

Witteveen

Bos

water
infrastructuur
milieu
bouw

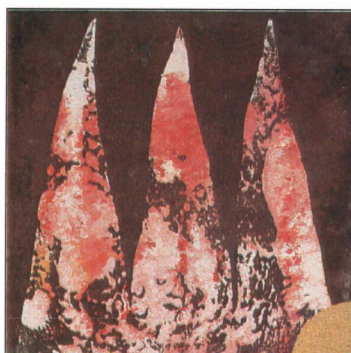


Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier

waterbodemverontreiniging en de haalbaarheid van ecologische streefbeelden

fase 1: brede oriëntatie op de problematiek

samenvattend eindrapport



Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
telefax 0570 69 73 44

ref
lum

Witteveen**Bos**

water
infrastructuur
milieu
bouw



Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier

waterbodemverontreiniging en de haalbaarheid van ecologische streefbeelden

fase 1: brede oriëntatie op de problematiek

samenvattend eindrapport

TNO-MEP

Ambachtsweg 8a

Postbus 57

1780 AB Den Helder

telefoon 0223 63 88 00

telefax 0223 63 06 87

registratie SECI/NORI/rap.003	projectcode Edm22.1	status definitief
projectleider drs. M. Klinge	projectdirecteur drs. M.P. Grimm	datum 21 september 2000

autorisatie goedgekeurd	naam drs. M. Klinge	paraaf
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------

Witteveen+Bos
van Twickelostraat 2
postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
telefax 0570 69 73 44



Het kwaliteit management systeem van Witteveen+Bos is gecertificeerd volgens NEN-EN-ISO 9001 : 1994

© Witteveen+Bos

Niets uit dit bestek/drukwerk mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs b.v., noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

1947579

INHOUDSOPGAVE	blz.
VOORWOORD	
SAMENVATTING	
1. INLEIDING	1
1.1. Achtergronden; nut en noodzaak van waterbodemsanering	1
1.2. Overwegingen met betrekking tot de vraagstelling	2
1.3. Leeswijzer	3
2. OPZET VAN HET ONDERZOEK IN FASE 1	4
3. RESULTATEN EN INTERPRETATIE	5
3.1. Brede evaluatie op locaties	5
3.2. Aanvullend toxicologisch onderzoek in het Ilperveld	7
3.3. Streefbeeldanalyse Ilperveld	9
4. DISCUSSIE EN CONCLUSIES FASE 1	11
4.1. Evaluatie van vraag 1: vormen waterbodemonverontreinigingen in de bestaande situaties een gevaar?	11
4.2. Evaluatie van de globale verkenning van vraag 2: staat de waterbodemon- verontreiniging het bereiken van de gewenste situatie in de weg?	11
5. VOORSTEL FASE 2	12
6. LITERATUUR	14
laatste bladzijde	14

VOORWOORD

Door het adviesbureau Witteveen+Bos en de onderzoeksorganisatie TNO is gezamenlijk in opdracht van het Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier (USHN) een onderzoek gestart naar ecologische effecten van waterbodemonverontreiniging. Dit onderzoek concentreert zich rond de volgende vraagstelling:

1. vormen waterbodemonverontreinigingen in de bestaande situaties een gevaar?
2. staat de waterbodemonverontreiniging het bereiken van de gewenste situatie (ecologisch streefbeeld) in de weg?
3. vormen waterbodemonverontreinigingen in de gewenste situatie een gevaar?

Bovenstaande vragen zijn vervat in een gefaseerde onderzoeksplan:

Fase 1: onderzoeken vraag 1, globaal verkennen vraag 2.

Fase 2: nader onderzoeken vraag 2 en 3.

In dit samenvattende eindrapport wordt een verkort overzicht gegeven van de opzet, resultaten en evaluatie van het onderzoek in fase 1. Een meer uitgebreid overzicht is gegeven in een bijbehorend werkrapport.

In fase 1 is gebruik gemaakt van de gangbare TRIADE-methode. Verder wordt in het rapport een voorzet gedaan voor fase 2, welke op hoofdlijnen is besproken met SKB en STOWA en ter subsidiëring zal worden aangeboden. Behalve TRIADE-technieken dienen in deze fase aanvullende technieken ingezet te worden om onderzoeksvragen 2 en 3 te kunnen beantwoorden.

Het onderzoek wordt begeleid door een commissie, waarin de volgende vertegenwoordigers zitting hebben:

Uitwaterende Sluizen	:	Ruud Kampf (namens de opdrachtgever)
Hoogheemraadschap van Rijnland	:	Marco van beek (thans Len Noteboom)
Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden	:	Len Noteboom (thans Erik Boegborn)
Provincie Noord-Holland	:	Jan Kuyper
RIZA	:	Cees van de Guchte en Piet den Besten
RIVM	:	Leo Posthuma
TNO-MEP	:	Jos Brils (namens opdrachtnemer)
Witteveen+Bos	:	Anke Durand-Huiting (idem)
	:	Marcel Klinge (idem)

SAMENVATTING

In het begin van de negentiger jaren is een overzicht gemaakt van de (chemische) kwaliteit van de waterbodems. In de boezems van het Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen bleek 76% van de monsters in klasse 2 te vallen en 23% in klasse 3 en 4. Het Hoogheemraadschap vraagt zij zich af in hoeverre deze verontreinigingen een bedreiging vormen. Dat geldt voor 2 situaties:

- de huidige situatie die gekenmerkt wordt door een tamelijk simpel en ecologisch gezien weinig interessante levensgemeenschap van troebel tot kroosovergroeid water.
- de gewenste situatie zoals die is beschreven in een streefbeeld (en in mogelijk nog additioneel te formuleren streefbeelden). Dat is meestal een soortenrijke gemeenschap van helder water dat deels overgroeid is met waterplanten.

Teneinde dit te onderzoeken is een onderzoek geformuleerd met de volgende vraagstelling:

1. vormen waterbodemonverontreinigingen in de bestaande situaties een gevaar?
2. staat de waterbodemonverontreiniging het bereiken van de gewenste situatie in de weg?
3. vormen waterbodemonverontreinigingen in de gewenste situatie een gevaar?

Bovenstaande vragen zijn vervat in een gefaseerde onderzoeksplan:

Fase 1: onderzoeken vraag 1, globaal verkennen vraag 2.

Fase 2: nader onderzoeken vraag 2 en 3.

Het voorliggende rapport handelt over fase 1.

Fase 1 is gestart met een inventarisatie van gebieden met een verdenking van (ernstige) waterbodemonverontreiniging. Hiervoor zijn chemische analyses en acute toxiciteitstesten uitgevoerd. Voor enkele locaties is duidelijk toxische stress, en dus gevaar waargenomen, waarbij niet in alle gevallen een duidelijke relatie bestond met de aanwezigheid van verontreinigingen. Voor één locatie, het IJperveld, zijn naast acute testen ook chronische testen (muggenlarve en watervlo) en een bioaccumulatie-test met oligochaeten uitgevoerd, omdat deze locatie het beste aansluit bij de vraagstelling van dit onderzoek. Voor zowel het relatief schone als het vervuilde monsterpunt is bij de chronische test met de watervlo toxische stress gevonden. Er is geen toxische stress gevonden bij de test met de muggenlarve. Uit de bioaccumulatie-test bleek dat er bij beide monsterpunten sprake is van een verhoogde beschikbaarheid van metalen. Daarnaast bestaat er voor diverse stoffen een risico op doorvergiftiging.

De resultaten duiden er op dat in de huidige situatie (onderzoeksvraag 1) in een aantal gevallen sprake is van toxische stress (en dus van een gevaar van de waterbodemonverontreiniging). Daarbij wordt echter aangetekend dat de gebruikte TRIADE-benadering niet volledig is gevolgd. Veldinventarisaties moeten uitgevoerd worden om de veronderstelde risico's beter te kunnen inschatten.

Onderzoeksvraag 2 is verkend middels een literatuurstudie. Hieruit bleek dat voor de kenmerkende soorten voor de huidige situatie en het streefbeeld voor het IJperveld op basis van de beperkte toxiciteitgegevens geen duidelijke verschillen in gevoeligheid voor de aanwezige verontreinigingen zijn te verwachten. Het is derhalve nog onduidelijk of de toxische stress naast overige negatieve factoren (waterkwaliteit, visstand, mobiel slib e.d.) een meetbaar, negatieve rol speelt bij de realisatie van het streefbeeld (en dus een risico vormt). Onderzoeksvraag kan dus, met de verkennende literatuurstudie nog niet worden beantwoord.

Voorgesteld wordt in fase 2 van het onderzoek technieken in te zetten die aanvullend zijn op de gangbare TRIADE-methode. Hierbij wordt een combinatie voorgesteld van veldenclosures, Toxiciteit Identificatie en Evaluatie (TIE) technieken en modelecosystemen.

1. INLEIDING

1.1. Achtergronden; nut en noodzaak van waterbodemsanering

In het begin van de negentiger jaren is een overzicht gemaakt van de (chemische) kwaliteit van de waterbodems. In de boezems van het Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen bleek 76% van de monsters in klasse 2 te vallen en 23% in klasse 3 en 4. Op Texel en in het noordelijk deel van het Hollands Noorderkwartier waren de waterbodems chemisch gezien schoner, alleen in het noordwestelijke deel zijn de waterbodems klasse 3. In het centrale deel van het beheergebied zijn de bodems in de polderwateren grotendeels klasse 0-2, alleen in de oudere bebouwde kommen en bij overstorten wordt klasse 3 en 4 aangetroffen. De waterbodems in het zuidelijk deel zijn duidelijk meer verontreinigd. Enerzijds door diffuse bronnen (koper), scheepvaart (PAK) en anderzijds door stortplaatsen, zoals in IJperveld Westzaan en Volgermeer. In dit zuidelijke deel varieert de kwaliteit van de waterbodems, chemisch gezien, van zeer schoon tot zeer sterk vervuild met vooral metalen, maar ook andere componenten.

Waterbodems die in de klasse 3 en 4 vallen dienen volgens de huidige regelgeving verwijderd te worden en het te verwijderen materiaal wordt beschouwd als chemisch afval en dient als zodanig te worden behandeld. Deze in principe toe te juichen maatregel, zo zijn we gaan beseffen, is wel aan enige nuancering toe. Bijvoorbeeld in het geval van specifieke en gebiedsgebonden verontreinigingen. Een voorbeeld daarvan zijn de bodems met hoge arseengehalten in sommige veengebieden, en ook de zinkgehalten in Limburgse beken en beekdalen, waarmee weer een unieke flora is geassocieerd.

Ook in andere gevallen kan locatie- of verontreinigingsspecifiek aan nuancering worden gedacht. Zo is het een actuele vraag of klasse 3 en 4 bodems in de Nederrijn die door recente sedimentatie met schoon slib zijn afgedekt wel moeten worden verwijderd. Ook kan betoogd worden dat verontreinigingen of een cocktail daarvan die kennelijk (biologisch en chemisch) inert in de bodem aanwezig zijn, gewoon op de locatie aanwezig kunnen blijven. Bijvoorbeeld door deze te laten liggen zoals ze zijn of (indien onderhoudsbaggeren nodig is) de verontreinigde bodems te bergen in locale verdiepingen die in de watergangen zelf zijn gemaakt.

Het Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen stelt niet ter discussie dat verontreinigde bodems die een gevaar voor het leefmilieu van mens, plant of dier opleveren gesaneerd moeten worden. Wel vraagt zij zich af in hoeverre er sprake is van een bedreiging. Zo bestaat de mogelijkheid dat verontreinigingen door hun aard, de binding aan andere stoffen en/of door de invloed van de aanwezige levensgemeenschap niet of sterk verminderd biologisch beschikbaar zijn. Ook is het de vraag op welke schaal eventuele verontreinigingen effect hebben; is dit slechts op lokaal niveau of worden verontreinigingen via het voedselweb tot ver buiten het watersysteem getransporteerd?

Als beheerder van de waterbodems is het derhalve voor Uitwaterende Sluizen relevant om vast te stellen wat de aard en de bedreigingen van de verontreinigingen zijn. Dat geldt voor 2 situaties:

1. de huidige situatie die gekenmerkt wordt door een tamelijk simpel en ecologisch gezien weinig interessante levensgemeenschap van troebel tot kroosovergroeid water. Een door zwevende algen en enkele karperachtige vissoorten (brasem, blankvoorn) gedomineerd systeem met een soortenarme benthische fauna;
2. de gewenste situatie zoals die is beschreven in een streefbeeld (en in mogelijk nog additioneel te formuleren streefbeelden). Dat is meestal een gemeenschap van helder water dat deels overgroeid is met waterplanten: een soortenrijke benthische fauna en -visgemeenschap.

In het eerste geval is er bijvoorbeeld geen sprake van mobilisatie van verontreinigingen door planten. In het tweede geval kan dat heel goed het geval zijn. Daardoor kan theoretisch de doorgifte van stoffen aan van en op planten levende organismen (slakken, benthische cladoceren) ten opzichte van de eerste (qua streefbeeld minder gewenste situatie) hoger zijn.

Er is nog een interesse die de beheerder in dit geheel heeft. Dat is de invloed die verontreinigde bodems eventueel zouden kunnen hebben op de haalbaarheid van streefbeelden. Met andere woorden: kunnen organismen die als sleutelorganismen voor het ecologisch herstel worden beschouwd (zoals waterplanten of algenfilterende watervlooien) zo door de aanwezige verontreinigingen in hun vitaliteit achteruitgaan dat ecologisch herstel niet meer mogelijk is of niet meer gewenst is (dat laatste zou bijvoorbeeld het geval kunnen zijn wanneer alleen waterplanten de watergangen helder zouden moeten houden. De benodigde plantenbedekking kan dan dermate groot zijn dat de aan- en afvoerende functie van de watergangen in gevaar komt).

vraagstelling

Het onderzoek naar de Nut en de Noodzaak van saneringsbaggeren en naar de mogelijkheid van lokaal bergen van bagger in verdiepingen die bijvoorbeeld in het kader van een streefbeeld gemaakt moeten worden, is dus gebaat bij antwoorden op de volgende drie vragen:

1. vormen waterbodemonverontreinigingen in de bestaande situaties een gevaar?
2. staat de waterbodemonverontreiniging het bereiken van de gewenste situatie in de weg?
3. vormen waterbodemonverontreinigingen in de gewenste situatie een gevaar?

Bovenstaande vragen zijn vervat in een gefaseerde onderzoeksaanpak:

Fase 1: onderzoeken vraag 1, globaal verkennen vraag 2.

Fase 2: nader onderzoeken vraag 2 en 3.

Het voorliggende rapport handelt over fase 1.

1.2. Overwegingen met betrekking tot de vraagstelling

Vraag 1 is goed te onderzoeken met behulp van de TRIADE systematiek. Met de TRIADE benadering kunnen op basis van chemische analyses, bioassays en veldwaarnemingen uitspraken worden gedaan over de *actuele* ecologische risico's (voor de huidige situatie). De opzet en resultaten hiervan zijn onderdeel van dit rapport (zie hoofdstuk 2 en verder).

Voor het beantwoorden van **vraag 2** is de TRIADE benadering niet voldoende. De waterbodemonverontreiniging is slechts een van de factoren die het bereiken van het streefbeeld in de weg kan staan. Er is nog een heel scala van andere factoren die eveneens een rol kunnen spelen, zoals de eutrofiëringgraad, de fysieke eigenschappen van de bodem (zoals mobiliteit, slapt e.d.), de aanwezigheid van voldoende zaden en sporen van waterplanten, de biomassa en samenstelling van de visstand etc. De eventuele invloed van verontreinigingen in de waterbodemon dient derhalve gescheiden te worden van al deze andere factoren, hetgeen geen eenvoudige opgave is.

Dergelijke complicerende factoren spelen ook bij andere waterbeheerders en in andere situaties een rol, bijvoorbeeld bij natuurontwikkeling in de verontreinigde uiterwaarden. Vaak wordt hier eigenlijk een vergelijkbare vraag gesteld: er is sprake van een *gevaar* in de *huidige situatie*. Dit gevaar wordt dan geconstateerd doordat chemisch een verontreiniging wordt gemeten en met bioassays eventueel ook nog toxiciteit wordt gemeten. De logische vervolgvraag is dan: wat is het *risico* van dat gevaar in een *nieuwe situatie*? Meer in algemene termen wordt er in internationale wetenschappelijke kringen dan ook gediscussieerd over hoe de doorvertaling van 'hazard' (gevaar) naar 'risk assessment' (inschatting van risico's) gemaakt zou moeten worden. De aanwezigheid van (water)bodemonverontreiniging betekent een 'gevaar', maar wat het risico is van de aanwezigheid van die verontreiniging voor de gewenste situatie (het streefbeeld) is niet zo eenvoudig te beantwoorden. Gezien eerdere ervaringen en zoals aangeduid is het te verwachten dat de inzet van standaard TRIADE technieken alléén, uiteindelijk niet zal leiden tot het vaststellen van een 'harde' oorzaak (verontreiniging) – gevolg (remming ontwikkeling streefbeeld) relatie.

Technieken als Toxiciteit Identificatie en Evaluatie (TIE) en modelecosystemen kunnen aanvullend op de standaard Triadetechnieken worden ingezet, welke mogelijk wel kunnen leiden tot het vast-

stellen van een 'harde' oorzaak/ gevolg relatie. Deze technieken zijn gereserveerd voor fase 2 van het onderzoek. Vraag 2 is in fase 1 van het onderzoek globaal onderzocht met behulp van een literatuurstudie (zie verder hoofdstuk 2).

Voor het beantwoorden van **vraag 3** is onderzoek in de streefbeeldsituatie nodig. Het gaat daarbij om het vaststellen van zowel acute, chronische als doorvergiftigingseffecten. Dit kan deels gebeuren in zogenaamde modelecosystemen, waarin een vereenvoudigde streefbeeldsituatie wordt ingericht. Daarnaast komen meer grootschalige proefgebieden (enclosures) in aanmerking waarin de streefbeeldsituatie zo goed mogelijk gerealiseerd wordt, waarna een meetprogramma uitgevoerd wordt. Deze activiteiten zijn eveneens voor fase 2 van het onderzoek gereserveerd.

1.3. Leeswijzer

Dit rapport is een verkorte weergave van de resultaten van fase 1 van het onderzoek en biedt summier doorkijk naar het vervolgonderzoek (fase 2). Een uitgebreide bespreking van de resultaten, inclusief bijlagen met ruwe data, is opgenomen in het werkrapport (Durand-Huizing et al., 2000).

Na deze inleiding wordt er in dit samenvattende rapport in hoofdstuk 2 kort ingegaan op de opzet van het onderzoek in fase 1. Vervolgens worden in hoofdstuk 3 de resultaten van fase 1 weergegeven. De discussie en conclusies zijn opgenomen in hoofdstuk 4. Naar aanleiding van de bevindingen en de discussie wordt in hoofdstuk 5 een voorstel gedaan voor elementen van het vervolgonderzoek.

2. OPZET VAN HET ONDERZOEK IN FASE 1

De eerste fase van het onderzoek heeft bestaan uit de volgende onderdelen:

Onderzoeken vraag 1:

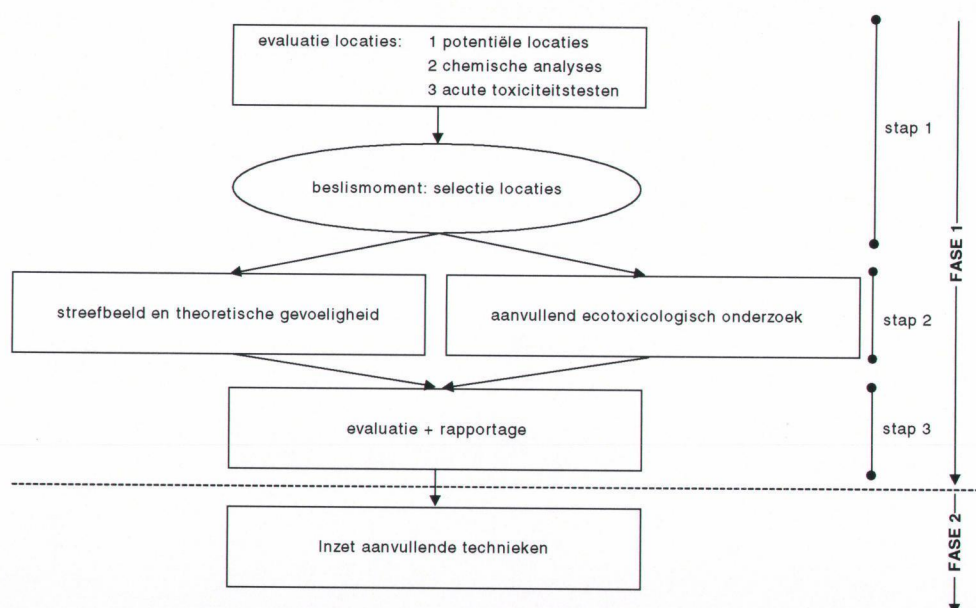
- evaluatie verontreinigde locaties (selectie, chemische analyses en acute toxiciteitstesten);
- uitvoering chronische toxiciteitstesten op monsters van geselecteerde locaties.

Globale verkenning vraag 2:

- analyse van de ecotoxicologische gevoeligheid van het streefbeeld van helder en plantenrijk water op basis van literatuuronderzoek;
- evaluatie en bepaling invulling fase 2.

In afbeelding 2.1. zijn de werkstappen schematisch weergegeven

Afbeelding 2.1. Schematische weergave van de opzet van het onderzoek



Het TRIADE-onderdeel veldinventarisatie is niet uitgevoerd. Reden was dat het tijdstip waarop de monsters genomen werden hiervoor ongeschikt was.

3. RESULTATEN EN INTERPRETATIE

3.1. Brede evaluatie op locaties

Van de bekende locaties in het beheergebied van het hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen met vervuilde waterbodems (klasse 3 en 4) is nagegaan voor welke gevallen een verbetering van het ecologisch functioneren wenselijk is. Ditzelfde is ook gedaan voor locaties waarvan de waterbodems volgens de chemische analyses weliswaar "schoon" waren verklaard, maar waarvan een aanzienlijke historische én huidige belasting met milieuvreemde stoffen werd verwacht (tuinbouw, bloembollenteelt).

Uiteindelijk zijn er in het Hollands Noorderkwartier zes locaties onderzocht waarbij een verdenking bestaat op waterbodemverontreiniging en waar een verbetering van het ecologisch functioneren wenselijk is. Per locatie zijn steeds twee sublocaties (A en B) bemonsterd. Bij de keuze van de locaties is ook getracht om voor het watersysteem van Uitwaterende Sluizen representatieve gevallen uit te zoeken.

Afbeelding 3.1. Bemonsterde locaties



V: Verwacht A: Aangetroffen

- ① **Polder Grootslag**
V: pesticiden (landbouw)
A: 3 PAK
- ② **Ilperveld**
V: divers (stort)
A: 4 metaal en 3 DDT
- ③ **Bergerringvaart**
V: divers (riool)
A: 3 PAK en DDT
- ④ **Doggersvaart/Middenvliet**
V: kwik en pesticiden (bollen)
A: 3 PAK en 0 kwik
- ⑤ **Groote Sloot**
V: metaal en PAK
A: 4 PAK en 2 metaal
- ⑥ **Noord-Hollands Kanaal**
V: onbekend (diverse bronnen)
A: 2 metaal en PAK

Tabel 3.1. Resultaten analyses

Locatiegegevens			Chemisch karakter							Fysisch karakter		Toxiciteit*			
locatie	omschrijving	sublocatie	OORDEEL	Metalen	som PAK	som PCB	som DDT	HCB	OMIVE	bodemtype	selectie	Bacterie	Rotifeer	Kreeftachtige	
1	Polder Grootslag	VA	1	0	0	0	1	0	1	slib	ja	+/-	-	-	
		VB	1	0	0	0	1	0	1	zandig slib					
		SA	2	0	2	0	2	0	2	zandig slib					
		SB	3	0	3	0	1	0	1	slib					
2	Ilperveld	VA	4	4	2	0	1	0	1	veen	ja	-	-	+	
		VB	4	4	2	3	3	0	3	veen	ja	-	-	+	
		SA	0	0	0	0	0	0	0	veen	ja	+/-	+/-	-	
		SB	1	2	0	0	0	0	0	veen	ja	-	-	-	
3	Bergerringvaart	VA+B	3	0	3	0	3	≤ 2	3	matig grof zand	ja	-	-	+/-	
		SA+B	2	2	2	0	≤ 2	0	0	matig grof zand	ja	-	-	-	
4	Doggersvaart	VA	2	0	2	0	1	≤ 1	1	slibbig zand	ja	-	+	+	
		Middenvliet	VB	3	0	3	0	≤ 2	≤ 1	1	fijn zand	ja	-	-	+
		Noorderzand	SA	0	0	0	0	≤ 3	≤ 2	0	matig grof zand				
		Noorderzand	SB	0	0	0	0	≤ 3	≤ 2	0	matig grof zand				
5	Grootte Sloot	VA	2	0	2	0	0	3	3	zandig slib	ja	+/-	-	+/-	
		VB	2	2	2	0	1	0	1	slibbig zand					
		SA	2	1	2	0	0	0	0	zandig slib					
		SB	4	1	4	0	1	0	1	slib	ja	-	-	+/-	
6	N. Hollands kanaal	VA	2	0	2	0	≤ 3	≤ 1	0	fijn zand	ja	-	-	+	
		VB	2	2	2	0	0	0	0	slibbig zand					
		SA	2	2	2	0	1	0	1	zandig slib					
		SB	2	2	2	0	0	0	0	slibbig zand					

* Acute toxiciteit: - = niet toxisch, +/- = matig toxisch, + = ernstig toxisch

V = vies (verondersteld)

S = schoon (verondersteld)

'Selectie' = monsters die geselecteerd zijn voor acute toxiciteitstesten (zie het werkrapport)

Uit de resultaten (zie tabel 3.1.) komt het volgende naar voren:

- Ogenscheinlijk is er geen relatie tussen de chemische verontreinigingsgraad en de resultaten van de acute toxiciteitstesten. Zo is monster VA van de Doggersvaart chemisch relatief schoon (klasse 2), terwijl blootstelling aan het poriewater van deze monsters toch resulteert in ernstige toxiciteit voor raderdieren (Rotiferen) en kreeftachtigen. Andersom is monster SB van de Grootte Sloot chemisch sterk verontreinigd (klasse 4 PAK), maar blijkt het poriewater nauwelijks acuut toxisch (slechts de test met de kreeftachtige vertoont een matige toxiciteit). Dit laatste is overigens min of meer conform de verwachting. Van PAK en ook van PCB en HCB worden geen acute toxiciteitseffecten verwacht; deze verbindingen staan meer bekend om hun doorvergiftigingseffecten (zie STOWA, 1997). In het Ilperveld lijken chemie en acute toxiciteit wel verband met elkaar te hebben; klasse 4 metaalverontreiniging kan een aannemelijke oorzaak zijn voor de waargenomen toxiciteit (zie ook resultaten van bioaccumulatietest).
- Voor de resultaten met als oordeel 'matig toxisch' (+/-) gelden enkele nuanceringen:
 - Op basis van expert judgement kan worden gesteld dat monsters die met slechts een van de drie acute testen een matige toxiciteit vertonen, niet direct als zeer verdacht gelden. Vanuit de STOWA-systematiek voor het bepalen van de saneringsurgentie wordt pas bij een matige toxiciteit met twee testen én indien de oorzaak van het effect aannemelijk is, aanbevolen om de sanering urgent te verklaren op basis van ecologische risico's.

Gebaseerd op het bovenstaande kunnen de monsters VB van polder Het Grootslag en SB van de Groote Sloot niet direct als zeer verdacht gekenschetst worden. Anders ligt dit voor monster SA van het Ilperveld en monster VA van de Groote Sloot, waar met twee testen matige toxiciteit is waargenomen. Het effect in Ilperveld is mogelijk veroorzaakt door sulfide, wat verhoogd was ten opzichte van de andere monsters uit het Ilperveld. Groot Sloot blijft echter verdacht, omdat er geen aannemelijke verklaring voor de gevonden resultaten is (er wordt geen acuut effect verwacht van de klasse 3 HCB verontreiniging)

- Voor de resultaten met als oordeel 'ernstig toxisch' geldt dat in principe alle monsters met een dergelijk oordeel verdacht zijn. Ook hier geldt echter weer dat er wel een aannemelijke oorzaak voor het resultaat moet zijn, wil een monster op basis hiervan als saneringsurgent gekenschetst kunnen worden (zie STOWA, 1997). Gesteld kan worden dat alleen in het Ilperveld een dergelijke relatie aannemelijk lijkt; klasse 4 metaal kan de ernstige toxiciteit verklaren. Om dit vermoeden onomstotelijk te verifiëren, wordt aanbevolen om Toxiciteit Identificatie en Evaluatie (TIE) uit te voeren (zie hoofdstuk 5). In de andere monsters (monster VA en VB in Doggersvaart/Middenvliet en monster VA in het Noord-Hollands kanaal) kan de gevonden ernstige toxiciteit niet in verband worden gebracht met de geanalyseerde chemische verontreinigingen. Ook hier zou TIE onderzoek mogelijk behulpzaam kunnen zijn voor het verder identificeren van de oorzaak voor de gevonden toxiciteit. In de Doggersvaart/Middenvliet zou de oorzaak mogelijk kunnen liggen in andere pesticiden dan die welke onderdeel uitmaken van het standaard chemisch analysepakket voor waterbodems. Voor het Noord-Hollands kanaal hebben we op dit moment nog helemaal geen vermoeden.

Omdat de locatie Ilperveld het beste aansluit bij de vraagstelling van dit onderzoek is besloten op deze locatie aanvullend ecotoxicologisch onderzoek uit te voeren.

3.2. Aanvullend toxicologisch onderzoek in het Ilperveld

Aanvullend op de acute toxiciteitstesten zijn voor de locatie Ilperveld ook chronische toxiciteitstesten met *Daphnia magna* (watervlo) en *Chironomus riparius* (muggenlarve) uitgevoerd. Daarnaast is er voor de geselecteerde monsters (vervuilde en referentielocatie) eveneens een bioaccumulatie-test uitgevoerd, waarmee het risico van doorvergiftiging (bijvoorbeeld veroorzaakt door PCB's) kan worden onderzocht.

De chronische test met *Daphnia magna* op het verontreinigde monster uit het Ilperveld bevestigt de gevonden acute toxiciteit van poriewater voor kreeftachtigen op die locatie. De gevonden toxiciteit, 50% sterfte binnen 3 dagen, duidt ook op acute toxiciteit van het monster (zie tabel 3.2.). De referentielocatie, die veel minder was verontreinigd (zie tabel 3.1), bleek bij de chronische test met de watervlo ook matig toxisch te zijn, want het onverdunde poriewater gaf een significante remming van de reproductie. Aangezien zowel het verontreinigde monster (klasse 4) als het referentiemonster (klasse 2) verontreinigd was met zware metalen, is het mogelijk dat deze stofgroep verantwoordelijk is voor de gevonden chronische toxische stress in beide monsters.

Tabel 3.2. Resultaten chronische bioassays

Ilperveld sublocatie		<i>Daphnia magna</i>		<i>Chironomus riparius</i>		
		reproductie (NOEC)	overleving (NOEC)	larvale ontwik- keling	gewicht L4 larven	overleving
schoon (vak 9)	resultaat:	56 vol.%	100 vol.%	geen effect	geen effect	geen effect
	toxiciteit:	matig	niet	niet	niet	niet
vies (proefslot Noord, vak 2)	resultaat:	56 vol.%	56 vol.%	geen effect	geen effect	geen effect
	toxiciteit:	matig	matig	niet	niet	niet

De chronische test met *Chironomus riparius* was vooral interessant door de klasse 3 DDT verontreiniging (zie tabel 3.1.) in het sediment van de verontreinigde locatie. Tijdens de test bleek dit sediment echter niet toxisch voor de mug (zie tabel 3.2.). Het is echter goed mogelijk dat de biobeschikbaarheid van DDT zeer beperkt is door binding aan het organisch materiaal in dit veenrijke sediment.

Het vermoeden dat zware metalen mogelijk verantwoordelijk zijn voor de acute en de chronische toxiciteit van het vieze IJperveld monster, wordt verder versterkt door de resultaten van de bioaccumulatietest met aquatische oligochaeten (tabel 3.3.). Hieruit blijkt namelijk dat de beschikbaarheid voor een aantal metalen, ten opzichte van de theoretische verwachting (zie werkrapport), verhoogd is en voor lood in het schone monster zelfs sterk verhoogd is. Deze verhoogde beschikbaarheid voor metalen in het relatief schone (klasse 2 voor metalen) monster uit het IJperveld kan er op duiden dat de reproductie-remming van watervlooien wordt veroorzaakt door zware metalen, terwijl de chemische kwaliteit dat niet doet vermoeden.

Tabel 3.3. Resultaat bioaccumulatietest

		IJperveld	
	bij inzetten test	schoon (vak 9)	vies (proefsloot Noord, vak 2)
vetgehalte oligochaeten	14,0%	12,0%	8,4%
biologische beschikbaarheid	n.v.t.		
sterk verhoogd voor:		lood	-
verhoogd voor:		cadmium, chroom, kwik, zink	cadmium, lood
verlaagd voor:		-	chroom, kwik, PCB153
sterk verlaagd voor:		-	zink, som DDT
doorvergiftigingsrisico* voor:	n.v.t.	cadmium (2,0 x), kwik (3,6 x)	cadmium (12,0 x), kwik (2,2 x), PCB 153 (2,1 x)

*: Doorvergiftigingsrisico wil zeggen dat de $MTR_{\text{doorvergiftiging}}$ voor de betreffende stof wordt overschreden. Tussen haakjes staat vermeld met welke factor deze wordt overschreden. Voor meer informatie over $MTR_{\text{doorvergiftiging}}$ wordt verwezen naar het werkrapport en naar STOWA (1997).

In het vieze monster is voor DDT met de bioaccumulatietest juist een verlaagde biobeschikbaarheid gevonden. Dit is een duidelijke aanwijzing waarom er geen toxische effecten op muggenlarven zijn waargenomen na blootstelling aan dit monster, terwijl die op basis van de DDT gehalten wel werden verwacht.

Voor zowel het vieze als het schone monsterpunt bestaat er voor cadmium en kwik een risico op doorvergiftiging en bij het vieze monsterpunt ook nog voor PCB153. Dit betekent dat er voor deze stoffen een risico bestaat dat predatoren, die hoger in de IJperveld voedselketen staan, via het voedsel dermate hoge concentraties in hun lichaam krijgen, dat dit zich uiteindelijk kan uiten in toxische effecten.

Bij het onderzoek aan de stortplaatsen in het IJperveld (Bos et al., 2000), gericht op het gedrag van bagger in een vuilstortplaats, bleek de biobeschikbaarheid van de verontreinigingen in de bagger bij milde uitloging met CaCl_2 laag. Zolang de redox-potentiaal laag genoeg was (dus in

ongerijpte bagger) was de biobeschikbaarheid van verontreinigingen laag. Gewas op de stortplaats, zoals wilg, was in staat om de biobeschikbaarheid sterk te vergroten.

Binnen deze fase van het onderzoek is duidelijk geworden dat er zowel bij de relatief schone als bij de verontreinigde locatie in het laboratorium sprake is van toxische stress van poriewater voor *Daphnia magna*. Deze wordt waarschijnlijk veroorzaakt door metalen, waarvoor een verhoogde beschikbaarheid is gevonden in de bioaccumulatietest. Er is geen toxische stress geconstateerd voor muggenlarven. De gevonden toxische stress betekent dat de waterbodemonverontreiniging een risico is voor waterbodemonorganismen. Waarnemingen in eerder onderzoek dat de waterbodem zeer weinig macrofauna bevat vormen een potentiële aanwijzing, hoewel ook andere factoren (bijvoorbeeld een sterke predatiedruk door brasem) hiervoor verantwoordelijk kunnen zijn. Uit het eerder genoemde monitoringonderzoek blijkt echter dat de waterbodemonverontreiniging niet noodzakelijkerwijs ook een risico voor organismen in de waterkolom betekent (van Dokkum et al, 2000). De overschrijding van enkele MTR's voor doorvergiftiging in het bioaccumulatie-experiment betekent dat de waterbodemonverontreiniging naast risico's voor waterbodemonorganismen ook een risico vormt voor organismen die waterbodemonorganismen eten.

Uit onderzoek in de periode 1998-1999 blijkt dat de gehalten van verontreinigingen in de waterkolom, ten opzichte van de gehalten in de waterbodems gering zijn (van Dokkum et al, 2000). Helder worden van het water gaat samen met een lagere koperconcentratie wat erop wijst dat resuspensie van bodemmateriaal een belangrijke bron van metalen voor de waterkolom is. Zowel in helder als in troebel water in het IJperveld komen o.a. watervlooien en vlokreeften voor. In de periode 1998-1999 zijn in de waterkolom in-situ bioassays met watervlooien en driehoeksmosselen uitgevoerd. Hierin werd geen significante sterfte waargenomen. Of er andere effecten zoals op reproductie en/of filtratiesnelheid optraden is niet bekend.

3.3. Streefbeeldanalyse IJperveld

het IJperveld: huidige situatie en streefbeeld

Het IJperveld is een veenmoeras met erg troebel water door algen en zwevende veendeeltjes. De diepte bedraagt 20 cm tot circa 1,5 meter. Er is sprake van grote hoeveelheden dunne bagger die deels vervuild is. De bodem is sterk gereduceerd. De visstand is verbrasemd en groeit slecht, wat duidt op weinig zoöplankton en macrofauna. Er zijn geen/ nauwelijks ondergedoken waterplanten. Op de oevers staat tot 1 meter emergente vegetatie bestaande uit onder andere Lisdodde, Riet en Heen. De macrofauna is soortenarm; er zijn geen slakken door gebrek aan vegetatie en nauwelijks oligochaeten (houden niet van veen).

Voor dit gebied wordt een ontwikkeling in de richting van helder en plantenrijk water met een soortenrijke macrofauna- en visgemeenschap voorgestaan. In het Plan Watersnip is door het Noord-Hollands Landschap al aangetoond dat door een slimme herinrichting aantrekkelijke ecologische ontwikkelingen (in de richting van het streefbeeld) haalbaar zijn. Deze potenties worden ook geïllustreerd door het proefproject van Uitwaterende Sluizen in de met het IJperveld vergelijkbare polder Wormer, Jisp en Nek, waar door baggeren en visstandbeheer deze situatie gedurende 5 jaar gerealiseerd is, waarna weer een omslag naar troebel en plantenloos water optrad.

gevoeligheden van huidige situatie en streefbeeld

Uit een vergelijking van toxiciteitsgegevens van fytoplankton en waterplanten lijkt fytoplankton gevoeliger voor verontreiniging met metalen dan de gewenste waterplanten (studie voor het Westzanerveld door AquaSense, 1999). Waterplanten worden echter wel directer beïnvloed door verontreinigingen uit de waterbodem dan algen. Het is niet bekend in welke mate de waterkwaliteit op de geselecteerde locatie wordt beïnvloed door de verontreinigingen in de waterbodem, maar bij diverse studies (Stevens, 1999; van Dokkum et al., 2000) bleek de beschikbaarheid van de verontreinigingen in de waterkolom niet erg groot. Voor de overige kenmerkende soorten voor de

huidige situatie en het streefbeeld voor het IJperveld zijn er op basis van de beperkte toxiciteitsgegevens geen duidelijke verschillen in gevoeligheid te ontdekken.

Een bij TNO uitgevoerde studie naar de groei van waterplanten op verontreinigd sediment uit het IJperveld (Stevens, 1999) indiceert dat de aanwezigheid van de verontreinigingen hiervoor niet belemmerend is. Het effect op de kieming van waterplanten is echter niet onderzocht, en hiervoor zijn ook geen duidelijke gegevens gevonden in de toxicologische gegevensbestanden.

Uit diverse rapporten (Oranjewoud, 1995; Veenstra, 1995; Verdonschot et al., 1997; Hovenkamp-Obbema, 2000) blijkt dat in ieder geval de aanwezigheid van de grote hoeveelheden dunne bagger een belangrijke belemmering is voor een ecologische ontwikkeling in de richting van het streefbeeld. Losse bagger is niet bevorderlijk voor de kieming van waterplanten doordat het niet compact genoeg is en omdat de lichtinval erdoor wordt belemmerd. Daarnaast kan vooral brasem, een van de in de huidige situatie voorkomende vissoorten, door bodemwoelen het lichtklimaat negatief beïnvloeden. Het lichtklimaat zal sterk verbeteren als brasem wordt weggevisd, zodat waterplanten beter tot ontwikkeling kunnen komen. Om een optimaal habitat te verkrijgen voor vissen dienen er binnen het watersysteem stukken te zijn die dieper zijn dan 80 cm.

4. DISCUSSIE EN CONCLUSIES FASE 1

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste bevindingen uit het onderzoek puntsgewijs weergegeven.

4.1. Evaluatie van vraag 1: vormen waterbodemonverontreinigingen in de bestaande situaties een gevaar?

- De resultaten met de bioassays duiden er op dat in de huidige situatie in een aantal gevallen sprake is van toxische stress (en dus van een gevaar van de waterbodemonverontreiniging). Daarbij wordt echter aangetekend dat de TRIADE-benadering niet volledig is gevolgd. Veldinventarisaties moeten uitgevoerd worden om de veronderstelde risico's beter te kunnen inschatten.
- Met uitzondering van het Ilperveld lijkt er op de onderzochte locaties uit het beheersgebied van Uitwaterende Sluizen geen relatie te bestaan tussen verontreinigingsgraad (chemisch) en waargenomen acute toxiciteit. Dit komt overeen met eerdere waarnemingen en geldt vooral voor verontreiniging met PAK, PCB en HCB, waar de gevaren zich eerder bij doorgifte in de voedselketen kunnen manifesteren. In z'n algemeenheid kan op basis van de huidige inzichten gesteld worden dat chemische classificatie slechts moet worden gezien als een eerste indicatie voor ecologische risico's. Verder onderzoek is in de meeste gevallen nodig om inzicht te krijgen in de daadwerkelijke risico's.
- Voor het Ilperveld, waar ook chronische toxiciteitstesten zijn uitgevoerd, is er zowel bij de relatief schone als bij de verontreinigde locatie in het laboratorium sprake van toxische stress van poriewater voor *Daphnia magna*. Deze wordt bij die locatie waarschijnlijk veroorzaakt door metalen, waarvoor een verhoogde beschikbaarheid is gevonden in een bioaccumulatietest. Er is geen toxische stress geconstateerd voor muggenlarven.

4.2. Evaluatie van de globale verkenning van vraag 2: staat de waterbodemonverontreiniging het bereiken van de gewenste situatie in de weg?

- Voor de kenmerkende soorten voor de huidige situatie en het streefbeeld voor het Ilperveld zijn er op basis van de beperkte toxiciteitsgegevens geen duidelijke verschillen in gevoeligheid te ontdekken. Dit betekent dat we de onderzoeksvraag op basis van deze resultaten niet kunnen beantwoorden.
- Duidelijk is dat de bagger zelf, en de troebelheid van het water de ontwikkeling van het streefbeeld in ieder geval belemmert, getuige de resultaten van diverse onderzoeken in Wormer, Jisp en Nek (Hovenkamp-Obbema, 2000). Er lijken goede mogelijkheden te bestaan om met behulp van actief biologisch beheer, eventueel aangevuld met specifieke andere maatregelen, helder water te bewerkstelligen waarin waterplanten zich kunnen ontwikkelen. De waterplanten vormen de basis voor een verdere ontwikkeling in de richting van het streefbeeld. Welk voedselweb zich op deze basis verder zal ontwikkelen, of deze verdere ontwikkeling belemmerd wordt door waterbodemonverontreiniging en welke doorgiftroutes eventueel belangrijk zijn, dient in fase 2 onderzocht te worden.

5. VOORSTEL FASE 2

Zoals aangegeven (zie hoofdstuk 1 van dit rapport) bestaat het doel van fase twee uit het beantwoorden van onderzoeksvraag 2 en 3:

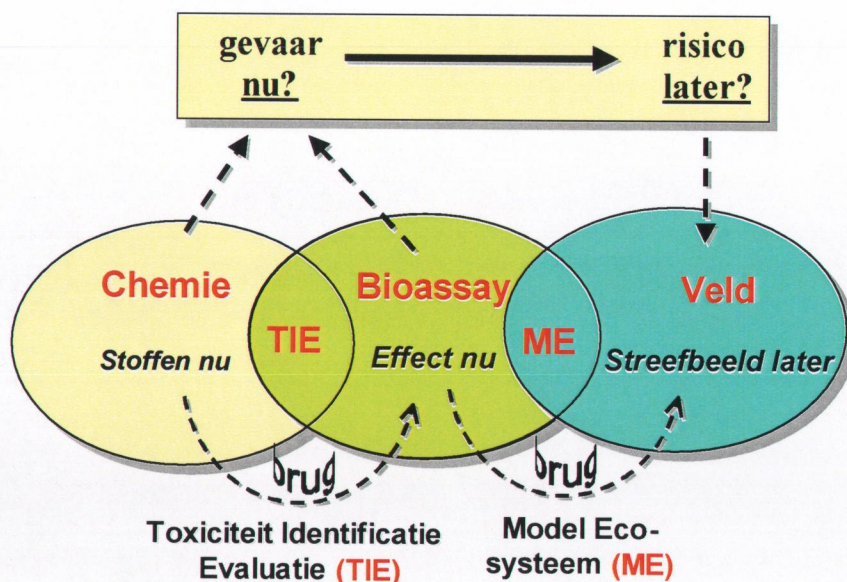
- 2) staat de waterbodemonverontreiniging het bereiken van de gewenste situatie in de weg?
- 3) vormen waterbodemonverontreinigingen in de gewenste situatie een gevaar?

Onderzoeksvraag 2 is vooral praktisch/beheersmatig van aard. Kan de streefsituatie wel gehaald worden als de waterbodemonverontreiniging blijft liggen? Het probleem hierbij is dat de eventuele invloed van waterbodemonverontreiniging gescheiden moet worden van de invloed van diverse andere factoren die het bereiken van het streefbeeld in de weg kunnen staan, zoals de eutrofiëeringsgraad, de waterdiepte, bodemwoelende vissen, zwevende stof, de fysieke waterbodemstructuur etc. Een combinatie van veldonderzoek op proeflocaties en onderzoek met modelecosystemen op lab-schaal moet voorkomen dat we van alles zien gebeuren, maar vervolgens niet begrijpen waarom dit gebeurt.

Onderzoeksvraag 3 is ecotoxicologisch van aard en komt voort uit het risico-denken. Als ik de waterbodemonverontreiniging laat liggen, is de streefsituatie dan gevaarlijker dan de huidige situatie? De situatie zal in ieder geval anders zijn, omdat een door waterplanten gedomineerd voedselweb gekenmerkt wordt door andere routes waarlangs verontreinigingen zich kunnen verspreiden. Meten is weten is hier het credo; ga meten in de streefsituatie en vergelijk dit met de huidige situatie. Deze vraag kan beantwoord worden in het kielzog van het onderzoek dat nodig is voor het beantwoorden van vraag 1.

Voor fase 2 stellen een combinatie van praktisch/pragmatisch en meer fundamenteel getint onderzoek voor, zoals schematisch weergegeven in afbeelding 5.1.

Afbeelding 5.1. Schematische weergave van het fase 2 onderzoek



De combinatie bestaat uit twee onderdelen:

- een praktisch/pragmatisch getint onderzoek in proeflocaties in het veld (VELD);
- een onderzoek met modelecosystemen (ME).

onderzoek op proeflocaties in het veld

Het onderzoek op proeflocaties speelt zich af in het meest rechter vak (Veld) van figuur 5.1. Hier wil je uiteindelijk (later) je streefbeeld realiseren. Vanuit de gedachte "leren door doen", wordt voorgesteld om in het veld een aantal proeflocaties in te richten. Deze locaties bestaan bijvoorbeeld uit geïsoleerde trajecten van sloten, petgaten of andere watergangen. De volgende combinaties worden ingezet:

kwaliteit waterbodemb	behandeling	
	huidige situatie (niks doen)	inrichten cf. streefsituatie
SCHOON	X	X
VIES	X	X

In twee trajecten, een schone en een verontreinigde, wordt niets gedaan (blanco's). In twee andere trajecten (een schone en een verontreinigde) wordt een ontwikkeling in de richting van het streefbeeld in gang gezet, door toepassing van actief biologisch beheer (zie de gunstige resultaten in het Wormer-Jisperveld, Hovenkamp-Obbema, 2000) en eventuele andere maatregelen (bijvoorbeeld het enten van waterplanten). Vervolgens worden de ecologische en ecotoxicologische ontwikkelingen op de locaties nauwkeurig gevolgd middels een programma van begeleidend onderzoek (monitoring ontwikkeling ecosysteem, monitoring toxische stress middels bioassays, bioaccumulatiemetingen e.d.).

Teneinde zeker te zijn dat verschillen tussen de schone en verontreinigde locaties het gevolg zijn van waterbodemonverontreinigingen is het nodig aanvullend gebruik te maken van modelecosystemen.

onderzoek met modelecosystemen

Parallel aan het hierboven beschreven pragmatische onderzoek wordt voorgesteld om meer fundamenteel getint onderzoek uit te voeren, waarbij als belangrijkste techniek gebruik wordt gemaakt van model-ecosystemen. Hiermee is reeds veel ervaring opgedaan bij TNO in Den Helder. Modellecosystemen vormen de brug tot inzicht in de relatie tussen het met bioassays waargenomen *gevaar* (toxisch effect) in de *huidige* situatie, en het daadwerkelijke *risico* van dit gevaar in de *latere* veldsituatie (streefbeeld). Modellecosystemen zijn grote bakken waarin schoon sediment en schoon water van de veldproeflocatie worden gebracht en welke zo goed mogelijk conform het streefbeeld worden ingericht met waterplanten, macrofauna en eventueel vissen. Het sediment wordt kunstmatig verontreinigd met de middels TIE geïdentificeerde 'gevaarlijke' verontreiniging, zodanig dat er bakken variërend van klasse 0 tot klasse 4+ worden verkregen. Vervolgens worden de ontwikkelingen nauwgezet gevolgd en worden regelmatig bioassays uitgevoerd en analyses verricht aan waterplanten en fauna. Omdat de systemen uniform zijn ingericht, en de aangebrachte waterbodemonverontreiniging de enige variabele is, kunnen eventuele verschillen in ecologische ontwikkeling of effecten op de biota dus direct worden toegeschreven aan de mate van deze verontreiniging.

De combinatie van proeflocaties in het veld en modelecosystemen moet antwoord geven op onderzoeksvraag 2 en 3. Ook denken we dat het mogelijk moet zijn om op basis van het combinatie-onderzoek een relatief eenvoudig instrument te ontwikkelen, waarmee waterbeheerders ecologische risico's en ecologische 'gebruiksmogelijkheden' van verontreinigde waterbodems kunnen inschatten.

De situatie en de beleidsmatige ontwikkelingen in het IJperveld bieden een goede gelegenheid voor het uitvoeren van bovenstaand onderzoek. In principe kan het onderzoek echter ook op andere locaties uitgevoerd worden.

6. LITERATUUR

Bos, S.; J.J.H. van den Akker; L.M.M. Bakker; H.P. van Dokkum; F Enninga; R. Kampf; B. Kruijsen; E. Labee en G.C. Stefess, 2000.

Ecologische risicoreductie van stortplaatsen door isolatie met gebiedseigen verontreinigd baggerslib, Eindrapport Proefproject 'Vuilstorten en baggerspecie'.
Deventer / Gouda:TAUW / NOBIS. NOBIS-project 97-1-21:1-56.

AquaSense, 1999

Ecologische risico's van waterbodemonverontreiniging bij brakke natuurontwikkeling in de Polder Westzaan. Fase 1: waterplanten en algen.

In opdracht van: Provincie Noord-Holland, Afdeling Milieubeheer en Bodemsanering. Rapportnummer 1464a., Amsterdam

van Dokkum, H.P. van; R. Kampf, en B. Kruijsen, 2000

Monitoring proefsloten Ilperveld 1998-1999.

Den Helder: TNO-MEP. samenvatting van TNO rapporten R99/250 en R00/122:1-7

Durand-Huizing, A.M., Klinge, M. en , J.M. Brils, 2000

Effecten van vervuilde waterbodems op vigerende streefbeeld voor sloten en boezemwateren, fase 1: Triade.

Werkrapport Witteveen+Bos en TNO voor Uitwaterende Sluizen,

Hovenkamp-Obbema, I.R.M., 2000

Effect van baggeren en visstandbeheer op de ecologische kwaliteit in veenweide sloten. Polder Wormer, Jisp en Nek.

Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier, Edam

Oranjewoud, 1995

Integraal onderzoek naar mogelijkheden voor natuurbeheer en natuurontwikkeling in het Ilperveld.

In opdracht van Stichting het Noordhollands Landschap, Projectnr. 24774, Almere

Ritsema, H. , 2000.

Proefproject vuilstorten en bagger Ilperveld, Eindevaluatie.

Haarlem: Afvalzorg Deponie BV, 37 p.

Stevens, E., 1999.

Een onderzoek naar de oorzaak van het geringe voorkomen van hogere waterplanten in het Ilperveld.

Den Helder:TNO - MEP, stagerapport. 1-119, 1999

STOWA, 1997.

Ecotoxicologische risicobeoordeling van verontreinigde waterbodems.

Stichting voor Toegepast Onderzoek Waterbeheer rapport nr. 97-42. RIZA nota nr. 97.085. ISBN 90.5773.013.8.

Veenstra, S.O., 1995

Knelpuntenanalyse aquatisch ecosysteem Ilperveld. Een inventarisatie van de toestand van het aquatisch ecosysteem in het Ilperveld, en mogelijkheden voor herstel en ontwikkeling.

Stageverslag, Stichting Het Noordhollands Landschap, Castricum

Verdonschot, P.; E.T.H.M. Peeters; J. Schot, G. Arts, J.W.H. van der Straten, M. van den Hoorn, 1997 Waternatuur in de regionale blauwe ruimte. Gemeenschapstypen in regionale oppervlaktewateren Achtergronddocument 2a.IKC Natuurbeheer, Wageningen.