

# Milieu DOSSIER

Het Milieu Dossier accepteert artikelen die de voortgang in het beleid, het daarmee verbonden onderzoek en de respons in de maatschappij op een toegankelijke manier documenteren. De auteursinstructies voor het schrijven van een bijdrage staan op de VVM-website: [www.vvm.info](http://www.vvm.info) Bijdragen worden beoordeeld door een redactieteam, zie hieronder.

> Effecten van grauwsliuier van toxische stoffen zijn locatiespecifiek bepaald

## Toxische stoffen, normen en ecologische risico's – hoe zit dat?

Leo Posthuma, Herman Eijsackers en Martina Vijver

*In veel ecosystemen is er sprake van cocktails van contaminanten. Concentraties in bodem, sediment of water zijn vaak hoger dan de streefwaarden, terwijl gevallen van bodemverontreiniging maar al te vaak boven de Interventiewaarde liggen. Dit heeft maatschappelijke gevolgen en leidt tot twijfel bij de verantwoordelijke beheerders. In het meerjarig stimuleringsprogramma SSEO van de ministeries van VROM, V&W, LNV en OC&W is er tussen 1999 en 2006 aandacht besteed aan het zogenaamde 'grauwsliuierprobleem', de diffuse aanwezigheid van mengsels van toxische stoffen in het milieu. Dit gebeurde onder de paraplu van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek. De focus lag op de vraag "Wat heeft het milieu nu werkelijk te lijden van dergelijke cocktails?" Het onderzoeksprogramma maakt duidelijk dat we meer moeten werken vanuit een ecologische invalshoek, met oog voor de gebiedsspecifieke omstandigheden van de vervuilde locatie.*

### 1 Normen en beleidsproblemen: de grauwsliuier regeert!

"Hoe lager de norm, hoe groter het beleidsprobleem". Een waarheid als een koe. In het milieukwaliteitsbeleid voor toxische stoffen speelt dit probleem sterk. Na het terugdringen van de piekbelastingen in bijvoorbeeld oppervlaktewateren in de jaren '70,

en verminderde acute vissterfte, zijn we anno 2006 nog niet van het stoffenprobleem af. Op dit vlak spelen grote beleidsproblemen, want er zijn veelvuldig normoverschrijdingen. Er is sprake van een grauwsliuier, die wordt gedefinieerd als de chronische aanwezigheid van mengsels van persistente, toxische stoffen in concentratieniveaus boven de algemene normen voor goede milieukwaliteit over grote oppervlaktes. Normoverschrijding is relevant voor het preventieve stoffenbeleid, maar ook voor compartimentgericht water-, bodem-, en natuurbeleid. Dáár vinden de overschrijdingen en de effecten plaats, en hebben beheerders concrete (risico)beheersproblemen. Inventarisaties leverden enorme aantallen vermoedelijke bodemsaneringslocaties op (Kernteam Landsdekkend Beeld 2004), en ook voor sedimenten is er veel achterstallig onderhoud (AKWA 2001). In het natuurbeleid, volgens de vogel- en habitat richtlijnen, mogen beschermde soorten niet nadelig beïnvloed worden door toxische stoffen.

### OVER DE AUTEURS

**Dr. Leo Posthuma** (L.Posthuma@rivm.nl, 030-274 2295) is senior projectleider bij het RIVM – Laboratorium voor Ecologische Risicobeoordeling. **Prof. Dr. Herman Eijsackers** is voorzitter van de Wetenschappelijke Adviesraad van Wageningen Universiteit en Research Centrum. **Dr. M. Vijver** is universitair docent bij het Centrum voor Milieuwetenschappen (CML) van de Universiteit Leiden. Alle auteurs hebben meegewerkt aan het SSEO-integratieproject.

Met dank voor de bijdragen van Prof.dr. J. Hendriks (Radboud Universiteit), dr. F. Van den Ende (RIZA), Dr.ir. P.J. van den Brink (WUR), Dr. C. Klok (WUR), Dr. T.P. Traas (RIVM), Drs. F. Kuenen (RIVM) en de Directie van het RIVM.

### 2 Grauwsliuier onderzoek

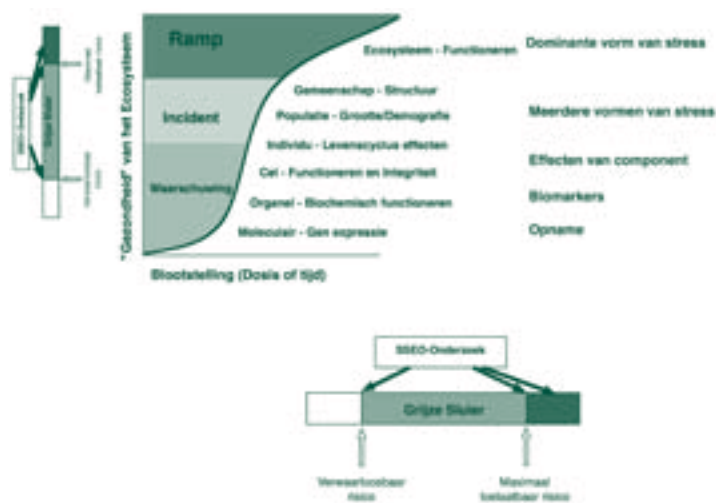
De lokale terrein- en waterbeheerders hebben beperkte speelruimte om beslissingen te nemen. Vaak is een beoordeling mogelijk aan de hand van normen per stof. Maar: wat betekent normoverschrijding? Is 1, 10 en 100% overschrijding voor verschillende stoffen even erg of

### REDACTIE MILIEU DOSSIER:

prof. Dr. J.L.A. Jansen • J. de Graaf • dr. J. van Ham • dr. ir. J.G. Kretzschmar, VITO • ir. E. Schols, RIVM  
drs. H.M. Groen, Maurits Groen Milieu & Communicatie • ir. Koekkoek, ministerie van VROM/DGM  
• ir. E.J. Dame, Europese Commissie - DG Milieu • drs. R.J. Bruggeman, Interprovinciaal Overleg



niet? En wat te denken van mengfels: in gewone veldsituaties gaat het daar immers altijd over? Hoe beoordelen we die? Wat betekent dit voor lokaal beheer? Kortom, de praktische problemen zijn levensgroot – maar de oplossing via toetsing aan algemene milieukwaliteitsnormen lijkt onvoldoende. Toetsing aan normen voorziet niet in de optie van afweging tussen “mate van milieuschade” en “kosteneffectiviteit bij het tegengaan van die schade”. Bij de meeste normen is het voor de gebruiker niet eens duidelijk, of de kritische grens betrekking heeft op humane risico's, op milieurisico's, of op andere overwegingen. Dat komt omdat de normafleiding op zich complex is en “over vele schijven” gaat. Enkele jaren geleden werd dan ook een programma gestart dat zich specifiek op deze problemen richt, het Stimuleringsprogramma Systeemgericht Ecotoxicologisch Onderzoek (NWO 1999). Het SSEO-programma omvatte wetenschappelijk onderzoek aan de grauwsliuier, gevolgd door een vertaling van de resultaten naar beleid en beheer (Figuur 1).



**Figuur 1.** De grauwsliuier van diffuse verontreiniging wordt gedefinieerd door het optreden van chronische overschrijdingen van de algemene norm voor goede milieukwaliteit, zoals de Streefwaarde, voor één of meer stoffen. De in SSEO bestudeerde effecten bevinden zich tussen waarschuwingssignalen in de weefsels van organismen (biomarkers) en rampen (bijvoorbeeld massale vissterfte).

### 3 Het SSEO onderzoek

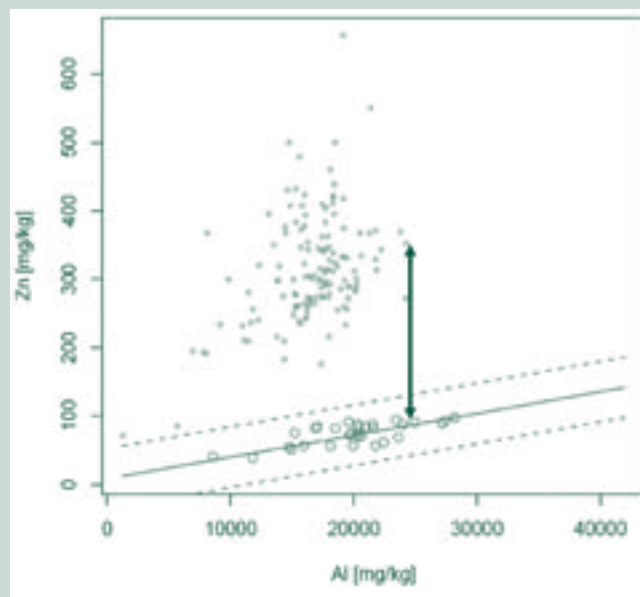
Het SSEO-programma is uitgevoerd door een groot aantal instituten en had de volgende doelen:

1. Ontwikkeling van wetenschappelijke kennis over de reacties van ecosystemen op chemische belasting met een chronisch en diffuus karakter, en
2. Inzet van de fundamentele en toepasbare kennis ter onderbouwing van de verdere formulering en uitvoering van het beleid inzake ecologische risico's van de genoemde vorm van chemische belasting.

Thans worden de onderzoeksresultaten verder geïntegreerd, geïnterpreteerd en vertaald naar mogelijke beleidstoepassingen. Het onderzoek was geconcentreerd op drie onderzoekslocaties. Dit waren de uiterwaarden van een grote rivier, het getijdengebied van de Biesbosch, en de zogenaamde 'toemaakdek'-gebieden in het veenweidegebied van West-Nederland. Alle drie de locaties worden gekenmerkt door een beleidsprobleem met een variabele, vaak hoge belasting met cocktails van toxische stoffen. Het centraal stellen van ecosystemen, in plaats van bijvoorbeeld effecten op de mens, hangt samen met twee factoren. Veel algemene milieukwaliteitsnormen worden door ecologische effecten bepaald: de ecologie reageert vaak gevoeliger dan de mens. Daarnaast zijn er inmiddels allerlei beleidsverplicht-

### Blootstelling en natuurlijke belasting

Elke veldlocatie kent een achtergrondblootstelling, die ontstaan is door natuurlijke processen. Natuurlijke achtergrondconcentraties van een veldlocatie zijn onderzocht aan de hand van gegevens over de uiterwaarden. In een lopend onderzoek (Vijver et al. In prep.) worden concentratiegegevens van de uiterwaarden vergeleken met literatuurgegevens over de diepere sedimentlagen (zie Figuur 4). Er is een groot verschil tussen de concentraties in beide lagen: 20 tot 40% is van geologische oorsprong. Dit is van betekenis voor de vraag of opruimen zinvol kan zijn. Uiteraard moeten onacceptabele risico's leiden tot goede beheersmaatregelen. In voorkomende gevallen zal daarom eerst de lokale, natuurlijke achtergrond vastgesteld moeten worden om zinvol beheer te kunnen voeren.



**Figuur 4.** De metaalbelasting in de uiterwaarden heeft deels een geologische oorsprong (rondjes + “baseline” model) en is deels afkomstig van aanrijking door menselijke activiteit. De pijl geeft de mate van aanrijking voor een monsterpunt weer.

ingen waaronder Europese richtlijnen, om te komen tot een goede ecologische toestand voor zowel water als bodem als sediment, en tot goede habitats voor doelsoorten.

### 4 Waarom geeft normoverschrijding beperkt inzicht in risico's in het veld?

Normen zijn meestal het product van risicobeoordelingen. Waarom geeft normoverschrijding dan beperkte inzichten in risico's in het veld? In de eerste plaats omdat normen altijd gelden voor één stof: ze zijn afgeleid om te voorkomen dat er door die ene stof ooit effecten optreden, ook niet onder 'worstcase' omstandigheden. Een preventief doel, dus. Als er meer stoffen tegelijk aanwezig zijn, waarvan sommige boven de norm, dan is hun gezamenlijke effect niet zomaar te bepalen door te kijken naar de normoverschrijding. In de tweede plaats zijn bij het vaststellen van de normen nooit de lokale omstandigheden in aanmerking genomen. Het lokale risiconiveau wordt bepaald door drie groepen van factoren: het lokale stoffenmengsel, de eigenschappen van het lokale blootstellingsmedium (bodem, sediment of water), en de gevoeligheid van de lokaal blootgestelde soorten. Daarbovenop: hoe langer de blootstelling duurt, of hoe groter het gebied, hoe hoger het risico. Normoverschrijding maakt duidelijk dat er een beleidsprobleem kan zijn, maar niet wat dat risico op een bepaalde plek precies zal gaan inhouden in de vorm van waarneembare effecten. Dat was dus de vraag voor het SSEO-werk.



Er blijken subtiele cascade effecten op vlinderpopulaties te bestaan bij zeer geringe blootstelling (het voorbeeld van de vlinders). Precies tegenovergesteld hieraan zijn de effecten van toxicanten in een sterk dynamisch gebied zoals de Biesbosch, die vaak niet te onderscheiden van de variatie die door andere natuurlijke factoren ontstaat (overstroming). Onder de grauwsluiervinden dus diverse gradaties en soorten van effecten plaats. De effecten zijn gering bij tolerante, opportunistische soortgroepen en bij sterke sorptie van de stoffen aan de bodem of het sediment. Maar de effecten zijn groot bij gevoelige soortgroepen in een weinig gebufferd systeem.

#### **6 Variatie in effecten en opties voor beleid**

Beleidsmatig zijn er nu twee mogelijkheden. Vanuit de pre-

#### **5 Locatiespecifieke effecten binnen SSEO**

Door het SSEO-onderzoek werd een beeld verkregen van de diversiteit in ecologische responsies bij blootstelling van ecosystemen onder veldcondities. De Tekstbox geeft een beperkt aantal voorbeelden, in de oorzaak-gevolg reeks van blootstelling, via directe effecten, naar multistress effecten. In deze reeks is zichtbaar dat de effecten van de grauwsluier inderdaad door lokale factoren bepaald worden.

#### **Blootstellingsverschillen door verschillen in bodemeigenschappen**

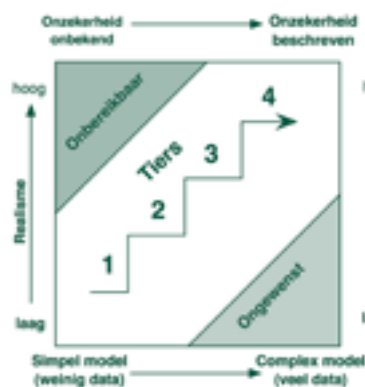
Stoffen kunnen sterker of minder sterk aan verschillende bodems sorberen. Bij sterke sorptie zal het lokale risico lager zijn ten opzichte van worst case condities waarbij de totaal concentratie beschikbaar is voor opname. Veel organismen worden blootgesteld aan toxische stoffen via de opgeloste fractie. Wetenschappelijk onderzoek kan helpen deze fractie te bepalen. Dit kan door lokale metingen te doen, maar ook door het toepassen van modellen die zijn afgeleid uit series van dergelijke metingen. Aangetoond werd, dat de opgeloste fractie afhankelijk is van stof- en bodemeigenschappen, en dat modellen de beschikbaarheid voor opname gedeeltelijk kunnen voorspellen. Omdat er modellen zijn met verschillende complexiteit (de getraptheid, zie Figuur 2 in de tekst) werd ook de precisie van de voorspelling vergeleken. Hoe eenvoudiger het model is, des te meer de opgeloste fractie overschat wordt. De beschikbare modellen kunnen ingezet worden voor lokale risicobeoordeling. Ze leiden tot betere beheersbeslissingen dan via beoordeling met generieke normen mogelijk is. Omdat de modellen soms de blootstelling overschatten, zijn de modellen nog niet wetenschappelijk perfect. Het model kan dan wel bruikbaar zijn voor een preventieve beoordeling. De “foute voorspelling” is in dit geval een ingebouwde veiligheidsklep, die past bij het doel van de risicoanalyse. Analyse van blootstelling kan leiden tot betere afwegingen tussen milieuhygiënische risico's en andere factoren, bijvoorbeeld kosteneffectiviteit van maatregelen.

ventieve doelstellingen kunnen de normen gelijk blijven en streng gehandhaafd worden. Deze keuze past bijvoorbeeld bij de resultaten van de vlinderstudie. Onder dit scenario moeten alle situaties simpelweg met de generieke normen per stof beoordeeld worden. Dit leidt zeker tot een schoner milieu. De kosteneffectiviteit en de milieuwinst van de maatregelen die genomen moeten worden, met name voor bestaande gevallen, worden echter niet meegewogen. Deze keuze lost bovendien een aantal problemen niet op, waaronder het omgaan met de grote hoeveelheid aan locaties met normoverschrijding. Als alternatief kan er gekozen worden om naast het preventieve beleid te denken aan een tweede trap in de risicobeoordeling: een locatiespecifieke analyse. De door de SSEO-onderzoekers toegepaste set van methoden kan daarvoor ingezet worden. Naast de in het SSEO programma gebruikte methoden bestaan er nog veel meer werkwijzen, zowel via modellering als via metingen. De toepassing van een tweede trap in de risicobeoordeling is in overeenstemming met de SSEO-resultaten, waaruit bleek dat bij het beoordelen van verontreinigingssituaties rekening moet worden gehouden met de ecologie ter plaatse, en met mogelijkheden voor herstel van verstoorde ecologie.

#### **7 Simpel als het kan, locatiespecifiek als het moet**

Niet alleen SSEO toont ons de noodzaak van het toepassen van een getrapte beoordelingsystematiek. Ook internationaal is te zien dat vrijwel alle risicobeoordelingen getraptd worden uitgevoerd, zie Figuur 2. De getraptheid betekent: simpel, goedkoop en conservatief als er een preventieprobleem is (normstelling), en complexer, iets prijziger, en beter gerelateerd aan lokaal te verwachten effecten als er een lokaal beheersprobleem is. De kosten van een tweede of derde trap kunnen overigens grote besparingen opleveren, omdat noodzaak van handelen, risicobeheer, en kosten van maatregelen beter afgewogen kunnen worden. Stoffenbeoordelingen kunnen prima met een generieke standaardmethodiek met een vaak conservatieve inslag (vanwege de beschermdoelstelling) en een relatief lage prijs. Maar locatiebeoordelingen vragen om een situatiegericht oordeel,

met invulling van concrete gemeten variabelen (mengsel, concentratie, beschikbaarheid, oppervlakte) en voldoende informatie om een goede beheersbeslissing te nemen.



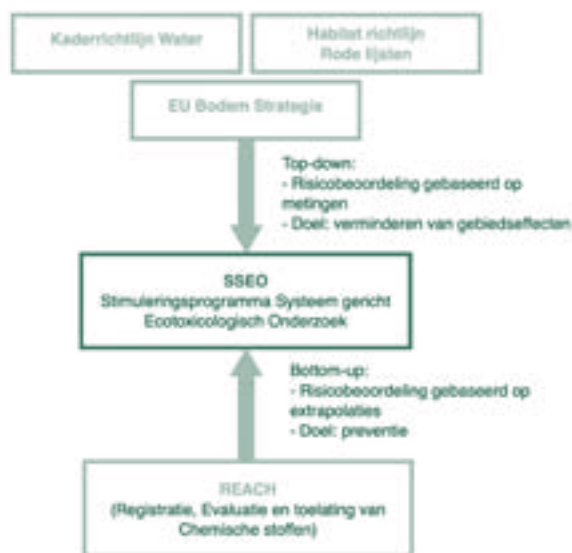
**Figuur 2.** De getrapte aanpak in de risicobeoordeling van stoffen is internationaal geaccepteerd. De getrapte aanpak verbindt (risico)vraag en (risicobeoordelings)aanbod. De trede bepaalt de prijs en de precisie van de beoordeling. Afhankelijk van de vraag kunnen simpele of complexe methoden worden ingezet (Solomon In press).

De generieke 'worstcase' benadering kan dus gehandhaafd blijven om het gewenste beleidseffect van dalende milieubelasting te realiseren. De lokale beoordeling kan toegevoegd worden om goed beheer te voeren. Beide methoden bijten elkaar niet.

### 8 Beleidsveranderingen in ontwikkeling en SSEO

Er is veel ontwikkeling, zowel in beleid als in wetenschap. Het stofbeleid in Europa wordt herzien met regels voor Registratie, Evaluatie en Autorisatie van Chemicals. REACH beoogt een snellere, maar grovere beoordeling te geven van de in Europa gebruikte stoffen. De manier waarop naar stoffen gekeken wordt is daarmee wezenlijk anders dan voorheen. Met name wat betreft de verantwoordelijkheid

### SSEO in breder context

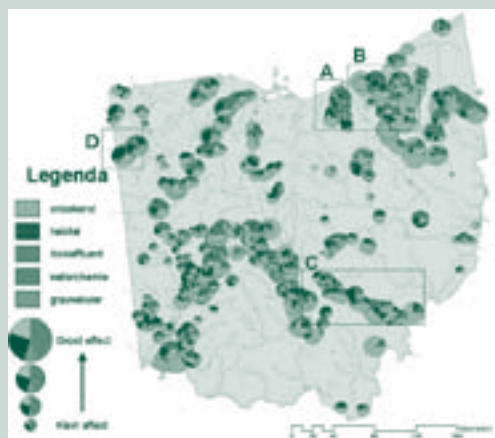


**Figuur 3.** De beleidsontwikkelingen die gedurende het SSEO-onderzoek plaatsvonden benadrukken allemaal de verbreding van de stofgerichte analyse naar de situatiegerichte meervoudige stressanalyse.

voor het leveren van beoordelingen (door de producenten), maar ook wat betreft de nagestreefde precisie. Het waterbeleid verandert ook. Belangrijk is geworden of een waterlichaam een Goede Ecologische Toestand (GET) heeft: zijn de soorten die ergens voor hóren te komen ook daadwerkelijk aanwezig? Terugdringing van de concen-

### Meervoudige stress en de bredere context van SSEO

De analyse van monitoringgegevens wordt steeds belangrijker, bijvoorbeeld voor de implementatie van de Kader Richtlijn Water. Bij monitoring is het lastig om additionele stressoren en de effecten van de grauwsliuier van elkaar te onderscheiden. Onlangs is er, in het verlengde van het SSEO-onderzoek, met een enorme monitoringsdataset een methode ontwikkeld die drie doelen dient, namelijk het: kwantificeren van afwijkingen van de Goede Ecologische Toestand, het aanwijzen van de lokale problemen, waaronder mogelijk (maar niet altijd) een grauwsliuier, en ten slotte het overbrengen van een heldere boodschap voor beheerders over oorzaken en gevolgen. Hiervoor is het zogenaamde EPC-diagram ontworpen, waarbij EPC staat voor Effect-and-Probable Cause pie diagrams (De Zwart et al, 2004). De omvang van de "pie" toont de mate van lokaal effect op de 100 vissoorten van het onderzoeksgebied, en de kleuren tonen de waarschijnlijke oorzaak van de impact.



Beheerders kunnen monitoringgegevens via de EPC-aanpak laten analyseren om tot beheersbesluiten te komen. Via analyses van veldgegevens worden echter nooit oorzaak-gevolg bewijzen geleverd. De resultaten zijn echter wel plausibel genoeg om op hoofdlijnen beleid te formuleren. In dit voorbeeld worden lokale ecosystemen beïnvloed door meervoudige stress. De grauwsliuier heeft effecten, en die kunnen lokaal erg klein of erg groot zijn. Omdat er beleidsmatig meer en meer via monitoring gewerkt zal worden, bijvoorbeeld onder de Kader Richtlijn Water, moeten er methoden komen om de gegevens uit de monitoring te interpreteren.



**Figuur 5.** Multistress analyse van een grote monitoring database. De omvang van de cirkels toont de mate van effect op de lokale vissengemeenschappen, de kleuren de relatieve relevantie van de milieustressoren (links, gekarteerd). Iedere plek heeft een eigen, kenmerkende mate van effect, en een eigen set van oorzaken. (Boven, gemiddeld over Ohio) De grauwsliuier droeg voor dit beheersgebied bij tot een gemiddeld percentage van 3%, maar de lokale bijdrage van de grauwsliuier aan de lokale effecten varieerde tussen de 0% en de 80%. A, B, C en D zijn gebieden (A en B) met een grote stad of veel bewoning (veel effluent-effect), (C) met verlaten mijngebieden (met veel metaal toxiciteit) en (D) met veel fysieke ingrepen in de rivier.

## Verschillen in gevoeligheid tussen soortgroepen

Voor risicobeheer van een grauwsluierlocatie moet het lokale risiconiveau bekend zijn. Hoe hoog is het lokale risico? En hoe hoog is dit ten opzichte van beleidsmatig gekozen grenswaarden? Via onderzoek was altijd al duidelijk dat soorten verschillen in gevoeligheden: "all animals are unequal". Dit blijkt ook uit de resultaten van het SSEO-programma. Voor de kleinste en meest diverse groep van bodemorganismen – de microbiële levensgemeenschap – blijkt uit effecten op het functioneren van het bodemecosysteem dat de stoffen op de onderzoekslocaties tot circa 40% bijdragen aan de samenstelling van deze groep (Boivin, 2006). In een studie aan grotere organismen, de macrofauna in verontreinigde uiterwaardplassen, blijkt slechts 3% van de effecten toe te schrijven te zijn aan verontreiniging (Van Groothuizen, 2006). Voor de grutto wordt gesuggereerd dat effecten op het voedsel (wormenpopulaties) betekenis kan hebben voor deze soort (Klok, 2006). In het verlengde van het SSEO-onderzoek wordt in een studie aan de achteruitgang van vlindersoorten in een natuurgebied in Drente aangetoond dat deze soorten te lijden hadden van toxische effecten van stoffen via een fijnzinnige cascade van effecten via de bloei van de waardplanten (Mulder et al, 2004). Effecten zijn dus zeer variabel. Het totale palet van de in SSEO waargenomen effecten suggereert dat het preventieve, generieke stoffenbeleid niet vanwege SSEO-resultaten veranderd zou moeten worden. Het palet suggereert des te sterker dat de aandacht gericht moet worden op lokale effecten van stoffenmengsels, op technieken om die vast te stellen, en bovenal ook op de ontwikkeling van technieken die leiden tot beter beheer en herstel.

traties van stoffen tot onder de normen is nog wel voorgeschreven, maar kan minder urgent zijn. En ook het bodembeleid verandert. In Nederland wordt gekeken of de bodem geschikt is voor de huidige (gebruiks)functies, en wordt het 'standstill'-principe gehanteerd om verslechtingen tegen te gaan. Voor de bodem blijven de preventieve normen gehandhaafd. Maar daarnaast wordt de mogelijkheid gegeven om lokaal, gebiedsgerichte referenties voor bodemkwaliteit af te leiden. Dit is een majeure beleidsverandering, die op 1 januari 2007 formeel via het Besluit Bodemkwaliteit in werking treedt (VROM 2006). In Europa wordt ook gekeken naar duurzaam gebruik. De biologische diversiteit van bodemorganismen wordt als de 'drager' gezien van de vele nutsfuncties die de bodem heeft, en is daardoor beschermwaardig. In het natuurbeleid wordt momenteel gekeken naar de kans op vóórkomen van bepaalde doelsoorten, en of deze beperkt wordt door blootstelling aan toxische stoffen. Vanuit Europa gelden de Vogel- en Habitatrichtlijnen. Situaties waarin mengsels van stoffen het vóórkomen van beschermde soorten belemmeren moeten worden opgespoord en opgelost. Er ontstaat sterkere aandacht voor een leefgebiedenbenadering. Kortom, in vele beleidsvelden is er sprake van een trend van generiek naar specifiek. De wetenschappelijke risicobeoordelingen zullen deze beleidstrend moeten volgen. SSEO heeft mede inzicht gegeven in de uitwerking van de locatiespecifieke beoordeling.

### 9 Niet (alleen) stoffen beoordelen, maar ecologie

In de wetenschappelijke literatuur is de trend naar "meer specifiek" ook al omschreven, in een visieartikel getiteld "Ecotoxicology becomes stress ecology" (Van Straalen, 2003). In de toekomst zal steeds meer de nadruk worden gelegd op de ecologische verschijnselen in het veld, in plaats van naar "alleen" normoverschrijding. Effecten zijn niet alleen het gevolg van stoffen, maar ook van allerlei andere stress factoren. De

beleidspraktijk zal zich in de nabije toekomst dan ook waarschijnlijk sterker ontwikkelen naar beoordeling van lokale ecologische stress en de oorzaken daarvan. Bovenal wordt de vraag verwacht: hoe te komen tot de Goede Ecologische Toestand (GET). De technieken van de normatieve ecotoxicologie en de lokale stressanalyses in ecosystemen zijn daarvoor onvoldoende. Er zal een driesporen aanpak moeten ontstaan. Aan de basis staat het preventieve spoor (om risico's te voorkómen), in het midden ligt het beheersspoor (om situaties met een grauwsluierkarakter te beheren), en als sluitstuk het ecologische-herstel spoor. Als de GET niet aanwezig is, is het de vraag welke stressoren dan de problemen veroorzaken, en wat gebeurt er als deze stressoren worden aangepakt? Door het evalueren van de ecologische toestand kan de aandacht prioritair gericht worden op de slechtere situaties. Dit betekent een sterke impuls om methodieken te ontwikkelen die, bijvoorbeeld op basis van monitoring, aanduiden waar er sprake is van ecologische effecten. Tevens moet de aandacht gericht worden op methodieken die daarbij de oorzaken kunnen opsporen, en op het onderwerp ecologisch herstel na verstoring.

## Selectie resultaten

De kaders in dit artikel tonen een selectie van de resultaten van het SSEO-programma, geordend van oorzaak naar uiteindelijk gevolg.

## Referenties

- AKWA. 2001. Basisdocument Tienjarensceenario Waterbodems - Bagger in Beeld. Advies en kenniscentrum waterbodems, Utrecht, The Netherlands.
- Kernteam Landsdekkend Beeld. 2004. Lands Dekkend Beeld. Eindrapport nulmeting werkvoorraad bodemsanering. Kernteam Landsdekkend Beeld.
- NWO. 1999. Startbrochure Stimuleringsprogramma Streefgericht Ecotoxicologisch Onderzoek. NWO, Den Haag.
- Solomon, K. R. In press. Extrapolation Practice for Ecological Effect Characterization of Chemicals. SETAC Press, Pensacola, FL, USA.
- Van Straalen, N. M. 2003. Ecotoxicology becomes stress ecology. *Environ Sci Technol.* 37:324A-330A.
- VROM. 2006. Concept-Besluit Bodemkwaliteit. Concept 17 maart 2006. Ministerie VROM, Den Haag, The Netherlands.
- Boivin, M. E. 2006. Diversity of microbial communities in metal-polluted heterogeneous environments. Proefschrift, Vrije Universiteit Amsterdam.
- De Zwart, D., S. D. Dyer, L. Posthuma, and C. P. Hawkins. 2004. Use of predictive models to attribute potential effects of mixture toxicity and habitat alteration on the biological condition of fish assemblages. *Ecological Applications*: In Press.
- Griethuizen. 2006. Trace metals in floodplain lake sediments. Proefschrift, Wageningen University and Reserach Centre.
- Klok, C., A Van der Hout, J Bodt. 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
- Mulder, C., T. Aldenberg, D. De Zwart, H. J. Van Wijnen, and A. M. Breure. 2004. Evaluating the impact of pollution on plant-Lepidoptera relationships. *Environmetrics* 16:357-373.
- Vijver, M. G., J. Spijker, J. P. M. Vink, and L. Posthuma. In prep. Reactivity of metals, implications for risk assessment in flood plains.