsen. 18 februari, Tricht. 20 bezoekers.
- Wenneker, M., 2009. Event: Dé Appeldag – inclusief puntbelastingen. Demonstratiedag op 2 juli 2009 voor de appelteelt. 't Goy, Utrecht. Organisatie: DLV, NFO, Telen met toekomst. Circa 800 bezoekers.
- Wenneker, M., 2009. Fruitkennisdag – vermindering puntemissies. Organisatie NFO en PPO. 4 december 2009, Wageningen. Circa 500 bezoekers.
- Wenneker, M., 2009. Presentatie: Drift en puntemissies in de fruitteelt. AOC-docenten, 22 april 2009, Randwijk. Circa 20 deelnemers.
- Wenneker, M., 2009. Presentatie: Puntbelastingen – vul- en spoelplaats – in de fruitteelt. Telersbijeenkomst LaMi, 20 juli 2009, Jaarsveld. Circa 40 bezoekers.
- Wenneker, M., Huiting, H.F., 2011. Een eenvoudige en effectieve vul- en spoelplaats voor de fruitteelt; presentatie en demonstratie. Houten: Utrechtse fruitteeltdag. Organisatie LaMi, NFO en LTO-Noord, 2011-10-17.
- Werd, H.A.E. de, 2009. Demonstratie – biofilter. Open dag duurzame bloembollenteelt in Noord Holland. 13 maart 2009, Burgervlotbrug. Circa 175 bezoekers.
- Werd, H.A.E. de, 2009. Workshop - Elke druppel telt – voorkomen puntemissies. Vredepeel. Technodag thema Emissie, 2009-02-11. Circa 400 bezoekers.
- Werd, H.A.E. de, 2009. Workshop – Elke druppel telt – voorkomen puntemissies in de boomkwekerij. Open dag Duurzame Boomteelt, Opheusden, 2009- 09-03. Circa 400 bezoekers
- Werd, H.A.E. de, 2010. "Biofilter haalt gewasbeschermingsmiddelen uit water"; Posterpresentatie Kennisdag Fruit 2010, Wageningen 26 november 2010.
- Werd, H.A.E. de, 2010. Biofilter haalt gewasbeschermingsmiddelen uit water, hand-out voor diverse presentaties en open dagen. PPO.

- Werd, H.A.E. de, 2010. Demo biologische zuivering, Glastuinbouw Waterproof Kennisdag Water – WUR Glastuinbouw-Bleiswijk Demonstratie biofilter; 3 juni 2010.
- Werd, H.A.E. de, 2010. Demonstratie biofilter, De aardbeien demodag, , 10 september 2010; Rijsbergen.
- Werd, H.A.E. de, 2010. Posterpresentatie en toelichting bij excursierondgang voor adviseurs en fruittelers “Biofilter haalt gewasbeschermingsmiddelen uit water”; toelichting bij biofilter; Open Dag Fruitkenniscentrum/PPO Randwijk; 19 augustus 2010.
- Werd, H.A.E. de, 2010. Presentatie Puntemissies, risico’s en oplossingen, voor SKL, scholingsdag voor medewerkers en eigenaren van spuitkeuringstations, februari 2010.
- Werd, H.A.E. de, 2010. Risico’s en oplossingen puntemissies. Presentatie als onderdeel van Workshop duurzame boomteelt voor adviseurs boomkwekerijk. Georganiseerd door Telen met toekomst en de NBvB; Randwijk, 9 maart 2010.
- Werd, H.A.E. de, 2010. Verwerking restvloeistof met biofilters. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Presentatie als onderdeel van Workshop Restvloeistoffen - Nefyto, 2010-03-01.
- Werd, H.A.E. de, 2010. Verwerking water met resten van gewasbeschermingsmiddelen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Presentatie als onderdeel van bijeenkomst voor Samenwerken aan een schone Maas, 2010-12-01, PPO Vredepeel.
- Werd, H.A.E. de, 2010. Voorkom emissie bij het schoonmaken of bij natregenen van de veldspuit: poster Telen met Toekomst.
- Werd, H.A.E. de, 2011. Bespreking effectiviteit en demonstratie. Overleg PPO Fruit - Waterschappen - LaMi, 13-04-2011.
- Werd, H.A.E. de, 2011. Opvang en reiniging restwater” op bijeenkomst MMM (Mineralen Middelen Meester) in Kamperland (Zeeland), 22-2-2011 (2x presentatie).
- Werd, H.A.E. de, 2011. Reducing emission of pesticides to the environment in Dutch agriculture. Randwijk: Applied Plant Research, , 2011-07-07; onderdeel van internationale cursus Integrated Pest Management.
- Werd, H.A.E. de, Hoogland, G., (2011. Toelichting werking en effectiviteit biofilter XXL. Open dag Duurzame Bollenteelt, Burgerbrug, 27 mei 2011
- Werd, H.A.E. de, Huiting, H.F., 2011. Demonstratie van vul en wasplaats en Biofiter. Akkerbouwvelddag, Lelystad, 6-7-2011. Organisatie DLV Plant en PPO-AGV. Demonstratie i.s.m. Waterschap Zuiderzeeland.
- Werd, H.A.E. de, Huiting, H.F., Wenneker, M., 2010. Schone spuit én schone sloot.
- Werd, H.A.E. de, Meuffels, G., 2011. Verwerking water met resten van gewasbeschermingsmiddelen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Samenwerken aan een schone Maas, 2012-02-22, demonstratie Vredepeel en Wijnandsrade.
- Werd, H.A.E. de, Wenneker, M., Huiting, H.F., Lans, A.M. van der, Beltman, W.H.J., 2011. Point source pollution of surface water with pesticides from open field crops: risks and solutions. Keeping pesticides out of water workshop, Wageningen, The Netherlands, 17-18 August 2011. - Association of Applied Biologists, Keeping pesticides out of water workshop, Wageningen, The Netherlands, 2011-08-17/ 2011-08-18.
- Werd, H.A.E. de, Wenneker, M., Zeeland, M.G. van, Weide, R.Y. van der, Lans, A.M. van der, Beltman, W.H.J., 2010. Biofilters in the Netherlands: results of on-farm testing and opportunities for implementation. In: 3rd European Biobed Workshop, Piacenza, Italy, 31 August – 1 September 2010. - (Conference report by 'De Wilde' published online: Environmental Science and Pollution Research, Volume 18, Number 1, 132-134.