

Biozuiveringssystemen voor de open teelten

Stand van zaken van onderzoek 2009

M. Wenneker, W. Beltman, A. van der Lans, R. van der Weide, R. de Werd,
M. van Zeeland

© 2010 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 2010-16; € 15,- -

Dit onderzoek werd gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur & Voedselkwaliteit, Provincie Noord-Holland en Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.

Projectnummer: 3261074009

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving

Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit

Adres : Lingewal 1, Randwijk
: Postbus 200, 6670 AE Zetten
Tel. : 0488 - 47 37 45
Fax : 0488 - 47 37 17
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	7
1.1 Emissie van gewasbeschermingsmiddelen.....	7
1.2 Biozuivering.....	8
1.2.1 Algemeen: systemen.....	8
1.2.2 In de grond: Biobed	9
1.2.3 Bovengronds: Phytobac	9
1.2.4 Bovengronds: Biofilter	9
1.2.6 Substraat of biomix.....	10
2 TESTEN VAN BIOZUIVERINGSSYSTEMEN	13
2.1 Akkerbouw	13
2.1.1 Phytobac Vredepeel	13
2.1.2 Influent.....	13
2.1.3 Testen van de phytobac	14
2.1.4 Waterbalans en blokfront.....	15
2.1.5 Effluent	16
2.1.6 Monsternames en analyses.....	16
2.1.7 Monstername biomix (substraat)	16
2.1.8 Gemeten concentraties herbiciden in het influent.....	16
2.1.9 Gemeten concentraties herbiciden in het effluent.....	17
2.1.10 Gemeten concentraties herbiciden in de biomix	18
2.1.11 Rendement biobed Vredepeel.....	19
2.1.12 Massabalans phytobac	19
2.2 Bollenteelt.....	20
2.2.1 Resultaten teeltbedrijf Maters	22
2.2.2 Resultaten loonbedrijf Hoogland	23
2.3 Fruitteelt	25
2.3.1 Fruitteeltbedrijf	25
2.3.2 Proefstation Randwijk	25
2.3.3 Resultaten teeltbedrijf: influent en effluent.....	26
2.3.4 Proefstation PPO Randwijk: influent	30
2.3.5 Proefstation Randwijk: effluent	30
3 DISCUSSIE	31
3.1 Technische aandachtspunten biofilters en biobedden.....	32
4 EINDCONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	35
5 REFERENTIES.....	37
BIJLAGE 1 AANVULLENDE INFORMATIE OVER PUNTEMISSIES, PHYTOBAC EN BIOFILTERS	
(COMMUNICATIE 2008-2009)	39
BIJLAGE 2 PHYTOBAC VREDEPEEL	43

BIJLAGE 3	AANMAAK INFLUENT PHYTOBAC.....	45
BIJLAGE 4	HOEVEELHEID INFLUENT PHYTOBAC VREDEPEEL	47
BIJLAGE 5	WATERBALANS PHYTOBAC	49
BIJLAGE 6	INFLUENT, EFFLUENT EN BIOMIX VREDEPEEL	51
BIJLAGE 7	MASSABALANS PHYTOBAC	53
BIJLAGE 8	...RENDEMENTSBEREKENINGEN PHYTOBAC	55
BIJLAGE 9	...KOC EN HALFWAARDE TIJDEN VAN HERBICIDEN PHYTOBAC	57
BIJLAGE 10	BIOFILTER BOLLENTEELT	59
BIJLAGE 11	METINGEN BIOFILTER BOLLENTEELT: LOONBEDRIJF HOOGLAND 2008	61
BIJLAGE 12	METINGEN BIOFILTER BOLLENTEELT: BOLLENBEDRIJF MATERS 2008 PERCOLAAT	67
BIJLAGE 13	METINGEN BIOFILTER BOLLENTEELT: BOLLENBEDRIJF MATERS 2008 CONDENS- WATER	73
BIJLAGE 14	BIOFILTER EN VULPLAATS FRUITTEELT.....	79
BIJLAGE 15	MIDDELEN 2007 BIOFILTER FRUITTEELT	81
BIJLAGE 16	CONCENTRATIES MIDDELEN INFLUENT 2009 FRUITTEELT PROEFSTATION.....	83
BIJLAGE 17	EFFLUENT BIOFILTERS FRUITTEELT	85

Samenvatting

De laatste jaren is de problematiek van oppervlaktewatervervuiling door gewasbeschermingsmiddelen weer toegenomen door de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW). Oppervlaktewater wordt ook gebruikt voor de productie van drinkwater. Vaak zijn er dure zuiveringsstappen nodig om het water geschikt te maken voor drinkwater. Gewasbeschermingsmiddelen kunnen op verschillende manieren in het oppervlaktewater terechtkomen. In het kort zijn dit: diffuse emissie (druppeldrift) tijdens gewasbespuitingen, uitspoeling uit de bodem, emissies of lozingen op het erf en afspoeling van het perceel. Er is veel onderzoek gedaan naar spuitdrift bij de toepassing van bestrijdingsmiddelen vanwege de bijdrage ervan aan emissie naar oppervlaktewater. Driftreducerende doppen, spuitvrije zones en bufferzones zonder gewas zijn geïntroduceerd om de emissie terug te dringen. Echter, metingen van waterschappen tonen minder afname van concentraties in oppervlaktewater dan verwacht op basis van modelberekeningen. Deze minder grote afname dan verwacht is mogelijk veroorzaakt door puntemissies. Dit zijn hoofdzakelijk verontreinigingen die ontstaan bij het vullen en het reinigen van de spuitapparatuur op het erf en bij het beheer van de restfractie. Het gaat hier om morsen bij het afwegen van middelen, morsen bij de aanmaak van spuitvloeistof, overlopen van de spuitmachine tijdens vullen, lekken van leidingen of doppen en lozen van spuitresten of waswater. Omdat bij een puntemissie in een korte tijd een relatief grote hoeveelheid middel in het water komt, zijn puntemissies naar verwachting meer verantwoordelijk voor piekconcentraties in oppervlaktewater dan diffuse emissieroutes, zoals spuitdrift. Het vullen en reinigen van de spuitmachines blijken belangrijke puntemissieroutes te zijn. Veelal is dit gerelateerd aan vul- en spoelplaatsen op het erf, omdat van hieruit geconcentreerde spuitresten in het oppervlaktewater terecht kunnen komen.

In dit project werd gezocht naar zuiveringssystemen voor de verwerking van restwater die gemakkelijk op bedrijven zijn te implementeren. Daarbij is het voor agrariërs belangrijk dat de systemen goedkoop en betrouwbaar zijn, met een minimum aan arbeid, maar hoog rendement. De technische, chemische zuiveringsmethoden – actieve koolfilters, oxidatie en membraanfiltratie – zijn meestal zeer effectief, maar ze vereisen wel (zeer) specialistische kennis en onderhoud en ze zijn vaak (te) duur. Dat maakt ze minder geschikt op agrarische bedrijven voor de verwerking van restwaterstromen. Biozuiveringssystemen zijn een aantrekkelijke oplossing vanwege de lage kostprijs en het eenvoudige principe. Biofilters blijken goed bruikbaar om kleinere hoeveelheden restwater te verwerken, zoals waswater en verdunde restanten spuitvloeistof.

In het uitgevoerde onderzoek werden twee biozuiveringssystemen onderzocht: de phytobac in de akkerbouw en het biofilter in bollenteelt en de fruitteelt. Deze systemen blijken, in ieder geval binnen de onderzoeksperiode, het merendeel van de gewasbeschermingsmiddelen uit het water te verwijderen of de concentratie ervan sterk te verlagen. Een aantal herbiciden is erg uitspoelinggevoelig, en lijken minder geschikt voor verwerking in een biofiltersysteem. Lozingen van onverdunde spuitvloeistof moeten zo veel mogelijk voorkomen worden. Dit geeft een te zware belasting van het biozuiveringssysteem. Enkele technische aspecten van de biofilters dienen nog verbeterd te worden en de werking op langere termijn dient nog bepaald te worden. Het is wenselijk de hoeveelheid effluent te verminderen of mogelijk helemaal te voorkomen. In lopend onderzoek wordt het effect van verschillende plantensoorten bekeken, zoals grasachtigen (*Carex* spp.) en wilgen (*Salix* spp.). Deze worden beoordeeld op hun vermogen voor aanvullende zuivering, verdamping en als indicator voor het zuiveringsproces. Een voorwaarde voor implementatie is dat verwerking van effluent en organisch restmateriaal praktisch en tegen lage kosten mogelijk gemaakt wordt binnen wet en regelgeving. Momenteel wordt onderzocht of dat gerealiseerd kan worden binnen het nieuwe Besluit Landbouw Activiteiten.

1 Inleiding

1.1 Emissie van gewasbeschermingsmiddelen

In dit rapport worden de resultaten beschreven van het onderzoek naar de inzetbaarheid van biozuiveringstechnieken voor verwerking van afvalwater verontreinigd met gewasbeschermingsmiddelen uit de open teelten. In het onderzoeksprogramma 2006 – 2009 van het ministerie van LNV werd voor een aantal sectoren - waaronder glastuinbouw, bloembollenteelt, boomteelt, akkerbouw en fruitteelt - een aantal mogelijke emissieroutes nader onderzocht en werd gezocht naar oplossingen (Werd et al., 2006). In 2006 is een inventarisatie van bestaande zuiveringstechnieken gemaakt (Vulto & Beltman, 2006). In 2007 zijn pilots gestart in de fruitteelt en akkerbouw. In 2008 en 2009 werden deze systemen getoetst op werking en bruikbaarheid in de bollenteelt, akkerbouw en fruitteelt.

Gewasbeschermingsmiddelen kunnen op verschillende manieren in het oppervlaktewater terechtkomen. In het kort zijn dit: diffuse emissie (druppeldrift) tijdens gewasbespuitingen, uitspoeling uit de bodem, emissies of lozingen op het erf en afspoeling van het perceel. Er is veel onderzoek gedaan naar spuitdrift bij de toepassing van bestrijdingsmiddelen vanwege de bijdrage ervan aan emissie naar oppervlaktewater. Driftreducerende doppen, spuitvrije zones en bufferzones zonder gewas zijn geïntroduceerd om de emissie terug te dringen. Echter, metingen van waterschappen tonen minder afname van concentraties in oppervlaktewater dan verwacht op basis van modelberekeningen (MNP, 2006).

Deze minder grote afname dan verwacht is mogelijk veroorzaakt door puntbronnen of puntvervuilingen. Puntbronnen zijn hoofdzakelijk verontreinigingen die ontstaan bij het vullen en het reinigen van de spuitapparatuur op het erf en bij het beheer van de restfractie. Het gaat hier om morsen bij het afwegen van middelen, morsen bij de aanmaak van spuitvloeistof, 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).

Omdat bij een puntemissie in een korte tijd een relatief grote hoeveelheid middel in het water komt, zijn puntemissies naar verwachting meer verantwoordelijk voor piekconcentraties in oppervlaktewater dan diffuse emissieroutes, zoals spuitdrift. Het vullen en reinigen van de spuitmachines blijken belangrijke puntemissieroutes te zijn. Veelal is dit gerelateerd aan vul- en spoelplaatsen op het erf, omdat van hieruit geconcentreerde spuitresten in het oppervlaktewater terecht kunnen komen. Als de land- en tuinbouw de mogelijkheid wil behouden om op het verharde erf de spuit te vullen en eventueel ook schoon te maken is een eerste aanbeveling aan de sectoren daarom: zorg dat de vul- en spoelplaats op het bedrijf is voorzien van een opvangreservoir, en reinig de spuitmachine zoveel mogelijk in het perceel na de bespuiting. Wanneer het restwater is opgevangen moet het verwerkt of afgevoerd worden. De prijzen voor afvoer naar een afvalverwerker als AVR zijn vaak erg hoog. Biozuiveringssystemen lijken een aantrekkelijke oplossing vanwege de lage kostprijs en het eenvoudige principe.

Doel van het project:

In dit project werd gezocht naar zuiveringssystemen voor de verwerking van restwater die gemakkelijk op bedrijven zijn te implementeren. Daarbij is het voor agrariërs belangrijk dat de systemen goedkoop en betrouwbaar zijn, met een minimum aan arbeid, maar hoog rendement.

1.2 Biozuivering

Verontreinigde restwaterstromen variëren in volume, concentratieniveau en samenstelling. Zij bevatten bijvoorbeeld meer of minder organisch materiaal, insecticiden, fungiciden of herbiciden. Daarmee is het niet eenvoudig om een zuiveringsmethode te vinden die geschikt is voor iedere restwaterstroom. Door PPO en Alterra is een overzicht gemaakt van zuiveringsmethoden. Hierbij werden zes methoden onderscheiden, te weten: biobedden, helofytenfilters, actieve koolfilters, actieve koolfilters met flocculatie (Carboflow/Sentinel), oxidatie en fotochemische omzetting, en membraanfiltratie (Vulto & Beltman, 2006). Door De Wilde (2009) is een vergelijking gemaakt naar de voor- en nadelen van biozuivering ten opzichte van verwerking met Sentinel (vergelijkbaar met Carboflow) (tabel 1). Daaruit blijkt ondermeer dat biologische zuiveringsmethoden als voordeel hebben dat ze weinig onderhoud vergen en eenvoudig zijn aan te leggen. Biofilters lijken goed bruikbaar om kleinere hoeveelheden restwater te verwerken, zoals waswater en restanten spuitvloeistof. Biologische zuiveringsmethoden zijn mogelijk minder geschikt voor mobiele bestrijdingsmiddelen, zoals een aantal herbiciden. De technische, chemische zuiveringsmethoden – actieve koolfilters, oxidatie en membraanfiltratie – zijn meestal zeer effectief, maar ze vereisen wel (zeer) specialistische kennis en onderhoud en ze zijn vaak (te) duur. Dat maakt ze minder geschikt op agrarische bedrijven voor de verwerking van restwaterstromen.

Tabel 1: vergelijking tussen biozuivering en sentinel.

Biozuivering	
Voordelen	Nadelen
Eenvoudig en praktisch	Geen wettelijke erkenning
Eenvoudig zelf te bouwen	Geen verwerking van (zeer) grote volumina
Relatief goedkoop aan te leggen	Biologische afbraak gevoelig voor giftige componenten, die het afbraakproces negatief beïnvloeden
Gebruikersvriendelijk	Mogelijke vorming van metabolieten
Flexibel systeem (systeem kan gemakkelijk kleiner of groter gemaakt worden)	Middel specifiek
Mogelijk een complete mineralisatie van het pesticide	
Lage operationele kosten	
Lage onderhoudsbehoefte	
Sentinel	
Voordelen	Nadelen
Verwerking van grote volumes afvalwater	Dure methode
Verwerking van een brede range van pesticiden	Getraind personeel nodig
Hergebruik van het restwater	Hoge operationele kosten (chemicaliën, onderhoud)
	Restfractie

De systemen die het beste zijn onderzocht zijn het biobed, phytobac® en biofilter. Deze naamgeving is verwarrend, in praktijk worden de namen van de systemen door elkaar gebruikt. Het principe van dergelijke systemen is hetzelfde: een biologisch actieve matrix die middelen bindt aan bodem- of organische deeltjes en omzet.

1.2.1 Algemeen: systemen

Het opvangen van afvalwater kan rechtstreeks door de spuitmachine op het filter te rijden of indirect door afvalwater via een betonnen bak in het filter te laten lopen of eerst op te slaan in een put of tank en vervolgens vanuit de put of tank het afvalwater in het filter te laten lopen.

De piekbelasting van het eerste systeem is het hoogst en van het laatste systeem het laagst. In het eerste systeem komt ook olie rechtstreeks in het systeem terecht. Bij de indirecte systemen kan olie apart worden opgevangen (door een oliescheider te monteren).

1.2.2 In de grond: Biobed

In onder andere Zweden zijn biobedden ontwikkeld, die zich in de grond bevinden (Torstensson, 2000). Het gaat hier vooral om het opvangen van gemorst middel bij het vullen van de veldspuit. Het mengsel van stro (50%), turfaarde (25%) en bouwvoor (25%) blijft 8 weken liggen voor gebruik. Het biobed wordt ingezaaid met gras. Over het bed wordt een frame geïnstalleerd zodat de spuitmachine bij het vullen op het bed kan worden gereden. Minder mobiele pesticiden worden vastgehouden, de meer mobiele pesticiden spoelen deels uit. De systemen die in de grond geplaatst worden, kunnen worden afgedicht. Hiervoor kan klei of folie worden gebruikt. Lekdichte systemen kunnen te vochtig worden voor een goede werking. Dit is eventueel op te lossen met opvang van overtollig water via drainage. Afdekken van biobedden om regenval buiten te sluiten heeft als nadeel dat de bovenste bodemlaag uitdroogt. Deze systemen zijn gedimensioneerd om kleine hoeveelheden op te vangen; de systemen zijn meestal niet afgesloten. Nadeel van dit systeem is dat door piekbelasting de zuiverende werking van het systeem niet optimaal zal zijn, ook leidt het systeem gemakkelijk tot preferente stroombanen, waarmee middelresten in de bodem uit zouden kunnen spoelen.

1.2.3 Bovengronds: Phytobac

Het verschil tussen een phytobac en een biobed is dat de phytobac bestaat uit een ondoorlatende kunststof of betonnen bak, en dat de plaats van vullen en spoelen los kan staan van de phytobac zelf. Beperkende factor bij lekdicte filters is dat het filter snel waterverzadigd raakt. Immers water kan alleen door evapotranspiratie verdwijnen. Het filter wordt gevoed met een beregenings- of irrigatiesysteem, waarmee de vloeistof homogeen en eventueel verdeeld over een langere periode over het substraat wordt verspreid. Het effluent uit het filter kan worden gerecycled. De omvang van het filter bepaalt de verwerkingscapaciteit. Er kunnen problemen ontstaan door het verstopt raken van het irrigatiesysteem. Het goed mengen van het substraat kan lastig zijn. Phytobacs zijn vaak veel grotere installaties dan biobedden. De vulmaterialen en de afbraakresultaten zijn bij phytobacs en biobedden hetzelfde.

1.2.4 Bovengronds: Biofilter

Het biofiltersysteem bestaat uit meerdere stapelbare units van 1 m³ (meestal 2 of 3 gestapelde plastic bakken). Een systeem met 2 units is voldoende voor een totaal volume kleiner dan 3000 L en minder dan 100 g actieve stof. Bij grotere hoeveelheden zijn er meer eenheden noodzakelijk. De units zijn meestal gevuld met dezelfde materialen als bij biobedden en phytobacs, maar er kunnen ook andere substraten worden gebruikt. Het systeem is veel compacter dan biobedden of phytobacs; een biofilter heeft 2 – 4 m³ filtermateriaal, terwijl een biobed met een grootte van 10m x 4m x 0.6m al 24 m³ filtermateriaal nodig heeft. Voor een biofilter wordt het restwater eerst opgevangen in een reservoir en dat wordt vervolgens over het biofilter gepompt. Uit onderzoek van PC Fruit in België blijkt dat de concentraties aan middelen na elke bak met ongeveer 90% verminderen. Over het hele biofilter betekent dit een reductie van meer dan 99% (Debaer et al., 2004).

Er wordt vanuit gegaan dat dit resultaat wordt verkregen door een korte termijn achterblijven van middelen in het filtermateriaal (sorptie), gevolgd door een microbieel afbraakproces op de langere termijn. Belangrijk bij het ontwerp en gebruik van biofilters zijn een gespreide toediening van vocht en chemische belasting en de dimensionering van het systeem.

Onderstaande figuur 1 (De Wilde et al., 2007) geeft een schematisch overzicht van de operationele context van biozuiveringsystemen (de zwarte pijlen geven waar materiaal weer terug in het systeem wordt gebracht).

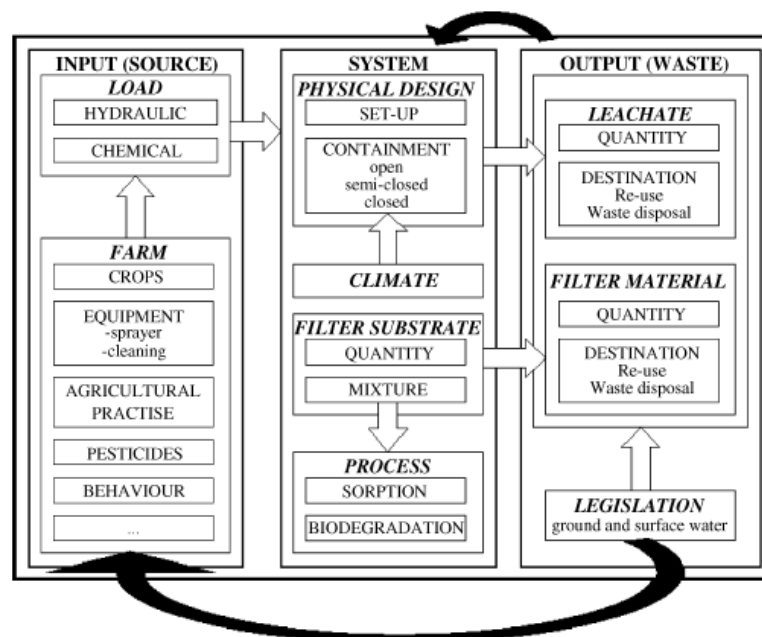


Figure 1. Schematic overview of the operational context of bioremediation systems (black arrows indicate feedback effects).

Bron: De Wilde et al. (2007).

1.2.6 Substraat of biomix

Biozuiveringssystemen bestaan uit een organische matrix of biomix die de pesticiden uit het vervuilde water vasthouden (sorptie of retentie) en de middelen biologisch afbreekt. Hoe die processen verlopen is voor een groot deel een 'black box'. In verreweg de meeste gevallen wordt een mix gebruikt van 50% stro; 25% bouwvoorgrond en 25% compost (volume %). Het valt aan te raden om het stro te verhakselen. Door het verhakselen kunnen de substraten beter worden gemengd, bovendien neemt het actief oppervlak toe.

Belangrijk is dat een microbiële populatie aanwezig is, die in staat is om middelen af te breken. Belangrijk hierbij zijn grondsoort, temperatuur, pH, redoxcondities en nutriënten (Vidali, 2000). Bij de eerste systemen werden veen, stro en bouwvoorgrond gebruikt. Tegenwoordig wordt veen soms vervangen door verschillende vormen van compost. Dit heeft niet zozeer met de werking van veen te maken, maar meer met de aanwezigheid van substraten die al dan niet lokaal verkrijgbaar zijn. Stro is een additionele energiebron voor micro-organismen. In praktijk wordt de hoeveelheid stro vaak gelimiteerd tot 50 volume % (Torstenson & Castillo, 1996). Bouwvoorgrond is een inoculum voor micro-organismen en moet rijk zijn aan humus, maar moet liefst een laag kleigehalte hebben. Fogg & Boxall (2004) toonden echter 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. Bouwvoorgrond wordt alleen toegevoegd om de microbiële activiteit te stimuleren.

Door Genot et al. (2002) zijn verschillende substraten getest, met een effectiviteit in de volgorde: grond + dierlijke mest < grond + chitine < grond + stro. Door Torstenson en Castillo (1996) werd echter het tegengestelde gevonden. Dit lijkt te maken te hebben met verschillen in de hoeveelheid direct afbreekbaar koolstof. De Vleeschouwer et al. (2005) vonden dat een mengsel met dierlijke mest het beter deed dan plantaardige mest. In veel landen is het echter niet toegestaan om dierlijke mest in een biomix te gebruiken. Het wordt aanbevolen om een deel van het substraat na een bepaalde tijd (± 10 jaar) te vervangen en het substraat opnieuw te mengen.

Uit onderzoek van onder meer De Wilde (2009) blijkt dat sorptie van pesticiden aan compost (relatief fijn materiaal) sneller optreedt dan aan bijvoorbeeld kokoschips (grof materiaal). Potgrond valt daarom aan te bevelen voor het substraat omdat het een nutriëntenbron is voor micro-organismen, een hoog waterbergend vermogen, en het zeer goed pesticiden vasthoudt.

Voor de structuur moet dan stro of kokoschips worden toegevoegd; waarbij de voorkeur uitgaat naar stro omdat dit makkelijker mineraliseert.

Daarnaast spelen ook specifieke pesticiden-eigenschappen een grote rol. Er zijn meer en minder mobiele pesticiden. Uit het onderzoek van De Wilde (2009) bleek bentazon het meest mobiel, gevolgd door metalaxyl, isoproturon en linuron. Dat betekent dat pesticiden met een hoge organische koolstofverdelingscoëfficiënt (Koc – bijvoorbeeld linuron) een snellere sorptie vertonen, in vergelijking met meer mobiele pesticiden (bijvoorbeeld bentazon). Op basis van de Koc kan dus een schatting gemaakt worden van de mobiliteit van stoffen, en dus het uitspoelingsrisico.

2 Testen van biozuiveringssystemen

Het onderzoek is breed uitgevoerd om de toepasbaarheid van biofiltersystemen in de open teelten op verschillende bedrijfstypen en voor een groot scala aan middelen na te gaan. Om de robuustheid van de systemen te toetsen is daarom onderzoek uitgevoerd in verschillende sectoren (akkerbouw, bollenteelt en fruitteelt) naar de mogelijkheden om restwaterstromen te zuiveren die verontreinigend zijn met gewasbeschermingsmiddelen. Dit betekent niet dat er voor iedere sector een specifiek biofilter ontwikkeld of ontworpen dient te worden. In de volgende paragrafen worden achtereenvolgens de testen met biozuiveringssystemen voor de akkerbouw, bollenteelt en fruitteelt toegelicht.

2.1 Akkerbouw

2.1.1 Phytobac Vredepeel

In deze paragraaf wordt het phytobacstelsel beschreven dat werd ontworpen om relatief grote volumes ($>5 \text{ m}^3$) restwater te kunnen verwerken. Beschreven wordt de bouw en de gebruikte methodiek om de werking van de phytobac te testen.

Opbouw phytobac

In het najaar van 2007 werd de phytobac in Vredepeel aangelegd (zie ook Clevering, 2008). De phytobac voor de akkerbouw te Vredepeel bestaat uit een aanvoerreservoir met water verontreinigd met pesticiden (het influent), de phytobac zelf en een opvangbak voor het uitstromende water (het effluent) (bijlage 2). Het reservoir voor de pesticiden was een plastic container van 1 m^3 . Met een pomp werd vanuit het aanvoerreservoir het water met middelen op de phytobac gepompt.

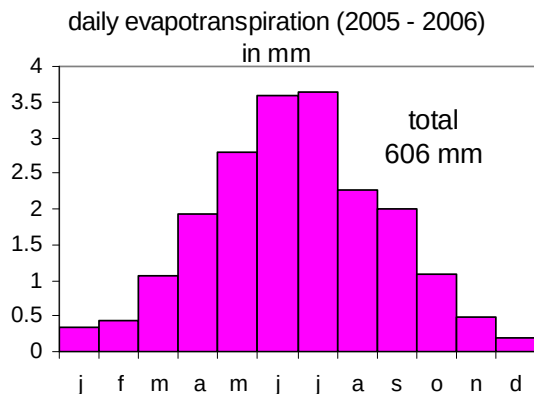
Het eigenlijke phytobac was 3 meter lang, 1,5 meter breed en 1,2 m diep. De phytobac stond boven de grond, dit vanwege mogelijke problemen met hoge grondwaterstanden. Een bijkomend voordeel is dat het afvalwater dat uit de phytobac stroomt onder vrij verval in een reservoir van 1 m^3 kan worden opgevangen. Boven de phytobac was een afdak van doorzichtige golfplaten geplaatst, zodat er geen regen op kon vallen. Dit beperkte de hoeveelheid water dat door de phytobac moet worden verwerkt. Tevens werd voorkomen dat de phytobac met water verzadigd raakt en het systeem anaeroob wordt. Dat laatste kan namelijk de afbraak van pesticiden vertragen of verminderen. Tussen het golfplaten afdak en de bovenrand van de phytobac zat enige ruimte, waardoor de wind er tussen door kon waaien. Dit bevorderde de verdamping. De phytobac stond buiten aan de noordzijde tegen het bedrijfsgebouw met binnen de wasplaats. Dit betekende dat de phytobac gedurende een groot deel van de dag in de schaduw stond. Dit had als nadelig effect dat de verdamping toch nog beperkt was.

De biomix (of het substraat) bestond uit 50% stro, 25% compost en 25% bouwvoorgrond (volumepercenten) en was circa 8 weken gecomposteerd voordat de phytobac werd gevuld. De bouwvoorgrond werd betrokken van een perceel waarop herbiciden waren toegepast. Onderin de phytobac was een drain (doorsnede 6 cm) aangelegd om het effluent af te voeren. De drain lag in een grintlaag van 8 cm, bovenop deze grintlaag was vervolgens een laag zand aangebracht (4 cm). Tussen de grintlaag en zandlaag en zandlaag en biomix was anti-worteldoek aangebracht. De biomix werd aan de bovenkant afgedekt met een laag compost. In het voorjaar van 2008 werd Engels raaigras (ras: Elgon) op de phytobac gezaaid. Het afvalwater werd met een ondergronds irrigatiesysteem (T-tape) toegediend. Hiermee kon het afvalwater uniform over het substraat worden verdeeld.

2.1.2 Influent

Bij de phytobac was in eerste instantie de bedoeling dat er geen effluent zou ontstaan, door de hoeveelheid opgebrachte vloeistof af te stemmen op de verwachte verdamping door het ingezaaide gras.

Bij verwerking van 5,5 m³ afvalwater gedurende het eerste jaar zou de daggift variëren van 2 liter/dag in de winterperiode (weinig verdamping) tot 32 liter/dag in de zomerperiode (veel verdamping). De gewasverdamping werd onder Nederlandse omstandigheden gesteld op 606 mm/jaar (Clevering, 2008; zie ook figuur 2). Dit is 606 l/m². Vermenigvuldigd met de oppervlakte van de phytobac (2,95 m x 1,8 m = 5,31 m²) komt dit overeen met 3,2 m³ water dat door het raaigras zou worden verdampt. Bij voldoende gewasverdamping was het de verwachting dat bij toediening van zelfs 10 m³ afvalwater er geen effluent zou ontstaan (deel blijft in de phytobac). De hoeveelheden actieve stof (herbiciden) in het influent bleken echter te hoog voor het gras. Doordat het gras afstierf was er vervolgens geen gewasverdamping.



Figuur 2. De maandgemiddelde dagelijkse referentiegewasverdamping voor de jaren 2005-2006 (Clevering et al., 2008).

2.1.3 Testen van de phytobac

In 2008 en 2009 werd de phytobac getest met een aangemaakt mengsel van gewasbeschermingsmiddelen; het zogenaamde influent. Dit mengsel bestond uit door de waterschappen geïdentificeerde probleemstoffen. Het ging om stoffen die relatief gemakkelijk uitspoelen: bentazon, dimethenamide-P, nicosulfuron, sulcotrione en terbutylazin.

De gehalten aan actieve stoffen in het influent zijn gebaseerd op aannames voor standaard spuitoplossingen en standaard reinigungsstrategieën voor veldspuiten. Deze aannames geven een indicatie van de hoeveelheid afvalwater die op jaarbasis wordt geproduceerd en een indicatie van de hoeveelheid actieve stof in het afvalwater.

Bij de inwendige reinigungsstrategie voor de veldspuiten werd uitgegaan van drie spoelbeurten, waarbij het restwater van de eerste spoelbeurt op het perceel achterblijft, en het spoelwater van de tweede en derde spoelbeurt als restwater wordt opgevangen/verzameld. Er blijft na dit leegspuiten onder in de tank en in de leidingen een restvolume achter. Daarom werd in de gekozen reinigungsstrategie bij het reinigen van de binnenkant van de spuit de laatste 300 L opgevangen. Voor het uitwendig reinigen werd uitgegaan van 500 liter per wasbeurt.

Op basis van deze aannames bedraagt de totale hoeveelheid geproduceerd restwater 10 m³ per jaar: 6000 L (20 x reinigungswater na tweede spoelbeurt binnenkant spuit) + 3000 L (10 x reinigungswater na derde spoelbeurt binnenkant spuit) + 1000 L (2 x reinigungs buitenkant spuit) L = 10.000 L.

Daarnaast werden de resultaten gebruikt van bemonsteringen van het was/reinigungswater van de buitenkant van spuitmachines op vijf loonbedrijven om tot een schatting te komen van de totale hoeveelheden middelen die jaarlijks in het reinigungswater voorkomen (Zeeland et al., 2008).

In tabel 2 wordt de hoeveelheid werkzame stof per berekende hoeveelheid afvalwater per stof weergegeven.

Tabel 2. Hoeveelheid werkzame stof (µg) per afvalwaterstroom (totaal 10 m³) omgerekend naar mg w.s./L (naar Zeeland et al., 2008).

	binnenkant spuit		buitenkant spuit	Totaal =		
	20 x 2 ^e spoelbeurt = 6000 l	20 x 3 ^e spoelbeurt = 3000 l	2 x extern reinigen = 1000 l	10000 l		
	(µg)	(µg)	(µg)	(µg)	mg a.i.	mg/L
bentazon	133333333	11111111	540000	144984444	144984	14,5
dimethenamide -P	360000000	30000000	3000000	393000000	393000	39,3
nicosulfuron	20000000	1666667	17000000	38666667	38667	3,9
sulcotrione	150000000	12500000	1170000	163670000	163670	16,4
terbutylazin	133333333	11111111	1700000	146144444	146144	14,6

Per veertien dagen werd influent aangemaakt. Het streven was om influent met een vaste concentratie op de phytobac te brengen (tabel 3). Omdat het aantal opgebrachte liters werd geregistreerd, kon vervolgens de totale hoeveelheid opgebrachte actieve stof berekend worden. Vanuit deze berekeningen kan ondermeer de efficiëntie van de phytobac berekend worden.

Tabel 3: berekende concentraties aan middelen voor influent phytobac Vredepeel.

<i>Middel</i>	<i>Berekende concentratie</i>
bentazon (µg/L)	26400
dimethenamid-P (µg/L)	71000
nicosulfuron (µg/L)	7000
sulcotrion (µg/L)	29800
terbutylazin (µg/L)	26600

Het influent werd aangemaakt in een reservoir van 1 m³. Er werd eerst 100 liter leidingwater in het influentvat gedaan. Daaraan werden al roerend de middelen toegevoegd. Vervolgens werd met leidingwater aangevuld. Met een pomp wordt het afvalwater boven in de phytobac gepompt en herverdeeld met een irrigatieslang (met uitstroopeningen om de 20 cm).

De hoeveelheid opgebracht water werd geregistreerd (zie bijlage 4). In de periode april – september 2008 werd in totaal 3279 liter water met herbiciden op de phytobac geleid. In de periode september 2008 – oktober 2009 werd 4605 liter water zonder herbiciden opgebracht. Het opbrengen van water zonder herbiciden werd gedaan om de uitspoeling van de herbiciden te kunnen monitoren. In totaal werd dus 7884 liter water op de phytobac gebracht.

2.1.4 Waterbalans en blokfront

De stroming van het water door de phytobac bepaalt het transport van de herbiciden door de phytobac. De meeste herbiciden adsorberen zwak aan organische stof. Dat betekent dat de herbiciden makkelijk uitspoelen. Deze stoffen kunnen daarbij op verschillende manieren door de phytobac heen bewegen; namelijk als blokfront, als golf, of via preferente stroming.

- De stof beweegt met het water als een blokfront door de phytobac (links). De stof mengt niet met het schone water beneden het front.
- De stof beweegt als een golf door de phytobac (rechts). De stof mengt met het schone water, waardoor de stof (in lagere concentraties) vooruitloopt op het gemiddelde van de golf. De mate van spreiding neemt toe met de diepte.



Blokfront



Golf

- Door complexe waterstroming in de phytobac kan een golf van een stof in de phytobac heel langgerekt zijn. Langs deze preferente stroombanen kan al gauw wat stof in het effluent terecht komen.

Door een waterbalans op te stellen voor de phytobac kan inzicht verkregen worden in het transport van de herbiciden door de phytobac (zie bijlage 5). Uit deze waterbalans blijkt dat aan het eind van de testperiode in 2008, het midden van de herbicidengolf nog niet aan de onderkant van de phytobac is aangekomen. Om een uitspraak te kunnen doen over het rendement of efficiëntie van de phytobac werd na de toediening van influent met middelen (tot september 2008), de proef vervolgd door schoon leidingwater op de phytobac te brengen.

2.1.5 Effluent

Na doorstroming van het influent door de phytobac werd het restwater (effluent) opgevangen in een 1000 liter vat. In de leiding van het biobed naar de opvangbak werd een aftappunt bevestigd. Onder dit aftappunt werd effluent bemonsterd. Er werd dus niet bemonsterd uit de opvangbak. Aan de zijkant van de opvangbak werd via een meetlint het watervolume geschat. Bij bemonstering van influent en effluent werden de temperatuur en de pH van het water gemeten.

2.1.6 Monsternames en analyses

Van het influent en het effluent werden steeds duplomonsters van 1000 ml genomen (bruine/groene fles). De duplomonster werden in de koeling van de proefboerderij bewaard. De water- en substraatanalyses werden volgens standaardmethodes uitgevoerd (o.a. GC-MS en LC-MS).

2.1.7 Monstername biomix (substraat)

Aan het eind van de experimentele periode (16 december 2009) werden monsters van het substraat in de phytobac genomen. Er werden monsters genomen van verschillende dieptes in de phytobac: 0-25cm, 25-50 cm en 50-75 cm. Er werd op 5 verschillende plekken via een diagonale lijn bemonsterd. Per laag werd een totaal monster verzameld van ongeveer 1,3 kg. Dit totale monster werd in drie submonsters van ongeveer 400 gram verdeeld. Een submonster van de biomix werd geanalyseerd op de werkzame stoffen: bentazon, dimethenamid-P, nicosulfuron, sulcotrion en terbutylazin. Van het andere submonster werd het droge stof gehalte en het organische stof gehalte bepaald. Het derde submonster werd bewaard als reservemonster. Vanuit deze analyses werd de totale hoeveelheid aanwezige middelen in de phytobac berekend.

2.1.8 Gemeten concentraties herbiciden in het influent

Bij de aanmaak van influent bleken de gebruikte herbiciden (formuleringsproducten) uit te zakken. Dit zorgde voor verstopping van filters in de leidingen naar de phytobac. Dit heeft er toe geleid dat de gewenste dagafgifte aan influent niet altijd werd gehaald. Tijdens de meetperiode met herbiciden (2008) werd 3,3 m³ influent aangevoerd en kwam er 1,7 m³ effluent uit. Dus ongeveer 50% van de opgebrachte vloeistof kwam in deze periode uit de phytobac. In de totale meetperiode (2008-2009) werd 7,9 m³ influent opgebracht, en was er 4,8 m³ effluent. In de totale meetperiode kwam dus 60% van de opgebrachte vloeistof als effluent uit de phytobac (zie ook bijlage 4).

In tabel 4 worden de concentraties van de verschillende werkzame stoffen per liter **influent** zoals berekend, gemeten en de rapportagegrens weergegeven. Tevens wordt onder de tabel aangegeven voor welke werkzame stof welk analysepakket werd gebruikt.

Tabel 4: concentraties middelen in het influent voor de phytobac Vredepeel.

	concentraties w.s.#	rapportagegrens	metingen				
influënt aangemaakt op:							
bemonstering (aantal dagen na aanmaak/datum)							
bentazon (µg/L)*	26400	0.01	21-04-08 7 dagen/28 april	15 dagen/7 mei	3-06-08 0 dagen/3 juni	2-07-08 0 dagen/2 juli	15 dagen/17 juli
dimethenamid-P (µg/L)**	71000	0.03	16900	16200	24700	25300	24400
nicosulfuron (µg/L)***	7000	0.03	<	<	<	72500	74200
sulcotrion (µg/L)****	29800	0.09	7700	7600	7400	13500	14000
terbutylazin (µg/L)**	26600	0.01	26600	25600	23800	23200	23000
			13600	13500	7600	21300	10800

#: geplande concentratie werkzame stof

*GCMS-uitbreiding pakket zuurherbiciden, ** GCMS-pakket, *** LCMS-uitbreiding pakket sulfonureas, ****LCMS-pakket

Op 21 april werd het eerste influent aangemaakt, en vervolgens op 14 mei, 3 juni, 17 juni, 2 juli, 18 juli, 4 en 25 augustus. Het influent van de data 21 april, 3 juni en 2 juli werd geanalyseerd. Het influent aangemaakt op 21 april en 2 juli werd na 14 dagen opnieuw bemonsterd en geanalyseerd. Dit om mogelijke afbraak in het voorraadvat te bepalen. De concentraties van bentazon en terbutylazin waren op 21 april lager dan berekend (tabel 4). Dit werd mogelijk veroorzaakt door uitvloeking. Er werd na 14 dagen geen afbraak gevonden. Ook werd een afname van circa 50% gemeten voor terbutylazin in juli 2008. De concentraties van dimethenamide-P, nicosulfuron en sulcotione komen overeen met de berekende concentraties.

De metingen van de influentconcentraties laten zien dat deze voor enkele stoffen goed overeenkomen met de berekende influentconcentraties. Voor andere stoffen en meettijdstippen zijn de metingen ongeveer de helft van de berekende influentconcentraties, maar voor nicosulfuron eenmaal het dubbele. Daarom is er voor gekozen om in de beoordeling van de efficiëntie van de phytobac zowel voor 50%, 100% en 200% van de berekende influentconcentratie deze berekening uit te voeren.

2.1.9 Gemeten concentraties herbiciden in het effluent 2008

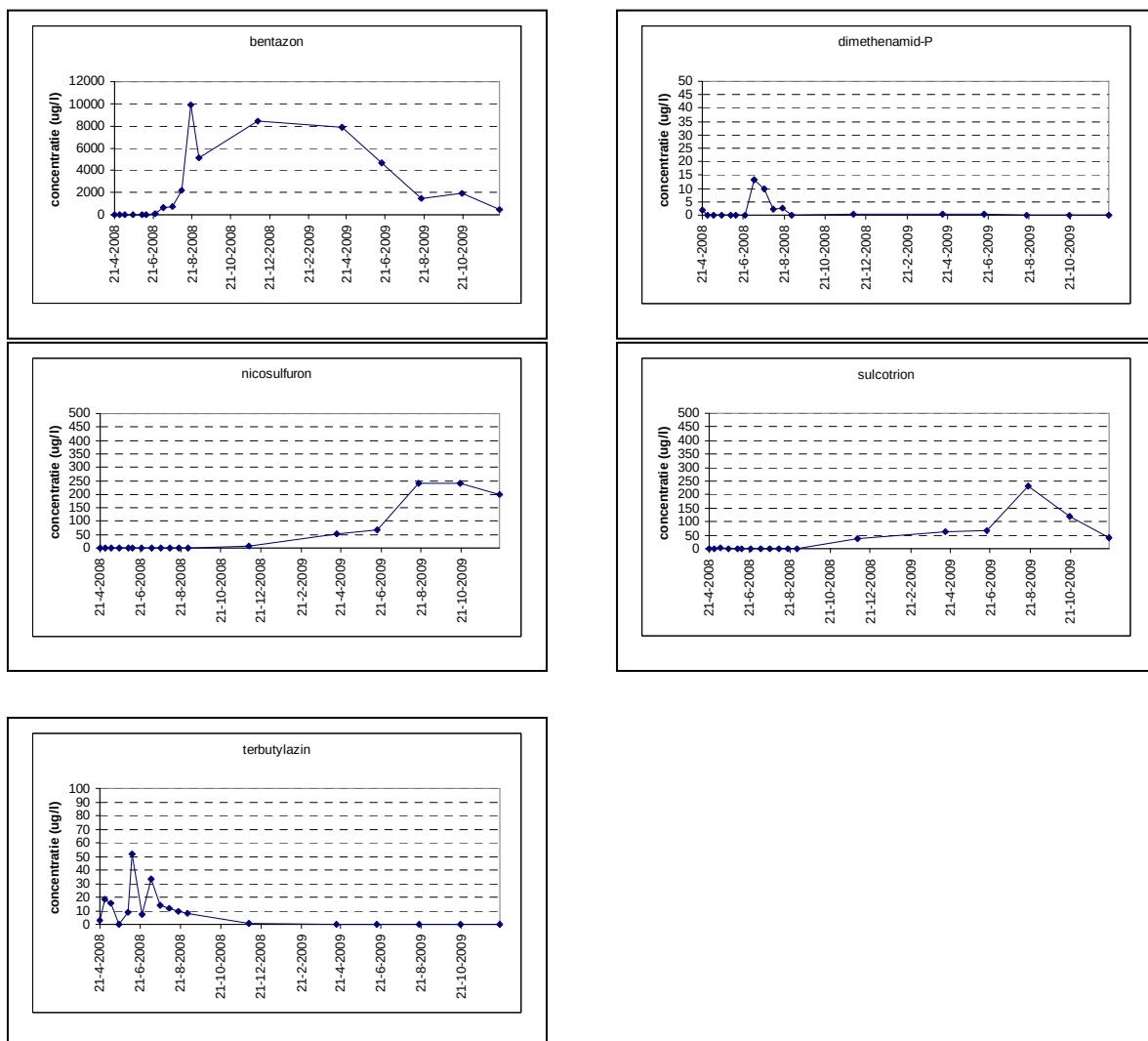
In bijlage 6 en in de figuren 3a-e worden voor de verschillende monsteringsdata de analyseresultaten van het **effluent** weergegeven.

Van 21 april tot en met 2 juni vond er mogelijk nog een nalevering van stoffen plaats vanuit de bouwvoorgrond die in de phytobac werd verwerkt. Ervan uitgaande dat er geen preferente stroming optreedt in de phytobac.

Uit de figuren blijkt dat de concentratie bentazon na aanvang van het experiment al snel toenam in het effluent. De piekwaarden werden gevonden van augustus 2008 – juni 2009, waarbij bedacht moet worden dat vanaf september 2008 geen middel meer werd toegevoerd.

De middelen nicosulfuron en sulcotrion waren op 9 juni 2008 in een hoge concentratie aanwezig. In de meetperiode daarvoor én in de metingen van 23 juni tot en met december 2008 waren deze stoffen niet aantoonbaar. Waarschijnlijk zijn de monsters van 9 juni vervuild geraakt. Na december 2008 namen de concentraties van nicosulfuron en sulcotrion geleidelijk toe. De stoffen dimethenamid-P en terbutylazin werden gedurende de experimentele periode in een afnemende concentratie in het effluent teruggevonden.

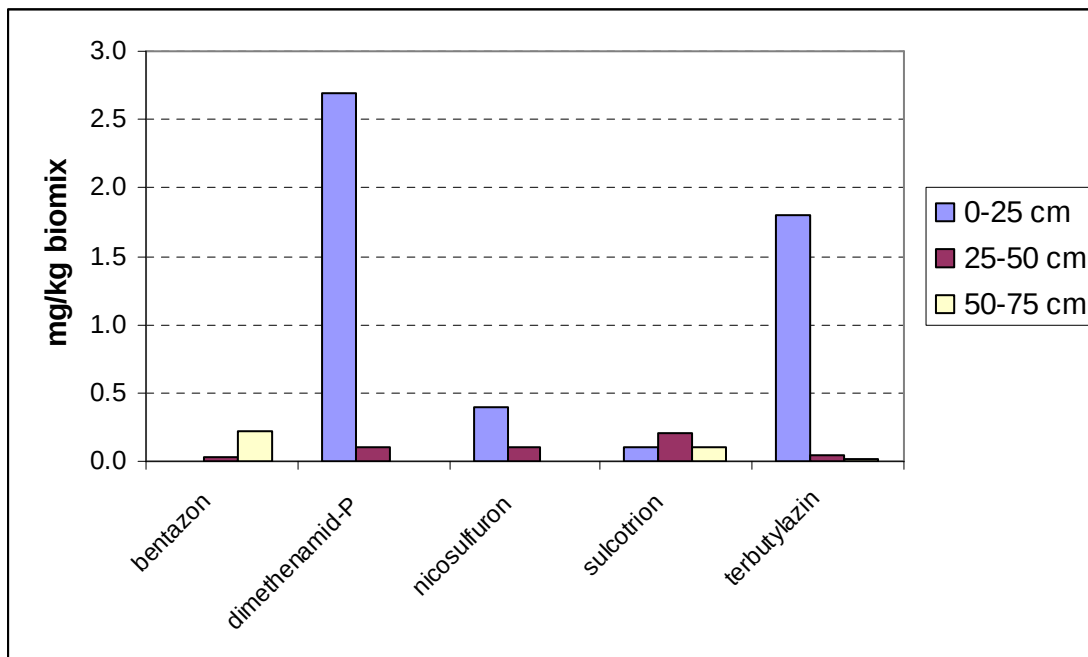
We nemen aan dat op 1 september het front met herbiciden nog niet de onderkant van de phytobac had bereikt. Op 2 december 2008, 14 april en 15 juni 2009 werd het effluent op alle werkzame stoffen geanalyseerd. De concentraties van dimethenamid-P en terbutylazin waren in de monsters van december, april en juni vrij laag. Voor dimethenamid-P waren de concentraties op alle drie de data onder het Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR) voor oppervlaktewater en voor terbutylazin op de laatste twee data. Daarom werden dimethenamid-P en terbutylazin op 17 augustus en 19 oktober niet meer geanalyseerd.



Figuren 3a-e: concentraties van middelen in het effluent tijdens de experimentele periode.

2.1.10 Gemeten concentraties herbiciden in de biomix

Uit de analyses bleek dat dimethenamid-P, nicosulfuron en terbutylazin voornamelijk in de bovenste 25 cm van de phytobac werden aangetroffen (figuur 4). Sulcotrion werd in de drie bemonsterde lagen in evenredige mate teruggevonden. Bentazon werd niet in de bovenste laag aangetroffen, in geringe mate in de tweede laag en in de hoogste concentratie in de derde laag. De hoeveelheid van deze stof neemt toe dieper in de phytobac. Deze resultaten zijn in overeenstemming met de analyseresultaten van het effluent.



Figuur 4: gehalten aan middelen (mg/kg biomix) op verschillende dieptes in het biofilter.

2.1.11 Rendement biobed Vredepeel

Op basis van de gemiddelde concentraties in het influent en het effluent is een rendementberekening uitgevoerd voor de phytobac. Bij de berekening van de gemiddelde concentratie van het effluent werd bij de metingen waarbij geen middel werd aangetoond gerekend met een waarde van 0.5-maal de rapportagegrens.

Uit de berekening blijkt dat de concentraties aan dimethenamid-P, sulcotrion en terbutylazin in het effluent met > 99.9% waren verminderd ten opzichte van het influent. Voor nicosulfuron was de vermindering 99.5%. De concentratie bentazon werd met 88% verlaagd (tabel 5).

De rendementen zijn ook berekend op basis van aannames (50%, 100% en 200%) van de opgebrachte hoeveelheden middelen over de totale proefperiode (zie bijlage 8). Ook uit deze berekeningen blijkt dat de phytobac zeer efficiënt werkt.

Tabel 5: afname van de gemiddelde concentratie aan middelen gedurende de experimentele periode.

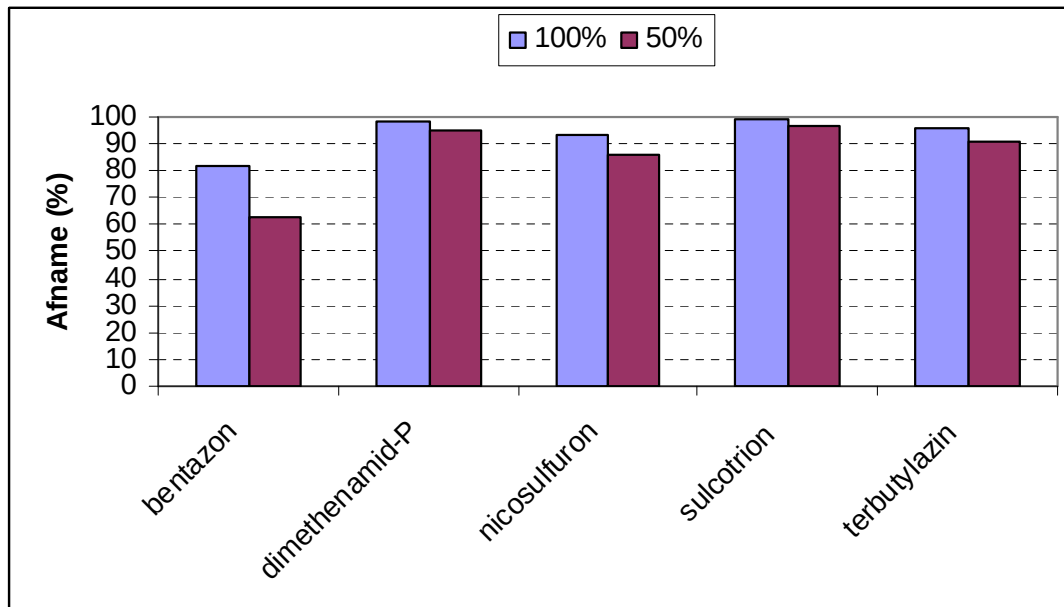
<i>Middel</i>	<i>Influent (µg/L)</i>	<i>Effluent (µg/L)</i>	<i>Vermindering concentratie (%)</i>
bentazon	21500	2575	88.0
dimethenamid-P	73350	2	100.0
nicosulfuron	10040	48	99.5
sulcotrion	24440	33	99.9
terbutylazin	13360	9	99.9

De afname van de concentratie in het effluent is de resultante van vastlegging en afbraak in de biomix. Dit is afhankelijk van de biomix-samenstelling, de Koc-waarde van de middelen en de afbraaksnelheid van de middelen in de biomix (DT50 en afbraak door microorganismen); zie ook bijlage 9.

2.1.12 Massabalans phytobac

Op basis van de gehalten aan middelen in de biomix, de concentraties middelen in het effluent en de berekende hoeveelheid opgebrachte middelen is een massabalans opgesteld.

De massabalans is berekend voor 100% opbrengen van de berekende hoeveelheid middelen en voor 50% van deze hoeveelheid (bijlage 7). Uit figuur 5 blijkt dat dimethenamid-P, sulcotrion en terbutylazin voor meer dan 90% uit het totale systeem verdwenen zijn (afgebroken). Bentazon is door de snelle doorloop in de phytobac het minst afgebroken.



Figuur 5: afbraak van middelen in de biomix, berekend voor 50% en 100% van de berekende hoeveelheid opgebrachte herbiciden.

2.2 Bollenteelt

Veel bollenteeltbedrijven beschikken wel over een opvang bij de bolontsmettingsinstallatie, maar niet over een opvang voor water dat vrijkomt bij bijvoorbeeld het vullen en spoelen van de spuit of voor condenswater. Voor de bollenteelt had het project ondermeer als doel:

- de toepasbaarheid van de biologische zuivering middels een zogenaamde 'biofilter' systeem voor de Noord-Hollandse bollensector nader te onderzoeken op praktijkniveau,
- de sector kennis te laten maken met deze toepassing en het verhogen van het zich bewust zijn van de emissierisico's op het erf bij telers en adviseurs.

Het onderzoek werd uitgevoerd op twee verschillende bedrijfstypen:

- Bollenteeltbedrijf 'Maters Bloembollen': zuivering van percolaatwater van de compostering en condenswater uit de bollenbewaarcellen.
- Loonbedrijf 'Hoogland' – voert veel gewasbescherming in de bollenteelt uit: zuivering van schoonmaakwater van de vul- en wasplaats van de veldspuit, spitinjecteur (grondontsmetting), plantmachine en kunstmeststrooier.

Op beide bedrijven is een biofilter (zoals beschreven in 1.2.4 en 1.2.5) voor biologische zuivering geïnstalleerd dat was voorzien van vaten waarin het te onderzoeken in- en effluent werd opgeslagen (zie bijlage 10). Het biofilter bij Maters bestond uit 2 filter-units, het biofilter bij Hoogland uit 3 filterunits. Op het loonbedrijf Hoogland was de vul- en wasplaats zo aangepast dat waswater opgevangen werd en naar het biofilter geleid, en dat regenwater apart afgevoerd werd.

In de periode juli 2008 – februari 2009 bestonden de verdere activiteiten uit:

- monitoren van de werking zuiveringsinstallatie met emissiestromen op het erf en uit bedrijfsgebouwen,
- bijhouden volumes in- en uitstroom,
- analyse van waterkwaliteit voor en na het passeren van het biofilter,
- controle op technische problemen.

Bollenteeltbedrijf

Voor het bollenbedrijf werden drie typen restwaterstromen gebruikt voor de evaluatie van het biofilter:

- percolaatwater compostering (juli – september 2008)
- percolaatwater met toevoeging middelen Shirlan, Admire, Primor en Securo (september – november 2008)
- condenswater bollenbewaring (december 2008 – februari 2009)

Bij het teeltbedrijf bleek het bedrijfsafvalwater (in dit geval percolaatwater uit de compostering) slechts zeer lage concentraties gewasbeschermingsmiddelen te bevatten. Om toch een beeld van de effectiviteit op de reiniging van gewasbeschermingsmiddelen te kunnen krijgen zijn enkele middelen in wat hogere concentraties aan het influent van de zuiveringsinstallatie toegevoegd.

Bemonsteringswijze effluent

Het effluent is opgevangen in een klein vat in de grond en vandaar uit naar een 1000 liter vat gepompt. Toen er nog geen effluent in het kleine vat zat, is éénmaal gemonsterd uit het filter zelf. De twee daaropvolgende bemonsteringen is bemonsterd uit het kleine vat. In het 1000 L vat zat toen nog slechts een klein volume. Daarna is driemaal bemonsterd uit het 1000L vat waar al het effluent bij elkaar kwam. Op 4 december 2008, bij de start van het gebruik van condenswater als influent, is het 'oude' effluent verwijderd. Het 'nieuwe' effluent is vanaf 18 december driemaal bemonsterd in het kleine opvangvat.

Loonbedrijf

Bij het loonbedrijf werd opgevangen water afkomstig van de vul- en spoelplaats voor de toedieningsapparatuur gewasbeschermingsmiddelen en kunstmest gebruikt voor de evaluatie van het biofilter. Bij het loonbedrijf is de vul- en spoelplaats aangepast om het verontreinigde water op te kunnen vangen.

In 2008 en 2009 werd op het loonbedrijf het influent bemonsterd vanuit het opvangvat dat met de vul- en spoelplaats in verbinding stond. Vanuit het influentvat werd het restwater op het biofilter gepompt. Na verloop van tijd kwam de effluentstroom op gang. Het effluent werd in een speciale bak opgevangen. Het influent en effluent werden maandelijks bemonsterd vanuit deze vaten (tabel 6). Op deze wijze is de 'gemiddelde' concentratie aan middelen beter te bepalen dan wanneer er een monster wordt genomen uit het stromende influent of effluent.

Tabel 6: hoeveelheden influent en effluent tijdens de experimentele periode op het loonbedrijf.

<i>Datum</i>	<i>Influent (l)</i>	<i>Effluent (l)</i>
13 juli 2009	800	100
5 augustus 2009	600	150
16 september 2009	600	150
16 oktober 2009	810	270
10 november 2009	740	650

2.2.1 Resultaten teeltbedrijf Maters

De analyse-gegevens voor het influent en effluent in 2008 voor de bollenbedrijven staan weergegeven in bijlagen 11-13.

2.2.1.1 Influent

Percolaat

Het percolaatwater van de compostering bleek op dit bedrijf relatief lage concentraties gewasbeschermingsmiddelen te bevatten. Uitzonderingen waren de stoffen linuron en carbendazim met concentraties boven 1 µg/L. Zes weken na de eerste bemonstering van het influent zijn daarom vier stoffen aan het influent toegevoegd. Inclusief toegevoegde stoffen kwamen 8 stoffen tenminste op één meettijdstip voor in concentraties boven de milieukwaliteitsnorm (MTR) in het gebruikte percolaatwater. Twee van de vier toegevoegde stoffen, namelijk fluazinam en pyraclostrobin, bleken erg instabiel in het percolaatwater. Deze werden niet of slechts enkele weken aangetoond in het percolaatwater. De insecticiden pirimor en imidacloprid bleken wel langere tijd in hogere concentraties aantoonbaar in het te behandelen percolaatwater. Er is ruim 1 m³ percolaatwater verwerkt.

Condenswater

Het condenswater uit de opslagcellen voor bollen op dit teeltbedrijf bevatte meer gewasbeschermingsmiddelen in hoge concentraties dan het percolaatwater van de compostering. Het betreft met name fungiciden en het mijtenbestrijdingsmiddel pirimifos-methyl. Er is 600 liter condenswater opgebracht.

2.2.1.2 Effluent

Percolaat

De aan het percolaatwater toegevoegde insecticiden imidacloprid en pirimicarb werden respectievelijk in veel lagere concentraties (orde van grootte 100x lager dan in het influent) of helemaal niet in het effluent teruggevonden. Het filter is hier, in ieder geval binnen de proefperiode, voor deze stoffen effectief gebleken. In de eerste monsters effluent werd een aantal stoffen aangetroffen die niet of in veel lagere concentraties in het onbehandelde water zaten. Omdat dit stoffen waren die bij het loonbedrijf wel in hoge concentraties voorkwamen, is het aannemelijk dat deze stoffen door kruisbesmetting bij bemonstering in de effluent monsters van het teeltbedrijf gekomen zijn. Achteraf bleek dat bij bemonstering in eerste instantie niet de goede procedure is gevolgd om kruisbesmetting te voorkomen.

Ook de stof carbendazim werd in de eerste effluentmonsters in relatief hoge concentraties aangetroffen vergeleken met het influent. Voor deze stof kan dit niet verklaard worden door de bovengenoemde kruisbesmetting, omdat deze stof in lage concentraties op het loonbedrijf werd gemeten. Mogelijk wordt deze stof slecht gebonden en maar beperkt afgebroken in het biofilter.

Condenswater

Er is gedurende ruim 2 maanden condenswater op het biofilter gepompt. De stoffen die in hoge concentraties in het condenswater zaten zijn veelal in concentraties van tenminste een factor 100 lager in het effluent teruggevonden. Thiofanaatmethyl (deze stof wordt na toepassing omgezet in carbendazim) vormt hierop een uitzondering: de concentratie van deze stof was nog relatief hoog in het effluent.

Totaal effluent

In het effluent van de hele meetperiode kwamen 9 stoffen nog in MTR-overschrijdende concentraties voor. Voor zuivering waren dat 15 stoffen. Hierbij zijn de stoffen waarvan het aannemelijk is, dat die door kruisbesmetting vanaf het andere bedrijf gekomen zijn, niet meegeteld. De gehalten in het effluent waren, enkele stoffen uitgezonderd, aanzienlijk lager dan in het influent. In het influent kwamen 16 stoffen in concentraties hoger dan 1 µg/L voor. In het effluent werden 4 stoffen aangetoond in concentraties hoger dan 1 µg/L.

2.2.2 Resultaten loonbedrijf Hoogland

Influent 2008

Het ingaande water, afkomstig van de vul- en spoelplaats, bevatte een brede mix aan resten van gewasbeschermingsmiddelen. Veel middelen kwamen in een zodanig lage concentratie voor dat twijfelachtig is of deze stoffen direct verband houden met de door de loonwerker gebruikte producten. Een deel van deze stoffen kan als achtergrondvervuiling meegekomen zijn, bijvoorbeeld met het water waarmee de veldspuit gevuld is.

28 Stoffen kwamen in het opgevangen water voor in concentraties hoger dan 1 µg/L (ter vergelijking: de norm voor water voor productie van drinkwater is 0,1 µg/L). De hoogste concentraties werden gemeten voor glyfosaat en AMPA (afkomstig uit Roundup en verwante producten): tot 70 mg /L (MTR = 77 µg/L). 38 stoffen kwamen in concentraties boven het MTR voor. Waarschijnlijk zijn deze hoge concentraties veroorzaakt door lozing van onverdunde resten spuitvloeistof op de wasplaats. In de onderzoeksperiode is ruim 2 m³ water op het biofilter gebracht.

Influent 2009

Evenals in 2008 werd in 2009 een groot aantal stoffen in het influent aangetroffen. Vaak waren deze stoffen in (zeer) lage concentraties aanwezig. Een aantal stoffen kwam echter in hoge concentraties voor, het betrof meestal herbiciden (tabel 7), met uitzondering van dimethoaat (insecticide), dimethomorph (fungicide) en pirimicarb (insecticide).

Tabel 7: gehaltenes (µg/l) aan middelen in influent en effluent bij biofilter Loonbedrijf Hoogland (2009).

<i>Monstername</i>	<i>juli</i>		<i>augustus</i>		<i>september</i>		<i>oktober</i>	
GC - MS	influent	effluent	influent	effluent	influent	effluent	influent	effluent
Chloorprofam	25.0	0.44	2000	0.1	3000	<	1600	0.17
Chlooraniline	300	74	3900	<	1200	<	400	<
Chloor-4-methyl-3-fenol	<	<	350	<	220	<	88	<
Metolachloor	90	6.8	8200	1.6	1400	1.8	1700	0.26
Terbutylazin	8.7	3	1800	2.1	1500	1	680	0.27
Zwavel	<	<	540	210	1400	1200	1500	<
LC-MS								
Asulam	5300	72	5000	37	1300	24	430	5.6
Bentazon	92	0.4	30	<	19	<	7.9	<
Cycloxydim	740	0.11	400	0.35	230	0.13	59	<
Dimethoaat	3900	0.6	780	0.088	74	<	23	<
Dimethomorph	180	0.036	12	0.012	160	<	170	<
Florasulam	340	0.029	190	0.02	58	0.009	13	<
Linuron	44	<	25	<	24	<	13	<
MCPA	26000	1.6	21000	<	2100	<	540	<
Mesotrione	2100	<	<	<	<	<	-	<
Metamitron	6800	<	1200	1.3	480	0.25	170	<
Pirimicarb	45	0.019	30	0.009	26	<	12	<
Pyridate	2500	3	1700	1.6	600	1.3	<	<

<: niet aanwezig of onder de detectiegrens.

Effluent 2008

Het water uit de biofilters had een factor 10 tot 100 lagere concentraties aan gewasbeschermingsmiddelen dan het instromende bedrijfsafvalwater. In het effluent kwamen nog drie stoffen voor in concentraties van 1 µg/L of hoger. De concentraties van deze stoffen waren wel een factor 100 tot 1000 lager dan in het influent. Van 9 stoffen kwamen de concentraties boven de MTR-waarde uit. Het uitstromende water is dus aanzienlijk schoner dan het instromende water. In de onderzoeksperiode is ongeveer 1 m³ water uit het biofilter gestroomd. Een deel van het water was aan het eind van de meetperiode nog in het filter aanwezig. Daarnaast zal er een hoeveelheid verdampt zijn.

Effluent 2009

In 2009 kwamen circa 6 stoffen voor in concentraties van 1 µg/l of hoger in het effluent voor (tabel 7). Uitzondering was zwavel (meststof) dat in hoge concentraties in het effluent werd aangetoond. Ook Asulam (w.s.) werd in relatief hoge concentraties aangetroffen, in het influent kwam deze stof ook in hoge concentraties voor.

MCPA werd echter niet of nauwelijks in het effluent aangetoond, terwijl deze stof ook in zeer hoge concentraties in het influent voor kwam.

Nutriënten 2008

Zowel in het influent als het effluent zijn ook de concentraties stikstof en fosfaat gemeten. Het uitstromende water bevat vrij hoge concentraties nutriënten in vergelijking met het instromende water. De toename wordt veroorzaakt door het vrijkomen van nutriënten uit de organische stof (met name de potgrond) in het filter.

Effectiviteit of rendement van het biofilter

In zowel het influent als het effluent varieerden de concentraties aan middelen sterk. Hierdoor is geen goede effectiviteit of rendementsberekening van het biofilter uit te voeren. In het algemeen werd waargenomen dat de meeste middelen die in het influent aanwezig waren, niet of in zeer lage concentraties in het effluent werden aangetroffen.

2.3 Fruitteelt

2.3.1 Fruitteeltbedrijf

In 2008 werd een biofiltersysteem aangelegd op het fruitteelt bedrijf van C. Uijtewaai in 't Goy (Utrecht), in analogie met bestaande systemen in België (Debaer et al., 2004: zie bijlage 14). Uitgangspunt was dat er circa 1000-1500 liter restwater verwerkt moest worden. Op deze lokatie was een eenvoudige vul- en spoelplaats gebouwd waarmee restwater (m.n. waswater) werd opgevangen in een 1000 liter vat. Dit restwater werd in 2008 gebruikt om het rendement van het biofilter te evalueren. Op basis van het spuitschema van de teler van 2007, werd een aantal stoffen geselecteerd voor de analyses door het laboratorium.

Bij de bouw en ingebruikname (9 april 2008) van het biofilter waren de filterunits vooraf met 200 liter water gevuld om een vochtig substraat te krijgen. Deze hoeveelheid water in combinatie met een toevoer van 10 liter influent per dag, resulteerde onbedoeld in een volledig waterverzadigd systeem. Op 21 mei werd de influent aanvoer op 5 liter per dag gezet. Op 2 juni werd het systeem stil gelegd en werden de biofilterunits open gezet om het overtollige water er uit te laten. Op 9 juni werd het systeem weer gestart met de aanvoer van 5 liter influent per dag; maar de hoeveelheid uitstromend effluent bleef hoog met 4,5 liter per dag. Het systeem was dus nog steeds vrijwel waterverzadigd.

In 2008 werd het gehalte aan middelen direct in het uitstromende effluent gemeten. Hiervoor werd gedurende een korte periode het effluent in een kleine container opgevangen. In 2009 werd het rendement bepaald door in leidingwater een aantal veel gebruikte gewasbeschermingsmiddelen op te lossen en dit als influent (circa 5 liter per dag) op het biofilter te leiden. In 2009 werd een aparte opvangunit voor het effluent gebruikt (tabel 8). Op deze wijze is een betere inschatting van het rendement van het biofilter mogelijk.

Tabel 8: hoeveelheden influent en effluent tijdens de experimentele periode op het fruitteeltbedrijf in 2009.

<i>Datum</i>	<i>Influent (l)</i>	<i>Effluent (l)</i>
11 augustus 2009	1000	0
17 september 2009	800	0
27 oktober 2009	595	200
26 november 2009	400	350
14 december 2009	300	430

2.3.2 Proefstation Randwijk

Op de proeflocatie van Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, sector fruit in Randwijk werd in 2009 een biofilterinstallatie gebouwd. De installatie bestaat uit een influentvat, 3 gestapelde biofilterunits en een effluentvat.

Om de werking van het biofilter zo goed mogelijk te kunnen beoordelen werden de testen uitgevoerd met influentwater van een bekende samenstelling. Het influentvat werd gevuld met 1000 liter leidingwater waaraan een aantal in de fruitteelt veel gebruikte middelen was toegevoegd. Het streven was om een concentratie van ongeveer 1 mg werkzame stof per liter te verkrijgen. Met deze concentratie is het rendement (of efficiëntie) van het biofilter goed te bepalen omdat deze concentraties ver boven de detectielimiet van deze stoffen ligt.

Het systeem werd 31 augustus 2009 in werking gesteld, en er werd dagelijks circa 10 liter influent op de bovenste biofilter gepompt met een doseringpompje (continue aanvoer). Na 65 dagen stroomde er effluent vanuit de onderste (derde) biofilter unit (zie tabel 9). Op 26 november werd de aanvoerpomp uitgezet (geen influent) meer. In week 51 (14 december) werd het systeem uitgeschakeld en de leidingen afgetapt om bevriezing te voorkomen.

Tabel 9: hoeveelheden influent en effluent tijdens de experimentele periode op het proefstation in 2009.

<i>Datum (bemonstering)</i>	<i>Influent (l)</i>	<i>Effluent (l)</i>
31 augustus 2009	1000	0
24 september 2009	750	0
(13 oktober 2009)	550	0
5 november 2009	290	90
23 november 2009	80	250
23 december 2009	0	340

Van het effluent werd een brede middelenanalyse uitgevoerd om na te gaan of er mogelijk middelen in het effluent terecht komen die uit het substraat (stro of boomgaardgrond) afkomstig zijn.

2.3.3 Resultaten teeltbedrijf: influent en effluent 2008

In 2008 werd influent gebruikt dat verzameld was in 2007. Dit influent was afkomstig van de vul- en wasplaats waar een opvangsysteem aangekoppeld was. In totaal werd in 2007 ongeveer 1000 l van dit restwater opgevangen. In het najaar van 2007 werd het restwater geanalyseerd op de concentraties van de aanwezige middelen. Dit werd in het voorjaar van 2008 herhaald, zodat de concentraties bij aanvang van de proef bekend waren. De concentraties aan middelen in het influent waren in het algemeen laag: maximale waarde werd gevonden voor stof fenoxycarb (83 µg/l). Abamectine, dithianon, indoxacarb, spiroadiclofen en thiophanate-methyl werden in 2007 wel toegepast (zie bijlage 15), maar waren in het opgevangen restwater niet aantoonbaar aanwezig (tabel 10).

Tabel 10: gehalten (µg/l) aan middelen in het influent bij het fruitteeltbedrijf.

<i>Influent</i>	<i>27-nov-07</i>	<i>9-apr-08</i>	<i>2-jun-08</i>	<i>3-jul-08</i>	<i>30-jul-08</i>	<i>Gemiddeld*</i>
Abamectine	<	<	<	<	<	-
Boscalid	53	60	53	53	37	51.2
Bupirimate	5	1.8	0.19	0.19	0.94	1.6
Carbendazim	3	0.007	0.031	0.13	0.033	0.6
Difenoconazool	9.5	4.6	7.9	0.16	0.11	4.5
Dithianon	<	<	<	<	<	-
Fenoxycarb	0.037	-	0.012	83	32	23.0
Flonicamid	30	46	38	32	46	38.4
Imidacloprid	19	18	19	16	24	19.2
Inoxacarb	<	<	<	<	<	-
Kresoxim-methyl	0.42	<	<	0.041	0.031	0.1
Methoxyfenozide	51	36	29	39	41	39.2
Pirimicarb	76	64	50	49	57	59.2
Pirimicarb-desmethyl	43	29	26	27	45	34.0
Pyraclostrobin	13	4.5	5.2	4.4	0.88	5.6
Spiroadiclofen	<	<	<	<	<	-
Thiophanate-methyl	<	<	<	<	<	-
Triadimenol	79	61	71	71	5.7	57.5

<: niet aanwezig of onder de detectiegrens.

*: gemiddelde concentratie over de meettijdstippen. Bij niet aantoonbaar aanwezige concentraties werd gerekend met 0.5-maal de rapportagegrens.

In het effluent werden in het algemeen zeer lage concentraties aangetoond, of stoffen waren niet meer detecteerbaar (tabel 11).

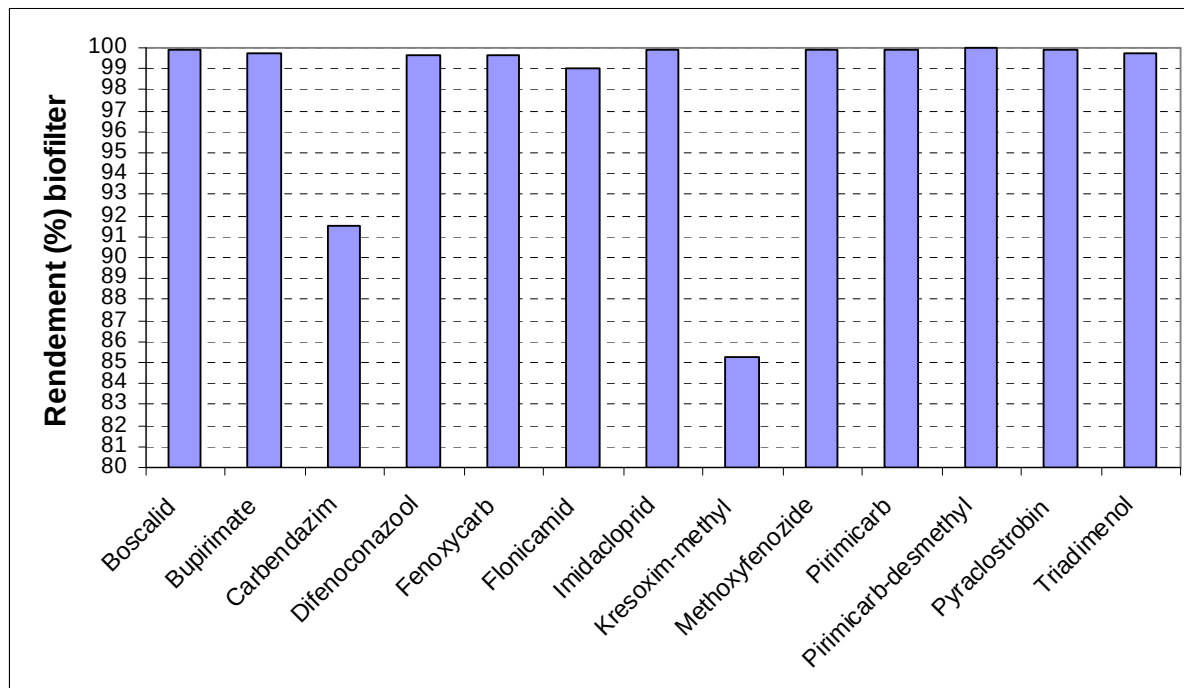
Tabel 11: gehaltenes (µg/l) aan middelen in het effluent.

Effluent	15-mei-08	2-jun-08	3-jul-08	30-jul	27-aug	3-sep	Gemiddeld*
Abamectine	<	<	<	<	<	<	-
Boscalid	0.036	0.025	0.038	0.069	0.03	0.13	0.055
Bupirimate	<	<	<	<	<	0.01	0.004
Carbendazim	0.006	<	0.026	0.029	0.054	0.21	0.055
Difenoconazool	0.007	0.006	0.015	0.019	0.01	0.029	0.014
Dithianon	<	<	<	<	<	<	-
Fenoxycarb	<	<	0.044	0.099	0.051	0.3	0.083
Flonicamid	0.88	1	0.27	0.012	<	<	0.362
Imidacloprid	0.011	<	0.008	<	0.032	<	0.010
Inoxacarb	<	<	0.008	<	0.017	0.023	0.009
Kresoxim-methyl	<	<	0.01	<	<	0.068	0.015
Methoxyfenozone	0.015	0.011	0.017	0.031	0.014	0.076	0.027
Pirimicarb	<	<	<	0.35	<	<	0.060
Pirimicarb-desmethyl	<	<	<	0.016	<	<	0.007
Pyraclostrobin	<	<	0.006	0.014	<	<	0.005
Spirodiclofen	<	<	<	<	<	<	-
Thiophanate-methyl	<	<	<	<	<	<	-
Triadimenol	0.036	0.024	0.05	0.2	0.12	0.58	0.168

<: niet aanwezig of onder de detectiegrens.

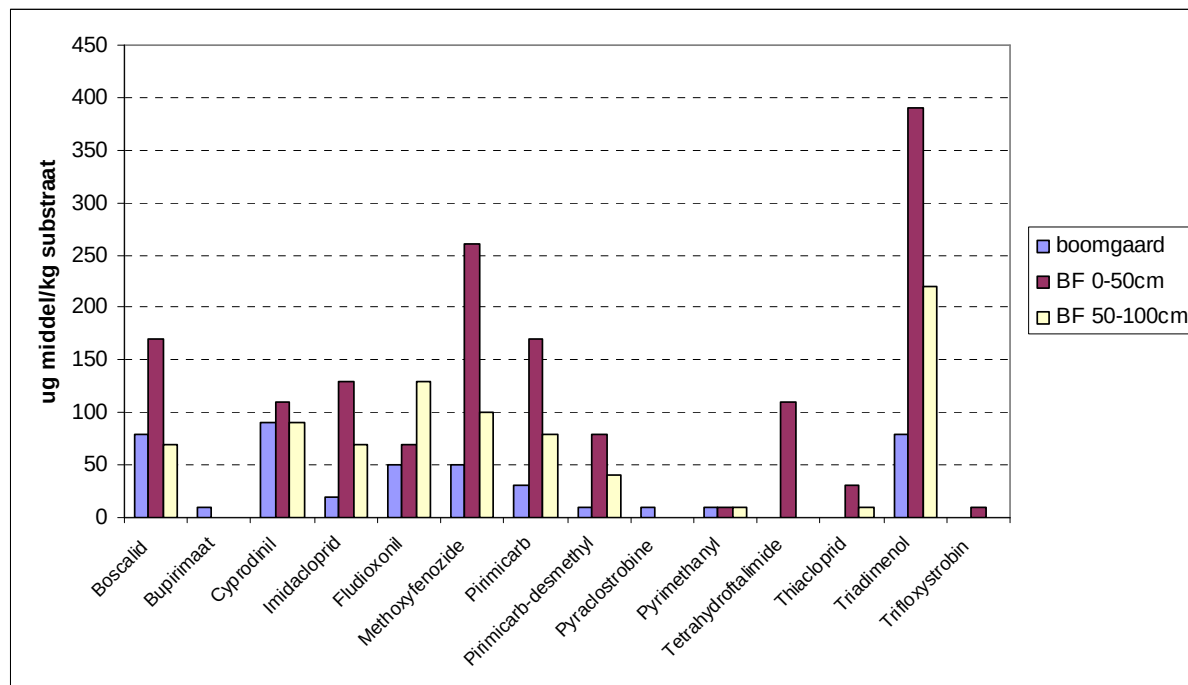
*: gemiddelde concentratie over de meettijdstippen. Bij niet aantoonbaar aanwezige concentraties werd gerekend met 0.5-maal de rapportagegrens.

Uit figuur 6 blijkt dat het rendement van het biofilter voor de meeste stoffen >99% was. Uitzonderingen waren carbendazim en kresoxim-methyl.



Figuur 6: rendement van biofilter voor een aantal middelen in 2008.

In het substraat van het biofilter (bovenste unit), werd in de laag 0-50 cm hogere gehalten gevonden dan in de laag 50-100 cm. Dit geeft aan de middelen aan het substraat gebonden worden. Ook in de boomgaardgrond (gebruikt om biomix aan te enten; de boomgaardgrond bevat micro-organismen die pesticiden af kunnen breken), werden relatief hoge gehalten aan middelen aangetroffen.



Figuur 7: gehalten (µg/kg) aan middelen in boomgaardgrond en biomix (substraat bovenste biofilterbak BF).

2009

In 2009 werd gekozen voor toevoegen van influent met bekende concentraties aan middelen; streven was circa 1000 µg/l per actieve stof. Gedurende de proefperiode bleek van een aantal middelen de concentratie te verminderen (tabel 12).

Tabel 12: concentraties (µg/l) in het influent van het biofilter op het fruitteeltbedrijf in 2009.

<i>Middel</i>	<i>11-aug-09</i>	<i>12-aug-09</i>	<i>17-sep-09</i>	<i>27-okt-09</i>	<i>26-nov-09</i>
Boscalid	510	810	910	1000	1300
Captan	nd	nd	360	<	<
Cyprodinil	1000	870	780	740	740
Dithianon	86	16	<	<	<
Fenoxycarb	820	<	<	<	<
Fludioxonil	410	610	270	80	50
Imidacloprid	790	710	720	880	950
Indoxacarb	53	24	3	<	<
Kresoxim-methyl	680	680	150	<	<
Linuron	nd	930	890	990	1100
MCPA	<	<	<	<	<
Methoxyfenozide	800	1200	1000	1100	990
Pirimicarb	1000	1000	930	1200	1200
Pyraclostrobin	380	330	300	310	270
Tetrahydrophthalimide	70	<	<	<	<
Thiacloprid	730	720	710	800	840
Triadimenol	110	98	110	110	130
Trifloxistrobin	120	130	52	20	30
AMPA	nd	nd	nd	400	640
Glyfosaat	nd	nd	nd	220	220

<: niet aangetoond (onder detectiegrens).

nd: niet bepaald.

In het effluent werden 13 van de 19 middelen die in het influent meetbaar aanwezig waren aangetoond (tabel 13). Met uitzondering van AMPA en Glyfosaat was het rendement meer dan 99%. Voor deze stoffen was het rendement 98% (AMPA) en 96% (Glyfosaat).

Tabel 13: concentraties (µg/l) – van referentie middelen – in het effluent bij het biofilter op het fruitteeltbedrijf in 2009.

<i>Middel</i>	<i>27-okt-09 (200 liter)</i>	<i>26-nov-09 (350 liter)</i>
Boscalid	0.15	<
Cyprodinil	0.10	0.05
Fludioxonil	0.04	0.02
Imidacloprid	0.12	<
Indoxacarb	<	0.01
Kresoxim-methyl	0.10	<
Methoxyfenozide	0.12	0.07
Pirimicarb	0.14	0.12
Pyraclostrobin	0.02	<
Thiacloprid	0.02	<
Triadimenol	0.40	0.34
AMPA	4.80	6.90
Glyfosaat	11.00	4.70

<: niet aanwezig of onder de detectiegrens.

Op het effluent werd een brede middelen screening toegepast. Hierbij werden een aantal middelen (in zeer lage concentraties) aangetoond (bijlage 16). Zeer waarschijnlijk zijn deze afkomstig uit de potgrond, perceelsgrond of het stro, dat als biomix gebruikt werd.

Maar mogelijk ook nog als nalevering vanuit het opgebrachte influent van 2008. Opvallend was de relatief hoge concentratie (11 tot 20 µg/L) flonicamid (product Teppeki; insecticide).

2.3.4 Proefstation PPO Randwijk: influent

Uit de bemonsteringen bleek dat, evenals bij het influent op het fruitteeltbedrijf, bij bepaalde middelen de concentratie in het influent afnam gedurende de experimentele periode (tabel 14). Bij andere middelen bleef de concentratie vrijwel constant (zie ook bijlage 17).

Tabel 14: concentraties (µg/l) in het influent bij het biofilter op het proefstation in 2009.

<i>middel</i>	<i>31-aug-09</i>	<i>24-sep-09</i>	<i>5-nov-09</i>	<i>23-nov-09</i>
Boscalid	460	1000	1200	1600
Captan	<	110	<	<
Cyprodinil	1500	1500	1500	1400
Dithianon	8	58	20	<
Fenoxycarb	550	2	<	<
Fludioxonil	570	530	240	200
Imidacloprid	930	860	840	940
Indoxacarb	38	18	<	<
Kresoxim-methyl	690	440	<	20
Linuron	1000	960	1100	1200
MCPA	630	<	<	<
Methoxyfenozone	480	910	780	1100
Pirimicarb	880	690	800	740
Pyraclostrobin	350	550	670	530
Tetrahydrophthalimide	160	<	<	<
Thiacloprid	740	760	810	900
Triadimenol	93	89	80	110
Trifloxistrobin	92	75	50	100
AMPA	nd	nd	18	7.8
Glyfosaat	nd	nd	1700	420

<: niet aangetoond (onder detectiegrens).

nd: niet bepaald.

2.3.5 Proefstation Randwijk: effluent

Van de 20 stoffen die in het influent gemeten werden, werden er bij de eerste effluent analyse twee aangetoond (AMPA en glyfosaat), en bij de tweede meting 4 stoffen (tabel 15). Ten opzichte van de concentratie van het influent betreft het voor AMPA een relatief hoge concentratie. De metingen worden in 2010 vervolgd om de effectiviteit of het rendement van het biofilter vast te kunnen stellen.

Tabel 15: concentraties (µg/l) in het effluent bij het biofilter op het proefstation in 2009.

<i>Middel</i>	<i>5-nov-09 (90 liter)</i>	<i>23-nov-09 (250 liter)</i>
Methoxyfenozone	<	0.009
Triadimenol	<	0.024
AMPA	1.6	0.3
Glyfosaat	8.3	3.3

<: niet aangetoond (onder detectiegrens).

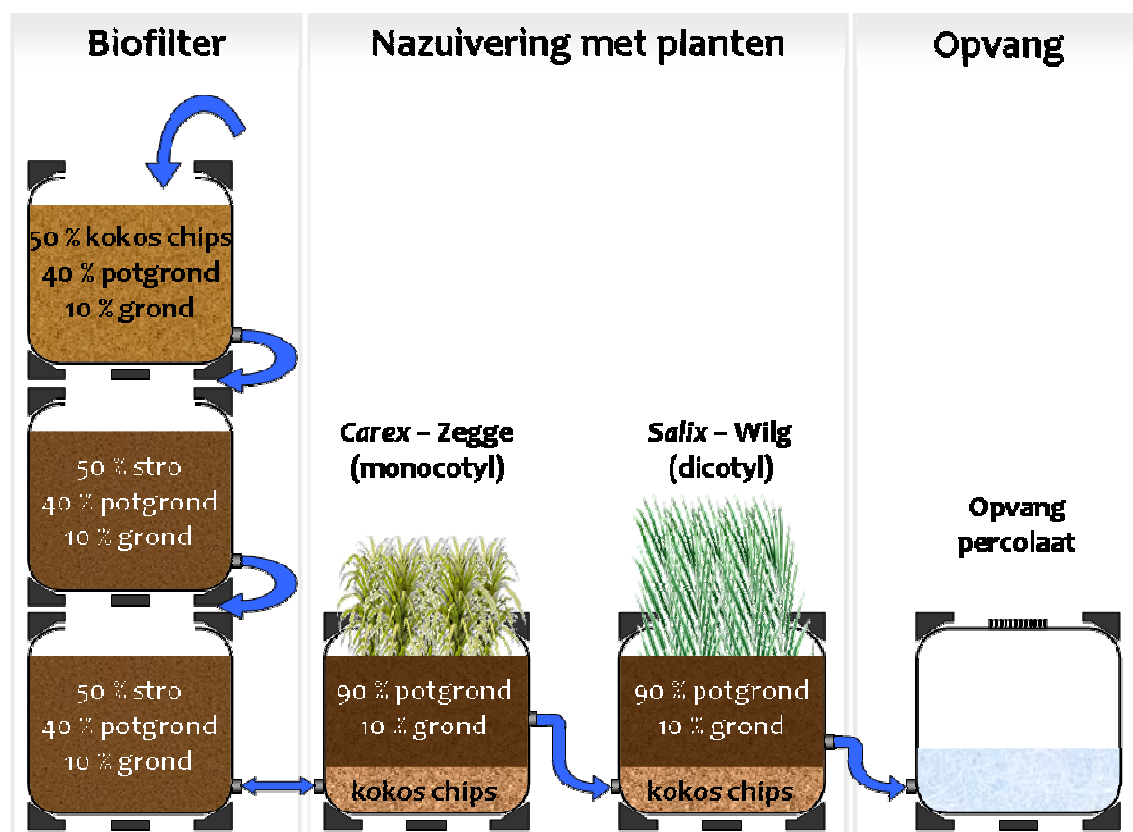
Op het effluent werd ook een brede middelen screening toegepast. Hierbij werd een (beperkt) aantal middelen (in zeer lage concentraties) aangetoond (bijlage 16). Zeer waarschijnlijk zijn deze afkomstig uit de potgrond, perceelgrond of het stro, dat als biomix gebruikt werd.

3 Discussie

In het beschreven onderzoek zijn biofiltersystemen getest in de akkerbouw, bollenteelt en fruitteelt. In de akkerbouw werd een phytobac gebouwd en getest, en in de bollen- en fruitteelt werden biofilters getest. De phytobac bestaat uit een enkele filterunit, de biofilters bestaan uit gestapelde filterunits. De werking van de phytobac is getest voor een aantal herbiciden. De biofilters zijn getest voor een groot aantal verschillende middelen (insecticiden, fungiciden en herbiciden).

Uit het onderzoek bleek dat de insecticiden en fungiciden zeer efficiënt in de biofilters werden vastgelegd of afgebroken. Dit sluit aan bij de ervaringen in het buitenland met deze systemen. In meerjarige proeven is vastgesteld dat de meeste middelen voor tenminste 95% uit het water verwijderd worden (Pussemier et al., 2004). Uit proeven met biofilters in België (pers. medem. Christof de Baer, PC-fruit, Gorsem) bleek dat van 28 actieve stoffen het gemiddelde rendement van 96,1% verwijdering en voor 21 actieve stoffen meer dan 99% verwijdering, werd behaald.

Een kritiek punt van biofilters blijkt de afbraak van enkele uitspoelingsgevoelige herbiciden en de hoeveelheid effluent. Daarnaast blijkt de verdamping uit het biofilter beperkt. Dit laatste blijkt ook in België: de hoeveelheid verwerkte spoelwater was ca. 6000 liter, waarvan 2000 liter verdampte, en 4000 liter als effluent uit het filter stroomde. Het is wenselijk de hoeveelheid effluent te verminderen en liefst effluent helemaal te voorkomen. PC Fruit heeft recent geëxperimenteerd met bakken met planten om een maximum van het restwater te verdampen. In lopend onderzoek wordt het effect van verschillende plantensoorten bekeken, zoals grasachtigen (*Carex* spp.) en wilgen (*Salix* spp.). Deze worden beoordeeld op hun vermogen voor aanvullende zuivering, verdamping en als indicator voor het zuiveringsproces. Een dergelijk systeem is in onderstaand schema weergegeven. In 2009 kon met onderstaand systeem ongeveer 6 m³ vloeistof verwerkt worden zonder effluent over te houden.



Schema biozuivering met opvang en verdamping percolaat (bron: PCF-België).

3.1 Technische aandachtspunten biofilters en biobedden

Tijdens de bouw van de biofilters en bij de uitvoering van de experimenten werden een aantal knel- en aandachtspuntenesignaleerd:

- Bij het onderzoek naar het rendement van biofiltersystemen 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 phytobac 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.
- Bij het ontwerpen van de phytobac in Vredepeel werd uitgegaan van grasgroei, waardoor alle water dat werd toegevoegd waarschijnlijk ook zou worden verdampt. Door herbiciden in het influent, die het gras al in de beginfase doden, vond er veel minder verdamping plaats dan berekend. De watergift werd aangepast, maar, desondanks ontstond er toch nog effluent.
- Restwater afkomstig van extern reinigen bevat vaak naast een aantal middelen in relatief hoge concentraties voor veel stoffen (zeer) lage concentraties. Een correcte of precieze rendementsbepaling van het biofilter wordt dan bemoeilijkt.
- Het bevochtigen van de biomix bij de start van een biofilter kan beter met influent plaats vinden dan met schoon water. Door dit met influent te doen, wordt de verwerkingscapaciteit van het filter vergroot.
- 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.
- De biofilters hebben niet continu storingsvrij gewerkt. Gedurende de proef zijn aanpassingen gepleegd aan:
 - De aanzuigslang van het influent naar het biofilter: ander materiaal om verstoppingen tegen te gaan.
 - De afstelling van de doseerpompen die het influent op het biofilter brachten: dosering bleek niet overeen te komen met gebruiksaanwijzing. Calibratie was noodzakelijk voor een nauwkeurige dosering van influent.
 - De pompompen voor aanvoer van effluent naar de opvangbakken werken niet altijd probleemloos (vlottersysteem).
- De installatie bevat onderdelen die met vorst afgetapt dienen te worden.
- Inklinken van het substraat of biomix. Jaarlijks bijvullen en eventueel eerder als het substraat van de zijkant van de vaten/bak loskomt, is noodzakelijk. Dit om preferente stroming te voorkomen.

Algemene aanbevelingen voor adequaat gebruik biobedden en biofilters:

- Lozingen van onverdunde spuitvloeistof moet zo veel mogelijk voorkomen worden. Dit geeft een te zware belasting van het biozuiveringssysteem.
 - o Spoelen van de spuittank dient zo veel mogelijk in het veld plaats te vinden.
 - o Opvang van restwater in een voorraadvat geeft verdunning van piekconcentraties.
- De dimensionering van het biobed of biofilter moet worden afgestemd op de verwachte jaarlijkse hoeveelheden restwater.
 - o Een opvangsysteem vergemakkelijkt het doseren van influent op het biobed of biofilter.
- Herbiciden (in hogere concentraties) maken het vrijwel onmogelijk om verdamping via gewassen die op het biobed groeien mogelijk te maken. Verdamping moet dan plaats vinden vanuit het effluent. Bij biofilters bestaande uit 2 of meer bakken lijkt gebruik van een verdampingsgewas wel een reële oplossing. Verdamping via een gewas kan niet plaatsvinden in de eerste bak.

Gedurende het seizoen is er sprake van een variabele belasting op het biozuiveringssysteem:

- Hydraulische belasting: seizoensafhankelijk, type spuitmachine, de gebruiker, gewassen et cetera;
- Chemische belasting: spuitfrequentie, spuitschema, middelenkeuze, gedrag gebruiker.

Het streven is om de hydraulische en chemische belasting zo laag mogelijk te krijgen. Het is daarom aan te bevelen om risicovolle handelingen met gewasbeschermingsmiddelen in het perceel uit te voeren – voor zover de wetgeving dit toelaat. Als de handelingen op het erf plaats vinden dan is een vul- en spoelplaats noodzakelijk (wet milieubeheer en lozingenbesluit).

Als eenmaal met gewasbeschermingsmiddelen verontreinigd restwater is verzameld moet dit op een adequate manier verwerkt worden. Hiervoor geldt (De Wilde, 2009):

- De verwerking van zeer mobiele pesticiden (zoals bentazon) dient vermeden te worden. Of het debiet moet sterk omlaag gebracht worden voor microbiële afbraak.
- Het gebruik van een hoog debiet moet voorkomen worden omdat dit een negatief effect heeft op de sorptie en afbraak van pesticiden.
- De inoculatie van een nieuw biozuiveringssysteem met een pesticiden behandelde bodem of met een biomix van een biozuiveringssysteem in gebruik, kan de afbraak van bepaalde pesticiden bevorderen.
- Gebruik maken van organische substraten met een hoge sorptiecapaciteit (rekening houden met de functie die ze vervullen in het biozuiveringssysteem).
- Een verminderde chemische en hydraulische belasting tijdens de opstartfase van een nieuw biozuiveringssysteem is aangewezen om meer tijd te bieden aan de pesticiden-afbrekende populatie om zich te vermenigvuldigen.
- Het toevoegen van een kleine fractie koemest aan de organische mix, kan de afbraak van bepaalde pesticiden bevorderen.

Uitrijden of uitbrengen van verzameld restwater over een gewas is veelal geen mogelijkheid, omdat het resten van herbiciden kan bevatten.

Nadat het biofilter of phytobac een aantal jaren in gebruik is geweest moet het substraat vervangen worden.

De vraag is: wat te doen met dit substraat of biomix. Mogelijkheden hiervoor zijn:

- Aanenten van nieuw biofilter
- Composteren
- Uitbrengen in het veld

Deze opties moeten wel aan de regelgeving kunnen voldoen.

4 Eindconclusies en aanbevelingen

- De biofilters blijken, in ieder geval binnen de onderzoeksperiode, het merendeel van de gewasbeschermingsmiddelen uit het water te verwijderen of de concentratie ervan sterk te verlagen.
- Dit geldt niet voor eventuele nutriënten in het te behandelen water.
- Een aantal herbiciden is erg uitspoelinggevoelig, en lijken minder geschikt voor verwerking in een biofilter.
- Biofilters bieden perspectief voor toepassing in de praktijk. Met de uitvoering van dit project is een deel van de kennis verzameld die nodig is om tot implementatie in de praktijk te komen.
- Enkele technische aspecten van de biofilters dienen nog verbeterd te worden en de werking op langere termijn dient nog bepaald te worden.
- Een voorwaarde voor implementatie is ook dat verwerking van effluent en organisch restmateriaal praktisch en tegen lage kosten mogelijk gemaakt wordt binnen wet en regelgeving. Momenteel wordt onderzocht of dit mogelijk gemaakt kan worden binnen het nieuwe Besluit Landbouw Activiteiten.
- Op basis van de communicatieactiviteiten is aannemelijk dat het bewustzijn van de emissierisico's bij het vullen en schoonmaken van spuit en andere toedieningapparatuur voor gewasbeschermingsmiddelen in de agrarische sectoren is gegroeid.
- Bij verwerking van herbiciden zal verdamping van restwater via gewassen moeilijk zijn.
- Zolang er geen influent met middelen aan het biobed wordt toegediend, is het belangrijk dat het biobed niet uitdroogt. Regelmatige leidingwater over het biobed te leiden kan dan noodzakelijk zijn.

5 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 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.

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.

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., Spiteller, M., Frede, H.G., 2002. Point- and nonpoint-source pesticide contamination in the Zwerster 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 Vleeschouwe 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.

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.

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.

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 Aanvullende informatie over puntemissies, phytobac en biofilters (communicatie 2008-2009)

Anonymus, 2008. Verminderen puntbelasting - opvangen en verwerken restwater is eerste stap. Nieuwe Oogst - katern Gewas - Jaargang 4, nummer 15, 23 augustus 2008

Anonymus, 2008. Handout – puntbelastingen. Handout telen met toekomst - demonstratiemiddag puntbelastingen fruitteelt 13 november 2008, Velddriel

Anonymus, 2009. Spuit reinigen kan sloot flink vervuilen. Boerderij 94 (20): 57

Anonymus, 2009. Vullen spuit gaat vaak mis – puntemissie speelt de belangrijkste rol bij vervuiling oppervlaktewater. Boerderij 94 (20): 59

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

Beltman, W.H.J., Wenneker, M., Zeeland, van M.G., Lans, van der A., Weide, R.Y., Werd, de H.A.E., 2009. Quantifying point source entries of pesticides in surface waters. Proceedings Conference Pesticide Behaviour in Soils, Water and Air, 14 – 16 September 2009, York, UK.

Hurkens, Y., 2009. Waswater in een biobed. Nieuwe Oogst 12 februari 2009.

Lans, A.M. van der; Beltman, W.H.J., 2008. Nalevering van carbendazim uit slootbodems in bollenteeltgebieden. Lisse, PPO-BBF, rapport 3234037707-1

Vliegen-Verschure, A., 2009. Terugdringen puntbelastingen geen punt. De Fruitteelt 99 (9): 18 – 19

Weide, van der R., 2008. Bijdrage aan Platform Landbouw & Kaderrichtlijn Water. Verslag 5e bijeenkomst 13 november 2008, Eindhoven.

Wenneker, M; Beltman, W.H.J.; Werd, de H.A.E.; Zande, van de J.C., 2008. Identification and quantification of point sources of surface water contamination in fruit culture in the Netherlands. Aspects of Applied Biology 84, Advances in pesticide applications: 369 - 376

Wenneker, M.; Kanne, J., 2008. Zorgvuldig werken essentieel voor terugdringen puntbelastingen. De Fruitteelt 98 (39): 12 -13.

Wenneker, M., 2009. Tips om puntbelastingen te voorkomen. Bayer Fruitteelt Koerier: 7

Werd, de H.A.E., 2009. Tips om puntbelastingen te voorkomen. Bayer Bloembollen Koerier: 7

Werd, de H.A.E., Lans, van der A.M., Looij, J.H., Wenneker, M., 2009. Biologische zuivering bedrijfsafvalwater bollenteelt met resten van bestrijdingsmiddelen. Lisse, Rapport PPO-BBF 3261034057300

Zeeland, M.G.; Weide, R.Y. van der, 2008. Vullen en reiniging spuitapparatuur als mogelijke emissieroute van gewasbeschermingsmiddelen. Lelystad, rapport PPO-AGV 3261074008-1

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.

Zeeland, van M.; Weide, van der Y., 2008. Schoonmaken spuit vervuult water flink. Boerderij 94 (2): 16 - 17

Zevenbergen, G., 2009. Biobed moet waswater van vuile veldspuit reinigen Landbouw Mechanisatie februari 2009: 26 – 27

Poster 2008

Elke druppel telt. TOPPS, Agrodis, LTO Nederland.

Poster 2009

Beltman, W.H.J., Wenneker, M., Zeeland, van M.G., Lans, van der A., Weide, R.Y., Werd, de H.A.E., 2009. Quantifying point source entries of pesticides in surface waters Posterpresentatie - Conference Pesticide Behaviour in Soils, Water and Air, 14 – 16 September 2009, York, UK.

Overige producten verschenen in het uitvoeringsjaar – waaronder demonstraties in samenwerking met telen met toekomst

Discussieavond fruittelers emissiebeperking: drift en puntbelastingen. Studiekring Tricht & Buurmalsen. 18 februari, Tricht. 20 bezoekers.

Event: perendag 1 augustus 2008 – inclusief puntbelastingen. Demonstratiedag voor de perenteelt. Krabbendijke, Zeeland. Organisatie: DLV, ZLTO-NFO, Telen met toekomst. Circa 500 bezoekers.

Event: puntbelastingen. Demonstratiemiddag 13 november 2008, Van Kessel Fruit BV, Velddriel. Aanwezig 75 personen. Organisatie: Nederlandse Fruittelers Organisatie, Waterschap Rivierenland, Telen met Toekomst.

Weide, R.Y. van der (2009): Lezing - Hoe komen gewasbeschermingsmiddelen terecht in grondwater en oppervlaktewater. Vredepeel : Technodag thema Emissie, 2009-02-11. Circa 400 bezoekers.

Weide, R.Y. van der (2009): Workshop - Verwerken van restvloeistoffen o.a. biobed/carboflow Vredepeel : Technodag thema Emissie, 2009-02-11. Circa 400 bezoekers.

Wenneker, M. (2009): Presentatie: Drift en puntemissies in de fruitteelt. AOC docenten, 22 april 2009, Randwijk. Circa 20 deelnemers.

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): Presentatie: Puntbelastingen – vul- en spoelplaats – in de fruitteelt. Telersbijeenkomst Lami, 20 juli 2009, Jaarsveld. Circa 40 bezoekers.

Wenneker, M. (2009): Fruitkennisdag – vermindering puntemissies. Organisatie NFO en PPO. 4 december 2009, Wageningen. Circa 500 bezoekers.

Wenneker, M., (2009). Demonstratie biofilter 1 oktober 2009 – Suprofruit 2009, Internationale workshop Spray Application Techniques, 30 september – 2 oktober 2009, Wageningen. Circa 90 bezoekers.

Werd, de H.A.E. (2009): Workshop - Elke druppel telt – voorkomen puntemissies. Vredepeel : Technodag thema Emissie, 2009-02-11. Circa 400 bezoekers.

Werd, de H.A.E. (2009): Workshop – Elke druppel telt – voorkomen puntemissies in de boomkwekerij. Open dag Duurzame Boomteelt, Opheusden, 2009- 09-03. Circa 400 bezoekers

Werd, de H.A.E. (2009): Demonstratie – biofilter. Open dag duurzame bloembollenteelt in Noord Holland. 13 maart 2009, Burgervlotbrug. Circa 175 bezoekers.

Sputlicentie cursus 2008

Sputlicentie cursus over emissieroutes, inclusief puntbelastingen.

'Schone bronnen, nu en in de toekomst' laat door Telen met toekomst een cursus laten ontwikkelen over emissieroutes fruitteelt. De cursus is onderdeel van het cursusprogramma voor het behalen van een spuitlicentie. De cursus kan gebruikt worden voor de sectoren: akkerbouw, bloembollen en agrarisch loonwerk. De cursus wordt aangeboden door kennisinstellingen zoals DLV Plant, PPO, AOC's en gewasbeschermingsfirma's.

Ontwikkeling en toepassing Trainingspakket puntemissies

Huiting, H. (2009): Het trainingspakket gaat in op de onderwerpen die ook op de poster "Elke druppel telt!" staan. Groot aantal demonstratiebijeenkomsten in akkerbouw en vollegrondsgroententeelt; o.a. op Technodag Vredepeel juli 2009.

Bijlage 2 Phytobac Vredepeel



Foto 1. Voorkant biobed (januari 2009)



Foto 2. Zijkant biobed (januari 2009)



Foto 3. Influentvat (plastic container) en compressor + pomp
(5 december 2007)



Foto 4. Bovenaanzicht biobed (18 april 2008) met vijf tensiometers



Foto 5. Debietmeter en aansluiting met T-tape (5 mei 2008),
T-tape lag toen nog onder grasmat



Foto 6. T-tape boven op dode grasmat (13 juni 2008)

Bijlage 3 Aanmaak influent phytobac

In onderstaande tabellen wordt aangegeven, uitgaande van het aantal mg werkzame stof/L, hoeveel liter middel per 500 L werd toegevoegd.

Tabel 1. Gehalten werkzame stof in gram per liter middel (Vredepeel, 2008)

	terbutylazin	sulcotrione	nicosulfuron	dimethenamide-P	bentazon
Mikado		300			
Milagro			40		
Frontier Optima				720	
Laddok N	200				200

Tabel 2. Hoeveelheid middel in ml of grammen toe te voegen aan 500 L influent water (Vredepeel, 2008)

	Influent	Formulering	Toevoegen		Toevoegen
	mg w.s./L	mg w.s. /ml per l	ml middel	s.g. (kg/Ll)	gram middel
Laddok	26,4	200000	66	1,15	76
Frontier	71,5	720000	50	1,13	56
Milagro	7,0	40000	88	0,96	84
Mikado	29,8	300000	50	1,13	56

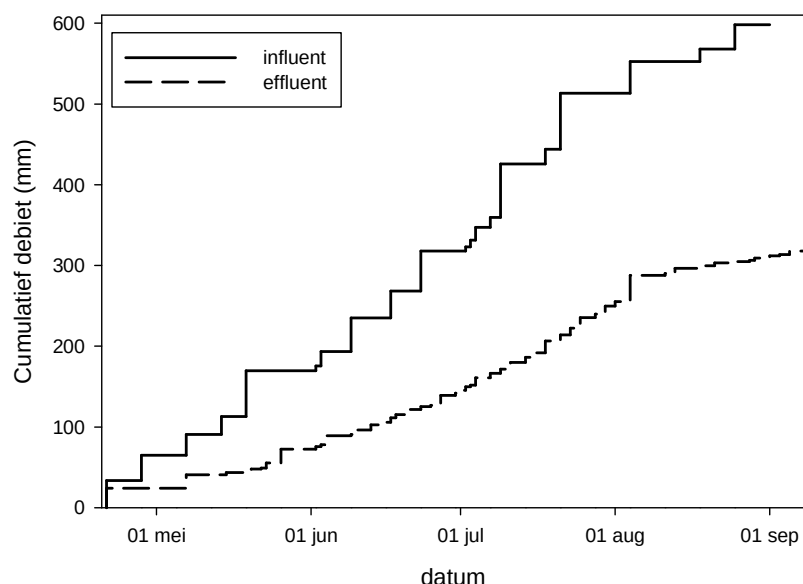
Bijlage 4 Hoeveelheid influent phytobac Vredepeel

periode	influent (l)
21-04 en 14-05	490
14-05 en 03-06	458
03-06 en 17-06	321
17-06 en 02-07	448
02-07 en 18-07	482
18-07 en 04-08	473
04-08 en 25-08	296
25-08 en 11-09	311
subtotaal	3279
12-09 en 18-02	488
18-02 en 04-05	429
04-05 en 25-05	359
25-05 en 07-07	514
07-07 en 17-07	485
17-07 en 28-07	467
06-08 en 31-08	304
31-08 en 12-10	555
12-10 en 31-08	565
31-08 en 12-10	439
subtotaal	4605
TOTAAL	7884

Bijlage 5 Waterbalans Phytobac

In deze bijlage wordt de berekeningsmethode beschreven waaruit blijkt dat in de proefperiode 2008 de toegevoegde middelen aan het influent nog niet in de maximale concentraties in het effluent aanwezig kunnen zijn. Om die reden zijn de metingen in 2009 voortgezet.

Het oppervlak van de phytobac is $5,4 \text{ m}^2$. Het volume water dat in de phytobac wordt gepompt en eruit stroomt (beiden op dagbasis), gedeeld door de oppervlakte geeft het aantal millimeters in- en uitstromend water per dag. In Figuur 1 zijn het cumulatieve influent en het cumulatieve effluent uitgezet. Over de hele periode is er 598 mm influent (totale hoeveelheid in periode van 21 april tot 8 september: 3230 L) en 318 mm effluent (hoeveelheid op 8 september: 1715 L). Het verschil tussen millimeters influent en effluent is het gevolg van verdamping en mogelijk een bergingsverschil (het verschil tussen volume water in de phytobac op 21 april en 8 september).



Figuur: Het cumulatieve aantal millimeters influent en effluent van de phytobac in de periode van 21 april tot 8 september 2008.

De waarden van de tensiometers en watermarks zijn omgerekend naar pF-waarden (zuigspanning) van een veengrond, om zo het volume water in de phytobac te kunnen berekenen. Er is van uitgegaan dat deze veensoort vergelijkbaar is met het vochthoudende vermogen van de substantie in de phytobac.

De zuigspanning in de phytobac varieerde van 0 tot 10 centibar (van pF 0 tot pF 2). Met behulp van een pF-curve is de zuigspanning om te rekenen naar een vochtgehalte. Er is geen pF-curve van de phytobac gemeten. Vanwege het hoge organische stofgehalte van de phytobac nemen we een pF-curve van een veen bovengrond. B16 uit de Staringreeks (Wösten et al., 2001) is de categorie met het meeste organische stof, 25 – 80%, met een porositeit van 0,8 en een bulkdichtheid van $0,2$ tot $1,0 \text{ kg/dm}^3$.

De gemeten pF-waarden zijn met de pF-curve van de veengrond omgerekend. Per tijdstip is het gemiddeld vochtgehalte over de diepte berekend. De tijdstippen zijn gemiddeld, dat geeft een vochtgehalte van 74%. De variatie van het vochtgehalte in de phytobac in de tijd in diepte en tijd is beperkt, het vochtgehalte ligt altijd tussen 60 en 80%. De phytobac was dus nooit water verzadigd.

Het vochtgehalte van 74% in de phytobac van 0,9 m diep komt overeen met 666 mm water. Stel dat de herbiciden met het water als een blokfront door de phytobac lopen. Dan moet na de start van de dosering minimaal 666 mm water uit de phytobac stromen om de herbiciden in het effluent te kunnen aantreffen.

Door verdamping is het volume effluent kleiner dan het volume influent. Nemen we aan dat de verdamping constant en de hoeveelheid water in de phytobac constant is. Dan is de gemiddelde filtratiesnelheid van het water (v) te berekenen:

$$v = (\text{totaal aantal mm influent} - \text{totaal aantal mm effluent}) / \text{lengte van de periode} \\ = (598 - 318) / 140 = 2 \text{ mm/dag}$$

Het gemiddelde van de herbicidengolf is in het effluent te verwachten als het totale volume water in de phytobac is vervangen door ingepompt water, dus $666 \text{ mm} / 2 \text{ mm/dag} = 333 \text{ dagen}$.

Na 140 dagen, dus aan het einde van de testperiode in 2008, is het midden van de herbicidengolf op: $140 \text{ dagen} \times 2 \text{ mm/dag} \times 900 \text{ mm} / 666 \text{ mm} = 378 \text{ mm}$ diepte

De veengrond waarvan de pF-curve is gebruikt heeft een hoge porositeit. Stel dat de samenstelling van de phytobac toch meer die van een grond benadert. Met een pF-curve van kleiig veen (B18) is het gemiddeld vochtgehalte $0.40 \text{ dm}^3/\text{dm}^3$ bij een porositeit van 0.45. Dan is er gemiddeld 360 mm water in de phytobac. De doorbraak is bij $360 / 2 = 200$ dagen, en na 140 dagen is het blokfront op 700 mm in de phytobac.

Conclusies

Na 140 dagen, het eind van de testperiode in 2008, is het midden van de herbiciden golf nog niet aan de onderkant van de phytobac aangekomen. Er is nog geen steady state bereikt. De proefneming werd in 2009 voortgezet, om uiteindelijk een rendementsberekening uit te kunnen voeren.

De aanwezigheid van herbiciden in het effluent werd veroorzaakt door spreiding van de stoffen in de diepte en mogelijk ook door preferente stroming.

Bijlage 6 Influent, Effluent en Biomix Vredepeel

INFLUENT (µg/l)

monstercode PPO	concentraties w. s. zoals	rapportagegrens	VP1405 IN-AN-1	VP1405 IN-AN-2	VP1405 IN-AN-5	VP1405 IN-AN-3	VP1405 IN-AN-4
influent aangemaakt op:			21-04-08		3-06-08	2-07-08	
bemonstering (aantal dagen na aanmaak/datum)			7 dagen/28 april	15 dagen/7 mei	0 dagen/3 juni	0 dagen/2 juli	15 dagen/17 juli
bentazon (µg/L)*	26400	0.01	16900	16200	24700	25300	24400
dimethenamid-P (µg/L)**	71000	0.03	<	<	<	72500	74200
nicosulfuron (µg/L)***	7000	0.03	7700	7600	7400	13500	14000
sulcotrion (µg/L)****	29800	0.09	26600	25600	23800	23200	23000
terbutylazin (µg/L)**	26600	0.01	13600	13500	7600	21300	10800

EFFLUENT(µg/l)

datum bemonstering	21-apr	28-apr	7-mei	19-mei	2-jun	9-jun	23-jun	7-jul	21-jul	4-aug	18-aug	1-sep	2-dec	14-apr	15-jun	17-aug	19-okt	MTR
bentazon (µg/L)	1.2	20.7	14.6	4.5	20.4	82	130	670	773	2238	9850	5150	8400	7900	4700	1500	1900	64
dimethenamid-P (µg/L)	1.9	<	<	<	<	<	<	13.2	10	2.1	2.7	<	0.2	0.2	0.2	n.a.*	n.a.*	2
nicosulfuron (µg/L)	<	0.5	0.7	<	<	[700]*	<	<	<	<	<	<	6.1	54	68	240	240	1100
sulcotrion (µg/L)	<	1.3	3.4	<	<	[2400]*	<	<	<	<	<	<	38	63	66	230	120	13
terbutylazin (µg/L)	2.8	18.6	15.3	<	8.9	[52]*	7.3	33.1	13.8	12.2	9.9	7.9	0.4	0.02	0.07	n.a.*	n.a.*	0.19

*: hoge waarde, waarschijnlijk als gevolg van monstervervuiling.

	analyse cijfers			hoeveelheid middel			
	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	mg	mg	mg	mg
BIOMIX LAAG	0-25 cm	25-50 cm	50-75 cm	0-25 cm	25-50 cm	50-75 cm	totaal
bentazon	<0,001	0.03	0.22	2.1	44.8	328.8	375.8
dimethenamid-P	2.7	0.1	0.006	5612.9	149.5	9.0	5771.4
nicosulfuron	0.4	0.1	<0,005	831.5	149.5	7.5	988.5
sulcotrion	0.1	0.2	0.1	207.9	299.0	149.5	656.3
terbutylazin	1.8	0.05	0.02	3742.0	74.7	29.9	3846.6

Bijlage 7 Massabalans phytobac

Berekening op basis van **100%** van de berekende influent concentratie aan middelen.

Massabalans	Biomix	Effluent	SOM	100% berekend Opgebracht (3279 l)	verschil	verlies/afbraak
	mg	mg	ug	ug		%
bentazon	376	15475	15851	86566	70715	82
dimethenamid-P	5771	7	5778	232809	227031	98
nicosulfuron	988	576	1564	22953	21389	93
sulcotrion	656	656	1312	97714	96402	99
terbutylazin	3847	24	3871	87221	83351	96

Berekening op basis van **50%** van de berekende influent concentratie aan middelen.

		Effluent	SOM	50% berekend Opgebracht (3279 l)	verschil	verlies/afbraak
	biomix	ug	ug	ug		%
bentazon	376	15475	15851	43283	27432	63
dimethenamid-P	5771	7	5778	116405	1106263	95
nicosulfuron	988	576	1564	11477	9913	86
sulcotrion	656	656	1312	48857	47545	97
terbutylazin	3847	24	3871	43611	39740	91

Bijlage 8 Rendementsberekeningen phytobac

Hoeveelheid actieve stof

Uit de metingen van het influent bleek dat de concentraties aan middelen niet gelijk waren aan de berekende concentraties. Vanuit de aannames dat er 50%, 100% en 200% van de berekende hoeveelheid aan middelen is opgebracht zijn rendementsberekeningen uitgevoerd. De hoeveelheid middel in het effluent is bepaald op basis van de (2-wekelijkse) effluentmeting en de hoeveelheden effluent per meetperiode (zie bijlage 4). Uit deze berekening blijkt dat de phytobac meest efficiënt werkt voor de middelen dimethenamid-P, terbutylazin, vervolgens voor nicosulfuron en nicosulfuron. Voor het middel bentazon is de phytobac minder efficiënt.

Tabel: berekende hoeveelheden aan opgebrachte middelen (100%) en de hoeveelheden middelen vanuit de phytobac.

100% van gepland INFLUENT	Concentratie berekend (ug)	Opgebracht (3279 l) ug	Effluent ug (totaal)	Efficiëntie
bentazon (µg/L)	26400	86565600	15474523	82.1
dimethenamid-P (µg/L)	71000	232809000	6650	100.0
nicosulfuron (µg/L)	7000	22953000	575988	97.5
sulcotrion (µg/L)	29800	97714200	656014	99.3
terbutylazin (µg/L)	26600	87221400	23915	100.0

Eenzelfde berekening is gemaakt, bij de aanname dat slechts 50% van de berekende concentratie in het influent bereikt werd. Ook hierbij blijft de phytobac zeer efficiënt voor 4 middelen (>95%).

Tabel : berekende hoeveelheden aan opgebrachte middelen (50% van berekend) en de hoeveelheden middelen vanuit de phytobac.

50% van gepland INFLUENT	Concentratie berekend (ug)	Opgebracht (3279 l) ug	Effluent ug (totaal)	Efficiëntie
bentazon (µg/L)	13200	43282800	15474523	64.2
dimethenamid-P (µg/L)	35500	116404500	6650	100.0
nicosulfuron (µg/L)	3500	11476500	575988	95.0
sulcotrion (µg/L)	14900	48857100	656014	98.7
terbutylazin (µg/L)	13300	43610700	23915	99.9

Eenzelfde berekening is gemaakt, bij de aanname 200% van de berekende concentratie in het influent bereikt werd.

200% van gepland INFLUENT	Concentratie berekend (ug)	Opgebracht (3279 l) ug	Effluent ug (totaal)	Efficiëntie
bentazon (µg/L)	52800	173131200	15474523	91.1
dimethenamid-P (µg/L)	142000	465618000	6650	100.0
nicosulfuron (µg/L)	14000	45906000	575988	98.7
sulcotrion (µg/L)	59600	195428400	656014	99.7
terbutylazin (µg/L)	53200	174442800	23915	100.0

Bijlage 9 Koc en halfwaarde tijden van herbiciden Phytobac

	Koc	Kf	
Bentazon	51	1.4	mobile
Dimethenamid-P	139	3.69	moderately mobile
Terbutylazin	219	5.13	moderately mobile
Nicosulfuron	21	0.29	mobile
Sulcotrion	36	1.05	mobile

	DT50 (typical)	DT50 (field)	
Bentazon	14	14	non-persistent
Dimethenamid-P	11	7	non-persistent
Terbutylazin	76.7	31	moderately persistent
Nicosulfuron	26	19.3	non-persistent
Sulcotrion	25	36	non-persistent

Bijlage 10 Biofilter bollenteelt



Biofilter en vul- en spoelplaats bij loonwerkbedrijf Hoogland.

Bijlage 11 Metingen biofilter bollenteelt: loonbedrijf Hoogland 2008

INFLUENT (ug/l)										EFFLUENT (ug/l)			
	(ad hoc) MTR (ug/L)	17-07	31-07	26-08	5-09	12-09	6-10	24-10	24/10/08	12-09	6-10	24-10	21-11
N-kjeldahl		16	34	28	12	8	2.9	3.6	16	24	25	23	13
P totaal		3.3	2.6	2.4	1.9	2.6	3.5	2.8	84	160	140	130	3.2
Pesticide (GC-MS)													
metam natrium	<50	0.04		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AMPA	80.00			0.89	0.48	70000	60000	50000	-	0.43	0.32	0.18	-
glyfosaat	<0.1	70.00		0.78	0.42	50000	80000	70000	-	-	0.13	-	-
Pesticide (GC-MS)													
	Rapportage- grens (ug/l)												
Chloorprofam	< 0.04	3.30	0.53	1.2	0.96	1.6	0.24	0.21	0.21	-	-	0.07	-
Cyprodinil	< 0.01	0.41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Difenylamine	< 0.02		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fenylfenol-2 (= orthofenylfenol)	< 0.02		0.09	0.13	0.17	0.14	0.18	0.09		0.12	0.11	0.08	-
Fludioxonil	< 0.01	0.98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parathion-methyl	< 0.02		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pirimifos-methyl	< 0.02	0.002	-	-	-	0.29	-	-	0.04	-	-	-	-
Procymidon	< 0.01	370	0.49	0.24	-	0.65	-	-	0.27	-	-	-	-
Vinchlozoline	< 0.02		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Pesticide (GC-MS screening)	Rapportage-grens (ug/l)		MTR (ug/L)										
Antraquinone	< 0.01		-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	-	-
Bifenox	< 0.1	0.04	-	-	-	-	-	-	0.16	-	-	-	-
Chloorthalonil	< 0.5	0.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chloorthiamid	< 0.05		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pesticide (GC-MS screening)	Rapportage-grens (ug/l)												
Chloridazon	< 0.10	73	-	-	-	-	-	-	-	-	0.67	-	-
Clomazone	< 0.04	0.56	35	48	40	45	26	38	3.2	0.57	0.11	0.35	0.16
Dichlooraniline (3,4-)	< 0.03		-	-	-	-	-	2.9	0.19	-	-	-	-
Dichloorbenzamide (2,6-)	< 0.01		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ethofumesate	< 0.01		-	-	-	-	-	0.18		-	-	-	-
Fenobucarb	< 0.01		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fipronil	< 0.02	0,00007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Imazalil	< 0.5	0.87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Metolachloor (S-)	< 0.01	0.20	920	1100	940	920	500	1000	31	7.0	0.54	-	1.0
Metribuzin	< 0.02	0.05	350	460	390	390	17	52	0.66	0.88	-	-	-
Pendimethalin	< 0.01	0.30	-	-	-	-	0.29	0.61	2.3	-	-	-	-
Pirimicarb-desmethyl-formamido	< 0.02		0.13	0.20	0.16	0.26	0.12	-	-	-	-	-	-
Propazine	< 0.02	2.40	0.82	1.4	0.95	0.84	4.1	-	-	-	-	-	-
Terbutylazin	< 0.02	0.19	4.8	5.9	4.9	5.0	11	32	4.2	-	-	-	-
Tetrahydroftalimide (=afbr. captan)	< 0.02		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Thiabendazole	< 0.05		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zwavel	< 0.50		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Pesticide (LC-MS)	Rapportage-grens (ug/l)												
Asulam	< 1	1.40	-	21	14	9.9	5.2	4.1	-	-	-	-	-
Atrazine	< 0.005	2.40	0.015	0.015	0.010	0.012	0.038	0.032	-	-	-	-	-
Azaconazole	< 0.005	51.00	0.012	0.012	0.005	-	0.007	0.007	-	-	-	-	-
Azinphos-methyl	< 0.005	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.038
Azoxystrobin	< 0.005	0.06	0.092	0.074	0.074	0.076	0.071	0.076	0.035	-	-	-	-
Bentazon	< 1	64.00	2.8	2.0	2.2	1.6	-	-	-	-	-	-	-
Boscalid	< 0.005	0.55	4.1	3.7	3.3	3.0	2.9	3.2	1.8	0.057	0.019	0.022	-
Buprofezin	< 0.005	0.56	0.071	0.066	0.045	0.054	0.085	0.054	-	0.076	0.083	0.063	-
Carbendazim	< 0.005	0.50	1.1	1.2	0.61	16	0.62	0.33	47	0.022	0.053	0.043	0.048
Carbofuran-3-keto	< 0.01	0.91	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	-	-
Clofentezine	< 0.005	-	-	-	-	-	-	-	0.026	-	-	-	-
Clopyralid	< 10	75.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cyazofamid	< 0.005	0.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cycloxydim	< 0.005	2.60	3.9	2.3	1.2	0.70	0.088	0.080	0.270	0.012	-	-	-
Cyproconazole	< 0.005	1.50	0.33	0.28	0.26	0.23	0.13	0.013	-	-	-	-	-
Cyprodinil	< 0.005	0.41	0.012	-	0.006	0.009	0.008	-	-	-	-	-	-
2,4'-D	< 1	26.00	-	-	-	4.7	-	-	-	-	-	-	-
Diethofencarb	< 0.005	2.80	0.078	0.070	0.062	0.062	0.015	0.014	0.007	-	-	-	-
Difenoconazole	< 0.005	0.76	0.015	0.009	0.007	0.012	0.024	0.022	-	-	-	-	-
Diiflubenzuron	< 0.005	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dimethirimol	< 0.005	8.70	0.010	0.086	0.076	0.062	-	-	0.091	-	-	-	-
Dimethoat	< 0.007	23	260	350	260	170	9.3	4.2	0.059	0.72	0.075	0.052	0.015
Dimethomorph	< 0.005	10	210	210	220	180	120	120	28	1.0	0.21	0.20	-
Diuron	< 0.005	0.43	3.6	3.2	3.0	2.3	0.72	0.83	0.051	0.018	0.006	-	-
DMSA	< 0.005	-	0.019	0.011	0.018	0.010	0.006	-	-	0.007	-	-	-
DMST	< 0.005	0.75	0.025	0.017	0.016	0.052	0.007	0.005	0.021	0.008	0.006	-	-
Epoxiconazole	< 0.005	1.20	0.081	0.077	0.058	0.058	0.084	0.089	0.016	-	-	-	-
Fenamidone	< 0.005	1.25	0.006	-	-	0.007	0.017	0.014	-	-	-	-	-

Fenamiphos	< 0.001	0.002	0.001	0.002	-	0.002	0.002	0.002		0.001	0.002	0.002	0.002
Fenoxycarb	< 0.005	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluazinam	< 0.005	0.55	0.46	-	-	-	0.15	0.058	0.1	-	-	-	-
Flufenacet	< 0.005	0.01	0.15	0.090	0.076	0.077	0.15	0.13	0.009	-	-	-	-
Flutolanil	< 0.005	22.00	560	570	550	410	240	240	89	2.5	0.56	1.4	0.24
Flutriafol	< 0.005	9.10	0.060	0.071	0.067	0.060	0.042	0.048		-	-	-	-
Formetanate hydrochloride	< 0.01		0.26	0.29	0.17	0.07	-	-	-	-	-	-	-
Fosthiazate	< 0.005	6.00	-	-	-	-	-	-	0.009	-	-	-	-
Imazalil	< 0.005	0.87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Imidacloprid	< 0.007	0.01	2.7	3.2	2.1	2.7	0.92	0.92	0.006	-	-	-	0.68
Indoxacarb	< 0.005	0.01	0.006	-	-	0.005	-	-	0.16	-	-	0.006	-
Lenacil	< 0.005	0.95	0.047	0.051	0.028	0.044	0.028	0.021	0.08	-	-	-	-
Linuron	< 0.01	0.25	62	96	65	38	5.0	5.2	0.3	0.29	0.08	0.45	-
Mecoprop	< 0.5	4.00	5.9	6.4	5.5	5.1	0.74	0.66		-	-	-	-
Mepanipyrim	< 0.005	1.45	0.21	0.19	0.13	0.13	0.13	0.12	0.038	-	-	-	-
Metalaxyl	< 0.005	46.00	45	45	44	31	2.9	2.8	87	0.15	0.023	0.021	0.005
Metamitron	< 0.005	10.00	1.0	43	34	25	2.6	1.3	1.3	0.16	-	-	-
Methoxyfenozone	< 0.005	0.18	-	-	-	-	-	-	-	0.03	0.02	0.01	
Metoxuron	< 0.01	19.00	43	42	41	31	3.9	3.7	0.12	0.14	0.02	0.01	
Monolinuron	< 0.005	0.001	0.71	0.67	0.72	0.48	0.12	0.16		-	-	0.012	-
Omethoate	< 0.5	0.001	2.8	0.83	0.68	1.1	-	-	-	-	-	-	-
Penconazool	< 0.005	1.70	45	43	42	31	6.8	7.2	4.1	0.17	0.017	0.067	-
Pencycuron	< 0.001	2.70	0.008	-	-	-	-	-	0.003	-	-	-	-
Phenmedipham	< 0.005		0.006	-	-	0.013	-	-	-	-	-	-	-
Pirimicarb	< 0.005	0.09	28	27	27	21	11	10	0.48	0.073	0.017	0.008	-
Pirimicarb-	< 0.01	?	1.2	1.3	1.2	0.71	0.83	0.85	0.06	-	-	-	-

desmethyl													
Prochloraz	< 0.005	1.30	0.60	0.41	0.29	2.1	0.25	0.14	0.84	0.011	0.012	0.006	0.041
Propiconazool	< 0.005	10.00	0.035	0.029	0.025	0.025	0.010	0.020	0.019	-	0.006	-	-
Propyzamide	< 0.005	11.00	-	-	-	-	0.007	0.006		-	-	-	-
Pyraclostrobin	< 0.005	0.02	0.16	0.12	0.095	0.18	0.21	0.21	1.1	-	-	-	-
Pyrimethanil	< 0.01	33.00	0.09	0.09	0.08	0.17	0.02	0.03	0.02	-	-	-	-
Simazine	< 0.005	0.14	0.33	0.29	0.21	0.21	1.1	0.96	0.026	-	-	-	-
Tebuconazool	< 0.005	1.00	77	77	74	62	54	54	21	0.35	0.14	0.16	0.011
Thiobendazole	< 0.005	3.30	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Thiobencarb	< 0.005	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Thiacloprid	< 0.008	0.03	110	110	100	80	17	16	0.57	0.24	0.040	0.031	-
Thiophanate-methyl	< 0.5	0.56	-	-	-	12	-	-	33	-	-	-	-
Tolclofos-methyl	< 0.01	0.80	-	-	-	-	0.34	0.22	42	-	-	-	-
Triadimenol	< 0.005	3.20	0.086	0.072	0.058	0.052	0.026	0.024	0.01	0.029	0.026	0.018	0.008
Trifloxystrobin	< 0.005	0.05	0.015	-	-	0.042	-	-	0.017	-	-	-	-

Aanvullende informatie betreffende de resultaten

- : kleiner dan rapportagegrens

Bijlage 12 Metingen biofilter bollenteelt: bollenbedrijf Maters 2008 Percolaat

			INFLUENT (ug/l)							EFFLUENT (ug/l)					
		(ad hoc) MTR (ug/L)	17/7/08	26/8/08	5/9/08	12/9/08	6/10/08	24/10/08	21/11/08	5/9/08	12/9/08	6/10/08	24-10-08	21/11/08	04/12/08
N-kjeldahl			25	15	14	21	15	12	23	37	37	35	35	30	31
P totaal			2.8	2.7	2.5	4.1	3.1	2.7	100	210	180	160	160	150	150
Pesticide (GC-MS)	Rapportage-grens (ug/l)														
Chloorprofam	< 0.04	3.30	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.09	0.08
Cyprodinil	< 0.01	0.41	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Difenylamine	< 0.02		-	1.2	0.74	0.55	0.34	2.9	-	0.71	0.91	0.21	0.46	-	-
Fenylfenol-2 (= orthofenylfenol)	< 0.02		0.02	0.35	0.22	0.17	0.17	0.24	-	0.20	0.19	0.20	0.16	-	-
Fludioxonil	< 0.01	0.98	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parathion-methyl	< 0.02			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pirimifos-methyl	< 0.02	0.002	0.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Procymidon	< 0.01	370		-	-	0.65	-	-	-	-	-	-	-	0.28	0.32
Vinchlozoline	< 0.02			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pesticide (GC-MS screening)	Rapportage-grens (ug/l)														
Antraquinone	< 0.01			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bifenox	< 0.1	0.04		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chloorthalonil	< 0.5	0.80		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chloorthiamid	< 0.05			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Pesticide (GC-MS screening)		Rapportage-grens (ug/l)													
Chloridazon	< 0.10	73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Clomazone	< 0.04	0.56	-	0.19	-	-	-	-	0.14	0.37	0.17	0.12	0.27	0.23	
Dichlooraniline (3,4-)	< 0.03		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Dichloorbenzamide (2,6-)	< 0.01		-	-	-	-	0.14	-	-	-	0.16	-	0.06	0.09	
Ethofumesate	< 0.01		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fenobucarb	< 0.01		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fipronil	< 0.02	0,00007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Imazalil	< 0.5	0.87	-	-	-	-	-	-	-	-	0.46	-	-	-	
Metolachloor (S-)	< 0.01	0.20	0.1	-	3.7	0.23	-	-	-	2.6	6.8	3.4	2.0	-	-
Metribuzin	< 0.02	0.05	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	0.06
Pendimethalin	< 0.01	0.30		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pirimicarb-desmethyl-formamido	< 0.02		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Propazine	< 0.02	2.40		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Terbutylazin	< 0.02	0.19		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tetrahydroftalimide (=afbr. captan)	< 0.02		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.06	-	
Thiabendazole	< 0.05		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Zwavel	< 0.50		-	-	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Pesticide (LC-MS)		Rapportage-grens (ug/l)													
Asulam	< 1	1.40	-	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Atrazine	< 0.005	2.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Azaconazole	< 0.005	51.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Azinphos-methyl	< 0.005	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Azoxystrobin	< 0.005	0.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Bentazon	< 1	64.00	0.69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Boscalid	< 0.005	0.55		0.091	0.099	0.11	0.056	0.070	0.040	0.066	0.040	0.030	0.026	0.026	0.026
Buprofezin	< 0.005	0.56		0.060	0.042	0.065	0.097	0.079	-	0.026	0.072	0.048	0.050	-	-
Carbendazim	< 0.005	0.50	4.6	1.0	1.2	1.3	0.11	0.24	0.18	2.1	7.6	0.25	0.18	0.27	0.12
Carbofuran-3-keto	< 0.01	0.91		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.03	0.03
Clofentezine	< 0.005			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Clopyralid	< 10	75.00		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cyazofamid	< 0.005	0.13		-	-	-	-	-	-	0.045	-	-	-	-	-
Cycloxydim	< 0.005	2.60		-	-	0.020	0.017	0.028	-	-	-	-	-	-	-
Cyproconazool	< 0.005	1.50		0.013	0.013	0.007	-	0.007	-	-	-	-	-	-	-
Cyprodinil	< 0.005	0.41		-	-	0.010	-	-	-	-	-	-	0.007		-
2,4'-D	< 1	26.00		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diethofencarb	< 0.005	2.80		-	-	-	-	-	-	0.006	-	-	-	-	-
Difenoconazool	< 0.005	0.76	0.018	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.007		-
Diflubenzuron	< 0.005	0.004		-	-	-	-	-	-	0.007	-	-	-		-
Dimethirimol	< 0.005	8.70		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-
Dimethoat	< 0.007	23	0.08	-	0.059	0.011	-	-	-	0.39	0.14	0.032	0.030	0.010	0.012
Dimethomorph	< 0.005	10		0.014	0.27	0.025	0.024	0.026	-	0.71	0.17	0.022	0.020	0.077	0.021
Diuron	< 0.005	0.43	0.011	-	-	-	-	-	-	0.017	0.006	-	-		-
DMSA	< 0.005			0.014	0.009	0.005	-	-	-	0.009	-	-	0.007		-
DMST	< 0.005	0.75		0.019	0.014	0.013	0.007	0.008	-	0.024	0.011	-	0.006		-
Epoxiconazole	< 0.005	1.20		0.017	0.021	0.017	0.096	0.014	0.006	-	-	-	-	-	-
Fenamidone	< 0.005	1.25		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fenamiphos	< 0.001	0.002		0.001	0.002	0.001	0.003	0.002	-	0.004	0.001	0.002	0.001		-
Fenoxycarb	< 0.005	0.001		-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.006		-
Fluazinam	< 0.005	0.55		-	0.036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Flufenacet	< 0.005	0.01		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Flutolanil	< 0.005	22.00	0.046	0.17	1.3	0.42	0.21	0.24	0.1	2.1	1.7	0.69	0.62	0.85	0.8

Flutriafol	< 0.005	9.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Formetanate hydrochloride	< 0.01		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fosthiazate	< 0.005	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Imazalil	< 0.005	0.87	-	-	-	-	-	0.65	-	-	-	-	-	-	-
Imidacloprid	< 0.007	0.01	0.02	0.12	5.1	8.3	1.9	7.2	4.6	-	-	-	-	0.021	0.019
Indoxacarb	< 0.005	0.01		0.007	-	0.009	0.006	-	-	-	0.010	-	0.008		-
Lenacil	< 0.005	0.95		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Linuron	< 0.01	0.25	3.5	-	0.09	0.02	0.01	0.01	-	0.23	1.9	0.10	0.82	0.92	0.52
Mecoprop	< 0.5	4.00		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mepanipyrim	< 0.005	1.45		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01
Metalaxyl	< 0.005	46.00		0.064	0.047	0.025	0.014	0.028	0.014	0.18	0.051	0.045	0.047	0.25	0.078
Metamitron	< 0.005	10.00		-	0.052	0.069	0.042	0.064	0.009	0.10	0.14	0.13	0.19	0.025	0.026
Methoxyfenozide	< 0.005	0.18	0.063	-	-	-	-	-	-	0.02	0.01	-	-	0.006	0.005
Metoxuron	< 0.01	19.00		0.01	0.03	-	-	-	-	0.08	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04
Monolinuron	< 0.005	0.001		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Omethoate	< 0.5	0.001		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Penconazool	< 0.005	1.70		-	0.054	-	-	-	-	0.099	0.15	0.055	0.057	-	-
Pencycuron	< 0.001	2.70		0.006	0.006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Phenmedipham	< 0.005			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pirimicarb	< 0.005	0.09	0.098	0.008	2.1	3.0	2.2	3.5	3.8	0.053	0.017	-	-	-	-
Pirimicarb-desmethyl	< 0.01	?	0.033	-	0.01	0.03	0.05	0.13	0.12	-	-	-	-	-	-
Prochloraz	< 0.005	1.30	0.99	1.7	0.73	1.8	0.77	0.89	0.48	0.43	0.94	0.18	0.14	0.33	0.17
Propiconazool	< 0.005	10.00		-	-	-	0.006	-	-	-	0.007	-	-	-	-
Propyzamide	< 0.005	11.00		0.006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Pyraclostrobin	< 0.005	0.02	0.031	0.050	0.71	0.020	0.026	0.023	0.041	0.20	0.052	0.018	0.022	0.037	0.019
Pyrimethanil	< 0.01	33.00	0.27	-	-	-	-	-	-	0.08	-	-	-	-	-
Simazine	< 0.005	0.14		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tebuconazool	< 0.005	1.00		0.025	0.23	0.063	0.048	0.075	0.016	0.47	0.30	0.19	0.15	0.16	0.17
Thiobendazole	< 0.005	3.30	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Thiobencarb	< 0.005	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Thiacloprid	< 0.008	0.03	0.018	-	0.054	-	-	-	-	0.21	0.035	-	-	0.019	0.023
Thiophanate-methyl	< 0.5	0.56		-	-	0.69	-	-	-	2.3	24	-	-	0.012	-
Tolclofos-methyl	< 0.01	0.80	0.31	0.12	0.09	0.10	0.06	0.12	-	0.03	-	0.01	-	2	1.9
Triadimenol	< 0.005	3.20	0.13	0.049	0.035	0.015	0.015	0.020	0.03	0.039	0.022	0.016	0.019	0.27	0.01
Trifloxystrobin	< 0.005	0.05		-	-	0.013	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Aanvullende informatie betreffende de resultaten

- : kleiner dan rapportagegrens

Bijlage 13 Metingen biofilter bollenteelt: bollenbedrijf Maters 2008 Condenswater

			INFLUENT (ug/l)				EFFLUENT (ug/l)		
	(ad hoc) MTR (ug/L)		04/12/08	18/12/08	05/02/09	19/02/09	18/12/08	05/02/09	19/02/09
N-kjeldahl			1.1	2.9	1.6	1.8	<1.0	20	21
P totaal			0.27	1.8	0.36	0.46	0.2	95	100
Pesticide (GC-MS)									
metam natrium	<50	0.04	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
AMPA		80.00	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
glyfosaat	<0.1	70.00	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
Pesticide (GC-MS)									
		Rapportage-grens (ug/l)							
Chloorprofam	< 0.04	3.30	3.3	3.3	3.3	2.9	-	-	-
Cyprodinil	< 0.01	0.41	-	-	-	-	-	-	-
Difenylamine	< 0.02		-	-	-	-	-	-	-
Fenylfenol-2 (= orthofenylfenol)	< 0.02		-	-	-	-	-	-	-
Fludioxonil	< 0.01	0.98	-	-	-	-	-	-	-
Parathion-methyl	< 0.02		-	-	0.13	-	-	-	-
Pirimifos-methyl	< 0.02	0.002	4.3	6.7	5.8	5.5	-	-	-
Procymidon	< 0.01	370	8.2	16	16	18	-	0.09	0.13
Vinchlozoline	< 0.02		0.09	0.14	0.17	-	-	-	-

Pesticide (GC-MS screening)	Rapportage-grens (ug/l)								
								-	-
Antraquinone	< 0.01		0.01	0.02	0.05	0.06	-	-	-
Bifenox	< 0.1	0.04	-	-	-	-	-	-	-
Chloorthalonil	< 0.5	0.80	-	0.02	-	-	-	-	-
Chloorthiamid	< 0.05		-	-	-	-	-	-	-
Pesticide (GC-MS screening)	Rapportage-grens (ug/l)								
Chloridazon	< 0.10	73	-	-	-	-	-	-	-
Clomazone	< 0.04	0.56	-	-	-	-	-	-	-
Dichlooraniline (3,4-)	< 0.03		0.24	0.13	-	-	-	-	-
Dichloorbenzamide (2,6-)	< 0.01		-	-	-	-	-	0.04	-
Ethofumesate	< 0.01		-	-	-	-	-	-	-
Fenobucarb	< 0.01		-	-	0.4	-	-	-	-
Fipronil	< 0.02	0,00007	-	0.04	0.08	0.07	-	-	-
Imazalil	< 0.5	0.87	-	-	-	-	-	-	-
Metolachloor (S-)	< 0.01	0.20		-	-	-	-	-	-
Metribuzin	< 0.02	0.05	-	-	-	-	-	-	-
Pendimethalin	< 0.01	0.30	-	-	-	-	-	-	-
Pirimicarb-desmethyl-formamido	< 0.02		-	-	-	-	-	-	-
Propazine	< 0.02	2.40	-	-	-	-	-	-	-
Terbutylazin	< 0.02	0.19	-	-	-	-	-	-	-
Tetrahydroftalimide (=afbr. captan)	< 0.02		17	63	120	97	0.24	1.1	0.69
Thiabendazole	< 0.05		-	-	-	-	-	0.007	0.007
Zwavel	< 0.50		-	-	-	-	-	-	-

Pesticide (LC-MS)	Rapportage-grens (ug/l)								
Asulam	< 1	1.40	-	-	-	-	-	-	-
Atrazine	< 0.005	2.40	-	-	-	-	-	-	-
Azaconazole	< 0.005	51.00	-	-	-	-	-	-	-
Azinphos-methyl	< 0.005	0.01	0.01	0.008	0.013	0.012	-	-	-
Azoxystrobin	< 0.005	0.06	-	-	-	-	-	-	-
Bentazon	< 1	64.00	-	-	-	-	-	-	-
Boscalid	< 0.005	0.55	0.019	0.019	0.02	0.021	-	-	-
Buprofezin	< 0.005	0.56	-	-	-	-	-	-	-
Carbendazim	< 0.005	0.50	160	200	360	420	0.1	1.4	1.3
Carbofuran-3-keto	< 0.01	0.91	2	-	-	-	-	-	-
Clofentezine	< 0.005	-	-	-	0.007	0.007	-	-	-
Clopyralid	< 10	75.00	0.016	-	-	-	-	-	-
Cyazofamid	< 0.005	0.13	-	-	-	-	-	-	-
Cycloxydim	< 0.005	2.60	-	-	-	-	-	-	-
Cyproconazole	< 0.005	1.50	-	-	-	-	-	-	-
Cyprodinil	< 0.005	0.41	-	-	-	-	-	-	-
2,4'-D	< 1	26.00	-	-	-	-	-	-	-
Diethofencarb	< 0.005	2.80	-	-	-	-	-	-	-
Difenoconazole	< 0.005	0.76	-	-	-	-	-	-	-
Diffubenzuron	< 0.005	0.004	-	-	-	-	-	-	-
Dimethirimol	< 0.005	8.70	-	-	0.009	-	-	-	-
Dimethoat	< 0.007	23	-	-	-	-	-	-	-
Dimethomorph	< 0.005	10	-	-	-	-	-	-	-
Diuron	< 0.005	0.43	-	-	-	-	-	-	-
DMSA	< 0.005	-	-	-	-	-	-	-	-
DMST	< 0.005	0.75	-	-	-	-	-	-	-
Epoxiconazole	< 0.005	1.20	0.17	0.14	0.17	0.17	-	-	-
Fenamidone	< 0.005	1.25	-	-	-	-	-	-	-

Fenamiphos	< 0.001	0.002	-	-	-	-	-	-
Fenoxycarb	< 0.005	0.001	-	-	-	-	-	-
Fluazinam	< 0.005	0.55	6.4	1.9	2.6	3.4	-	0.049
Flufenacet	< 0.005	0.01	-	-	-	-	-	-
Flutolanil	< 0.005	22.00	1.6	1.7	3.5	4	0.01	0.016
Flutriafol	< 0.005	9.10	-	-	0.006	0.006	-	-
Formetanate hydrochloride	< 0.01	-	-	-	-	-	-	-
Fosthiazate	< 0.005	6.00	-	-	-	-	-	-
Imazalil	< 0.005	0.87	-	1.4	0.021	-	0.54	-
Imidacloprid	< 0.007	0.01	0.31	0.41	0.31	0.33	-	0.043
Indoxacarb	< 0.005	0.01	-	-	-	-	-	-
Lenacil	< 0.005	0.95	-	-	-	-	-	-
Linuron	< 0.01	0.25	0.05	-	0.03	0.03	-	0.02
Mecoprop	< 0.5	4.00	-	-	-	-	-	-
Mepanipyrim	< 0.005	1.45	-	-	-	-	-	-
Metalaxyl	< 0.005	46.00	0.078	0.064	0.07	0.069	-	0.01
Metamitron	< 0.005	10.00	0.014	0.019	0.02	0.015	-	0.012
Methoxyfenozide	< 0.005	0.18	-	-	-	-	-	-
Metoxuron	< 0.01	19.00	-	-	-	-	-	-
Monolinuron	< 0.005	0.001	-	-	-	-	-	-
Omethoate	< 0.5	0.001	-	-	-	-	-	-
Penconazool	< 0.005	1.70	-	-	-	-	-	-
Pencycuron	< 0.001	2.70	-	-	-	-	-	-
Phenmedipham	< 0.005	-	-	-	-	-	-	-
Pirimicarb	< 0.005	0.09	-	-	-	-	-	-
Pirimicarb-	< 0.01	?	-	-	-	-	-	-

desmethyl									
Prochloraz	< 0.005	1.30	140	170	480	400	0.86	1.9	2.6
Propiconazool	< 0.005	10.00	-	-	-	-	-	-	-
Propyzamide	< 0.005	11.00	-	-	-	-	-	-	-
Pyraclostrobin	< 0.005	0.02	12	15	47	48	0.23	0.17	0.28
Pyrimethanil	< 0.01	33.00	0.02	0.02	0.02	0.03	-	-	-
Simazine	< 0.005	0.14	-	-	-	-	-	-	-
Tebuconazool	< 0.005	1.00	0.028	0.026	0.04	0.051	0.006	0.019	0.036
Thiobendazole	< 0.005	3.30	?	?	-	-	?	0.007	0.007
Thiobencarb	< 0.005	?	?	?	0.11	0.12	?	-	-
Thiacloprid	< 0.008	0.03	-	-	-	-	-	-	-
Thiophanate-methyl	< 0.5	0.56	-	-	290	420	-	72	68
Tolclofos-methyl	< 0.01	0.80	70	100	110	160	-	0.03	0.04
Triadimenol	< 0.005	3.20	34	27	-	-	0.2	0.008	0.009
Trifloxystrobin	< 0.005	0.05	-	-	0.029	0.034	-	-	-

Aanvullende informatie betreffende de resultaten

- : kleiner dan rapportagegrens

Bijlage 14 Biofilter en vulplaats Fruitteelt

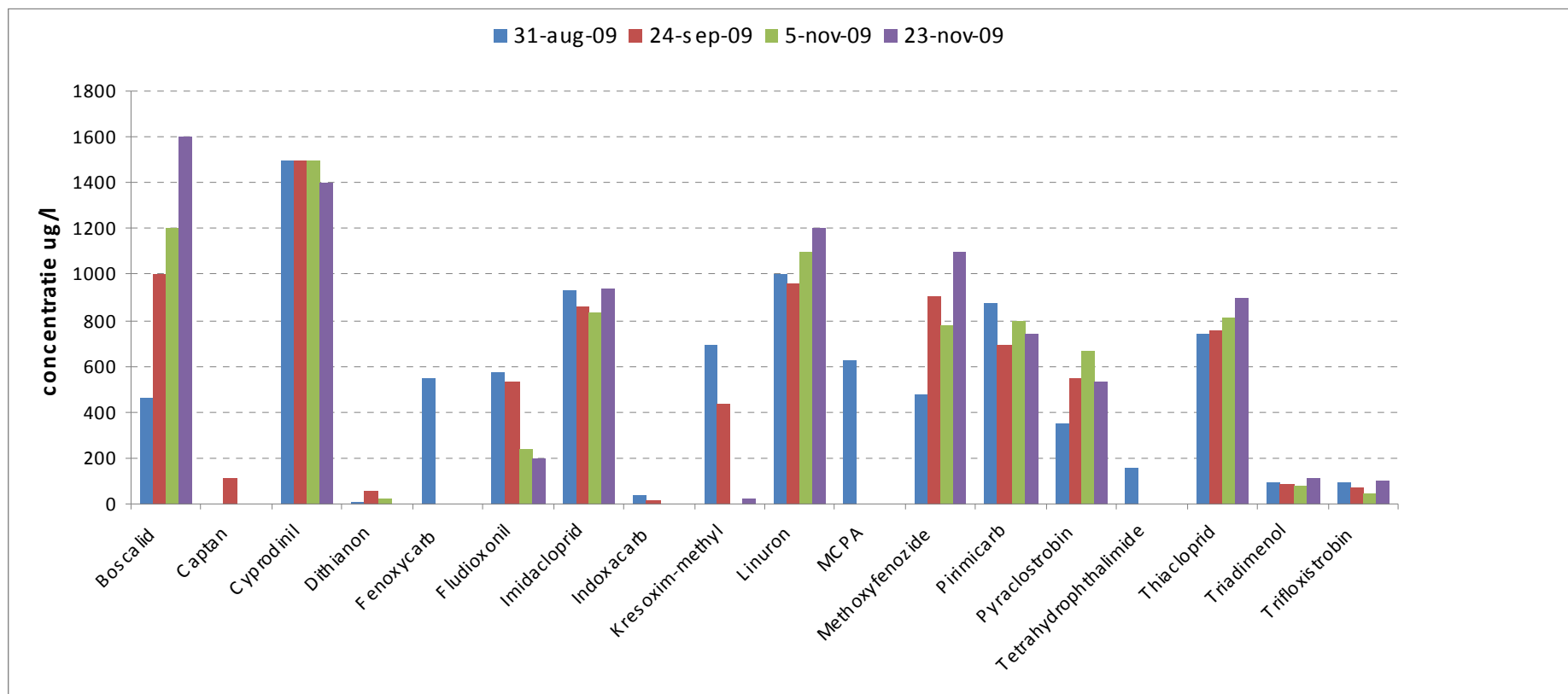


Bijlage 15 Middelen 2007 biofilter fruitteelt

Middelen uit spuitschema fruitteler 2007

Insecticiden	Actieve stof	Fungiciden	Actieve stof
Runner	<i>methoxyfenozide</i>	Dithane	<i>mancozeb</i>
Steward	<i>indoxacarb</i>	Merpan	<i>captan en tetrahydrophthalimide (THT)</i>
Teppeki	<i>flonicamid</i>	Exact	<i>triadimenol</i>
Pirimor	<i>pirimicarb</i>	Polyram	<i>metiram</i>
Envidor	<i>spirodiclofen</i>	Score	<i>difenoconazool</i>
Vertimec	<i>abamectin</i>	Stroby	<i>kresoxim-methyl</i>
Insegar	<i>fenoxycarb</i>	Thiram	<i>thiram en CS2</i>
Admire	<i>imidacloprid</i>	Delan	<i>dithianon</i>
		Nimrod	<i>bupirimaat</i>
		Bellis	<i>pyraclostrobin en boscalid</i>
		Carbendazim	<i>carbendazim</i>
		Topsin M	<i>thiophanaat methyl</i>

Bijlage 16 Concentraties middelen influent 2009 fruitteelt proefstation



Tabel x: concentraties (µg/l) in het influent bij het biofilter op het proefstation in 2009.

Bijlage 17 Effluent biofilters fruitteelt

Tabel : concentraties (ug/l) in het effluent (algehele middeltoetsing) bij het biofilter op het fruitteeltbedrijf in 2009.

middel	27-okt-09	26-nov-09
Bupirimate	0.04	<
Carbaryl	0.01	0.16
Carbendazim	0.26	<
Difenoconazool	0.19	0.06
Dimethomorph	0.06	<
DMST	0.14	<
Fenhexamid	0.03	<
Flonicamid	20.00	11.00
Mepanipyrim	0.01	<
Metamitron	0.02	<
Prochloraz	0.06	<
Propoxur	0.04	0.03
Pyrimethanil	0.29	0.16
Simazine	0.02	0.02
Triadimefon	0.01	0.01

Tabel : concentraties (ug/l) in het effluent (algehele middeltoetsing) bij het biofilter op het proefstation in 2009.

Middel	5-nov-09	23-nov-09
Bupirimate	0.012	<
Carbendazim	0.010	0.026
Dimethomorph	0.023	<
Fenhexamid	0.016	<
Metamitron	0.012	<
Prochloraz	0.017	<
Tebuconazool	0.007	0.035
Thiophanate-methyl	0.720	<
Cycloxydim	<	0.019
Dimethoaat	<	0.019
Metoxuron	<	0.018