Afsluitend document Stimuleringsprogramma Systeemgericht Ecotoxicologisch Onderzoek:

Conclusies en aanbevelingen ten behoeve van beleid voor en beheer van diffuus verontreinigde bodem- en waterecosystemen

Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek

Afsluitend document Stimuleringsprogramma Systeemgericht Ecotoxicologisch Onderzoek:

Conclusies en aanbevelingen ten behoeve van beleid voor en beheer van diffuus verontreinigde bodem- en waterecosystemen

Stimuleringsprogramma
Systeemgericht Ecotoxicologisch
Onderzoek

Den Haag, Juni 2007
Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek

Redactie
Dit document is tot stand gekomen met inbreng van de leden van de programmacommissie en de stuurgroep, de locatiecoördinatoren en de medewerkers van het integratieproject; voor verdere bijzonderheden wordt verwezen naar Appendix 3.

Coördinatie en eindredactie
H.J.P. Eijsackers en M. van het Groenewoud-Groot

Vormgeving
C.S.R.R. Renard, V&C

Fotografie
Met dank aan de onderzoekers uit het programma voor het beschikbaar stellen van de foto's
Omslag: Afferdensche en Deestsche Waarden, De Jong Luchtfotografie Zeist, for RIZA, Lelystad

Drukwerk
Macula, Boskoop

Uitgever
Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek
Aard- en Levenswetenschappen
Postbus 93510
2509 AM Den Haag
Telefoon +31 (0)70 344 06 19
Fax +31 (0)70 381 90 33
alw@nwo.nl
www.nwo.nl/sseo

Het NWO Stimuleringsprogramma Systeemgericht Ecotoxicologisch Onderzoek (SSEO) is gefinancierd door:
Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit (LNV)
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM)
Ministerie van Verkeer en Waterstaat (VenW)
Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap (OCW)
Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO)

ISBN: 97-89077-875-186

Inhoudsopgave

Voorwoord 5

Opbouw document 7

I De start van een onderzoekprogramma over diffuse verontreiniging in Nederland 9
Aanleiding 9
Programmaopzet en gezamenlijke onderzoeklocaties 9
Onderzoekvragen van het Stimuleringsprogramma 10

II Samenvattende conclusies op basis van de wetenschappelijke resultaten 13
Verspreiding en beschikbaarheid van stoffen 13
Effecten van stoffen op levensgemeenschappen 13

III Bespreking van de door de stuurgroep geformuleerde beleidsvragen 17

IV Nadere analyse van de wetenschappelijke resultaten 23
a. De 'Weight of evidence'-benadering 23
b. De invloed van natuurlijke variatie en stressfactoren 24
c. De maskerende invloed van natuurlijke fluctuaties 25
d. De beperkte interactie van toxicanten en andere stressfactoren 25
e. Het belang van elkaar aanvullende wetenschapsvelden 26

V Aanbevelingen voor verdere toepassing en ontwikkeling 29

Appendix 1: Veel gestelde vragen en antwoorden (Frequently Asked Questions & Answers) 32

Appendix 2: Wetenschappelijke output van het programma 38

Appendix 3: Samenstelling commissies 50

SSEO
LAB

Voorwoord

Als gevolg van de beheersproblematiek rondom diffuse verontreiniging hebben in de jaren negentig verschillende ministeries en NWO de handen ineen geslagen en kennisvragen opgesteld. Dit heeft geleid tot het Stimuleringsprogramma Systeemgericht Ecotoxicologisch Onderzoek (SSEO; 1998-2006).

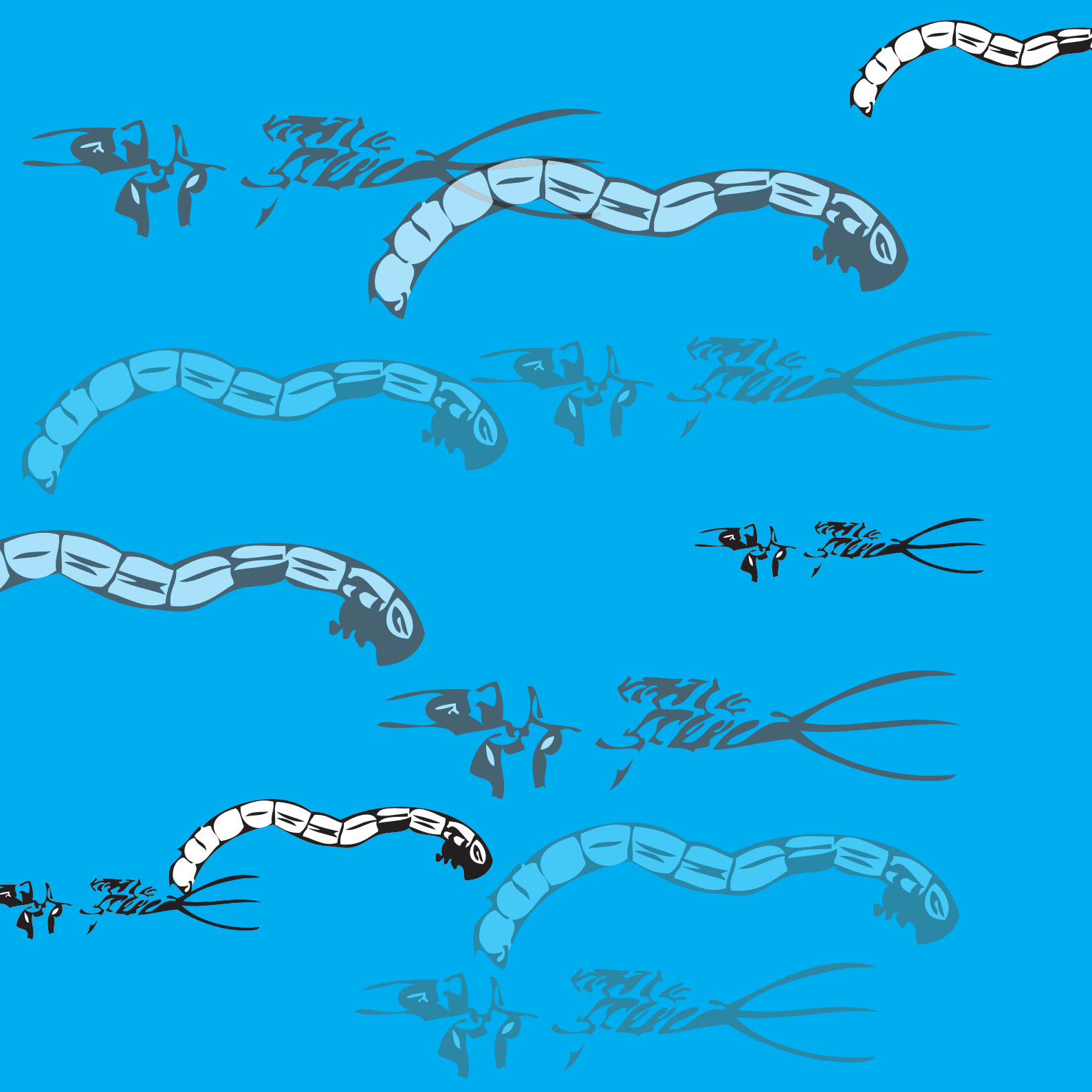
Dit afsluitend document van het SSEO-programma bevat de hoofdconclusies en aanbevelingen ten behoeve van beleid voor en beheer van diffuus verontreinigde bodem- en waterecosystemen, samengesteld op basis van de bevindingen uit het programma.

Gedurende de loopduur van het SSEO-programma zijn 20 projecten (13 aio-, 2 analist- en 5 postdocprojecten) uitgevoerd op drie verschillende onderzoekslocaties; de Afferdensche en Deestsche Waarden (ADW), de Ronde Venen (RV) en de Biesbosch (BB). Deze betroffen het gedrag en de effecten van mengsels van toxische stoffen op de daar aanwezige soorten, ecologische processen en ecosystemen. Bovendien kon gebruik gemaakt worden van de resultaten van verschillende projecten van buiten het programma die op deze locaties zijn uitgevoerd. Vanaf 2004 is tevens een speciaal "integratieproject" uitgevoerd. Met behulp van een aantal wetenschappelijke modellen is het effect van diffuse verontreiniging op verschillende niveaus (individu, populatie, ecosysteem) onderzocht, en zijn de resultaten van deze projecten (zie Appendix 2) geïntegreerd met als doel algemener geldende conclusies van het programma te kunnen geven.

Vanaf 2005 is in het kader van de afsluiting van het programma en de overdracht van de resultaten naar beleid en publiek door de programmacommissie een aantal aanvullende acties ondernomen:

- Het opstellen van een afsluitend document waarin de wetenschappelijke uitkomst van het programma wordt vertaald naar een handzaam overzicht voor opdrachtgevers, beleidsmakers en natuurbeheerders. Inbreng is verkregen van de locatiecoördinatoren van de drie onderzoekslocaties en de deelnemers aan het integratieproject. Tevens is het document afgestemd met de leden van de stuurgroep.
- Het starten van een implementatieproject om verdere beleidsmatige implementatie van de onderzoeksresultaten in beeld te krijgen. Gesprekken werden gevoerd met beleidsdirecties van LNV, VROM en VenW, provinciale beleidsafdelingen, de waterschappen en terreinbeherende organisaties. De rapportage komt rond de zomer van 2007 beschikbaar.
- Het schrijven van artikelen in op het brede publiek en de beleids- en beheerspraktijk georiënteerde tijdschriften.

Prof. dr. H.J.P. Eijsackers
Voorzitter programmacommissie SSEO



Opbouw document

Dit document is opgebouwd uit vier onderdelen, elk met hun eigen inhoud en doelgroep:

1. een **beleidsgericht deel** met samengevat de belangrijkste conclusies van het programma (hoofdstukken I tot en met III),
2. een **wetenschappelijke deel** met een nadere toelichting van de wetenschappelijke aspecten en een aanzet tot vervolgactiviteiten (hoofdstukken IV en V),
3. een **publieksgericht deel** waarin frequent gestelde vragen zijn beantwoord (appendix 1),
4. een deel met **aanvullende informatie** (appendices 2 en 3).

Beleidsgericht deel

In het beleidsgerichte deel wordt eerst ingegaan op de beleidsmatige aanleiding van het programma (Hoofdstuk I). Vervolgens worden in Hoofdstuk II de belangrijkste conclusies van het stimuleringsprogramma samengevat.
In discussies met de ambtelijke stuurgroep is een aantal vragen geformuleerd inzake de beleidsmatige doorwerking van deze resultaten. Deze vragen sloten ook aan op de beleidsontwikkelingen in de periode tussen het begin van het programma en dit afsluitend document. Deze vragen en antwoorden zijn opgenomen in Hoofdstuk III.

Wetenschappelijke toelichting

In de wetenschappelijke toelichting wordt ingegaan op de resultaten van het programma, waarbij gepoogd is een aantal meer algemene trends te formuleren (Hoofdstuk IV) en aan te geven hoe dit zou kunnen doorwerken in uit te voeren en nieuw op te zetten beleid (hoofdstuk V).

Publieksgericht deel

Als onderdeel van het communicatie- en implementatietraject van het stimuleringsprogramma zijn artikelen en interviews gepubliceerd in op het brede publiek en de beleids- en beheerspraktijk georiënteerde tijdschriften. Bij de voorbereiding daarvan kwamen bij herhaling dezelfde vragen naar voren wat diffuse verontreiniging inhoudt en hoe daarmee om te gaan. Deze vragen zijn als “Frequently Asked Questions & Answers” in Appendix 1 weergegeven.

Aanvullende informatie

Aanvullende informatie over het programma en de verschillende producten die dat heeft opgeleverd zijn opgenomen in de Appendices 2 en 3.
Een lijst met de succesvol afgeronde promotietrajecten, alle tot nog toe gepubliceerde wetenschappelijk resultaten en een tabel met samengevatte resultaten is opgenomen in Appendix 2. Appendix 3 geeft de samenstelling van de stuurgroep, programmacommissie, locatiecoördinatoren en integratieproject in de loop van het programma weer.

Onderzoekers op zoek naar potwormen

I De start van een onderzoekprogramma over diffuse verontreiniging in Nederland

Aanleiding

Het beheersen van milieuverontreiniging is al sinds de jaren zeventig en tachtig van de vorige eeuw een prioriteit in het milieubeleid. De ernstige effecten van toxische stoffen – zoals sterfte van roofvogels in Drenthe, acute vissterfte in de grote rivieren of de besmetting van de menselijke voedselketen door dioxines uit vuilstort in de Volgermeer-affaire (Box 1) – konden door een beter beleid en verscherpte toelating van stoffen in de afgelopen jaren gaandeweg worden opgelost. Maar de vraag blijft welke effecten de resterende cocktail van verontreinigende stoffen, die nog steeds in het milieu aanwezig is, op 'het' ecosysteem zou kunnen hebben. Hoewel veelal wordt gesproken over 'het ecosysteem', gaat het in de praktijk om een veelheid en verscheidenheid aan ecosystemen, ieder met zijn karakteristieke soortensamenstelling, systeemprocessen en omgevingscondities. Duidelijk is dat beleidmakers willen weten wat de uiteindelijke gevolgen kunnen zijn van de vele verontreinigende stoffen die samen, in meestal lage hoeveelheden, continu in het milieu aanwezig zijn. Met inzicht in de resulterende gevolgen kan het beleid zonodig aangepast worden.

Programmaopzet en gezamenlijke onderzoeklocaties

De sleutelkenmerken van het NWO Stimuleringsprogramma Systeemgericht Ecotoxicologisch Onderzoek (SSEO) zijn een 'diffuse cocktail van verontreinigingen' en 'effecten op ecosysteemniveau'. Er is voor gekozen alle onderzoek te concentreren op drie locaties, zodat koppeling van onderzoekinspanningen en integratie van resultaten verzekerd werd. Op basis van een groslijst van locaties met diffuse verontreiniging in Nederland zijn door de stuurgroep, op ten dele beleidsmatige gronden, locaties geselecteerd. Dit zijn de Afferdensche en Deestsche waarden (uiterwaardengebied), de Biesbosch (zoetwatergetijdengebied) en de Ronde Venen (veenweidegebied).

Afferdensche en Deestsche waarden

De uiterwaarden zijn vooral in de jaren zestig en zeventig van de vorige eeuw verontreinigd geraakt met slib dat uit industriële gebieden bovenstrooms kwam (o.a. het Ruhrgebied en Franse kalimijnen). Tijdens overstromingen sedimenteerde dit slib in de uiterwaarden. Deze vervuilde sliblaag is in de daaropvolgende periode, met het schoner worden van Rijnwater en –sediment, bedekt geraakt met een schone laag. Vanwege de wens in de jaren zeventig en tachtig om natuurontwikkeling te realiseren en in de jaren negentig om rivierverruiming te realiseren, wordt nu de vraag gesteld of deze diepere bodemlagen weggebaggerd en vrijgemaakt kunnen worden voor het creëren van nieuwe nevengeulen.

In de Biesbosch hebben we te maken met eenzelfde verontreinigingsituatie als in de uiterwaarden. Ook hier sedimenteerde verontreinigd slib uit de rivieren in het deltagebied. Daar komt de vraag bij of nadelige effecten te verwachten zijn wanneer besloten zou worden tot een herstel van een zoet/zout overgang door het openen van de Haringvlietsluizen (de Haringvlietsluizen sluiten sinds 1970 de Biesbosch af, en een gedeeltelijke opening – het Kierbesluit – is voorzien voor 2008). Dat laatste zal een versterkte doorstroming van rivier- en zeewater en erosie van verontreinigde slib in het deltagebied de Biesbosch geven. Door de verzilting zal verder een verhoogde chemische beschikbaarheid van met name zware metalen in het (weer) zoute water optreden.

Ronde Venen

Het veenweidegebied is in de loop van honderden jaren op niveau gehouden door het storten van stads- en huisvuil onder andere uit Amsterdam. Daardoor ontstond een zogenaamd toemaakdek. Dit is een combinatie van laagveen met zand en stadsvuil (organisch afval, maar ook as en bouwafval) met vaak hoge concentraties van milieugevaarlijke stoffen, hier en daar ver boven de interventiewaarden. Lokale beheerders vragen zich af hoe het gebied het beste beheerd of eventueel ten dele gesaneerd kan worden.

Onderzoekvragen van het Stimuleringsprogramma

Bij de start van het Stimuleringsprogramma in 1998 waren de hoofdvragen:

- Is er sprake van een grijze deken van diffuse verontreiniging in ons land, en om welke stoffen gaat het dan speciaal?;
- Geeft deze cocktail van stoffen aanleiding tot niet acceptabele effecten, speciaal als er sprake is van doorwerking naar ecosysteemniveau?;
- Treedt er wisselwerking op tussen deze verontreinigingeffecten en andere milieufactoren?

Historische Milieuverontreinigingen

In de jaren vijftig tot zeventig werd ons land geconfronteerd met verschillende ingrijpende milieu'schandalen'. Zo leidde in de jaren vijftig het gebruik van persistente bestrijdingsmiddelen (DDT, aldrin, dieldrin) tot doorvergiftiging en massale sterfte van roofvogels, onvoldoende controle op de lozing van een bestrijdingsmiddelenfabriek bij Rotterdam resulteerde uiteindelijk in massale sterfte van grote sterns in de Waddenzee en een veel te hoog nutriëntengehalte in het Rijnwater veroorzaakte massale vissterfte. Dankzij maatregelen kwam er een verbod voor deze bestrijdings-middelen, een verminderde lozing van bestrijdingsmiddelen en een verlaging van het nutriëntenniveau.
In de jaren zeventig bleek er sprake van nog andere ernstige historische milieuverontreinigingen te zijn. Chemisch afval was in de bodem gedeponeerd en zorgde jaren nadien voor problemen in woonwijken (Lekkerkerk) en natuurgebieden (Volgermeer) en een vuilverbrandingsinstallatie stootte giftige dioxinen uit die terug werden gevonden in melk en later ook eieren.
Het gezamenlijke kenmerk van al deze incidenten is dat het om grootschalige situaties gaat en vaak om mengsels van toxische stoffen, waarvan de exacte bronnen niet altijd zijn vast te stellen.

Foto: Stefan Kools en Ton Breure nemen een bodemmonster in de Ronde Venen

Afferdensche en Deestsche Waarden in de winter (boven) en zomer (onder)

II Samenvattende conclusies op basis van de wetenschappelijke resultaten

Verspreiding en beschikbaarheid van stoffen

– Op basis van uitgebreide chemische analyses en effectmetingen in drie onderzoeklocaties (zoetwatergetijdengebied Biesbosch, veenweidegebied Ronde Venen en rivieruiterwaarden Afferdensche en Deestsche waarden) wordt geconstateerd dat een grijze deken van verontreiniging aanwezig is. Verschillende typen verontreinigende stoffen blijken diffuus aanwezig; dit zijn op alle drie locaties de zware metalen Zn, Cd, Cu, Pb en in mindere mate PAK's, terwijl in het zoetwatergetijdengebied ook PCBs van belang zijn.

– Op een beperkt aantal plaatsen en op kleine schaal (van vierkante meters tot ares) kunnen antropogene verontreinigingen in aanzienlijke hoeveelheden - tot ver boven de interventiewaarden - aanwezig zijn. De stoffen kunnen al vele tientallen tot honderden jaren aanwezig zijn en zijn in de loop van die tijd sterk aan bodemdeeltjes gebonden geraakt. Deze binding kan zo sterk zijn dat alleen sterke extractiemiddelen geschikt zijn om ze vrij te maken. Deze (verlaagde) beschikbaarheid is tevens sturend voor de opname in organismen en voor de verdere biologische effecten.

– De beschikbaarheid van stoffen is aan verandering onderhevig. Dit is het gevolg van o.a.: precipitatie van metalen in de bodem met sulfide (samenhang met minerale sulfaatbelasting en zuurstofhuishouding), door omwoeling van de bodem en sediment door gravende organismen (zoals wormen) en door sorptie (van aromatische stoffen) aan roetdeeltjes. De variabiliteit in biologische beschikbaarheid die lokaal uit deze interacties voortvloeit, is van groot belang voor de omgang met locale verontreiniging.

Effecten van stoffen op levensgemeenschappen

– Ondanks de binding van de verontreinigingen treden momenteel op allerlei plekken in deze drie onderzoeksgebieden effecten op de daar aanwezige soorten micro-organismen, planten en dieren op. Die effecten zijn van verschillende aard en treden op onder invloed van verschillende toxische stoffen. Dit betreft zowel opname van de toxische stoffen in deze organismen als effecten op fysiologisch, biochemisch en populatiebiologisch niveau tot en met het verdwijnen van bepaalde soortengroepen. Dit resulteert in een verschuiving in soortensamenstelling naar minder gevoelige soorten (structurele biodiversiteit) en een verandering van systeemprocessen (functionele biodiversiteit). Daarbij moet opgemerkt worden dat de onderzochte ecosystemen historisch belast zijn. Dat betekent dat deze ecosystemen in staat zijn geweest toxische effecten, vanuit hun interne chemische en ecologische buffercapaciteit, onschadelijk te maken. De ecologische veerkracht ('resilience') kan dus groot zijn. Aanpassingen in processen in de onderzochte, veranderende ecosystemen zullen aanmerkelijk zijn geweest. Het kan daarom niet worden uitgesloten dat niet-vervuilde ecosystemen gevoeliger zijn dan de onderzochte vervuilde ecosystemen en dat toxische effecten daar groter zullen zijn.

Wander Sprenger en Marie-Elène Boivin

– In een aantal gevallen is een wisselwerking tussen schadelijke processen van natuurlijke aard en deze toxische effecten aangetoond. Dit betreft b.v. overstroming in uiterwaarden en droogte in relatie tot zuurstofrijkdom in veenweidegebieden. Natuurlijke schadelijke factoren hebben daarbij soms een groter effect dan de aanwezige verontreinigende stoffen (zie Hoofdstuk IV b, c en d). Er zijn geen waarnemingen van synergie (onderlinge versterking) tussen toxische invloeden onderling gevonden, wel van accumulatie van stressfactoren van natuurlijke aard (overstroming) en van toxische effecten van zware metalen. Bovenstaande, deels aan toxiciteit toe te schrijven, effecten zijn niet zó omvangrijk en ingrijpend dat in alle gevallen urgente actie nodig is.

– Natuurlijke hechting- en bindingsprocessen zorgen ervoor dat de verontreinigingen vaak een lage biologische beschikbaarheid hebben en bijgevolg een geringere toxische werking uitoefenen dan op basis van de chemisch bepaalde totaalgehalten verwacht kan worden.

– Er zijn aanwijzingen dat, als er binnen de onderzochte ecosystemen plaatselijk wordt ingegrepen, door landgebruikveranderingen of door graafwerkzaamheden bijvoorbeeld in het kader van herinrichting, de biologische beschikbaarheid van daar aanwezige gebonden verontreinigingen verandert. Deze stoffen kunnen geactiveerd worden, zodat ze mogelijk wél negatieve effecten kunnen veroorzaken. Anderzijds is gebleken dat afdekking van oud vervuild sediment met recent, minder vervuild sediment, al heel snel een effectieve kolonisatie door gevoelige organismen toelaat. Omdat er in dergelijke situaties sprake is van specifieke effecten van bepaalde stoffen op specifieke soorten zal een generieke risicoafweging niet adequaat zijn, maar zullen steeds locatiegericht een risicobeoordeling en een plan van aanpak moeten worden opgesteld.

Meer specifieke informatie is weergegeven in Appendix 1 (veel gestelde vragen en antwoorden). In Appendix 2 (Tabel 1) is een samenvatting weergegeven van een aantal karakteristieke bevindingen van de deelprojecten van het SSEO programma en een aantal aanverwante projecten. Deze tabel is opgesteld in het kader van het integratieproject.

Marlies van der Welle

III Bespreking van de door de stuurgroep geformuleerde beleidsvragen

De hieronder geformuleerde specifieke beleidsvragen zijn aan het eind van het programma, begin 2006, geformuleerd door de stuurgroep SSEO. Deze vertegenwoordigen de actuele vragen en visies van de medefinancierende ministeries. De hier gegeven antwoorden zijn geformuleerd door leden van de programmacommissie SSEO, locatiecoördinatoren en het integratieteam.

Bij welke (combinaties van) bodemverontreiniging treedt significante schade op aan het functioneren van ecosystemen?

In zijn algemeenheid, zoals hier geformuleerd, is deze vraag niet te beantwoorden. Echter, SSEO heeft een benadering ontwikkeld om schade aan een lokaal ecosysteem aan te tonen. Voor een concrete situatie (een specifiek terrein met een omschreven vervuiling, maar ook een bepaald bodem, water- of sedimenttype) kan daarmee vastgesteld worden aan welke onderdelen van de levensgemeenschap schade optreedt.

Hoe groot is het aandeel van de verontreiniging in de totale belasting van het ecosysteem?

Ecologische effecten kunnen worden toegeschreven aan natuurlijke variabelen of aan chemische stress. Er zijn situaties waarbij concentraties stoffen die de normen overschrijden (getoetst aan het MTR: Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau) het functioneren of de samenstelling van levensgemeenschappen niet in grote mate beïnvloeden en andere variabelen sturend zijn. Evenzogoed zijn er situaties waarin geringe normoverschrijding tot waarneembare effecten leidt, alhoewel deze situatie zich in de onderzoekgebieden nauwelijks voordeed.
Het is uiteraard mogelijk om de overschrijding van een norm voor een bepaalde stof vast te stellen, maar daarmee is niet vast te leggen of deze normoverschrijding ook leidt tot ecologische effecten. Daarvoor is een nader locatieonderzoek nodig, zoals SSEO in de onderzoekgebieden deed. Eén algemeen geldende generieke conclusie voor een bepaalde stof of een groep van stoffen op één of meer locaties is niet te trekken.

Welke reeds bekende risico's blijken minder of meer riskant dan tot nu toe gedacht?

Er zijn geen situaties aangetroffen waarin de preventieve normstelling (MTR) niet afdoende beschermend was voor ecosystemen. Hiermee wordt bedoeld dat er geen toxische effecten zijn aangetroffen in situaties waar geen normoverschrijding was. Bij normstelling is er altijd sprake van een selectie van stoffen (de gereguleerde stoffen) en is normoverschrijding alleen voor die stoffen vast te stellen. Aangetekend moet worden dat het onderzoek van SSEO over historische verontreiniging ging. Deze systemen kunnen zich in lange tijd aangepast hebben, b.v. door een verschuiving van gevoelige soorten naar ongevoelige soorten. Daarom mag de veiligheid van de normstelling voor schone ecosystemen niet zonder meer uit het SSEO onderzoek afgeleid worden.

Boris Massieux

Welke 'nieuwe' risico's zijn ontdekt? Valt de huidige bodemverontreiniging voor natuur mee of tegen? Welke nadere vragen leven er wat dit betreft nog?

Er zijn indirecte, afgeleide effecten (b.v. invloeden van zware metalen op voedselplanten en via deze op vlinders) aangetoond in heide- en graslandecosystemen, die niet als zodanig worden meegenomen in de systematiek van de normstelling. Maar dit leidde beleidsmatig niet tot extra risico's, omdat deze *de facto* verdisconteerd zijn in de bij normstelling gehanteerde veiligheidsfactoren.

Er zijn locatiespecifieke effecten gemeten van mengsels van toxische stoffen die niet voorspelbaar zijn vanuit de individuele stofnormen. Zo zijn er aanzienlijke effecten op verschillende microbiologische processen en structuurkenmerken in het toemaakdekgebied geconstateerd, zoals verandering in structurele (soortendiversiteit) en fysiologische variatie in bacterielevensgemeenschappen. De toepassing van normen per stof zoals voortgekomen uit het preventieve stoffenbeleid geeft geen inzicht in mengseleffecten in het veld. In het veld zijn de effecten daarentegen altijd effecten van het lokale mengsel. Via de 'weight of evidence' methode wordt automatisch rekening gehouden met deze mengseleffecten. In deze methode worden meerdere ´lines of evidence´ vergeleken (zie voor een nadere toelichting hoofdstuk IV a).

Daarnaast is vastgesteld dat het effect van natuurlijke stresssituaties in sommige situaties, zoals overstromingen van uiterwaarden, voor sommige groepen (bijvoorbeeld regenwormen) schadelijker kan zijn dan de aanwezige verontreiniging. De schadelijke effecten van overstroming en van zware metalen blijken elkaar te kunnen versterken: een verkorte groeiperiode (tussen de overstromingen in) gecombineerd met een tragere groeisnelheid (door zware metalen) vermindert de voortplanting en daarmee de overlevingskans van een regenwormpopulatie. Dit gecombineerde effect kan groter zijn dan je op basis van de normstellingprocedure voor de aanwezige hoeveelheden zware metalen zou afleiden.

Welke (nieuwe) handvatten bieden de resultaten voor herstel, inrichting of mitigatie (effectgerichte maatregelen) van verontreinigde ecosystemen? In casu, welke maatregelen kunnen worden getroffen zowel voor reeds bekende bedreigingen als nieuwe risico's? Welke maatregelen zijn niet zinvol? Moeten we subsidieregelingen (maatregelen) voor natuur aanpassen gezien de SSEO-resultaten (SAN-, SN- en OBN-regelingen, en de nieuwe ILG-regeling[3])

Voorgestelde herstelmaatregelen bij verontreinigingen zouden vooraf getoetst moeten worden aan ecologische criteria zoals het voorkomen en functioneren van soorten en minder aan de overschrijding van generieke stofnormen. Strikte toepassing van normen als basis voor het nemen van maatregelen geeft onvoldoende inzicht in lokale effecten en kan

3 OBN= Overlevingsplan Bos en Natuur; SAN= Subsidieregeling Agrarisch Natuurbeheer; SN= Subsidieregeling Natuurbeheer; ILG= Investeringsbudget Landelijk Gebied

een optimale ecologische ontwikkeling binnen de lokale randvoorwaarden blokkeren. Een voorbeeld daarvan is de herinrichting van de uiterwaarden. Verandering van beheer en vergraving kan een veranderde fysieke en biologische beschikbaarheid tot gevolg hebben. Daardoor kunnen oude, gestabiliseerde sedimentlagen waarin historische

verontreiniging zit, alsnog negatieve effecten veroorzaken. Dit sluit echter niet uit dat vergraven sediment dat overspoeld wordt met recent (schoon) rivierwater weer goed gekoloniseerd zal worden. Het SSEO-onderzoek leverde geen concrete aanleiding om de preventieve, stofgerichte risicobeoordeling aan te scherpen of te veranderen.

Wat de consequenties zouden kunnen zijn voor de SAN-, SN--regelingen en OBN-programma is hier niet gedetailleerd aan te geven. Het vormde geen onderdeel van het SSEO-programma. Precieze beantwoording vergt aanvullende activiteiten die buiten het kader van het programma liggen. In algemene zin is het, gezien de geconstateerde effecten, raadzaam ook de verontreinigingtoestand van een terrein mee te wegen in de toepassing van SAN-, SN- en mogelijk ILG-regelingen en het verruimde OBN-programma waarin ook verontreiniging wordt meegenomen. De aanpak zoals gebruikt in het OBN-programma verdient, vanwege zijn intensieve samenwerking tussen beheerders, onderzoekers en beleidsambtenaren, aanbeveling.

Welke bijdrage (norm en onderbouwing daarvan) leveren de resultaten aan het vaststellen van de Bodemgebruikswaarden Natuur (Nederlands bodembeleid)?

De resultaten van het SSEO-programma ondergraven het in absolute zin toepassen van uitsluitend normoverschrijdingsgegevens gebaseerd op totaalgehaltes als basis voor milieuhygiënisch en kosteneffectief handelen. Normen blijven preventief wel een goed middel, want ze voorkómen nieuwe gevallen. De resultaten van de weight of evidence methode vullen de systematiek van de normstelling aan, doordat lokale ecologische gegevens in specifieke gevallen bijdragen aan de reductie van de onzekerheid in de risicoschatting. Ecologische criteria zijn (mede) daarom nodig, op te stellen door een integrale adviesgroep bestaande uit beheerders, (toegepaste) onderzoekers en beleidsambtenaren. De Triadebenadering[4], een praktische uitwerking van drie belangrijke onderdelen van de Weight of Evidence benadering, kan daarbij een nuttige rol spelen.

Wat concludeert het SSEO-onderzoeksprogramma over de reacties van ecosystemen op chemische belasting met een chronisch en diffuus karakter?

SSEO onderzocht drie sterk door de mens beïnvloede gebieden, ieder met een historische stoffenlast. Levensgemeenschappen zijn sterk adaptieve systemen en ondanks belasting kan een aanzienlijke ‘ecologische kwaliteit’ ontwikkeld zijn, hoewel dit zeker niet de optimale kwaliteit behoeft te zijn. De drie in het kader van het programma onderzochte gebieden vormen daar een voorbeeld van. Indien de aanwezige verontreiniging tot mogelijke (verdenking

4 Zie Chapman, P.M. (1986). Sediment quality criteria from the sediment quality TRIAD – an Example. Environmental Toxicology and Chemistry 5, 957-964). Door van Straalen uitgewerkt in het boek Vital soil (2004): 1. chemische analyses, 2. bioassays (effectmeting met veldmonsters in contact met geselecteerde testsoorten, 3. ecologisch veldonderzoek (vaststelling van parameters als levensgemeenschapstructuur).

van) effecten leidt, zal er, na de vaststelling van normoverschrijding, een aanvullende beoordeling nodig zijn. Een beleidsmatig uitgewerkt voorbeeld is te vinden in de Circulaire Bodemsanering 2006. Daarnaast is er de beleidsmatige afweging of de aanpak van deze verontreiniging voorrang moet verkrijgen boven de aanpak van andere milieuproblemen ter plaatse als verzuring, verdroging en vermesting.

Welke concrete mogelijkheden zijn er aanwezig om het terugdringen van de ecologische risico's van verontreinigende stoffen te realiseren?

Er moet een betere afbakening komen tussen enerzijds het "nieuwe" stoffenbeleid (identificeren van de prioritaire stoffen, emissies: preventief) en anderzijds het beleid inzake het totale pakket van stoffen dat in natuurlijke systemen aanwezig is (beheer: curatief). Voor beide geldt een optimale, maar zeer verschillende strategie. Daarbij zijn er mogelijkheden om beide systemen op elkaar te laten aansluiten via de hierboven genoemde getrapte Triadebenadering. Voor zo'n stofgericht en daarop aansluitend ecologisch gericht systeem dient allereerst een heldere, logische beleids- en beheersarchitectuur te worden opgesteld. Dat betekent bijvoorbeeld dat in het beheer milieuvoorwaarden worden gespecificeerd, die zorgen voor een lage beschikbaarheid van toxische stoffen, en beheersvoorwaarden die deze beschikbaarheid niet verhogen.

SSEO onderzocht de ecologische risico's van chronische en diffuse belasting van het milieu met een combinatie van toxische stoffen. Wat zijn de effecten van de combinaties van stoffen en welke risico's komen daaruit voort voor de structuur en het functioneren van ecosystemen? Wat concludeert het SSEO-programma ten aanzien van de verdere formulering en uitvoering van het beleid?

Zoals aangegeven in de voorgaande antwoorden zijn de gevonden variabele effecten aanleiding om ecologische criteria (gerelateerd aan in het veld geconstateerde effecten) zwaarder te laten meespelen in het beleid. Dat betekent dat een concrete uitwerking nodig is van de 'goede ecologische toestand' van de Kader Richtlijn Water (KRW) in de richting van diffuse verontreiniging. De huidige omgang met ecologische risico's van stoffen (en stofmengsels) in kunstmatige of natuurlijke bodems conflicteert in zekere mate met de ecologische systeembenadering zoals die door SSEO is uitgewerkt. In het eerste geval wordt uitgegaan van een potentiële benadering op basis van ecotoxicologische proeven aan individuele soorten, in het geval van SSEO is uitgegaan van daadwerkelijk in het veld waargenomen effecten op soorten, levensgemeenschappen en ecosystemen. Deze effecten zouden op basis van bovengenoemde potentiële benadering van bodemrisico's niet voorspeld zijn geworden. Verder moeten naast de verontreinigingeffecten ook de natuurlijke stressfactoren verdisconteerd worden.

Hoe kan stagnatie bij maatschappelijke ontwikkelingen ten gevolge van een verontreinigd milieu (bijvoorbeeld in landinrichting) voorkomen worden?

Stagnatie treedt op wanneer beleidsoverwegingen vastliggen in concentratienormen. Saneringen, landinrichtingswerken en natuurbescherming (en –ontwikkeling) vereisen een optimalisatie op 'ecologische kwaliteit', 'gebruiksfunctie' en/of 'humane veiligheid'. Veel normen zijn gebaseerd op ecotoxicologische overwegingen en onderzoekresultaten. Duidelijker moet worden op welke consequenties normoverschrijding op een locatie nu precies duidt: humane risico's, ecologische

risico's, verspreidingsrisico's of anders. 'Ecologische kwaliteit' en met name de rol van toxiciteit daarin zou urgent een rol moeten krijgen in de beoordeling van situaties en dat zal vermoedelijk enkele van de maatschappelijk impasses helpen oplossen. De ervaringen die momenteel (bijvoorbeeld met de Bodembiologische indicator) worden opgedaan zouden hierbij behulpzaam kunnen zijn.

Hoe kunnen bruggen worden geslagen tussen vakgebieden en de totstandbrenging van duurzame samenwerking tussen departementale onderzoeksinstituten en het academische onderzoek?

SSEO heeft een brede en intensieve samenwerking tussen universitaire groepen, departementale en fundamentele onderzoekinstituten tot stand gebracht. In vervolg hierop wordt aanbevolen dat er een gezamenlijke researchagenda ontwikkeld wordt waarin het mogelijk is de volgende hieronder vermelde ontwikkelingen meer structureel uit te voeren.[5]
SSEO begon als een 'loket' voor individuele projectvoorstellen op geselecteerde ecosystemen. Voor een verdere toepassing van de uitkomsten van SSEO is het aan te bevelen:

- ruimte te reserveren voor studies gericht op analyse van locatiegebonden risico's bij sanering/mitigatie/functieveranderingen in de praktijk. (zie Hoofdstuk 4 e)
- dit kan op basis van de verschillende in aanmerking komende beheersmaatregelen, de verschillende verontreinigende stoffengroepen, te verwachten functieveranderingen en een lijst van verschillende diffuus verontreinigde locaties.
- zodoende kan in het stoffenbeleid ecologische kwaliteit systematisch als maatlat worden gehanteerd.

Wat betreft verdere activiteiten zou, op basis van de kennis opgedaan in het SSEO-programma, via een aantal bureaustudies kunnen worden nagegaan welke effecten bij andere diffuus verontreinigde locaties in ons land te verwachten zijn. Het implementatieproject gaat hier verder op in. Tevens zou kunnen worden nagegaan welke ervaringen hieromtrent in andere Europese landen zijn opgedaan.
Het Nederlandse beleid ten aanzien van verontreiniging is momenteel niet volledig compatibel met het begrip ecologische kwaliteit in de Kaderrichtlijn Water. In de recent uitgebrachte voorstellen voor een EU-Bodemstrategie en Kaderrichtlijn Bodem wordt expliciet aangegeven, dat de kennis over bodemverontreiniging en biodiversiteit nog onvoldoende is om concrete beleidsacties te formuleren. SSEO kan bijdragen aan een betere compatibiliteit door beide kaders dichter bij elkaar te brengen en de kennislacune te helpen opvullen (zie Hoofdstuk V).
Ter voorbereiding hierop wordt momenteel een implementatieproject uitgevoerd, waarbij beleidsdirecties van verschillende ministeries en diverse beheersinstanties betrokken zijn.

5 Overigens verdient een dergelijke gestructureerde samenwerking ook aandacht voor het academisch onderwijs in een universitaire studie, te weten het onderwijspakket van aio's/promovendi. Door onderzoekschool SENSE is voorgesteld workshops/masterclasses te organiseren waarbij aio's met beleidsmedewerkers beleidsdocumenten analyseren en beleidsaannamen en onderzoekonderbouwing in onderlinge wisselwerking expliciteren.

Snavelmeting grutto (Maja Roodbergen)

IV Nadere analyse van de wetenschappelijke resultaten

In Hoofdstuk II en III zijn respectievelijk een puntsgewijze samenvatting van de conclusies van het onderzoeksprogramma gegeven en door de stuurgroep geformuleerde beleidsvragen besproken. Hieronder geeft de programmacommissie een aantal algemene analyses van de resultaten met name gericht op het versterken van de integratie en het verhelderen van de grondslag van toekomstige activiteiten. Dit betreft de betekenis van:

a. De 'weight of evidence'-benadering
b. De invloed van natuurlijke variatie en stressfactoren
c. De maskerende invloed van natuurlijke fluctuaties
d. De beperkte interactie van toxicanten en andere stressfactoren
e. Het belang van elkaar aanvullende wetenschapsvelden

a. De 'Weight of evidence'-benadering

In de Amerikaanse praktijk van milieubeoordeling is een benadering voorgesteld die bekend is geworden onder de naam "weight of evidence" (Burton et al. 2002, HERA 8: 1675-1696). De equivalente Nederlandse term is "doorslaggevende bewijsvoering". Het uitgangspunt hierbij is dat men belangrijke beslissingen niet neemt op basis van één enkel signaal, maar kijkt naar de voorliggende informatie in zijn geheel. Het probleem wordt vanuit verschillende invalshoeken bekeken en met verschillende technieken geanalyseerd. Die benadering leidt tot een totaalbeeld waarvan de verschillende onderdelen/effecten in dezelfde richting wijzen, ook al kunnen de effecten wisselend en niet allemaal even groot zijn en kunnen er onzekerheden zijn in de bevindingen op deelgebieden. De weight of evidence benadering werd aanvankelijk opgezet door P. Chapman, waarbij gevallen van verontreiniging werden beoordeeld op basis van chemie, bioassays en veldinventarisaties (de Triade-aanpak). In latere uitwerkingen is dit systeem veralgemeniseerd en worden een groot aantal bewijsvoeringslijnen in een getrapt systeem beoordeeld en geaccepteerd, waarna een onderlinge afweging volgt.

In de onderzoeksgebieden van SSEO is sprake van verhoogde gehaltes van metalen en organische toxicanten in de (water)bodem. Blootstelling en opname van deze stoffen in terrestrische en aquatische biota worden sterk beïnvloed door complexering (binding) van toxicanten. Dit heeft tot gevolg gehad dat de daadwerkelijke blootstelling in zowel uiterwaarden, zoetwatergetijdegebied en toemaakdek veel lager was dan werd verwacht op grond van het totaalgehalte.

Er moet dus een verschil gemaakt worden tussen chemisch gemeten beschikbaarheid (d.m.v. specifieke extractiemethoden) en ecologische beschikbaarheid (na daadwerkelijke opname en transport naar het doelwitorgaan van het organisme). Er is in verscheidene onderzoeken duidelijk geconstateerd dat toxische stoffen door organismen in soms onverwacht hoge hoeveelheden worden opgenomen (bijvoorbeeld zware metalen bij de tuinslak *Cepaea nemoralis* in de Biesbosch).

Verder is gevonden dat toxische stoffen biochemische reacties in diverse organismen teweeg brengen, meetbaar met 'biomarkers'en 'bio-assays'. In hoeverre dit zich doorvertaalt naar de hogere biologische organisatieniveaus (individu, populatie, levensgemeenschap en uiteindelijk ecosysteemstructuur en -functie) is afhankelijk van de gevoeligheid van de blootgestelde organismen. Zo is de groei van sommige planten, dieren en micro-organismen in hun eigen habitat meetbaar beïnvloed. Sommige stofconcentraties dicht bij de interventiewaarde hebben negatief te waarderen effecten op levensgemeenschappen met vele soorten en op voedselketens, die met statistische technieken soms goed aantoonbaar zijn en die overeenkomen met voorspellingen uit modellen. Er zijn echter ook situaties waargenomen waarin overschrijding van de interventiewaarde niet tot meetbare veranderingen in de levensgemeenschap leidde.
Voor de drie SSEO-onderzoeksgebieden kan door combinaties van de genoemde waarnemingen aan blootstelling en/of effecten inzicht verkregen worden in de lokale werking van de toxicanten *in situ*. Via de 'weight of evidence' benadering kunnen de waarnemingen gecombineerd worden tot een eenduidige evidentie voor aard en omvang van de effecten. Dergelijke meervoudige evidentie geeft de best mogelijke karakterisering van de invloed van toxicanten ter plaatse en deze evidentie kan niet verkregen worden uit een enkele meting. De respons van een levensgemeenschap (of een regio/ecosysteem met meerdere levensgemeenschappen) op een stof (of stoffenmengsel) is een systeemspecifieke reactie, die wetenschappelijk goed te documenteren is en een kwantificeerbare grondslag vormt voor het al dan niet doorvoeren van beheers- of saneringsmaatregelen. Als zodanig leiden de resultaten tot een aanvullende en vernieuwende benadering van de stoffenproblematiek, mits risicobeheer beleidsmatig expliciet een erkend handelingsperspectief wordt bij bestaande gevallen van normoverschrijding.

b. De invloed van natuurlijke variatie en stressfactoren

Natuurlijke levensgemeenschappen zijn onderhevig aan fluctuaties in de omgevingsfactoren, die net als de aanwezigheid van toxicanten tot 'stress' en daaruit voortvloeiende negatieve effecten kunnen leiden. Deze natuurlijke stress en toxiciteit beïnvloeden allebei individuele organismen en op den duur ook de populaties en levensgemeenschappen waartoe ze behoren. Biologische interacties tussen de soorten bepalen vervolgens de samenstelling van natuurlijke gemeenschappen. SSEO laat frappante voorbeelden zien van de werkingsmechanismen van meervoudige 'stress' onder veldomstandigheden:

- Overstroming heeft in de uiterwaarden een sterkere invloed op regenwormen dan verontreiniging, al blijft de verontreinigingcomponent duidelijk onderkenbaar.
- Muizen en spitsmuizen zijn in staat zich aan de invloed van overstroming te onttrekken door naar hogere terreingedeelten te gaan (al dan niet seizoensmatig), maar deze migratie vermindert tegelijk de feitelijke blootstelling aan stoffen die uit riviersediment in de voedselketen komen.
- De giftigheid van metalen voor plantenwortels wordt bepaald door het sulfaatgehalte in oppervlaktewater en de, in samenhang met de redoxpotentiaal, optredende vorming van sulfides in anaërobe sedimenten. Bij binding aan sulfiden worden zware metalen uiterst onoplosbaar en daardoor niet of zeer beperkt biobeschikbaar.
- Soorten en levensgemeenschappen zijn sterk adaptief en hierbij kunnen lange termijn interacties leiden tot overleving van relatief vervuilinggevoelige soorten (zoals vergelijkenderwijze getoetst onder laboratoriumomstandigheden). Zo blijken dansmuggen zich in grote aantallen te ontwikkelen in vuile poelen langs de Waal. De ver-

ontreinigingen in deze poelen oefenen wel degelijk toxische effecten op de muggen uit, maar beïnvloeden de met deze muggen concurrerende soorten zoveel sterker dat niettemin een eenzijdige dominantie van dansmuggen in de invertebratenfauna optreedt.

– Microbiële gemeenschappen reageren gevoelig op externe veranderingen en zodoende is het genetische en fysiologische profiel van bacteriesoorten in grond een afspiegeling van de stress. In toemaakdek is er een duidelijke relatie van dit bacterieprofiel met de loodgehalten. In sediment (uiterwaarden) zijn seizoens- en standplaatsfactoren belangrijker voor dit bacterieprofiel dan zware metalen.

Deze interacties in ecosystemen hebben een grote betekenis voor de diagnose van ecologische schade onder invloed van toxische stoffen.

c. De maskerende invloed van natuurlijke fluctuaties

Natuurlijke fluctuaties maskeren de effecten van de toxicanten in de drie onderzoeksgebieden van het SSEO-programma. Dit kan gezien worden als een onderzoekstechnisch probleem ('het effect is er wel, maar we kunnen het niet aantonen'). Anderzijds toont het systeemecologische onderzoek van SSEO aan dat stofeffecten ook werkelijk overheerst kunnen worden door natuurlijke mechanismen, die dan sterk bepalend zijn voor de samenstelling en het functioneren van levensgemeenschappen. Nader onderzoek aan de totale variabiliteit heeft aangetoond, dat de stofeffecten vaak onderscheiden kunnen worden van de variatie die door andere stressoren wordt veroorzaakt. Dit is gemakkelijker vast te stellen in gebieden waarin de natuurlijke variabiliteit van stressfactoren geringer is dan in sterk dynamische gebieden als de uiterwaarden en de Biesbosch. Voorbeelden van recente effectieve kwantificering van het relatieve belang van toxische stoffen in relatie tot andere verstoringen werden gegeven door De Zwart et al. (2006)[6] in een studie naar de vispopulaties in Ohio (USA).

Beleidsmatig lijkt het de verstandigste weg om uit te gaan van de premisse dat de condities het effect bepalen, waarbij die condities een combinatie zijn van locatieomstandigheden inclusief overige stress/variabiliteit, het stoffenmengsel en de relatieve gevoeligheden van de organismen. Dit zou meegenomen kunnen worden in de hiervoor al voorgestelde verdere ecologische uitbouw van het risicobeoordelingssysteem.

d. De beperkte interactie van toxicanten en andere stressfactoren

Er zijn voor de drie SSEO onderzoekslocaties aanwijzingen gevonden voor het bestaan van interacties tussen toxicanten en andere stressfactoren. Deze interacties zouden in principe een versterking of afzwakking van de stofeffecten kunnen bewerken en zijn expliciet aangetoond in laboratoriumstudies. Interacties kunnen echter in het veld pas bewezen worden bij een voldoende hoge signaal (effect)-ruis verhouding. In het kader van het integratieproject is ook gekeken naar andere grootschalige studies met effecten van verontreiniging op ecosystemen. In een langjarig geïntegreerde monitoring van een stabiel natuurgebied (Lheebroekerzand) en een groot bestand van monitoringgegevens over het voorkomen van

6 De Zwart D, Dyer SD, Posthuma L, Hawkins CP, 2006. Predictive models attribute effects on fish assemblages to toxicity and habitat alteration. Ecological Applications 16 (4): 1295-1310

Ivo Roessink

soorten in oppervlaktewateren in Ohio zijn situaties aangetroffen waarbij de preventieve normen maar nauwelijks overschreden werden en toch effecten van stoffenmengsels waargenomen zijn. Hieruit blijkt dat soms effecten pas waarneembaar worden als langjarig of over een groot gebied wordt gemeten. Bij het SSEO-onderzoek beperkte de waarnemingen zich tot een drietal relatief kleine terreinen en maximaal drie jaar veldwaarnemingen.

e. Het belang van elkaar aanvullende wetenschapsvelden

SSEO onderstreept de noodzaak om, in gevallen waar risico's aanwezig zouden kunnen zijn, naast de standaard basisnormstelling te komen tot een realistische, ecologische beoordeling van toxicanteffecten in ecosystemen. Sommigen zullen zich mogelijk afvragen hoe dit spoort met de wetenschappelijke onderbouwing van een preventieve normstelling voor individuele stoffen? Als beide stelsels via verabsoluteerde interpretaties toegepast worden op dezelfde ecosystemen kan de indruk gewekt worden: er is vaak normoverschrijding, maar veldeffecten van stoffen zijn niet altijd waarneembaar of niet makkelijk te onderscheiden van overige stressoren of gewoon afwezig. Het kan ook omgekeerd geformuleerd worden: zolang totaalconcentraties in het veld onder het theoretisch afgeleide veilige niveau (de generieke norm) blijven, worden in het veld over het algemeen geen negatieve effecten waargenomen. Een uitzondering vormt de groeivertraging bij regenwormen in de Ronde Venen met een zware metalenbelasting die onder de normen ligt. Deze vertraging kan leiden tot een berekende afname van 23% in de populatieomvang. We zien wel negatieve effecten als het veilige niveau overschreden wordt; zij het dat ook hier uitzonderingen mogelijk zijn.

In werkelijkheid is er dus sprake van 'aansluiting' in plaats van 'clash' tussen normering en daadwerkelijke effecten. Voor de preventief bedoelde normstelling worden toxiciteitgegevens en verspreidingsmodellen gecombineerd met een hypothetisch ecosysteem, waarvoor uiteindelijk een 'altijd veilige' no-effect concentratie berekend wordt. Dit blijkt een werkzame benadering te zijn voor de toelating en emissie van stoffen. Het kan echter geen (voldoende) toetssteen vormen voor de beoordeling van daadwerkelijk aanwezige, diffuse en gecombineerde belasting van allerlei stoffen in specifieke systemen. Daarvoor wijkt een concreet systeem te veel af van het hypothetische ecosysteem: stoffen kunnen anders gebonden zijn, stoffen kunnen gezamenlijk effecten induceren, de blootgestelde levensgemeenschap kan relatief tolerant

zijn, zoals ruigtevegetaties in de Biesbosch of de dansmuggen in de rivierpoelen, enzovoorts. Deels wordt er toch impliciet geredeneerd dat normoverschrijding altijd effecten zou induceren.

De ecosysteembenadering is in SSEO ontwikkeld als wetenschappelijke basis onder het risicobeheerspoor, dat ontwikkeld wordt *in aanvulling op* het klassieke stofgerichte beleid ten aanzien van bestaande vervuilingsituaties van water en bodem. Als er sprake is van *dreigende* normoverschrijding is er een eerste signaal voor mogelijke effecten en reden om stoffen niet toe te laten. Als er sprake is van *feitelijke* normoverschrijding toont dit aan *dat* er effecten kunnen zijn, niet *wat* er exact gebeurt. Dit laatste kan via een tweede trap in de risicobeoordeling vastgesteld worden. Binnen SSEO is een veelheid aan methoden toegepast, die alle een deel van de benodigde blootstellings- en effectinzichten kunnen leveren. Via de ´weight of evidence´ benadering kunnen ook nieuwe gevallen beoordeeld worden, met methodes die in SSEO toegepast werden, maar ook met internationaal geaccepteerde technieken. Het is van belang om voor het risicobeheerspoor een eenduidige set van mogelijk geschikte technieken samen te stellen en beleidsmatig te "accorderen". Dit leidt dan tot een beleidsmatig én wetenschappelijk geaccepteerde "risicotoolbox", waarmee de tweede trap (waarbij uitgezocht wordt of er daadwerkelijk effecten zijn bij een feitelijke normoverschrijding) concreet, maar ook consistent kan worden toegepast. Als deze 'weight of evidence' volgens de benadering van SSEO aangeeft dat potentiële effecten van toxicanten niet (of niet sterk) doorwerken op levensgemeenschappen op een bepaalde plaats, dan is dat een logisch gevolg van de locale invloeden in de risicobeoordeling. SSEO heeft evidente situaties aangetroffen waar stofnormen overschreden worden, maar waar geen ecologische effecten op systeemniveau aangetoond zijn. De toepassing van risicoanalyses volgens de SSEO-filosofie kan aanzienlijke maatschappelijke gevolgen hebben en leiden tot een ecologisch meer renderende inzet van middelen. Dit betekent dus niet dat er geen beleid en beheer meer nodig is, maar wel dat beleid en beheer beter moet worden toegesneden op díe situaties en stoffen waar het er wat betreft risico's wezenlijk toe doet.

Concreet is de beleidsvraag vaak te vertalen als een vraag naar een milieuhygiënisch verantwoord én kosteneffectief én integraal oordeel over één van de vele locaties waar normen worden overschreden. De aanpak zoals in SSEO verder ontwikkeld en toegepast kan inzicht geven in beheersopties met de laagste netto risico´s, bijvoorbeeld via modellen in de toolbox. Aanvullend onderzoek naar de kosten van alternatieve beheerscenario´s zal het antwoord op de beleidsvraag moeten complementeren.

Frank van den Ende

V Aanbevelingen voor verdere toepassing en ontwikkeling

Op grond van de presentaties en evaluaties van SSEO kan worden geconcludeerd dat het samenhangende stelsel van waarnemingen, zoals in SSEO gehanteerd, belangrijke implicaties heeft in zowel wetenschappelijke als maatschappelijke zin. Om na te gaan hoe de wetenschappelijke analyses van SSEO in het beleid en beheer geïmplementeerd kunnen worden, wordt begin 2007 een serie gesprekken gevoerd met verschillende beleidsdirecties en uitvoerings- en beheersorganen. Daarnaast kunnen de verkregen resultaten gebruikt worden om beter zicht te krijgen op een wijdere internationale toepassing, in bestaande situaties van grootschalige diffuse verontreiniging in het milieu (b.v. mijnbouwgebieden of de omgeving van grootschalige industriegebieden). Hierbij is een vergelijking te trekken met de geldende normstelling voor stoffen. Deze is in de jaren tachtig gebouwd rond het concept van soortspecifieke verschillen in gevoeligheid (SSD-benadering; Species Sensitivity Distribution) en de daaruit voortvloeiende mogelijkheid om een extrapolatie naar hypothetische ecosystemen op te zetten. Nederland heeft in deze ontwikkeling een pioniersrol gespeeld en het SSD-concept is nu over de gehele wereld geaccepteerd. Een zelfde traject kan, na grondige evaluatie, worden opgezet voor de meertrapsbenadering en het beleidsmatige hanteren daarvan.

Met SSEO spreken we een ander domein van het stoffenbeleid aan dan het preventieve domein. Daarbij moet gedacht worden aan de Kaderrichtlijn Water (KRW) en de recent gelanceerde Europese Bodemstrategie annex bodemrichtlijn. In de nieuwe regelgeving van de EU wordt ‘ecologische kwaliteit’ geïntroduceerd. In SSEO zijn samenhangen uitgewerkt tussen de nog weinig geoperationaliseerde ‘ecologische kwaliteit’ en ‘ecosysteem effecten’ veroorzaakt door diffuse verspreiding van stoffen, zoals die zich overal voordoet. De aansluiting tussen het nu vereiste beleid rond ‘ecologische kwaliteit’ en het bestaande (en eveneens door de EU gedragen) stofgerichte beleid is een essentiële schakel, die nu ontbreekt. Er is tevens een groot economisch belang gemoeid met het creëren van een geoptimaliseerde aanpak van stoffen in ecosystemen, aangezien de bestaande normeringpraktijk kan dwingen tot ecologisch weinig renderende maatregelen. Een op basis van normoverschrijding verplichte sanering, met ingrijpende graafactiviteiten, zou bijvoorbeeld grotere negatieve effecten kunnen hebben dan het beoogde positieve effect van de sanering van de verontreiniging, plus de voor sanering benodigde kosten.

Voorgesteld wordt een programmatische samenwerking te starten tussen de belanghebbende ministeries, hun onderzoeksinstituten en academische instituten met de volgende doelen:

1. Het versterken van een conceptuele en procedurele basis onder ecologisch gerichte maatregelen rond verontreinigde gebieden (als pendant van productie- en toelatinggerichte concepten en procedures), inclusief een praktische beoordelings- en monitoringtechniek (Triadebenadering).
2. Het uitvoeren van proefprojecten voor milieuhygiënisch verantwoord en kosteneffectief risicobeheer (sanering, ecologisch herstel, waterbouw, baggeren, landinrichting), ondersteund met wetenschappelijk onderzoek. Een nieuwe

praktijk wordt opgezet, gericht op ecologisch rendement. Dit mondt uit in een protocol volgens welke een gefundeerde diagnose gesteld kan worden met een bewezen grondslag voor lokale (regionale) maatregelen. Een voorbeeld hiervan vormt de huidige sanering/ontgraving van uiterwaarden ten behoeve van rivierverruiming. Deze zal niet álle verontreinigde grond verwijderen. Niettemin kan de resterende lichtverontreinigde situatie in combinatie met schoon rivierwater tot een acceptabel herstel/ontwikkeling van de rivier- en uiterwaardecosystemen leiden.

3. Het versterken van de Nederlandse onderzoekscapaciteit, gericht op een verbeterd inzicht in de rol van toxicanten in dynamische ecosystemen (met speciale aandacht voor temporele veranderingen in ruimtelijke stresspatronen, mede in relatie tot andere stressfactoren) nodig als grondslag voor het bereiken van de doelen 1. en 2.

Martje Notten en Peter Hobbelen in de Biesbosch

Appendix 1:
Veel gestelde vragen en antwoorden (Frequently Asked Questions & Answers)

Stoffen en Effecten

Vraag Welke stoffen zijn onderzocht?
Antwoord Op de onderzoekslocaties van SSEO blijken voornamelijk zware metalen van belang te zijn. Naast onderzoek aan deze zware metalen (Zink, Cadmium, Koper en Lood) is er ook aandacht besteed aan PolyChloor Bifenylen (PCBs) en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) deels gehecht aan kooldeeltjes.

Vraag Is er een meetbaar effect van zware metalen en andere verontreinigingen op ecosystemen?
Antwoord Ja, de effecten van zware metalen zijn vaak goed meetbaar, maar subtiel, variabel en niet spectaculair. Er zijn geen effecten van PAK's waargenomen. In de Biesbosch is accumulatie van PCB's in voedselketens geconstateerd.

Vraag Dateert de verontreiniging van vroeger of vindt er nog steeds aanvoer van zware metalen plaats?
Antwoord In aanvulling op de omvangrijke aanvoer rond 1970 via de Rijn, komen uit België en Frankrijk nog steeds veel zware metalen ons land binnen. In het veenweidegebied is nieuwe aanvoer van zware metalen in het bijzonder afkomstig uit meststoffen voor de landbouw. PAK's blijven geproduceerd worden als resultaat van fossiele verbrandingsprocessen. De productie van PCB's is gestopt, maar er vindt in het milieu nog wel transport en herverdeling plaats waardoor gehalten in natuurlijke ecosystemen aan verandering onderhevig zijn (toename of afname).

Vraag Zijn er ook andere vormen van stress dan zware metalen die problemen veroorzaken in een ecosysteem?
Antwoord Ja, andere vormen van stress zijn organische verontreinigingen (overmaat voedingsstoffen) en natuurlijke stress door bijvoorbeeld overstromingen en voedseltekort. Wanneer er meerdere vormen van stress in een ecosysteem aanwezig zijn, is er sprake van multi-stress/multipele stress.

Vraag Is het effect van andere, meer natuurlijke vormen van stress groter of kleiner dan van zware metalen?
Antwoord In de uiterwaarden is het effect van natuurlijke stress door overstroming groter dan van de daar aanwezige zware metalen.

Vraag Wat is het effect van die andere soorten milieustress daar?
Antwoord Enkele regenwormensoorten hebben bijvoorbeeld meer te lijden van overstroming dan van zware metalen. Ze blijken na een overstroming uit de bodem te zijn verdwenen. Het kan zijn dat ze migreren naar droge delen van de uiterwaarden, dit is echter niet waargenomen, en is gezien hun voortbewegingsnelheid

niet waarschijnlijk. Uit de literatuur blijkt dat regenwormen tijdens het opkomend hoog water naar het oppervlak komen en daar door vogels, en tijdens overstroming door vissen, worden opgegeten.

Vraag Kan klimaatverandering in het algemeen van invloed zijn op verontreiniging en de beschikbaarheid van verontreinigingen?

Antwoord Ja, door opwarming kan vaker verdroging van de bovenste bodemlagen optreden, die dan aeroob worden, waardoor zware metalen meer beschikbaar worden, bovendien zijn onder deze omstandigheden sterk verhoogde concentraties van persistente gechloreerde stoffen gemeten. Door extremere regenval kan vernatting optreden, maar zal door de intensiteit van de neerslag ook de kans op overstromingen (en erosie) en daarmee transport van verontreinigingen toenemen.

Vraag Komen er weinig organismen voor in verontreinigde locaties?

Antwoord Nee, op verontreinigde locaties wemelt het vaak van het leven. Wel is geconstateerd dat gevoelige groepen of soorten niet of in lagere aantallen aanwezig zijn, en dat er aanzienlijk verlies aan biodiversiteit en fysiologische variatie in bacterielevensgemeenschappen kan optreden.

Vraag Zijn er verschillen tussen de effecten van verontreiniging nu en de effecten die optraden rond 1970?

Antwoord Destijds is met name door bestrijdingsmiddelen sterfte opgetreden onder soorten die hoog op de voedselladder staan zoals roofvogels, en is er ernstige accumulatie van PCBs in voedselketens gemeten met negatieve gevolgen voor otters. Deze bestrijdingsmiddelen en PCBs zijn inmiddels verboden, maar komen door hun persistente karakter nog steeds in het milieu voor. Momenteel gaat het vooral om effecten van zware metalen die zich ophopen in voedselketens.

Vraag Is de hoge mate van verontreiniging in waterbodems reden om je zorgen over te maken?

Antwoord Op plaatsen met een hoge pH (>7) zijn de zware metalen gebonden en kan de concentratie metalen in bodem en sediment oplopen zonder dat de opname voor dieren en planten onmiddellijk alarmerend is.

Vraag Als metaal in de bodem gebonden is, wordt het dan niet of minder opgenomen door organismen?

Antwoord Dat is niet altijd waar. In de Biesbosch bevatten slakken hoge concentraties zware metalen, ondanks het feit dat deze metalen daar goed gebonden zijn. Waardoor dit komt is nog niet achterhaald.

Vraag Zijn er specifieke soorten planten of dieren die (steeds) nadelig beïnvloed worden?

Antwoord Nee. Dan zou het eenvoudig zijn om algemeen geldende uitspraken te doen. Op de verschillende locaties berokkenen de aanwezige verontreinigingen/zware metalen steeds schade aan andere soorten planten of dieren. Het gaat om een breed scala aan beïnvloede soorten.

Vraag Zullen bepaalde soorten verdwijnen als er hoge concentraties zware metalen beschikbaar zijn?

Antwoord Ja, op sommige locaties treedt er een verschuiving op naar meer tolerante soorten. Daarvoor zijn aanwijzingen gevonden bij bacteriële gemeenschappen. Doordat het moeilijk bleek om echt schone referentielocaties te vinden, kon niet definitief worden bevestigd of ook andere soorten door de aanwezige verontreiniging verdwenen waren. Binnen SSEO is gekeken naar systemen die al een zekere tolerantie hadden opgebouwd, waardoor naar verwachting een verschuiving in soorten al zal zijn opgetreden.

Vraag Wat is het effect van zware metalen op bodembiomassa in de Ronde Venen?

Antwoord De samenstelling van de bacteriegemeenschap en hun metabolische activiteit zijn als gevolg van hoge loodgehalten gewijzigd. Dit geldt ook voor aaltjes en potwormen. Het ecosysteem blijft functioneren maar anders, een vorm van gemeenschapsadaptatie dus.

Vraag De biomassa regenwormen in de uiterwaarden blijft gelijk, dus is er niets aan de hand?

Antwoord Wat we zien is dat na een overstroming de regenwormenpopulatie zich in de ADW herstelt. Bij vergelijking van de ADW met andere uiterwaarden blijkt in alle gevallen, waarin zich hogere gehalten aan zware metalen in de bodem bevinden, bij toenemende gehalten aan zware metalen (Cu, Zn en Cd) sprake van een duidelijke afname in biomassa en dichtheid aan regenwormen.

Beheersmaatregelen

Vraag Moeten vervuilde locaties gesaneerd worden?

Antwoord Er zijn in Nederland 175.000 verontreinigde locaties in plattelandsgebieden (dit zijn puntlocaties en diffuse locaties. Als het totale aantal locaties, inclusief stedelijke gebieden is, wordt een getal van 430.000 genoemd). Saneren is vaak geen optie, doordat dat onbetaalbaar is en de sanering enorme hoeveelheden te deponeren grond zou opleveren (beheer van heidevelden levert, door in de verwijderde plaggen aanwezige metalen, reeds een aanzienlijk probleem op). Ook verdwijnt met het saneren door het weggraven van die bodemlaag ook het oorspronkelijk daarin aanwezige bodemleven.

Vraag Wat zou er gebeuren als in de Biesbosch de getijdenwerking weer hersteld wordt door de Haringvlietsluizen te openen?

Antwoord Dan zal de uitslijping van getijdengeulen toenemen, waardoor mogelijk de in het slib aanwezige zware metalen vrijkomen. Dit kan verder versneld worden doordat in zout water zware metalen mobieler zijn (zgn. zouteffect). Als wordt gekozen voor herstel van de getijdenwerking, dient dit geleidelijk ingevoerd te worden en de toxische belasting (veranderingen) dient te worden gemonitord.

Vraag Rechtvaardigen de gemeten effecten op het ecosysteem dat er grootschalige ingrepen genomen moeten worden?

Antwoord Nee. Als gevolg van heterogeniteit van de vervuiling zul je per gebied op maat een oplossing moeten zoeken. Dit sluit niet uit dat er binnen een dergelijke gebied vanwege plaatselijk hoge concentraties stoffen toch ingegrepen moet worden.
Zijn (graaf)activiteiten in de uiterwaarden, bijvoorbeeld in het kader van natuurontwikkeling schadelijk? Graafactiviteiten zullen een deel van de verontreinigde laag verwijderen. Tevens zullen deze lagen blootgesteld worden aan erosie door stroomgeulen. Daardoor kan verontreinigd materiaal vrijkomen; zij het misschien geleidelijk. Bovendien moeten we rekening houden met extreme waterstanden onder invloed van klimaatveranderingen, waardoor er meer en vaker overstroming zal optreden.

Vraag Hoe zou je het beheer in de Ronde Venen kunnen verbeteren?

Antwoord Door de venige grond is de binding van zware metalen over het algemeen goed, zeker bij hoge waterstanden. Momenteel zien we echter ook in deze landbouwgebieden een veranderend en extensiever beheer. Dit omvat o.a. minder bekalken en minder onkruidbestrijding waardoor verruiging (distels, zuring, brandnetel) optreedt. Door die veranderingen kan verzuring van de grond optreden en de beweeglijkheid van zware metalen toenemen. Verder zie je steeds meer andere gewassen geteeld worden (bijvoorbeeld maïs), ook in het toemaakdekgebied, waarvoor een lagere grondwaterstand nodig is. Door die lagere grondwaterstand zal de grond meer aeroob worden en dat doet de beweeglijkheid van zware metalen toenemen.
Wil je minder risico's lopen dan moet er bekalkt blijven worden en moet de grondwaterstand hoog blijven. Daarnaast zouden bedrijfssystemen kunnen worden aangepast.

Vraag Is natuurontwikkeling mogelijk in verontreinigde gebieden?

Antwoord Ja. Plaatselijk is dit zeker mogelijk, mits rekening wordt gehouden met die lokale omstandigheden en vooraf nauwkeurig ingeschatte risico's. Lokale piekverontreinigingen moeten worden verwijderd of gecontroleerd opgeslagen, zodanig dat de verontreinigingen niet beschikbaar kunnen komen. Verder zal nagegaan moeten worden wat na gedeeltelijke afgraving het resterend verontreinigingsniveau is en welke soorten – en daarmee wat voor natuurkwaliteit – te verwachten is.

Vraag Hoe formuleer je het beleid voor verontreinigde gebieden met inachtneming van locale bodemeigenschappen en de verschillen tussen voorkomende soorten?

Antwoord Pas op bodemverontreiniging eerst de strenge, algemene norm toe en kijk vervolgens alleen bij overschrijdingen of de vervuiling inderdaad ecologische effecten heeft.
Het beste is om de grove graafwerkzaamheden zoveel mogelijk te beperken, omdat daarmee de vervuiling mobiel en actief kan worden.

Het verhogen van de grondwaterstand zorgt voor een betere binding van zware metalen in de bodem. Ook toevoeging van klei bevordert dit.

Bijdrage vanuit onderzoek aan Beleid

Vraag Is de grijze deken van milieugevaarlijke stoffen, die over grote delen van Nederland aanwezig is, aantoonbaar?

Antwoord Ja. Afhankelijk van de condities (stoffen, concentraties, bodem-, sediment- of watertype, en de blootgestelde soorten) zijn opname van de stoffen en effecten daarvan aantoonbaar. De relevantie van een grijze deken voor een bepaalde situatie kan worden afgemeten aan:

- de beschermdoelstellingen die in het landelijke stoffenbeleid gehanteerd worden,
- aan de voor gebieden af te leiden beheersdoelstellingen voor bestaande verontreinigingen,
- aan de doelstellingen van het natuur-, habitat- en soortenbeleid, en
- aan internationale verplichtingen die voortvloeien uit verdragen en (kader)richtlijnen.

Vraag Is overschrijding van de algemene milieukwaliteitsnormen van stoffen een heldere indicator voor het optreden van effecten in ecosystemen?

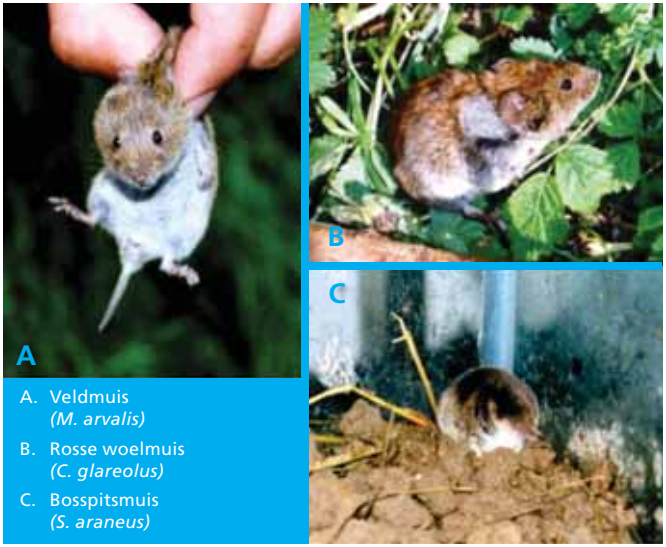
Antwoord Nee. Dit komt zowel door het feit dat de lokale effecten bepaald worden door de lokale combinatie van factoren (stoffen, concentraties, bodem-, sediment- en watereigenschappen, beheersvorm en gevoeligheid van de blootgestelde soorten), maar ook doordat de normen nooit bedoeld zijn om deze indicatieve functie te vervullen. Normoverschrijding is een indicator voor het mogelijk optreden van beleidsmatig onacceptabele risiconiveaus, maar geeft geen inzicht in het daadwerkelijk optreden van effecten noch naar de aard (welke soorten zullen effect vertonen), noch naar de omvang (hoe groot is het effect).

Vraag Is er expliciet benoembaar welke beleidsvernieuwing nodig is?

Antwoord Ja. Het oorspronkelijke, stofgerichte beleid heeft algemene milieukwaliteitsnormen opgeleverd. Deze normen omvatten maximale concentraties waarbij effecten van concentraties die vallen binnen deze normstelling in alle gevallen beleidsmatig acceptabel worden geacht. Dit is het klassieke preventieve spoor. Daarnaast is er het oorspronkelijke saneringsspoor, waarbij locaties worden ingedeeld naar de mate waarin de lokale verontreinigingniveaus aanleiding geven tot een mogelijke sanering. Dit is het klassieke curatieve spoor. Als specifiek nieuw beleidsspoor is, gaandeweg de loop van het SSEO-programma, het beheersspoor geïntroduceerd. Bestaande, lokale verontreinigingen boven de natuurlijke achtergrondwaarde, maar onder het criterium voor urgente sanering kunnen beheerd worden. Het afleiden van effectieve beheersmaatregelen, is gebaat bij het kennen van de lokale risiconiveaus van mengsels van stoffen. Uiteindelijk vraagt effectief beheer om de koppeling tussen het stoffenbeleid en de gebiedsspecifieke gerichte situatie.

Vraag Is er aanleiding om op basis van de SSEO-resultaten in het algemeen de milieukwaliteitsnormen voor stoffen te verhogen of te verlagen?

Antwoord Antwoord Nee. De algemene milieukwaliteitsnormen zijn in het algemeen afdoende beschermend, waardoor de voor het stoffenbeleid geformuleerde preventieve beleidsdoelstelling in de regel behaald worden. Er zijn uitzonderingen, zoals bij de acute neveneffecten van de toepassing van pesticiden op niet bedoelde soorten (non-target species). Een verandering van de scenario's die voor de blootstellings-, de effectenbeoordeling en de risicokarakterisatie gehanteerd worden bij de normafleiding is overigens denkbaar, maar zal vanwege de verregaande beleidsmatige standaardisatie en acceptatie van de bestaande methodieken, in bijvoorbeeld de EU-Technical Guidance Documents, procesmatig niet eenvoudig zijn. Bovendien zouden eventuele nieuwe methodieken ook afdoende gevalideerd moeten worden.



A. Veldmuis *(M. arvalis)*
B. Rosse woelmuis *(C. glareolus)*
C. Bosspitsmuis *(S. araneus)*

Vraag Hoe kan of moet het stoffenbeleid gekoppeld worden aan het gebiedsgerichte, het natuur of soortengerichte beleid?

Antwoord Door het toepassen van een getrapt systeem. Daarbij bestaat de eerste trede uit het beoordelen van de algemene risico's van stoffen in 'het ecosysteem' door het toepassen van algemene scenario's bij de beoordeling van blootstelling, gevoeligheid en uiteindelijk effecten (risicokarakterisering). De volgende trede houdt steeds verband met een specifiek beheersprobleem waarbij een analyse wordt gemaakt van de lokale blootstelling aan ter plekke voorkomende soorten. (Dit leidt tot een lokale risicokarakterisering, Triadebenadering).

Appendix 2: Wetenschappelijke output van het programma

Gedurende de looptijd van het programma zijn op drie verschillende onderzoekslocaties (de Afferdensche en Deestsche Waarden (ADW), de Ronde Venen (RV) en de Biesbosch (BB)) 20 projecten (2 analist-, 13 aio- en 5 postdocprojecten) uitgevoerd. Daarnaast hebben een aantal niet SSEO-projecten hun gegevens beschikbaar gesteld aan het stimuleringsprogramma SSEO. De SSEO-projecten hebben tot nu toe meer dan 90 wetenschappelijke publicaties (in wetenschappelijke tijdschriften met een reviewprocedure) en 13 proefschriften opgeleverd.
In 2008 komt een special issue van het tijdschrift Science of the Total Environment uit, gevuld met artikelen vanuit het SSEO-programma (geschreven door onderzoekers, locatiecoördinatoren, integratieproject), aangevuld met artikelen van de internationale gastsprekers van het SSEO-eindsymposium en experts op het gebied van Nederlands en Europees milieubeleid.

Vanaf 2004 is een "integratieproject" uitgevoerd. Het integratieproject heeft de wetenschappelijke resultaten van 24 projecten geïntegreerd (ADW meer dan 20.000 resultaten, BB meer dan 12.000 resultaten en RV circa 8.900 resultaten). De data waren veldwaarnemingen aangevuld met laboratorium waarnemingen.

Lijst proefschriften uit het SSEO-programma

Naam uitvoerder	Titel proefschrift
Dr. M-H. Boivin	Diversity of microbial communities in metal-polluted heterogeneous environments
Dr. E.M. de Haas	Persistence of benthic invertebrates in polluted sediments
Drs. D.A. Heemsbergen	Functional biodiversity of soil animals in contaminated river flood plain soils (promotie eind 2007)
Dr. Ir. P.H.F. Hobbelen	Metal Pollution and the Functioning of Ecosystems; bioavailability and effects of heavy metals on the structure and functioning of detritivores in a former floodplain soils in the Biesbosch, the Netherlands
Dr. S.A.E. Kools	Soil Ecosystem Toxicology; metal effects on structure and function
Ir. C.T.A. Moermond	Bioaccumulation of persistent organic pollutants from floodplain lake sediment: linking measurements to models (promotie september 2007)
Dr. Ir. M.J.M. Notten	Origin, transfer and effects of heavy metals in a soil-plant-snail food chain in polluted ecosystems of Biesbosch National Park

Ir. R. Roessink	Interactions between nutrients and organic micro-pollutants in shallow freshwater model ecosystems (promotie eind 2007)
Drs. M. Roodbergen	Population dynamics in the Black-tailed godwit *Limosa l. limosa* (promotie oktober 2007)
Dr. M. Vijver	The ins and outs of bioaccumulation; metal bioaccumulation kinetics in soil invertebrates in relation to availability and physiology
Dr. M.E.W. van der Welle	Detoxifying toxicants; the effects of sulphur and nitrogen biogeochemistry on metal uptake and toxicity in freshwater wetlands
Drs. S. Wijnhoven	Small mammal-heavy metal interactions in contaminated floodplains. Bioturbation and accumulation in periodically flooded environments (promotie september/oktober 2007)
Dr. M. Zorn	The floodplain upside down; interactions between earthworm bioturbation, flooding and pollution

Wetenschappelijke publicaties uit het SSEO-programma[7]

- Barranguet, C., van den Ende, F.P., Rutgers, M., Breure, A.M., Greijdanus, M., Sinke, J.J. and Admiraal, W. 2003. Copper induced modifications of the trophic relations in riverine algal-bacterial biofilms. *Environ. Toxicol. Chem*. 22(6): 1340-1349.
- Boivin, M.E.Y., Breure, A.M., Posthuma, L. and Rutgers, M. (2002). Determination of field effects of contaminants - Significance of pollution-induced community tolerance. *Human and environmental risk assessment* 8: 1035-1055.
- Boivin M.E.Y., Greve G.D., García-Meza, J.V., Massieux, B., Sprenger, W.W., Kraak, M.H.S., Breure, A.M., Rutgers, M. and Admiraal, W. (2007). Algal-bacterial interactions in metal contaminated floodplain sediments. *Environmental Pollution* 145: 884-894.
- Boivin, M.E.Y., Greve, G.D., Kools, S.A.E., van der Wurff, A.W.G., Leeflang, P., Smit, E., Breure, A.M., Rutgers M. and van Straalen, N.M. (2006). Discriminating between effects of heavy metals and natural variables in terrestrial microbial communities. *Applied Soil Ecology* 34: 103-113.
- Boivin M.E.Y., Massieux, B., Breure, A.M., Greve, G.D., Rutgers, M. and Admiraal, W. (2006). Functional recovery of biofilm bacterial communities after copper exposure. *Environmental pollution* 140(2): 239-246.
- Boivin M.E.Y., Massieux, B., Breure, A.M., van den Ende, F.P., Greve, G.D., Rutgers, M. and Admiraal, W. (2005). Effects of copper and temperature on aquatic bacterial communities. *Aqua*. Tox. 71: 345-356.
- Haaijer, S.C.M., van der Welle, M.E.W., Schmid, M.C., Lamers, L.P.M., Jetten, M.S.M. and op den Camp, H.J.M. (2006). Evidence for the involvement of betaprotobacterial Thiobacilli in the nitrate-dependent oxidation of iron sulfide minerals. F*EMS Microbiology Ecology* 58: 439-448.
- de Haas, E.M., van Haaren, R., Koelmans, A.A., Kraak, M.H.S. and Admiraal, W. 2005. Analyzing the causes for the persistence of chironomids in floodplain lake sediments. *Arch. Hydrobiol*. 162(2): 211-228.

7 Afgaande op de eindrapportages van de verschillende onderzoeksprojecten van SSEO wordt nog een redelijke hoeveelheid publicaties verwacht.

- de Haas, E.M., Kraak, M.H.S., Koelmans, A.A. and Admiraal, W. 2005. The impact of sediment reworking by opportunistic chironomids on specialised mayflies. *Freshwater Biol* 50: 770-780.
- de Haas, E.M., Leon Paumen, M., Koelmans, A.A. and Kraak, M.H.S. 2004. Combined effects of copper and food on the midge Chironomus riparius in whole sediment bioassays. *Environ. Pollut.* 127: 99-107.
- de Haas, E.M., Reuvers, B., Moermond, C.T.A., Koelmans, A.A. and Kraak, M.H.S., 2002. Responses of benthic invertebrates to combined toxicant and food input in floodplain lake sediments. *Environ. Toxicol. Chem.* 21(10): 2165-2171.
- de Haas, E.M., Roessink, I., Verbree, B., Koelmans, A.A., Kraak, M.H.S. and Admiraal, W. 2005. The influence of sediment quality on the responses of benthic invertebrates after treatment with the fungicide Triphenyltin acetate. *Environmental Science and Technology* 24(5): 1133-1139.
- de Haas, E.M., Wagner, C., Koelmans, A.A., Kraak, M.H.S. and Admiraal W. 2006. Habitat selection by chironomid larvae: fast growth requires fast food. *J Animal Ecol* 75(1): 148-155.
- Hamers, T., van den Berg, J.H.J., van Gestel, C.A.M., van Schooten, F.J. and Murk, A.J. 2006. Risk assessment of metals and organic pollutants for herbivorous and carnivorous small mammal food chains in a polluted floodplain (Biesbosch, The Netherlands). *Environmental Pollution* 144: 581-595.

Ronde Venen

- Hamers, T., van den Brink, P.J., Mos, L., van der Linden, S.C., Legler, J., Koeman, J.H. and Murk, A.J. 2003. Estrogenic and esterase inhibiting potency in rainwater in relation to pesticide concentrations, sampling season and location. *Environmental Pollution* 123: 47-65.
- Hamers, T., Kalis, E.J.J., van den Berg, J.H.J., Maas, L.M., van Schooten F.J. and Murk, A.J., 2004. Applicability of the black slug Arion ater for monitoring exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and their subsequent bioactivation into DNA binding metabolites. *Mutation Research* 552: 219-233.
- Hamers, T., Molin, K.R.J., Koeman, J.H. and Murk, A.J. 2000. A small-volume bioassay for quantification of the esterase inhibiting potency of mixtures of organophosphate and carbamate insecticides in rainwater: development and optimization. *Toxicological Sciences* 58: 60-67.
- Hamers, T., van Schaardenburg, M.D., Felzel, E.C., Murk, A.J. and Koeman, J.H., 2000. The application of reporter gene assays for the determination of the toxic potency of diffuse air pollution. *The Science of the Total Environment* 262: 159-174.

- Hamers T., Smit, M.G.D., Murk, A.J.and Koeman, J.H., 2001. Biological and chemical analysis of the toxic potency of pesticides in rainwater. *Chemosphere* 45: 609-624.
- Hamers, T., Smit, L.A.M., Bosveld, A.T.C., van den Berg, J.H.J., Koeman, J.H., van Schooten, F.J. and Murk, A.J., 2002. Lack of a distinct gradient in biomarker responses in small mammals collected at different distances from a highway. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 43: 345-355.
- Hauck, M., Veltman, K., Moermond, C.T.A., Koelmans, A.A., van den Heuvel-Greve, M.J., Vethaak, A.D. and Hendriks, A.J. 2007. Including sorption to black carbon in modeling bioaccumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons: Uncertainty analysis and comparison to field data. *Environmental Science and Technology* 41 (8): 2738-2744.
- Hauck M., Veltman K., Moermond C.T.A., Koelmans A.A., Huijbregts M.A.J., Hendriks A.J. and Vethaak D. (2006). Estimations of bioaccumulation of PAHS in marine, fresh water and terrestrial invertebrates including sorption to black carbon. *In prep.*
- Hobbelen, P.H.F., van den Brink, P.J., Hobbelen, J.F. and van Gestel, C.A.M., 2006. Effects of heavy metals on the structure and functioning of detritivores in a contaminated floodplain area. Soil Biology & Biochemistry 38: 1596-1607.
- Hobbelen, P.H.F. and van Gestel, C.A.M., 2007. Using dynamic energy budget modelling to predict the influence of temperature and food density on the effect of Cu on earthworm mediated litter consumption. *Ecological Modelling* 202: 373-384.
- Hobbelen, P.H.F., Koolhaas, J.C. and van Gestel, C.A.M., 2004. Risk assessment of heavy metal pollution for detritivores in floodplain soils in the Biesbosch, the Netherlands, taking bioavailability into account. *Environmental Pollution* 129: 409-419.
- Hobbelen, P.H.F., Koolhaas, J.C. and van Gestel, C.A.M., 2006. Bioaccumulation of heavy metals in the earthworms *Lumbricus rubellus* and *Aporrectodea caliginosa* in relation to total and available metal concentrations. *Environmental Pollution* 144: 639-646.
- Hobbelen, P.H.F., Koolhaas, J.C. and van Gestel, C.A.M., 2006. Effects of heavy metals on litter consumption by the earthworm *Lumbricus rubellus* in field soils. *Pedobiologia* 50: 51-60.
- Klok, C. Effects of population density on growth development and reproduction in the earthworm *Lumbricus rubellus* (Hoffm.) and consequences for the intrinsic rate of population increase. Soil Biology and Biochemistry *Accepted*.
- Klok, C., Faber, J., Heijmans, G., Bodt. J. and van der Hout, A. The influence of clay content and acidity of soils on development in the earthworm *Lumbricus rubellus* and its population level consequences. Biology and fertility of soils. *In press.*
- Klok, C., Goedhart, P. and Vandecasteele, B. 2007. The combined effects of pollutants and inundation stress on earthworm populations in river floodplains. *Environmental Pollution* 147: 26-31.
- Klok, C., van der Hout, A. and Bodt, J. 2006. Population growth and development of *Lumbricus rubellus* in a polluted field soil, consequences for the Godwit (*Limosa limosa*). *Environmental Toxicology and Chemistry* 25: 213-219.
- Klok, C., Zorn, M.I., Koolhaas, J.E., Eijsackers, H.J.P. and van Gestel, C.A.M. 2006. Does reproductive plasticity in *Lumbricus rubellus* improve the recovery of populations in frequently inundated river floodplains? *Soil Biology & Biochemistry* 38: 611–618.

– Kools, S.A.E., Boivin, M.E.Y., van der Wurff A.W.G., Berg, M.P., van Gestel, C.A.M. and van Straalen, N.M. (2005). Describing soil communities and ecosystem processes in heavy metal polluted grasslands using Terrestrial Model Ecosystems (TME). *In prep.*
– Kools, S.A.E., Boivin, M.E.Y., van der Wurff, A.W.G., Berg, M.P., van Gestel, C.A.M. and van Straalen, N.M. (2005). Soil communities and ecosystem processes in a stress-on-stress experiment. *In prep.*
– Kools, S.A.E., Ferwerda, E.B., van Gestel, C.A.M., van Straalen, N.M. (2005). Microbial responses to zinc in soil microcosms with and without a natural assemblage of enchytraeids. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 24(9): 2178-2184.
– Kools, S.A.E., van Roovert, M., van Gestel, C.A.M., van Straalen, N.M. (2005). Glyphosate degradation as a soil health indicator for heavy metal polluted soils. *Soil Biology and Biochemistry* 37(7): 1303-1307.
– Koster, M., de Groot, A., Vijver, M.G., Peijnenburg, W.J.G.M. (2006). Copper in the terrestrial environment: verification of a laboratory-derived terrestrial biotic ligand model to predict earthworm mortality with toxicity observed in field soils. *Soil Biology and Biochemistry* 38: 1788-1796.
– de Lange, H.J., de Haas, E.M., Maas, H. and Peeters, E.T.H.M. 2005. Contaminated sediments and bioassay responses of three macroinvertebrates, the midge larva *Chironomus riparius*, the water louse *Asellus aquaticus* and the mayfly nymph *Ephoron virgo*. *Chemosphere* 61: 1700-1709.
– Leuven, R.S.E.W., Wijnhoven, S., Kooistra, L, De Nooij, R.J.W., Huijbregts, M.A.J. (2005). Toxicological constraints for rehabilitation of riverine habitats: a case study for metal contamination of floodplain soils along the Rhine. *Archiv für Hydrobiologie* Supplement 155: 657-676.
– Lürling, M., Roessink, I. 2006. On the way to cyanobacterial blooms: Impact of the herbicide metribuzin on the competition between a green alga (*Scenedesmus*) and a cyanobacterium (*Microcystis*). *Chemosphere* 65: 618-626.
– Massieux B., Boivin M-E.Y., van den Ende F.P., Langenskiöld J., Marvan P., Barranguet C., Admiraal W., Laanbroek H.J. and Zwart G. (2004). Analysis of structural and physiological profiles to assess the effects of Cu on biofilm microbial communities. *Appl. Environm. Microbiol.* 70: 4512-4521.
– Moermond, C.T.A., Hendriks, A.J., Traas, T., Veltman, K., Roessink, I. and Koelmans, A.A.. Modeling decreased food chain accumulation of PAHs due to strong sorption to carbonaceous materials and metabolic transformation. *Submitted to Environmental Science and Technology.*
– Moermond, C.T.A., Roessink, I., Jonker, M.T.O., Meijer, T. and Koelmans, A.A. 2007. Impact of PCB and PAH sequestration in sediment on bioaccumulation in aquatic food webs. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 26 (4): 607-615.
– Moermond, C.T.A., Roozen, F.C.J.M., Zwolsman, J.J.G. and Koelmans, A.A. 2004. Uptake of sediment-bound bioavailable polychlorobiphenyls by benthivorous carp (*Cyprinus carpio*). *Environmental Science and Technology,* 38(17): 4503-4509.
– Moermond, C.T.A., Zwolsman, J.J.G. and Koelmans, A.A. 2005. Black carbon and ecological factors affect in situ BSAFs for hydrophobic organic compounds in flood plain lakes. *Environmental Science and Technology* 39 (9): 3107-3109.

- Notten, M.J.M., Oosthoek, A.J.P., Rozema, J. and Aerts, R. (2005). Heavy metal concentrations in a soil-plant-snail food chain along a terrestrial soil pollution gradient. *Environmental Pollution* 138: 178-190.
- Notten, M.J.M., Oosthoek, A.J.P., Rozema, J. and Aerts, R. (2006). The landsnail *Cepaea nemoralis* regulates internal Cd levels when fed on Cd-enriched stinging nettle (*Urtica dioica*) leaves at low, field-relevant concentrations. *Environmental Pollution* 139: 296-305.
- Notten, M.J.M., Oosthoek, A.J.P., Rozema, J. and Aerts, R. (2006). Heavy metal pollution affects consumption and reproduction of the landsnail *Cepaea Nemoralis* fed on naturally polluted *Urtica dioica* leaves. *Ecotoxicology* 15: 295-304.
- Notten, M.J.M., Walraven, N., Beets, K., Vroon, P., Rozema, J., and Aerts, R. 'Investigating the origin of Pb pollution in a soil-plant-snail food chain by means of Pb isotope ratios'. *Submitted* to Applied Geochemistry.
- Posthuma L, Wintersen A, De Zwart D, van den Ende F.P. and Vijver M.G. Predictive accuracy of Species Sensitivity Distributions: confirmation of SSD-based impact predictions by ecological effect measurements at SSEO-field locations. *In prep.*
- Roessink, I., Arts, G. H. P., Belgers, J. D. M., Bransen, F., Maund, S. J. and Brock, T. C. M. 2005. Effects of lambda-cyhalothrin in two ditch microcosm systems differing in trophic status. *Environmental Toxicology and Chemistry* vol. 24: 1684-1696.
- Roessink, I., Belgers, J.D.M., Crum, S.J.H., van den Brink, P.J. and Brock, T.C.M. 2006. Impact of triphenyltin acetate in microcosms simulating floodplain lakes. II. Comparison of species sensitivity distributions between laboratory and semi-field. *Ecotoxicology* 15: 411-424.
- Roessink, I., Crum, S.J.H., Bransen, F., van Leeuwen, E., van Kerkum, F., Koelmans, A. A. and Brock, T.C.M. 2006. Impact of triphenyltin acetate in microcosms simulating floodplain lakes. I. Influence of sediment quality. *Ecotoxicology* 15: 267-293.
- Roessink, I., Moermond, C.T.A., Gillissen, F. and Koelmans A.A. Impact of macrophytes and fish on partitioning of sediment-originating PCBs and PAHs in freshwater model ecosystems. *In prep.*
- Roodbergen, M. and Klok, C. Effect of timing of breeding on reproductive output in Black-tailed godwits. In prep
- Roodbergen, M., Klok C. and Schekkerman, H. Local adult survival of Black-tailed godwits (Limosa l. limosa) in the Netherlands 2002-2005 does not explain the ongoing decline of the breeding population. *Submitted.*
- Veltman, K., Huijbregts, M.A.J., Hamers, T., Wijnhoven, S., Hendriks, A.J. (2007). Cadmium accumulation in herbivorous and carnivorous small mammals; meta-analysis of field data and validation of the bioaccumulation model OMEGA. Environmental Toxicology and Chemistry *In press.*
- Veltman K., Huijbregts M.A.J., Vijver M.G., Peijnenburg W.J.G.M., Hobbelen P.H.F., Koolhaas J.E., van Gestel C.A.M., van Vliet P.C.J., Hendriks A.J. (2007). Metal accumulation in the earthworm Lumbricus rubellus. Model predictions compared to field data. *Environmental Pollution* 146: 428-436.
- Verschoor A.M., Takken J., Massieux B., Vijverberg J. (2003). The Limnotrons: a research facility for experimental community and food web research. *Hydrobiologia* 491: 357-377.

– Vijver, M.G., van Gestel, C.A.M., van Straalen, N.M., Lanno, R.P. and Peijnenburg, W.J.G.M. (2006). Biological significance of metals partitioned to subcellular fractions within earthworms (*Aporrectodea caliginosa*). *Environmental Toxicology and Chemistry* 25: 807-814.
– Vijver, M.G., Lanno, R.P., van Straalen, N.M., van Gestel, C.A.M. and Peijnenburg, W.J.G.M. (2004). Internal metal sequestration and its ecotoxicological relevance – a review. Environmental Science and Technology, 38: 4705-4712.
– Vijver M.G., Spijker, J., Vink, J.P.M. and Posthuma, L. Modelling metal reactivity by geochemical patterns and solid-solution partitioning for risk assessment purposes. *Submitted to ET&C.*
– Vijver, M.G., Vink, J.P.M., Jager, T., van Straalen, N.M., Wolterbeek, H.Th., and van Gestel, C.A.M. (2006). Kinetics of Zn and Cd accumulation in the isopod Porcellio scaber exposed to contaminated soil and/or food. *Soil Biology and Biochemistry* 38: 1554-1563.
– Vijver, M.G., Vink, J.P.M., Jager, T., Wolterbeek, H.Th., van Straalen, N.M. and van Gestel, C.A.M. (2005). Biphasic elimination and uptake kinetics of Zn and Cd in the earthworm Lumbricus rubellus exposed to contaminated floodplain soil. *Soil Biology and Biochemistry* 37: 1843-1851.
– Vijver, M.G., Vink, J.P.M., Miermans, C.J.H. and van Gestel, C.A.M. (2003). Oral sealing using glue: a new method to distinguish between intestinal and dermal uptake of metals in earthworms. *Soil Biology and Biochemistry*, 35: 125-132.
– Vijver, M.G., Vink, J.P.M., Schröder, T.J., Miermans, C.J.H., and van Gestel, C.A.M. Monitoring metal accumulation in earthworms and isopods inhabiting floodplain soils. *Accepted in Environmental Pollution.*
– Vijver, M.G., Vink, J.P.M., Wolterbeek, H.Th. and van Gestel, C.A.M. (2005). Surface adsorption of metals onto earthworms and isopods is negligible compared to absorption in the body. *Science of the Total Environment*, 340: 271-280.
– van Vliet, P.C.J., Didden, W.A.M., van der Zee, S.E.A.T.M., Peijnenburg, W.J.G.M. (2006). Accumulation of heavy metals by enchytraeids and earthworms in a floodplain. *Eur. J. Soil Biol.* 42: S117-S126.
– van Vliet, P.C.J., van der Zee, S.E.A.T.M and Ma, W.C. (2005). Heavy metal concentrations in soil and earthworms in a floodplain grassland. *Environmental Pollution* 138: 505-516.
– van der Welle, M.E.W., Cuppens, M.L.C., Lamers, L.P.M. and. Roelofs, J.G.M. (2006). Detoxifying toxicants: interactions between iron and sulfide toxicity in freshwater wetlands. *Environmental Toxicology and Chemistry* 25: 1592-1597.
– van der Welle, M.E.W., Haaijer, S.C.M., op de Camp, H., Jetten, M., Roelofs, J.G.M., Smolders, A.J.P. and Lamers, L.P.M. Sulfate pollution of freshwater wetlands by nitrate-induced anaerobic oxidation of iron-sulfides. *Submitted to Biogeochemistry*.
– van der Welle, M.E.W., Niggebrugge, K., Lamers, L.P.M. and Roelofs, J.G.M. (2007). Differential responses of the freshwater wetland species *Juncus effusus* L. and *Caltha palustris* L. to iron supply in sulphidic environments. *Environmental Pollution* 147: 222-230.
– van der Welle, M.E.W., op den Camp, H.J.M., Roelofs, J.G.M. and Lamers, L.P.M. (2007). Biogeochemical interactions between iron and sulphate in freshwater wetlands and their implications for interspecific competition between aquatic macrophytes. *Freshwater Biology* 52: 434-447.

- van der Welle, M.E.W., op den Camp, H.J.M., Roelofs, J.G.M. and Lamers, L.P.M. (2007). Predicting metal uptake by wetland plants under aerobic and anaerobic conditions. *Environmental Toxicology & Chemistry* 26: 686–694.
- van der Welle, M.E.W., Polerecky, L., Peralta, G., Franke, U., Lamers, L.P.M., Middelburg, J.J. and Bouma, T.J. Measuring net radial O_2 loss and respiratory O_2 consumption in the rhizosphere by means of planar optodes. *Submitted.*
- Wijnhoven, S., Leuven, R.S.E.W., van der Velde, G., Jungheim, G., Koelemij, E.I., De Vries, F.T., Eijsackers, H.J.P., Smits, A.J.M. (2007). Heavy metal concentrations in small mammals from a diffusely polluted floodplain: Importance of species- and location-specific characteristics. Archives of Environmental Contamination and Toxicology *In press* (available online).
- Wijnhoven, S., Thonon, I., van der Velde, G., Leuven, R.S.E.W., Zorn, M.I., Eijsackers, H.J.P., Smits, A.J.M. (2006). The impact of bioturbation by small mammals on heavy metal redistribution in an embanked floodplain of the river Rhine. *Water, Air & Soil Pollution* 177: 183-210.
- Wijnhoven, S., van der Velde, G., Leuven, R.S.E.W., Eijsackers, H.J.P., Smits, A.J.M. (2006). The effect of turbation on zinc relocation in a vertical floodplain soil profile. *Environmental Pollution* 140: 444-452.
- Wijnhoven, S., van der Velde, G., Leuven, R.S.E.W., Eijsackers, H.J.P., Smits, A.J.M. (2006). Metal accumulation risks in regularly flooded and non-flooded parts of floodplains of the river Rhine: Extractability and exposure through the food chain. *Chemistry and Ecology* 22: 463-477.
- Wijnhoven, S., van der Velde, G., Leuven, R.S.E.W., Smits, A.J.M. (2005). Flooding ecology of voles, mice and shrews: the importance of geomorphological and vegetational heterogeneity in river floodplains. *Acta Theriologica* 50: 453-472.
- Wijnhoven, S., van der Velde, G., Leuven, R.S.E.W., Smits, A.J.M. (2006). Modelling recolonisation of heterogeneous river floodplains by small mammals. *Hydrobiologia* 565: 135-152.
- van der Wurff A.W.G., Kools S.A.E., Boivin M.E.Y., van den Brink P.J., van Megen H.H.M., Riksen J., Doroszuk A., Kammenga J.E. (2006). Type of disturbance and ecological history determine structural stability. *Ecological Applications* 17: 190-202.
- Zorn, M.I., van Gestel, C.A.M. and Eijsackers, H.J.P. (2005). Species-specific earthworm population responses in relation to flooding dynamics in a Dutch floodplain soil. *Pedobiologia* 49: 189-198.
- Zorn, M.I., van Gestel, C.A.M. and Eijsackers, H.J.P. (2005). The effect of *Lumbricus rubellus* and *Lumbricus terrestris* on zinc distribution and availability in artificial soil columns. *Biology and Fertily of Soils* 41: 212-215.
- Zorn, M.I., van Gestel, C.A.M. and Eijsackers, H.J.P. (2005). The effect of two endogeic earthworm species on zinc distribution and availability in artificial soil columns. *Soil Biology and Biochemistry* 37: 917-925.
- Zorn, M.I., van Gestel, C.A.M., Morrien, E., Wagenaar, M. and Eijsackers, H.J.P. Flooding responses of Allolobophora chlorotica, Aporrectodea caliginosa and Lumbricus rubellus in a laboratory-controlled environment. *Soil Biol. Biochem. Submitted* (provionally accepted).

Publicaties (alle zijn “submitted”) voor special issue van Science of the Total Environment (STOTEN)

- Boekhold, A.E. Ecological risk assessment of contaminated soil in the Netherlands.
- Breure, A.M., van het Groenewoud-Groot, M. and Eijsackers, H.J.P. System Oriented Ecotoxicological Research: Which way to go.
- Eijsackers, H.J.P., van het Groenewoud-Groot, M. and Breure, A.M. Upgrading system-oriented ecotoxicological research.
- van der Geest, H.G. León Paumen, M. Dynamics of metal availability and toxicity in historically polluted floodplain sediments.
- van Gestel, C.A.M. Physico-chemical and biological parameters determine metal bioavailability at different spatial and temporal scales.
- de Haas, E.M. and Kraak, M.H.S. Species-specific responses of benthic invertebrates explain their distribution along environmental gradients.
- Klok, C. and Kraak, M.H.S. Living in highly dynamic polluted river floodplains, do contaminants contribute to population and community effects?
- Kools, S.A.E, Boivin, M-E.Y., Kuenen, F.J.A., van der Wurff, A.W.G., van Gestel, C.A.M. and van Straalen, N.M. Responses of Terrestrial Model Ecosystems from heavy metal polluted grasslands.
- Laskowski, R., Skalski, T. and Stefanowicz, A. Effects of mixed diffuse pollution on biological diversity – methods, approaches and examples.
- Liess, M., Schäfer, R.B. and Schriever, C. The footprint of pesticide stress in communities - species traits reveal community effects of toxicants.
- Posthuma L., Eijsackers, H.J.P. and Vijver, M.G. What is the meaning of environmental quality criteria?
- Preziosi, D.V. and Pastorok, R.A. Ecological Food Web Analysis for Chemical Risk Assessment.
- Roessink, I., Koelmans, A.A. and Brock, T.C.M. Interactions between nutrients and organic micro-pollutants in shallow freshwater model ecosystems.
- Roodbergen, M., Klok, C. and van der Hout, A. Heavy metals in chains: Transfer of heavy metals from earthworms to Black-tailed godwits at a polluted site in the Netherlands.
- Rozema, J., Notten, M.J.M., Aerts, R., van Gestel, C.A.M., Hobbelen, P. and Hamers, T. ‘Do high levels of diffuse and chronic metal pollution in sediments of Rhine and Meuse floodplains affect structure and functioning of terrestrial ecosystems?’.
- Rutgers, M. Field effects of pollutants at the community level - experimental challenges and significance of community shifts for ecosystem functioning.
- van Straalen, N.M. and van Gestel, C.A.M. A stress ecology framework for comprehensive risk assessment of diffuse pollution.

– Swartjes, F.A., de Wit, N. and Carlon, C. Towards the implementation of (ecological) risk-based soil quality assessment within the soil framework directive.
– Veltman, K., Huijbregts, M.A.J. and Hendriks, A.J. Cadmium bioaccumulation factors for terrestrial species: modeling and field data.
– Van Vliet, P.C. J. and de Goede, R.G.M. Nematode-based risk assessment of mixture toxicity in a moderately polluted river floodplain.
– van der Welle, M.E.W., Roelofs, J.G.M. and Lamers, L.P.M. The effects of sulphur-iron biogeochemistry on freshwater wetlands.
– Wijnhoven, S., Leuven, R.S.E.W., van der Velde, G., Eijsackers, H.J.P. Ecotoxicological risks for small mammals in a diffusely moderately polluted floodplain.
– Zorn, M.I., van Gestel, C.A.M. and Eijsackers, H.J.P. Contribution of different earthworm species to top soil mixing in a sandy and a clayey soil after 80 days incubation.

Publicaties vanuit programmacommissie, locatiecoördinatoren en medewerkers integratieproject

– Eijsackers H.J.P., Posthuma L., Vijver M. *Gebiedsbeleid helpt diffuse verontreiniging oplossen.* Milieu 2006-7, p. 38-39.
– Gestel, C.A.M. van, *Grauwsluiers en biobeschikbaarheid.* BODEM zestiende jaargang, nr. 3, juni 2006, p. 115-116.
– Klok, C., *Dynamiek versluiert.* BODEM zestiende jaargang, nr. 3, juni 2006, p. 120-121.
– Posthuma, L., Eijsackers, H.J.P., Vijver, M. *Toxische stoffen, normen en ecologische risico´s – hoe zit dat?* Milieu dossier 2006-7, p. 19-23.
– Posthuma, L., Vijver, M., *De grauwsluier ontsluierd.* BODEM zestiende jaargang, nr. 3, juni 2006, p. 122-125.
– Rutgers, M., *Puzzelen met veldeffecten van metalen.* BODEM zestiende jaargang, nr. 3, juni 2006, p. 117-119.
– Rutgers, M., Gestel, C.A.M. van, Klok, C., Posthuma, L., Vijver, M. *Het onderzoek en de locaties van het SSEO.* BODEM zestiende jaargang, nr. 3, juni 2006, p. 111-114.
– *Natuur leert leven met vervuiling.* Natuurwetenschap en techniek 74e jaargang, nummer 5 mei 2006, p. 38-41.
– *Laat maar zitten; bodemverontreiniging alomtegenwoordig, maar de gevolgen vallen mee.* Bionieuws Jaargang 16, 25 augustus 2006, p. 10.

Rapporten integratieproject

– Posthuma L., Klok C., Vijver M.G., Van den Brink P.J., Van den Ende F., Traas T.P., Hendriks A.J. 2005. *Ecotoxicological models for Dutch environmental policy. Part I.* Bilthoven, The Netherlands: National Institute for Public Health and the Environment. RIVM-report number 860706001.
– Posthuma L., Vijver M.G., Klok C., Van den Brink P.J., Van den Ende F., Traas T.P., Veltman K., Hendriks A.J. (2006) *Ecotoxicological models for Dutch environmental policy. Part 2.* (provisional title) Model validation in the framework of the Dutch Stimulation Programme System-oriented Ecotoxicological Research (NWO-SSEO). Bilthoven, The Netherlands: National Institute for Public Health and the Environment. RIVM-report number 860706002 (in prep.)

Tabel 1: Samengevatte resultaten van de SSEO-studies onderverdeeld in bodemchemische processen, opname van toxische stoffen en effecten op verschillende soorten en processen. Kolom 2 geeft details, kolom 3 de korte conclusie, kolom 4 de locatie (ADW=Afferdensche en Deestsche Uiterwaarden)), kolom 5 de SSEO-onderzoeker. De uitvoeriger beschrijvingen van deze resultaten kunnen in de proefschriften van deze onderzoekers worden teruggevonden (Appendix 2). (Uit: Posthuma en Vijver, BODEM, nummer 3, juni 2006)

ASPECT	STUDIE	BETEKENIS	LOKATIE(S)	ONDERZOEKER
BODEM-CHEMIE	Overstroming resulteert in verhoogde bodem-pH in de wintermaanden	Voorspeld effect op opname metalen	ADW	Van Vliet
	Recente sedimentatielagen afkomstig uit rivieren schoner dan voorheen	Dieptevariatie van blootstelling	ADW	Thonon
	Organisch materiaal en fosfaatgehalten zijn hoger in vervuild sediment	Voorspeld effect op opname	ADW	De Haas
	Bioturbatie (door wormen) en uitloging beïnvloeden verticale metaaltransport	Dieptevariatie van blootstelling	ADW	Wijnhoven
	De oppervlakte actieve worm *Lumbricus rubellus* heeft beperkt effect op metaal distributie in bodem	Effect van bioturbatie kan gering zijn	ADW	Zorn
OPNAME	Verhoogd Cd, Pb, Cu, Zn-gehalte in pissebedden en regenwormen aangetroffen	Er is daadwerkelijke opname	Biesbosch	Vijver
	Verhoogde Cu- en Cd-gehalten in regenwormen en miljoenpoten aangetroffen	Er is daadwerkelijke opname	Biesbosch	Hobbelen
	Geen verhoogde Zn- en Pb-gehalten in regenwormen, miljoenpoten en pissebedden	Daadwerkelijke opname laag	Biesbosch	Hobbelen
	Accumulatie van plant naar slak aangetroffen voor Zn, Cu en Cd, niet voor Cu	Er is daadwerkelijke opname	Biesbosch	Notten
	Herbivore muizen hebben geen verhoogde interne gehalten metalen	Daadwerkelijke opname via planten laag	Biesbosch	Hamers
	Carnivore muizen hebben verhoogde interne gehalten aan metalen	Daadwerkelijke opname via organismen hoog	Biesbosch	Hamers
	Carnivore muizen hebben geen verhoogde interne gehalten van PAKs en PCBs	Opname verschilt tussen stoffen	Biesbosch	Hamers
	Verhoogde gehalten aan Cd, Cu, Pb en Zn in regenwormen	Er is daadwerkelijke opname	ADW	Van Vliet
	Vegetatiestructuur heeft invloed op rekolonisatie van muizen in uiterwaard na overstroming	Er is effect omgeving op blootstelling	ADW	Wijnhoven

ASPECT	STUDIE	BETEKENIS	LOKATIE(S)	ONDERZOEKER
EFFECTEN	Chironomus (Dansmug): Geen verschil in groeisnelheid tussen schoon en vervuild sediment	Effecten niet waarneembaar	ADW	De Haas
	Slakken blootgesteld aan metaalgecontamineerde veldbodems hebben gestoorde reproductie	Effecten waarneembaar	Biesbosch	Notten
	Leeftijdsopbouw regenwormen verandert door toxische stoffen	Effecten waarneembaar	Ronde Venen	Klok
	Cu verandert de bacteriegemeenschap (structuur en functie); dit geldt niet voor algen	Effecten waarneembaar, verschillend per groep	Ronde Venen	Massieux
	Nematodengemeenschap van verontreinigde locaties is indicatief voor hevig verstoorde bodems	Effecten waarneembaar	Ronde Venen	Van der Wurff
	Aantal potwormen vermindert door metaalvervuiling	Effecten waarneembaar	Ronde Venen	Kools
	Lage diversiteit aan bodemorganismen door toxische stoffen	Effecten waarneembaar	Biesbosch	RIZA (additioneel)
	Productie van muggenlarven en wormen wordt niet beïnvloed door de grauwsluier, bij slakken wel	Effecten afhankelijk van soortgroep	Biesbosch	RIZA (additioneel)
	2 - 6% van veldeffecten wordt verklaard door mengsel toxische stoffen in uiterwaardplassen (soortgroep: sedimentorganismen)	Effecten op ecosysteemstructuur	ADW	Van Griethuysen
	Mengsels van toxische stoffen hebben invloed op structuur en functie van microbiële gemeenschappen	Effecten op ecosysteemfunctie	Ronde Venen	Boivin
	Achteruitgang vlindersoorten in natuurgebied treed reeds op bij lage toxische druk, via effecten op waardplanten	Effecten via cascade	Drenthe	RIVM (additioneel)
	Toxische druk van mengsels gerelateerd aan biodiversiteit (afname diversiteit sedimentorganismen max. 50%)	Effecten op ecosysteemstructuur	Biesbosch	RIZA (additioneel)

Appendix 3: Samenstelling commissies

- Stuurgroep
- Programmacommissie
- Locatiecoördinatoren
- Medewerkers van het integratieproject

Stuurgroep

De Stuurgroep van het Stimuleringsprogramma Systeemgericht Ecotoxicologisch Onderzoek was samengesteld uit vertegenwoordigers van de gezamenlijke financiers van het programma. De stuurgroep was verantwoordelijk voor een juiste en verantwoorde besteding van de beschikbaar gestelde budgetten en voor een juiste beleidsmatige inkadering van het onderzoekprogramma. Het secretariaat werd gevoerd door NWO.

Naam	Organisatie	Status	Periode
prof. dr. K. Verhoeff		voorzitter	1998-2007
ing. M. Adams	Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM)	lid	2002-2007
drs. R. van Akker	Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap (OCW)	waarnemend lid	1998-2007
dr. J. van Baalen	Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV)	lid	1998-2005
mw. drs. T.C. Cnossen-Voswijk	Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA)	lid	2001-2003
prof. dr. H.J.P. Eijsackers	Wageningen Universiteit (WUR)	vertegenwoordiger programma-commissie	1999-2007
dr. C. van der Guchte	Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA)	lid	1998-2001
mw. J. van Haren	Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA)	lid	2003-2007
drs. J.T.M. Huinink	Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV)	lid	2005-2007

dr. F.M. Martens	Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO)	lid	1998-2007
ir. A.G. Nijhof	Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap (OCW)	lid	1998-1998
mw. dr. M.E.J. van der Weiden	Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer(VROM)	lid	1998-2002
mw. dr. M.A. Verschoor	Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO)	secretaris	1998-2000
mw. drs. M. van het Groenewoud-Groot	Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO)	secretaris	1999-2007

Maja Roodbergen

De stuurgroep kende de volgende wijzigingen in samenstelling:

VenW: de heer van der Guchte werd in 2001 opgevolgd door mevrouw Cnossen-Voswijk. In 2003 werd zij opgevolgd door mevrouw van Haren.

LNV: De heer Van Baalen werd in 2005 opgevolgd door de heer Huinink.

OCW: De heer van Akker volgde in 1998 de heer Nijhof op.

VROM: In 2002 volgde de heer Adams mevrouw van der Weiden op.

Programmacommissie

De programmacommissie bestond uit gerenommeerde en internationaal bekende onderzoekers afkomstig uit de verschillende voor het stimuleringsprogramma van belang zijnde wetenschapsgebieden.
Het secretariaat van de commissie wordt gevoerd door NWO. De Programmacommissie was verantwoordelijk voor de wetenschappelijke programmering van het programma, de beoordeling en selectie van de afzonderlijk te honoreren projecten, de inhoudelijke voortgangsbewaking, onderlinge afstemming tussen en wetenschappelijke rapportage van de projecten en voor de afsluitende eindrapportage.

Naam	Organisatie	Status	Periode
prof. dr. H.J.P. Eijsackers	Wageningen Universiteit (WUR)	voorzitter	1998-2007
prof. dr. W. Admiraal	Universiteit van Amsterdam (UvA)	lid	1998-2007
dr. A.M. Breure	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM)	lid	2003-2007
drs. J.H. Canton	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM)	lid	2000-2003
dr. F.P. van den Ende	Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA)	lid	2005-2007
dr. R. Gast	Alterra	lid	1998-1999
prof. dr. ir. F.A.M. de Haan	Wageningen Universiteit (WUR)	lid	1998-2001
prof. dr. A.J. Hendriks	Radboud Universiteit Nijmegen (RUN)	lid	1998-2007
dr. J.L.M. Hermens	Universiteit Utrecht (UU)	lid	1998-2007
prof. dr. J.H. Koeman	Wageningen Universiteit (WUR)	lid	1998-2003
ir. C.J. Roghair	Dienst Landelijke Gebieden (DLG)	lid	1999-2000
prof. dr. N.M. van Straalen	Vrije Universiteit Amsterdam (VUA)	lid	1998-2007
prof. dr. J.A. van Veen	Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO)	lid	1998-2007
prof. dr. G. van der Velde	Radboud Universiteit Nijmegen (RUN)	lid	1998-2007
mw. dr. M.A. Verschoor	Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO)	secretaris	1998-2000
mw. drs. M. van het Groenewoud-Groot	Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO)	secretaris	2000-2007

De programmacommissie kende de volgende wijzigingen in samenstelling:
De heer Gast werd in 1999 opgevolgd door mevrouw Roghair. Zij werd in 2000 opgevolgd door de heer Canton, welke in 2003 werd opgevolgd door de heer Breure.
De heer de Haan werd niet opgevolgd.
De heer Hendriks werd na zijn overstap naar de RUN opgevolgd door de heer van den Ende van het RIZA. De heer Hendriks bleef wegens zijn expertise lid van de programmacommissie.

Locatiecoördinatoren

De locatiecoördinatoren zijn aangezocht om zorg te dragen voor de inhoudelijke coördinatie en logistieke afstemming van de wetenschappelijke werkzaamheden van de verschillende projecten in de drie gekozen locaties; zij hadden daarbij ook een integrerende rapportagetaak voor de betreffende locatie.

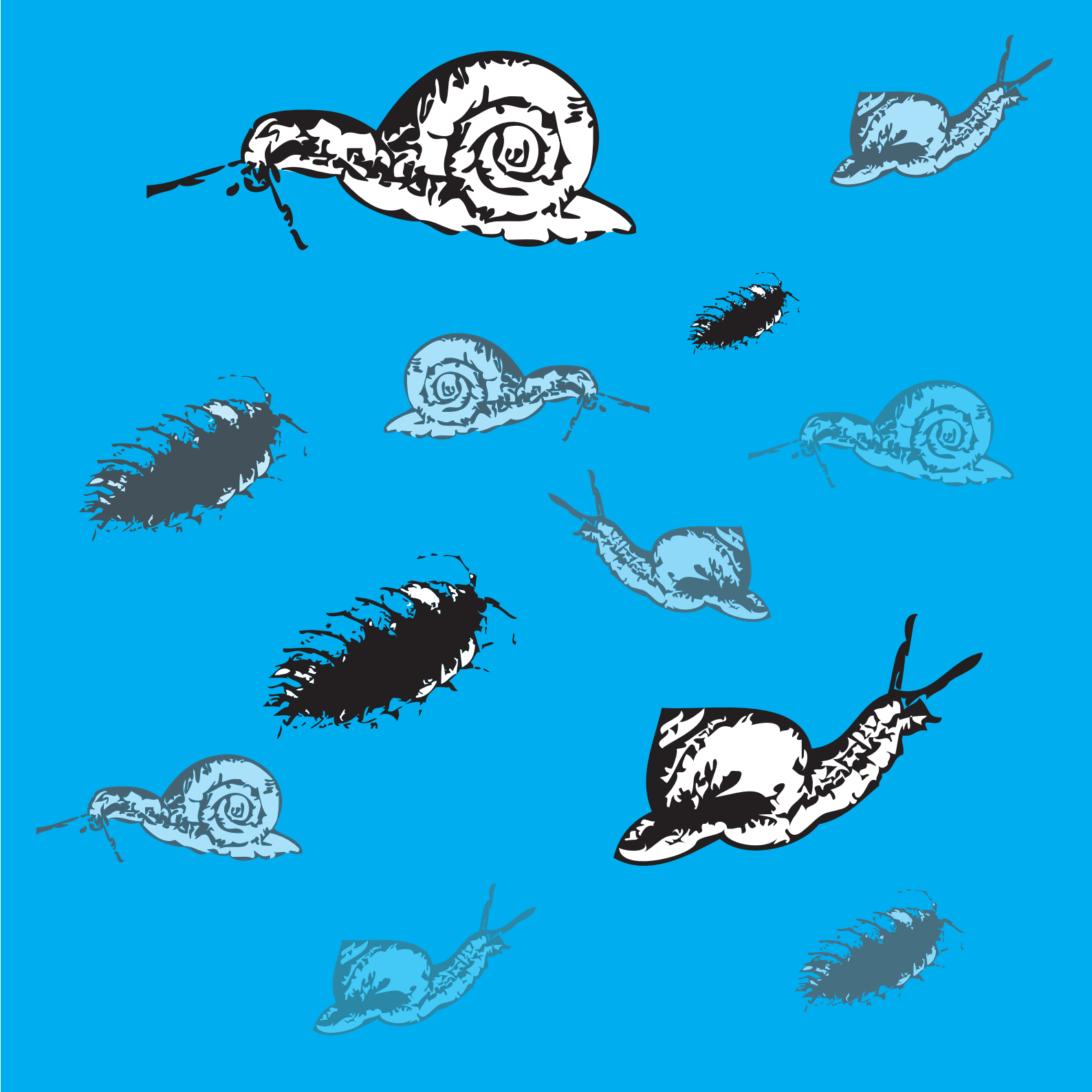
Naam	Organisatie	Status	Periode
dr. C.A.M. van Gestel	Vrije Universiteit Amsterdam (VUA)	locatiecoördinator Biesbosch	2000-2007
dr. M. Rutgers	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM)	Locatiecoördinator Ronde Venen	2000-2007
dr. W.C. Ma	Alterra	locatiecoördinator Afferdensche en Deestsche Waarden	2000-2005
mw. dr. C. Klok	Alterra	locatiecoördinator Afferdensche en Deestsche Waarden	2005-2007
mw. drs. M. van het Groenewoud-Groot	Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO)	secretaris	2000-2007

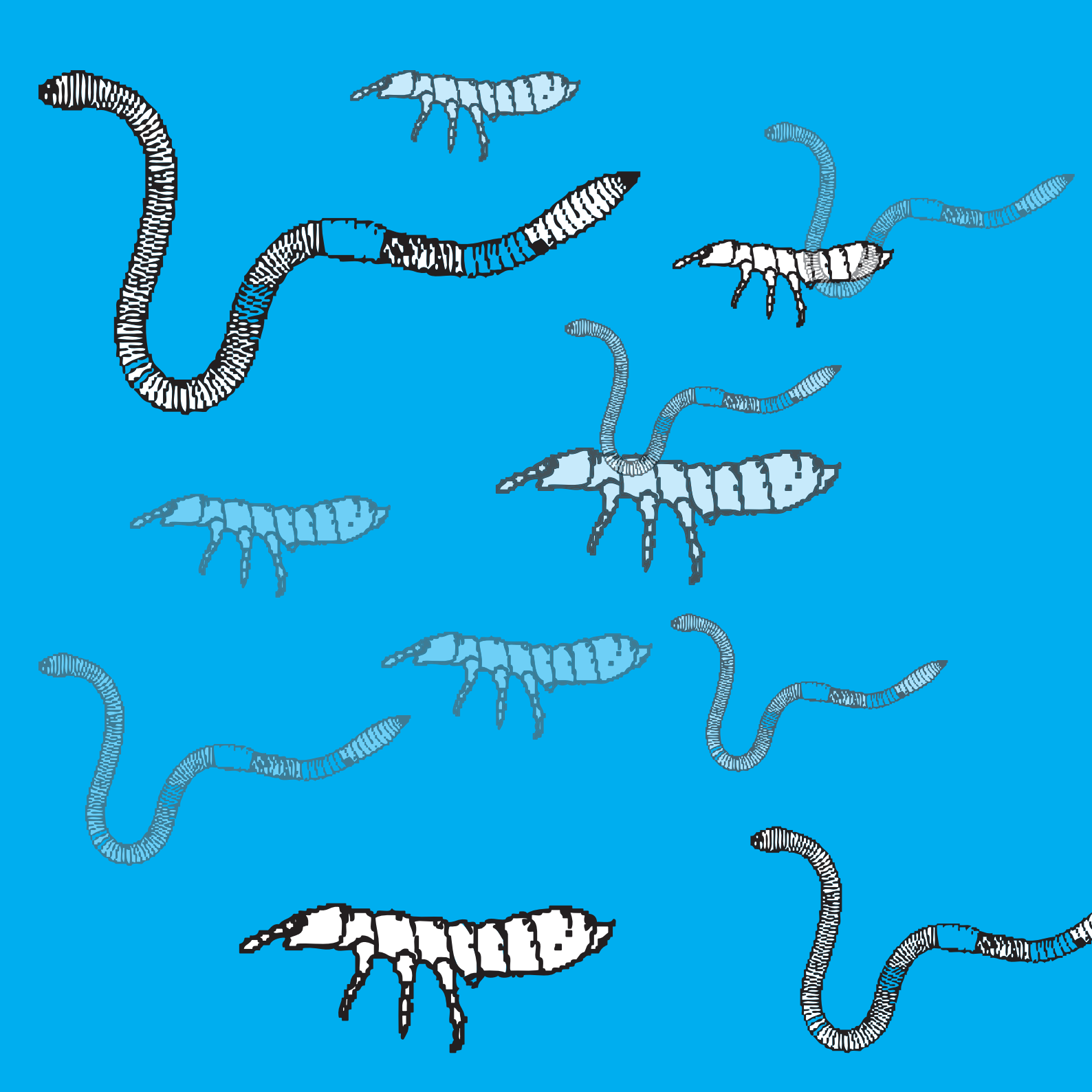
De locatiecoördinatoren kende de volgende wijziging in samenstelling:
In 2005 is de heer Ma opgevolgd door mevrouw Klok.

Medewerkers van het integratieproject

Het integratieproject is in de eindfase van het programma opgezet om alle resultaten te integreren op basis van een aantal in de beginfase van het programma geïdentificeerde modellen en integratiemethoden. Via het integratieproject zal ook zorggedragen worden voor de nazorg van wetenschappelijke werkzaamheden en waarnemingen na het aflopen van de programmaduur van het SSEO-programma.

Naam	Organisatie	Status	Periode
dr. L. Posthuma	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM)	hoofdaanvrager	2004-2007
mw. dr. M. Vijver	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM)	projectmedewerker	2004-2007
mw. dr. C. Klok	Alterra	projectmedewerker	2004-2007
prof. dr. A.J. Hendriks	Radboud Universiteit Nijmegen (RUN)	projectmedewerker	2004-2007
dr. F.P. van den Ende	Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwater-behandeling (RIZA)	projectmedewerker	2004-2007
dr. P.J. van den Brink	Alterra	projectmedewerker	2004-2007
mw. drs. M. van Beek	Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwater-behandeling (RIZA)	projectmedewerker	2004-2007





Nederlandse Organisatie
voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO)
Aard- en Levenswetenschappen

Bezoekadres:
Laan van Nieuw Oost Indië 300
Den Haag

Postadres:
Postbus 93510, 2509 AM Den Haag
Telefoon +31 (0)70 344 06 19
Fax +31 (0)70 381 90 33
alw@nwo.nl
www.nwo.nl/sseo

juni 2007

Stimuleringsprogramma
Systeemgericht Ecotoxicologisch
Onderzoek

Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek
Aard- en Levenswetenschappen

Ministerie van Onderwijs,
Cultuur en Wetenschap

VROM

landbouw, natuur en
voedselkwaliteit