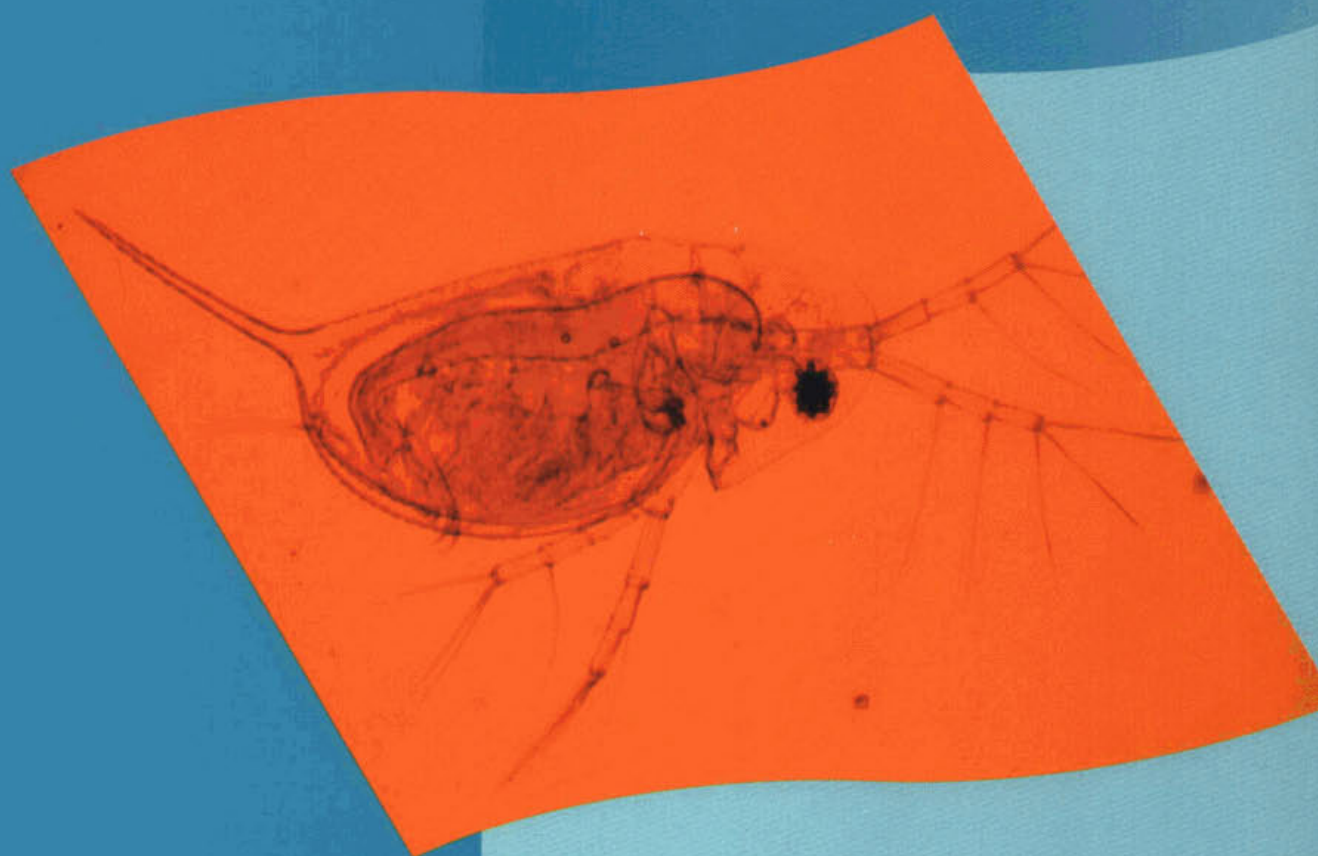


Biomonitoringtechnieken voor bestrijdingsmid- delen en zware metalen in watersystemen

Deel 1: Inventarisatie en selectie van geschikte technieken



97

08

**Biomonitoringtechnieken voor bestrijdingsmid-
delen en zware metalen in watersystemen**

Deel 1: Inventarisatie en selectie van geschikte technieken

97 08

Arthur van Schendelstraat 816
Postbus 8090, 3503 RB Utrecht
Telefoon 030 232 11 99
Fax 030 232 17 66

Publicaties en het publicatie-
overzicht van de STOWA kunt u
uitsluitend bestellen bij:
Hageman Verpakkers BV
Postbus 281
2700 AC Zoetermeer
o.v.v. ISBN- of bestelnummer en
een duidelijk afleveradres.
ISBN 90.74476.74.0

INHOUD

INHOUD	I
TEN GELEIDE	III
SAMENVATTING	V
1 INLEIDING	1
1.1 (Bio)monitoring van probleemstoffen	1
1.2 Begrippenkader	2
1.2.1 Inleiding	2
1.2.2 Typen biomonitoring	2
1.2.3 Typen actieve biomonitoring	4
1.3 Afbakening van het project	6
1.4 Doelstelling van het project	6
1.5 Leeswijzer	7
2 BIOMONITORINGTECHNIEKEN VOOR OPPERVLAKTEWATEREN	8
2.1 Inleiding	8
2.2 Methode	8
2.3 Actieve biomonitoringstechnieken	9
2.3.1 Resultaten van de inventarisatie	9
2.3.2 Discussie	10
2.4 Passieve biomonitoringstechnieken	11
2.4.1 Resultaten van de inventarisatie	11
2.4.2 Discussie	12
3 GESELECTEERDE ACTIEVE BIOMONITORINGTECHNIEKEN	14
3.1 Beschrijving geselecteerde technieken	14
3.2 Discussie en conclusies	31
4 ERVARING EN WENSEN WATERKWALITEITSBEHEERDERS	33
4.1 Inleiding	33
4.2 Enquête en interviews	33
4.3 Resultaten	33
4.3.1 Ervaringen met actieve biomonitoring	34
4.3.2 Selectiecriteria voor geschikte biomonitoringstechnieken	41
4.3.3 Problematische metalen en bestrijdingsmiddelen	42
4.4 Conclusies	45
5 SELECTIE VAN TECHNIEKEN VOOR HET PROTOCOL	46
5.1 Tweede selectieronde	46
5.2 Derde selectieronde	47
6 DISCUSSIE	49
6.1 Geschiktheid geselecteerde technieken	49

6.2	Recente technieken en ontwikkelingen	52
6.3	Actieve biomonitoring in de toekomst	53
6.3.1	Effect-, Ecosysteem-, Bioaccumulatie- en Mutageniteitmonitoring	53
6.3.2	Overige technieken	54
7	CONCLUSIES	56
8	BEGRIPPENLIJST	58
9	REFERENTIES	63
	BIJLAGEN	68

TEN GELEIDE

Op 30 november 1994 werd door het Algemeen Bestuur van de Stichting voor Toegepast onderzoek Waterbeheer (STOWA) het "Onderzoeksprogramma 1995-1999; projectenboek" vastgesteld. Hiermee werd het startsein gegeven voor een aanzienlijk aantal projecten (STOWA-thema's) voor het jaar 1995. Doel van deze projecten is het anticiperen op behoeften aan, en leemten in kennis bij de STOWA deelnemers (de waterbeheerders) in de periode tot het jaar 2000.

Een van deze projecten is "Biomonitoringtechnieken voor bestrijdingsmiddelen en zware metalen in watersystemen". Dit project valt onder STOWA thema 15 "Biologische bewaking van oppervlaktewater". Aan AquaSense is door STOWA de opdracht verleend om dit project uit te voeren.

Dit project is namens STOWA begeleid door een begeleidingscommissie die samengesteld is uit de volgende leden: dr. J. Hemelraad (GTD Oost-Brabant), dr. ir. A.J. Hendriks (RIZA), dr. S.P. Klapwijk (STOWA), dhr. M. Meirink (Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen), drs. A.G. Snijders (TAUW Milieu), ir. B. van der Veer (Hoogheemraadschap van Rijnland) en drs. D. de Zwart (RIVM).

Dit project is door de volgende medewerkers van AquaSense uitgevoerd: drs. J.M. Brils, dr. F. Heinis, ir. G.M. van Eijnatten, ir. L.R.M. de Poorter en drs. M. Tonkes.

Het resultaat van dit project zal bestaan uit twee rapporten. Het eerste, voorliggende *inventarisatierapport* betreft de resultaten van een inventarisatie van bruikbare testen en technieken, alsmede de resultaten van een onder de regionale waterkwaliteitsbeheerders gehouden enquête. Het tweede rapport bevat een *protocol*, waarmee waterbeheerders situatiespecifiek de meest geschikte biomonitoringstechniek kunnen selecteren en toepassen.

Utrecht, november 1996

De directeur van de STOWA

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff

SAMENVATTING

Bij de Nederlandse waterkwaliteitsbeheerders bestaat een grote behoefte aan praktische, biologische testsystemen voor het beoordelen van de actuele kwaliteit van het oppervlaktewater. Daarom werd door de STOWA in 1995 aan AquaSense BV opgedragen om een keuzesysteem (protocol) te ontwikkelen waarmee waterbeheerders voor specifieke situaties technieken kunnen selecteren (en toepassen) voor de biologische monitoring van bestrijdingsmiddelen en zware metalen in oppervlaktewateren. Dit keuzesysteem dient zich met name te richten op het toepassen van technieken waarmee directe effecten van deze verontreinigingen kunnen worden aangetoond en waarmee dus een actuele risicobeoordeling mogelijk is.

Alvorens dit protocol samen te stellen is geïnterviewd welke biomonitoringstechnieken op dit moment beschikbaar zijn. De meest geschikte technieken zijn vervolgens geselecteerd als basis voor het biomonitoringprotocol. Om het protocol zo hanteerbaar mogelijk te houden is vanwege de omvang van de inventarisatie besloten om de resultaten van dit onderzoek te publiceren in twee delen: het voorliggende inventarisatierapport en een protocolrapport. In dit inventarisatierapport worden de resultaten van een literatuur- en database-onderzoek naar de bestaande passieve en actieve biomonitoringstechnieken beschreven. Tevens bevat dit rapport de resultaten van een enquête onder Nederlandse regionale waterkwaliteitsbeheerders, waarin is gevraagd naar de ervaringen (aangevuld met ervaringen van overige instanties in Nederland) en wensen met betrekking tot de biomonitoring van zware metalen en bestrijdingsmiddelen in oppervlaktewater. In het protocolrapport zullen de geselecteerde technieken in meer detail worden uitgewerkt en zullen de richtlijnen worden opgenomen volgens welke deze technieken kunnen worden toegepast. Ook zal hierin worden aangegeven hoe in specifieke situaties de meest kosten-effectieve (set van) techniek(en) kan worden ingezet. Verder worden in dit protocolrapport de resultaten geëvalueerd van enkele waterkwaliteitsbeheerders die een aantal van de geselecteerde technieken in praktijk hebben toegepast.

In dit onderzoek is onderscheid gemaakt tussen *passieve* en *actieve* biomonitoringstechnieken. Van *passieve* monitoring is sprake wanneer uitsluitend gebruik wordt gemaakt van de in het veld aanwezige organismen zonder daarbij gebruik te maken van een van tevoren geïntroduceerde experimentele opstelling. Van *actieve* monitoring is sprake wanneer gebruik wordt gemaakt van een experimentele opstelling. Deze kan worden gebruikt in het veld en/of in het laboratorium.

Tijdens de inventarisatie bleek dat het lastig of onmogelijk is om met behulp van de passieve technieken een directe relatie te leggen met de aanwezigheid van specifieke toxicanten. In overleg met de begeleidingscommissie is daarom besloten om voor het opstellen van het protocol alleen uit te gaan van actieve biomonitoringstechnieken en de geïnterviewde passieve monitoringstechnieken (101 in totaal) niet verder uit te werken. In dit rapport wordt daarom volstaan met een algemene overzichtstabel van deze passieve technieken.

De inventarisatie van actieve biomonitoringstechnieken heeft geresulteerd in 116 verschillende technieken. Het grootste deel (95%) betreft technieken voor toxiciteit- of effectmonitoring. Hieronder vallen zowel toxiciteitstesten (lab- of veldbioassays) als biologische bewakingssystemen (biomontoren). Om het protocol uitvoerbaar, en dus toepasbaar te houden, is in overleg met de begeleidingscommissie besloten om maximaal 10 technieken te selecteren als basis voor het protocol. In hoofdlijnen komt het er op neer dat de geselecteerde technieken voldoen aan minimaal één van de volgende selectiecriteria:

- Alleen technieken van het type lab-bioassay, veldbioassay of biologische bewakingssysteem worden opgenomen;
- In Nederland moet (ruime) ervaring aanwezig zijn met de betreffende techniek;
- De techniek is nieuw, maar wordt als veel belovend gezien en vult een 'leemte'. Belangrijk uitgangspunt is namelijk dat per type techniek (lab-, veldbioassay en biologisch bewakings-

systeem) gestreefd wordt naar het samenstellen van een testbatterij van technieken die gebruik maken van organismen van de volgende 3 trofische niveaus: producent, destruent en consument.

Door het toepassen van deze criteria zijn de 10 basale technieken voor het biomonitoringprotocol geselecteerd zoals weergegeven in tabel I.

Tabel I Geselecteerde 10 technieken ten behoeve van het biomonitoringprotocol.

Trofisch niveau	Testbatterij		
	Lab-bioassays (screeningtesten):	Veldbioassays:	Biologische bewakingssystemen:
producent	Acute algentest	Kroostest	DF-Algentest
destruent	Microtox	—*	—*
consument	Acute watervlooiëntest	Watervlooien veldbioassay	Dynamische Daphniatest
	Rotoxkit F	Muggelarve veldbioassay	Mosselmonitor

*: Op dit moment is het nog niet mogelijk om hiervoor een techniek aan te bevelen.

Of deze technieken daadwerkelijk voldoende basis bieden voor het kunnen monitoren van de actuele waterkwaliteit, voor het detecteren van bestrijdingsmiddelen en zware metalen in oppervlakte-water en/of voor het beoordelen of voldaan wordt aan de gestelde normen, kan pas worden beoordeeld na valideren van het protocol. Op basis van de historische gehalten van sommige probleemstoffen, en op basis van de specifieke gevoeligheden van de technieken, kan echter de volgende, voorlopige conclusie worden getrokken: bij minimaal tweederde van de Nederlandse waterkwaliteitsbeheerders moet het in theorie mogelijk zijn om bij de daar voorkomende (piek)concentraties, met één of meer van de geselecteerde technieken, toxiciteit in het oppervlaktewater te detecteren.

Afgaande op de toxiciteitgegevens voor specifieke stoffen lijken de geselecteerde lab-bioassays en de biologische bewakingssystemen niet in staat om in (ongeconcentreerd) oppervlaktewater individuele stofgehalten tot op grenswaarde- of (indicatieve)MTR-niveau te detecteren. Het MTR-niveau wordt echter berekend uit de stofconcentraties die in *chronische* toxiciteitstesten (net) géén negatieve effecten veroorzaakten (NOEC-waarden), terwijl de geselecteerde lab-bioassays en de biologische bewakingssystemen uitgaan van *acute* effecten. Het is derhalve niet verwonderlijk dat deze biomonitoringstechnieken niet in staat lijken om MTR-niveaus te detecteren. Dit geldt ook voor de grenswaardenniveaus omdat deze in principe gelijk of lager zijn dan de MTR-niveaus. Misschien is detectie tot deze niveaus wel mogelijk door de gecombineerde werking (combinatietoxiciteit) van meerdere stoffen met een zelfde werkingsmechanisme, bijvoorbeeld in geval van een mengsel van verschillende organofosforbestrijdingsmiddelen.

Actieve biomonitoringstechnieken worden tot nu toe nog beperkt toegepast door de waterkwaliteitsbeheerders. De beheerders die wel al gebruik maken van deze technieken geven aan dat een beoordeling van oppervlaktewater uitsluitend op basis van chemische analyses tekort schiet en zijn overtuigd van de toegevoegde waarde van biomonitoringstechnieken.

1 INLEIDING

1.1 (Bio)monitoring van probleemstoffen

In veel watersystemen vormt het voorkomen van hoge concentraties aan zware metalen en/of bestrijdingsmiddelen een probleem (CUWVO, 1994). Zo overschreden in 1993 kwik en zink op 60% van de onderzochte (regionale) locaties de grenswaarde en was dat voor koper zelfs op 90% van de locaties. Ook cadmium en nikkel kwamen regelmatig boven de grenswaarde voor. Van de op de M-lijst voorkomende bestrijdingsmiddelen (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1989) overschreden vooral lindaan en cholinesteraseremming veelvuldig de grenswaarde in water. Ook van een groot aantal andere gemeten bestrijdingsmiddelen werden overschrijdingen van de grenswaarde waargenomen.

In Nederland worden alleen de op de M-lijst voorkomende stoffen regelmatig chemisch gemeten. Zeer veel bestrijdingsmiddelen worden echter niet of slechts incidenteel gemeten, omdat ze als I-lijst stof zijn aangemerkt (alleen inventariserende metingen) of omdat het nieuwe verbindingen betreft. Voor veel middelen is bovendien het meten op zich al een probleem, omdat ze met de beschikbare detectieapparatuur (nog) niet kunnen worden geanalyseerd. Ook vanwege de hoge kosten die het met zich meebrengt, levert het kunnen meten van het gehele scala aan in het Nederlandse oppervlaktewater potentieel voorkomende verbindingen grote problemen op.

Los van het feit dat de chemische monitoring van alle, potentieel voorkomende verontreinigende stoffen nauwelijks haalbaar is, leveren resultaten van chemische analyses geen informatie over:

- interacties tussen verontreinigende stoffen - omdat het in oppervlaktewateren meestal om mengsels van verschillende typen verbindingen gaat, kan combinatietoxiciteit optreden of kunnen er chemische interacties tussen de stoffen bestaan;
- risico's van de aangetroffen verontreinigingen voor het ecosysteem - gegevens over de toxiciteit zijn van slechts een beperkt aantal verbindingen bekend, evenals informatie over opname, verspreiding, afbraak e.d.; op grond van chemische gegevens is de vraag: "Hoe gezond is mijn watersysteem?", dus niet te beantwoorden.

Gezien de hierboven geschetste problemen m.b.t. de chemische monitoring van verontreinigende stoffen, bestaat er in toenemende mate behoefte aan het inzetten van biologische testsystemen om de aanwezigheid van probleemstoffen in het oppervlaktewater te kunnen beoordelen (o.a.: Gezondheidsraad, 1994; Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1989 en 1995). Ook in het kader van de vergunningverlening op grond van de WVO is het te verwachten dat biomonitoringstechnieken een meer vooraanstaande rol zullen gaan spelen. Daarbij gaat het zowel om de controle van verleende vergunningen als om het vaststellen van vergunningsvoorwaarden voor het lozen van afvalwater. Bij de onlangs door het RIZA voorgestelde TEM-methodiek (= Totaal Effluent Milieubezwaarlijkheid) wordt afvalwater niet alleen getoetst aan chemische parameters (concentraties), maar ook aan biologische effectparameters (Tonkes & Botterweg, 1994).

De toenemende aandacht voor het inzetten van biologische testsystemen bij de bepaling van de water(bodem)kwaliteit beperkt zich niet alleen tot Nederland. Ook vanuit de Europese Unie wordt het belang hiervan ingezien, getuige het voorstel voor een richtlijn met betrekking tot het meten en monitoren van de ecologische waterkwaliteit (Commission of the European Communities, 1993). Voorts is de Europese Unie medefinancier geweest van een door een groot aantal Nederlandse instituten uitgevoerd onderzoek naar de laatste stand van zaken betreffende de monitoring van de waterkwaliteit (wereldwijd). Dit onderzoek, met als hoofdtitel "Monitoring Water Quality in the future" heeft geresulteerd in een reeks van 5 rapporten en een uitgebreide samenvatting (Villars, 1995). Biologische monitoringstechnieken komen uitgebreid aan de orde in de rapporten 3 (Biomonitoring: Zwart, 1995) en 4 (Monitoring strategies for complex mixtures: Tonkes et al., 1995). Ook door de grote wereldwijde organisaties, zoals de UNEP, FAO, UNESCO etc. wordt het

belang van biologische monitoring onderkend. Zo is voor het mariene milieu een leidraad verschenen voor het gebruik van biologische effectparameters bij het bepalen van de toestand van het ecosysteem (GESAMP, 1995).

Het onderzoek naar biologische technieken om de waterkwaliteit te beoordelen heeft de laatste jaren een enorme vlucht genomen. Daarbij gaat de aandacht vooral naar de ontwikkeling van actieve biomonitoringstechnieken (zie 1.2 en begrippenlijst voor begrippenkader en definities), zoals toxiciteitstesten (bioassays) en biologische bewakingssystemen (Biological Early Warning Systems- BEWS). Uit diverse overzichten blijkt dat er inmiddels zeer veel testen en meetsystemen beschikbaar zijn (Willemsen et al., 1995; Bund/Länder-Projectgruppe 'Wirkungstests Rhein', 1995; Jong & Bergema, 1994; Zimmer, 1993). Het is echter nog niet voor alle specifieke situaties bekend welke techniek(en) het beste kan (kunnen) worden ingezet.

Bij de Nederlandse waterbeheerders bestaat een grote behoefte aan praktische, biologische testsystemen voor het beoordelen van de actuele kwaliteit van het oppervlaktewater. Om aan deze behoefte tegemoet te komen is één van de door de STOWA geëntameerde projecten¹, van het in 1995 gestarte onderzoeksprogramma gericht op de biologische monitoring van verontreinigingen in watersystemen.

1.2 Begrippenkader

1.2.1 Inleiding

Voor het begrip 'biologische monitoring' of kortweg 'biomonitoring' zijn veel definities gangbaar. Door de Coördinatie-Commissie voor Metingen in het Milieu (CCRX) wordt de volgende definitie gehanteerd: "Monitoring van stoffen in plant en dier en de effecten van stoffen en andere antropogene factoren op het ecosysteem" (CCRX, 1994). Specifieker voor dit onderzoek is echter de volgende definitie: "Stelselmatig gebruik maken van een biologische respons om (in het algemeen door de mens veroorzaakte) veranderingen in het milieu te detecteren met als doel het gebruiken van deze informatie voor waterkwaliteitsbeheer" (Rosenberg & Resh, 1993). De functie van biomonitoring is in dit geval het signaleren en controleren ten behoeve van concrete doelstellingen van het natuur- en milieubeleid (CCRX, 1994). Biomonitoring kan dan een rol spelen bij de volgende activiteiten (Zwart, 1995; Zwart & Trivedi, 1995):

Signaleren:

- monitoren van de (oppervlakte)waterkwaliteit en het waarnemen van trends in deze kwaliteit. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van een stofgerichte en/of effectgerichte benadering of een combinatie van beiden;
- monitoren van de stroom (mass flow) van verontreinigingen in oppervlaktewater en effluenten;
- detectie van, en vroege alarmering (early warning) bij de aanwezigheid van verontreiniging(en);

Controleren:

- beoordelen of voldaan wordt aan de gestelde normen voor de waterkwaliteit.

1.2.2 Typen biomonitoring

Afhankelijk van de activiteit (doelstelling) wordt gebruik gemaakt van een (of een combinatie) van de volgende vier typen van biomonitoring:

¹ Zie het overzicht van lopend STOWA-onderzoek in 'Het Waterschap' nr. 16 (Stamperius & Wentholt, 1996).

- I *bioaccumulatiemonitoring*: het meten/detecteren van chemische stoffen in biologisch materiaal;
- II *toxiciteit- of effectmonitoring*: het meten/detecteren van de directe (biologische) respons van individuen op toxicanten. Dit omvat bioassays (in het laboratorium of in het veld), biologische bewakingssystemen (biomonitoren), maar ook waargenomen effecten in het veld, zoals het optreden van massale vissterfte e.d.;
- III *ecosysteemmonitoring*: het meten van de integriteit van levensgemeenschappen en ecosysteemprocessen. Dit omvat inventarisaties van de soortensamenstelling, dichtheid, diversiteit, aanwezigheid van indicatorsoorten, ecologische indices etc.
- IV *mutageniteitmonitoring*: het beoordelen van het oppervlaktewater op de aanwezigheid van mutagene of genotoxische stoffen.

Verder kan een onderverdeling worden gemaakt in *actieve* en *passieve* monitoring.

Van *actieve* monitoring is sprake wanneer gebruik wordt gemaakt van een experimentele opstelling. Deze kan worden gebruikt in het veld en/of in het laboratorium. In het laatste geval wordt een monster van het te monitoren oppervlaktewater getransporteerd naar het laboratorium. Van *passieve* monitoring is sprake wanneer uitsluitend gebruik wordt gemaakt van de in het veld aanwezige organismen zonder daarbij gebruik te maken van een van tevoren geïntroduceerde experimentele opstelling.

In tabel 1 worden van ieder van de hierboven beschreven biomonitoringtypen praktijk-voorbeelden gegeven. In de voor dit onderzoek gehanteerde definitie voor biomonitoring (zie hierboven) staat de term '*biologische respons*' centraal. Deze respons heeft betrekking op drie niveaus:

- *organismaal*: gebruik makend van (delen van) individuele organismen;
- *populatie*: gebruik makend van een groep van organismen van dezelfde soort;
- *levensgemeenschap*: gebruik makend van een combinatie van verschillende populaties.

Tabel 1 Voorbeelden van diverse typen van biomonitoring (zie begrippenlijst voor exacte definities).

	actief	passief
bioaccumulatiemonitoring	Uithangen van driehoeksmosselen in het veld en na een bepaalde blootstellingsduur weer verzamelen en interne concentraties van toxicanten bepalen.	Vangen van vissen in het veld en daarna het bepalen van de interne concentraties van toxicanten of afbraakproducten daarvan.
toxiciteit- of effectmonitoring	Het uitvoeren van (toxiciteit)testen (bijv. watervlooiën in korfjes, bioassays in het lab. etc.) of gebruiken van biologische bewakingssystemen in het veld (biomonitoren).	Beoordelen van gedrag van dieren in het veld (bijv. vluchtgedrag). Waarnemen van massale sterfte van vissen na calamiteiten. Inventarisatie van aantal muggelarven met kaakmisvormingen
ecosysteemmonitoring	Uithangen van kunstmatig substraat (bijv. korfjes met knikkers of microscoop-glaasjes) en na bepaalde tijd weer bovenhalen en daarna inventariseren van de aanwezige organismen.	Inventariseren van de dichtheden van muggelarven in het veld. Analyse macrofaunasamenstelling. Maken van vegetatie-opnamen.
mutageniteitmonitoring	Ames-test, SOS-Chromotest etc.	Onderzoek van vissen op de aanwezigheid van gezwellen.

In tabel 2 wordt voor deze drie niveaus aangegeven van welke typen van biologische respons gebruik kan worden gemaakt voor biologische monitoring. Ook worden per type enige voorbeelden van eindpunten aangegeven.

Tabel 2 Niveaus en typen van respons en eindpunten waarvan gebruik wordt gemaakt bij biologische monitoring (zie ook Rosenberg & Resh, 1993).

niveau	type	biologische respons
		mogelijke eindpunt(en)
organismaal	biochemisch	metabolische activiteit, enzym activiteit, RNA-, DNA-, aminozuur- en eiwitgehalte, ionenregulatie, biomarkers (bijv. cytochroom P450-inductie, metallothioneïne productie)
	fysiologisch	hartslag, bio-electrische potentiaal, respiratie (bijv. O ₂ consumptie)
	morfologisch	misvormingen
	gedrag	afwijkingen van 'normaal' gedrag
	levensgeschiedenis	overleving/mortaliteit, groei/ontwikkeling, reproductie
	bioaccumulatie	hoeveelheid verontreiniging in organisme
populatie	levensgeschiedenis	(intrinsieke) populatiegroeisnelheid
	populatiegrootte	abundantie indices (diverse)*
levensgemeenschap	verhouding tussen (functionele) groepen	vergelijkende indices (diverse)*
	diversiteit	diversiteitindices (diverse)*
	functioneren systeem	biotische indices (diverse)*

*: Zie overzichten in Rosenberg & Resh, 1993.

1.2.3 Typen actieve biomonitoring

Continue en semi-continue technieken (biologische bewakingssystemen):

De ontwikkeling van biologische bewakingssystemen voor actieve biomonitoring in grote wateren is in een versnelling geraakt na het 'Sandoz-Rijn-ongeval' in 1986. Biologische bewaking wordt zowel toegepast in oppervlaktewater als effluenten. In Nederland vindt praktische toepassing ervan vooral plaats bij (semi)overheidsinstanties. Zo wordt het Rijn- en Maaswater bij binnenkomst in ons land voortdurend gemonitord met biologische bewakingssystemen. Tot nu toe wordt hiervoor bij de Rijkswaterstaat meetstations van Lobith (Rijn) en Eijsden (Maas) gebruik gemaakt van systemen met vissen en watervlooien (DBW/RIZA, sine anno).

In biologische bewakingssystemen wordt op geautomatiseerde wijze de fysiologische of gedragstoestand gemeten van specifieke organismen. Hiervoor worden de organismen zowel in *doorstroom*- ('flow-through') als *statische* (periodieke inname van oppervlaktewater of effluent) systemen respectievelijk *continu* of *semi-continu* aan het water blootgesteld. Plotselinge veranderingen in de water- of effluentkwaliteit worden gedetecteerd doordat een bepaalde (mate van) biologische respons optreedt. Wanneer deze respons teveel afwijkt van de 'normale toestand', dan wordt een *alarm*- of *drempelwaarde* overschreden en wordt een alarmsignaal afgegeven. In vrijwel alle biologische bewakingssystemen bevindt zich een computer die de meetwaarden registreert en verwerkt. Veel systemen beschikken ook over een mogelijkheid om de meetgegevens

via een *on-line* verbinding naar een centrale computer door te geven. Hierdoor kunnen de meetgegevens (van bijvoorbeeld meerdere systemen) uit het veld direct op één centrale plaats worden verwerkt en geïnterpreteerd.

Omdat biologische bewakingssystemen (vrijwel) *direct* reageren op plotselinge veranderingen in de waterkwaliteit worden ze in het Engels aangeduid met de term 'Biological Early Warning Systems' (BEWS). Niet voorziene lozingen of andere calamiteiten kunnen met behulp van deze technieken tijdig worden opgemerkt zodat directe acties mogelijk zijn om effecten zoveel mogelijk te voorkomen of te beperken. Een alarmsignaal vormt in de meeste gevallen de aanleiding tot een nader onderzoek naar de werkelijke oorzaak van het alarm. Als deze wordt gevonden kan dat bijvoorbeeld leiden tot een verbod op lozingen door bepaalde bedrijven of instituten. Biologische bewakingssystemen worden daarom toegepast in de buurt van lozingspunten of nabij innamepunten van ruw water voor de bereiding van drinkwater of voor proceswater. De systemen kunnen bijvoorbeeld ook worden toegepast bij inlaatpunten voor boezemwater.

Juist in oppervlaktewater is sprake van een mengsel van vele stoffen, waaronder toxische. Het afzonderlijk meten van al deze stoffen op fysisch-chemische wijze is niet mogelijk. Omdat ieder organisme specifiek gevoelig is voor bepaalde stoffen of stofgroepen is het ook niet mogelijk om met slechts één biologisch bewakingssysteem de kwaliteit van het oppervlaktewater betrouwbaar te bewaken. Dit is ook een van de conclusies uit een grootschalig Duits onderzoek (uitgevoerd door de projectgroep 'Wirkungstests Rhein') waarin ca. 20 bestaande bewakingssystemen met behulp van o.a. bacteriën, algen, watervlooien, mosselen en vissen werden geëvalueerd op een groot aantal criteria (Bund/Länder-Projektgruppe 'Wirkungstests Rhein', 1995). De evaluatie wees uit dat alleen als een *testbatterij* van tegelijkertijd werkende technieken (gebaseerd op verschillende soorten en biologische responstypen) wordt ingezet een brede range van toxicanten kan worden gedetecteerd.

Discontinue technieken (lab- en veldbioassays)

Continue biologische bewaking is zinvol bij wateren die in kort tijdsbestek van kwaliteit kunnen wisselen. Wanneer dit niet het geval is, of wanneer dit vanwege de relatief hoge kosten niet haalbaar of verdedigbaar is, kunnen *discontinue* technieken worden gebruikt. Discontinue technieken betreffen biomonitoringstechnieken waarbij in een bepaalde periode de kwaliteit van het water (oppervlaktewater, poriewater of effluent) éénmalig wordt beoordeeld (bijvoorbeeld 1 maal per maand of kwartaal). Hiervoor kunnen testorganismen zowel in het laboratorium (lab-bioassay) of in het veld (veldbioassay) worden blootgesteld aan het water. Met lab-bioassays wordt de actuele waterkwaliteit op één bepaald tijdstip beoordeeld, namelijk op het tijdstip van de bemonstering. Bij veldbioassays worden organismen gedurende een bepaalde tijd (bijv. 1 week) in het veld blootgesteld. Aangezien meestal alleen aan het einde van deze periode naar het effect van deze blootstelling wordt gekeken, is hier geen sprake van een continue techniek. Het resultaat van een veldbioassay zegt iets over de gemiddelde kwaliteit van het water gedurende de blootstellingsperiode. Plotselinge verslechtingen in de waterkwaliteit worden wel gedetecteerd, maar het is niet mogelijk om aan te geven wanneer deze optrad. Zo kunnen in de veldbioassay met watervlooien de organismen al aan het begin van de blootstellingsperiode sterven, bijvoorbeeld als gevolg van een plotseling hoge concentratie van een toxicant. Het is mogelijk dat deze toxicant aan het einde van de periode niet meer (in verhoogde mate) chemisch kan worden gedetecteerd. Wanneer niet continu chemisch wordt gemonitord, wat vrijwel altijd het geval is, kan zowel het tijdstip als de directe oorzaak van de sterfte niet meer aannemelijk worden gemaakt.

1.3 Afbakening van het project

Bij de start van dit project zijn in overleg met de begeleidingscommissie de volgende keuzen gemaakt:

- De selectie van biomonitoringstechnieken (-methoden) wordt gericht op gangbare en kosten-effectieve technieken met een in de praktijk bewezen gevoeligheid voor zware metalen en/of bestrijdingsmiddelen;
- De nadruk ligt daarbij op *toxiciteit- of effectgerichte* biomonitoringstechnieken, *i.e.* technieken waarmee directe effecten van stoffen op het aquatische milieu kunnen worden bepaald;
- Op het gebied van de passieve biomonitoringstechnieken, *i.e.* technieken waarbij wordt gekeken naar (de samenstelling van) in het veld aanwezige organisme(groep)e(n), is de aandacht vooral gericht op het inventariseren van zogenaamde *indicatorsoorten* voor zware metalen en bestrijdingsmiddelen. Op het niveau van populaties en levensgemeenschappen is gezocht naar eenduidige relaties tussen verontreinigingen en effecten;
- In het project gaat het om technieken voor de biologische monitoring van *oppervlaktewateren*; effluentmonitoring valt dus buiten het bestek van dit project. Voor de geselecteerde technieken zal echter wel worden aangegeven welke typen monsters nog meer kunnen worden gemonitord (bijv. waterbodem, poriewater e.d.);
- Tijdens de uitvoer van dit project wordt rekening gehouden met bruikbare gegevens of resultaten uit andere relevante (inter)nationale projecten (in uitvoering of gereed), zodat eventuele overlap zoveel mogelijk wordt voorkomen.

1.4 Doelstelling van het project

De doelstelling van het project is het ontwikkelen van een keuzesysteem (protocol) waarmee waterbeheerders voor specifieke situaties technieken kunnen selecteren (en toepassen) voor de biologische monitoring van bestrijdingsmiddelen en zware metalen in oppervlaktewateren. Het keuzesysteem richt zich op het toepassen van technieken waarmee directe effecten van verontreinigingen kunnen worden aangetoond en waarmee dus een *actuele risicobeoordeling* mogelijk is.

Gestreefd wordt naar de ontwikkeling van een protocol dat bij de volgende monitoringactiviteiten (zie 1.2) kan worden ingezet:

- monitoren van de actuele waterkwaliteit en het waarnemen van trends in deze kwaliteit,
- detectie van, en vroege alarmering bij de aanwezigheid van verontreiniging(en),
- en (in de toekomst) beoordelen of voldaan wordt aan de gestelde normen voor de waterkwaliteit.

In het eerste, voorliggende inventarisatierapport worden de resultaten van een literatuur- en database-onderzoek naar de bestaande passieve en actieve biomonitoringstechnieken beschreven. Tevens bevat dit rapport de resultaten van een enquête onder Nederlandse regionale waterkwaliteitsbeheerders, waarin is gevraagd naar de ervaringen en wensen met betrekking tot de biomonitoring van zware metalen en bestrijdingsmiddelen in oppervlaktewater. Verder zijn in dit inventarisatierapport de technieken geselecteerd die deel uit maken van het protocol, waarmee waterbeheerders situatiespecifiek de meest geschikte biomonitoringstechniek kunnen selecteren en toepassen. Dit protocol wordt beschreven in het tweede rapport, waarin ook de resultaten worden geëvalueerd van enkele waterkwaliteitsbeheerders die een aantal van de geselecteerde technieken in praktijk hebben toegepast.

1.5 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 gaat in op de resultaten van het literatuur- en database-onderzoek. Niet alleen wordt aangegeven hoe dit is uitgevoerd, maar ook wordt in samengevatte vorm een overzicht van de aangetroffen technieken of testen weergegeven. Verder worden de criteria voor een eerste selectie (eerste selectieronde) van meest bruikbare actieve biomonitoringstechnieken besproken.

In hoofdstuk 3 worden de actieve biomonitoringstechnieken die overblijven na de eerste selectieronde besproken en bediscussieerd.

In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de ervaring en het gebruik van actieve biomonitoringstechnieken door Nederlandse waterkwaliteitsbeheerders, aangevuld met de ervaringen van enkele overige Nederlandse instellingen. Verder wordt een overzicht gegeven van de metalen en bestrijdingsmiddelen die het meest problematisch zijn.

In hoofdstuk 5 worden via een tweede en derde selectieronde de 10 beste technieken geselecteerd, die de basis vormen voor het protocol.

In hoofdstuk 6 wordt bediscussieerd in hoeverre deze technieken daadwerkelijk geschikt lijken. Verder wordt een overzicht gegeven van enige recente, nieuwe technieken en wordt enige mogelijke toekomstige ontwikkelingen ten aanzien van actieve biomonitoring geschetst.

Het tekstuele deel van het rapport wordt afgesloten met de conclusies (hoofdstuk 7). Een begrippenlijst (8), de literatuurverwijzingen (9) en de bijlagen completeren dit inventarisatierapport.

2 BIOMONITORINGTECHNIEKEN VOOR OPPERVLAKTEWATEREN

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten gegeven van een inventarisatie van technieken en testen voor de biologische monitoring van oppervlaktewateren. Daarbij is een onderscheid gemaakt in 'actieve' en 'passieve' technieken of testen (*zie* begrippenlijst voor definities) en is de aandacht vooral gericht op de effectgerichte monitoring van zware metalen en bestrijdingsmiddelen.

2.2 Methode

Verzamelen van de gegevens

Om een overzicht te krijgen van de gangbare en veelbelovende technieken voor de biomonitoring van zware metalen en bestrijdingsmiddelen in oppervlaktewateren en waterorganismen die deze stoffen indiceren, is gebruik gemaakt van literatuur (vooral 'review' studies), databases (DATATOX, on-line databestanden) en informatie van deskundigen en producenten. Voorts is, waar nodig, gebruik gemaakt van de expertise en meetgegevens van (regionale) waterkwaliteits-beheerders. Meer specifiek betrof het de volgende bronnen:

- Literatuur die werd aangereikt door leden van de begeleidingscommissie;
- Informatie afkomstig uit de bibliotheek van AquaSense, bestaande uit: diverse publikaties en artikelen, informatie van bijeenkomsten en cursussen en informatie verzameld bij "the Sixth International Symposium Toxicity Assessment and On-Line Monitoring", gehouden in 1993 in Berlijn;
- Informatie ingewonnen bij deskundigen van onder meer het RIZA, RIVM, IBN/SC-DLO en de Universiteit van Amsterdam (bezoekt en/of telefonisch benaderd);
- Informatie ingewonnen via een enquête die werd toegestuurd aan circa 40 leveranciers en/of ontwikkelaars van biomonitoringstechnieken. De vragenlijst (Survey form) is opgenomen als bijlage 1;
- Literatuur die werd gevonden na een on-line zoekactie in de ECHO (van Europese Unie) bestanden Cordis en Eureka. Hierbij werd gezocht naar eventuele EU-projecten die betrekking hebben op biomonitoring, biosensors, bioassays enz. (als zoekterm werd 'Toxic*' gebruikt);
- Literatuur die werd gevonden na een on-line zoekactie in de STN (Scientific & Technical Information Network) databestanden AquaScience, Biosis, LifeScience en PolluAbstracts. De zoekactie was gericht op literatuur vanaf 1993 en op de termen: biosensor, biomonitor, biological (early) warning, (micro)biotest, (biological) indicator en bioindicator. Dit resulteerde in totaal in 51 literatuurverwijzingen;
- Literatuur die werd gevonden na een (op verzoek uitgevoerde) zoekactie in de 'Hydrotheek' van de STOWA. Hierbij werd gezocht met de zoektermen: biosensor, bioindicator, biomonitor, bioassay en biologische indicator;
- Aquatische toxiciteitgegevens afkomstig uit het databestand DATATOX (Murhy & Balogh, 1993).

Verder is, voor zover (reeds) beschikbaar, gebruik gemaakt van de gegevens afkomstig uit verwante STOWA-projecten.

Verwerking van gegevens

Alle verzamelde gegevens zijn verwerkt in een tweetal spreadsheets (in Excel-format). Hiervoor is gekozen omdat hiermee de data makkelijk kunnen worden gemanipuleerd (sorteren, selecteren, wijzigen, eenvoudige statistische bewerkingen, genereren van overzichten etc.).

De gegevens zijn verzameld in de spreadsheets:

- 'ACTIEF.XLS': hierin is alle informatie over de *actieve* biomonitoringstechnieken opgenomen;
- 'PASSIEF.XLS': hierin is alle informatie over de *passieve* biomonitoringstechnieken opgenomen.

De volledige spreadsheets zijn te groot om als papierversie in deze rapportage op te nemen. Beide spreadsheets zijn derhalve op diskette op verzoek bij de STOWA verkrijgbaar. Hierna wordt volstaan met het geven van samenvattende informatie.

2.3 Actieve biomonitoringstechnieken

2.3.1 Resultaten van de inventarisatie

In bijlage 2 wordt de opbouw van het spreadsheet 'ACTIEF.XLS' weergegeven met de acute algentest (eerste techniek in het spreadsheet) als voorbeeld. Voor zover beschikbaar of kon worden geïnventariseerd zijn per techniek de volgende gegevens opgenomen:

- Met betrekking tot de *technieken* is o.a. informatie opgenomen over: type monitoring, doelstelling monitoring, (semi)continu of discontinu systeem, toepassingsgebied, opzet, praktische inzetbaarheid, reproduceerbaarheid, wijze van interpretatie resultaten en kosten. De technieken worden onderscheiden op basis van tabel 1 en 2 (zie 1.2.2);
- Met betrekking tot de *organismen* is o.a. informatie opgenomen over: soortnaam, biologisch integratie niveau (cel/individu/populatie), trofisch niveau, effectparameter, zoet- of zoutwaterorganisme, gevoeligheid voor specifieke stoffen, randvoorwaarden en milieuomstandigheden;
- Informatie over wie (met name in Nederland) *gebruik* maakt, of ooit heeft gemaakt, van de betreffende techniek.

De inventarisatie van actieve biomonitoringstechnieken heeft geresulteerd in 116 verschillende technieken (tabel 3). Naast een indeling naar het monitoringtype (zie ook tabel 1) zijn de technieken ingedeeld naar het trofieniveau van het (de) gebruikte organisme(n) (producent, consument, destruent). Als aparte categorie zijn technieken voor het bepalen van de mutageniteit opgenomen. Voor een uitgebreider overzicht van de 116 technieken met een verwijzing naar de corresponderende plaats in spreadsheet 'ACTIEF.XLS' wordt verwezen naar bijlage 3. Het grootste deel van deze 116 technieken (95%) betreft technieken voor toxiciteit- of effectmonitoring. Hieronder vallen zowel de lab- en veldbioassays als de biologische bewakingssystemen (biomonitoren).

Tabel 3 Samenvattend overzicht van alle geïnventariseerde actieve biomonitoringstechnieken (type monitoring: B = bioaccumulatie, E = ecosysteem, = toxiciteit of effect, M = mutageniteit).

Type monitoring:	Lab-bioassays			Veldbioassays			Biologische bewakingssystemen	Totaal
	B	T	M	B	E	T	T	
<i>Producenten</i>								
Algen	-	5	-	-	-	-	5	10
Periphyton	-	-	-	-	1	-	-	1
Hogere planten	-	2	-	-	-	1	1	4
<i>Destruenten</i>								
Bacteriën	-	18	5	-	-	-	12	35
Micro-organismen	-	-	-	-	-	-	2	2
<i>Consumenten</i>								
Protozoa	-	2	-	-	-	-	-	2
Poliepen	-	1	-	-	-	-	-	1
Raderdieren	-	3	-	-	-	-	-	3
Nematoden	-	2	-	-	-	-	-	2
Mosselen	-	1	-	1	-	-	3	5
Oligochaeten	1	1	-	-	-	-	-	2
Kreeftachtigen	1	12	-	-	-	2	2	17
Insecten	1	3	-	-	-	1	1	6
Vissen	1	6	-	-	-	-	13	20
Amfibieën	-	4	-	-	-	-	-	4
Zoogdieren	-	1	-	-	-	-	-	1
Gemeenschappen	-	-	-	-	1	-	-	1
Totaal	4	61	5	1	2	4	39	116

2.3.2 Discussie

Algemeen

Met betrekking tot de (meeste) geïnventariseerde technieken voor de actieve biomonitoring van verontreinigingen in oppervlaktewateren kunnen de volgende kanttekeningen worden geplaatst:

- Een techniek kan alleen zinvol worden ingezet als een gevonden effect kan worden afgezet tegen een referentie/controlewaarde;
- In situaties waar sprake is van een sterke wisselende stoffensamenstelling van het oppervlaktewater is het gebruik van biologische bewakingssystemen (biomonitoren) alleen zinvol als daarbij gebruik wordt gemaakt van een testbatterij met verschillende trofische niveaus;
- Het is meestal niet mogelijk gebleken om technieken direct met elkaar te vergelijken: ieder systeem heeft specifieke kwaliteiten voor specifieke toepassingen. De selectie van een bepaalde techniek is afhankelijk van de gewenste toepassing;
- Pas na een intensieve testperiode kan worden uitgemaakt of een nieuw bewakingssysteem beter is dan een bestaand en reeds toegepast systeem (Hendriks, 1993);
- Er zijn zeer veel technieken in ontwikkeling (instituten/universiteiten). Binnen dit project is het niet mogelijk om daarvan de volledige 'state-of-the-art' weer te geven.

Eerste selectie van meest bruikbare technieken

Op basis van het spreadsheet, de inventarisatie van gebruikers en/of ontwikkelaars (zie bijlage 1: 'Survey form'), de overige verzamelde gegevens én expert judgement is uit de 116 geïnventariseerde actieve biomonitoringstechnieken een eerste selectie gemaakt van de meest bruikbare technieken. Technieken die hierbij zijn geselecteerd voldoen aan het volgende criterium:

1. Er is ervaring met deze techniek in Nederland:

De techniek of test wordt of is ooit door een Nederlandse waterbeheerder of door een andere instantie gebruikt in Nederland. Hierbij zijn technieken waarbij eerst gebruik is gemaakt van een techniek om het oppervlaktewater te concentreren (bijvoorbeeld met behulp van XAD-hars) buiten beschouwing gelaten omdat de toepassing van dit soort technieken in combinatie met ecotoxiciteitmetingen nog volop in ontwikkeling is (bijvoorbeeld bij RIVM, RIZA en KIWA). Deze technieken zijn dus op dit moment nog niet geschikt voor algemene, routinematige toepassing door de waterkwaliteitsbeheerders²;

Deze selectie is vervolgens aangevuld met technieken die voldoen aan het tweede criterium:

2. Techniek is nieuw, maar veelbelovend:

De techniek of test is nieuw en wordt als veelbelovend aanbevolen in (inter)nationale review publikaties.

Deze selectie (criterium 1 aangevuld met 2) heeft geleid tot 31 actieve biomonitoringstechnieken. Dit zijn de eerste 31 technieken zoals weergegeven in spreadsheet 'ACTIEF.XLS'. Deze technieken worden in hoofdstuk 3 uitvoerig besproken.

2.4 Passieve biomonitoringstechnieken

2.4.1 Resultaten van de inventarisatie

Tijdens de inventarisatie bleek dat het lastig of onmogelijk is om met behulp van de passieve technieken een directe relatie te leggen met de aanwezigheid van specifieke toxicanten. In overleg met de begeleidingscommissie is dan ook besloten om voor het opstellen van het protocol alleen uit te gaan van actieve biomonitoringstechnieken en de inventarisatie van 'passieve monitoringstechnieken' niet veel verder uit te werken. In het kader van de inventarisatie zijn in het voortraject wel al 101 passieve technieken verzameld. In dit rapport wordt volstaan met een verwijzing naar de op diskette verkrijgbare spreadsheet 'PASSIEF.XLS' en een algemene overzichtstabel (tabel 4).

Er bestaan erg veel verschillende passieve technieken (101). De meest gebruikte organismen zijn insecten (27%). Het grootste deel van de technieken is gericht op het monitoren van het ecosysteem (43%) waarbij meestal gebruik wordt gemaakt van indices (23 van de 43 technieken). Deze indices zijn gericht op een of meer van de volgende punten:

1. Indicatorsoorten (aan-/afwezigheid/abundantie);
2. Gemeenschapsrijkdom (aantal taxa);
3. Gemeenschapsabundantie (populatiegrootte);
4. Gemeenschapsgelijkheid (verhouding tussen groepen);
5. Gemeenschapsdiversiteit (combinatie van 1-4);
6. Biotische indices (combinatie van 1-5).

² Om deze reden is bijvoorbeeld de Ames-test (zie bijlage 3, techniek nr. 36) niet terug te vinden in de selectie van technieken. Deze test wordt wel al meer dan 10 jaar, frequent gebruikt voor het monitoren van de mutageniteit van XAD-geconcentreerd Rijn- en Maas-oppervlaktewater (zie bijv. Noij & Meerkerk (red.), 1995).

Tabel 4 Samenvattend overzicht van alle geïnventariseerde passieve biomonitoringstechnieken.

Soort	Type monitoring			Totaal
	bio-accumulatie	ecosysteem	toxiciteit of effect	
Algen	-	1	-	1
Periphyton	-	1*	1*	1
Macrofyten	-	1*	1*	1
Sponzen	-	1*	1*	1
Poliepen	-	1*	1*	1
Zoöplankton	-	1	-	1
Tweekleppigen	6	1	6	13
Gastropoda	1	-	1	2
Oligochaeten	1	-	2	3
Kreeftachtigen	4	2	6	12
Watermijten	-	1	-	1
Insecten	7	8	12	27
'Macrofauna'	-	1	-	1
Amfibieën	-	-	1	1
Vissen	3	1	5	9
Vogels	2	-	1	3
Indices	-	23	-	23
Totaal	24	43	38	101

*: techniek kan in twee categorieën ingedeeld worden naar gelang het gebruik

2.4.2 Discussie

Met betrekking tot de (meeste) geïnventariseerde technieken voor de passieve biomonitoring van verontreinigingen in oppervlaktewateren kunnen de volgende opmerkingen worden geplaatst:

- Interpretatie van verzamelde monsters is, buiten het voorkomen van vervuiling, sterk afhankelijk van de heersende omgevingsfactoren (verzuring, verdroging, eutrofiëring). Dit kan de interpretatie lastig maken;
- Een directe relatie met gehalten van metalen en/of bestrijdingsmiddelen is voor sommige indicatorsoorten alleen in het laboratorium aangetoond (actieve biomonitoring). In de tot nu toe geïnventariseerde literatuur zijn nog geen gevallen tegengekomen waarbij in het veld sprake was van een duidelijke oorzaak-effect-relatie;
- Om interpretatiefouten te beperken is het maken van een vergelijking met referenties een noodzaak;
- Relatief niet-mobiele organismen blijken veelal de meest betrouwbare indicatoren te zijn. Vooral de benthische macrofauna heeft een aantal kenmerken waardoor het bij uitstek geschikt is voor gebruik als biologische indicator voor vervuiling.

In het algemeen kunnen passieve biomonitoringstechnieken worden aangeduid als technieken waarbij een veldinventarisatie, een analyse of verwerking van de verzamelde monsters of gegevens alsmede een interpretatie noodzakelijk is. Er is dus vooral sprake van 'beschrijvende' technieken. Er wordt aangegeven hoe de situatie of toestand ter plekke is. Meestal wordt dit dan vergeleken met een bepaalde klasse- of kwaliteitsindeling of met een bepaald referentie- of streefbeeld. De veranderingen in deze toestand geven een indruk van de lange termijn ontwikkelingen in de waterkwaliteit. Afhankelijk van de uiteindelijke resultaten kan tot bepaalde ingrepen of maatregelen worden overgegaan om deze lange termijn ontwikkeling te beïnvloeden.

Passieve technieken zijn dus zeer geschikt voor het beoordelen van de lange termijn ontwikkelingen in de kwaliteit van watersystemen. Ook andere specifieke kenmerken van

watersystemen kunnen hiermee op uitstekende wijze worden achterhaald, zoals bijvoorbeeld de aanwezigheid van kwelindicatoren. Met uitzondering van de actieve ecosysteemmonitoringstechnieken (zie tabel 1) schieten de actieve biomonitoringstechnieken hierin tekort. De toepassing van passieve technieken mag daarom niet uit het oog worden verloren. De toepassing van een bepaalde techniek (actief of passief) hangt af van de vraag of doelstelling. Aan de hand van de verzamelde informatie zal de waterbeheerder zelf tot een afgewogen keuze moeten komen voor het beantwoorden van een bepaalde vraag of het bereiken van een bepaalde doelstelling. Passieve biomonitoringstechnieken worden dus niet gediskwalificeerd, maar wel voor dit project omdat ze voor het detecteren van directe effecten van zware metalen of bestrijdingsmiddelen minder geschikt zijn dan de actieve biomonitoringstechnieken.

3 GESELECTEERDE ACTIEVE BIOMONITORINGTECHNIEKEN

3.1 Beschrijving geselecteerde technieken

Op grond van de opgestelde criteria (zie 2.3.2.) zijn in de eerste selectieronde uit het totaal van 116 actieve biomonitoringstechnieken 31 technieken geselecteerd. Een samenvattend overzicht van deze technieken is weergegeven in tabel 5. Daarbij zijn de technieken geordend naar het trofieniveau van het (de) gebruikte organisme(n). Na deze tabel wordt voor elke techniek in het kort aangegeven wat de belangrijkste karakteristieken zijn. Per techniek wordt in een 'Stoffeninformatie'-schema ook een overzicht gegeven over de reeds geïnventariseerde (zie het spreadsheet 'ACTIEF.XLS' en bijlage 9) en naar schatting beschikbare toxiciteitinformatie voor metalen en bestrijdingsmiddelen. Voor de classificatie van deze stoffeninformatie is in deze schema's gebruik gemaakt van de volgende (gekozen) criteria:

	klasse				
	nihil	laag	middel	hoog	zeer hoog
aantal stoffen					
geïnventariseerd					
metalen:	0	1 of 2	3 of 4	5 - 8	≥ 8
bestrijdingsmiddelen:	< 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	≥ 40
geschat					
beide:	test in ontwikkeling	nieuwe test / net toegepast	nieuwe test / lang toegepast	test volgens NEN, ISO, etc.	test volgens NEN, ISO, etc.
gevoeligheid					
geïnventariseerd					
beide:	≥ 10.000 µg/l	1000 - 10000 µg/l	100 - 1.000 µg/l	10 - 100 µg/l	< 10 µg/l
geschat					
beide:	expert judgement	expert judgement	expert judgement	expert judgement	expert judgement

Toelichting:

aantal stoffen:

geïnventariseerd: Aantal verschillende stoffen waarvoor een meetwaarde tot nu toe is geïnventariseerd. Wanneer voor een test(systeem) bijvoorbeeld voor 5 verschillende metalen een meetwaarde (NOEC en/of EC50 en/of LC50 en/of detectielimiet etc.) is gevonden, leidt dit tot de classificatie 'hoog'.

geschat: Aantal verschillende stoffen waarvoor naar schatting een meetwaarde beschikbaar zal zijn. Wanneer een test(systeem) bijvoorbeeld wordt uitgevoerd volgens een internationaal gestandaardiseerd protocol (ISO, NEN, OECD etc.), dan zal naar verwachting een 'hoog' of 'zeer hoog' aantal meetwaarden beschikbaar zijn.

NB: Wanneer de schatting een hogere klasse aangeeft dan de inventarisatie, dan betekent dit dat voor de betreffende test(systeem) na een intensievere inventarisatie nog meer toxiciteitdata gevonden moeten kunnen worden. Hiervoor zou dan stofgericht gezocht moeten worden in specifieke toxiciteitdatabestanden zoals bijvoorbeeld DATATOX (Murphy & Balogh, 1993).

gevoeligheid:

geïnventariseerd: Gevoeligheid van de test(systeem) geclassificeerd op basis van de laagste meetwaarde die tot nu toe is geïnventariseerd. Wanneer voor een test(systeem) bijvoorbeeld voor het bestrijdingsmiddel dichloorvos een LC50 van 5 µg/l als laagste meetwaarde is gevonden, leidt dit tot de classificatie 'zeer hoog'.

geschat: Schatting van de gevoeligheid van de test(systeem) op basis van expert judgement. Wanneer nog weinig of geen toxiciteitdata zijn geïnventariseerd of beschikbaar zijn, is op basis van het gebruikte organisme beoordeeld hoe de gevoeligheid zal zijn. Bekend is bijvoorbeeld dat de acute watervlooiëntest zeer gevoelig is voor dichloorvos. Verondersteld wordt dan dat andere

test(systemen) die eveneens gebruik maken van de watervlo *Daphnia magna* ook zeer gevoelig zullen zijn voor deze stof (mits het eindpunt en blootstellingsduur vergelijkbaar zijn).

Onder iedere 'stoffeninformatie'-tabel is informatie gegeven over de beschikbaarheid en over de plaats in het spreadsheet 'ACTIEF.XLS' waar meer informatie is terug te vinden. Verder wordt via nummers verwezen naar de literatuur die bij deze spreadsheet hoort.

Tabel 5 Geselecteerde actieve biomonitoringstechnieken (n-totaal = 116 technieken)
(type systeem: L = (lab)bioassay, B = biomonitor, E = ecosysteemmonitor, V = veldbioassay)
(type monitoring: T = tox. of effect, E = ecosysteem, B = bioaccumulatie, M = Mutageniteit)
(biologisch integratieniveau: O = organismaal, P = populatie, L = levensgemeenschap)
(type respons: B = biochemisch, F = fysiologisch, M = morfologisch, G = gedrag,
L = levensgeschiedenis, C = bioaccumulatie).

nr.	techniek	type systeem	organisme	zoet / zout	type monitoring	biol. integr. niveau	type respons	testduur:	commercieel verkrijgbaar:
Producenten									
1	Acute algentest	L	alg	zoet	T	P	L	≥ 72 uur	ja
2	Periphyton monitor	E	periphyton	zoet	E	L	L	2 weken	nee
3	DF-Algentest	B	alg	zoet	T	O	F	30 minuten	ja
4	<i>Selenastrum</i> microplate assay	L	alg	zoet	T	P	L	96 uur	nee
5	Kroostest	V	plant	zoet	T	P	L	4 weken	nee
Destruenten									
6	Microtox/Lumistox/Lumimini	L	bacterie	beide	T	O	F	5,15,30 min.	ja
7	Toxi-Chromotest	L	bacterie	zoet	T	O	B	1.5 uur	ja
8	ATP-tox system	L	bacterie	zoet	T	O	B	5 uur	nee
9	Biotoximeter	B	bacterie	beide	T	O	F	15 minuten	ja
10	MetPLATE	L	bacterie	zoet	T	O	B	1 uur	ja
11	<i>Vibrio harveyi</i> direct/growth	L	bacterie	zout	T	O	F	1 uur/5 uur	nee
Consumenten									
12	Rotokit F	L	raderdiertje	zoet	T	O	L	24 uur	ja
13	Rotokit M	L	raderdiertje	zout	T	O	L	24 uur	ja
14	Thamnotoxkit F	L	kreeftachtige	zoet	T	O	L	24 uur	ja
15	<i>Daphnia magna</i> fluorescentie-test	L	kreeftachtige	zoet	T	O	B	1,25 uur	ja
16	Acute watervlooiëntest	L	kreeftachtige	zoet	T	O	G/L	24, 48 uur	ja
17	Chronische watervlooiëntest	L	kreeftachtige	zoet	T	O/P	L	≥ 14 dagen	nee
18	Watervlooien veldbioassay	V	kreeftachtige	zoet	T	O	L	1 week	nee
19	Aqua-Tox-Control (<i>Daphnia</i>)	B	kreeftachtige	zoet	T	O	G	acuut signaal	ja
20	Dynamische Daphniatest	B	kreeftachtige	zoet	T	O	G	acuut signaal	ja
21	Artokit M	L	kreeftachtige	zout	T	O	L	24 uur	ja
22	<i>Gammarus</i> veldbioassay	V	kreeftachtige	zoet	T	O	G/L	1 week	nee
23	Muggelarve veldbioassay	V	muggelarv	zoet	T	O	G/L	1 week	nee
24	Mosselkorfjes	V	mossel	beide	B	O	C	enkele weken	nee
25	Mosselmonitor (zoet/zout)	B	mossel	zoet	T	O	G	acuut signaal	ja
26	Acute vistest	L	vis	zoet	T	O	L	48uur, 96 uur	nee
27	Vis, Early Life Stage (ELS)-test	L	vis	zoet	T	O	L/M	8 dagen	nee
28	Aqua-Tox-Control (<i>Leuciscus</i>)	B	vis	zoet	T	O	G	acuut signaal	ja
29	Knikkerkorfjes (kunstm. substraat)	E	diverse	zoet	E	L	L	4 - 6 weken	nee
Mutageniteitstesten									
30	SOS-Chromotest	L	bacterie	zoet	M	O	B	4 uur	ja
31	Mutatox	L	bacterie	zout	M	O	B	16, 20, 24 uur	ja

1. Acute algentest

De acute algentest (lab-bioassay) wordt met groenalgen uitgevoerd volgens een van de volgende richtlijnen: ISO 8692 (1989), NEN 6506 (1984), U.S. EPA (1989e) of OECD 201 (1984). In deze test wordt de groeiremming van de alg beoordeeld na minimaal 72 uur blootstelling aan verschillende concentraties oppervlaktewater. De testconcentraties worden aangemaakt door verdunning van het oppervlaktewater met een gestandaardiseerd, schoon watermedium dat tevens als blanco wordt meegetest. De mate van groei wordt afgemeten aan de toename van het totaal aantal algencellen gedurende de test. Uit de resultaten wordt met behulp van een geschikte statistische methode de concentratie oppervlaktewater geschat die, in vergelijking met de blanco, 50% remming van de algengroei geeft (EC50). Voor deze test kan, afhankelijk van het protocol, gebruik worden gemaakt van de groenalg *Scenedesmus subspicatus*, *Selenastrum capricornutum* of *Chlorella pyrenoidosa*.

1. Acute algentest stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïntervieweerd	geschat	geïntervieweerd	geschat
aantal stoffen:	hoog	zeer hoog	nihil	hoog
gevoeligheid: specifiek voor:	hoog Cd, Cu, Zn	hoog -	middel -	zeer hoog Algiciden, herbiciden
Beschikbaarheid (test)systeem:	als Algaltoxkit commercieel beschikbaar via AquaSense BV.			
Meer informatie in kolom:	D van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'			
Referenties:	26,49,82,83,171,175,180,185,227,228,229,257			

2. Periphyton monitor (Algenglaasjes)

Met behulp van de Periphyton monitor (ecosysteemmonitor) wordt periphyton (epifytische algen) verzameld in het veld. Hiervoor worden ronde of rechthoekige (microscoop)glaasjes (kunstmatig substraat) in een houder geplaatst en dan gedurende minimaal 2 weken in het veld, in het oppervlaktewater geplaatst. Daarna wordt de soortensamenstelling, - dichtheid en de biomassa bepaald van de zich op het kunstmatig substraat gevestigde algen. Op basis hiervan kunnen diverse indices worden berekend. Deze ecosysteemmonitor geeft op het niveau van levensgemeenschappen, na vergelijking met een referentie of toetsing aan (nog op te stellen) criteria, inzicht in de actuele kwaliteit van het oppervlaktewater. Bij deze beoordeling wordt rekening gehouden met variaties in soortenaantallen die het gevolg zijn van seizoenswisselingen of, wanneer wordt gemonitord in een watergang, de eventuele verschillen in waterafvoer. Veranderingen in de aangetroffen soortenrijkdom geven ook een indruk van de lange termijn ontwikkelingen in de waterkwaliteit (DBW/RIZA, sine anno). Dit systeem is ook uitermate geschikt voor een beoordeling van de mate van eutrofiëring van het oppervlaktewater.

2. Periphyton monitor (Algenglaasjes) stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïntervieweerd	geschat	geïntervieweerd	geschat
aantal stoffen:	laag	middel	nihil	middel
gevoeligheid: specifiek voor:	hoog Zn, As	hoog -	zeer hoog Diuron	zeer hoog Algiciden, herbiciden
Beschikbaarheid (test)systeem:	niet commercieel beschikbaar			
Meer informatie in kolom:	E van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'			
Referenties:	35,179,193,194,195,196,197,198,199			

3. DF-Algentest

De DF-Algentest (biomonitor) maakt gebruik van de algen *Scenedesmus subspicatus*, *Chlamydomonas reinhardtii* of *Microcystis aeruginosa*. De algen zijn afkomstig van gestandaardiseerde kweken. Het principe van de techniek is gebaseerd op vertraagde fluorescentie (DF = Delayed Fluorescence). Als algencellen van licht naar donker worden verplaatst kan een rode lichtemissie gemeten worden. Deze is afhankelijk van de reactiesnelheid van de elektronentransportketen in het chlorofyl, als onderdeel van de fotosynthese. Door blootstelling aan verontreinigd oppervlaktewater wordt de reactiesnelheid beïnvloed. Het verschil in reactiesnelheid ten opzichte van een controle bepaalt de mate van toxiciteit. Met dit systeem wordt semi-continu gemeten (elke 30 minuten een meting). De stoffen kunnen on-line naar een computer worden uitgevoerd.

3. DF-Algentest stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïntervieweerd	geschat	geïntervieweerd	geschat
aantal stoffen:	nihil	laag	laag	laag
gevoeligheid:	-	hoog	zeer hoog	zeer hoog
specifiek voor:	-	Metalen (conform andere algentesten)	Na-PCP, Atrazine	Algiciden, herbiciden

Beschikbaarheid (test)systeem: commercieel beschikbaar als testsysteem via Universität Regensburg (Brd)

Meer informatie in kolom: F van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'

Referenties: 12,14,16

4. *Selenastrum* microplate assay

De *Selenastrum* microplate assay (lab-bioassay) is een geminiaturiseerde versie van de acute algentest. In deze test wordt aan de hand van de algenceldichtheid de groeiremming van de alg *Selenastrum capricornutum* beoordeeld na 96 uur blootstelling aan verschillende concentraties oppervlaktewater (zie verder de beschrijving bij de acute algentest: test nr. 1). Naast een beoordeling van de groeiremming kan echter ook al na 4 uur blootstelling de adenosine trifosfaat (ATP)-concentratie worden bepaald. Dit is een maat voor fysiologische activiteit. Het verschil in ATP-gehalte ten opzichte van een controle bepaalt in dit geval de mate van toxiciteit (zie voor een gedetailleerdere beschrijving verder bij test nr. 8: ATP-tox systeem).

4. *Selenastrum* microplate assay stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïntervieweerd	geschat	geïntervieweerd	geschat
aantal stoffen:	laag	laag	nihil	laag
gevoeligheid:	hoog	hoog	nihil	zeer hoog
specifiek voor:	Cd	-	-	Algiciden, herbiciden

Beschikbaarheid (test)systeem: niet commercieel beschikbaar

Meer informatie in kolom: G van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'

Referenties: 7,181,232

5. Kroostest

De Kroostest (veldbioassay) kan met 3 kroossoorten (*Lemna minor*, *Lemna gibba* en *Spirodela polyrrhiza*) worden uitgevoerd volgens het protocol zoals beschreven door het CML (Jong & Bergema, 1994). Bij voorkeur wordt hierbij gebruik gemaakt van planten afkomstig van een kweek. De test wordt in het veld uitgevoerd in drijvende (bioassay)compartimenten, waarvan de onder- en bovenzijde open zijn zodat zonlicht direct op de planten kan vallen en uitwisseling met het water mogelijk is. Het geheel is in een kooi- of gaasconstructie geplaatst om vraat van vogels of

vissen te voorkomen. Elk compartiment wordt bij aanvang van de test voor 10% bedekt met kroosplantjes. Na 4 weken blootstelling aan het oppervlaktewater wordt voor ieder compartiment het kroos-bedekkingspercentage bepaald, en worden abnormale zaken (zoals verkleuring) genoteerd. Op basis van de bedekkingspercentages kan de groeisnelheid (toename in aantal kroosplantjes per dag) worden berekend. Het verschil in groeisnelheid ten opzichte van een controle bepaalt in dit geval de mate van toxiciteit.

De kroostest kan eventueel ook worden gebruikt als bioaccumulatietest.

5. Kroostest stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïnventreiseerd	geschat	geïnventreiseerd	geschat
aantal stoffen:	zeer hoog	zeer hoog	nihil	laag
gevoeligheid:	hoog	hoog	-	zeer hoog
specifiek voor:	Cd	-	-	Herbiciden, algiciden

Beschikbaarheid (test)systeem: niet commercieel beschikbaar

Meer informatie in kolom: H van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'

Referenties: 45,83,181 (blz.345 e.v.),234,235

6. Microtox/Lumistox/Lumismini

De (lab)bioassay met de bacterie *Vibrio fischeri* (voorheen *Photobacterium phosphoreum*) wordt uitgevoerd volgens de NVN 6516 (1993) richtlijn. Een deel van de uit de stofwisseling vrijkomende energie wordt door deze bacterie als licht afgegeven (bioluminescentie). Het principe van deze test is dat toxische stoffen deze bioluminescentie remmen. Met een lichtmeter (Microtox of Lumistox) wordt de afname van de bioluminescentie bij de bacterie beoordeeld na 5, 15 en 30 minuten blootstelling aan verschillende concentraties van het te testen oppervlaktewater. De analyses worden in duplo uitgevoerd, waarna per blootstellingsduur één gemiddelde EC₂₀-waarde wordt bepaald. De EC₂₀-waarde (Effect Concentratie) is gedefinieerd als de concentratie oppervlaktewater, waarbij na een gegeven blootstellingsduur een afname van 20% van de bioluminescentie ten opzichte van de blanco (= verdunningsmedium) kan worden waargenomen. De laagste van de op de 3 tijdstippen bepaalde EC₂₀-waarden, wordt gebruikt om de toxiciteit van het oppervlaktewater aan te geven.

6. Microtox/Lumistox/Lumismini stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïnventreiseerd	geschat	geïnventreiseerd	geschat
aantal stoffen:	zeer hoog	zeer hoog	hoog	zeer hoog
gevoeligheid:	hoog	hoog	hoog	hoog
specifiek voor:	Hg, Cu	-	DDT, PCP	Bactericiden

Beschikbaarheid (test)systeem: commercieel beschikbaar als testsysteem via Petromation BV (Microtox) / Dr. Lange Benelux (Lumistox)

Meer informatie in kolom: I van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'

Referenties: 3,5,7,11,12,15,37,83,87,96,99,110,112,125,130,137,181,190,221,317

7. Toxi-Chromotest

De Toxi-Chromotest (lab-bioassay) wordt met de bacterie *Escherichia coli* uitgevoerd volgens het bij de testkit bijgeleverde protocol (EBPI, 1993). In deze test wordt een mengsel van bacteriën en kleurloos 'chromogeen substraat' (zie begrippenlijst) gedurende 90 minuten blootgesteld aan verschillende concentraties oppervlaktewater. Het werkingsprincipe berust op het feit dat toxische stoffen de activiteit van het enzym β -galactosidase remmen. Dit kan worden waargenomen doordat

β -galactosidase het kleurloze substraat kan omzetten in een blauwe kleur: hoe blauwer, hoe minder toxisch. De mate van blauwkleuring kan m.b.v. een microplate reader of spectrofotometer worden gekwantificeerd. Uit deze resultaten wordt m.b.v. een geschikte statistische methode de effectconcentratie geschat die 50% remming van de β -galactosidase-activiteit geeft binnen 1,5 uur blootstelling (EC₅₀). Deze test kan ook als kwalitatieve test worden gebruikt waarbij de mate van blauwkleuring visueel wordt vergeleken met de mate van blauwkleuring in de controle.

7. Toxi-Chromotest stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïntervalliseerd	geschat	geïntervalliseerd	geschat
aantal stoffen:	middel	middel	laag	middel
gevoeligheid:	hoog	hoog	laag	hoog
specifiek voor:	Hg	-	-	Bactericiden

Beschikbaarheid (test)systeem: commercieel beschikbaar als testkit via AquaSense BV
 Meer informatie in kolom: **J** van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'
 Referenties: 7,94,95,362

8. ATP-tox system

Het principe van het ATP-tox system (lab-bioassay) berust op het meten van de adenosine trifosfaat (ATP) concentratie in *Escherichia coli* bacteriën. De ATP-concentratie is een maat voor de fysiologische activiteit en dus het welbevinden van het organisme. Uit een kweek afkomstige *E. coli* bacteriën worden gedurende 5 uur blootgesteld aan het te testen oppervlaktewater. Daarna wordt een ATP-bevrijdend middel toegevoegd, tezamen met luciferine en luciferase. Bij aanwezigheid van ATP als energiebron, wordt luciferine door luciferase gereduceerd, waardoor vervolgens licht wordt uitgestraald (bioluminescentie): hoe hoger de luminescentie, hoe lager de toxiciteit. De testresultaten worden vaak weergegeven als het percentage luminescentieremming in onverdund oppervlaktewater. Het is ook mogelijk om met behulp van een geschikte statistische methode de effectconcentratie te schatten die 50% remming geeft (EC₅₀). Deze test kan ook uitgevoerd worden met algen (zie test nr. 4) en met een aantal gisten.

8. ATP-tox system stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïntervalliseerd	geschat	geïntervalliseerd	geschat
aantal stoffen:	middel	middel	nihil	laag
gevoeligheid:	middel	hoog	nihil	hoog
specifiek voor:	-	Metalen (conform andere bacterietesten)	-	Bactericiden

Beschikbaarheid (test)systeem: niet commercieel beschikbaar
 Meer informatie in kolom: **K** van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'
 Referenties: 7,83,200,20,230

9. Biotoximeter

De Biotoximeter (biomonitor) maakt gebruik van de lichtproducerende (bioluminescerende) bacterie *Vibrio fischeri* (voorheen *Photobacterium phosphoreum*, zie ook test nr. 6). In dit testsysteem worden bacteriën in een cuvet aan oppervlaktewater blootgesteld. De afname van de bioluminescentie is een maat voor het voorkomen van toxische stoffen. De luminescentie wordt telkens gedurende 15 minuten blootstelling gemeten (via een fotomultiplier). Het signaal wordt vergeleken met een controle. Het verschil met de controle wordt als procentuele remming uitgedrukt. Met dit systeem wordt semi-continu gemeten (elke 30 minuten een meetwaarde beschikbaar).

9. Biotoximeter stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïntervieweerd	geschat	geïntervieweerd	geschat
aantal stoffen:	nihil	laag	nihil	laag
gevoeligheid:	-	hoog	laag	hoog
specifiek voor:	-	Metalen (conform andere bacterietesten)	-	Bactericiden
Beschikbaarheid (test)systeem:	commercieel beschikbaar als testsysteem via Bayer AG			
Meer informatie in kolom:	L van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'			
Referenties:	12,14			

10. MetPLATE

De MetPLATE-test (lab-bioassay) is een kwantitatieve test waarbij gebruik wordt gemaakt van de bacterie *Escherichia coli*. Het eindpunt is de remming van de β -galactosidase activiteit bij deze bacterie (zie ook test nr. 7). Het te testen oppervlaktewater wordt gemengd met de bacteriën en daarna in verschillende verdunningen in een microwell plate gepipetteerd. Vervolgens wordt hieraan een geelkleurig chromogeensubstraat toegevoegd. Door het enzym β -galactosidase kan dit gele substraat worden omgezet in een paarse kleur. Na 60 minuten blootstelling aan het oppervlaktewater wordt deze paarskleuring m.b.v. een microplate reader (Multiscan) gekwantificeerd (hoe paarser, hoe minder toxisch). Uit deze resultaten wordt m.b.v. een geschikte statistische methode de effectconcentratie geschat die 50% remming van de β -galactosidase-activiteit geeft binnen 1 uur blootstelling (EC_{50}).

10. MetPLATE stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïntervieweerd	geschat	geïntervieweerd	geschat
aantal stoffen:	hoog	hoog	nihil	laag
gevoeligheid:	hoog	hoog	nihil	hoog
specifiek voor:	Cd, Hg	-	-	Bactericiden
Beschikbaarheid (test)systeem:	commercieel beschikbaar als testkit dhr. G. Bitton (Group 206 Technologies Inc.)			
Meer informatie in kolom:	M van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'			
Referenties:	7,90,190, Survey form			

11. *Vibrio harveyi* direct/growth

In de *Vibrio harveyi* direct-test (lab-bioassay) wordt gebruik gemaakt van de op agar gekweekte (bio)luminescerende mariene bacterie *Vibrio harveyi*. Deze bacterie kan overleven onder zuurstof loze (anaërobe) omstandigheden. Onder zuurstofrijke (aërobe) omstandigheden wordt als gevolg van respiratie licht geëmitteerd. Voor deze test wordt een waterige aërobe bacteriecultuur bereid. Deze cultuur wordt daarna gedurende 1 uur geïncubeerd met het te testen oppervlaktewater. Het nutriëntenmedium is voldoende om respiratie mogelijk te maken maar onvoldoende voor groei. Vervolgens wordt de luminescentie gemeten; hoe hoger de luminescentie hoe lager de toxiciteit.

Voor de uitvoering van de *Vibrio harveyi* growth-test wordt gebruik gemaakt van een anaërobe cultuur en een rijk nutriëntenmedium zodat populatiegroei wel mogelijk is. Het geheel wordt gemengd met aëroob oppervlaktewater en na 5 uur blootstelling wordt de luminescentie gemeten; hoe hoger de populatiegroei, hoe hoger de luminescentie, hoe lager de toxiciteit.

11. *Vibrio harveyi* direct/growth stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïnteriseerd	geschat	geïnteriseerd	geschat
aantal stoffen:	hoog	hoog	nihil	laag
gevoeligheid: specifiek voor:	zeer hoog Hg, Pb	zeer hoog -	nihil -	hoog Bactericiden
Beschikbaarheid (test)systeem:	niet commercieel beschikbaar			
Meer informatie in kolom:	N van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'			
Referenties:	7,225			

12. Rotoxkit F

De Rotoxkit F-test (lab-bioassay) wordt uitgevoerd met het raderdiertje *Brachionus calyciflorus* volgens het bij deze testkit bijgeleverde protocol (Creasel, 1990a) of volgens ASTM E 140 (ASTM, 1991). De sterfte van juveniele raderdieren wordt beoordeeld na 24 uur blootstelling aan oppervlaktewater. Voor de test wordt een verdunningsreeks van het oppervlaktewater aangemaakt met het in de testkit bijgeleverde standaard zoetwatermedium. Als blanco wordt 100% zoetwatermedium getest. Na 24 uur wordt het aantal dode dieren per testconcentratie gescoord. Uit deze testresultaten wordt met behulp van een geschikte statistische methode de (effect)concentratie geschat die 50% sterfte geeft (LC50).

12. Rotoxkit F stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïnteriseerd	geschat	geïnteriseerd	geschat
aantal stoffen:	zeer hoog	zeer hoog	middel	middel
gevoeligheid: specifiek voor:	hoog Cu, Hg	hoog -	middel -	hoog Insecticiden
Beschikbaarheid (test)systeem:	commercieel beschikbaar als Toxkit via AquaSense BV			
Meer informatie in kolom:	O van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'			
Referenties:	7,26,49,83,93,96,97,114,180,181,254			

13. Rotoxkit M

De Rotoxkit M-test (lab-bioassay) wordt uitgevoerd met het mariene raderdiertje *Brachionus plicatilis* volgens het bij deze testkit bijgeleverde protocol (Creasel, 1990b). De sterfte van juveniele raderdieren wordt beoordeeld na 24 uur blootstelling aan (brak of zout) oppervlaktewater. Voor de test wordt een verdunningsreeks van het oppervlaktewater aangemaakt met het in de testkit bijgeleverde standaard zoutwatermedium. Als blanco wordt 100% zoutwatermedium getest. Na 24 uur wordt het aantal dode dieren per testconcentratie gescoord. Uit deze testresultaten wordt met behulp van een geschikte statistische methode de (effect)concentratie geschat die 50% sterfte geeft (LC50).

13. Rotoxkit M stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïnventarieerd	geschat	geïnventarieerd	geschat
aantal stoffen:	zeer hoog	zeer hoog	laag	laag
gevoeligheid:	hoog	hoog	laag	hoog
specifiek voor:	Hg, Cu	-	-	Insecticiden
Beschikbaarheid (test)systeem:	commercieel beschikbaar als Toxkit via AquaSense BV			
Meer informatie in kolom:	P van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'			
Referenties:	7,49,96,97,115,180			

14. Thamnotoxkit F

De Thamnotoxkit F-test (lab-bioassay) wordt uitgevoerd met de kreeftachtige *Thamnocephalus platyurus* volgens het bij deze testkit bijgeleverde protocol (Creasel, 1990c). De sterfte van juveniele kreeftachtigen wordt beoordeeld na 24 uur blootstelling aan oppervlaktewater. Voor de test wordt een verdunningsreeks van het oppervlaktewater aangemaakt met het in de testkit bijgeleverde standaard zoetwatermedium. Als blanco wordt 100% zoetwatermedium getest. Na 24 uur wordt het aantal dode dieren per testconcentratie gescoord. Uit deze testresultaten wordt met behulp van een geschikte statistische methode de (effect)concentratie geschat die 50% sterfte geeft (LC₅₀).

Op basis van 146 waarnemingen (toxiciteitdata voor zuivere stoffen, effluenten, sedimentmonsters etc.) is in een vergelijkende studie een bijna 1 op 1 relatie (significant) gevonden voor de gevoeligheid van de acute watervlooiëntest (test nr. 16) en de Thamnotoxkit F-test (Persoone et al., 1994). De verwachting is dan ook dat de gevoeligheid van *Thamnocephalus platyurus* voor (organofosfor)bestrijdingsmiddelen vergelijkbaar is met *Daphnia magna*.

14. Thamnotoxkit F stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïnventarieerd	geschat	geïnventarieerd	geschat
aantal stoffen:	zeer hoog	zeer hoog	laag	laag
gevoeligheid:	hoog	hoog	hoog	zeer hoog
specifiek voor:	Cr, Hg, Cu	-	PCP	Organofosfor bestrijd. (conform acute watervlooiëntest)
Beschikbaarheid (test)systeem:	commercieel beschikbaar als Toxkit via AquaSense BV			
Meer informatie in kolom:	Q van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'			
Referenties:	7,92,96,97,116,180,256			

15. *Daphnia magna* fluorescentie-test

De *Daphnia magna* fluorescentie-test (lab-bioassay) wordt uitgevoerd met de watervlo *Daphnia magna* volgens het bij deze testkit bijgeleverde protocol (Aqua Survey Inc., 1993) of ASTM proposal E-47 (ASTM, 1993). Het werkingsprincipe berust op het feit dat toxische stoffen de watervlooiën dermate aantasten dat ze niet meer in staat zijn om een speciaal fluorogeen substraat op te nemen en/of te metaboliseren. Om dit waar te kunnen nemen worden de dieren gedurende 1 uur blootgesteld aan verschillende concentraties oppervlaktewater. Vervolgens wordt het fluorogeen substraat aan het testmedium toegevoegd en wordt nog eens 15 minuten geïncubeerd. Een specifiek enzym splitst in deze tijd (bij niet aangetaste dieren) de fluorescerende marker van het substraat. Daarna wordt per concentratie met behulp van ultraviolet licht ('black light') het aantal helder fluorescerende dieren geteld. Op basis hiervan wordt de effectconcentratie bepaald die een vermindering van 50% van het aantal fluorescerende dieren geeft (EC₅₀).

15. *Daphnia magna* fluorescentie-test stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïnteriseerd	geschat	geïnteriseerd	geschat
aantal stoffen:	hoog	hoog	middel	middel
gevoeligheid:	hoog	hoog	hoog	zeer hoog
specifiek voor:	Hg, Cu	-	Malathion, Diazinon, Carbofuran	Organofosfor bestrijd. (conform acute watervlooiëntest)
Beschikbaarheid (test)systeem:	commercieel beschikbaar als testkit (exclusief organismen) via AquaSense BV. Organismen eventueel apart als 'winterieren' leverbaar.			
Meer informatie in kolom:	R van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'			
Referenties:	7,84,91,101,107,136,308,309,310			

16. Acute watervlooiëntest

De acute watervlooiëntest (lab-bioassay) wordt volgens de ISO 6341 (1989), NEN 6501 (1980), OECD 202 (1984) of OECD 202 part II (1993) richtlijn uitgevoerd met de watervlo *Daphnia magna*. Juvenile watervlooiën (< 24 uur oud) worden blootgesteld aan verschillende concentraties oppervlaktewater. Deze testconcentraties worden aangemaakt door verdunning van het oppervlaktewater met een gestandaardiseerd zoetwatermedium. Dit niet gecontamineerde zoetwatermedium dient tevens als blanco. Na 24 en/of 48 uur blootstelling wordt per testconcentratie het aantal dode en immobiele dieren gescoord (immobiel = niet meer zwemmend, maar wel nog bewegende antennen). Uit deze testresultaten wordt met behulp van een geschikte statistische methode de (effect)concentratie geschat die 50% immobilisatie (= immobiel + dood) geeft (EC50).

16. Acute watervlooiëntest stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïnteriseerd	geschat	geïnteriseerd	geschat
aantal stoffen:	zeer hoog	zeer hoog	zeer hoog	zeer hoog
gevoeligheid:	zeer hoog	zeer hoog	zeer hoog	zeer hoog
specifiek voor:	Hg, Cu, Cd	-	Diverse organofosfor bestrijd., DDT, Endrin, DDD, Hexachloorbenzeen, Aldicarb, Methiocarb, Deltamethrin	-
Beschikbaarheid (test)systeem:	als Daphtoxkit F magna binnenkort commercieel beschikbaar via AquaSense BV			
Meer informatie in kolom:	S van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'			
Referenties:	2,3,26,48,83,93,96,97,101,140,141,143,144,145,146,147,170,172,173,180,181 (blz 411 en 415 e.v.),190,200,236,254,256,257,258,259,260,261,262,263,264			

17. Chronische watervlooiëntest

De chronische watervlooiëntest (lab-bioassay) wordt uitgevoerd met de watervlo *Daphnia magna* volgens de OECD 202 (1984) of OECD 202 part II (1993) richtlijn of de daarvan afgeleide RIZA-methode (Maas et al., 1993). In deze test worden de watervlooiën blootgesteld aan verschillende concentraties oppervlaktewater. De testconcentraties worden aangemaakt door verdunning met een gestandaardiseerd zoetwatermedium, dat tevens als blanco wordt meegetest. De testduur bedraagt, afhankelijk van het tijdstip waarop het 3e broedsel in de blanco wordt voltooid, minimaal 14 dagen en maximaal 21 dagen. Gedurende de test wordt regelmatig het aantal geproduceerde jongen geteld en verwijderd en wordt dagelijks de overleving van de ingezette watervlooiën (ouderdieren) gecontroleerd. Uit de resultaten wordt met behulp van een geschikte statistische methode de

concentratie oppervlaktewater geschat die 50% sterfte (LC₅₀) van de ouderdieren geeft. Tevens wordt statistisch bepaald bij welke testconcentratie ten opzichte van de blanco net wél (LOEC) en net géén (NOEC) significant lagere reproductie kan worden waargenomen.

17. Chronische watervlooiëntest stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïnterpreteerd	geschat	geïnterpreteerd	geschat
aantal stoffen:	nihil	zeer hoog	nihil	zeer hoog
gevoeligheid:	-	zeer hoog	-	zeer hoog
specifiek voor:	-	Metalen (conform acute watervlooiëntest)	-	Zelfde stoffen als de acute watervlooiëntest

Beschikbaarheid (test)systeem: niet commercieel beschikbaar

Meer informatie in kolom: T van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'

Referenties: 2,3,83,172,173,236,254,260,261,262,263,264

18. Watervlooien veldbioassay

De watervlooien veldbioassay wordt uitgevoerd met de watervlo *Daphnia magna* volgens de door het Hoogheemraadschap van Delfland toegepaste methode (Gorter & Mangelaars, 1994). De watervlooien zijn afkomstig van een gestandaardiseerde kweek. Voor de test worden uitsluitend vrouwtjes van circa 10 dagen oud gebruikt. In het veld wordt ter plekke een glazen pot met oppervlaktewater gevuld, waarna daarin 10 dieren worden geplaatst. De pot wordt vervolgens onderste boven, zwevend (doordat zich een luchtbel boven in de pot bevindt) in het water gehangen. De onderkant van de pot is afgesloten met gaas zodat de watervlooien niet weg kunnen zwemmen, maar wel uitwisseling van oppervlaktewater mogelijk is. Na een blootstellingsduur van 1 week wordt de overleving, activiteit (actief of niet actief) en reproductie (aantal jongen) vergeleken met een referentielocatie. De test kan alleen worden uitgevoerd bij watertemperaturen boven 6 °C.

18. Watervlooien veldbioassay stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïnterpreteerd	geschat	geïnterpreteerd	geschat
aantal stoffen:	nihil	middel	nihil	middel
gevoeligheid:	-	zeer hoog	-	zeer hoog
specifiek voor:	-	Metalen (conform acute watervlooiëntest)	-	Zelfde stoffen als de acute watervlooiëntest

Beschikbaarheid (test)systeem: niet commercieel beschikbaar

Meer informatie in kolom: U van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'

Referenties: 42,46

19. Aqua-Tox-Control (*Daphnia*)

De Aqua-Tox-Control (*Daphnia*) (biomonitor) maakt gebruik van de watervlo *Daphnia magna*. De watervlooien zijn afkomstig van een gestandaardiseerde kweek. Het systeem bestaat uit twee testkamers waarvan een kamer continu worden doorstroomd met oppervlaktewater. De andere kamer wordt niet doorstroomd maar is gevuld met schoon water en dient als controle. In ieder van deze testkamers worden een aantal juveniele watervlooien geplaatst. Door middel van een periodieke belichting worden de watervlooien in een bepaalde zone met sensoren geleid, waar de zwemactiviteit van de dieren wordt gemeten. Onder invloed van toxische stoffen zal deze activiteit gaan afwijken van de 'normale' zwemactiviteit zoals die wordt waargenomen in het schone water.

Bij een bepaalde mate van verstoring wordt een ingestelde alarmwaarde overschreden en wordt een signaal afgegeven via een computer, die de stoffen on-line registreert en verwerkt.

De watervlooiën worden na een week vervangen (vlak voordat de eerste jongen worden gereproduceerd).

19. Aqua-Tox-Control (*Daphnia*) stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïnteriseerd	geschat	geïnteriseerd	geschat
aantal stoffen:	nihil	laag	nihil	laag
gevoeligheid:	-	hoog	-	zeer hoog
specifiek voor:	-	Metalen (conform acute watervlooiëntest)	-	Organofosfor bestrijd. (conform acute watervlooiëntest)
Beschikbaarheid (test)systeem:	commercieel beschikbaar als testsysteem via Kerren Umwelt Technik GmbH (Brd)			
Meer informatie in kolom:	V van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'			
Referenties:	9,12			

20. Dynamische Daphniatest

De Dynamische Daphniatest (biomonitor) maakt gebruik van de watervlo *Daphnia magna*. De watervlooiën zijn afkomstig van een gestandaardiseerde kweek. Het systeem bestaat uit twee testkamers die ieder continu worden doorstroomd met oppervlaktewater. Per testkamer worden 20 juveniele watervlooiën geplaatst. Met behulp van infrarode lichtbundels en lichtsensoren wordt de zwemactiviteit van deze watervlooiën continu gemeten. Het aantal onderbrekingen van de lichtbundels per tijdseenheid is een maat voor de zwemactiviteit. De stoffen worden on-line door een computer geregistreerd en verwerkt. Onder invloed van toxische stoffen zal de zwemactiviteit gaan afwijken van de 'normale' zwemactiviteit zoals die vlak voor de verstoring door de computer statistisch is berekend. De situatie vlak voor verstoring dient dus als een in de tijd veranderende referentie. De computer berekend hierbij telkens ook nieuwe, aangepaste (dynamische) alarmwaarden. Bij een bepaalde mate van verstoring wordt deze dynamische alarmwaarde overschreden en wordt een signaal af gegeven.

De watervlooiën worden na een week vervangen (vlak voordat de eerste jongen worden gereproduceerd).

20. Dynamische Daphniatest stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïnteriseerd	geschat	geïnteriseerd	geschat
aantal stoffen:	laag	laag	middel	middel
gevoeligheid:	middel	hoog	zeer hoog	zeer hoog
specifiek voor:	-	Metalen (conform acute watervlooiëntest)	Etrimfos, Parathion, Diazinon, Nitrobenzeen	Organofosfor bestrijd. (conform acute watervlooiëntest)
Beschikbaarheid (test)systeem:	commercieel beschikbaar als testsysteem via Elektron GmbH (Brd)			
Meer informatie in kolom:	W van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'			
Referenties:	6,8,12,14,131,133,368, Survey form			

21. Artoxkit M

De Artoxkit M-test (lab-bioassay) wordt uitgevoerd met het mariene pekelkreeftje *Artemia salina* volgens het bij deze testkit bijgeleverde protocol (Creasel, 1990d). De sterfte van juveniele pekelkreeftjes wordt beoordeeld na 24 uur blootstelling aan (brak of zout) oppervlaktewater. Voor

de test wordt een verdunningsreeks van het oppervlaktewater aangemaakt met het in de testkit bijgeleverde standaard zoutwatermedium. Als blanco wordt 100% zoutwatermedium getest. Na 24 uur wordt het aantal dode dieren per testconcentratie gescoord. Uit deze testresultaten wordt met behulp van een geschikte statistische methode de (effect)concentratie geschat die 50% sterfte geeft (LC50).

21. Artoxkit M stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïnterpreteerd	geschat	geïnterpreteerd	geschat
aantal stoffen:	hoog	hoog	laag	laag
gevoeligheid: specifiek voor:	middel -	middel -	middel -	hoog Insecticiden (Organofosfor bestrijd.)
Beschikbaarheid (test)systeem:	commercieel beschikbaar als Toxkit via AquaSense BV			
Meer informatie in kolom:	X van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'			
Referenties:	7,93,96,97,105,180			

22. Gammarus veldbioassay

De *Gammarus* veldbioassay wordt uitgevoerd met de amphipode (een kreeftachtige) *Gammarus* sp. (*G. pulex* of *G. tigrinus*) volgens het protocol zoals beschreven door het CML (Jong & Bergema, 1994). De dieren zijn bij voorkeur afkomstig van een kweek, maar kunnen ook op een schone veldlocatie worden verzameld. In het veld wordt ter plekke een glazen pot met oppervlaktewater gevuld, waarna daarin 10 dieren worden geplaatst en rottend bladmateriaal (Paardekastanje) als voedsel wordt bijgevoegd. De pot wordt vervolgens onderste boven, zwevend (doordat zich een luchtbel boven in de pot bevindt) in het water gehangen. De onderkant van de pot is afgesloten met gaas zodat de amphipoden niet weg kunnen zwemmen, maar wel uitwisseling van oppervlaktewater mogelijk is. Na een blootstellingsduur van 1 week wordt de overleving, mobiliteit, en mate van voedselconsumptie vergeleken met een referentielocatie. Deze veldbioassay zou volgens het Zuiveringschap Limburg in plaats van de watervlooien veldbioassay kunnen worden ingezet op locaties met stromend water (Zuiveringschap Limburg, 1995).

22. *Gammarus* veldbioassay stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïnterpreteerd	geschat	geïnterpreteerd	geschat
aantal stoffen:	nihil	laag	nihil	laag
gevoeligheid: specifiek voor:	- -	hoog Metalen (o.b.v. hoge gevoeligheid watervlooien)	- -	hoog Organofosfor bestrijd. (o.b.v. hoge gevoelig- heid watervlooien)
Beschikbaarheid (test)systeem:	niet commercieel beschikbaar			
Meer informatie in kolom:	Y van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'			
Referenties:	45			

23. Muggelarve veldbioassay

De muggelarve veldbioassay wordt uitgevoerd met de muggelarve *Chaoborus crystallinus* volgens het protocol zoals beschreven door het CML (Jong & Bergema, 1994). De dieren zijn moeilijk te kweken, maar kunnen ook op een schone veldlocatie worden verzameld. In het veld wordt ter plekke een glazen pot met oppervlaktewater gevuld, waarna daarin 10 dieren worden geplaatst. De pot wordt vervolgens onderste boven, zwevend (doordat zich een luchtbel boven in de pot bevindt)

in het water gehangen. De onderkant van de pot is afgesloten met gaas zodat de muggelarven niet weg kunnen zwemmen, maar wel uitwisseling van oppervlaktewater mogelijk is. Na een blootstellingsduur van 1 week wordt de overleving en mobiliteit vergeleken met een referentie-locatie.

23. Muggelarve veldbioassay stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïntervieweerd	geschat	geïntervieweerd	geschat
aantal stoffen:	nihil	laag	nihil	laag
gevoeligheid:	-	middel	-	hoog
specifiek voor:	-	-	-	Insecticiden

Beschikbaarheid (test)systeem: niet commercieel beschikbaar
 Meer informatie in kolom: **Z** van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'
 Referenties: 45

24. Mosselkorfjes

In de bioaccumulatietest met mosselkorfjes kan gebruik worden gemaakt van zowel zoet- (bijv. de Driehoeksmossel) als zoutwatermosselen. De dieren worden in het algemeen op een schone veldlocatie verzameld. Deze dieren worden vervolgens in roestvrijstalenkorfjes in het veld in het oppervlaktewater uitgehangen. Na een bepaalde blootstellingsduur (enkele weken) worden de dieren verzameld en worden de weefsels chemisch geanalyseerd op zware metalen en/of organische microverontreinigingen. Gebruikelijk is het om de gehalten uit te drukken op basis van vet. De gemeten gehalten kunnen tenslotte worden vergeleken met de gehalten zoals gemeten in dieren die zijn uitgehangen op referentielocaties. Met deze test kan inzicht worden verkregen in de biologische beschikbaarheid van *specifieke* toxicanten.

Deze test wordt ook gebruikt om, in het geval van aanwezigheid van bioaccumulerende stoffen, het risico op doorvergiftiging via de voedselketen naar hogere organismen (bijv. foeragerende watervogels) te kunnen inschatten. Met behulp van modelmatige berekeningen wordt ingeschat tot welke interne gehalten de consumptie van verontreinigde mosselen zal leiden bij deze hogere organismen. Daarna kan worden beoordeeld of deze dieren hierdoor een potentieel risico lopen op negatieve effecten (bijv. verminderde reproductie of een verhoogde sterftekans).

24. Mosselkorfjes stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk)(n.v.t. = niet van toepassing):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïntervieweerd	geschat	geïntervieweerd	geschat
aantal stoffen:	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
gevoeligheid:	zeer hoog		zeer hoog	
specifiek voor:	Gevoeligheid is gelijk aan de chemische detectielimiet voor het betreffende metaal		Gevoeligheid is gelijk aan de chemische detectielimiet voor het betreffende bestrijdingsmiddel	

Beschikbaarheid (test)systeem: niet commercieel beschikbaar
 Meer informatie in kolom: **AA** van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'
 Referenties: 44,57

25. Mosselmonitor

De Mosselmonitor (biomonitor) kan gebruik maken van zowel zoet- (*Dreissena polymorpha* of *Unio pictorum*) als zoutwatermosselen (*Mytilus edulis*). De dieren worden in het algemeen op een schone veldlocatie verzameld. In het systeem worden 8 mosselen bevestigd, waarna het als geheel in het oppervlaktewater wordt gehangen. Onder invloed van toxische stoffen zullen de geopende mosselen hun kleppen (gedeeltelijk) sluiten. De afstand tussen beide schaalhelften wordt

elektronisch gemeten en de stoffen worden on-line door een computer geregistreerd en verwerkt. De mate van sluiting wordt continu vergeleken met de 'normale' openingstoestand zoals die vlak voor de verstoring door de computer statistisch is berekend. De situatie vlak voor verstoring dient dus als een in de tijd veranderende referentie. De computer berekent hierbij telkens ook nieuwe, aangepaste (dynamische) alarmwaarden. Bij een te hoge mate van sluiting wordt deze dynamische alarmwaarde overschreden en wordt een signaal af gegeven.

De mosselen worden na 2 tot 3 maanden vervangen.

25. Mosselmonitor stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïnventariséerd	geschat	geïnventariséerd	geschat
ZOET				
aantal stoffen:	hoog	hoog	middel	middel
gevoeligheid:	hoog	hoog	zeer hoog	zeer hoog
specifiek voor:	Cu	-	-	TBTO, NaOCl, Lindaan, PCP, Chloorpyrifos
ZOUT				
aantal stoffen:	middel	middel	laag	laag
gevoeligheid:	zeer hoog	zeer hoog	hoog	hoog
specifiek voor:	Cu	-	-	TBTO, NaOCl, Lindaan, PCP, Chloorpyrifos

Beschikbaarheid (test)systeem: commercieel beschikbaar als testsysteem via Delta Consult BV
 Meer informatie in kolom: AB / AC van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'
 Referenties: 1,4,12,181 (blz 433 e.v.), Survey form.

26. Acute vistest

De acute vistest (lab-bioassay) wordt uitgevoerd volgens de OECD 203 (1992) en/of NEN 6504 (1980) richtlijn. Voor deze test kan gebruik worden gemaakt van de gup *Poecilia reticulata* (NEN-richtlijn) en andere zoete of zoute vissoorten (OECD-richtlijn). De sterfte van circa 2 cm lange vissen wordt beoordeeld na 96 uur blootstelling aan oppervlaktewater. Voor de test wordt een verdunningsreeks van het oppervlaktewater aangemaakt met een gestandaardiseerd, schoon zoetwatermedium. Als blanco wordt 100% zoetwatermedium getest. Na 96 uur wordt het aantal dode dieren per testconcentratie gescoord. Uit deze testresultaten wordt met behulp van een geschikte statistische methode de (effect)concentratie geschat die 50% sterfte geeft (LC50).

26. Acute vistest stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïnventariséerd	geschat	geïnventariséerd	geschat
aantal stoffen:	zeer hoog	zeer hoog	nihil	hoog
gevoeligheid:	hoog	hoog	nihil	laag
specifiek voor:	Hg	-	-	-

Beschikbaarheid (test)systeem: niet commercieel beschikbaar
 Meer informatie in kolom: AD van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'
 Referenties: 10,80,83,180,186,190,257,312

27. Vis, Early Life Stage-test

De Vis, Early Life Stage-test wordt met de Zebravis *Brachydanio rerio* uitgevoerd volgens de verkorte (8 dagen) RIZA-versie (RIZA, 1986) van de OECD 210 (1992) richtlijn. Bevruchte Zebraviseieren en de daaruit uitgekomen larven worden in deze test gedurende 8 dagen blootgesteld aan verschillende concentraties oppervlaktewater. Vanwege de gebruikte vroege levensstadia wordt de test 'Early Life Stage'- of ELS-test genoemd. De testconcentraties worden aangemaakt door verdunning van het oppervlaktewater met een gestandaardiseerd, schoon watermedium dat tevens als blanco wordt meegetest. Als effectparameters worden sterfte en het voorkomen van abnormaliteiten bestudeerd. Uit de resultaten wordt met behulp van een geschikte statistische methode de concentratie oppervlaktewater geschat die 50% sterfte (LC50) en 50% abnormaliteiten (EC50) van de eieren en/of larven geeft.

27. Vis, Early Life Stage-test stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïnventariseerd	geschat	geïnventariseerd	geschat
aantal stoffen:	laag	hoog	nihil	hoog
gevoeligheid:	middel	hoog	nihil	laag
specifiek voor:	-	Metalen (o.b.v. acute vistest)	-	-

Beschikbaarheid (test)systeem: niet commercieel beschikbaar
Meer informatie in kolom: AE van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'
Referenties: 174,180,187,312

28. Aqua-Tox-Control (*Leuciscus*)

De Aqua-Tox-Control (*Leuciscus*) (biomonitor) maakt gebruik van de goudwinde (*Leuciscus idus*). De dieren zijn afkomstig van een commerciële kweek. Het systeem bestaat uit een testkamer (arenabassin) die continu wordt doorstroomd met oppervlaktewater. In dit bassin worden 4 Goudwindes geplaatst. Het principe van dit systeem is gebaseerd op 'rheotaxis': de eigenschap van vissen om in stromend water tegen de stroom in te zwemmen. Een aantal keer per uur wordt de stroomsnelheid tijdelijk opgevoerd. Onder invloed van toxische stoffen kunnen de vissen verzwakken, gedesoriënteerd raken of vluchtgedrag vertonen. De zwemactiviteit zal daardoor gaan afwijken van de 'normale' zwemactiviteit (rheotaxis) en de vissen raken steeds vaker een stroomafwaarts geplaatst drukgevoelig rooster. Bij een bepaald aantal aanrakingen per tijdseenheid wordt een vast ingestelde (statische) alarmwaarde overschreden en wordt een signaal af gegeven via een computer, die de stoffen on-line registreert en verwerkt.

De vissen worden na een week vervangen.

28. Aqua-Tox-Control (*Leuciscus*) stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïnventariseerd	geschat	geïnventariseerd	geschat
aantal stoffen:	nihil	middel	nihil	laag
gevoeligheid:	-	middel	-	laag
specifiek voor:	-	-	-	-

Beschikbaarheid (test)systeem: commercieel beschikbaar als testsysteem via Kerren Umwelt Technik GmbH (Brd)
Meer informatie in kolom: AF van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'
Referenties: 6,11,12,131,133,368

29. Knikkerkorfjes (kunstmatig substraat)

Met behulp van knikkerkorfjes (ecosysteemmonitor) worden sedimentbewonende (bentische) organismen verzameld in het veld. Hiervoor worden roestvrijstalen korfjes, gevuld met glazen knikkers (kunstmatig substraat), in het veld op de waterbodem neer gelaten. Na 4 tot 6 weken worden de zich gevestigde dieren van de knikkers afgespoeld, verzameld, geteld en tot op soortniveau gedetermineerd (Bij de Vaate & Greijdanus-Klaas, 1990). Op basis van de soortensamenstelling- en dichtheid kunnen vervolgen diverse indices worden berekend. Deze ecosysteemmonitor geeft op het niveau van levensgemeenschappen, na vergelijking met een referentie of toetsing aan (nog op te stellen) criteria, inzicht in de actuele kwaliteit van het oppervlaktewater. Bij deze beoordeling wordt rekening gehouden met variaties in soortenaantallen die het gevolg zijn van seizoenswisselingen of, wanneer wordt gemonitord in een watergang, de eventuele verschillen in waterafvoer. De veranderingen in de aangetroffen soortenrijkdom geven ook een indruk van de lange termijn ontwikkelingen in de waterkwaliteit (DBW/RIZA, sine anno).

Stoffeninformatie: niet van toepassing
Beschikbaarheid (test)systeem: niet commercieel beschikbaar
Meer informatie in kolom: **AG** van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'
Referenties: 54,58,188,368

30. SOS-Chromotest

De SOS-Chromotest (mutageniteitstest) wordt met de bacterie *Escherichia coli* uitgevoerd volgens het standaardprotocol behorende bij deze testkit (EBPI, 1992). In deze test wordt een mengsel van bacteriën en kleurloos chromogeen substraat gedurende 2 uur blootgesteld aan verschillende concentraties oppervlaktewater. Het werkingsprincipe berust op het feit dat *E. coli* bacteriën beschikken over een zogenaamd SOS-systeem. Dit systeem is in staat om de door genotoxische stoffen (carcinogene en mutagene stoffen) veroorzaakte breuken in het bacteriële DNA te repareren. Via een genetische modificatie is het normaal in deze bacterie afwezige gen voor het enzym β -galactosidase gekoppeld aan het SOS-operator-gen. Een toename van de SOS-activiteit (toename in de genotoxiciteit) is aldus gekoppeld aan een toename in de productie van dit enzym. Dit wordt aangetoond doordat het enzym het oorspronkelijk kleurloze, chromogene substraat omzet in een intens blauw substraat: een hogere kleurintensiteit duidt op een hogere enzymproductie en dus op een hogere SOS-activiteit.

30. SOS-Chromotest stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïnventariseerd	geschat	geïnventariseerd	geschat
aantal stoffen:	nihil	middel	nihil	middel
gevoeligheid:	-	nihil	-	zeer hoog
specifiek voor:	-	-	-	Genotoxische stoffen

Beschikbaarheid (test)systeem: commercieel beschikbaar als testkit via AquaSense BV
Meer informatie in kolom: **AH** van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'
Referenties: 7,83,181,191,192,210,211,212,213,214,215,216,354

31. Mutatox

De Mutatox-test (mutageniteitstest) wordt uitgevoerd met behulp van de bacterie *Vibrio fischeri* (stam M169). Dit is de luminescerende bacterie die ook wordt gebruikt in test/techniek nr. 6 en 9. Door blootstelling aan genotoxische stoffen ontstaan zogenaamde 'reverse' mutaties. Deze zijn, vergeleken met de blanco, de oorzaak van een verhoogde bioluminescentie. De mate van verhoogde lichtemissie is daardoor een maat voor de mutagene activiteit. Na een blootstelling van 16-24 uur aan verschillende concentraties oppervlaktewater wordt de lichtemissie (bioluminescentie) gemeten met behulp van een aangepaste Microtox-fotometer.

31. Mutatox stoffeninformatie (zie toelichting aan het begin van dit hoofdstuk):

	Metalen		Bestrijdingsmiddelen	
	geïntervalliseerd	geschat	geïntervalliseerd	geschat
aantal stoffen:	nihil	laag	nihil	laag
gevoeligheid:	-	nihil	zeer hoog	zeer hoog
specifiek voor:	-	-	Carbofuran (na metabolisatie m.b.v. S9-mix)	Genotoxische stoffen
Beschikbaarheid (test)systeem:	commercieel beschikbaar als testsysteem via Microbics Corporation (VS)			
Meer informatie in kolom:	AI / AJ van spreadsheet 'ACTIEF.XLS'			
Referenties:	7,47,83,125,200,201			

3.2 Discussie en conclusies

In tabel 6 wordt een samenvattend overzicht gegeven van de verdeling van het aantal technieken over de verschillende typen van monitoring. Wat betreft de toxiciteit- of effectmonitoring is er een redelijke verdeling van de technieken over de verschillende trofische niveaus. Voor de andere typen monitoring (ecosysteem, bioaccumulatie en mutageniteit) is in vrijwel alle gevallen slechts één trofisch niveau vertegenwoordigd.

Tabel 6 Samenvattend overzicht van alle 31 geselecteerde actieve biomonitoringstechnieken (Screening-testen: blootstellingsduur ≤ 24 uur, overige testen: blootstellingsduur > 24 uur).

	Trofisch niveau				
	Producent	Destruent	Consument	Diverse	Totaal
Toxiciteit- of effectmonitoring					
Lab-bioassays: screeningtesten	-	5	6	-	11
overige testen	2	-	3	-	5
Veldbioassays	1	-	3	-	4
Biologische bewakingssystemen	1	1	4	-	6
Ecosysteemmonitoring					
Ecosysteemmonitoren	1	-	-	1	2
Bioaccumulatiemonitoring					
Bioaccumulatietesten	(1)*	-	1	-	1
Mutageniteitmonitoring					
Mutageniteittesten	-	2	-	-	2
Totaal aantal technieken:	5	8	17	1	31

*: De kroostest (techniek nr. 5) kan eventueel ook als bioaccumulatie test worden gebruikt.

Met betrekking tot de 31 geselecteerde technieken voor de actieve biomonitoring van verontreinigingen in oppervlaktewateren kan het volgende worden geconcludeerd:

- Wat betreft de toxiciteit- of effectmonitoringstechnieken is er een redelijke verdeling van de technieken over de verschillende trofische niveaus (producent, destruent, consument);
- Met betrekking tot het aangeven van specifieke randvoorwaarden (modifying factors, zie begrippenlijst) behoeven de meeste systemen nog aanvullend onderzoek;
- Na een intensievere inventarisatie moet het mogelijk zijn om nog meer toxiciteitdata te vinden. Hiervoor zou dan stofgericht gezocht moeten worden in specifieke toxiciteitdata-bestanden zoals bijv. DATATOX (Murhy & Balogh, 1993).

4 ERVARING EN WENSEN WATERKWALITEITSBEHEERDERS

4.1 Inleiding

De doelstelling van het project is een protocol waarmee (regionale) waterkwaliteitsbeheerders voor een bepaalde situatie de meest geschikte biomonitoringstechniek kunnen selecteren. Om hier zo goed mogelijk aan tegemoet te komen zijn de problemen, ervaringen en wensen op het gebied van actieve biomonitoring van alle regionale waterbeheerders geïnventariseerd. Bij deze inventarisatie is gebruik gemaakt van schriftelijke enquêtes en/of interviews.

In de enquêtes en/of interviews ging het in hoofdzaak om de volgende aspecten:

- A Inventarisatie van ervaringen opgedaan door waterkwaliteitsbeheerders met actieve biomonitoring van oppervlaktewater (zie 4.3.1).

Voor enkele technieken waarmee door andere instanties in Nederland ervaring is opgedaan, is gevraagd (enkele deskundigen benaderd) en/of gekeken (literatuur) naar de ervaringen van (een beperkt aantal van) deze instanties;

- B Overzicht verkrijgen van wensen (criteria) die waterkwaliteitsbeheerders hebben t.a.v. in te zetten biomonitoringstechnieken (zie 4.3.2);
- C Overzicht verkrijgen van de specifieke problemen die waterkwaliteitsbeheerders hebben met metalen en bestrijdingsmiddelen in hun beheersgebied (zie 4.3.3);

4.2 Enquête en interviews

De waterkwaliteitsbeheerders waarvan op voorhand bekend was dat ze reeds (op enige wijze) ervaring hadden opgedaan met actieve biomonitoring van oppervlaktewater werden bezocht en geïnterviewd. Dit werd mede gedaan om zo de eventueel beschikbare literatuur direct op relevantie te kunnen beoordelen en voor verdere bestudering mee te kunnen nemen. De overige waterkwaliteitsbeheerders werd een vragenlijst toegestuurd (bijlage 4). In tabel 7 worden de benaderde instanties weergegeven.

4.3 Resultaten

Van 19 van de 20 benaderde waterkwaliteitsbeheerders konden de wensen en ervaringen worden geïnventariseerd via de geretourneerde vragenlijsten of via de interviews (slechts één vragenlijst werd niet geretourneerd). Enkele waterkwaliteitsbeheerders werden telefonisch benaderd voor een korte toelichting omdat de door hun ingevulde vragenlijsten niet geheel duidelijk waren. De resultaten van deze inventarisatie zijn opgenomen in bijlage 5.

Tabel 7 Benaderde instanties

Instanties	benaderd via	
	enquête	interview
Waterkwaliteitsbeheerders		
Hoogheemraadschap Alm en Biesbosch en de waterschappen De Aa, De Dommel en De Maaskant	*	
Heemraadschap Fleverwaard	*	
Hoogheemraadschap van Delfland		*
Hoogheemraadschap van Rijnland		*
Hoogheemraadschap van Schieland		*
Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier	*	
Hoogheemraadschap van West-Brabant	*	
Provincie Groningen	*	
Provincie Utrecht	*	
Waterschap De Drie Ambachten	*	
Waterschap Friesland	*	
Waterschap Regge en Dinkel	*	
Waterschap Zeeuwse Eilanden	*	
Zuiveringsschap Amstel- en Gooiland	*	
Zuiveringsschap Drenthe	*	
Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden	*	
Zuiveringsschap Limburg	*	
Zuiveringsschap Oostelijk Gelderland	*	
Zuiveringsschap Rivierenland		*
Zuiveringsschap Veluwe	*	
Zuiveringsschap West-Overijssel		*
subtotaal:	16	5
Overige instanties		
Provincie Zuid-Holland	*	
subtotaal:	1	0
totaal benaderd:	17	5

4.3.1 Ervaringen met actieve biomonitoring

Algemeen

Door ongeveer eenderde van de regionale waterkwaliteitsbeheerders (7 beheerders) is reeds gebruik gemaakt van een of meerdere actieve biomonitoringstechnieken. In tabel 8 wordt weergegeven welke technieken hierbij zijn toegepast. Deze waterkwaliteitsbeheerders vinden het nodig om biomonitoringstechnieken in te zetten naast, of in plaats van (kosten besparend), chemische analyses omdat een beoordeling op basis van uitsluitend chemische analyse te beperkt is en wel om een of meer van de volgende redenen (zie ook bijlage 5A):

- Routinematig wordt slechts een beperkt deel van de aanwezige verontreinigende stoffen (toxicanten) gemeten. Afbraakproducten, die mogelijk nog toxischer zijn, worden niet gemeten.

- Er kan slechts een beperkte inschatting worden gemaakt van:
 - de daadwerkelijk voor opname door organismen beschikbare hoeveelheid toxicant;
 - de gecombineerde inwerking van meerdere stoffen tegelijk (combinatietoxiciteit).
- Voor een deel van de stoffen zijn (nog) geen voldoende gevoelige analysetechnieken beschikbaar.

De verwachting is dat met behulp van biomonitoringstechnieken een meer integrale (biologische) beoordeling mogelijk is en de genoemde tekortkomingen deels worden ondervangen. Daarnaast spreken de resultaten van biomonitoringstechnieken in het algemeen (bij het bestuur en bij het grote publiek) vaak meer tot de verbeelding dan de resultaten van chemische analyses.

Tabel 8 Door waterkwaliteitsbeheerders toegepaste actieve biomonitoringstechnieken (frequentie = aantal beheerders die de betreffende techniek minimaal 1x hebben toegepast)

techniek	frequentie	beoordeling door waterkwaliteitsbeheerders zelf*				
		(nog) geen oordeel	onbruikbaar	redelijk	positief	zeer positief
watervlo (veldbioassay)	7	-	3	-	1	3
Microtox (lab-bioassay)	4	1	2	1	-	-
watervlo acuut (lab-bioassay)	2	-	-	-	1	1
AquaTox Goudwinde (biomonitor)	1	1	-	-	-	-
Rotokit F (lab-bioassay)	1	1	-	-	-	-
vis (veldbioassay)	1	-	1	-	-	-

*: criteria worden per techniek verder toegelicht in de hierna volgende beschrijving van de ervaringen.

Ervaringen van waterkwaliteitsbeheerders met specifieke technieken

Hierna wordt voor iedere actieve biomonitoringstechniek die door een of meerdere waterkwaliteitsbeheerders wordt gebruikt aangegeven wat de ervaringen ermee zijn (technieken geordend volgens de nummering zoals gebruikt in tabel 5, zie 3.1).

Microtox (techniek nr. 6)

De Microtox laboratoriumbioassay is reeds toegepast door de provincie Utrecht, WS De Drie Ambachten, HH Rijnland en ZS West-Overijssel. Doordat géén negatieve effecten konden worden aangetoond (bioassay te ongevoelig), of omdat de relatie tussen waargenomen effect (remming van de bioluminescentie) en aanwezige verontreinigingen niet duidelijk was, wordt deze bioassay door 2 beheerders als onbruikbaar en 1 beheerder als redelijk toepasbaar beoordeeld. Als bijkomstig nadeel van deze bioassay wordt genoemd dat een niet representatief organisme (zoutwaterbacterie *Vibrio fischeri*, voorheen *Photobacterium phosphoreum*) wordt gebruikt, waardoor het doorvertalen van de (laboratorium) testresultaten naar de veldsituatie nog lastiger is. De Microtox is volgens een van de waterkwaliteitsbeheerders echter wel bruikbaar als snelle screeningstest (testduur is 30 minuten) indien sprake is van (zeer) ernstige verontreiniging, bijvoorbeeld in het geval van (illegale) lozingen.

XAD-concentrerings oppervlaktewater

Door het toepassen van een concentreringsmethode is door ZS West-Overijssel onderzocht of de concentratie bestrijdingsmiddelen kon worden verhoogd tot een met de Microtox meetbaar niveau (Zuiveringschap West-Overijssel, 1993). Hierbij werd getracht om de bestrijdingsmiddelen te concentreren met behulp van XAD-harsen. Deze werkwijze bleek echter nog te bewerkelijk, te weinig onderbouwd, te duur en te veel onzekerheden te bevatten, waardoor deze voorlopig nog niet geschikt is voor routinematige toepasbaarheid.

Rotoxkit F (techniek nr. 12)

De Rotoxkit F-test wordt op dit moment als proef toegepast door HH van Schieland als aanvulling op de watervlo veldbioassay. *Om met name buiten de glastuinbouwgebieden wat meer aanvullende informatie te krijgen over de actuele toxiciteit is als aanvulling gekozen voor deze Toxkit-test (zie begrippenlijst).* Er zijn echter nog niet voldoende testresultaten voor handen om een oordeel over deze bioassay te kunnen geven.

Acute watervlooiëntest (techniek nr. 16)

De acute watervlooiëntest is reeds toegepast door HH Delfland (zie bijvoorbeeld Runia et al., in prep.) en ZS West-Overijssel. De ervaring met deze laboratoriumbioassay is (zeer) positief omdat *relaties aannemelijk konden worden gemaakt tussen de mate van verontreiniging (hoge concentraties van met name organofosforbestrijdingsmiddelen) en de waargenomen negatieve effecten (sterfte).*

Watervlo veldbioassay (techniek nr. 18)

De watervlo veldbioassay wordt al vanaf 1990, 6 x per jaar toegepast door HH Delfland. De test is goedkoop en relatief gevoelig voor bestrijdingsmiddelen. Er wordt een organisme (*Daphnia magna*) gebruikt dat ook in het veld voorkomt en de test spreekt aan bij het grote publiek. Mede doordat in het beheersgebied van Delfland (in glastuinbouwgebieden) vaak veel en hoge concentraties (organofosfor)bestrijdingsmiddelen aanwezig zijn, kunnen met deze veldbioassay regelmatig negatieve effecten worden aangetoond, en kunnen de effecten worden verklaard op basis van de gehalten bestrijdingsmiddelen. De toets blijkt bovendien zeer illustratief te werken voor doelgroepen als bestuurders en glastuinbouworganisaties. De resultaten spreken meer aan dan chemische meetwaarden: **normoverschrijdingen worden direct zichtbaar** (Gorter & Mangelaars, 1994 en Gorter et al., 1996). Om deze redenen werd deze veldbioassay al snel door meer waterkwaliteitsbeheerders toegepast. Op dit moment is het de meest frequent toegepaste actieve biomonitoringstechniek. Naast HH Delfland is de bioassay ook reeds toegepast door: HH Rijnland, HH Schieland, ZS Drenthe; ZS West-Overijssel, WS De Drie Ambachten en de provincie Utrecht. Door 3 waterkwaliteitsbeheerders werd de bioassay als onbruikbaar beoordeeld omdat hiermee in hun beheersgebied *geén negatieve effecten konden worden aangetoond, of omdat de relatie tussen waargenomen effect (sterfte en/of verminderde reproductie) en aanwezige verontreinigingen niet altijd duidelijk was.* De andere 3 waterkwaliteitsbeheerders zijn (bijna) net zo positief over de toepasbaarheid van deze bioassay als HH Delfland.

Aqua-Tox-Control *Leuciscus* (techniek nr. 28)

Biologische bewakingstechnieken worden op dit moment nog nauwelijks ingezet door regionale waterbeheerders. Alleen door HH Rijnland wordt het oppervlaktewater van de Hollandse IJssel bij het hoofdinlaatpunt van het beheersgebied (Boezemgemaal bij Gouda) al drie jaar continu biologisch bewaakt met behulp van de biomonitor met Goudwindes (Aqua-Tox-Control *Leuciscus*). In deze drie jaar gaf het systeem nog nooit een alarm. Hierdoor en doordat het testsysteem wordt onderhouden en afgeregeld door de leverancier zelf (Kerren) kon nog geen oordeel over deze biomonitor worden gegeven door HH Rijnland.

Vis veldbioassay

Door ZS West-Overijssel is in het verleden ooit gebruik gemaakt van een veldbioassay met vissen (uitgehangen in kooitjes). *Technisch was de bioassay echter (nog) niet betrouwbaar (te hoge sterfte in referentie) waardoor deze toen als onbruikbaar werd beoordeeld.*

Beoordeling van oppervlaktewater van HH Rijnland met diverse technieken

In het kader van een afstudeeropdracht (AquaSense, 1995) is het oppervlaktewater van enkele locaties van HH Rijnland beoordeeld met de volgende technieken: acute watervlooiëntest, Rotoxkit F, Thamnotoxkit F, ECHA Biocide Monitor, Toxi-Chromotest en watervlo veldbioassay. In latere instantie zijn (ingevroren) watermonsters van deze locaties ook nog door de Universiteit van Gent beoordeeld met behulp van de Algaltoxkit F (nog niet gepubliceerd). *Op één locatie kon een negatief effect worden aangetoond met zowel de acute watervlooiëntest als met de watervlo*

veldbioassay. Op twee andere locaties kon met de Algaltoxkit F een negatief effect worden aangetoond.

Een van de conclusies uit dit onderzoek is dat met name de bioassays in testkit-vorm (Rotoxkit F, Thamnotoxkit F, ECHA Biocide Monitor, Toxi-Chromotest) gemakkelijk zijn uit te voeren. Verder wordt geconcludeerd dat een te gering aantal monsters is onderzocht om reeds aan te kunnen geven welke van deze technieken het meest geschikt is voor verdere toepassing. Meer (vergelijkend) onderzoek wordt noodzakelijk geacht om de voor- en nadelen van iedere techniek verder te exploreren. Tenslotte wordt geconcludeerd dat het duidelijk zinvol is om naast chemische analyses ook een ecotoxicologische beoordeling uit te voeren.

Ervaring overige instanties met specifieke technieken

Hierna wordt voor enkele technieken waarmee door andere instanties in Nederland ervaring is opgedaan, beknopt weergegeven wat de ervaringen van (een beperkt aantal van) deze instanties met de betreffende techniek zijn (technieken geordend volgens de nummering zoals gebruikt in tabel 5, zie 3.1);

DF Algentest (techniek nr. 3)

Door het RIZA is in de eerste helft van 1996 de DF Algentest aangeschaft. Het systeem wordt op dit moment door het RIZA in het eigen laboratorium en daarna in praktijk (RWS meetstation Lobith of Eijsden) uitgeprobeerd. Het zal derhalve nog enige tijd duren voordat het systeem volledig operationeel en gevalideerd is (mededeling mevrouw Kamps-Mulder, RIZA).

Kroostest (techniek nr. 5)

De kroostest lijkt als veldbioassay zeer geschikt voor het monitoren van met name herbiciden. Er is veel over kroos (*Lemna*) bekend. Als voorbeeld kunnen de STOWA rapporten 92-09 (1992a) en 92-10 (1992b) over het ontstaan en bestrijden van deklagen van kroos worden genoemd. Kroos heeft veel voordelen als testorganisme: het is een simpel (één blad en één worteltje) en makkelijk in het laboratorium te kweken plantje, het komt vrijwel overal voor, iedereen kent het, etc. Bovendien geeft de kroostest goede correlaties (ook in het veld) met gehalten pesticiden en is relatief weinig materiaal nodig voor het uitvoeren van de test (simpele proefopstelling). Het scoren van de test (bepaling bedekkingsgraad) kan waarschijnlijk het beste en meest betrouwbaar worden gedaan m.b.v. 'image-processing' (zie begrippenlijst). Scoren met het oog is echter ook goed mogelijk.

Uit de gesprekken met de heren H. Jenner (KEMA) en F. de Jong (CML) werd echter ook duidelijk dat de kroostest zeker nog niet is gestandaardiseerd. Een aantal vragen dienen nog te worden beantwoord zoals bijvoorbeeld:

- Kan worden gewerkt met één soort (bij voorkeur), of moet worden gewerkt met een combinatie van kroossoorten? (De deskundigen zijn het er wel over eens dat het beste kan worden gewerkt met gekweekt kroos en niet met kroos uit het veld);
- Wat is de meest ideale proefopzet (aantal replica's, testruimte rond of vierkant, oppervlakte per testruimte, blootstellingsduur etc.)?
- Is het mogelijk om direct vanuit een laboratoriumkweek (23 °C) een test in het veld in te zetten, of moet eerst een acclimatiseringsperiode worden ingelast?

Microtox (techniek nr. 6)

Het beoordelen van met XAD-hars geconcentreerd oppervlaktewater met behulp van de Microtox laboratoriumbioassay is een vast onderdeel van het Biologisch monitoring programma van het RIZA dat samen met het RIVM wordt uitgevoerd. Maandelijks wordt in dit kader de toxiciteit bepaald voor de Rijn bij Lobith (sinds 1988) en de Maas bij Eijsden (sinds 1991). Opvallend hierbij is dat na 1990 een duidelijke afname in de toxiciteit valt waar te nemen (zie Noordhuis (red.), 1995). Door RIZA/KIWA werd eerder aangetoond dat de gemeten toxiciteit niet verklaard

kan worden op basis van de via een uitgebreide GC/MS analyse aangetoonde stoffen. Het ontbrekende deel wordt waarschijnlijk veroorzaakt door onbekende verbindingen (zie Hendriks (ed.), 1994).

De Microtox-test is ook door anderen gebruikt voor het monitoren van XAD-geconcentreerd Maas- (AquaSense, 1994) en Rijnoppervlaktewater (Noij & Meerkerk (red.), 1995). De concentraten van alle onderzochte locaties in de Maas bleken toxisch te zijn voor *Vibrio fischeri*. Ook in de Rijn konden negatieve effecten worden gemeten met deze techniek.

Rotoxkit F (techniek nr. 12)

De Rotoxkit F-test is gebruikt voor het monitoren van XAD-geconcentreerd Maas- (AquaSense, 1994) en Rijnoppervlaktewater (Noij & Meerkerk (red.), 1995). Op één locatie na bleken de concentraten van alle onderzochte locaties in de Maas toxisch te zijn voor *Brachionus calyciflorus*. Ook in de Rijn konden negatieve effecten worden gemeten met deze techniek.

Thamnotoxkit F (techniek nr. 14)

De Thamnotoxkit F-test is gebruikt voor het monitoren van XAD-geconcentreerd Maas- oppervlaktewater (AquaSense, 1994). De concentraten van 50% van de onderzochte locaties in de Maas bleken toxisch te zijn voor *Thamnocephalus platyurus*.

***Daphnia magna* fluorescentie-test (techniek nr. 15)**

De *Daphnia magna* fluorescentie-test is gebruikt voor het monitoren van XAD-geconcentreerd Maas- (AquaSense, 1994) en Rijnoppervlaktewater (Noij & Meerkerk (red.), 1995). De concentraten van alle onderzochte locaties in de Maas bleken toxisch te zijn voor *D. magna*. Na de test werd aanvullend ook de mortaliteit gescoord. Op basis van dit eindpunt bleek slechts 33% van de concentraten toxisch voor *D. magna*. De fluorescentie-test bleek in vergelijking met de Microtox (techniek nr. 6), Rotoxkit F (12) en Thamnotoxkit F (14) het meest gevoelig te zijn voor geconcentreerd Maaswater. Bij het onderzoek van het geconcentreerde Rijnoppervlaktewater (Noij & Meerkerk (red.), 1995) bleek ook dat deze techniek in vergelijking met de Microtox (techniek nr. 6), Rotoxkit F (12) en Artoxkit M (21) het meest gevoelig was. Alleen een algen-fotosynthesetest bleek nog iets gevoeliger te zijn.

Acute watervlooiëntest (techniek nr. 16)

De acute watervlooiëntest wordt door het RIZA als zeer waardevol geacht voor het monitoren van afvalwater en concentraten van oppervlaktewater (mededeling heer J. Hendriks, RIZA). Bij een aantal bedrijven wordt het afvalwater regelmatig beoordeeld met deze test.

Watervlooiën-veldbioassay (techniek nr. 18)

Door het RIZA is de watervlo-veldbioassay naar tevredenheid toegepast in een aantal rijks- en regionale wateren (Ruiter, 1995, en Ruiter et al., 1995). De veldbioassay wordt vooral gebruikt om de extrapolatie van lab naar veld eenvoudiger te maken (mededeling heer J. Hendriks, RIZA). Het uitzetten van watervlooiën in oppervlaktewater in testkooitjes is een goede methode om effecten van microverontreinigingen in het veld aan te tonen (Kamps-Mulder et al., 1996). Voor een kort durende testperiode (tot één week) is overleving de meest geschikte parameter. Voor een langere periode is de reproductie een goede parameter. De watervlooiën veldbioassay zoals op dit moment uitgevoerd door de waterbeheerders is waarschijnlijk nog voor verbetering vatbaar omdat de uitwisselingscapaciteit tussen het water in de omgekeerde glazen pot (aan de onderkant afgesloten met planktongaas) en het omringende water misschien te laag is. RIZA heeft zelf een roestvrijstalen testkooi (Biokorf) ontwikkeld waarbij de uitwisseling via de zijanten gebeurt. Dit bevordert de uitwisselingssnelheid aanzienlijk en geeft daardoor veel betere en meer betrouwbare resultaten. Het enige nadeel is dat de RIZA-kooitjes relatief duur zijn in vergelijking tot de conventionele glazen potten, maar zijn robuuster.

Aqua-Tox-Control *Daphnia* (techniek nr. 19)

Door het WRK (Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland) in Nieuwegein wordt getracht om de Aqua-Tox-Control *Daphnia* te operationaliseren om de kwaliteit van het inlaatwater uit het

Lekkanaal te bewaken. Deze techniek is dan een aanvulling op de reeds in gebruik zijnde Mosselmonitor (techniek nr. 25) en de Aqua-Tox-Control *Leuciscus* (techniek nr. 28). Van de 3 systemen is het verreweg het lastigste om de watervlooiënmonitor operationeel te krijgen. Het kost relatief veel tijd om het systeem af te stellen. Als het eenmaal functioneert wordt dit systeem wel gezien als een zeer waardevolle aanvulling op de mossel- en vismonitor (mededeling heer E. Penders, WRK). Ook wanneer het systeem operationeel is kost het onderhoud waarschijnlijk relatief veel tijd. Het is juist voor deze techniek aan te raden dat het reguliere onderhoud wordt uitgevoerd door een speciaal hiervoor opgeleide biologische analist.

Dynamische Daphniatest (techniek nr. 20)

Op de RIZA Meetstations bij Lobith (Rijn) en bij Eijsden (Maas) wordt het oppervlaktewater continu biologisch bewaakt met de Dynamische Daphniatest en met de Aqua-Tox-Control *Leuciscus* (techniek nr. 28). Het systeem is minder robuust dan de vismonitor, maar wel gevoeliger. Het aantal alarmmeldingen bedraagt 1 à 2 per jaar (zie Noppert & Hendriks, 1995 en zie Hendriks & Stouten in Hendriks (ed.), 1994).

Artoxkit M (techniek nr. 21)

De Artoxkit M is gebruikt voor het monitoren van XAD-geconcentreerd Rijnoppervlaktewater (Noij & Meerkerk (red.), 1995). Deze test bleek te ongevoelig om effecten te kunnen meten in het 500 maal geconcentreerde Rijnwater.

Muggelarve veldbioassay (techniek nr. 23)

Door het RIZA is reeds enige ervaring opgedaan met veldbioassays met muggelarven (Naber & Grootelaar, 1994). Deze veldbioassay is echter gericht op de beoordeling van de kwaliteit van verontreinigde sedimenten en niet op de beoordeling van de oppervlaktewaterkwaliteit. Ook wordt een andere dan de door het CML aanbevolen muggelarvesoort *Chaoborus crystallinus* (zie 3.1, techniek nr. 23) gebruikt, namelijk *Chironomus riparius*. Ook voor de beoordeling van oppervlaktewater kan waarschijnlijk toch beter gebruik worden gemaakt van *C. riparius* omdat deze soort in tegenstelling tot *Chaoborus* wel gemakkelijk is te kweken. *C. riparius* heeft verder als voordeel dat er veel meer bekend is over deze soort. Volgens de heer A. Naber van het RIZA is vervanging van *Chaoborus* door *C. riparius* waarschijnlijk goed mogelijk. Hierbij dient echter wel te worden gerealiseerd dat *Chaoborus* een rover (carnivoor) is en *Chironomus* niet. *C. riparius* heeft echter ook substraat nodig voor het bouwen van kokertjes (woonbuisjes) nodig. Gebruik van (ongebleekte) papierpulp als substraat, zoals bij het kweken het geval is, is wellicht in combinatie met de RIZA-biokorf goed uitvoerbaar. Dit dient echter wel verder te worden uitgezocht en uitgetoet.

Mosselmonitor (techniek nr. 25)

De Mosselmonitor is sinds januari 1995 operationeel bij het WRK om de kwaliteit van het inlaatwater uit het Lekkanaal te bewaken. Technisch gezien werkt het systeem perfect. Op een set mosselen draait het systeem ca. 3 maanden. Alleen het vinden van de optimale instelling voor de alarmwaarde kost enige tijd. Dit is iets wat bij alle biologische bewakingssystemen dient te gebeuren om zo het aantal vals positieve signalen (wel alarm, maar géén toxische stoffen aanwezig) te minimaliseren (mededeling heer E. Penders, WRK). Van de 3 bij het WRK ingezette systemen (Mosselmonitor, Aqua-Tox-Control *Daphnia* en Aqua-Tox-Control *Leuciscus*) spreekt de Mosselmonitor in het algemeen het minst tot de verbeelding. Het reguliere onderhoud hoeft niet per se door een speciaal hiervoor opgeleide biologische analist te worden uitgevoerd. Het kan ook worden gedaan door een meer chemisch of technisch geschoolde medewerker.

Enkele jaren geleden heeft op het RIZA Meetstation bij Lobith (Rijn) ook een Mosselmonitor gestaan naast de Dynamische Daphniatest (techniek nr. 20) en de Aqua-Tox-Control *Leuciscus* (techniek nr. 28). Het aantal alarmmeldingen was vergelijkbaar met beide andere systemen (mededeling heer J. Hendriks, RIZA).

Acute vistest (techniek nr. 26)

De acute vistest wordt door het RIZA als zeer waardevol geacht voor het monitoren van de (oppervlakte)waterkwaliteit (mededeling heer J. Hendriks, RIZA). Bij een aantal bedrijven is daarom in de vergunning vastgelegd dat het afvalwater regelmatig wordt beoordeeld met deze test.

Aqua-Tox-Control *Leuciscus* (techniek nr. 28)

De vismonitor met Goudwindes (Aqua-Tox-Control *Leuciscus*) wordt reeds bij diverse drinkwaterbedrijven gebruikt om de kwaliteit van het inlaatwater te bewaken (Duinwaterbedrijf Zuid-Holland, Energie en Watervoorziening Rijnland (EWR), Gemeentelijk Waterbedrijf Groningen (GWG), Waterwinningsbedrijf Brabantsche Biesbosch (WBB) en Watertransportmaatschappij Rijn- Kennemerland (WRK)). Dit systeem is bijvoorbeeld sinds 1989 operationeel bij het WRK om, naast de Mosselmonitor en de Aqua-Tox-Control *Daphnia*, het inlaatwater uit Lekkanaal te monitoren. Het systeem geeft in praktijk minder problemen (onderhoud, installatie, robuustheid, weinig valspositieve signalen, service leverancier) dan de andere twee systemen, maar is ook het minst gevoelig (mededeling heer E. Penders, WRK). Voordeel is wel dat als er een alarmsignaal wordt afgegeven, men dit signaal zeer serieus neemt. In dat geval is er dan ook meestal echt iets aan de hand. Een alarmsignaal wordt altijd gevolgd door een (uitgebreide) chemische analyse, waarvoor de monsters in dat geval automatisch worden genomen. Op deze manier hoopt men de oorzaak van het effect te kunnen achterhalen. De vismonitor spreekt verreweg het meeste aan (hoge PR-waarde). Deze monitor geeft bij het WRK 1 à 2 x per jaar een alarm, maar er zijn ook instanties die nooit een alarm hebben (zie bijvoorbeeld HH van Rijnland). Volgens het WRK hangt dit sterk samen met de locatie waar gemonitord wordt: hoe verder men van de grote, vervuilende rivieren gaat monitoren, hoe kleiner de kans op een alarm. Het reguliere onderhoud hoeft niet per se door een speciaal hiervoor opgeleide biologische analist te worden uitgevoerd. Het kan ook worden gedaan door een meer chemisch of technisch geschoolde medewerker.

Op de RIZA Meetstations bij Lobith (Rijn) en bij Eijsden (Maas) wordt het oppervlaktewater ook continu biologisch bewaakt met de Aqua-Tox-Control *Leuciscus*. De ervaring hier zijn vergelijkbaar met het WRK: het systeem is zeer robuust systeem, maar slechts matig gevoelig (zie Noppert & Hendriks, 1995 en zie Hendriks & Stouten in Hendriks (ed.), 1994). Na het eind van de jaren tachtig nam het aantal alarmmeldingen af tot hooguit één per jaar.

Hoewel het systeem dus slechts matig gevoelig blijkt te zijn, bewijst het echter goede diensten in situaties met een hoge piekbelasting, zoals bij effluënten en kleine rivieren zoals de Drentse Aa (Balk et al., 1994).

Knikkerkorfjes (kunstmatig substraat) (techniek nr. 29)

Het monitoren met behulp van knikkerkorfjes (ecosysteemmonitor) is een vast onderdeel van het Biologisch monitoring programma van het RIZA. Zes maal per jaar, met intervallen van 4 weken, worden de korfjes in de Rijn (Lobith), de Maas (Borgharen en Grave) en de IJssel (Kampen) uitgehangen. Met behulp van deze techniek bleek het mogelijk om in de macrofaunasamenstelling zowel seizoensverschillen als verschillen tussen twee opeenvolgende jaren waar te nemen. In de Maas, bijvoorbeeld, bleek het aantal taxa in 1993 ten opzichte van 1992 toegenomen te zijn met meer dan 20%. Opvallend was dat gelijk met deze toename een afname van de concentraties bestrijdingsmiddelen DDT, hexachloorbenzeen en lindaan in Aal werd waargenomen. Aan deze 'suggestieve' waarneming durfde men echter nog geen harde conclusies te verbinden (zie Noordhuis (red.), 1995).

Algemene informatie met betrekking tot actieve biomonitoringstechnieken

Toxkits zijn volgens mevrouw Maas van het RIZA goed toe te passen bij het monitoren van oppervlaktewater, bij onderzoek naar de milieubezwaarlijkheid van afvalwater, bij handhaving en controle en bij saneringsonderzoek. Toxkits en andere nieuwe testen worden echter niet gezien als vervanging voor de conventionele bioassays, maar duidelijk als een welkome aanvulling (AquaSense, 1996).

Bij het WRK is gekozen voor het inzetten van biologische bewakingssystemen (Mosselmonitor, Aqua-Tox-Control *Daphnia* en Aqua-Tox-Control *Leuciscus*) omdat men hier van mening is dat een uitsluitend chemische beoordeling te beperkt is. Door het inzetten van een testbatterij (meerdere soorten organismen tegelijk) van verschillende biomonitoringsystemen kunnen negatieve effecten daadwerkelijk worden gemeten (effectmonitoring). Naast chemische analyses is zo een veel betere beoordeling van het inlaatwater (Lekkanaal) mogelijk. Bij de routinematige chemische analyses worden veel stoffen gemist. Biologische monitoring geeft echter een totaalbeoordeling, met toxiciteit als somparameter.

Het operationeel houden van de 3 systemen en het verwerken en analyseren van de meetresultaten is naar schatting van het WRK (mededeling heer E. Penders) een volledige dagtaak voor 1 persoon. Omdat wordt gewerkt met levend materiaal is het wenselijk dat deze persoon beschikt over de nodige dosis 'Finger spitzengefühl'. De investeringskosten voor ieder systeem (voor mosselmonitor ca. f 35.000,- en voor de watervlo- en vismonitor ieder ca. f 75.000,-) zijn vergelijkbaar met de kosten voor sommige chemische analyseapparaten en dus, voor het WRK althans, zeer acceptabel. Naast de drie huidige systemen (allen gebruik makend van consumenten) wil het WRK in de toekomst ook een biologisch bewakingssysteem met bacteriën (destruenten) en eventueel algen (producenten) in gaan zetten, zodat alle trofische niveaus in de testbatterij vertegenwoordigd zijn. De voorkeur gaat hierbij uit naar representatieve (inheemse) organismen. Ook wil het WRK alarmsignalen in de toekomst gaan valideren door direct na een alarm het automatisch genomen monster niet alleen chemisch te analyseren, maar daarmee ook aanvullende lab-bioassays uit te voeren. De biologische bewaking zou helemaal compleet zijn indien enkele kilometers stroomopwaarts van het huidige inlaatpunt nog een batterij biologische bewakingssystemen wordt geïnstalleerd. Op die manier kan in een nog vroeger stadium op een alarm worden geanticipeerd.

Volgens mevrouw R. Kamps-Mulder van het RIZA moet juist bij de inzet van biologische bewakingssystemen zo optimaal mogelijk gebruik worden gemaakt van de ervaringen zoals opgedaan bij de huidige gebruikers. Bovendien dient ook voor het inzetten van reeds langer in gebruik zijnde systemen (bijvoorbeeld vis- en watervlooiemonitor) te worden gerealiseerd dat deze niet op zeer korte termijn operationeel gekregen kunnen worden en dat daarvoor steeds een behoorlijke inspanning zal moeten worden gedaan.

De algemene ervaringen met biologische bewakingssystemen sinds 1988 zijn goed beschreven door Noppert & Hendriks (1995) en door Hendriks & Stouten (*in* Hendriks (ed.), 1994). De implementatie van dit soort systemen vergt de nodige tijd voor technische aanpassingen en het vertrouwd raken van het personeel met deze systemen. Gemiddeld vraagt ieder systeem ca. 6 uur bediening/onderhoud per week (exclusief de tijd die nodig is voor de eventuele kweek van testorganismen). Een onderhoudscontract kost ca. één- à tweeduizend gulden per jaar. Het aantal alarmmeldingen per jaar van biologische bewakingssystemen is vergelijkbaar met die van de chemische bewaking. Bij een biologisch alarm wordt altijd een controle uitgevoerd op technische storingen. Vervolgens wordt het signaal gevalideerd middels chemische analyses en met behulp van lab-bioassays. In hooguit 10% van de alarmmeldingen worden stoffen geïdentificeerd in concentraties die hoog genoeg zijn om het gevonden effect te kunnen verklaren. De praktijk leert dat de verantwoordelijke personen na de nodige gewenning bereid zijn om een biologisch alarm even serieus te behandelen als een chemisch alarm.

4.3.2 Selectiecriteria voor geschikte biomonitoringstechnieken

Als criteria waaraan toegepaste biomonitoringstechnieken moeten voldoen worden door de beheerders 17 criteria genoemd. De meest genoemde criteria (6 criteria in 70% van de antwoorden) en de bijbehorende omschrijvingen worden weergegeven in tabel 9.

Tabel 9 De meest genoemde selectiecriteria (freq. =frequentie: aantal waterkwaliteitsbeheerders die het betreffende criterium noemden).

criterium	freq.	%	Σ %	omschrijving
betrouwbaar	10	16,1	16,1	moet werken, reproduceerbaar
gevoelig	9	14,5	30,6	stof-, en/of stofgroepspecifiek, gevoelig voor kleine veranderingen
kosten-effectief	7	11,3	41,9	goede kostenbaten verhouding
uitvoerbaar	7	11,3	53,2	eenvoudig van opzet, routinematig toepasbaar
eenduidig	6	9,7	62,9	makkelijk interpreteerbaar, goed te begrijpen
toepasbaar	4	6,5	69,4	wanneer en waar (welk watertype) bruikbaar, wat zijn de beperkingen
overig	19	30,6	100,0	overige 11 criteria (zie bijlage 5B)

De 17 selectiecriteria zullen in hoofdstuk 5 'gewogen' worden gebruikt bij het selecteren van de beste technieken uit de 31 technieken zoals weergegeven in tabel 5 (hoofdstuk 3). De wegingsfactor zal hierbij gelijk zijn aan het percentage zoals weergegeven in tabel 9 en bijlage 5B. Deze beste technieken zullen worden gebruikt voor het biomonitoringprotocol.

4.3.3 Problematische metalen en bestrijdingsmiddelen

Volgens de resultaten van de enquêtes en de interviews hebben vrijwel alle waterkwaliteitsbeheerders (95%) in het oppervlaktewater problemen met een of meerdere metalen en/of bestrijdingsmiddelen (bijlage 5C). Arbitrair kan hierbij worden gesteld dat een stof problematisch is als de grenswaarde of, indien deze (nog) niet geformuleerd is, een indicatief maximaal toelaatbaar risiconiveau ((i)MTR-waarde) wordt overschreden.

In de meeste gevallen zijn de probleemstoffen zowel van punt- als diffuse bronnen afkomstig waarbij het bij metalen meestal gaat om een of enkele specifieke metalen en bij bestrijdingsmiddelen vaker om mengsels. De problemen spelen zich in de meeste gevallen af gedurende het hele jaar waarbij voor sommige bestrijdingsmiddelen duidelijke pieken zijn aan te wijzen. Deze houden soms gelijke tred met de toepassing van de betreffende stof tijdens de teeltperiode van een specifiek gewas (bijlage 5C).

De jaarfrequenties van de bemonstering en chemische analyse van oppervlaktewater lopen sterk uiteen. Ongeveer eenderde van de waterkwaliteitsbeheerders voert 12 x per jaar (meestal iedere maand in het kader van een routinemeetnet) een metaal- en bestrijdingsmiddelen bemonstering uit. Vanwege de kosten, of omdat nog geen geschikte analysetechnieken voor handen zijn, wordt meestal slechts een beperkte set van bestrijdingsmiddelen geanalyseerd. Dit pakket is soms afgestemd op het specifieke gebruik van bestrijdingsmiddelen op een bepaalde locatie. Het jaarbudget voor chemische analyses verschilt sterk per waterkwaliteitsbeheerder: drie waterkwaliteitsbeheerders hebben hiervoor per jaar minder dan f 100.000,- beschikbaar terwijl een beheerder per jaar soms wel meer dan f 1.000.000,- hieraan besteedt. Bij deze laatste beheerder wordt het oppervlaktewater van ca. 300 locaties routinematig chemisch geanalyseerd, waarvan 30 locaties uitgebreid (bijlage 5C).

De resultaten van de inventarisatie van de specifieke problematische metalen en bestrijdingsmiddelen per waterkwaliteitsbeheerder zijn opgenomen in de bijlagen 6 (metalen) en 7 (bestrijdingsmiddelen). Omdat niet alle enquêtes even gedetailleerd (of helemaal niet) waren ingevuld op dit punt, is deze inventarisatie (enquêtes en interviews) verder aangevuld met de gegevens uit het concept van de CUWVO bestrijdingsmiddelenrapportage 1992/1993 (Geenen & van der Geest, 1995). In tabel 10 en 11 wordt een samenvatting van deze resultaten weergegeven.

In tabel 10 wordt per waterkwaliteitsbeheerder het aantal problematische metalen en bestrijdingsmiddelen weergegeven. HH West-Brabant en WS Regge en Dinkel hebben met ieder 5 verschillende metalen het hoogste aantal problematische metalen. Alle beheerders hebben in het oppervlaktewater met een of meerdere bestrijdingsmiddelen problemen. HH Fleverwaard heeft het grootste aantal problematische bestrijdingsmiddelen (31 stoffen) echter direct gevolgd door HH Schieland en ZS Amstel- en Gooiland (ieder 30 stoffen). Met name in het westen van Nederland (veel glastuinbouw) zijn veel oppervlaktewateren verontreinigd met een groot aantal bestrijdingsmiddelen (HH Schieland, Delfland en Rijnland).

Tabel 10 Aantal probleemstoffen per waterkwaliteitsbeheerder (? = wel probleemstoffen maar niet vermeld of bekend hoeveel en welke).

	Metalen	aantal	Bestrijdingsmiddelen	aantal
1	HH West-Brabant	5	HH Fleverwaard	31
2	WS Regge en Dinkel	5	HH Schieland	30
3	HH Uitwaterende Sluizen	4	ZS Amstel- en Gooiland	30
4	ZS Limburg	4	HH Delfland	27
5	HH Alm en Biesbosch en WS De Aa, De Dommel en De Maaskant	3	HH Rijnland	27
6	WS Friesland	3	WS Zeeuwse Eilanden i.o.	27
7	WS De Drie Ambachten	3	ZS Drenthe	26
8	HH Delfland	2	Prov. Groningen	22
9	HH Rijnland	2	ZS West-Overijssel	18
10	ZS Veluwe	2	HH West-Brabant	16
11	WS Zeeuwse Eilanden i.o.	1	ZS Limburg	16
12	HH Schieland	0	ZS Rivierenland	13
13	Prov. Groningen	0	ZS Hol. Eil. en Waarden	11
14	ZS Amstel- en Gooiland	0	ZS Oostelijk Gelderland	11
15	ZS Drenthe	0	WS Regge en Dinkel	11
16	ZS Oostelijk Gelderland	0	ZS Veluwe	10
17	ZS Rivierenland	0	HH Uitwaterende Sluizen	7
18	HH Fleverwaard	?	Prov. Utrecht	2
19	Prov. Utrecht	?	WS De Drie Ambachten	1
20	ZS Hol. Eil. en Waarden	?	WS Friesland	1
21	ZS West-Overijssel	?	HH Alm en Biesbosch en WS De Aa, De Dommel en De Maaskant	?

In tabel 11 worden voor alle waterkwaliteitsbeheerders samen de belangrijkste probleemstoffen weergegeven. Arbitrair zijn dit de stoffen die bij meer dan vijf waterkwaliteitsbeheerders de grenswaarde of de (i)MTR-waarde overschrijden. Daarnaast zijn ook de stoffen in deze tabel weergegeven die bij 5 of minder beheerders problematisch zijn, maar wel minimaal bij een beheerder meer dan 100 maal de grens- of (i)MTR-waarde overschrijden.

Tabel 11 Belangrijkste probleemstoffen (frequentie = aantal waterkwaliteitsbeheerders die problemen hebben met de betreffende stof).

Probleemstof	frequentie per categorie*				totaal
	1	2	3	4	
Metalen					
Koper	-	-	-	-	9
Zink	-	-	-	-	9
Bestrijdingsmiddelen					
Lindaan (gamma-HCH)	16	-	-	-	16
Atrazine	14	-	-	-	14
Cholinesterase remmers	11	1	-	-	12
Dichloorvos	5	3	2	2	12
Simazine	12	-	-	-	12
Diazinon	11	-	-	-	11
Parathion-ethyl	9	1	1	-	11
Hexachloorbenzeen	11	-	-	-	11
Malathion	9	-	-	1	10
MCPA	8	1	-	-	9
Mecoprop (MCP)	8	1	-	-	9
Diuron	2	1	4	2	9
DDD	3	4	-	-	7
DDE	7	-	-	-	7
Mevinfos	6	1	-	-	7
Azinfos-methyl	7	-	-	-	7
Pyrazofos	6	1	-	-	7
Dinoseb	7	-	-	-	7
Endosulfan (alfa+ sulfaat)	6	-	-	-	6
Dinoterb	5	1	-	-	6
Heptenofos	4	1	-	-	5
Carbendazim	3	2	-	-	5
Primicarb	4	1	-	-	5
DDT	2	2	-	-	4
Triazofos	3	1	-	-	4
Totaal organotin	3	1	-	-	4
Heptachloor	2	1	-	-	3
Azinfos-ethyl	2	1	-	-	3
Chloorfenvinfos	-	1	-	1	2
Chloorprofam	1	1	-	-	2
Trifenylytin	-	1	-	-	1

*: Categorieën:

Categorie	overschrijding grenswaarde of (i)MTR
1	≥ 1 en < 100
2	≥ 100 en < 1.000
3	≥ 1.000 en < 10.000
4	≥ 10.000

Voor de metalen zijn koper en zink verreweg het meest problematisch: ieder metaal geeft bij negen waterkwaliteitsbeheerders problemen. Voor de bestrijdingsmiddelen kon op basis van de reeds genoemde CUWVO bestrijdingsmiddelenrapportage 1992/1993, voor iedere problematische stof

een verder onderscheid worden gemaakt in een aantal categorieën gebaseerd op de maximale overschrijdingsfactor van de grens- of (i)MTR-waarde. Absoluut gezien is lidaan de meest problematische stof (problematisch bij 16 waterkwaliteitsbeheerders). Op basis van de maximale overschrijdingsfactor zijn dichloorvos, malathion, diuron en chloorfenvinfos uitschieters omdat de grens- of (i)MTR-waarde voor deze stoffen incidenteel meer dan 10.000 maal werd overschreden. De CUWVO-rapportage beschrijft de situatie in 1992/1993. Onduidelijk is derhalve in hoeverre dit beeld overeenstemt met de huidige situatie.

4.4 Conclusies

- Zware metalen en met name bestrijdingsmiddelen vormen een probleem bij vrijwel alle waterkwaliteitsbeheerders;
- Actieve biomonitoringtechnieken worden tot nu toe nog beperkt toegepast door de waterkwaliteitsbeheerders. De beheerders die wel al gebruik maken van deze technieken geven aan dat een beoordeling van oppervlaktewater uitsluitend op basis van chemische analyses tekort schiet en zijn overtuigd van de toegevoegde waarde van biomonitoringtechnieken;
- De ervaringen met de toegepaste technieken lopen sterk uiteen. In gebieden met hoge concentraties (organofosfor)bestrijdingsmiddelen (bijvoorbeeld glastuinbouwgebieden) zijn bioassays met watervlooien zowel in het veld als in het laboratorium gevoelig genoeg gebleken om duidelijk negatieve effecten te meten. In gebieden met lagere concentraties is de relatie tussen de mate van verontreiniging en de mate van effect niet altijd even duidelijk;
- Passieve biomonitoringtechnieken worden veel toegepast, maar dit betreft vrijwel nooit een techniek die gericht is de relatie met het voorkomen van bestrijdingsmiddelen of zware metalen.

5 SELECTIE VAN TECHNIEKEN VOOR HET PROTOCOL

Om het protocol uitvoerbaar, en dus toepasbaar te houden is in overleg met de begeleidingscommissie besloten om in dit protocol *maximaal* 10 technieken op te nemen. Dit betekent dat een aanvullende selectie noodzakelijk is voor de 31 biomonitoringstechnieken die overbleven na de eerste selectieronde (hoofdstuk 3). Daarom worden deze 31 technieken onderworpen aan een tweede (zie 5.1) en derde selectieronde (zie 5.2).

5.1 Tweede selectieronde

Bij de tweede selectie wordt een groot belang gehecht aan de resultaten van de enquêtes en interviews (hoofdstuk 4). In hoofdstuk 3 werd reeds vastgesteld dat het niet mogelijk is om alle 31 technieken direct met elkaar te vergelijken omdat ieder systeem specifieke kwaliteiten heeft voor specifieke toepassingen (zie 3.2). In bijlage 8 worden derhalve alleen de min-of-meer 'vergelijkbare' technieken (bijvoorbeeld lab-bioassays gebruik makend van organismen van hetzelfde trofische niveau) direct met elkaar vergeleken op basis van de door de waterbeheerders zelf aangegeven (gewogen) selectiecriteria (zie 4.3.2. en bijlage 5B). Tevens wordt in bijlage 8 toegelicht op welke manier de technieken zijn vergeleken. Omdat bij het merendeel van de waterbeheerders sprake is van zoet oppervlaktewater scoorden de zoete technieken bij deze vergelijking hoger dan de zoute technieken. De beste van de vergelijkbare technieken zijn geselecteerd in deze tweede selectieronde. Vergelijkbare technieken die wat betreft de totaal gewogen score minder dan 5 punten van elkaar verschillen zijn allemaal geselecteerd. Hierdoor zijn bijvoorbeeld zowel de acute algentest als de *Selenastrum* microplate assay geselecteerd.

De biologische bewakingssystemen (biomonitoren) kunnen niet op een dergelijke manier met elkaar worden vergeleken omdat de trofische niveaus te veel van elkaar verschillen. In de inleiding (zie 1.2.3) werd reeds gesteld dat het voor de biologische bewaking van water waarin sprake is van een mengsel van vele stoffen (in sterk wisselende concentraties) nodig is om uit te gaan van een *testbatterij* van tegelijkertijd werkende technieken gebaseerd op verschillende soorten (van verschillende trofische niveaus) en biologische responstypen. Alleen op een dergelijke wijze kan een brede range van toxicanten gedetecteerd worden. Voor deze testbatterij is de selectie gebaseerd op de door de projectgroep 'Wirkungstests Rhein' (Bund/Länder-Projectgruppe 'Wirkungstests Rhein', 1995) aanbevolen technieken: Dynamische Daphniatest, DF-Algentest, Biotoximeter en Mosselmonitor. Deze selectie maakte reeds deel uit van de 31 geselecteerde biomonitoringstechnieken omdat het hier systemen betreft die als veelbelovend worden gekarakteriseerd (zie 2.3.2; selectie criterium 4). Vissystemen worden vanwege hun lage gevoeligheid niet aanbevolen door de projectgroep. Verder kan de aanschafprijs (ca. Fl. 75.000,-) als argument tegen dit systeem worden gebruikt. In Nederland zijn echter positieve ervaringen met de Aqua-Tox-Control *Leuciscus* opgedaan (zie 4.3.1). Door de enorme robuustheid van het systeem worden de (weinige) alarmmeldingen juist uiterst serieus genomen. De vismonitor heeft bovendien een hoge aaibaarheidsfactor en spreekt daarom bij het grote publiek erg aan.

Voor de bioaccumulatietesten en voor de veldbioassays is de keuze beperkt. Derhalve worden alle reeds in de eerste selectie opgenomen technieken ook in deze tweede selectieronde meegenomen.

In tabel 12 worden alle technieken weergegeven die volgens de bovengenoemde criteria in de tweede selectieronde zijn geselecteerd. Dit levert in totaal 21 verschillende technieken op. Om tot een selectie van maximaal 10 technieken te komen is derhalve nog een derde selectieronde nodig.

Tabel 12 In de tweede selectieronde geselecteerde actieve biomonitoringstechnieken uit een totaal van 31 technieken (voor iedere geselecteerde techniek staat tussen haakjes het nummer zoals gebruikt in hoofdstuk 3).

Type monitoring	Trofisch niveau			
	Producent	Destruent	Consument	Diverse
Toxiciteit of effect				
Lab-bioassays (screeningstesten)	(1) Acute algentest (zoet en zout) of (4) Selenastrum microplate	(6) Micro- of Lumistox (zoet en zout)	(16) Acute watervlo of (14) Thamnotoxkit of (21) Artoxkit (zout) (12) Rotoxkit F of (13) Rotoxkit M (zout)	-
Veldbioassays	(5) Kroostest	-	(18) Watervlo-veld of (voor stromend water) (22) Gammarus-veld (23) Muggelarve-veld	-
Biologische bewakingssystemen	(3) DF-Algentest	(9) Biotoximeter	(20) Dyn. Daphniatest (25) Mosselmonitor (zoet en zout) (28) AquaTox-Goudw.	-
Ecosysteem				
Ecosysteemmonitoren	-	-	-	(29) Knikker- korfjes
Bioaccumulatie				
Bioaccumulatietesten	-	-	(24) Mosselkorfjes (zoet en zout)	-
Mutageniteit				
Mutageniteitstesten	-	(31) Mutatox of (30) SOS-Chromotest	-	-

5.2 Derde selectieronde

Om te komen tot maximaal 10 monitoringstechnieken zijn de 21 overgebleven technieken uit tweede selectieronde onderworpen aan een derde en laatste selectieronde. Belangrijk uitgangspunt in deze selectieronde is dat per type systeem wordt gestreefd naar het samenstellen van een *testbatterij* van technieken die gebruik maken van verschillende soorten organismen. Hiernaar wordt gestreefd om ook te kunnen monitoren in situaties waar sprake is van mengsels van vele verschillende stoffen (in sterk wisselende concentraties). Van Straalen & Verkleij (1991) en Van Straalen & van Gestel (1993) bevelen aan om voor een testbatterij testorganismen te selecteren die taxonomisch zo ver mogelijk van elkaar af staan en/of soorten te selecteren die op een verschillende manier hun voedsel verwerven (*verschillende trofische niveaus*). Deze soorten lijken daardoor ook wat betreft gevoeligheid niet op elkaar. Om deze redenen wordt getracht om een testbatterij samen te stellen waarin minimaal één organisme uit elk van de volgende 3 trofische niveaus aanwezig is: producent, destruent en consument.

De selectiecriteria in deze derde selectieronde zijn als volgt:

- *De techniek is toxiciteit- of effectgericht:*
In de afbakening (zie 1.3) en doelstelling (zie 1.4) van het project werd gesteld dat de nadruk ligt op technieken waarmee directe effecten van stoffen op het aquatische milieu kunnen

worden bepaald. Op basis van een selectie van uitsluitend toxiciteit- of effectgerichte monitoringstechnieken vallen derhalve techniek nr. 24, 29, 30 en 31 (zie tabel 12) af;

- *De techniek is geschikt voor het monitoren van zoet oppervlaktewater:*
Omdat bij het merendeel van de waterbeheerders sprake is van zoet oppervlaktewater is besloten om de specifiek op zoute wateren betrekking hebbende technieken te laten vallen, dit betreft techniek nr. 13 en 21;
- *Bij zeer vergelijkbare lab- en veldbioassays is gekozen voor de techniek waarmee de meeste ervaring is opgedaan (zie ook 2.3.2):*
Bij de algentesten is de meeste ervaring opgedaan met de acute algentest (techniek nr. 1). Hierdoor valt de *Selenastrum* microplate assay (nr. 4) af. Met de acute watervlooiëntest (nr. 16) is meer ervaring opgedaan dan met de Thamnotoxkit F-test (nr. 14), die eveneens gebruik maakt van een kreeftachtige. Daarom valt techniek nr. 14 af. Met de watervlooiën veldbioassay (nr. 18) is meer ervaring dan met de eveneens van een kreeftachtige gebruik makende *Gammarus* veldbioassay (nr. 22). Deze twee zijn echter niet helemaal met elkaar vergelijkbaar omdat de *Gammarus* veldbioassay meer geschikt is voor snel stromende wateren. Ervan uitgaande dat in de meeste situaties sprake is van niet of slechts langzaam stromende wateren is er toch voor gekozen om techniek nr. 22 af te laten vallen;
- *De selectie van biologische bewakingssystemen is gebaseerd op de aanbevelingen van de projectgroep 'Wirkungstests Rhein':*
Ondanks de positieve ervaringen die in Nederland met de Aqua-Tox-Control *Leuciscus* (techniek nr. 28) zijn opgedaan (zie 5.1) wordt deze techniek toch als te weinig kosten-effectief bevonden vanwege de hoge aanschafprijs en de lage gevoeligheid en valt daarom af. Door de projectgroep 'Wirkungstests Rhein' wordt aanbevolen om de ontwikkelingen op het gebied van biologische bewakingssystemen met bacteriën (destruenten) nog even af te wachten voordat voor één bepaald systeem gekozen wordt. De Biotoximeter (techniek nr. 9) valt daarom op dit moment af.

Het toepassen van deze criteria levert de selectie van 10 technieken op zoals weergegeven in tabel 13. Deze 10 technieken zullen de basis vormen voor het biomonitoringprotocol en zullen daar in meer detail worden uitgewerkt.

Tabel 13 Geselecteerde 10 technieken ten behoeve van het biomonitoringprotocol.

Trofisch niveau	Testbatterij		
	Lab-bioassays (screeningstesten):	Veldbioassays:	Biologische bewakingssystemen:
producent	Acute algentest	Kroostest	DF-Algentest
destruent	Microtox	.*	.*
consument	Acute watervlooiëntest	Watervlooiën veldbioassay	Dynamische Daphniatetest
	Rotokit F	Muggelarve veldbioassay	Mosselmonitor

.*: Op dit moment is het nog niet mogelijk om hiervoor een techniek aan te bevelen.

6 DISCUSSIE

6.1 Geschiktheid geselecteerde technieken

Uit het overzicht van problematische bestrijdingsmiddelen, zoals weergegeven in tabel 11 en in bijlage 7, zijn de meest problematische stoffen geselecteerd. Arbitrair zijn dit de bestrijdingsmiddelen vanaf categorie 3: stoffen die meer dan 1000 maal de grenswaarde of (i)MTR overschrijden. Om meer inzicht te krijgen in de in praktijk voorkomende gehalten van zware metalen in oppervlaktewater is gebruik gemaakt van de beschikbare, meest recente metaal-monitoringdata van enkele waterkwaliteitsbeheerders. Zo was het mogelijk om voor deze beheerders de normoverschrijding in plaats van kwalitatief (zie tabel 11 en bijlage 6), kwantitatief weer te geven. Daarna zijn de meest problematische metalen geselecteerd. Arbitrair zijn dit de metalen vanaf categorie 2: stoffen die meer dan 100 maal de norm overschrijden. De voor de betreffende stof (metalen en bestrijdingsmiddelen) geldende getalswaarde voor de norm (zie tabel 14) is vervolgens vergeleken met de laagste gevonden toxiciteitwaarden (zie spreadsheet 'ACTIEF.XLS') voor alle voor het protocol geselecteerde technieken (zie 5.2, tabel 13). Op basis hiervan is beoordeeld vanaf welke categorie detectie van toxiciteit theoretisch mogelijk moet zijn, omdat de ondergrens voor die categorie hoger is dan de laagst gevonden toxiciteitwaarde (tabel 14).

Tabel 14 Overzicht van de meest problematische stoffen en de meest gevoelige techniek(en) voor de betreffende stof (**lijst**: stof voorkomend op de M of I-lijst, **norm**: G = Grenswaarde, iM = indicatief Maximum Toelaatbaar Risico).

Probleemstoffen	Lijst	Norm	Bron*	Getalswaarde norm** (µg/l)	Laagste tox.-waarde (µg/l)	Techniek	Detectie mogelijk vanaf categorie**
Zware metalen							
Cadmium	M	G	(1)	0,2	24	acute watervlo	3
Kwik	M	G	(1)	0,03	3,8	acute watervlo	3
Zink	M	G	(1)	30	60	acute alg	2
Organofosfor pesticiden							
Chloorfenvinfos	-	iM	(2)	0,0001	0,1	acute watervlo	3
Dichloorvos	I	G	(1)	0,002	0,028	acute watervlo	2
Malathion	I	G	(1)	0,004	0,098	acute watervlo	2
Parathion-ethyl	I	G	(1)	0,005	0,028	acute watervlo	2
Fenylureum herbiciden							
Diuron	-	iM	(2)	0,001	11 / 13	kroostest / acute alg	4
Diuron	-	iM	(2)	0,35	11 / 13	kroostest / acute alg	2
Diuron	-	iM	(3)	1,6	11 / 13	kroostest / acute alg	2

*: Bron voor norm:

- (1) Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1994
- (2) Beek, 1995
- (3) Zuiveringschap Amstel- en Gooiland, 1995

** : Norm (= G of iM) = ondergrens categorie 1 (zie ook tabel 11). Indeling categorieën:

Categorie:	overschrijding norm:
1	≥ 1 en <100 maal
2	≥ 100 en < 1.000 maal
3	≥ 1.000 en < 10.000 maal
4	≥ 10.000 maal

Tabel 15 Overzicht van de meest problematische stoffen en het voorkomen daarvan bij de Nederlandse waterkwaliteitsbeheerders. Door middel van arcering wordt aangegeven dat toxiciteit van de betreffende stof theoretisch detecteerbaar is met een van de geselecteerde technieken bij gehalten in die categorie (zie tabel 14 voor de indeling van categorieën)

Toxiciteit mogelijk detecteerbaar vanaf categorie (zie tabel 14):				Fenylureum herbiciden				Organofosfor bestrijdingsmiddelen				Zware metalen																		
Cadmium	Kwik	Zink	Chloorfen- vinfos	Dichloorvos	Malathion	Parathion -ethyl	Diuron (iMTR=0,001)	Diuron (iMTR=0,35)	Diuron (iMTR=1,6)	HH Alm en Biesbosch en WS De Aa, De Dommel en De Maaskant	HH Delfland	HH Fleverwaard	HH Rijnland	HH Schieland	HH Uitwaterende Sluizen	HH West-Brabant	Prov. Groningen	Prov. Utrecht	WS Drie Ambachten	WS Friesland	WS Regge en dinkel	WS Zeeuwse Eilanden	ZS Amstel- en Gooiland	ZS Drenthe	ZS Hol. Eil. en Warden	ZS Limburg	ZS Oostelijk Gelderland	ZS Rivierland	ZS Veluwe	ZS West-Overijssel
1	-	-	2	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1	1</																								

Op basis van de (historische) pieken in de gehalten van sommige probleemstoffen en op basis van de gevoeligheden van de biomonitoringstechnieken zoals weergegeven in tabel 14, is in tabel 15 door middel van arcering weergegeven bij welke waterkwaliteitsbeheerders het theoretisch mogelijk is om toxische effecten van die stof te detecteren. Op basis van deze gegevens moet het dus bij tweederde van alle waterkwaliteitsbeheerders mogelijk zijn om bij piekconcentraties toxiciteit in het oppervlaktewater te detecteren met één of meer van de geselecteerde technieken. Als het overzicht in tabel 15 voor de zware metalen verder zou worden aangevuld met resultaten van chemische analyses, zou dit aandeel mogelijk nog groter zijn.

Het MTR-niveau is via een statistische berekeningsmethode (Van Straalen & Denneman, Aldenberg & Slob) vastgelegd op de concentratie van een stof waarbij 95% van de potentieel aanwezige soorten in het ecosysteem in theorie zijn beschermd (zie 'Speurdersgids normen waterkwaliteitsbeheer', STOWA, in prep.). Deze berekening is gebaseerd op een minimum aantal chronische NOEC-waarden³. Dit zijn waarden voor stofconcentraties die (net) géén significant negatieve effecten veroorzaken bij testdieren die in het laboratorium gedurende lange tijd (chronisch) aan de betreffende stof zijn blootgesteld. De geselecteerde lab-bioassays en biologische bewakingssystemen zijn minder gevoelig dan chronische testen omdat deze technieken uitgaan van acute effecten. Het is derhalve niet verwonderlijk dat de biomonitoringstechnieken in theorie niet in staat zijn om in (ongeconcentreerd) oppervlaktewater individuele stofgehalten tot op (indicatieve)MTR-niveau te kunnen detecteren. Dit geldt ook voor het grenswaardenniveau omdat dit niveau in principe gelijk is aan het MTR-niveau of tussen het MTR- en Verwaarloosbaar Risico(VR)-niveau ligt, en dan dus nog lager is dan het MTR-niveau.

Het is algemeen bekend dat blootstelling aan mengsels in veel gevallen effecten veroorzaakt, die sterker zijn dan de effecten van de verschillende componenten van het mengsel. Het effect van een mengsel van verbindingen kan theoretisch worden voorspeld door complexe mengsels te verdelen in groepen van verbindingen met eenzelfde werkingsmechanisme en de gezamenlijke toxiciteit van elke 'werkingsmechanisme'groep bij elkaar op te tellen (combinatietoxiciteit). Het optellen van toxiciteiteffecten is mogelijk, wanneer de effecten per component uitgedrukt worden in zogenaamde Toxic Units (zie begrippenlijst). Op deze manier is het misschien wel mogelijk om met de geselecteerde biomonitoringstechnieken (gecombineerde) gehalten tot op grenswaarde- of (indicatieve)-MTR-niveau te kunnen detecteren. Dit zou bijvoorbeeld het geval kunnen zijn bij een mengsel van verschillende organofosforbestrijdingsmiddelen, die vrijwel allemaal een zelfde remmende werking hebben op de impulsoverdracht in het zenuwstelsel (zie bijvoorbeeld Van Straalen en Verkleij (red.), 1991).

Uit het overzicht in tabel 14 zou de conclusie getrokken kunnen worden dat voor het monitoren van piekconcentraties van de meest problematische stoffen kan worden volstaan met slechts drie technieken: de acute watervlooiëntest, de acute algentest en de kroostest. Het direct vergelijken van de gevoeligheden van de geselecteerde technieken (tabel 13) is echter lastig omdat voor bijvoorbeeld de lab-bioassays véél meer toxiciteitdata beschikbaar zijn dan voor de veldbioassays en de biologische bewakingssystemen.

Soms liggen de laagste in de literatuur gevonden toxiciteitwaarden bijzonder dicht bij elkaar. Dit is bijvoorbeeld het geval voor koper, zoals weergegeven in tabel 16.

³ Indien deze niet beschikbaar zijn, dan worden ook (acute) LC of EC₅₀-waarden gebruikt. Omdat deze echter minder 'gevoelig' zijn, wordt het MTR-niveau in dat geval afgeleid door de laagste waarde te delen door een veiligheidsfactor (10, 100 of 1000). De hoogte van deze factor is afhankelijk van de hoeveelheid beschikbare informatie. Is deze minimaal, bijvoorbeeld maar één EC₅₀-waarde beschikbaar, dan wordt de factor 1000 gebruikt (zie 'Speurdersgids normen waterkwaliteitsbeheer', STOWA, in prep.).

Tabel 16 Laagste in de literatuur gevonden toxiciteitwaarden ($\mu\text{g/l}$) voor koper voor de 4 geselecteerde lab-bioassays.

Acute algentest (72u EC_{50})	Microtox (30min EC_{50})	Acute watervlooiëntest (48u EC_{50})	Rotokit F (24u LC_{50})
40	76	20	26

Op basis van deze gegevens lijkt de acute watervlooiëntest het gevoeligste voor koper. De verschillen zijn echter dermate gering dat deze uitspraak niet gerechtvaardigd is. Bovendien kan in het algemeen worden gesteld dat de biologische beschikbaarheid van stoffen in oppervlaktewater (en andere milieumonsters) van soort tot soort aanzienlijk kan verschillen. In praktijk kan dit betekenen dat de op papier 'minst gevoelige' soort toch het meest negatieve effect laat zien, omdat deze soort de stof bijvoorbeeld beter uit het water kan opnemen vanwege een juist op dat moment 'ideale' zuurgraad voor die soort.

Indien de verschillen in gevoeligheid op papier niet al te groot lijken (bijvoorbeeld kleiner dan een factor 10) is het raadzaam om een eerste beoordeling altijd uit te voeren met de complete testbatterij lab-bioassays. Op basis van de resultaten van deze eerste beoordeling kan worden vastgesteld welke bioassays in die specifieke praktijksituatie voldoende gevoelig zijn voor de detectie van toxiciteit in het oppervlaktewater. Indien dit meer dan één bioassay is, dan kan voor (periodiek) vervolgonderzoek bijvoorbeeld de meest kosten-effectieve bioassay worden gebruikt om eventuele veranderingen in deze toxiciteit te monitoren⁴. De volgorde in kosten (laag naar hoog) voor uitvoering van de lab-bioassays is: Microtox/Rotokit F - acute watervlooiëntest - acute algentest.

Indien géén van de lab-bioassays gevoelig genoeg blijkt te zijn om acute toxiciteit te kunnen detecteren, kan het biomonitoringonderzoek worden vervolgd door het uitvoeren van gevoeligere (vanwege een langere blootstellingsduur) veldbioassays. De resultaten van veldbioassays zijn echter wel lastiger te interpreteren omdat veelal slechts op één moment (bijvoorbeeld alleen bij het inzetten of bij het uithalen) een watermonster wordt genomen voor chemische analyse. Onduidelijk is dan in hoeverre de kwaliteit en kwantiteit op dat moment representatief is voor de rest van de testduur. Voor lab-bioassays kan dit probleem worden ondervangen door de (periodieke) chemische analyses en de bioassays aan het zelfde watermonster uit te voeren. Bovendien worden zo de uitvoeringskosten gedrukt.

6.2 Recente technieken en ontwikkelingen

Nadat reeds gestopt was met het inventariseren van biomonitoringtechnieken is nog informatie binnengekomen over enige recente actieve biomonitoringtechnieken. In tabel 17 wordt hiervan een overzicht gegeven. Deze technieken worden hier verder niet meer besproken. Voor meer informatie over deze technieken wordt verwezen naar de in de tabel aangegeven bronnen.

⁴ Hierbij wordt er dan wel van uit gegaan dat de basale samenstelling (matrix) van het oppervlaktewater niet al te veel fluctueert. Ook de kwaliteit van aanwezige verontreinigende stoffen moet vergelijkbaar zijn. Bij sterke fluctuaties kan, afhankelijk van het belang van het inzicht in de kwaliteit, worden overwogen om het oppervlaktewater continu te monitoren met (een testbatterij van) biologische bewakingssystemen.

Tabel 17 Overzicht van enkele recente actieve biomonitoringstechnieken (type: L = lab-bioassay, V = veldbioassay, M = mutageniteitstest, Trofisch niveau: D = destruent, P = producent, C = consument).

Techniek	Type	Organisme	Trofisch niveau	Bijzonderheden	Voor meer info zie, of neem contact op met:
Algen-fotosynthese-test	L	<i>Selenastrum capricornutum</i> (groenalg)	P	De gevoeligste techniek voor XAD-geconcentreerd Rijnwater in vergelijking met Microtox, <i>D. magna</i> fluorescentie, Rotoxkit F en Artoxkit M	Noij & Meerkkerk (red.), 1995 Tubbing et al., 1993
FluoroMetPLATE	L	<i>Escherichia coli</i> (bacterie)	D	Zeer gevoelig voor zware metalen	Jung et al., 1996
TOX-Küvettentest	L	Luminescerende bacteriën	D	Pure screeningtest: test slechts één concentratie. Lumismini is nodig als meetapparaat.	Dr Lange Benelux, Postbus 90, 4040 DB Kesteren
Algen-beads toets	V	<i>Selenastrum capricornutum</i> (groen alg)	P	Wordt toegepast in het project "Bewust boeren voor schone Maas"	E. van Donk, LUW, Wageningen
Fotosynthese-efficiëntie toets	V	<i>Callitriche sp.</i> (sterrekroos)	P	Wordt toegepast in het project "Bewust boeren voor schone Maas"	J.F.H. Snel, LUW, Wageningen
VITO-TOX-test	M	bacteriën (diverse)	D	Simpel, snel, gevoelig en goedkoop	VITO, Boeretang 200, B-2400, Mol (België)

Op de Universiteit van Gent is men op dit moment bezig om nieuwe kant-en-klare testkits (Toxkits) te ontwikkelen. Voor de (nabije) toekomst staat onder andere een Toxkit met vissen op stapel. Ook wordt gewerkt aan de allernieuwste generatie Toxkits, waarbij in plaats van te beoordelen op sterfte, wordt beoordeeld op subletale parameters zoals bijvoorbeeld de remming van enzymproductie. Het voordeel van deze zogenaamde biomarkertesten zou kunnen zijn dat ze na een veel kortere blootstellingsduur een goede voorspelling voor het effect na langere blootstellingsduur kunnen geven (AquaSense, 1996).

6.3 Actieve biomonitoring in de toekomst

6.3.1 Effect-, Ecosysteem-, Bioaccumulatie- en Mutageniteitmonitoring

Toxiciteit- of effectmonitoring

In de huidige selectie van toxiciteit- of effectgerichte monitoringstechnieken ontbreken bij de veldbioassays en bij de biologische bewakingssystemen actieve technieken die gebaseerd zijn op het gebruik van destruenten (bacteriën en/of andere micro-organismen). Voor de veldbioassay zou de Litterbag veldbioassay een mogelijke kandidaat kunnen zijn (Bijlage 3, techniek nr. 73; Jong & Bergema, 1994) en voor de biologische bewakingssystemen biedt de Biotoximeter (zie 3.1, techniek nr. 9) wellicht perspectief. Het aantal beschikbare veldbioassays en biologische bewakingssystemen waarin destruenten worden gebruikt en de ervaring daarmee is echter dermate beperkt dat op korte termijn nog geen aanbevelingen kunnen worden gedaan voor geschikte technieken.

Ecosysteemmonitoring

Indien er een wens bestaat om de toxiciteit- of effectgerichte monitoring uit te breiden met ecosysteemmonitoring, dan kan de Knikkerkorfjes-techniek (zie 3.1, techniek nr. 29) worden aanbevolen. De techniek lijkt voldoende te zijn beproefd in rijkswateren om technisch ook zonder al te

veel problemen te kunnen worden toegepast in kleinere, regionale wateren. Alleen ontbreekt in dat geval een referentiekader om de samenstelling en dichtheden van de zich op het kunstmatig substraat gevestigde dieren te kunnen interpreteren.

Bioaccumulatiemonitoring

Indien het gewenst is om inzicht te krijgen in de stofspecifieke beschikbaarheid van metalen en/of bestrijdingsmiddelen in het oppervlaktewater, dan kan de Mosselkorfjes-techniek (zie 3.1, techniek nr. 24) worden aanbevolen. De techniek is redelijk beproefd in rijkswateren en zal daarom technisch ook zonder al te veel problemen kunnen worden toegepast in kleinere, regionale wateren.

Mutageniteitmonitoring

Het monitoren van de mutageniteit van XAD-geconcentreerd Rijn- en Maasoppervlaktewater is een vast onderdeel van het waterkwaliteitsmeetnet van de RIWA. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de Ames-test. Ondanks een duidelijke vermindering van de concentratie van stoffen in de Rijn en de Maas zijn de resultaten van deze test de laatste 10 jaar op nagenoeg hetzelfde niveau gebleven. De mutageniteit van het Rijnwater was doorgaans 5 tot 10 keer hoger dan die van het Maaswater. Dit is opvallend omdat de kwaliteit van het Maaswater in chemisch opzicht slechter is dan die van de Rijn. Tot op heden is het niet mogelijk gebleken om aan te geven welke stoffen deze mutagene effecten veroorzaken. Verder is het niet zonder meer mogelijk om de resultaten van de Ames-test naar een hoger niveau (bijvoorbeeld de mens) door te vertalen. De testorganismen in de Ames-test (bacteriën) beschikken (in tegenstelling tot hogere organismen) namelijk niet over een reparatiemechanisme op chromosomaal niveau, en zijn daardoor juist uiterst gevoelig voor mutagene stoffen (Noij & Meerkerk (red.), 1995). Wanneer in de (nabije?) toekomst meer inzicht wordt verkregen in welke stoffen in het Nederlandse oppervlaktewater verantwoordelijk zijn voor dit soort mutagene effecten, en wanneer een betere doorvertaling kan worden gemaakt in termen van risico's voor andere organismen, dan lijkt het zeker raadzaam om de routinematige inzet van mutageniteitstesten te overwegen. De vraag is dan of dit de Ames-test moet zijn omdat er inmiddels diverse alternatieven bestaan. Na een uitgebreid literatuuronderzoek, uitgevoerd in opdracht van de Duitse Umweltbundesamt, werd bijvoorbeeld de SOS-chromotest als meest kosten-effectieve mutageniteitstest aanbevolen (Zimmer, 1993). Ook hier werden echter vraagtekens gezet bij de ecologische relevantie van mutageniteitstesten met bacteriën.

6.3.2 Overige technieken

Biomarkertesten

Biomarkers kunnen gedefinieerd worden als: "de subletale biochemische, fysiologische of pathologische respons van individuele organismen na blootstelling aan milieuvreemde stoffen" (Benson & Di Giulio, 1992 in Zimmer, 1993). Het nadeel van biomarkertesten is dat geen effecten worden gemeten op populatie- of hoger niveau. Wanneer echter voldoende is onderbouwd dat de mate van effect die wordt gemeten met een biomarkertest goed correleert met de mate van effect zoals bij een langere blootstellingsduur wordt gemeten met (chronische) bioassays, lijkt het in de toekomst mogelijk dat in een aantal gevallen biomarkertesten de veel duurdere chronische testen kunnen vervangen (AquaSense, 1996). Hiervoor wordt op dit moment (zie 6.3.1) veel onderzoek uitgevoerd, onder andere op de Universiteit van Gent (mededeling prof. Persoone, Universiteit van Gent).

Doordat in biomarkertesten wordt gekeken naar de remming van zeer specifieke processen in een organisme (bijvoorbeeld remming van de bioluminescentie bij de Microtox-test) is het mogelijk om veel sneller (binnen kortere blootstellingsduur), en vaak bij zeer lage concentraties een indicatie te krijgen van eventuele negatieve effecten. Biomarkertesten kunnen zo als 'early warning'-test worden ingezet. Biomarkertesten kunnen in de toekomst mogelijk ook worden toegepast om de kloof tussen ecotoxicologische en humane risicobeoordeling te overbruggen (Zimmer, 1993).

Biomarkertesten zijn ook goed bruikbaar voor het beoordelen van XAD-geconcentreerd (zie hierna) oppervlaktewater. Zo zijn de *Daphnia magna* fluorescentie-test en de Microtox gebruikt voor het monitoren van XAD-geconcentreerd Maas- (AquaSense, 1994) en Rijnoppervlaktewater (Noij & Meerkerk (red.), 1995).

Gevoeligere technieken

Het wordt door vrijwel alle waterkwaliteitsbeheerders belangrijk gevonden dat voor het biomonitoring-protocol gebruik kan worden gemaakt van liefst zo weinig mogelijk, betrouwbare, robuuste technieken, gebaseerd op ecologisch relevante organismen. De voorliggende selectie van (10) technieken voldoet in het algemeen vrij aardig aan dit beeld. In de nabije toekomst zullen er mogelijk een paar van deze huidige technieken afvallen en worden vervangen door nieuwe technieken, waarvoor is aangetoond dat ze beter (bijvoorbeeld gevoeliger) zijn. Naar verwachting zullen er op korte termijn echter geen drastische wijzigingen optreden in deze selectie van effectgerichte technieken.

Het is evident dat met dit beperkt aantal technieken niet altijd de meest gevoelige techniek in huis zal zijn om juist die ene specifieke problematische stof te kunnen monitoren. Deze vraag om gevoeligere technieken neemt alleen maar toe wanneer de kwaliteit van de regionale oppervlaktewateren zal verbeteren. Deels kan in de toekomst aan deze behoefte worden voldaan door de inzet van (duurdere) chronische technieken die gevoeliger zijn omdat ze uitgaan van een langere blootstellingsduur, of door de inzet van, vaak stofspecifiekere, biomarkertesten. Aan deze behoefte kan echter ook worden voldaan door de 'performance' van de huidige, meer bewezen set van geselecteerde technieken te verhogen. Een mogelijkheid hiertoe is het toepassen van concentreringstechnieken. In het STOWA-project "Indicatieve analytische methoden en groeps- en somparameters voor de bepaling van de waterkwaliteit" wordt al een voorzet gedaan voor mogelijke concentreringstechnieken (Niederländer et al., in prep.). Een bijkomend voordeel van de inzet van een concentreringstechniek kan zijn dat meestal alleen een select aantal stoffen of stofgroepen wordt geconcentreerd. Zo wordt een betere indicatie gekregen over de oorzaak van de eventueel waargenomen toxische effecten.

7 CONCLUSIES

De doelstelling van dit STOWA-project is het ontwikkelen van een keuzesysteem (protocol) waarmee waterbeheerders technieken kunnen selecteren (en toepassen) voor de effect gerichte biologische monitoring van bestrijdingsmiddelen en zware metalen in oppervlaktewateren (zie 1.4). De belangrijkste vraag na voltooiing van de inventarisatie en selectie van technieken is of de geselecteerde technieken ook voldoende basis bieden voor het samenstellen van een biomonitoringprotocol waarmee daadwerkelijk (zie 1.4):

1. De actuele waterkwaliteit kan worden beoordeeld;
2. De aanwezigheid van verontreinigingen kan worden gedetecteerd (en vroeg kan worden gealarmeerd);
3. Beoordeeld kan worden of voldaan wordt aan de gestelde normen.

Het antwoord op deze vraag kan pas worden gegeven nadat het protocol in de praktijk is gevalideerd. Een deel van deze valideren zal in het vervolg van het project plaats vinden. De bevindingen zullen worden gerapporteerd in het bij dit inventarisatierapport behorend protocolrapport. Voorlopig kunnen echter de volgende conclusies worden getrokken:

- De selectie van lab-bioassays (screeningstesten) lijkt voldoende basis te bieden om zowel voor de meest problematische metalen als voor de meest problematische bestrijdingsmiddelen de ergste gevallen (pieken in concentraties) van oppervlaktewaterverontreiniging te kunnen detecteren;
- De geselecteerde veldbioassays (kroostest, watervlo- en muggelarve veldbioassay) zijn op dit moment de meest geschikte en kansrijke veldtechnieken. De toepasbaarheid van de watervlooienveldbioassay is reeds bij diverse waterkwaliteitsbeheerders bewezen. Met name voor het monitoren van (pieken in de concentraties van) organofosforbestrijdingsmiddelen is deze techniek zeer geschikt. De kroostest (met name gewenst voor het monitoren van herbicidenverontreinigingen) en de muggelarve veldbioassay dienen echter nog verder te worden (door)ontwikkeld;
- Voor situaties waar continu inzicht in de kwaliteit van het oppervlakte gewenst is (bijvoorbeeld bij belangrijke inlaatpunten van oppervlaktewater), biedt de huidige selectie van biologische bewakingssystemen voldoende basis voor een vroege detectie (gevolgd door een alarmering) van (pieken in de concentraties van) metalen en bestrijdingsmiddelen;
- Afgaande op de toxiciteitgegevens voor specifieke stoffen lijken de geselecteerde lab-bioassays en de biologische bewakingssystemen niet in staat om in (ongeconcentreerd) oppervlaktewater individuele stofgehalten tot op grenswaarde- of (indicatieve)MTR-niveau te detecteren. Het MTR-niveau wordt echter berekend uit de stofconcentraties die in *chronische* toxiciteitstesten (net) géén negatieve effecten veroorzaakten (NOEC-waarden), terwijl de geselecteerde lab-bioassays en de biologische bewakingssystemen uitgaan van *acute* effecten. Het is derhalve niet verwonderlijk dat deze biomonitoringstechnieken niet in staat lijken om MTR-niveaus te detecteren. Dit geldt ook voor de grenswaardenniveaus omdat deze in principe gelijk of lager zijn dan de MTR-niveaus. Misschien is detectie tot deze niveaus wel mogelijk door de gecombineerde werking (combinatietoxiciteit) van meerdere stoffen met een zelfde werkingsmechanisme, bijvoorbeeld in geval van een mengsel van verschillende organofosforbestrijdingsmiddelen;
- Met name bij het inzetten van biologische bewakingssystemen is het raadzaam om intensief gebruik te maken van de reeds beschikbare ervaring en kennis over deze technieken. Zelfs dan zal het operationaliseren van deze technieken een kwestie van maatwerk blijven. Hierdoor moet rekening worden gehouden met een behoorlijke tijd (meerdere maanden, per techniek verschillend) tussen het plaatsen en het daadwerkelijk kunnen gebruiken van het systeem;

- Actieve biomonitoringtechnieken (lab- en veldbioassays en biologische bewakingssystemen) worden tot nu toe nog beperkt toegepast door de waterkwaliteitsbeheerders. De beheerders die wel al gebruik maken van deze technieken geven aan dat een beoordeling van oppervlaktewater uitsluitend op basis van chemische analyses tekort schiet en zijn overtuigd van de toegevoegde waarde van biomonitoringtechnieken;
- Op basis van de (historische) pieken in de gehalten van sommige probleemstoffen en op basis van de gevoeligheid van de geselecteerde biomonitoringtechnieken, moet het bij minimaal tweederde van alle waterkwaliteitsbeheerders mogelijk zijn om (incidenteel) toxiciteit in het oppervlaktewater te detecteren met één of meer van de geselecteerde technieken.

8 BEGRIPPENLIJST

Verklaringen van de woorden en begrippen zijn specifiek voor deze rapportage en zijn dus niet in alle gevallen algemeen geldend.

accumulatie *Zie bioaccumulatie;*

actieve (bio)monitoring Het blootstellen van een (groep van) - gevoelig(e) - organisme(n) in de veldsituatie of het laboratorium aan oppervlaktewater waarna veranderingen worden bestudeerd bij dit (deze) organisme(n). Hierbij wordt altijd gebruik gemaakt van een experimentele opstelling. In het geval van blootstelling in het laboratorium wordt een monster van het te monitoren oppervlaktewater getransporteerd naar dit laboratorium;

acuut (bioassay/effect/toxiciteit) Heeft betrekking op de duur van de bioassay of de tijdspanne waarbinnen een effect kan worden waargenomen. Dit kan zijn enkele minuten tot enkele dagen. Meestal wordt alleen gekeken naar de sterfte;

afbraak De eigenschap van een stof/verbinding om de transformeren in moleculaire componenten;

afvalwater De algemene aanduiding voor zowel effluenten, uitloogmateriaal als elutriaat;

bentische organismen Organismen die in of op het sediment leven;

beoordeling Evaluatie van de fysische, chemische en biologische analyseresultaten in relatie tot van te voren opgestelde ecologische en/of humane beoordelingscriteria;

beoordelingscriteria Criteria opgesteld voor ecologische of humane kwaliteitsdoelen;

betrouwbaarheid Maat die iets zegt over de 'hardheid' van het resultaat van een analyse (chemisch of bioassay);

bioaccumulatie Het proces van ophoping van toxicanten in organismen;

bioaccumulatiemonitoring Het meten/detecteren van chemische stoffen in biologisch materiaal;

bioaccumulatietest Bioassay waarin de mate van bioaccumulatie wordt bestudeerd;

bioassays Bioassays zijn laboratoriumexperimenten waarin (meestal) lagere diersoorten worden blootgesteld aan een (extract van een) te beoordelen water(bodem)monster. Het doel van bioassays is het beoordelen of de aanwezige verontreinigingen in het monster in die mate beschikbaar zijn dat ze negatieve effecten veroorzaken bij deze dieren (testorganismen). Een negatief effect is bijvoorbeeld de remming van de groei of reproductie of in het uiterste geval sterfte. De in bioassays gehanteerde parameters zijn representatief voor organismen in het veld, voldoende onderscheidend, eenvoudig te meten, reproduceerbaar en relatief goedkoop en toepasbaar;

biochemische indicator *Zie biomarkers;*

biokorf Een door het RIZA ontwikkelde roestvrijstalen testkooi waarin bijvoorbeeld watervlooien of muggelarven in het veld kunnen worden uitgehangen en aldus worden blootgesteld aan respectievelijk (verontreinigd) oppervlaktewater of sediment (waterbodem);

biologische afbraak Een door enzymen gekatalyseerde afbraak van een verbinding;

biologische beschikbare fractie Het deel van een toxicant in oppervlaktewater dat kan worden opgenomen door levende organismen;

biologische bewakingssystemen Biologisch testsysteem waarmee oppervlaktewater continu kan worden gemonitord en zo een vroege detectie (gevolgd door een alarmering) van (pieken in de concentraties van) toxicanten kan worden gerealiseerd. Hiermee wordt dus een continu inzicht in de kwaliteit van het oppervlakte verkregen (bijvoorbeeld bij belangrijke inlaatpunten van oppervlaktewater);

biologische monitoring *Zie biomonitoring;*

biomagnificatie Ophoping van toxicanten in hogere organismen (vogels en zoogdieren) via de voedselketen;

biomarkers De subletale biochemische, fysiologische of pathologische respons van individuele organismen na blootstelling aan milieuvreemde stoffen;

biomonitor Zie biomonitoring;

biomonitoring Stelselmatig gebruik maken van een biologische respons om (in het algemeen door de mens veroorzaakte) veranderingen in het milieu te detecteren met als doel het gebruiken van deze informatie voor waterkwaliteitsbeheer;

biotische indices Het gebruik van biota om de kwaliteit van het milieu weer te geven;

carcinogeen Het indiceren van gezwellen door chemische, fysische of biologische oorzaken;

chromogeen substraat Kleurloze verbinding die door biologische afbraak (zie biologische afbraak) wordt omgezet in een gekleurd afbraakproduct;

chronisch (bio)assay/effect Heeft betrekking op de duur van de bioassay of de tijdspanne waarbinnen een effect kan worden waargenomen. Lengte van de bioassay beslaat een belangrijk deel van de levensduur van het betreffende testorganisme. Een effect kan dus pas binnen een aantal dagen tot weken worden waargenomen. In dit type bioassay worden meestal subletale parameters bestudeerd zoals reproductie, ontwikkeling of groei;

combinatietoxiciteit De gecombineerde toxische inwerking van meerdere stoffen tegelijk;

complex mengsel Een watermengsel dat bestaat uit vele verschillende stoffen/verbindingen;

concentratie De hoeveelheid van een stof in het milieu (water, bodem of lucht);

continue (bio)monitoring Het voortdurend, zonder onderbreking (bio)monitoren van de kwaliteit van oppervlaktewater;

controle Simultaan in bioassay getest monster bestaande uit hetzelfde verdunningsmedium als in de testconcentraties, echter in afwezigheid van een toxicant;

dosis Een absolute hoeveelheid stof toegediend aan een proefdier;

dosis-effect-relatie Bij een toename in de hoeveelheid toxicant neemt (in theorie) ook de mate van effect in een bioassay toe volgens een bepaalde relatie. Aanduiding wordt gemakshalve ook gebruikt wanneer organismen niet worden blootgesteld aan een dosis maar aan een bepaalde concentratie van een toxicant. Strikt genomen is in dit geval echter sprake van een concentratie-effect-relatie;

early warning Slaat op het biomonitoren van oppervlaktewater met als doel het tijdig (vroeg) detecteren van plotselinge veranderingen in de waterkwaliteit, gevolgd door een alarmmelding;

ecologische relevantie Belang van een soort voor het voortbestaan van de rest van de soorten waarmee deze soort een levensgemeenschap vormt;

ecosysteem Verzameling van op een en dezelfde plaats voorkomende populaties (micro-organismen, planten en dieren) die daardoor met elkaar en met het omringende fysische en chemische milieu interacties kunnen aangaan en aldus een functionele eenheid vormen;

ecosysteemmonitor(ing) Het monitoren van de biologische respons van een ecosysteem op chemische veranderingen in het oppervlaktewater. Dit omvat inventarisaties van de soortensamenstelling, dichtheid, diversiteit, aanwezigheid van indicatorsoorten, ecologische indices etc.;

ecotoxiciteit De eigenschap van een milieuvreemde stof om negatieve effecten te veroorzaken in een ecosysteem;

ecotoxicologie De studie naar door chemische en fysische factoren veroorzaakte toxische effecten bij levende (individuele) organismen, populaties en levensgemeenschappen in een ecosysteem. Deze studie omvat ook het doorgeven van deze factoren en hun interactie met het omringende milieu;

effect Het resultaat voor een gedefinieerd eindpunt (zie eindpunt) na blootstelling van een testorganisme aan een toxische stof;

eindpunt De belangrijkste parameter die bestudeerd wordt in een bioassay (bijv. L(E)C of NOEC-waarde);

geldigheidscriteria Criteria opgesteld voor abiotische en biologische parameters waaraan voldaan moet worden om de meetresultaten van een bioassay te mogen classificeren en beoordelen;

genotoxiciteit De eigenschap om schade te veroorzaken in genetisch materiaal zoals mutaties (zie mutageniteit) die leiden tot chromosoomschade etc. Deze schade kan mogelijk leiden tot kanker;

gevoelig testorganisme/bioassay Testorganisme/bioassay die reeds bij blootstelling aan een relatief lage concentratie toxicant een negatief effect laat zien;

grenswaarde Korte termijn (2000) tussendoelstelling ten aanzien van de algemene milieukwaliteit van oppervlaktewater en waterbodembodem. Hiervoor geldt een inspanningsverplichting van de waterbeheerder: zij moet het mogelijke doen om de doelstelling binnen de gestelde termijn te realiseren;

I-lijst Lijst van stoffen uit de Evaluatienota Water die op projectmatige basis worden gemeten (Inventariserend);

image-processing Analyse van fotografische of video-opname m.b.v. computerapparatuur. Analyse slaat bijvoorbeeld op het tellen van het aantal kroosplantjes in de kroostest;

indicator(soort) Een organisme (plant of dier) dat via passieve monitoring op enigerlei wijze informatie verstrekt over de (mate van) blootstelling aan toxicanten in het veld;

interventiewaarde Doelstelling ten aanzien van de algemene milieukwaliteit van oppervlaktewater water- en landbodembodem. Overschrijding hiervan moet in principe leiden tot directe actie;

lab(oratorium)-bioassays Zie bioassays;

LC₅₀ Letale Concentratie: geschatte concentratie toxicant waarbij de helft van de testorganismen zou sterven na een bepaalde blootstellingsduur;

LOEC Lowest Observed Effect Concentration: De testconcentratie met de laagste hoeveelheid toxicant waarbij een significant verschil kan worden aangetoond in vergelijking met de controle;

matrix (Letterlijk moederbodem of kiemlaag) Uitgangsmateriaal: sedimentmonster voor sanering;

milieuhygiënische beoordeling Beoordeling van de potentiële toxiciteit van sedimentmonsters;

milieumonster Porië-, grond-, oppervlakte- en afvalwater, grond, sediment, lucht etc.;

M-lijst Lijst van stoffen uit de Evaluatienota Water die regelmatig dienen te worden gemeten (Monitoring);

modifying factors Het geheel van biologische en abiotische factoren die, naast de aanwezigheid van een bepaalde toxicant, van invloed zijn op het resultaat van een bioassay;

monitoring Zie biomonitoring;

multispecies-test Test waarin in één systeem gelijktijdig méér dan een organisme wordt blootgesteld aan een toxicant (zie verder bij 'bioassay');

mutageniteit De eigenschap van een chemische stof om mutaties in het erfelijk materiaal te veroorzaken;

mutageniteitmonitor(ing) Het beoordelen van het oppervlaktewater op de aanwezigheid van mutagene of genotoxische stoffen;

negatief effect Veranderingen in de morfologie, fysiologie, groei, ontwikkeling of levensduur van een organisme die leiden tot een verminderd functioneren;

NEL No Effect Level: De reële hoogste concentratie toxicant waarbij géén significant verschil kan worden aangetoond in vergelijking met de controle.

NOEC No Observed Effect Concentration: De testconcentratie met de grootste hoeveelheid toxicant waarbij géén significant verschil kan worden aangetoond in vergelijking met de controle;

norm Maximaal geoorloofde concentratie van een toxische stof in het oppervlaktewater;

opnamekinetiek Wijze van opname van toxicanten (passief of actief) door testorganismen;

oppervlaktewater Open water: meren, plassen, rivieren, sloten, kanalen e.d.;

PAK Polycyclische aromatische koolwaterstof;

passieve (bio)monitoring Hiervan is sprake wanneer uitsluitend gebruik wordt gemaakt van de in het veld aanwezige organismen zonder daarbij gebruik te maken van een van tevoren geïntroduceerde experimentele opstelling. Hierbij worden inventarisaties in het veld verricht, gericht op het vinden van effecten bij soorten (bijvoorbeeld aan- of afwezigheid van indicatorsoorten, samenstelling van levensgemeenschappen) of worden organismen verzameld om stofgehalten te bepalen (bioaccumulatie, interne concentratie);

PCB Polychloorbifenyyl;

poriewater Water dat zich in de natuurlijke poriën van het sediment bevindt. Dit water kan voor gebruik in bioassays worden gewonnen door uitpersen of centrifugeren;

randvoorwaarden Opgestelde criteria voor enkele fysisch/chemische parameters (temperatuur, zuurgraad, nitraat, nitriet, ammonium en chloride) waaraan voldaan moet worden gedurende de uitvoering van bioassays (zie ook bij modifying factors);

ratio to reference De gemeten waarde voor het effect na blootstelling aan een milieumonster (zie milieumonster) gedeeld door de gemeten waarde in het referentiemonster. Dit geeft dus het aantal malen overschrijding van het effect in het referentiemonster;

referentie(monster) Een niet verontreinigd (milieu)monster (zie milieumonster) met vergelijkbare karakteristieken als het gelijktijdig en op dezelfde wijze getest verontreinigde (milieu)monster;

replica Identiek en gelijktijdig ingezet testvaatje. Bij een toename in aantal replica's neemt ook de betrouwbaarheid van het testresultaat toe;

reproduceerbaarheid Mate van herhaalbaarheid van een bioassayresultaat;

screening De toepassing van een lab-bioassay om een globale indruk te krijgen over de toxiciteit van een milieumonster. Hierbij wordt meestal maar één testconcentratie beoordeeld (bijv. onverdund milieumonster) en vaak met minder dan het standaard aantal replica's of aantal testorganismen per replica;

screeningtest(en) Acute lab-bioassays toegepast t.b.v. screening (zie screening);

sediment Waterbodem;

semi-continue monitoring Het voortdurend, met slechts korte onderbrekingen (bijvoorbeeld ieder kwartier een test) (bio)monitoren van de kwaliteit van oppervlaktewater;

single-species-test Test waarin slechts één organisme wordt blootgesteld aan een toxicant (zie verder bij 'bioassay');

standaardisatie Mate van gelijkheid van herhaalde uitvoeringen van een biomonitoring techniek.

stofspectifieke benadering De beoordeling van de milieukwaliteit gebaseerd op de chemische concentratie en toxiciteit van individuele stoffen;

streefwaarde Lange termijn (2000+) doelstelling ten aanzien van de algemene milieukwaliteit van oppervlaktewater en waterbodem. Hiervoor geldt een inspanningsverplichting van de waterbeheerder: zij moet het mogelijke doen om de doelstelling binnen de gestelde termijn te realiseren;

subleetaal Iedere waarneembare (negatieve) verandering in het functioneren van een organisme met uitzondering van sterfte;

taxonomisch verwante soorten Soorten die wat betreft hun classificatie (afhankelijk van morfologische kenmerken) veel op elkaar lijken. Van deze soorten wordt aangenomen dat zij ook op elkaar zullen lijken wat betreft hun gevoeligheid voor toxicanten;

techniek Lab-bioassay, veldbioassay, biologisch bewakingssysteem, ecosysteemmonitor, bioaccumulatietest of mutageniteitest;

testbatterij Set van geselecteerde biomonitoringstechnieken die gelijktijdig worden ingezet. Hierbij wordt gestreefd naar de inzet van technieken die elkaar zo weinig mogelijk zullen overlappen wat betreft hun gevoeligheid voor bepaalde toxicanten (bijvoorbeeld gebruik makend van organismen van verschillende trofisch niveaus);

- toxic unit** De concentratie toxicant in een (onverdund) sedimentmonster uitgedrukt als fractie van de $L(E)C_{50}$ - of soms als fractie van de NOEC-waarde;
- toxicant** Stof die bij een bepaalde concentratie en blootstellingsduur verantwoordelijk is voor een verminderd functioneren van een testorganisme.
- toxiciteit (toxisch)** De intrinsieke mogelijkheid van een stof/verbinding om negatieve effecten (bijv. verminderde reproductie, groei of zelfs sterfte) te veroorzaken bij levende organismen die hieraan worden blootgesteld;
- toxiciteit- of effectmonitoring** Het meten/detecteren van de directe (biologische) respons van individuen op toxicanten. Dit omvat bioassays (in het laboratorium of in het veld), biologische bewakingssystemen (biomontoren), maar ook waargenomen effecten in het veld, zoals het optreden van massale vissterfte e.d.;
- toxiciteitstest** Bioassay met als doel de beoordeling van één stof;
- Toxkit-test** Acute toxiciteitstest waarbij de testorganismen worden verkregen uit gedroogde cysten. Doordat gebruik wordt gemaakt van exact hetzelfde biologische materiaal, dezelfde levensstadia, verdunningsmedium, testvatjes etc., wordt een zeer hoge graad van standaardisatie bereikt;
- trofisch niveau** Indeling van soorten gebaseerd op de wijze van voedselverwerving;
- veldbioassay** Bioassay (zie lab)bioassay) waarbij organismen gedurende een bepaalde tijd (bijv. 1 week) bijvoorbeeld in een biokorf (zie biokorf) in het veld worden blootgesteld aan oppervlaktewater;
- XAD-(concentrering)** Aanduiding van een bepaalde harssoort die de eigenschap heeft om apolaire en matig polaire stoffen te adsorberen en aldus kan worden gebruikt voor het concentreren van organisch materiaal uit oppervlaktewater.

AquaSense, 1994. Beoordeling acute toxiciteit van XAD-geconcentreerd Maas- en afvalwater. Beoordeling met behulp van bioassays. In opdracht van: Samenwerkende Rijn- en Maaswaterleidingbedrijven (RIWA). Rapport 94.0602.

AquaSense, 1995. Ecotoxicologische waardering van oppervlaktewater: vergelijking van testkits voor ecotoxicologische monitoring van oppervlaktewater in het Hoogheemraadschap van Rijnland. AquaSense afstudeerrapport 95.0705.

AquaSense, 1996. Verslag van 2^e TOXKIT-dag. Amsterdam, 25 april 1996.

Aqua Survey Inc., 1993. *Daphnia magna* IQ toxicity test kit instructions.

ASTM American Society for Testing and Materials, 1991. Standard guide for acute toxicity test with the rotifer *Brachionus*. ASTM E 1440.

ASTM American Society for Testing and Materials, 1993. Proposed test method for fluorometric determination of toxicity-induced enzymatic inhibition in *Daphnia magna*. E-47 Proposal P 235.

Balk, F., Okkerman, P.C., van Helmond, C.A.M., Noppert, F., & van der Putte, I., 1994. Biological early warning systems for surface water and industrial effluents. *Water Science Technology*: 29: 211-213.

Beek, M.A., 1995. De risico's van normen; een overzicht van de methodiek en afgeleide (eco)toxicologische risicogrenzen ter onderbouwing van Streef-, Grens-, en Interventiewaarden. Lelystad, RIZA werkdocument 95.097x, WSC Ecotoxicologie 94.10, september 1995.

Bij de Vaate, A., & Greijdanus-Klaas, M., 1990. Biomonitoring van grote rivieren met een kunstmatig substraat. Nota RIZA, nr. 90.009.

Bund/Länder-Projektgruppe 'Wirkungstests Rhein' (WIR), 1995. Kontinuierliche Biotestverfahren zur Überwachung des Rheins. ISBN 3-503-03690-3. Umweltbundesamt, Berlin: 289 p.

CCRX Coördinatie-Commissie voor Metingen in het Milieu, 1994. Metingen in het milieu in Nederland 1992. Coördinatie-Commissie voor Metingen in het Milieu.

Commission of the European Communities, Directorate-General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, 1993. Proposal for a Council Directive (EEC) on the ecological quality of water.

Creasel, 1990d. ARTOXKIT M. *Artemia* toxicity screening test for estuarine and marine waters, standard operational procedure. 22 p.

Creasel, 1990a. ROTOXKIT F. Rotifer toxicity screening test for freshwater. Standard operational procedure. 22 p.

Creasel, 1990b. ROTOXKIT M. Rotifer toxicity screening test for estuariene and marine waters. Standard operational procedure. 23 p.

Creasel, 1990c. THAMNOTOXKIT F. Crustacean toxicity screening test for freshwater. Standard operational procedure. 23 p.

CUWVO Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren (Werkgroep V-CUWVO), 1994. Landelijke watersysteemrapportage 1993, fysisch-chemische en ecologische waterkwaliteit 1993.

DBW/RIZA, sine anno. Biologische bewaking van de waterkwaliteit. Info-blad nr. 11 van de Dienst Binnenwateren/RIZA, Lelystad.

EBPI Environmental Bio-Detection Products inc., 1992. The SOS-Chromotest kit version 6.0. Instructions for use. Environmental Biodetection Products Inc. September 1992.

EBPI Environmental Bio-Detection Products inc., 1993. The Toxi-Chromotest version 3.0. Instructions for use. Environmental Biodetection Products Inc. January 1993.

Geenen, J.P.W. & van der Geest, B., 1995. Concept, Bestrijdingsmiddelenrapportage 1992/1993. Het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in Nederlandse oppervlaktewateren in 1992 en 1993. Commissie Integraal Waterbeheer CUWVO, juni 1995.

GESAMP (IMO/FAO/UNESCO/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environment Protection), 1995. Biological Indicators and their Use in the Measurement of the Condition of the Marine Environment. Rep. Stud. GESAMP No. 55.

Gezondheidsraad, 1994. Ecotoxicologie op koers. Advies van een commissie van de Gezondheidsraad. Publicatie nr. 1994/13. Gezondheidsraad, Den Haag.

Gorter, M. & Mangelaars, J., 1994. Het water uitgevlood. Toxiciteittoetsen met watervlooien in het veld 1990-1993. Project OW93-12. Hoogheemraadschap van Delfland, Delft: 20 p.

Gorter, M., Wal, B van der & Mangelaars, J., 1996. Veldtoets met watervlooien: een nuttige aanvulling op het chemisch onderzoek. *H₂O* (29), 1996, nr. 12, blz. 354 - 357.

Hendriks, J., 1993. 'Kontinuierliche Wirkungstests'. Interne memo Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling RIZA, Lelystad.

Hendriks, A.J. (ed.), 1994. Monitoring concentrations of microcontaminants and response of waterfleas and fish in the Rhine delta. Rapport nr. 94.027 (ISBN 036902142). Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling RIZA, Lelystad: 62 p.

ISO 6341, 1989. Water Quality - Determination of the inhibition of the mobility of *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea). International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 8692, 1989. Water quality - fresh water algal growth inhibition test with *Scenedesmus subspicatus* and *Selenastrum capricornutum*. International Organisation for Standardisation. International Standard, First edition 1989-11-15.

Jong, F.M.W. de & Bergema, W.F., 1994. Field bioassays for side-effects of pesticides. CML report 112. Centre of Environmental Science (CML) Leiden University, Leiden: 151 p.

Jung, K., Bitton, G. & Koopman, B., 1996. Selective assay for heavy metal toxicity using a fluorogenic substrate. Short communication. Environmental Toxicology and Chemistry, Vol. 15, No. 5, pp 711-714

Kamps-Mulder, M.A.A.J., Hendriks, A.J & Van de Guchte, C., 1996. Ontwikkeling van de biokorf voor de biologische kwaliteitsbeoordeling van oppervlaktewater. Experimenten in laboratorium en veld met demethoaat en de watervlo *Daphnia magna* (Crustacea). *H₂O* (29) 1996, nr. 22., blz. 668 - 670.

Maas, J.L., van de Guchte, C., & Kerkum, F.C.M., 1993. Methodebeschrijvingen voor de beoordeling van verontreinigde waterbodems volgens de TRIADE benadering. Methodebeschrijving voor enkele bioassays, bioaccumulatiemetingen en veldstudies. Notanr. 93.027 Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling RIZA, Lelystad: 74 p.

Maas, J.L., de la Haye, M., & Beek, M.A., 1995. Ecotoxicologisch onderzoek aan Maaswater en sediment. Reports of the project "Ecological rehabilitation of the river Meuse". Anonymous Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat RIZA, Directie Limburg. EHM nr. 23-1994-36, 1995.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1989. Water voor nu en later, derde Nota waterhuishouding. Tweede Kamer, vergaderjaar 1988-1989, 2150, nrs. 1-2.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1994. Evaluatienota Water. Regeringsbeslissing. Aanvullende beleidsmaatregelen en financiering 1994-1998. Tweede Kamer, vergaderjaar 1993-1994, 21 250, nrs. 27-28.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1995. Visienotitie 'Ruimte voor Water', discussiestuk in de aanloop naar de Vierde Nota Waterhuishouding.

Murhy, S. R. & Balogh, J.C., 1993. DATATOX V2.0. Toxicity & Chemical fate, Personal computer system. Spectrum Research, Inc., Duluth, Minnesota, April 1993.

Naber, A. & Grootelaar, E.M.M., 1994. Ontwikkeling veldbioassay t.b.v. lab-, veldextrapolatie met de kweeklarve *Chironomus riparius* (Diptera). RIZA werkdocument nr. 94.111X, WSCE nr. 94-07, juli 1994.

NEN 6501, 1980. Water - Bepaling van de acute toxiciteit met behulp van *Daphnia magna*. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, november 1980.

NEN 6504, 1980. Water. Bepaling van de acute toxiciteit met behulp van *Poecilia reticulata*. Nederlands Normalisatie-instituut. 1e druk, november 1980: 7 p.

NEN 6506, 1984. Water - Bepaling van de acute toxiciteit met behulp van algen. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, januari 1984.

Noij, Th.H.M. & M.A. Meerkerk (red.), 1995. Toxicologisch en ecologisch onderzoek van de Rijn in 1994 in relatie tot drinkwaterbereiding. In opdracht van de Samenwerkende Rijn- en Maaswaterleidingbedrijven RIWA, oktober 1995.

Noordhuis. R. (red.), 1995. Biologische monitoring zoete rijkswateren. Jaarrapportage 1993. RIZA nota nr. 95.002.

Noppert, F. & Hendriks, A.J., 1995. Bewaking van oppervlaktewater met vissen en watervlooien. Praktijkervaringen op Rijn en Maas in de periode 1988-1992. H₂O 28(4), 112-114.

NVN 6516, 1993. Water - Bepaling van de acute toxiciteit met behulp van *Photobacterium phosphoreum*. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, augustus 1993.

OECD 201, 1984. Alga, growth inhibition test. OECD guideline for testing of chemicals. OECD, Paris, France, 201 adopted 7.07.84.

OECD 202, 1984. *Daphnia sp.*, acute immobilisation and reproduction test. OECD guideline for testing of chemicals. OECD, Paris, France, 202 adopted 04.04.84.

OECD 202 part II, 1993. Draft OECD test guideline 202 part II, *Daphnia magna* reproduction test to be used in the final ring test.

OECD 203, 1992. Fish, acute toxicity test. OECD guideline for testing of chemicals. OECD, Paris, France, 203 adopted 17.07.92.

OECD 210, 1992. Fish, early-life stage toxicity test. OECD guideline for testing of chemicals. OECD, Paris, France, 210 adopted 17.07.92.

Persoon, G., Janssen, C., de Coen, W., & Latif, M., 1994. Cyst-based toxicity tests XI: Comparison of the sensitivity of the acute *Daphnia magna* test and two crustacean microbioassays for chemicals and wastes. Chemosphere.

RIZA, 1986. Uitvoering semi-statische test met zebravissen (embryonale test). Ecotoxicologie mei 1986, TV1001/23.

Rosenberg, D.M. & Resh, V.H., 1993. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall, London: 488 p.

Ruiter, H. de, 1995. Effecten van Maas- en Rijnwater op de populatie-dynamica van *Daphnia magna*. LUW rapport nr. 051/95, RIZA Werkdocument nr. 95.165x.

Ruiter H. de, R. Kamps-Mulder & A.J. Hendriks, in prep. Watervlo-populaties in kooitjes: toepassingen in rijks- en regionale wateren.

Runia, W.Th., Leistra, M. & Steekelenburg, N.A.M. van, in prep. Uitspoeling van chemische gewasbeschermingsmiddelen in grondgebonden teelten.

Stamperius, P.C. & Wentholt, L.R., 1996. Een overzicht: Lopend STOWA-onderzoek. Het Waterschap, 1996, nr. 16, blz. 552 - 564.

STOWA - Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, 1992a. Ontstaan en bestrijden van deklagen van kroos. 1. Literatuur, 92-09.

STOWA - Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, 1992b. Ontstaan en bestrijden van deklagen van kroos. 2. Modelmatige benadering van de kroosontwikkeling en beoordeling van beheersbaarheid, 92-09.

STOWA - Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, in prep. Speurdersgids normen waterkwaliteitsbeheer.

Tonkes, M., van de Guchte, C., Botterweg, J., de Zwart, D., & Hof, M., 1995. Monitoring water quality in the future. Volume 4: Monitoring strategies for complex mixtures. . Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment VROM, Den Haag: 33 p.

Tonkes, M. en Botterweg, J., 1994. Totaal Effluent Milieubezwaarlijkheid. Beoordelingsmethodiek milieubezwaarlijkheid van afvalwater. Literatuur- en gegevensbeoordeling. Engelse samenvatting. AquaSense in opdracht van en in samenwerking met RWS/RIZA, Notanr. 94.020. pp. 157.

- Tubbing, D.M.J., Ruyter van Stevenink, E.D. de & Admiraal, W., 1993. Sensitivity of planktonic photosynthesis to various toxicants in the river Rhine. *Environmental Toxicology and Water Quality*, 8, 51-62, 1993.
- U.S. EPA - Environmental Protection Agency, 1989e. Short-Term Methods for Estimating the Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater Organisms.-EPA-600/4-89/001, Environmental Monitoring Systems Laboratory, Cincinnati, OH.
- Van Straalen, N.M. & van Gestel, C.A.M., 1993. Ecotoxicological test methods using terrestrial arthropods. Discussion paper for the OECD Test Guidelines Programme. VU, november 1993.
- Van Straalen, N.M. & Verkleij, J.A.C. (red.), 1991. *Leerboek Oecotoxicologie*. VU Uitgeverij, Amsterdam 1991.
- Villars, M.T., 1995. Monitoring water quality in the future, Executive summary. Delft Hydraulics, Delft, The Netherlands.
- Willemsen, A., Vaal, M.A., & de Zwart, D., 1995. Microbiotests as tools for environmental monitoring. Rapportnummer: 607042005. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne RIVM, Bilthoven: 39 p.
- Zimmer, M., 1993. Erarbeitung von Kriterien zur Ableitung von Qualitätszielen für Sedimente und Schwebstoffe. Literaturstudie. Forschungsvorhaben 102 04 384/01. Technische Universität, Hamburg: 309 p.
- Zuiveringschap Amstel- en Gooiland, 1995. Onderzoek bestrijdingsmiddelen 1992-1993. Aanzet tot een nieuw monitoringprogramma.
- Zuiveringschap Limburg, 1995. Toxiciteitproeven met *Gammarus* in het veld. Intern memo van M. Fellingier over toxiciteittoetsen in het veld. Zuiveringschap Limburg, 28 augustus 1995.
- Zuiveringschap West-Overijssel, 1993. Microtox en bestrijdingsmiddelen in oppervlaktewater.
- Zwart, D. de, 1995. Monitoring water quality in the future. Volume 3: Biomonitoring. Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment VROM, Den Haag: 83 p.
- Zwart, D. de, de Kruijf, H.A.M., & Slooff, W., 1992. Biomonitoring vanuit ecotoxicologisch perspectief als strategie voor het RIVM. Rapport no.: 671010001. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne RIVM, Bilthoven: 30 p.
- Zwart, D. de & Trivedi, R.C., 1995. Manual on integrated water quality evaluation. RIVM report nr. 802023003.

BIJLAGEN

Bijlage 1.

Vragenlijst (Survey form).

Het origineel had voldoende ruimte tussen de vragen om de gewenste informatie te kunnen noteren.

SURVEY FORM

Please include appendices (brochures etc.) when necessary.

- 1. Product name:
- 2. Commercially available ☐yes ☐no
- 3. Availability of scientific papers with specifications or applications. Please mention the sources:
- 4. Susceptible to the following (groups) of chemicals

Chemical Name	CAS - Number	Endpoint (LOEC/EC50/NOEC etc.)	Lab or field

5. Requirements regarding confounding factors

Factor	Value(s) (No effects to be expected if < , > , or in between.)
pH	
O2 (mg/l)	
CaCO3 level (mg/l)	
NO2- (mg/l)	
NH4+ (mg/l)	
NH3 (mg/l)	
Cl- (g/l)	
conductivity (mS/m)	
temperature (°C)	

- 6. Specifications
 - a. Technical:
 - b. Average number of false alarms within one week
 - c. Time period in which the system is not functional (immune) after an alarm occurrence;
 - d. Time period (hours/week) needed for maintenance/control of system
 - e. Operation time period without interference (due to maintenance, renewal organisms and/or media etc.)
 - f. Preferred training level of operator
 - g. (Statistical) Reliability of the data of the parameter measured
 - h. Availability of organisms applied (commercially available, need of a culture)
- 7. Equipment.
 - a. Specific needs for additional equipment(PC's etc.);
 - b. Equipment supplied
- 8. (Total) costs for purchasing and installing;
Currency:
- 9. A list of current users, or contacts who have experience with the practical application of your product;

Bijlage 2.

Opbouw van het spreadsheet 'ACTIEF.XLS' (actieve biomonitoringstechnieken)

Cas. nr.	Naam (test)systeem	nr.	1
	type monitoring:		toxiciteit- of effectmonitoring
	type (test)systeem		(lab)bioassay
	organisme		alg
	trofisch niveau		producent
	soortnaam:		<i>Scenedesmus, Selenastrum, Chlorella</i>
	triviale naam:		groenalg
	eindpunt(en)/maat:		populatiegroei/celdichtheid
	reactiesnelheid /totale testduur:		minimaal 72 uur
	tijd nodig voor volledige uitvoering (doorlooptijd):		ca. 1,5 weken
	gestandaardiseerd protocol:		82,171,175,185
	testmethode:		
	opmerkingen (I):		
	opmerkingen (II):		
	opmerkingen (III):		
	commercieel verkrijgbaar:		binnenkort als Toxkit
	verkrijgbaarheid testorganismen:		kweek, binnenkort in kit aanwezig
	aanschaf-/investerings-/materiaalkosten:		
	kosten per analyse:		
	bruikbaar voor beoordeling van:		watervrij monsters/waterbodem
	bij waterbodem bruikbaar voor beoordeling van:		poriewater/elutriaat/sediment-water-systeem
	zoet/zout		zoet
	continuïteit		discontinu
	on-line		nee
	berekening alarmwaarde (alleen voor biomonitoringsystemen)		
	biologisch integratieniveau:		populatie
	type respons:		levensgeschiedenis
	toepassing voor water of waterbodem:		reeds in Nederland toegepast
	aanbevolen door:		83
	gebruikers		RIZA
	gebruikers (vervolg)		diverse adviesbureaus
	gebruikers (vervolg)		RIVM
	gebruikers (vervolg)		industrie
	gebruikers (vervolg)		
	gebruikers (vervolg)		
	gebruikers (vervolg)		

Cas. nr.	Randvoorwaarden (modifying factors)	1
	Geen negatieve effecten te verwachten bij:	Acute algentest
	pH	
	O ₂ (mg/l)	
	hardheid (mg/l als CaCO ₃)	
	NO ₂ ⁻ (mg/l)	
	NH ₄ ⁺ (mg/l)	
	NH ₃ (mg/l)	
	Cl ⁻ (g/l)	
	geleidbaarheid (mS/m)	
	temperatuur (°C)	

Bijlage 2 (vervolg)

	leverancier/info via	AquaSense (binnenkort)
	adres	Postbus 95125
	adres	1090 HC Amsterdam
	tel.:	020-5922244
	fax.:	020-5922249
Referenties		
	referenties algemeen:	26,49,82,83,171,175,180,185,227,228,229,257
	referenties (Direct) Sediment Testing Procedure (DSTP):	257
	referenties specifiek sediment/grond-beoordeling:	227,228,229
Cas. nr.		
	Beoordeling volgens [136] (score: 1 - 9 = heel slecht tot zeer goed, ● = niet van toepassing en ? = onbekend)	1
	<i>Wetenschappelijk</i>	
	1. Milieu informatie (bijdrage aan de algemene inzichtelijkheid in het milieuprobleem)	7
	2. Ecologische relevantie (doorvertaalbaarheid naar hogere niveaus: populatie, levensgemeenschap, ecosysteem)	7
	3. Soort specificiteit (doorvertaalbaarheid naar andere soorten)	6
	4. Probleem specificiteit (bijdrage aan inzichtelijkheid in de oorzaken van het milieuprobleem)	5
	5. Omkeerbaarheid (capaciteit om terug te keren naar onverstoorde status wanneer oorzaak wegvalt. Dit is met name van belang bij biomonitoringsystemen)	*
	<i>Efficiëntie</i>	
	6. Concentratie-effect relatie (goede, voorspelbare relatie tussen oorzaak en effect)	9
	7. Gevoeligheid (moet al bij lage toxicantconcentraties een response geven)	7
	8. Meetbereik (bruikbaar over een grootte toxicantconcentratie range)	8
	9. Reactiesnelheid/testduur (liefst directe reactie)	6
	10. Onderscheidend vermogen (liefst zo laag mogelijke systeemeigen variabiliteit)	6
	11. Betrouwbaarheid (response moet duidelijk van systeemeigen variabiliteit te onderscheiden zijn)	8
	12. Standaardisatie (mate/mogelijkheid tot standaardisatie: I=Internationaal, N=nationaal, P=wordt aan gewerkt)	internationaal
	13. Kosten-effectiviteit	7
	<i>Administratief</i>	
	14. Retrospectie (toepassingsgeschiedenis: hoe langer hoe hoger de score)	8
	15. Materiaal kosten (orde-groote in US \$ per faciliteit of systeem)	10000
	16. Kosten per test of waarneming (orde-groote in US \$)	500

Bijlage 2 (vervolg)

Beschrijvend (diverse bronnen gebruikt)		
benodigde ruimte (HxBxD in cm)		
betrouwbaarheid/reproduceerbaarheid signaal		
standtijd		
bedrijfsvriendelijkheid		
controle/onderhoud (reëel) (# uren/week)		
betrouwbaarheid systeem (# storingen/maand)		
handelbaarheid organismen		
gewenst opleidingsniveau uitvoerende		
parameter kwantificeerbaar en continu meetbaar		
interpreteerbaarheid testresultaten		
kans op vals alarm		
beschikbaarheid achtergrondinfo		
seizoensgebondenheid		
Gevoeligheid voor specifieke stoffen		
CAS nr.	Naam:	Acute algentest
	gevoeligste, gemeten parameter:	EC50
	maximale blootstellingsduur:	72 uur
	meeteenheid:	µg/l
	bijzonderheden:	
Metalen		
7440-38-2	Arseen	> 100000
1327-53-3	Arseen (As3+, als oxyde))	
7784-42-1	Arseen (As5+, als hydride)	
7440-43-9	Cadmium	40
7440-47-3	Chroom	160
	Chroom (Cr3+)	
	Chroom (Cr4+)	
18540-29-9	Chroom (Cr6+)	
7778-50-9	Kaliumdichromaat (Cr6+)	
7440-50-8	Koper	40
7430-97-6	Kwik	
7439-92-1	Lood	500
7440-02-0	Nikkel	500
7782-49-2	Selenium	
	Selenium (Se4+)	
	Selenium (Se6+)	
7440-66-6	Zink	60
Metalen (n): 7		
Laagste meetwaarde (µg/L): 40.00		
Mediane meetwaarde (µg/L): 110.00		

Bijlage 2 (vervolg)

1. Organochloor bestrijdingsmiddelen	
309-00-2	Aldrin
319-84-6	alfa-HCH
319-85-7	beta-HCH
57-74-9	Chloordaan
72-54-8	DDD
72-55-9	DDE
50-29-3	DDT
78-87-5	Dichloorpropaan (1,2-)
78-88-6	Dichloorpropeen (2,3-)
60-57-1	Dieldrin
	Endosulfan (alfa + sulfaat)
1031-07-8	Endosulfan sulfaat
115-29-7	Endosulfan (alfa)
115-29-7	Endosulfan (alfa) (veld)
	Endosulfan (beta)
72-20-8	Endrin
	HCH-verbindingen
76-44-8	Heptachloor
1024-57-3	Heptachloorepoxide
87-68-3	Hexachloorbutadieën
62-72-1	Hexachloorethaan
58-89-9	Lindaan (gamma-HCH)
79-01-6	Trichlooretheen
	VOX
1. Organochloor bestrijdingsmiddelen (n): 0	
Laagste meetwaarde (µg/L): 0.00	
Mediane meetwaarde (µg/L): #DEEL/0!	
2. Chloorfenolen	
591-35-5	3,5-Dichloorfenol
	Monochloorfenolen
131-52-2	Natriumpentachloorfenolaat (Na-PCP)
131-52-2	Natriumpentachloorfenolaat (Na-PCP) (veld)
87-86-5	Pentachloorfenol (PCP)
340	
2. Chloorfenolen (n): 1	
Laagste meetwaarde (µg/L): 340.00	
Mediane meetwaarde (µg/L): 340.00	
3. Organofosfor bestrijdingsmiddelen	
2642-71-9	Azinfos-ethyl
86-50-0	Azinfos-methyl
2104-96-3	Bromofos-ethyl
470-90-6	Chloorfenvinfos
2921-88-2	Chloorpyrifos
	Cholinesterase remming
56-72-4	Cumafos
919-86-8	Demeton(-S-methyl)
333-41-5	Diazinon
62-73-7	Dichloorvos
60-51-5	Dimethoaat
298-04-4	Disulfoton
13194-48-4	Ethoprofos
38260-54-7	Etrimfos
122-14-5	Fenitrothion
55-38-9	Fention
14816-18-3	Foxim
23560-59-0	Heptenofos
121-75-5	Malathion

Bijlage 2 (vervolg)

7786-34-7	Mevinfos
301-12-2	Oxydemethon-methyl
56-38-2	Parathion (methyl + ethyl)
56-38-2	Parathion-ethyl
298-00-0	Parathion-methyl
52645-53-1	Permethrin
	Propethamfos
13457-18-6	Pyrazofos
640-15-3	Thiometon
57018-04-9	Tolclofos-methyl
24017-47-8	Triazofos
52-68-6	Trichloorfon

3. Organofosfor bestrijdingsmiddelen (n): 0

Laagste meetwaarde (µg/L): 0.00

Mediane meetwaarde (µg/L): #DEEL/0!

4. Chloorbenzenen

118-74-1	Hexachloorbenzeen	
108-90-7	Monochloorbenzeen	
541-73-1	Dichloorbenzeen (1,3 of meta)	
608-93-5	Pentachloorbenzeen	
98-95-3	Nitrobenzeen	11100

4. Chloorbenzenen (n): 1

Laagste meetwaarde (µg/L): 11100.00

Mediane meetwaarde (µg/L): 11100.00

5. Fenolherbiciden

88-85-7	Dinoseb
1420-07-1	Dinoterb
534-52-1 of 2312-76-7	DNOC

5. Fenolherbiciden (n): 0

Laagste meetwaarde (µg/L): 0.00

Mediane meetwaarde (µg/L): #DEEL/0!

6. Carbamaten

116-06-3	Aldicarb
	Aldicarb sulfon
	Aldicarb sulfoxide
17804-35-2	Benomyl
10605-21-7	Carbendazim
1563-66-2	Carbofuran
101-21-3	Chloorprofam
2032-65-7	Methiocarb (Methomyl)
23135-22-0	Oxamil
23103-98-2	Primicarb
114-26-1	Propoxur

6. Carbamaten (n): 0

Laagste meetwaarde (µg/L): 0.00

Mediane meetwaarde (µg/L): #DEEL/0!

7. Dithiocarbamaten

12427-38-2	Maneb
	MITC
137-26-7	Thiram
12122-67-7	Zineb

7. Dithiocarbamaten (n): 0

Laagste meetwaarde (µg/L): 0.00

Mediane meetwaarde (µg/L): #DEEL/0!

Bijlage 2 (vervolg)

8. Chloorphenoxy-carbonzuur herbiciden		
93-76-5	2,4,5-T	
95-95-4	2,4,5-Trichloorfenol (-TP)	
11097-69-1	2,4-Dichloorbifenyyl (-DB)	
94-75-7	2,4-Dichloorphenoxyazijnzuur (2,4-D)	95800
120-36-5	Dichloorprop (2,4-DP)	
94-74-6 of 19480-43-4	MCPA	
6062-26-6	MCPB	
93-65-2	Mecoprop (MCP)	
8. Chloorphenoxy-carbonzuur herbiciden (n): 1		
Laagste meetwaarde (µg/L): 95800.00		
Mediane meetwaarde (µg/L): 95800.00		
9. Organotinverbindingen		
900-95-8	Fentin (Trifenyyltinacetaat)	
76-87-9	Trifenyyltinhydroxide (Fentinhydroxide)	
56-35-9	Tributyyltinoxide (TBTO)	
9. Organotinverbindingen (n): 0		
Laagste meetwaarde (µg/L): 0.00		
Mediane meetwaarde (µg/L): #DEEL/0!		
10. Triazinonen		
1912-24-9	Atrazine	
1912-24-9	Atrazine (veld)	
122-34-9	Simazine	
886-50-0	Terbutryn	
12654-97-6	Triazine	
5915-41-3	Terbutylazin	
10. Triazinonen (n): 0		
Laagste meetwaarde (µg/L): 0.00		
Mediane meetwaarde (µg/L): #DEEL/0!		
11. Aniliden		
	Furalaxyl	
1918-16-7	Propachloor	
11. Aniliden (n): 0		
Laagste meetwaarde (µg/L): 0.00		
Mediane meetwaarde (µg/L): #DEEL/0!		
12. Fenylureum herbiciden		
15972-60-8	Alachloor	
15545-48-9	Chloortoluron	
330-54-1	Diuron	
34123-59-6	Isoproturon	
34123-59-6	Isoproturon (veld)	
330-55-2	Linuron	
18691-97-9	Methabenzthiazuron	
3060-89-7	Metobromuron	
19937-59-8	Metoxuron	
1746-81-2	Monolinuron	
150-68-5	Monuron	
150-68-5	Monuron (veld)	

Bijlage 2 (vervolg)**12. Fenylureum herbiciden (n): 0****Laagste meetwaarde (µg/L): 0.00****Mediane meetwaarde (µg/L): #DEEL/0!****13. Carboximiden**133-06-2 Captan
Vinchlozolin**13. Carboximiden (n): 0****Laagste meetwaarde (µg/L): 0.00****Mediane meetwaarde (µg/L): #DEEL/0!****14. Diversen**107-34-3 1,2-Dichloorethaan
554-00-7 2,4 Dichlooraniline (2,4-DCA)
95-76-1 3,4-Dichlooraniline
1336-21-6 Ammonia
25057-89-0 Bentazon
1897-45-6 Chloorthalonil
95-57-8 Chloorfenol (ortho of 2)
57-12-5 Cyanide (KCN)
Deiquat
Deltamethrin
75-09-2 Dichloormethaan
108-95-2 Fenol
7681-52-9 Hypochloride (NaOCl)
78-59-1 Isophoron
LAS (Linear alkyl benzene sulfonate)
51-28-5 2,4-Dinitrofenol (lab)
51-28-5 2,4-Dinitrofenol (veld)
Olie (gedispergeerd)
1910-42-5 Paraquat
7287-19-6 Prometryn
1698-60-8 Pyrazon (Chloridazon)
79-34-5 Tetrachloorethaan
127-18-4 Tetrachlooretheen
56-23-5 Tetrachloormethaan
108-88-3 Tolueen
79-01-6 Trichloorethyleen
67-66-3 Trichloormethaan
1330-2-7 Xyleen**14. Diversen (n): 0****Laagste meetwaarde (µg/L): 0.00**

Bijlage 2 (vervolg)

8007-45-2	PAK's	
120-12-7	Anthraceen	
205-99-2	Benzo(b)fluorantheen	
218-01-9	Chryseen	
91-20-3	Naftaleen	33000
56-55-33	Benzo(a)anthraceen	
50-32-8	Benzo(a)pyreen	
191-24-2	Benzo(ghi)peryleen	
207-08-9	Benzo(k)fluorantheen	
53-70-3	Dibenzo(ah)anthraceen	
85-01-8	Fenantreen	
206-44-0	Fluorantheen	
193-39-5	Indeno(1,2,3-cd)pyreen	
192-00-0	Pyreen	
PAK's (n): 1		
Laagste meetwaarde (µg/L): 33000.00		
Mediane meetwaarde (µg/L): 33000.00		
	PCB's	
7012-37-5	PCB 28	
35693-99-3	PCB 52	
37680-73-2	PCB 101	
	PCB 118	
26601-64-9	PCB 138	
	PCB 153	
35065-27-1	PCB 180	
	som 6 PCB's	
	som 7 PCB's	
PCB's (n): 0		
Laagste meetwaarde (µg/L): 0.00		
Mediane meetwaarde (µg/L): #DEEL/0!		
Metalen en pesticiden (n): 10		

gevoeligheid algemeen:
specifiek gevoelig voor:

metalen, organische verbindingen, herbiciden

Bijlage 3.

Overzicht van alle in het spreadsheet 'ACTIEF.XLS' opgenomen actieve biomonitoringstechnieken.

Toelichting:

Info. in kolom: in deze kolom van het spreadsheet is de geïnventariseerde informatie voor dit systeem opgenomen

Type systeem: L = (lab)bioassay, B = biomonitor, E = ecosysteemmonitor, V = veldbioassay

Trofisch niveau: P = producent, D = destruent, C = consument, M = Mutageniteitstest

Type monitoring: T = toxiciteit of effect, E = ecosysteem, B = bioaccumulatie, M = Mutageniteit

Geselecteerde 31 systemen (eerste selectie)

nr.	Naam (test)systeem	info. in kolom	gebruikt organisme	type systeem	trofisch niveau	type monitoring	zoet / zout	continuïteit	on-line
<i>producent</i>									
1	Acute algentest (Algaltoxkit)	D	alg	L	P	T	zoet	discontinu	nee
2	Periphyton monitor (Algenglaasjes)	E	periphyton	E	P	E	beide	discontinu	nee
3	DF-Algentest	F	alg	B	P	T	zoet	semi-continu	ja
4	Selenastrum microplate assay	G	alg	L	P	T	zoet	discontinu	nee
5	Kroostest	H	plant	V	P	T	zoet	discontinu	nee
<i>destruent</i>									
6	Microtox /Lumistox/Lumismini	I	bacterie	L	D	T	beide	discontinu	nee
7	Toxi-Chromotest	J	bacterie	L	D	T	zoet	discontinu	nee
8	ATP-tox system	K	bacterie	L	D	T	zoet	discontinu	nee
9	Biotoximeter	L	bacterie	B	D	T	beide	semi-continu	ja
10	MetPLATE	M	bacterie	L	D	T	zoet	discontinu	nee
11	Vibrio harveyi direct/growth	N	bacterie	L	D	T	zout	discontinu	nee
<i>consument</i>									
12	Rotokit F	O	raderdiertje	L	C	T	zoet	discontinu	nee
13	Rotokit M	P	raderdiertje	L	C	T	zout	discontinu	nee
14	Thamnotoxkit F	Q	kreeftachtige	L	C	T	zoet	discontinu	nee
15	Daphnia magna fluorescentie-test	R	kreeftachtige	L	C	T	zoet	discontinu	nee
16	Acute watervlooiëntest	S	kreeftachtige	L	C	T	zoet	discontinu	nee
17	Chronische watervlooiëntest	T	kreeftachtige	L	C	T	zoet	discontinu	nee
18	Watervlooiën veldbioassay	U	kreeftachtige	V	C	T	zoet	discontinu	nee
19	Aqua-Tox-Control (Daphnia)	V	kreeftachtige	B	C	T	zoet	continu	ja
20	Dynamische Daphniatest	W	kreeftachtige	B	C	T	zoet	continu	ja
21	Artookit M	X	kreeftachtige	L	C	T	zout	discontinu	nee
22	Gammarus veldbioassay	Y	kreeftachtige	V	C	T	zoet	discontinu	nee
23	Muggelarve veldbioassay	Z	muggelarve	V	C	T	zoet	discontinu	nee
24	Mosselkorfjes	AA	mossel	V	C	B	beide	discontinu	nee
25a	Mosselmonitor (zoet)	AB	mossel	B	C	T	zoet	continu	ja
25b	Mosselmonitor (zout)	AC	mossel	B	C	T	zout	continu	ja
26	Acute vistest	AD	vis	L	C	T	zoet	discontinu	nee
27	Vis, Early Life Stage (ELS)-test	AE	vis	L	C	T	zoet	discontinu	nee
28	Aqua-Tox-Control (Leuciscus)	AF	vis	B	C	T	zoet	continu	ja
29	Knikkerkorfjes (kunstm. substraat)	AG	diverse	E	C	E	zoet	discontinu	nee
<i>Mutageniteitstest</i>									
30	SOS-Chromotest	AH	bacterie	L	M	M	zoet	discontinu	nee
31a	Mutatox (-S9)	AI	bacterie	L	M	M	zout	discontinu	nee
31b	Mutatox (+ S9)	AJ	bacterie	L	M	M	zout	discontinu	nee

Bijlage 3. (vervolg)

Overige systemen

nr.	Naam (test)systeem	info. in kolom	gebruikt organisme	type systeem	trofisch niveau	type monitoring	zoet / zout	continuïteit	on-line
32	Acetylcholinesterase AChE	AK	vis	B (?)	C	T		discontinuu	
33	Acute algentest (C14)	AL	alg	L	P	T	zoet	discontinuu	nee
34	Acute Chironomiden-test	AM	muggelarve	L	C	T	zoet	discontinuu	nee
35	Algal-ATP Bioassay	AN	alg	L	P	T	zoet	discontinuu	nee
36	Ames-test	AO	bacterie	L	G	M	zoet	discontinuu	nee
37	Amfipoden bioaccumulatietest	AP	vlokreeft	L	C	B			
38	Amfipodentest	AQ	vlokreeft	L	C	T	zoet	discontinuu	nee
39	Aquatest	AR	vis	B	C	T	zoet	continu	ja
40	Artemia salina fluorescentie-test	AS	kreeftachtige	L	C	T	zout	discontinuu	nee
41	Asellus aquaticus-test	AT	pisbed	L	C	T	zoet	continu	
42	Aztec FM 1000	AU	vis	B	C	T	zoet	continu	
43	Bacterie exo-enzym assay	AV	bacterie	L	D	T	zoet	discontinuu	nee
44	BehavioQuant (Kobl. Verh. fischtest)	AW	vis	B	C	T	zoet	continu	ja
45	Biosens-Algentoximeter ATO1	AX	alg	B	P	T	beide	semi-continu	ja
46	Biox 1000 series	AY	bacterie	B	D	T	zoet	continu	nee
47	Bio-Sensor (BMI series 6000)	AZ	vis	B	C	T	zoet	continu	
48	BODypoint	BA	micro-organismen	B	D	T	zoet	semi-continue mogelijk	
49	Brachionus filtration test	BB	raderdiertje	L	C	T	zout	discontinuu	nee
50	Bufo boreas-test	BC	amfibie	L	C	T			
51	Caenorabditis elegans	BD	nematoden	L	C	T			
52	CALUX-ASSAY	BE	zoogdieren	L	C	T	zoet	discontinuu	nee
53	Ceriodaphnia dubia fluorescentie-test	BF	kreeftachtige	L	C	T	zoet	discontinuu	nee
54	Chironomiden bioaccumulatietest	BG	muggelarve	L	C	B	zoet	discontinuu	nee
55	Chironomiden monitor (Aquasensor)	BH	muggelarve	B	C	T	zoet	continu	
56	Chronische chironomiden-test	BI	muggelarve	L	C	T	zoet	discontinuu	nee
57	Chronische vistest	BJ	vis	L	C	T	zoet	discontinuu	nee
58	Chron. watervlooiëntest (poriewater)	BK	kreeftachtige	L	C	T	zoet	discontinuu	nee
59	Colpidium campylum	BL	protozoa (ciliaten)	L	C	T	zoet	discontinuu	nee
60	Dreissena-Monitor	BM	mossel	B	C	T	zoet	continu	ja
61	Early Life Stage-test-I	BN	vis	L	C	T		discontinuu	nee
62	Early Life Stage-test-II	BO	vis	L	C	T	zoet	discontinuu	nee
63	ECHA Biocide Monitor	BP	bacterie	L	D	T	zoet	discontinuu	nee
64	EuCyano-Bacterie-electrode	BQ	bacterie	B	D	T	zoet	continu	ja
65	Fast Repetition Rate Fluorometer (FRR)	BR	alg	B	P	T	beide	semi-continu	ja
66	FETAX-test	BS	amfibie	L	C	T	zoet	discontinuu	nee
67	FluOx-Algentest	BT	alg	B	P	T	zoet	semi-continu	ja
68	Gastrophoryne carolinesis-test	BU	amfibie	L	C	T			
69	Hexagenia-test	BV	eendagsvlieg	L	C	T		discontinuu	nee
70	Hydra littoralis-test	BW	poliep	L	C	T		discontinuu	nee
71	IWF-Fluorometer	BX	alg	B	P	T	zoet	semi-continu	ja
72	Laser-microbe Bioassay System	BY	bacterie	L	D	T	zoet	discontinuu	(ja?)
73	Litterbag veldbioassay	BZ	micro-organismen	L	D	T	zoet	discontinuu	nee
74	Lumino 2000 (Biolum)	CA	bacterie	B	D	T	beide	semi-continu	ja
75	MARK III	CB	vis	B	C	T			
76	Mercury Test Kit	CC	plant	L	P	T	zoet	discontinuu	nee
77	MetPAD	CD	bacterie	L	D	T	zoet	discontinuu	nee
78	Micro OxyMax	CE	bacterie?	B	D	T		continu	

Bijlage 3. (vervolg)

Overige systemen

nr.	Naam (test)systeem	info. in kolom	gebruikt organisme	type systeem	trofisch niveau	type monitoring	zoet / zout	continuïteit	on-line
79	Microtox (poriewater)	CF	bacterie	L	D	T	beide	semi-continu	nee
80	Microtox Chronic	CG	bacterie	L	D	T	zoet	discontinu	nee
81	Microtox on-line (Auto-microtox)	CH	bacterie	B	D	T	beide	semi-continu	ja
82	Microtox solid-phase	CI	bacterie	L	D	T	beide	discontinu	nee
83	Mossel-test	CJ	mossel	L	C	T	zoet		
84	Muta-ChromoPlate	CK	bacterie	L	M	M	zoet	discontinu	nee
85	MUVS	CL	bacterie	B	D	T		discontinu	nee
86	Mysidopsis bahia fluorescentie-test	CM	myside	L	C	T		discontinu	nee
87	Oligochaeten bioaccumulatietest	CN	oligochaeten	L	C	B		discontinu	nee
88	Oligochaeten toxiciteitstest	CO	oligochaeten	L	C	T			
89	Panagrellus redivivus	CP	nematoden	L	C	T		discontinu	nee
90	Passavant (Fischwarntest)	CQ	vis	B	C	T	zoet	continu	nee
91	Polytox	CR	bacterie	L	D	T		discontinu	nee
92	Protoplastenbiotest	CS	plant	B	P	T		semi-continu	nee
93	Rana pipiens-test	CT	amfibie	L	C	T			
94	Regensburger Leuchtbakterientest	CU	bacterie	B	D	T	beide	semi-continu	ja
95	Respiration Analyser RA-1000	CV	bacterie	B	D	T	zoet	continu	ja
96	ROD TOX	CW	micro-organismen	B	D	T		continu	ja
97	Sediment-Chromotest/Toxi-ChromoPad	CX	bacterie	L	D	T	zoet	discontinu	nee
98	Selenastrum ATP	CY	alg	L	P	T	zoet	discontinu	nee
99	Spirillum volutans test	CZ	bacterie	L	D	T		discontinu	nee
100	Spirostomum ambignum (Protoxkit F)	DA	protozoa (ciliaten)	L	C	T	zoet	discontinu	nee
101	Stiptox-norm	DB	bacterie	B	D	T	zoet	continu	nee
102	Streptocephalus IQ	DC	bacterie	L	D	T	zoet	discontinu	nee
103	Surface Plasmon Resonance	DD	bacterie?	L (?)	D	T			
104	Thamnotoxkit Fluo	DE	kreeftachtige	L	C	T	zoet	discontinu	nee
105	ToxAlarm	DF	bacterie	B	D	T	zoet	continu	nee
106	Toxalert	DG	vis	B	C	T		continu	ja
107	Toxi-ChromoCheck	DH	bacterie	L	D	T	zoet	discontinu	nee
108	Toxiguard	DI	bacterie	B	D	T		continu	ja
109	Truito Sem	DJ	vis	B	C	T	zoet	continu	ja
110	Umu-Test	DK	bacterie	L	G	M		discontinu	nee
111	Unirelief	DL	vis	B	C	T		continu	ja
112	Vis bioaccumulatietest	DM	vis	L	C	B		discontinu	nee
113	Viskorfjes	DN	vis	L	C	T	zout	discontinu	nee
114	Wortelgroeiremmingstest	DO	plant	L	P	T	zoet	discontinu	nee
115	WRc MkIII Fishmonitor	DP	vis	B	C	T	zoet	continu	ja
116	Zuege Biotest 3	DQ	vis	B	C	T		continu	

Bijlage 4.

Enquête

Ingevuld door

Instelling:

STOWA-onderzoeksproject:

Protocol voor de keuze en toepassing van biomonitoringstechnieken voor bestrijdingsmiddelen en zware metalen in watersystemen (thema 15)

Doel:

- Inventarisatie van ervaringen opgedaan door waterbeheerders met een of meerdere biomonitoringstechnieken
- Overzicht verkrijgen van wensen die waterbeheerders hebben t.a.v. in te zetten biomonitoringstechnieken
- Inventarisatie van de bereidheid/mogelijkheden van waterbeheerders om begin '96 het opgestelde, voorlopige biomonitoringprotocol aan de praktijk te toetsen en daarvoor een budget te reserveren (max. f 50.000,-).

Vragenlijst:

1. a. Heeft u in uw beheersgebied specifieke problemen m.b.t.
b. bestrijdingsmiddelen en/of zware metalen? ja/nee
c. Gaat het hierbij om puntbronnen of diffuse bronnen?
d. Spelen de problemen in bepaalde seizoenen of het hele jaar door?
e. Gaat het om mengsels van groot aantal stoffen of specifieke stof(groep)en?
f. Om welke stof(groep)en gaat het?
2. a. Worden biomonitoringstechnieken ingezet? ja/nee
b. Met welk doel?
(bijv. als vervanging van routinematige chemische/fysische metingen; uitkomst test zegt meer over het functioneren van het ecosysteem dan het resultaat van een chemische analyse; is het ecosysteem 'biologisch gezond'; PR)
3. a. Welke biomonitoringstechnieken worden gebruikt (actief: on-line/niet on-line, passief)
b. Hoe vaak zijn een of meerdere technieken de afgelopen jaren ingezet?
c. Wat zijn daarmee uw ervaringen?
d. Wat wordt er met de uitkomsten gedaan en wat zijn de criteria voor het "slaan van alarm"?
4. Hoe, en hoe vaak wordt gemonitord als geen biologische technieken worden ingezet?
5. Hoe groot is bij benadering het jaarbudget voor de monitoring van bestrijdingsmiddelen en zware metalen?
6. Waaraan moet een te gebruiken biomonitoringstechniek volgens u voldoen (selectiecriteria)?
7. Wat speelt er in uw beheersgebied op het gebied van biomonitoring, nu of in de nabije toekomst?
8. Relevante literatuur/rapportages van reeds uitgevoerd onderzoek (door waterbeheerder zelf of andere instanties/bureaus)?
9. Met welke collega waterbeheerders heeft u contact als het gaat om de (bio)monitoring van bestrijdingsmiddelen en zware metalen?

Reserveren budget:

Indien van toepassing: is uw instantie in principe bereid voor 1996 een budget te reserveren voor het toepassen van het ontwikkelde "Protocol voor de selectie en toepassing van technieken voor de biomonitoring van bestrijdingsmiddelen en zware metalen in regionale wateren" (max. f 50.000,-)?

JA/NEE

Wij danken u voor de genomen moeite.

Bijlage 5. Resultaten enquêtes en interviews met waterkwaliteitsbeheerders (frequentie = aantal waterbeheerders wat betreffende argument noemde)

Bijlage 5A. ERVARING MET ACTIEVE BIOMONITORING

vraag 2a	Worden actieve biomonitoringstechnieken ingezet?	%	cum. %	frequentie	Toelichting
	nee	66.7	66.7	14	nog nooit gebruik gemaakt van actieve biomonitoring
	ja	28.6	95.2	6	minstens 1x actieve biomonitoringstechniek ingezet
	niet meer	4.8	100.0	1	in het verleden minstens 1x actieve biomonitoringstechniek ingezet
	totaal:	100		21	
vraag 2b	Doel ingezette of inzet van technieken?	%	cum. %	frequentie	Toelichting
	aanvulling chemie	24.0	24.0	6	chemie alleen te beperkt: meet gehalten en geen effecten
	meten biologische kwaliteit	16.0	40.0	4	kan niet met chemie
	besparing chemie	16.0	56.0	4	technieken inzetten als screening i.p.v. chemie
	toetsing beleid	12.0	68.0	3	
	chemie mist stoffen	8.0	76.0	2	routinematig analyse beperkt aantal stoffen. Sommige nog niet analyseerbaar
	PR (aansprekenheid)	8.0	84.0	2	tot verbeelding sprekend
	aantonen gehalte - effect	8.0	92.0	2	effect op ecosysteem
	screening	4.0	96.0	1	selectie van "hot spots"
	calamiteiten monitoring	4.0	100.0	1	bijvoorbeeld bluswater, (illegale) lozingen etc.
	totaal:	100.0		25	
vraag 3a	Worden on-line technieken ingezet?	%	cum. %	frequentie	
	nee	95.2	95.2	20	
	ja	4.8	100.0	1	
	totaal:	100		21	
vraag 3a	Ingezette technieken?	%	cum. %	frequentie	
	watervlo veldbioassay	43.8	43.8	7	
	Microtox (lab)	25.0	68.8	4	
	watervlo acuut (lab)	12.5	81.3	2	
	AquaTox Goudwinde on-line	6.3	87.5	1	
	Rotokit F (lab)	6.3	93.8	1	
	vis veldbioassay	6.3	100.0	1	
	totaal:	100.0		16	

Bijlage 5B. SELECTIECRITERIA VOOR GESCHIKTE BIOMONITORINGTECHNIEKEN

vraag 6	Selectie criterium?	%	cum. %	frequentie	Toelichting
	betrouwbaar	16.1	16.1	10	moet werken, reproduceerbaar
	gevoelig	14.5	30.6	9	stof-, en/of stofgroepspecifiek, gevoelig voor kleine veranderingen
	kosten-effectief	11.3	41.9	7	goede kosten-baten verhouding
	uitvoerbaar	11.3	53.2	7	eenvoudig van opzet, routinematig toepasbaar
	eenduidig	9.7	62.9	6	makkelijk interpreteerbaar, goed te begrijpen
	toepasbaarheid	6.5	69.4	4	wanneer en waar (welk watertype) bruikbaar, wat zijn de beperkingen
	categorie overig:	30.6:			
	representatief organisme	4.8	74.2	3	<i>liefst gebruik maken van soorten die ook in gebied voorkomen</i>
	snel	4.8	79.0	3	snel en regelmatig gegevens leveren
	relatie effect-veld	4.8	83.9	3	effect moet iets zegen over risico ecosysteem
	gestandaardiseerd	3.2	87.1	2	duidelijk hoe exact uitgevoerd, resultaten waterbeheerders onderling vergelijkbaar
	robuust	3.2	90.3	2	ongevoelig voor storingen en "klimaat"-schommelingen
	aansluiten op norm	1.6	91.9	1	aansluiten bij (landelijke) normen
	benodigde ruimte	1.6	93.5	1	plaatsbeslag van het testsysteem
	zouttolerant	1.6	95.2	1	zowel van brak tot zout inzetbaar
	aansprekendheid	1.6	96.8	1	PR-waarde
	nog niet bekend	1.6	98.4	1	criteria moeten nog worden afgebakend
	referentiewaarden	1.6	100.0	1	er moeten referentiewaarden beschikbaar zijn
	totaal:	100.0		62	

Bijlage 5C. PROBLEMATISCHE METALEN EN BESTRIJDINGSMIDDELEN

vraag 1a	Zijn er problemen in het beheersgebied?	%	cum. %	frequentie	Toelichting
	ja	95.0	95.0	19	Voor minimaal 1 stof overschrijding grenswaarde of (i)MTR
	nec	5.0	100.0	1	voor geen van de stoffen overschrijding grenswaarde of (i)MTR
	totaal:	100		20	
vraag 1c	Type bron?	%	cum. %	frequentie	Toelichting
	beide (diffuus + punt)	78.9	78.9	15	zowel problemen met punt- als met diffuse bronnen (door elkaar)
	diffuus	21.1	100.0	4	problemen hoofdzakelijk met diffuse bronnen
	totaal:	100		19	
vraag 1b,e,f	Problemen met metalen?	%	cum. %	frequentie	Toelichting
	specifieke stoffen	38.9	38.9	7	problemen met een of enkele specifieke metalen
	geen probleem	33.3	72.2	6	
	mengsels	16.7	88.9	3	problemen hoofdzakelijk met mengsels van metalen
	beide	11.1	100.0	2	zowel problemen met specifieke metalen als met mengsels
	totaal:	100		18	
vraag 1b,e,f	Problemen met bestrijdingsmiddelen?	%	cum. %	frequentie	Toelichting
	mengsels	55.6	55.6	10	problemen hoofdzakelijk met mengsels van pesticiden
	beide	33.3	88.9	6	zowel problemen met specifieke pesticiden als met mengsels
	geen probleem	5.6	94.4	1	
	specifieke stoffen	5.6	100.0	1	problemen met een of enkele specifieke pesticiden
	totaal:	100		18	
vraag 1d	Wanneer spelen de problemen?	%	cum. %	frequentie	Toelichting
	gedeelte jaar	5.6	5.6	1	voor sommige stoffen (pesticiden) duidelijk pieken afhankelijk van toepassingstijdstip
	gedeelte + hele jaar	11.1	16.7	2	
	hele jaar	44.4	61.1	8	
	wisselend	33.3	94.4	6	
	nog niet duidelijk	5.6	100.0	1	
	totaal:	100		18	

vraag 4	Jaarfrequentie metaalbemonstering?	%	cum. %	frequentie
	1 - 4 keer	12.5	12.5	2
	4 - 8 keer	18.8	31.3	3
	8 - 12 keer	6.3	37.5	1
	12 keer	31.3	68.8	5
	geen vaste frequentie	31.3	100.0	5
	totaal:	100		16

vraag 4	Jaarfrequentie bestrijdingsmiddelen bemonstering?	%	cum. %	frequentie
	1 - 4 keer	22.2	22.2	4
	4 - 8 keer	22.2	44.4	4
	8 - 12 keer	5.6	50.0	1
	12 keer	27.8	77.8	5
	geen vaste frequentie	22.2	100.0	4
	totaal:	100		18

vraag 5	Jaarbudget chemische analyses?	%	cum. %	frequentie
	< 1 ton	23.1	23.1	3
	1 - 2 ton	30.8	53.8	4
	2 - 3 ton	23.1	76.9	3
	3 - 4 ton	7.7	84.6	1
	wisselend	15.4	100.0	2
	totaal:	100		13

Bijlage 5D. BUDGET

Budget beschikbaar voor uitproberen protocol?	%	cum. %	frequentie
ja	50.0	50.0	8
nee	31.3	81.3	5
misschien	18.8	100.0	3
totaal:	100		16

Problematische metalen		HH West-Brabant	WS Regege en dinkel	HH Uitwaterende Sluizen	ZS Limburg	HH Alm en Biesbosch e.a.	WS Friesland	WS De Drie Ambachten	HH Delfland	HH Rijnland	ZS Veluwe	WS Zeeuwse Eilanden i.o.	HH Fleverwaard	HH Schie land	Prov. Groningen	Prov. Utrecht	ZS Amstel en Gooiland	ZS Drenthe	ZS Hol. Eil. en Warden	ZS Oostelijk Gelderland	ZS Rivierenland	ZS West-Overijssel	frequentie	percentage
Koper		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	9	26.5 %
Zink		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	9	26.5 %
Cadmium		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5	14.7 %
Nikkel		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5	14.7 %
Kwik		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	4	11.8 %
Arsen (As)		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	2	5.9 %
Chroom		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0.0 %	
Lood		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0.0 %	
Totaal # probleem metalen		5	5	4	4	3	3	3	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	100 %

* = problematisch

- = niet problematisch of niet bekend

Bilage 7.

[illegible]

Biilage 7.

	HH Fleverwaard	HH Schiealand	ZS Amstel en Gooiland	HH Delfland	HH Rijnland	WS Zeeuwse Eilanden i.o.	ZS Drenthe	Prov. Groningen	ZS West-Overijssel	HH West-Brabant	ZS Limburg	ZS Riviereland	ZS Hol. Eil. en Waarden	ZS Oostelijk Gelderland	WS Regge en dinkel	ZS Veluwe	HH Uitwaterende Sluizen	Prov. Utrecht	WS De Drie Ambachten	WS Friesland	HH Alm en Biesbosch e.a.
Problematische pesticiden	frequentie	percentage																			
Chloorphenoxy-carbonzuur herbiciden																					
MCPA	1	1	1	-	-	2	1	1	-	-	1	-	-	1	-	-	-	1	-	-	9
Mecoprop (MCPP)	1	1	1	-	1	2	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	9	-	-	9
2,4,5-Tp	1	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	3
2,4-DB	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2
2,4,5-T	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
2,4-Dichloorfenoxiazijnzuur (2,4-D)	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
Dichloorprop (2,4-DP)	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
MCPB	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3 %
Organotinverbindingen																					
Totaal organotin	1	-	-	-	2	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	1,2 %
Fentin	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	0,3 %
Trifenylytin	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	0,3 %
Triazinonen																					
Atrazine	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14	-	-	4,2 %
Simazine	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	-	-	3,6 %
Terbutryn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	0,6 %
Triazine	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2	-	-	0,6 %
Terbutylazin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	0,3 %

Problematische pesticiden		frequentie																							percentage																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Aniliden																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Furalaxyl																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									

Bijlage 8.

Tweede selectieronde van biomonitoringstechnieken op basis van de door de waterbeheerders in de interviews en/of enquête genoemde selectiecriteria (zie vraag 6, bijlage 5A)

Toelichting bij de selectie:

Bijlage 8A (ongewogen scores)

Met elkaar vergelijkbare technieken zijn in bijlage 8A onder elkaar gezet (producenten bij producenten, destruenten bij destruenten etc.) en per door de waterbeheerders in de interviews en/of enquête genoemd selectie criterium (zie vraag 6, bijlage 5A) met elkaar vergeleken. Het meest genoemde criterium is hierbij vooraan gezet (nr. 1, betrouwbaarheid, 10 maal genoemd) en het minst genoemde achteraan (nr. 17, beschikbaarheid referentiewaarden, 1 maal genoemd). De maximaal haalbare score per criterium is gebaseerd op het totaal aantal technieken wat met elkaar wordt vergeleken. Dit is bijvoorbeeld 5 bij de technieken die gebruik maken van destruenten. De techniek die het beste voldoet aan het betreffende criterium scoort een 5. De techniek die het minste voldoet scoort een 1. Technieken die gelijk scoren op dat criterium delen de beschikbare score. Twee technieken die bijvoorbeeld beiden op de tweede plaats zouden moeten staan, delen in het geval van de destruenten de score voor de tweede (4) en de derde plaats (3) en scoren dus een 3,5. De totale som van alle scores over één criterium is, in het geval van destruenten, dus altijd 15.

Bij het onderling vergelijken van de technieken is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de waardering op het betreffende criterium zoals weergegeven in 'review-studies' (bijv. Willemsen et al., 1995) waarin de technieken ook met elkaar zijn vergeleken. Deze waardering is waar nodig verder gebaseerd op expert-judgement. Op criteria waar géén goede vergelijking mogelijk was, scoren alle technieken even hoog. Dit is bijvoorbeeld het geval voor criterium nr. 2: gevoeligheid. Een vergelijking op dit criterium is zeer lastig omdat voor de ene techniek véél meer toxiciteitdata beschikbaar zijn dan voor de andere, bijvoorbeeld omdat die techniek al veel langer wordt toegepast. Bovendien is het zeer lastig om over gevoeligheid in het algemeen iets te zeggen omdat iedere techniek eigen, specifieke gevoeligheden heeft. Voor een indicatie over deze specifieke gevoeligheden van iedere techniek wordt verwezen naar de algemene beschrijving per techniek in hoofdstuk 3.

Bijlage 8B (gewogen scores)

Omdat criterium 1 (betrouwbaarheid) veel vaker werd genoemd dan criterium 17 (beschikbaarheid referentiewaarden), is besloten om in bijlage 8B een wegingsfactor toe te kennen aan de scores per criterium. Deze wegingsfactor is gelijk aan het percentage zoals per criterium weergegeven in bijlage 5B, vraag 6. De scores zoals weergegeven in bijlage 8B zijn het produkt van deze wegingsfactor en de score zoals weergegeven in bijlage 8A. In de laatste kolom van bijlage 8B zijn tenslotte per techniek de gewogen scores over alle 17 criteria gesommeerd en gecorrigeerd. Deze correctie is zo uitgevoerd dat de maximaal haalbare totaalscore gelijk is aan 100. Een score van 100 betekent dus dat de betreffende techniek op alle criteria (als enige) het beste scoorde.

Bijlage 8.

A. Ongewogen scores			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
nr.	Naam	type	screeningtest (< 24 u testduur)	betrouwbaar	gevoelig	kosten-effectief	uitvoerbaar	eenduidig	toepasbaarheid	representatief organisme	snel	relatie effect-veld	gestandaardiseerd	robuust	aansluiten op norm	benodigde ruimte	zouttolerant	aansprekendheid	nog niet bekend	referentiewaarden	Totaal ongewogen score
Producenten																					
1	Acute algentest	lab-bioassay	ja	2.0	1.5	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	1.0	1.5	2.0	1.5	1.5	26.5
4	Selenastrum microplate assay	lab-bioassay	ja	1.0	1.5	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	2.0	1.5	1.0	1.5	1.5	24.5
		som:	2	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
Destruenten																					
6	Microtox /Lumistox	lab-bioassay	ja	5.0	3.0	5.0	5.0	5.0	5.0	1.5	5.0	1.5	4.0	5.0	5.0	1.0	4.5	1.0	3.0	5.0	64.5
7	Toxi-Chromotest	lab-bioassay	ja	4.0	3.0	3.0	3.5	3.5	4.0	3.5	3.5	3.5	4.0	3.5	2.5	4.5	2.0	3.5	3.0	2.5	57.0
10	MetPLATE	lab-bioassay	ja	3.0	3.0	2.0	3.5	3.5	2.5	3.5	3.5	3.5	4.0	3.5	2.5	4.5	2.0	3.5	3.0	2.5	53.5
8	ATP-tox system	lab-bioassay	ja	1.5	3.0	4.0	1.5	1.5	2.5	5.0	1.0	5.0	1.5	1.5	2.5	2.5	2.0	3.5	3.0	2.5	44.0
11	Vibrio harveyi direct/growth	lab-bioassay	ja	1.5	3.0	1.0	1.5	1.5	1.0	1.5	2.0	1.5	1.5	1.5	2.5	2.5	4.5	3.5	3.0	2.5	36.0
		som:	5	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	
Consumenten																					
14	Thamnotoxkit F	lab-bioassay	ja	4.5	3.5	4.5	5.0	3.5	3.5	4.5	3.0	5.0	3.5	4.0	3.5	4.5	1.0	4.0	3.5	3.5	64.5
16	Acute watervlooiëntest	lab-bioassay	ja	2.0	3.5	1.0	6.0	6.0	6.0	4.5	3.0	5.0	6.0	4.0	6.0	1.0	3.0	5.0	3.5	6.0	71.5
12	Rotokit F	lab-bioassay	ja	4.5	3.5	4.5	2.0	3.5	3.5	4.5	3.0	5.0	3.5	4.0	3.5	4.5	3.0	1.0	3.5	3.5	60.5
21	Artokit M	lab-bioassay	ja	4.5	3.5	4.5	4.0	3.5	3.5	1.5	3.0	1.5	3.5	4.0	3.5	4.5	5.5	3.0	3.5	3.5	60.5
13	Rotokit M	lab-bioassay	ja	4.5	3.5	4.5	3.0	3.5	3.5	1.5	3.0	1.5	3.5	4.0	3.5	4.5	5.5	2.0	3.5	3.5	58.5
15	Daphnia magna fluorescentie-test	lab-bioassay	ja	1.0	3.5	2.0	1.0	1.0	1.0	4.5	6.0	3.0	1.0	1.0	1.0	2.0	3.0	6.0	3.5	1.0	41.5
		som:	6	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	
Mutageniteitstesten																					
31	Mutatox	lab-bioassay	ja	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.0	2.0	1.0	1.5	1.5	24.0
30	SOS-Chromotest	lab-bioassay	ja	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	2.0	1.0	2.0	1.5	1.5	27.0
		som:	2	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
Ecosysteemmonitoren																					
2	Periphyton monitor	lab-bioassay	nec	1.5	1.5	1.5	1.0	1.5	1.0	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	1.0	1.5	1.5	23.0
29	Knikkerkorfjes	lab-bioassay	nec	1.5	1.5	1.5	2.0	1.5	2.0	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	2.0	1.5	1.5	28.0
		som:	2	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	

B. Gewogen scores

B. Gewogen scores				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
nr.	Naam	type	screeningtest (< 24 u testduur)	betrouwbaar	gevoelig	kosten-effectief	uitvoerbaar	eenduidig	toepasbaarheid	representatief organisme	snel	relatie effect-veld	gestandaardiseerd	robuust	aansluiten op norm	benodigde ruimte	zouttolerant	aansprekendheid	nog niet bekend	referentiewaarden	Totaal gewogen score	Totaal gewogen, gecorrigeerd
WEGINGSFACTOR:				16.1	14.5	11.3	11.3	9.7	6.5	4.8	4.8	4.8	3.2	3.2	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6		100
Producenten																						
1	Acute algentest	lab-bioassay	ja	32.2	21.8	11.3	11.3	14.6	9.8	7.2	7.2	7.2	6.4	6.4	3.2	1.6	2.4	3.2	2.4	2.4	150.5	75.2
4	Selenastrum microplate assay	lab-bioassay	ja	16.1	21.8	22.6	22.6	14.6	9.8	7.2	7.2	7.2	3.2	3.2	1.6	3.2	2.4	1.6	2.4	2.4	149.0	74.5
som:			2																			
Destruenten																						
6	Microtox /Lumistox	lab-bioassay	ja	80.5	43.5	56.5	56.5	48.5	32.5	7.2	24.0	7.2	12.8	16.0	8.0	1.6	7.2	1.6	4.8	8.0	416.4	83.3
7	Toxi-Chromotest	lab-bioassay	ja	64.4	43.5	33.9	39.6	34.0	26.0	16.8	16.8	16.8	12.8	11.2	4.0	7.2	3.2	5.6	4.8	4.0	344.5	68.9
10	MetPLATE	lab-bioassay	ja	48.3	43.5	22.6	39.6	34.0	16.3	16.8	16.8	16.8	12.8	11.2	4.0	7.2	3.2	5.6	4.8	4.0	307.4	61.5
8	ATP-tox system	lab-bioassay	ja	24.2	43.5	45.2	17.0	14.6	16.3	24.0	4.8	24.0	4.8	4.8	4.0	4.0	3.2	5.6	4.8	4.0	248.6	49.7
11	Vibrio harveyi direct/growth	lab-bioassay	ja	24.2	43.5	11.3	17.0	14.6	6.5	7.2	9.6	7.2	4.8	4.8	4.0	4.0	7.2	5.6	4.8	4.0	180.2	36.0
som:			5																			
Consumenten																						
14	Thamnotoxkit F	lab-bioassay	ja	72.5	50.8	50.9	56.5	34.0	22.8	21.6	14.4	24.0	11.2	12.8	5.6	7.2	1.6	6.4	5.6	5.6	403.3	67.2
16	Acute watervlooiëntest	lab-bioassay	ja	32.2	50.8	11.3	67.8	58.2	39.0	21.6	14.4	24.0	19.2	12.8	9.6	1.6	4.8	8.0	5.6	9.6	390.5	65.1
12	Rotokit F	lab-bioassay	ja	72.5	50.8	50.9	22.6	34.0	22.8	21.6	14.4	24.0	11.2	12.8	5.6	7.2	4.8	1.6	5.6	5.6	367.8	61.3
21	Artoxkit M	lab-bioassay	ja	72.5	50.8	50.9	45.2	34.0	22.8	7.2	14.4	7.2	11.2	12.8	5.6	7.2	8.8	4.8	5.6	5.6	366.4	61.1
13	Rotokit M	lab-bioassay	ja	72.5	50.8	50.9	33.9	34.0	22.8	7.2	14.4	7.2	11.2	12.8	5.6	7.2	8.8	3.2	5.6	5.6	353.5	58.9
15	Daphnia magna fluorescentie-tes	lab-bioassay	ja	16.1	50.8	22.6	11.3	9.7	6.5	21.6	28.8	14.4	3.2	3.2	1.6	3.2	4.8	9.6	5.6	1.6	214.6	35.8
som:			6																			
Mutageniteitstesten																						
31	Mutatox	lab-bioassay	ja	24.2	21.8	22.6	22.6	19.4	6.5	4.8	4.8	4.8	3.2	4.8	2.4	1.6	3.2	1.6	2.4	2.4	153.0	76.5
30	SOS-Chromotest	lab-bioassay	ja	24.2	21.8	11.3	11.3	9.7	13.0	9.6	9.6	9.6	6.4	4.8	2.4	3.2	1.6	3.2	2.4	2.4	146.4	73.2
som:			2																			
Ecosysteemmonitoren																						
2	Periphyton monitor	lab-bioassay	nec	24.2	21.8	17.0	11.3	14.6	6.5	7.2	7.2	7.2	3.2	3.2	2.4	2.4	2.4	1.6	2.4	2.4	136.8	68.4
29	Knikkerkorfjes	lab-bioassay	nec	24.2	21.8	17.0	22.6	14.6	13.0	7.2	7.2	7.2	6.4	6.4	2.4	2.4	2.4	3.2	2.4	2.4	162.6	81.3
som:			2																			

[illegible]

Bijlage 9.

Toxiciteitgegevens voor 31 geselecteerde testsystemen. Toxiciteitdata weergegeven in µg/l
(Afkortingen: n = aantal stoffen waarvoor een meetwaarde is gevonden, L = (lab)bioassay, B = biomonitor, E = ecosysteemmonitor, V = veldbioassay)

nr.	naam	4. Chloorbenzenen			5. Fenolherbiciden			6. Carbamaten			8. Chloorphen.-carb. herb.			
		n	laagste	mediaan	n	laagste	mediaan	n	laagste	mediaan	n	laagste	mediaan	
Producten														
1	Acute algentest	1	11100.0	11100.0	-	-	-	-	-	-	1	95800.0	95800.0	
2	Periphyton monitor (Algenglaasjes)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3	DF-Algentest	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4	Selenastrum microplate assay	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5	Kroostest	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Destruenten														
6	Microtox /Lumistox/Lumismini	1	46200.0	46200.0	-	-	-	6	7300.0	43000.0	1	101000.0	101000.0	
7	Toxi-Chromotest	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	ATP-tox system	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	Biotoximeter	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	MetPLATE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	Vibrio harveyi direct/growth	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Consumenten														
12	Rotoxkit F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	117000.0	117000.0	
13	Rotoxkit M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
14	Thamnotoxkit F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15	Daphnia magna fluorescentie-test	-	-	-	-	-	-	1	53.3	53.3	-	-	-	
16	Acute watervlooiëntest	5	30.0	740.0	1	145.0	145.0	4	8.8	47.0	-	-	-	
17	Chronische watervlooiëntest	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
18	Watervlooiën veldbioassay	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
19	Aqua-Tox-Control (Daphnia)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20	Dynamische Daphniatetest	2	4.0	10002.0	-	-	-	-	-	-	1	151000.0	151000.0	
21	Artoxkit M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
22	Gammarus veldbioassay	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
23	Muggelarve veldbioassay	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
24	Mosselkorfjes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
25a	Mosselmonitor (zoet)	1	1400.0	1400.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
25b	Mosselmonitor (zout)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
26	Acute vistest	1	62000.0	62000.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
27	Vis, Early Life Stage (ELS)-test	1	26000.0	26000.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
28	Aqua-Tox-Control (Leuciscus)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
29	Knikkerkorfjes (kunstm. substraat)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Mutageniteitstesten														
30	SOS-Chromotest	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
31a	Mutatox (-S9)	-	-	-	-	-	-	4	175.0	537.5	-	-	-	
31b	Mutatox (+ S9)	-	-	-	-	-	-	4	2.7	5.8	-	-	-	

Biilage 9.

Toxiciteitgegevens voor 31 geslecteerde testsystemen. Toxiciteitdata weergegeven in $\mu\text{g/l}$ (Afkortingen: n = aantal stoffen waarvoor een meetwaarde is gevonden, L = (lab)bioassay, B = biomonitor, E = ecosysteemmonitor, V = veldbioassay)

[illegible]

