

SV-027

## Verificatie van de risico's van bodem- verontreinigingen in de Krimpenerwaard

Integraal eindrapport

Eindrapport fase 1, 2 en 3

*Samenstelling en redactie:*

Jaap Tuinstra (Royal Haskoning)

Alice Straetmans (Royal Haskoning)

Simon Moolenaar (Nutriënten Management Instituut)

*Auteurs:*

Nico van den Brink (Alterra)

Léon Brouwer (Royal Haskoning)

Freddy van der Brugge (Van der Brugge Communicatie Advies)

Jack Faber (Alterra)

Bert-Jan Groenenberg (Alterra)

Henriëtte Keijzer (Royal Haskoning)

Joost van der Pol (Alterra)

juli 2004

Gouda, SKB

### **Auteursrechten**

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze opgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van SKB.

Het is toegestaan overeenkomstig artikel 15a Auteurswet 1912 gegevens uit deze uitgave te citeren in artikelen, scripties en boeken mits de bron op duidelijke wijze wordt vermeld, alsmede de aanduiding van de maker, indien deze in de bron voorkomt, "©"Verificatie van de risico's van bodemverontreinigingen in de Krimpenerwaard - Integraal eindrapport", juli 2004, SKB, Gouda."

### **Aansprakelijkheid**

SKB en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben een zo groot mogelijke zorgvuldigheid betracht bij het samenstellen van deze uitgave. Nochtans moet de mogelijkheid niet worden uitgesloten dat er toch fouten en onvolledigheden in deze uitgave voorkomen. Ieder gebruik van deze uitgave en gegevens daaruit is geheel voor eigen risico van de gebruiker en SKB sluit, mede ten behoeve van al degenen die aan deze uitgave hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van deze uitgave en de daarin opgenomen gegevens, tenzij de schade mocht voortvloeien uit opzet of grove schuld zijdens SKB en/of degenen die aan deze uitgave hebben meegewerkt.

### **Copyrights**

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording and/or otherwise, without the prior written permission of SKB.

It is allowed, in accordance with article 15a Netherlands Copyright Act 1912, to quote data from this publication in order to be used in articles, essays and books, unless the source of the quotation, and, insofar as this has been published, the name of the author, are clearly mentioned, "©"Verification of risks of soil contaminations in the Krimpenerwaard - integrated final report", July 2004, SKB, Gouda, The Netherlands."

### **Liability**

SKB and all contributors to this publication have taken every possible care by the preparation of this publication. However, it can not be guaranteed that this publication is complete and/or free of faults. The use of this publication and data from this publication is entirely for the user's own risk and SKB hereby excludes any and all liability for any and all damage which may result from the use of this publication or data from this publication, except insofar as this damage is a result of intentional fault or gross negligence of SKB and/or the contributors.

**Titel rapport**

Verificatie van de risico's van bodemverontreinigingen  
in de Krimpenerwaard

Integraal eindrapport

**SKB rapportnummer**

SV-027

**Project rapportnummer**

SV-027

---

**Auteur(s)***Samenstelling en redactie:*

Jaap Tuinstra (Royal Haskoning)  
Alice Straetmans (Royal Haskoning)  
Simon Moolenaar (Nutriënten Management Instituut)

*Auteurs:*

Nico van den Brink (Alterra)  
Léon Brouwer (Royal Haskoning)  
Freddy van der Brugge (Van der Brugge Communicatie Advies)  
Jack Faber (Alterra)  
Bert-Jan Groenenberg (Alterra)  
Henriëtte Keijzer (Royal Haskoning)  
Joost van der Pol (Alterra)

**Aantal bladzijden**

rapport: 50

**Aantal**

bijlagen: 9

---

**Uitvoerende organisatie(s) (Consortium)**

Royal Haskoning, Alterra, Wageningen Universiteit, Van der Brugge Communicatie Advies

---

**Uitgever**

SKB, Gouda

---

**Samenvatting**

Het onderzoek 'Verificatie van de risico's van bodemverontreinigingen in de Krimpenerwaard', ook 'het verificatieonderzoek' genoemd, is een onderzoek naar de milieuhygiënische risico's van verontreinigde locaties (slootdempingen), alsmede naar de effectiviteit en duurzaamheid van de voorgenomen maatregelen in het Bodembeheerplan Krimpenerwaard. Het onderzoek is gestart in het voorjaar van 2000 en werd onderverdeeld in drie deelonderzoeken: effecten van de bodemverontreiniging op de aspecten *landbouw*, *ecologie* en *verspreiding*. Dit rapport is het integraal eindrapport, waarin de resultaten van de uitgevoerde deelonderzoeken worden samengevat en geïntegreerd en een advies wordt gegeven voor het bodembeheer in de Krimpenerwaard. Door na het uitvoeren van saneringsmaatregelen de gevolgen te monitoren zal verder inzicht verkregen worden in de effectiviteit en duurzaamheid van de maatregelen. De resultaten van het verificatieonderzoek geven richting aan deze monitoring.

---

**Trefwoorden****Gecontroleerde termen**

bodemverontreiniging, effecten, organische verbindingen, veenweide, zware metalen

**Vrije trefwoorden**

afdeklaag, criteria, ecologische risico-beoordeling, functiespecifiek, gebiedsbiedsgericht landbouw, grutto, monitoring, opschaling, slootdempingen, verspreiding, warenwet

---

**Titel project**

Verificatie van de risico's van bodemverontreinigingen  
in de Krimpenerwaard

**Projectleiding**

J. Tuinstra  
(Royal Haskoning 020 5697791)

---

Dit rapport is verkrijgbaar bij:

SKB, Postbus 420, 2800 AK Gouda

**Report title**  
Verification of risks of soil contaminations  
in the Krimpenerwaard

**SKB report number**  
SV-027

Integrated final report

**Project report number**  
SV-027

---

**Author(s)**

*Samenstelling en redactie:*  
Jaap Tuinstra (Royal Haskoning)  
Alice Straetmans (Royal Haskoning)  
Simon Moolenaar (Nutriënten Management Instituut)

**Number of pages**

**Report: 50**

**Number of**

**appendices: 9**

*Auteurs:*

Nico van den Brink (Alterra)  
Léon Brouwer (Royal Haskoning)  
Freddy van der Brugge (Van der Brugge Communicatie Advies)  
Jack Faber (Alterra)  
Bert-Jan Groenenberg (Alterra)  
Henriëtte Keijzer (Royal Haskoning)  
Joost van der Pol (Alterra)

---

**Executive organisation(s) (Consortium)**

Royal Haskoning, Alterra, Wageningen Universiteit, Van der Brugge Communicatie Advies

---

**Publisher**

SKB, Gouda

---

**Abstract**

The 'Verification of the risks of soil contamination in the Krimpenerwaard', also known as 'the verification study', was a study into the environmental hygiene threats caused by contaminated sites (ditch dams) and the effectiveness and sustainability of the intended measures specified in the Krimpenerwaard soil management plan. The research started in the spring of 2000 and was divided into three sub-studies - effects of soil contamination on the following aspects: *agriculture, ecology and spreading*. This report is the integrated final report in which the results of the sub-studies are summarised and integrated and recommendations are given in relation to soil management in the Krimpenerwaard. Monitoring the consequences after implementation of remediation measures will provide further insight into the effectiveness and sustainability of the measures. The results of the verification study will provide a focus for this monitoring.

---

**Keywords**

**Controlled terms**

effects, heavy metals, organic compounds,  
peat meadow, soil contamination

**Uncontrolled terms**

black-tailed godwit, consumer goods act,  
covering layer, criteria, ditch dams,  
function-specific, monitoring,  
region-oriented, scaling up, spreading

---

**Project title**

Verification of risks of soil contaminations  
in the Krimpenerwaard

**Projectmanagement**

J. Tuinstra  
(Royal Haskoning 020 5697791)

---

This report can be obtained by: SKB, PO Box 420, 2800 AK Gouda, The Netherlands  
Netherlands Centre for Soil Quality Management and Knowledge Transfer (SKB)

## VOORWOORD

Het onderzoek 'Verificatie van de risico's van bodemverontreinigingen in de Krimpenerwaard', ook 'het verificatieonderzoek' genoemd, is een onderzoek om de milieuhygiënische risico's van verontreinigde locaties (slootdempingen) te bepalen, alsmede de effectiviteit, veiligheid en duurzaamheid van de voorgenomen maatregelen in het Bodembeheerplan Krimpenerwaard. Het onderzoek is gestart in het voorjaar van 2000. Dit rapport is het integraal eindrapport, met daarin een samenvatting van de resultaten van de uitgevoerde onderzoeken en een advies voor het bodembeheer in de Krimpenerwaard.

Het verificatieonderzoek is uitgevoerd in opdracht van de Stichting Kennisontwikkeling en Kennisoverdracht Bodem (SKB) en de Stichting Bodembeheer Krimpenerwaard (SBK). De uitvoering is in handen van het onderzoeksinstituut Alterra, Wageningen Universiteit en het adviesbureau Royal Haskoning. De penvoerder is Royal Haskoning, deels gezamenlijk met het Nutriënten Management Instituut (NMI). De communicatie die hoort bij het onderzoek is uitgevoerd door Van der Brugge Communicatie Advies.

De volgende rapporten liggen ten grondslag aan het voorliggende integrale rapport (*alleen de eindrapportages worden genoemd; een overzicht van de rapporten is opgenomen in bijlage A*):

voor het deelonderzoek *landbouw*:

- Groenenberg, J.E., J.C.L. Meeussen en J. Japenga, 2003. Verificatieonderzoek landbouw Krimpenerwaard. Eindrapportage. SKB projectnr. SKB SV-027. CUR/SKB, Gouda.

voor het deelonderzoek *verspreiding*:

- Keijzer, H. en L. Brouwer, 2002. Verificatieonderzoek verspreiding Krimpenerwaard. Eindrapport. SKB projectnr. SV-027. CUR/SKB, Gouda.

voor het deelonderzoek *ecologie*:

- Faber, J.H., J.J.C. van der Pol en N.W. van den Brink, 2003. Verificatieonderzoek ecologie Krimpenerwaard. Eindrapportage. CUR/SKB (Gouda); Alterra (Wageningen).

Naast de uitvoerende organisaties zijn ook diverse instellingen bij het onderzoek betrokken via aparte begeleidingsgroepen per deelproject. De deskundigen in deze begeleidingsgroepen hebben de uitvoerende onderzoekers met raad en daad bijgestaan en in de overleggen zijn de onderzoeksresultaten besproken. Op deze manier is gegarandeerd dat zo goed mogelijk gebruik wordt gemaakt van de kennis die 'in het land' aanwezig is. De samenstelling van deze begeleidingsgroepen is als bijlage C bij dit rapport gevoegd.

Een onafhankelijke toetsingscommissie, ingesteld door de SKB, heeft de eindproducten getoetst op wetenschappelijke deugdelijkheid en aansluiting op de doelstellingen.

De eindrapportages van de deelonderzoeken, de diverse communicatieproducten, dit integraal eindrapport (*inclusief een advies voor het bodembeheer*) en het commentaar van de toetsingscommissie vormen samen het eindproduct van het verificatieonderzoek.

juli 2004

## INHOUD

		SAMENVATTING.....	VI
		SUMMARY.....	XVI
Hoofdstuk	1	INLEIDING .....	1
Hoofdstuk	2	DE SLOOTDEMPINGEN.....	3
	2.1	Aard en indeling in categorieën.....	3
	2.2	Verontreinigingssituatie: analysegegevens .....	3
Hoofdstuk	3	ONDERZOEKSAANPAK.....	5
	3.1	De verschillende onderzoeksfasen .....	5
	3.2	Toelichting op de onderzoeksfasen .....	5
	3.3	Selectie van dempingen.....	6
	3.4	Toelichting op de term 'risico's' .....	7
	3.5	Communicatie .....	8
Hoofdstuk	4	DEELONDERZOEK <i>LANDBOUW</i> .....	9
	4.1	Inleiding.....	9
	4.2	Vaststellen landbouwkundige risico's.....	9
	4.2.1	Onderzoeksaanpak.....	9
	4.2.2	Resultaten.....	10
	4.3	Vaststellen veilige dikte afdeklag .....	11
	4.3.1	Onderzoeksaanpak .....	11
	4.3.2	Resultaten.....	12
	4.4	Conclusies en aanbevelingen Verificatieonderzoek Landbouw ...	14
Hoofdstuk	5	DEELONDERZOEK <i>ECOLOGIE</i> .....	16
	5.1	Inleiding.....	16
	5.2	Onderzoeksaanpak .....	16
	5.3	Beoordelingssystematiek .....	18
	5.3.1	Ontwikkeling.....	18
	5.3.2	Inhoud van de beoordelingssystematiek .....	18
	5.4	Resultaten fase 2: effecten in de deklagen .....	20
	5.5	Resultaten fase 3: weidevogels .....	21
	5.6	Opschaling .....	23
	5.7	Conclusies Verificatieonderzoek Ecologie .....	24
Hoofdstuk	6	DEELONDERZOEK <i>VERSPREIDING</i> .....	27
	6.1	Inleiding.....	27
	6.2	Onderzoeksaanpak .....	27
	6.3	Resultaten.....	30
	6.4	Conclusies Verificatieonderzoek Verspreiding .....	34
Hoofdstuk	7	SAMENVOEGING RESULTATEN LANDBOUW EN ECOLOGIE .....	36
	7.1	Bioturbatie.....	36
	7.2	Gewasopname.....	36
	7.3	Verontreinigingen en EROD-activiteit .....	37

Hoofdstuk	8	BEPERKINGEN EN ONZEKERHEDEN.....	38
Hoofdstuk	9	SAMENVATTING CONCLUSIES VERIFICATIEONDERZOEK .....	40
	9.1	Conclusies verificatieonderzoek.....	40
	9.2	Resterende vragen voor onderzoek.....	41
Hoofdstuk	10	ADVIES BODEMBEHEER .....	42
	10.1	Inleiding.....	42
	10.2	Advies .....	42
	10.3	Inpassing in beleid .....	44
Hoofdstuk	11	AANZET MONITORING .....	46
Hoofdstuk	12	AANBEVELINGEN .....	47
		LITERATUUR .....	48
Bijlage	A	OVERZICHT VAN (DEEL)RAPPORTEN	
Bijlage	B	COMMUNICATIE	
Bijlage	C	ORGANISATIESCHEMA EN LEDEN DIVERSE OVERLEGORGANEN	
Bijlage	D	PCB IN DEKLAGEN (BIJLAGE DEELONDERZOEK LANDBOUW)	
Bijlage	E	RELATIES TUSSEN PCB-CONCENTRATIES EN EROD-ACTIVITEITEN IN DEMPINGMATERIAAL	
Bijlage	F	VERSLAG CRITERIA OVERLEG ECOLOGIE 19-11-'03	
Bijlage	G	EERSTE UITWERKING MONITORING VERSPREIDING	
Bijlage	H	SAMENVATTING VAN ANALYSEGEGEVENS UIT VOORONDERZOEK	
Bijlage	I	BASISGEGEVENS GESELECTEERDE DEMPINGEN	

#### KAARTEN:

Kaart 1. Drooglegging

Kaart 2. Geologie

Kaart 3. Overzicht dempingen deelonderzoeken landbouw en ecologie: A-dempingen

Kaart 4. Overzicht dempingen deelonderzoeken landbouw en ecologie: B-dempingen

Kaart 5. Overzicht dempingen deelonderzoek verspreiding

Kaart 6a tot en met Kaart 6d. Ligging dempingen ten opzichte van geulafzettingen

## SAMENVATTING

### Verificatie van de risico's van bodemverontreinigingen in de Krimpenerwaard

#### Probleembeschrijving

De Krimpenerwaard is een groot veenweidegebied (ca. 12.000 ha) in het Zuid-Hollandse deel van het Groene Hart. In het verleden zijn hier duizenden sloten (ca. 5.000) gedempt met deels bodemverontreinigende materialen. Onduidelijkheid over de schadelijke gevolgen van deze locaties voor het milieu en de landbouw heeft een terughoudende opstelling van grondeigenaren bij de ruil of aankoop van percelen grond teweeggebracht. Hierdoor stagneren de landinrichtingsplannen en daarmee de ontwikkelingen voor de groene functies: landbouw, natuur en recreatie. Daarom hebben dertien betrokken partijen<sup>1</sup> een integrale aanpak voor landinrichting en het oplossen van de bodemverontreiniging ontworpen. Deze aanpak is opgetekend in een gebiedsgericht Bodembeheerplan dat in 1998 in werking is getreden (provincie Zuid-Holland e.a., [1998]). Voor de uitvoering van dit Bodembeheerplan is de onafhankelijke Stichting Bodembeheer Krimpenerwaard (SBK) opgericht.

Het Bodembeheerplan geeft een milieuhygiënisch verantwoorde oplossing voor de bodemverontreiniging en ondersteunt de landinrichting. De oplossing is gebaseerd op het uitgangspunt dat de bodemverontreiniging functiegericht wordt gesaneerd, waarbij de bodemverontreiniging geen beperking mag vormen voor de beoogde functies (landbouw, natuur en recreatie) in het gebied.

In het Bodembeheerplan zijn diverse aannamen gedaan met betrekking tot de fysische en chemische samenstelling van het dempingmateriaal, de afdeklaag en de mogelijke aanwezigheid van risico's voor verspreiding van verontreinigingen, risico's voor de landbouw en ecologische risico's.

Het verificatieonderzoek heeft tot doel:

1. het verifiëren van de juistheid van de aannamen zoals geformuleerd in het Bodembeheerplan ten aanzien van het optreden van nadelige effecten (landbouwkundig, ecologisch en verspreiding) en
2. het verifiëren van de effectiviteit en duurzaamheid van het in het Bodembeheerplan voorgestelde maatregelenpakket.

#### Onderzoeksopzet: algemeen

Het verificatieonderzoek heeft zich toegespitst op de dempingen met verdacht dempingmateriaal. De verdachte dempingmaterialen zijn ingedeeld in de volgende categorieën: bouw- en sloopafval, shredder, lompen, huishoudelijk afval, industrieel- en bedrijfsafval en scheepsafval. Daarnaast is bagger als een mogelijk verdachte categorie aangemerkt. Vanwege het kleine aantal dempingen met industrieel, bedrijfs- en scheepsafval zijn deze categorieën in het onderzoek samengenomen.

Het verificatieonderzoek is opgedeeld in de deelonderzoeken *landbouw*, *ecologie* en *verspreiding*.

---

<sup>1</sup> De dertien partijen betrokken bij het Bodembeheerplan Krimpenerwaard en de Stichting Bodembeheer Krimpenerwaard zijn: provincie Zuid-Holland, de Ministeries van VROM-DGM en LNV, de Landinrichtingscommissies Krimpenerwaard en Krimpen, Hoogheemraadschap van de Krimpenerwaard, Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden, Stichting Zuid-Hollands Landschap, Westelijke Land- en Tuinbouworganisatie en de gemeenten Vlist, Nederlek, Schoonhoven, Ouderkerk en Bergambacht

In de deelonderzoeken *landbouw* en *ecologie* zijn de volgende aannamen uit het Bodembeheerplan geverifieerd:

- dempingen uit een milieuhygiënisch verdachte dempingcategorie en een onvoldoende dikke afdeklaag vormen een landbouwkundig en ecologisch risico;
- voor dempingen met een schone afdeklaag van 30 cm worden de landbouwkundige en ecologische risico's voldoende weggenomen.

In het deelonderzoek *verspreiding* betreft het de volgende aannamen:

Verspreiding naar oppervlaktewater

- Verspreiding naar grondwater vindt altijd plaats bij verdacht dempingmateriaal; dit leidt tot overschrijdingen van de Interventiewaarde in het grondwater en kan leiden tot overschrijdingen van kwaliteitseisen in het oppervlaktewater aan de kopse kanten van de gedempte slo-ten.

Verspreiding naar (diep) grondwater

- Horizontale en verticale verspreiding naar grondwater vindt altijd plaats bij verdacht materi-aal. Dit leidt tot overschrijding van de interventiewaarde in het (freatisch) grondwater, maar dit leidt niet tot overschrijdingen in het eerste watervoerend pakket, tenzij er sprake is van dem-pingen met verdacht dempingmateriaal op gefundeerde zandbanen en donken in een infiltra-tiesituatie.

De aanname uit het bodembeheerplan dat verspreidingsrisico's bij onverdacht materiaal niet be-staan, is op grond van kosten/batenoverwegingen niet apart geverifieerd. Het werd zinvoller ge-acht het onderzoeksbudget te besteden aan de dempingen met verdacht dempingmateriaal.

### *Communicatie*

Gezien de complexiteit, gevoeligheid en duur van het verificatieonderzoek en de vele verschillen-de partijen (doelgroepen) die bij het project betrokken zijn, heeft communicatie in het gehele tra-ject van onderzoek en afstemming een belangrijke rol gespeeld. In grote lijnen ligt de nadruk van de gekozen communicatiestrategie op open communiceren in tweerichtingsverkeer, draagvlak creëren en kennisverspreiding. Hiervoor zijn twee sporen gevolgd, namelijk de communicatie met de betrokkenen in de Krimpenerwaard en de communicatie met de samenleving (*voorbeeldwer-king*). Tijdens het communicatietraject zijn diverse communicatiemiddelen tot stand gekomen, zoals e-mailnieuwsbrieven, publicaties in vaktijdschriften en een film over het bodembeheerpro-ces en de plaats van het verificatieonderzoek daarin.

## **Deelonderzoek landbouw**

### *Opzet*

Landbouwkundige risico's zijn in het deelonderzoek *landbouw* bepaald door na te gaan of de aangetroffen concentraties zware metalen, PAK en PCB mogelijk schadelijk kunnen zijn voor vee (koe en schaa-p) en of wettelijke kwaliteitsnormen voor landbouwproducten en voedergewassen overschreden kunnen worden. Voor zware metalen is dit in eerste instantie nagegaan door toet-sing van het berekende gehalte in de rundernier of de schapenlever aan veevoedernormen en warenwetnormen.

Na een beperkt vooronderzoek op 6 dempingen is een breed onderzoek uitgevoerd op alle dem-pingcategorieën (in totaal 33 dempingen) met uitzondering van lompen, voor dempingen met on-voldoende afdeklaag (minder dan 30 cm dik). Hier zijn de toplaag van de afdeklaag (bovenste 5 cm) en gras bemonsterd, zowel op de demping als in het naastgelegen veld als referentie. De verzamelde monsters zijn geanalyseerd op zware metalen (toplaag, afdeklaag en gras) en PCB

(alleen toplaag van het dempingmateriaal). PAK-analyses zijn alleen uitgevoerd voor shredder en bouw- en sloopafval (6 bemonsterde locaties).

Vervolgens heeft het onderzoek zich toegespitst op de veilige dikte van de afdeklaag. Hierbij heeft het onderzoek zich, voor wat betreft de metalen, gericht op cadmium, omdat dit metaal goed door gewassen wordt opgenomen en daarom als het meest risicovol wordt beschouwd.

Per dempingcategorie zijn gras en grond bemonsterd op 2 locaties met een (opgegeven) afdeklaag van meer dan 30 cm dik. Eveneens zijn referentiemonsters genomen in het naastgelegen veld. De grond- en grasgehalten en de daaruit berekende gehalten in de rundernier en schapenlever zijn vergeleken met veevoedernormen en warenwetten.

Om de invloed van de dikte van de afdeklaag te bepalen zijn de gemeten gehalten cadmium in grond en gras alsmede de (berekende) cadmiumgehalten in de schapenlever gerelateerd aan de gemeten dikte van de afdeklaag van de dempingcategorieën shredder en industrieel en bedrijfsafval (*de categorieën waar blijkens het voorgaand onderzoek sprake was van een landbouwkundig risico*). Hierbij zijn alle gemeten dikten betrokken, dus ook van de dempingen met een afdeklaag minder dan 30 cm dik. Hetzelfde is gedaan voor PCB, maar daarbij beperkte het onderzoek naar deze relatie zich tot de dempingcategorie shredder. Bij deze categorie zijn in het voorgaande onderzoek van de toplaag van het dempingmateriaal de hoogste concentraties PCB aangetroffen.

Met modelberekeningen zijn de veranderingen van de afdeklaag in de tijd onderzocht. Het onderzoek richtte zich hierbij op oxidatie van organische stof en krimp van veen. Daarnaast is berekend in welke mate de afdeklaag verontreinigd wordt vanuit de demping en wat dit voor gevolgen heeft voor de gewasopname bij verschillende diktes van de afdeklaag voor een periode van 150 jaar.

#### *Resultaten en conclusies deelonderzoek landbouw*

De resultaten en conclusies van het deelonderzoek landbouw kunnen als volgt worden samengevat:

1. Dempingen met bagger, bouw- en sloopafval en huishoudelijk afval hebben geen landbouwkundig risico vanuit milieuhygiënisch oogpunt.
2. Voor dempingen met shredder en industrieel- en bedrijfsafval is aangetoond dat er wel een landbouwkundig risico bestaat. De risico's zijn geconstateerd voor de metalen cadmium en lood en voor PCB.
3. Uit zowel veldwaarnemingen als modelberekeningen blijkt dat op deze categorieën een afdeklaag minimaal 35 cm dik moet zijn om te voorkomen dat het gras verontreinigen (met name cadmium) opneemt. In verband met het dunner worden van de afdeklaag door oxidatie van organische stof wordt een afdeklaag van 40 cm geadviseerd.
4. Om de afdeklaag op voldoende dikte te houden moet deze periodiek opgehoogd worden. De dikte van de afdeklaag neemt minder snel af dan de hoogte van het omliggende maaiveld. Wanneer als marge 5 cm extra afdek materiaal aangebracht wordt (dat wil zeggen een dikte van 40 cm), dan geven de modelberekeningen aan dat de afdeklaag eens in de 50 jaar opgehoogd dient te worden.
5. Uit de modelberekeningen blijkt dat de opname van cadmium door het gewas het meest kritisch is. In situaties waarbij gewassen diep wortelen kunnen hierdoor risico's ontstaan. Dan is

een afdeklaag van 40 cm onvoldoende. Dit is met name een probleem voor potentieel diep wortelende gewassen, zoals maïs, bij een diepe ontwatering.

6. Bij de aangetroffen concentraties PCB in deklagen worden geen landbouwkundige risico's (risico's voor producten van grazend vee) verwacht.
7. Zowel de metaalgehalten in de grond (bovenste 5 cm afdeklaag) en in het gras als de berekende gehalten cadmium in de rundernier en schapenlever vertoonden een duidelijk dalende trend met een toenemende dikte van de afdeklaag. Voor PCB's is de dalende trend (lagere concentraties in de bovenste 5 cm van de afdeklaag bij toenemende dikte van de afdeklaag) niet duidelijk.
8. De effectiviteit van de afdeklaag in het tegengaan van negatieve effecten voor landbouwkundig gebruik is bij PCB's minder dan bij zware metalen. Dit is waarschijnlijk het gevolg van het feit dat bij zware metalen herverontreiniging van de afdeklaag door turbatie vanuit de demping tegengegaan wordt door een naar beneden gericht transport in de vloeistoffase. Dit transport is bij PCB's nihil.

#### *Overall-conclusie deelonderzoek landbouw*

De aanname dat dempingen uit een milieuhygiënisch verdachte dempingcategorie en een onvoldoende dikke afdeklaag een landbouwkundig risico vormen, is geverifieerd en genuanceerd. Het blijkt dat dit niet voor alle categorieën het geval is. Voor dempingen met shredder en industrieel- en bedrijfsafval is aangetoond dat er wel een landbouwkundig risico bestaat. Voor de overige dempingcategorieën is geen sprake van een landbouwkundig risico.

De veronderstelling dat een schone afdeklaag van 0,3 meter de landbouwkundige risico's voldoende wegneemt, is eveneens geverifieerd en genuanceerd. Uit zowel veldwaarnemingen als modelberekeningen blijkt dat op deze categorieën een afdeklaag minimaal 35 cm dik moet zijn om te voorkomen dat het gras verontreinigingen (met name cadmium) opneemt. In verband met het dunner worden van de afdeklaag door oxidatie van organische stof wordt een afdeklaag van 40 cm geadviseerd. Verder blijkt uit de modelberekeningen dat de opname van cadmium door het gewas het meest kritisch is. In situaties waarbij gewassen diep wortelen kunnen hierdoor risico's ontstaan. Dan is een afdeklaag van 40 cm onvoldoende.

#### **Deelonderzoek ecologie**

##### *Opzet*

Het deelonderzoek *ecologie* is opgezet als een functiegerichte beoordeling voor de functies natuur, landbouw en recreatie. De onderzoeksparameters zijn afgeleid van ecologische randvoorwaarden voor landgebruik en van bodemkwaliteitseisen uit het Bodembeheerplan, bijvoorbeeld:

- natuur → natuurdoeltype x → grutto → broedsucces → geen aantasting broedsucces;
- landbouw → melkveehouderij → bodemvruchtbaarheid → nitrificatie → geen (of acceptabele) remming.

Bij de keuze van de onderzoeksparameters is gebruik gemaakt van de zogenaamde Triadebenadering, waarin chemische, toxicologische en ecologische (onderzoeks)parameters samen argumenten leveren voor beantwoording van de onderzoeksvragen (*multiple weight of evidence*).

Omdat voorafgaand aan het onderzoek geen beoordelingssystematiek ('maatlat') voorhanden was, is deze gaandeweg het onderzoek ontwikkeld, in samenwerking met betrokkenen uit de streek, beleidsmatige belanghebbenden en wetenschappelijke partners. De uiteindelijk ontwikkelde maatlat bestaat uit een *meer gevoelige* en een *minder gevoelige* toetsing. De toetsingscri-

teria hebben betrekking op het significantie-niveau van het verschil van het waargenomen effect op de demping ten opzichte van de gebiedseigen referentie. De meer gevoelige toetsing is ontwikkeld voor de functies natuur en recreatie, de minder gevoelige toetsing voor de functie landbouw. Uiteindelijk zijn de resultaten niet functiegericht geïnterpreteerd, omdat deze functies beleidsmatig als gevoelig worden gezien.

Het eerste veldonderzoek bestond uit een *screening* van de ecologische risico's van het *dempingmateriaal*. Doel van deze screening was om aan te geven welke categorieën dempingen een ecologisch risico veroorzaken en, vooral, welke niet. Afhankelijk van de resultaten zouden volgens een afpelprincipe dempingcategorieën kunnen worden uitgesloten van vervolgonderzoek. De screening is uitgevoerd op verhoogde beschikbare gehalten en negatieve effecten op bodemleven van contaminanten in verdachte dempingcategorieën met een onvoldoende dikke afdeklaag of verdachte bijmengingen in de afdeklaag.

De volgende dempingcategorieën zijn onderzocht (in totaal 27 dempingen): industrieel- en bedrijfsafval, bouw- en sloopafval, huishoudelijk afval, shredder en bagger (de categorie lompen werd in deze fase niet onderzocht). Het volgende onderzoek is uitgevoerd: (1) metaalmetingen aan in het veld verzamelde grond en uitvoering van een EROD bioassay met grondextracten, (2) toxiciteitsonderzoek aan de hand van een drietal bioassays (regenwormen, BIOLOG (microbiële processen) en potentiële nitrificatie).

Omdat bleek dat in alle onderzochte dempingcategorieën in de screening ecotoxicologische effecten gevonden werden, zijn alle categorieën meegenomen naar het nader effectonderzoek, gericht op de effectiviteit van de afdeklaag. Ook werd besloten om de zesde dempingcategorie (lompen) alsnog in dit nader onderzoek te betrekken. Voor het nader onderzoek zijn locaties geselecteerd op verdachte dempingen met een (verondersteld) voldoende schone afdeklaag van tenminste 30 cm (in totaal 30 dempingen).

Het onderzoek viel uiteen in (1) milieuchemische waarnemingen (metaalgehalten in wormen en bodem), (2) toxicologische waarnemingen (bioassay regenworm en potentiële nitrificatie) en (3) ecologische veldwaarnemingen (inventarisaties van regenwormen en nematoden). Door toepassing van deze Triade-benadering kon een breed en coherent beeld worden verkregen van de invloed van de slootdempingen op het ecosysteem. Daarnaast is door middel van simulatie-experimenten onder laboratoriumomstandigheden onderzocht of herverontreiniging van de schone afdeklaag vanuit de demping mogelijk is door (4) bioturbatie van regenwormen en (5) opname door plantenwortels.

In de laatste fase van het onderzoek is vooral gekeken naar *opschaling* van locatiespecifieke effecten, naar gebiedsgerichte effecten in de Krimpenerwaard én naar effecten op weidevogels. Voor dit laatste deel is de grutto gekozen, als ambassadeur van het veenweidegebied. Daarnaast heeft het onderzoek zich ook gericht op de Kievit. Opschaling van locatiespecifieke effecten naar gebiedsgerichte effecten (altijd in relatie tot de aanwezigheid van slootdempingen) is uitgevoerd volgens verschillende afleidingen. Modelmatig is beschouwd of cadmium kan doorvergiftigen naar de grutto (op basis van gehalten in de worm), waardoor risico's voor nierschade kunnen optreden (directe effecten). Eveneens is beschouwd of mogelijke effecten op wormen kunnen leiden tot een verminderd voedselaanbod voor de grutto, met als gevolg een verminderd broedsucces (indirecte effecten). Tenslotte is een EROD-bioassay uitgevoerd op niet uitgekomen eieren van grutto en Kievit, om te bepalen of EROD-inducerende stoffen (zoals PCB's, PAK's, dioxinen) in de eieren aanwezig zijn en of deze aanwezigheid valt te relateren aan slootdempingen in de directe omgeving van het nest.

### *Resultaten en conclusies deelonderzoek ecologie*

1. In alle dempingcategorieën worden significante afwijkingen gevonden ten opzichte van de gebiedseigen referentie, zowel op basis van het meer gevoelige toetsingscriterium (natuur, recreatie) als het minder gevoelige toetsingscriterium (landbouw).
2. Modelberekeningen laten zien dat grutto's vanaf het 7-12e levensjaar nierschade kunnen krijgen door het eten van wormen met verhoogde gehalten cadmium (*afhankelijk van het aandeel regenwormen in het dieet*). Omdat deze nierschade niet specifiek te herleiden is tot verdachte slootdempingen, kunnen hieraan geen conclusies worden verbonden met betrekking tot afdekken van dempingcategorieën.
3. In het veldonderzoek is gekeken of aanwezigheid van dempingen in het broedterritorium invloed heeft op het uitkomen van eieren van de grutto. Een significante relatie tussen uitkomen van grutto-eieren en aanwezigheid van slootdempingen is niet aangetoond, hoewel er wel een negatieve trend zichtbaar is.
4. Naarmate er meer verdachte slootdempingen in de directe omgeving van het nest voorkomen is een hogere EROD-inductie in de eieren waargenomen.
5. Uit de kolomexperimenten met regenwormen blijkt dat door bioturbatie de zware metalen vanuit het dempingmateriaal in de afdeklaag terechtkomen.
6. Uit het bewortelingsexperiment blijkt dat brandnetels via hun wortels zware metalen opnemen uit het dempingmateriaal, ook als dit materiaal afgedekt is door een schone afdeklaag van 30 cm.

### *Overall-conclusie deelonderzoek ecologie*

In het Verificatieonderzoek Ecologie wordt op basis van *multiple weight of evidence* geconcludeerd dat voor alle onderzochte categorieën dempingmateriaal, te weten bedrijfsafval, bagger, bouw- en sloopafval, huishoudelijk afval, lompen en shredder, ecologische effecten zijn gevonden in de afdeklaag van dempingen, die met een voldoende dikke afdeklaag zijn afgedekt (> 30 cm dik). Dit geldt zowel voor de meer gevoelige beoordeling als voor de minder gevoelige beoordeling.

De aanname dat op dempingen met een schone afdeklaag van 30 cm dikte mogelijke ecologische risico's voldoende worden weggenomen, kunnen de onderzoekers op basis hiervan niet onderschrijven.

### **Deelonderzoek verspreiding**

#### *Opzet*

In het deelonderzoek verspreiding heeft het onderzoek zich gericht op mogelijke verspreiding van verontreinigingen vanuit de dempingen naar het grondwater (watervoerend pakket) en naar het oppervlaktewater. Bij verspreiding naar het oppervlaktewater is onderscheid gemaakt tussen verspreiding via de kopse kant van de slootdemping en verspreiding via het aangrenzend perceel.

De te verifiëren risico's werden benaderd in termen van (toename van) concentraties ten opzichte van streef- of interventiewaarden of waterkwaliteitsnormen.

Het deelonderzoek is onderverdeeld in een aantal activiteiten met modellering en veld- en laboratoriumonderzoek als rode draad.

## *Resultaten en conclusies deelonderzoek verspreiding*

### Verspreiding naar oppervlaktewater

- De aanname dat de verontreinigingen in het dempingmateriaal zouden leiden tot overschrijdingen van de interventiewaarde (I-waarde) in het grondwater (dat vervolgens als vervuild grondwater zou kunnen uit treden naar het oppervlaktewater) is onjuist. Het algemene beeld is dat de gehalten verontreinigende stoffen in het grondwater van de dempingen (de bron) slechts verhoogd zijn ten opzichte van de streefwaarden. De gemeten waarden in het grondwater in de naastliggende percelen en onder de dempingen zijn vergelijkbaar aan of lager dan de streefwaarde.
- Aanvullend op het hiervoor genoemde punt: wat betreft BTEX (benzeen, toluen, ethylbenzeen en xylenen), en in mindere mate naftaleen, valt op dat de concentraties ten tijde van de voorgaande onderzoeken (1984 – 1992) veelal hoger waren dan nu tijdens het verificatieonderzoek. Naar verwachting zijn deze stoffen door vervluchtiging en biologische afbraak grotendeels verdwenen. Sterke fluctuaties van de grondwaterstand in de dempingen gedurende het seizoen draagt hier in belangrijke mate aan bij.
- Hoewel geen duidelijke verontreiniging van het grondwater in de demping (> Interventiewaarde) is vastgesteld, is voor bepaalde stoffen, te weten zink, koper en nikkel, gebleken dat in het grondwater van de demping wél een overschrijding van de kwaliteitseisen voor oppervlaktewater (MTR-waarden) optrad aan de kopse kanten. Opgemerkt moet worden dat voor deze metalen de MTR-waarden voor oppervlaktewater lager zijn dan de streefwaarden voor ondiep grondwater. Op grond van modelberekeningen is geconcludeerd dat het afdichten van de kopse kanten effectief is aangezien de directe uitstroom van verontreinigingen naar het oppervlaktewater daarmee wordt tegengegaan. De verontreinigingen worden geadsorbeerd aan het organische materiaal van de aangrenzende percelen waardoor de totale verblijftijd van verontreinigingen in het grondwater aanzienlijk toeneemt. De bodem raakt hierdoor echter wel (minimaal) verontreinigd. Opgemerkt wordt dat, blijkens een indicatieve berekening, de belasting van het oppervlaktewater door de slootdemping gering is in vergelijking met andere bronnen.

### Horizontale en verticale verspreiding naar het grondwater

- Horizontale verspreiding van verontreinigingen naar grondwater buiten de dempingen is minimaal, verspreiding van verontreinigingen via grondwater naar aangrenzende sloten wordt uitgesloten.
- Er is alleen sprake van mogelijk ontoelaatbare verspreiding van verontreinigingen naar het watervoerend pakket voor dempingen gelegen op een ondiepe geulopvulling (geul vanaf circa 3 m-mv) in een gebied met (sterke) infiltratie. Deze dempingen bevinden zich in het noorden (langs de Lek) en noordoostelijke deel (gebied rond Stolwijk) van de Krimpenerwaard. Dempingen gelegen direct op een dagzomende donk komen naar verwachting (vrijwel) niet voor.
- Eventuele doorslag van verontreinigingen binnen afzienbare termijn (binnen 50 tot 200 jaar na stort) zal alleen plaats vinden voor organische verbindingen (met name benzeen en xylenen). Gezien het feit dat deze stoffen in de demping zelf nauwelijks meer worden aangetroffen is het de vraag of deze stoffen het watervoerend pakket in de praktijk ooit zullen bereiken. In ieder geval is de duur van de verspreiding eindig.

Verder blijkt uit een eerste verkenning dat het omvormen van landbouwgebieden naar natuurgebieden in de Krimpenerwaard geen grote gevolgen heeft voor de verspreiding van verontreinigingen.

#### *Overall-conclusie deelonderzoek verspreiding*

In het deelonderzoek verspreiding zijn aannamen geverifieerd met betrekking tot verspreiding naar oppervlaktewater en naar (diep) grondwater. De aanname dat verspreiding naar oppervlaktewater via de kopse kanten plaatsvindt bij verdacht dempingmateriaal en kan leiden tot overschrijding van het MTR voor oppervlaktewater, is voor enkele metalen bevestigd. De mate van beïnvloeding is echter gering. Verspreiding naar oppervlaktewater via de aangrenzende percelen (verspreiding loodrecht op demping) wordt uitgesloten. De aanname dat verspreiding naar het eerste watervoerende pakket bij dempingen met verdacht dempingmateriaal alleen plaatsvindt bij dempingen dempingmateriaal op gefundeerde zandbanen en donken in een infiltratiesituatie is bevestigd. Bij dempingen op donken (dagzomende rivierduinen) kan ontoelaatbare verspreiding optreden van zowel zware metalen als organische verbindingen (zoals BTEX en naftaleen). Echter, deze situatie komt naar verwachting (vrijwel) niet voor in de Krimpenerwaard. Bij dempingen op gefundeerde zandbanen is alleen sprake van een mogelijk ontoelaatbare verspreiding voor organische verbindingen. Wat betreft deze organische verbindingen is geconstateerd dat zij (BTEX, naftaleen) in lagere concentraties worden gemeten dan in onderzoeken van 10 tot 20 jaar geleden. Verondersteld wordt dat deze stoffen door vervluchtiging en biologische afbraak grotendeels zijn verdwenen. Sterke fluctuatie van de grondwaterstand in de dempingen gedurende het seizoen draagt hier in belangrijke mate aan bij.

#### **Overlappende onderwerpen deelonderzoeken landbouw en ecologie**

Een aantal onderwerpen is in beide deelonderzoeken (*landbouw* en *ecologie*) behandeld, waarbij de resultaten elkaar aanvullen.

#### *Bioturbatie*

Uit de kolomexperimenten (deelonderzoek ecologie) blijkt dat door bioturbatie verontreinigingen uit het dempingmateriaal in het (schone) afdek materiaal terechtkomen. Voor zware metalen (onderzocht voor cadmium) blijkt uit de modelstudies uit het deelonderzoek landbouw dat deze beïnvloeding zich beperkt tot 10 cm boven het dempingmateriaal. Dit is te verklaren uit het feit dat er in de vloeistoffase een netto transport van metalen in neerwaartse richting plaatsvindt. Dit wordt ook bevestigd door de veldwaarnemingen, waaruit blijkt dat de concentraties in de bovenste 5 cm van de deklagen niet verhoogd zijn ten opzichte van de referenties bij deklagen die dikker zijn dan 20 cm.

In hoeverre bioturbatie voor andere verontreinigingen zoals PCB, op de langere termijn kan leiden tot verdere beïnvloeding richting maaiveld is niet onderzocht.

#### *Gewasopname*

Uit het veldonderzoek naar de opname van zware metalen door gras boven dempingen met deklagen van verschillende dikte blijkt dat een afdeklaag van 30 cm voldoende bescherming biedt. Voor potentieel dieper wortelende gewassen is deze dikte onvoldoende, blijkt onder andere uit de potproeven met de brandnetel uitgevoerd in het deelonderzoek ecologie. Hierbij moet opgemerkt worden dat de grondwaterstand van belangrijke invloed is op de bewortelingsdiepte (de beworteling is in het algemeen niet dieper dan de grondwaterstand).

### *Verontreinigingen en EROD-activiteit*

Tussen PCB-concentraties en EROD-activiteit, gemeten in monsters van dempingmaterialen, blijkt een positieve relatie. Het is uit de huidige gegevens niet af te leiden of alleen PCB hiervoor verantwoordelijk zijn.

### **Beperkingen en onzekerheden van het verificatieonderzoek als geheel**

Beperkingen van het onderzoek betreffen met name:

- De beperkte steekproef en bemonsteringsopzet: het aantal onderzochte dempingen in vergelijking met het totaal aantal dempingen in de Krimpenerwaard is beperkt. De extrapolatie naar de problematiek in de Krimpenerwaard brengt onvermijdelijk een onzekerheid met zich mee;
- Het onderzoek beslaat een periode van enkele jaren en is daarom beperkt in de tijd; dit betekent dat het onderzoek in hoofdzaak een momentopname is, hoewel op basis van modelstudies en laboratoriumexperimenten wel voorspellingen zijn gedaan over het verloop van processen in de tijd.

Onzekerheden hebben primair betrekking op:

- De mate waarin contaminaties en effecten kunnen worden toegeschreven aan de afdeklaag in plaats van het dempingmateriaal. Het is onbekend wat de kwaliteit van de deklagen is geweest ten tijde van opbrengen. Het is dus in theorie mogelijk dat contaminaties in het deklaagmateriaal niet veroorzaakt zijn door beïnvloeding vanuit het dempingmateriaal, maar dat zij al bij het opbrengen aanwezig waren. Van bepaalde gemeten effecten is niet uit te sluiten dat deze worden veroorzaakt door het deklaagmateriaal zelf.
- De veroorzakende contaminanten van de EROD-inductie: onduidelijk is vooralsnog in hoeverre de verhoogde EROD-inductie in grond en in eieren/kuikens toegeschreven kan worden aan PCB of aan andere EROD-inducerende contaminanten.

Deze beperkingen en onzekerheden benadrukken de noodzaak om, door monitoring, de 'vinger aan de pols' te houden.

### **Advies bodembeheer**

Op basis van de onderzoeksresultaten, en beleidsmatige en praktische overwegingen is een bodembeheeradvies opgesteld. Het advies is gebaseerd op overleg tussen onderzoekers, beleidsmakers en belangenpartijen. In het advies worden ook enkele elementen betrokken die niet zijn onderzocht in het verificatieonderzoek (asbest, fysieke belemmeringen).

#### *Bodembeheeradvies maatregel 'afdekken'*

Aanbevolen wordt om voor alle typen verdacht dempingmateriaal, met uitzondering van bagger, uit te gaan van afdekking met een laag gebiedseigen grond van tenminste 40 cm. Voor bagger wordt een aparte, gefaseerde, benadering voorgesteld.

Vanwege de onzekerheden ten aanzien van de effectiviteit van deze maatregel voor het weg nemen van de ecologische risico's en vanwege de beperkingen die inherent zijn aan het verificatieonderzoek, wordt aanbevolen de kwaliteit van de deklagen in de tijd te monitoren. Hiertoe zal een monitoringstrategie moeten worden uitgewerkt.

Bovendien wordt aanbevolen om dempingen die niet afgedekt zijn en verdacht zijn voor wat betreft asbest, extra aandacht te geven.

### *Bodembeheeradvies maatregel 'afdichten kopse kant'*

Hoewel de maatregel effectief is, wordt zij gezien de geringe beïnvloeding van het oppervlaktewater en daarmee samenhangend het te verwachten geringe rendement, niet aanbevolen. De beslissing hierover dient echter in overleg met het bevoegd gezag en de waterkwaliteitsbeheerder genomen te worden.

### *Beleidsmatige, onderzoeksmatige en praktische overwegingen*

Een afdeklaag van ca. 40 cm is vanuit de landbouwkundige praktijk acceptabel (*praktische overweging*). Met deze dikte van de afdeklaag worden landbouwkundige risico's, uitgaande van grasland met vee, voldoende weggenomen (*onderzoeksresultaat*). Ook worden blootstellingsrisico's aan eventuele asbestverontreiniging en het risico van verwonding van vee door fysieke belemmeringen voldoende weggenomen (*aanname, praktische overweging*). De effectiviteit van deze dikte voor ecologie is onbekend (*onderzoeksresultaat*), maar er is tenminste sprake van enige overdikte ten opzichte van de onderzochte dikte van de afdeklaag van 30 cm (*praktische overweging*). De effectiviteit van deze dikte voor het wegnemen van ecologische risico's kan bij het aanbrengen van nieuwe deklagen op dempingen in de tijd worden onderzocht en gevolgd (*monitoring; beleidsmatige overweging*).

Voor baggerdempingen gaat de voorkeur uit naar een, hiervan afwijkende, gefaseerde benadering (*beleidsmatige overweging*). De baggerdempingen maken een aanzienlijk deel uit van de dempingen in de Krimpenerwaard (ca. 1/4). Vanuit een kosten/batenoverweging is het gewenst om eerst een beter beeld te verkrijgen van de verschillen in mate van verontreiniging van de baggerdempingen en daaruit voortkomende effecten. Maatregelen zullen zich dan toe kunnen spitsen op de sterkst verontreinigde gevallen met de sterkste effecten.

### **Aanzet monitoring**

Voor het inrichten van het monitoringsprogramma is, op basis van de resultaten van het verificatieonderzoek, een aanzet gedaan. Deze is opgenomen als hoofdstuk 11 in dit integraal eindrapport.

### **Toetsing**

Een onafhankelijke toetsingscommissie, ingesteld door de SKB, heeft de eindproducten van het verificatieonderzoek getoetst op wetenschappelijke deugdelijkheid en aansluiting op de doelstellingen. Het commentaar van de toetsingscommissie is separaat van dit rapport beschikbaar.

### **Aanbevelingen**

1. Op basis van de bovenstaande beleidsmatige overweging wordt aanbevolen om de verschillen in verontreinigingsgraad en mate van effect van de baggerdempingen in de Krimpenerwaard nader in beeld te brengen. Gezien de omvang van deze categorie (ordegrootte 1/4 van de dempingen in de Krimpenerwaard) is een verdere indeling in groepen van verschillende mate van verontreiniging en mate van effect (zo mogelijk gerelateerd aan de herkomst van de bagger) gewenst bij de afweging van maatregelen. Er zijn ecologische risico's aantoonbaar, ook na afdekken. Het is onduidelijk of de categorie als geheel moet worden beheerd, of dat de waargenomen effecten zijn toe te schrijven aan een heterogene herkomst (grotendeels gebiedseigen bagger, gedeeltelijk ook havenslib [mondelinge mededeling landeigenaren]) en dat het beheer moet worden gericht op gebiedsvreemd materiaal.
2. De mogelijkheden onderzoeken om de in dit rapport geformuleerde onderzoeksvragen nader uit te werken. Dit betreft onder andere het zoeken naar financieringsbronnen.
3. Aansluiting zoeken bij het Platform Ecologische Risicobeoordeling (Periscoop) voor de verdere uitwerking van de locatiespecifieke beoordelingssystematiek voor ecologische risico's.
4. Een nadere uitwerking van de monitoringsopzet.

## SUMMARY

### Verification of risks of soil contaminations in the Krimpenerwaard

#### Description of the problem

The Krimpenerwaard is a large area of peat meadows (approx. 12.000 ha) in the South Holland section of the Groene Hart. In the past, thousands of ditches (approximately 5000) were dammed here, partially with soil contaminating materials. Confusion on the detrimental effects of these sites for the environment and agriculture has caused landowners to adopt a cautious attitude with regard to the exchange or purchase of plots of land. This has, in turn, caused stagnation in the land development plans and the associated green functions: agriculture, nature and recreation. In response, thirteen involved parties<sup>2</sup> have developed an integrated approach to land development and soil remediation. This approach was drawn up in a region-oriented Soil Management plan that became operational in 1998 (Province of South Holland et al, 1998). The independent Stichting Bodembeheer Krimpenerwaard (SBK) (Krimpenerwaard Soil Management Foundation) was created to implement this soil management plan.

The soil management plan provides a responsible, environmentally hygienic solution for the soil contamination and supports the land development. The solution is based on the point of departure that the soil contamination is remediated in a function-oriented manner, whereby the soil contamination may not obstruct the functions (agriculture, nature and recreation) intended for the area.

The soil management plan makes various assumptions with regard to the physical and chemical composition of the damming material, the covering layer and the possible risks of the spreading of contamination, threats to agriculture and ecological threats.

The purpose of the verification study is:

1. To verify the correctness of the assumptions as formulated in the soil management plan in relation to the occurrence of negative effects (agricultural, ecological and spreading) and,
2. To verify the effectiveness and sustainability of the package of measures proposed in the soil management plan.

#### Set-up of the research: general

The verification study focused on the dams containing suspect damming material. The suspect damming materials were divided into the following categories: building and demolition materials, shredder material, rags, household waste, and industrial waste and waste from ships. Dredge spoil was also specified as a possible suspect category. Dams containing industrial and ship's waste were treated as a single category in this research due to their limited number.

The verification study was divided into the following sub-studies: *agriculture, ecology and spreading*.

---

<sup>2</sup> The thirteen parties involved in the Soil Management plan Krimpenerwaard and the Stichting Bodembeheer Krimpenerwaard are: provincie Zuid-Holland (Province of South Holland), the Ministries of Housing, Spatial Planning and the Environment and Agriculture, Nature management and Fisheries, Krimpenerwaard en Krimpen development committees, Krimpenerwaard polder board, Hollandse Eilanden en Waarden water purification board, Stichting Zuid-Hollands Landschap, Westelijke Land- en Tuinbouworganisatie (agriculture and horticulture organisation) and the municipalities of Vlist, Nederlek, Schoonhoven, Ouderkerk and Bergambacht

The following assumptions in the soil management plan were verified in the *agriculture* and *ecology* sub-studies:

- Dams in an environmental hygiene suspect dam category with an insufficiently thick covering layer constitute a threat to agriculture and the ecology.
- Dams with a 30 cm thick, clean covering layer do not constitute a significant threat to the ecology or agriculture.

The assumptions in the *spreading* sub-study were:

Spreading to surface water

- Spreading to groundwater always occurs with suspect damming material. This causes the groundwater limit value to be exceeded and may lead to a failure to meet quality requirements in surface water upstream from the dammed ditches.

Spreading the (deep) groundwater

- Horizontal and vertical spreading to groundwater always occurs with suspect material. This causes the (phreatic) groundwater intervention value to be exceeded, but does not lead to excesses in the first water discharge package, unless there are dams containing suspect material on sand courses and marshes in an infiltration situation.

The assumption in the soil management plan that there are no spreading risks associated with non-suspect material was not verified separately due to cost/benefit considerations. It was thought more useful to spend the research budget on the dams with suspect damming material.

### *Communication*

In view of the complexity, sensitivity and duration of the verification study and the many different parties (target groups) involved in the project, communication played a significant role in the entire process of research and harmonisation. In broad terms, the emphasis of the communication strategy selected was on open two-way communication, creation of a base of support and the dissemination of knowledge. This involved a twin-track approach, namely communication with those involved in the Krimpenerwaard and communication with society (example function). Various communication tools were developed during the communication process, such as e-mail newsletters, publications in professional journals and a film about the soil management process and the place of the verification study in this process.

### **Agriculture sub-study**

#### *Set-up*

Threats to agriculture were determined in the *agriculture* sub-study by ascertaining whether the concentrations of heavy metals, PAK and PCB detected could be detrimental for livestock (cattle and sheep) and whether quality standards for agricultural products and feed crops can be exceeded. For heavy metals, this was checked in the first instance by checking the calculated levels in cow's kidneys or sheep's livers against livestock feed standards and the standards stipulated in the Consumer Goods Act.

After a limited preliminary study involving 6 dams, a broad-based study was carried out on all damming categories (a total of 33 dams), with the exception of rags, for dams with an insufficient covering layer (less than 30 cm thick). The top layer of the covering layer (top 5 cm) and grass were sampled, both on the dams and the adjacent fields (as reference). The samples collected were analysed for heavy metals (top layer, covering layer and grass) and PCB (only the top layer of the damming material). PAK analyses were only conducted for shredder material and building and demolition waste (6 sampled sites).

The research then focussed on the safe thickness of the covering layer. As regard metals, the research focussed on cadmium, because this metal is readily absorbed by crops and is therefore regarded as the greatest threat.

For each category, grass and soil was sampled at two sites with a (registered) covering layer with a thickness exceeding 30 cm. Reference samples were taken in the adjacent fields. The soil and grass levels and the levels in cow's kidneys and sheep's livers calculated on the basis of this data were compared with livestock feed standards and the standards stipulated in the Consumer Goods Act.

To ascertain the influence of the thickness of the covering layer, the levels of cadmium detected in the soil and grass and the (calculated) levels of cadmium in the sheep's liver were linked to the measured thickness of the covering layers of the shredder material and industrial waste dam categories (*the categories that previous research revealed to be a threat to agriculture*). All measured thicknesses were included, so also those of dams with a covering layer less than 30 cm thick. The same was done for PCB, but the research was restricted to the relationship with the shredder material dam category. The previous study had revealed that the top layer of this damming material contained the highest concentrations of PCB.

Model calculations were used to investigate changes in the covering layer over time. Here, the research was focussed on the oxidation of organic matter and the shrinkage of peat. The degree to which the covering layer is contaminated by the dam and what consequences this may have for absorption by crops was calculated for various thickness of the covering layer for a period of 150 years.

#### *Results and conclusions of the agriculture sub-study*

The results and conclusions of the agriculture sub-study can be summarised as follows:

1. Dams with dredge spoil, building and demolition waste and household waste do not threaten agriculture in terms of environmental hygiene.
2. As regards dams with shredder material and industrial waste, it has been revealed that there is a threat to agriculture. The threats were detected for the metals cadmium and lead and for PCB.
3. Both field observations and model calculations revealed that the covering layer for these categories must be at least 35 cm thick in order to prevent grass from absorbing contaminants (particularly cadmium). A covering layer of 40 cm is recommended due to the thinning of the covering layer due to the oxidisation of organic matter.
4. The covering layer must be raised regularly in order to maintain its thickness. The thickness of the covering layer decreases at a slower rate than that of the surrounding ground level. If a margin of an extra 5 cm of covering material is applied (in other words a thickness of 40 cm), the model calculations indicate that the covering layer must be raised once every 50 years.
5. The model calculations show that the absorption of cadmium by crops is the most critical. This may create risks for crops with deep roots. A covering layer of 40 cm is insufficient in this situation. This is particularly problematic for crops with potentially deep roots, such as maize, and deep drainage.
6. No agricultural risks (threats to the products of grazing animals) are expected from the concentrations of PCB detected in the covering layers.

7. The levels of metals in the soil (top 5 cm of the covering layer) and in the grass and the calculated levels of cadmium in the cow's kidney and sheep's liver showed a clear downward trend as the thickness of the covering layer increased. PCBs do not show a clear downward trend (lower concentrations in the top 5 cm of the covering layer as the thickness of the covering layer increases).
8. The effectiveness of the covering layer in counteracting negative effects on agricultural utilisation is less for PCBs than heavy metals. This is probably the consequence of the fact that, in the case of heavy metals, recontamination of the covering layer due to turbation from the dam is counteracted by downward transportation in the liquid phase. This transportation is negligible in the case of PCBs.

*Overall conclusion of the agriculture sub-study:*

The assumption that dams in an environmental hygiene suspect dam category and insufficiently thick covering layers constitute threats to agriculture was verified and nuanced. Apparently, this is not the case for all categories. As regards dams with shredder and industrial waste, it was revealed that there is a threat to agriculture. The other dam categories do not pose any threat to agriculture.

The assumption that a clean covering layer of 0.3 metres neutralises threats to agriculture to a sufficient degree was also verified and shaded. Both field observations and model calculations show that a covering layer for these categories must be at least 35 cm thick in order to prevent grass from absorbing contaminants (particularly cadmium). A covering layer of 40 cm is recommended in relation to the thinning of the layer due to the oxidation of organic matter. The model calculations also showed that the absorption of cadmium by crops is the most critical. This may create threats for crops with deep roots. A covering layer of 40 cm is insufficient in such cases.

## **Ecology sub-study**

### *Set-up*

The *ecology* sub-study was set up as a function-oriented evaluation for the nature, agriculture and recreation functions. The research parameters were derived from ecological preconditions for the use of land and soil quality requirements in the soil management plan. For example:

- nature → nature target type x → black-tailed godwit → breeding success → no effect on breeding success
- agriculture → dairy farming → soil fertility → nitrification → no (or acceptable) inhibition

When selecting research parameters, use was made of the Triad approach, in which a combination of chemical, toxicological and ecological (research) parameters provide arguments that can answer the research questions (*multiple weight of evidence*).

The fact that no evaluation system was available prior to the research meant that this was developed gradually during the study in collaboration with involved parties from the region, policy makers and scientific partners. The evaluation system that was eventually developed consists of a *more sensitive* and a *less sensitive* test. The testing criteria relate to the significance level of the difference of the observed effect on the dam in relation to the reference to the local reference. The more sensitive test was developed for the nature and recreation functions, and the less sensitive test was developed for the agriculture function. Results were not interpreted in terms of function-orientation because these functions are regarded as sensitive in terms of policy.

The first field study consisted of a *screening* of the ecological risks associated with the *damming material*. This screening was intended to indicate which categories of dam create an ecological threat and, in particular, which do not. Depending on the results, dam categories can be excluded from follow-up research on the basis of a peel-off principle. The screening was conducted for raised levels of availability and negative effects on soil organisms of contaminants in suspect dam categories with insufficiently thick covering layers or suspect admixtures in the covering layer.

The following dam categories were studied (a total of 27 dams): industrial waste, building and demolition waste, household waste, shredder material and dredge spoil (the rags category was not studied in this phase). The following research was conducted: (1) metal measurements in soil collected in the field and an EROD bioassay with soil extracts, (2) toxicity study on the basis of three bioassays (earthworms, BIOLOG (microbial processes) and potential nitrification).

The fact that the screening revealed ecotoxicological effects were discovered in all the dam categories studied meant that all the categories were included in more detailed effects research focussed on the effectiveness of the covering layer. It was also decided to include the sixth dam category (rags) in this detailed research. For this detailed research, sites were selected that have suspect dams with a (assumed) sufficiently clean covering layer that is at least 30 cm thick (a total of 30 dams).

The research was split into (1) environmental-chemical observations (levels of metals in worms and the soil), (2) toxicological observations (bioassay of earthworms and potential nitrification) and (3) ecological field observations (inventories of earthworms and nematodes). Application of this Triad approach allowed a broad and coherent impression to be gained of the influence of ditch dams on the ecosystem. In addition, simulation experiments conducted under laboratory conditions were used to investigate whether recontamination of the clean covering layer from the dam is possible through (4) bioturbation of earthworms and (5) absorption by plant roots.

The final phase of the research concentrated on *scaling-up* site-specific effects into region-oriented effect in the Krimpenerwaard and on the effects on meadow birds. The black-tailed godwit was selected for this final phase, as the ambassador for peat meadows. Lapwings were also studied. Scaling up of site-specific effects into region-oriented effects (always in relation to the presence of ditch dams) was conducted on the basis of various derivations. Models were used to ascertain whether black-tailed godwits could be poisoned by cadmium (on the basis of levels found in worms), which may cause kidney damage (direct effects). It was also ascertained whether possible effects on worms can lead to a decrease in the food available to black-tailed godwits, resulting in less successful breeding (indirect effects). Finally, an EROD bioassay was conducted on unhatched black-tailed godwit and lapwing eggs in order to ascertain whether EROD inducing substances (such as PCBs, PAKs, dioxins) are present in the eggs and whether this presence can be related to ditch dams in the immediate vicinity of the nest.

#### *Results and conclusions of the ecology sub-study*

1. Significant deviations in relation to the local reference were found in all dam categories, both on the basis of the more sensitive testing criteria (nature – recreation) and the less sensitive testing criteria (agriculture).
2. Model calculations show that black-tailed godwits can suffer kidney damage from 7 – 12 years of age by eating worms containing elevated levels of cadmium (*depending on the share of earthworms in the diet*). The fact that this kidney damage cannot be traced specifically to suspect ditch dams means that no conclusions can be drawn in relation to the covering of the dam categories.

3. The field study involved ascertaining whether the presence of dams in the breeding territory has an influence on the number of viable black-tailed godwit eggs. A significant relationship between viable black-tailed godwit eggs and the presence of ditch dams has not been shown, although there is a clearly negative trend.
4. The more suspect ditch dams in the immediate vicinity of the nest, the higher the level of EROD induction observed in the eggs.
5. The column experiments with earthworms revealed that bioturbation causes the heavy metals to migrate from the damming material into the covering layer.
6. The rooting experiment showed that nettles absorb heavy metals from in the damming material through their roots, even when this material is covered by a clean covering layer with a thickness of 30 cm.

#### *Overall conclusion regarding the ecology sub-study*

In the Ecology verification study, the *multiple weight of evidence* was the basis for the conclusion that ecological effects were detected in the covering layers of all categories of damming material with a sufficiently thick covering layer (> 30 cm thick) that were studied, these being: industrial waste, dredge spoil, building and demolition waste, household waste, rags and shredder material. This applies for both the more sensitive and less sensitive evaluation.

It is impossible for the researchers to confirm the assumption that possible ecological threats are reduced sufficiently in dams with a clean 30 cm thick covering layer on this basis.

#### **Spreading sub-study**

##### *Set-up*

Research in the spreading sub-study focussed on the possible spreading of contaminants from the dams to the groundwater (water discharge package) and to the surface water. In the case of spreading to surface water, a distinction is made between spreading from the upstream side of the ditch dam or through the adjacent plot.

The risks to be verified were approached in terms of (the increase of) concentrations in relation to target or intervention values or water quality standards.

The sub-study was divided into a number of activities, with modelling and field and laboratory research as the main themes.

##### *Results and conclusions of the spreading sub-study*

##### Spreading to surface water:

- The assumption that the contaminations in the damming material would lead to an exceeding of the intervention value (I value) in the groundwater (that may subsequently spread to surface water as contaminated groundwater) is incorrect. The general picture is that the levels of contaminating substances in the groundwater of the dams (the source) are only increased in relation to the target values. The values measured in the groundwater in the adjacent plots and under the dams are comparable with or lower than the target value.
- In addition to the point above: as regards BTEX (benzene, toluene, ethyl benzene and xylenes), and naphthalene to a lesser degree, it is striking that the concentrations were usually

much higher in previous research (1984-1992) than during this verification study. We expect that these substances have largely disappeared due to evaporation and biological degradation. Significant fluctuation in groundwater levels in the dams during the season contributes significantly to this process.

- Although no clear contamination of the groundwater in the dam (> intervention value) was determined, it was ascertained that the surface water quality requirements (MTR values) for certain substances (namely zinc, copper and nickel) were exceeded in the groundwater on the upstream side of the dam. We must point out that the MTR values for surface water for these metals are lower than the target values for shallow groundwater. Model calculations prompted the conclusion that sealing the upstream sides is effective due to the fact that this does prevent the direct outflow of contaminants to the surface water. The contaminants are adsorbed to the organic matter of the adjoining plots, which considerably increases the total retention period of contaminants in the groundwater. However, this does contaminate the soil (minimally). We must point out that an indicative calculation has revealed that the load on the surface water caused by the ditch dams is minimal in comparison with other sources.

#### Horizontal and vertical spreading to the groundwater

- Horizontal spreading of contaminants to groundwater outside the dams is minimal, and the spreading of contaminants to adjacent ditches through the groundwater is excluded.
- There is only a possibly impermissible spreading of contaminants to the water discharge package from dams situated on shallow channel filling (channel from 3 m below ground level) in an area with (strong) infiltration. These dams are located in the north (along the river Lek) and north-eastern part (area around Stolwijk) of the Krimpenerwaard. Very few dams are expected to be situated directly on a marshy outcrop.
- A possible reduction of contamination within a foreseeable period (within 50 to 200 years) will only take place for organic compounds (particularly benzene and xylenes). The fact that these substances are now hardly detectable in the dams makes it questionable that these substances will ever actually reach the water discharge package in practice. In any case, the duration of the spreading is finite.

In addition, an initial investigation has revealed that the conversion of agricultural areas into nature areas in the Krimpenerwaard does not have any significant consequences for the spreading of contaminants.

#### *Overall conclusion of the spreading sub-study*

The spreading sub-study verified assumptions relating to surface water and to (deep) groundwater. The assumption that suspect dam material can spread to surface water via the upstream sides of the dams and can lead to an exceeding of the MTR for surface water was confirmed for several metals. However, this influence is minimal. Spreading to surface water via the adjacent plots (spreading perpendicular to the dam) is excluded. The assumption that the spreading of suspect damming materials to the first water discharge package only occurs at dams on founded sand courses and marshes in an infiltration situation was confirmed. Impermissible spreading of heavy metals and organic compounds (such as BTEX and naphthalene) may occur from dams on marshes (outcrops of river dunes). However, this situation is not expected to occur in the Krimpenerwaard. It is possible that impermissible spreading of organic compounds will occur at dams on founded sand courses. As regards these organic compounds, it has been ascertained that they (BTEX, naphthalene) were measured in lower concentrations than in studies conducted 10 to 20 years ago. The assumption is that the majority of these substances have been removed

due to evaporation and biological degradation. Significant fluctuation of the groundwater level in the dams during the season makes an important contribution to this.

### **Overlapping subjects – agriculture and ecology sub-study**

A number of subjects were handled in both sub-studies (*agriculture and ecology*), whereby the results complement each other.

#### *Bioturbation*

The column experiments (ecology sub-study) revealed that bioturbation causes contaminants in the damming material to migrate to the (clean) covering material. As regards heavy metals (re-searched for cadmium), the model studies in the agriculture sub-studies reveal that this influence is restricted to 10 cm above the damming material. This can be explained by the fact that there is a net downwards transportation of metals in the liquid phase. This is also confirmed by the field observations, which have revealed that the concentrations in the top 5 cm of the covering layers are not raised in relation to the references in covering layers that are thicker than 20 cm.

The degree to which bioturbation of other contaminants such as PCB can lead to further influencing in the direction of the surface was not investigated.

#### *Crop absorption*

The field study into the absorption of heavy metals by grass above dams with covering layers of differing thicknesses revealed that a covering layer of 30 cm provides sufficient protection. This is insufficient for crops with deeper roots, as was shown in a number of tests including pot tests conducted with nettles in the ecology sub-study. Here, we must point out that the groundwater level has a significant influence on the root depth (roots do not generally extend below the groundwater level).

#### *Contaminations and EROD activity*

There is a positive relationship between PCB concentrations and EROD activity measured in samples of dam materials. The current data is insufficient to derive whether PCB alone is responsible for this.

### **Limitations and uncertainties in the verification study as a whole**

The limitations of the study relate to:

- The limited random test and sampling set-up: The number of dams studied in comparison with the total number of dams in the Krimpenerwaard is limited. The extrapolation to the problems in the Krimpenerwaard is inevitably accompanied by uncertainties.
- The research covers a period of several years and is therefore limited in terms of time. This means that the research is basically a snapshot, although predictions can be made about the progress of processes over time on the basis of model studies and laboratory experiments.

Uncertainties relate primarily to:

- The degree to which contaminations and effects can be ascribed to the covering layer instead of the damming material. The quality of the covering layers during their application is unknown. It is therefore theoretically possible that contaminations in the covering layer material are not caused by influences originating in the damming material, but that they were already present when the layer was applied. The possibility that the covering material itself caused some of the effects measured cannot be excluded.

- The contaminants causing the EROD induction: it is still unclear to what degree the increased EROD induction in the soil and eggs/chickens can be ascribed to PCB or other EROD inducing contaminants.

These limitations and uncertainties emphasise the need to 'keep an eye on things' by means of monitoring.

### **Soil management recommendations**

Soil management recommendations have been formulated on the basis of research results and policy and practical considerations. The recommendations are based on consultations between researchers, policy-makers and interested parties. These recommendations also involve other elements that have not been researched in the verification study (asbestos, physical obstructions).

#### *Soil management recommendation measure "cover"*

We recommend covering all types of suspect damming material, with the exception of dredge spoil, with an at least 40 cm thick layer of local soil. A separate, phased approach is recommended for dredge spoil.

Due to the uncertainties regarding the effectiveness of this measure geared to reducing ecological threats and due to the limitations that are inherent to the verification study, we recommend monitoring the quality of the covering layers over time. A monitoring strategy must be formulated for this.

Furthermore, we recommend devoting extra attention to dams that are not covered and suspected of containing asbestos.

#### *Soil management recommendations measure 'seal upstream side*

Although the measure is effective, it is not recommended due to the minimal influence on the surface water and the minimal yield that can be expected from it. Decisions on this matter must be taken in consultation with the competent authority and the water quality manager.

#### *Policy, research and practical considerations*

A covering layer of approximately 40 cm is acceptable in terms of practical agriculture (*practical consideration*). Covering layers of this thickness reduce threats to agriculture – based on grassland with livestock – to a sufficient degree (*research results*). The risk of exposure to asbestos and the risk of animals being injured by physical obstructions are also reduced to a sufficient degree (*assumption, practical consideration*). The effectiveness of this thickness for the ecology is unknown (*research result*), but there is at least some extra thickness in relation to the 30 cm thickness that was studied (*practical consideration*). The effectiveness of this thickness for the reduction of ecological threats can be studied and monitored over time when new covering layers are applied on dams (monitoring: *policy consideration*).

As regards dredge spoil dams, the preference is for a phased approach (*policy consideration*). The dredge spoil dams account for a large number of the dams in the Krimpenerwaard (approx. 1/4). Viewed from a cost/benefit perspective, it is desirable to first gain a clearer impression of the different degrees of contamination in the dredge spoil dams and the consequent effects. It will then be possible to gear measures to the most contaminated cases with the greatest effects.

## **Starting monitoring**

A start has been made on setting up the monitoring plan on the basis of the results of the verification study. This is included as chapter 11 in this integrated final report.

## **Testing**

An independent testing committee, appointed up by the SKB, has tested the scientific soundness of the verification study and the degree to which it was appropriate for the goals. The comments made by the committee are available separately from this report.

## **Recommendations**

1. On the basis of the abovementioned policy consideration, we recommend creating a more detailed picture of the differences in the degree of contamination in dredge spoil dams and the degree to which the dredge spoil dams exert an influence in Krimpenerwaard. In view of the size of this category (1/4 of the dams in the Krimpenerwaard), further sub-division into groups of different degrees of contamination and influence (related to the origin of the dredge spoil if possible) is desirable when deciding on measures. There are demonstrable ecological risks, even after covering has taken place. It is unclear whether the category as whole must be managed or whether the effects observed can be ascribed to a heterogeneous origin (usually local dredge spoil, partially harbour dredge spoil (verbal announcement by land owners)) and whether the management must be geared to material from outside the region.
2. Study the possibilities to flesh out the research questions formulated in this report. This relates to a number of issues, including locating sources of finance.
3. Connect with the Platform Ecologische Risicobeoordeling (Periscoop) (Platform for Ecological Risk Assessment) for the further fleshing out of the site-specific evaluation method for ecological threats.
4. A more detailed monitoring set-up.

## HOOFDSTUK 1

### INLEIDING

De Krimpenerwaard is een groot veenweidegebied (ca. 12.000 ha) in het Zuid-Hollandse deel van het Groene Hart. In het verleden zijn hier duizenden sloten (ca. 5.000) gedempt met deels verontreinigende materialen. Onduidelijkheid over de schadelijke gevolgen van deze locaties voor het milieu en de landbouw hebben geleid tot een terughoudende opstelling van grondeigenaren bij de ruil of aankoop van percelen grond. Hierdoor stagneren de landinrichtingsplannen en daarmee de ontwikkelingen voor de groene functies: landbouw, natuur en recreatie. Daarom hebben dertien betrokken partijen<sup>3</sup> een integrale aanpak voor landinrichting en het oplossen van de bodemverontreiniging ontworpen. Deze aanpak is opgetekend in een gebiedsgericht Bodembeheerplan en in 1998 in werking getreden (provincie Zuid-Holland e.a., [1998]). Voor de uitvoering van dit Bodembeheerplan is de onafhankelijke Stichting Bodembeheer Krimpenerwaard (SBK) opgericht.

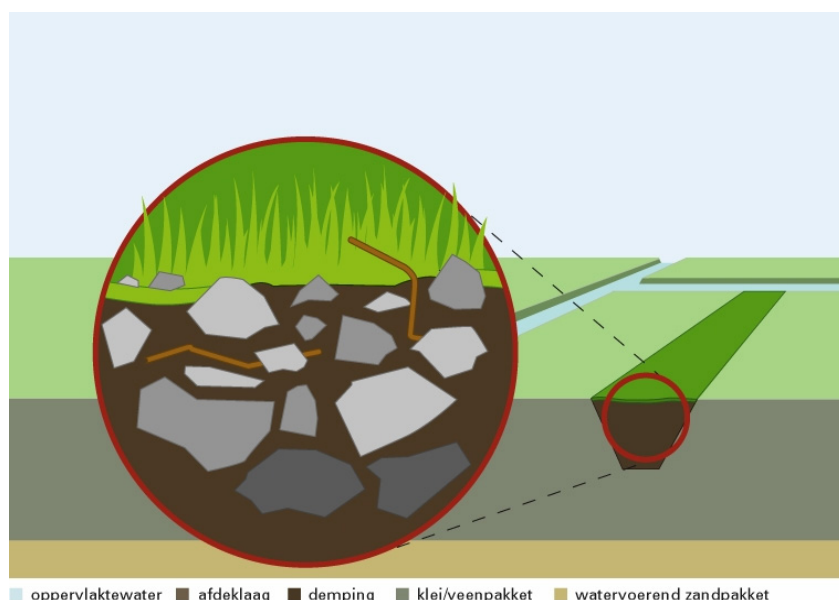


Fig. 1. Slotdemping zonder afdeklaag.

Het Bodembeheerplan geeft een milieuhygiënisch verantwoorde oplossing voor de bodemverontreiniging en ondersteunt de landinrichting. De oplossing is gebaseerd op het uitgangspunt dat de bodemverontreiniging functiegericht wordt gesaneerd, waarbij de bodemverontreiniging geen beperking mag vormen voor de beoogde functies (landbouw, natuur en recreatie) in het gebied. Daar waar beperkingen aanwezig zijn, is overeengekomen dat de Stichting Bodembeheer Krimpenerwaard de milieuhygiënische risico's overneemt en zorgdraagt voor uitvoering van de te nemen maatregelen met de daaraan gekoppelde nazorg.

<sup>3</sup> De dertien partijen betrokken bij het Bodembeheerplan Krimpenerwaard en de Stichting Bodembeheer Krimpenerwaard zijn: provincie Zuid-Holland, de Ministeries van VROM-DGM en LNV, de Landinrichtingscommissies Krimpenerwaard en Krimpen, Hoogheemraadschap van de Krimpenerwaard, Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden, Stichting Zuid-Hollands Landschap, Westelijke Land- en Tuinbouworganisatie en de gemeenten Vlist, Nederlek, Schoonhoven, Ouderkerk en Bergambacht

In het Bodembeheerplan zijn diverse aannamen gedaan met betrekking tot de fysische en chemische samenstelling van het dempingmateriaal, de afdeklaag en de mogelijke aanwezigheid van risico's voor verspreiding van verontreinigingen, risico's voor de landbouw en ecologische risico's.

Het verificatieonderzoek heeft tot doel:

- het verifiëren van de juistheid van de aannamen zoals geformuleerd in het Bodembeheerplan ten aanzien van het optreden van nadelige effecten (landbouwkundig, ecologisch en verspreiding) en
- het verifiëren van de effectiviteit en duurzaamheid van het in het Bodembeheerplan voorgestelde maatregelenpakket.

Het verificatieonderzoek is opgedeeld in de deelonderzoeken *landbouw*, *ecologie* en *verspreiding*.

In de deelonderzoeken *landbouw* en *ecologie* zijn de volgende aannamen uit het Bodembeheerplan geverifieerd:

- dempingen uit een milieuhygiënisch verdachte dempingcategorie en een onvoldoende dikke afdeklaag vormen een landbouwkundig en ecologisch risico;
- met een schone afdeklaag van 30 cm worden de landbouwkundige en ecologische risico's voldoende weggenomen.

In het deelonderzoek *verspreiding* betreft het de volgende aannamen:

Verspreiding naar oppervlaktewater

- Verspreiding naar grondwater vindt altijd plaats bij verdacht dempingmateriaal; dit leidt tot overschrijdingen van de Interventiewaarde in het grondwater en kan leiden tot overschrijdingen van kwaliteitseisen in het oppervlaktewater aan de kopse kanten van de gedempte sloten.

Verspreiding naar (diep) grondwater

- Horizontale en verticale verspreiding naar grondwater vindt altijd plaats bij verdacht dempingmateriaal. Dit leidt tot overschrijding van de interventiewaarde in het (freatisch) grondwater. Dit leidt echter niet tot overschrijdingen in het eerste watervoerend pakket, tenzij er sprake is van dempingen met verdacht dempingmateriaal op gefundeerde zandbanen en -donken in een infiltratiesituatie.

De aanname uit het Bodembeheerplan dat verspreidingsrisico's bij onverdacht materiaal niet bestaan, is op grond van kosten/batenoverwegingen niet apart geverifieerd. Het werd zinvoller geacht het onderzoeksbudget te besteden aan de dempingen met verdacht dempingmateriaal.

Het verificatieonderzoek heeft zich toegespitst op de dempingen met verdacht dempingmateriaal. De verdachte categorieën dempingmateriaal betreffen: bouw- en sloopafval, shredder, lompen, huishoudelijk afval, industrieel- en bedrijfsafval en scheepsafval. Daarnaast is bagger als een mogelijk verdachte categorie aangemerkt. Vanwege het kleine aantal dempingen met industrieel-, bedrijfs- en scheepsafval zijn deze categorieën in het onderzoek samengenomen.

Een beperkte groep slootdempingen in de Krimpenerwaard is buiten de scope van het verificatieonderzoek gehouden. Dit betreft enkele 'bijzondere gevallen', bijvoorbeeld grotere stortvlakken, die een apart traject hebben. De gevallen zijn beschreven in een eerder uitgevoerde bureaustudie [IWACO, 2000b].

## HOOFDSTUK 2

### DE SLOOTDEMPINGEN

#### 2.1 Aard en indeling in categorieën

In het Bodembeheerplan zijn diverse aannamen gedaan met betrekking tot de fysische en chemische samenstelling van het dempingmateriaal, de afdeklaag en de mogelijke aanwezigheid van risico's. Op grond van kwalitatieve en deels kwantitatieve informatie zijn de dempingen in vijf groepen ingedeeld. Deze indeling is gebaseerd op de criteria: (i) verdacht of onverdacht dempingmateriaal; (ii) een voldoende of onvoldoende dikte van de afdeklaag (*aangenomen is dat 30 cm voldoende is*); en (iii) de mogelijke aanwezigheid van een verdachte bijmenging in de afdeklaag. In tabel 1 is de indeling in de verschillende groepen weergegeven.

Tabel 1. Indeling dempinglocaties in groepen (volgens Bodembeheerplan Krimpenerwaard, 1998).

Groep	Afdeklaag	Dempingmateriaal	Aanname	Percentage van totaal aantal dempingen
A	Mogelijk verdachte bijmenging en < 30 cm dik	Verdacht	Mogelijk landbouwkundige, ecologische en verspreidingsrisico's aanwezig	38
B	Geen verdachte bijmenging en > 30 cm dik	Verdacht	Mogelijk verspreidingsrisico's aanwezig	4
C	Verdachte bijmenging	Onverdacht	Mogelijk landbouwkundige en ecologische risico's aanwezig	0
D	Onverdacht	Onverdacht	Risico's afwezig	7
E	Onvoldoende gegevens	Geen aanname	Geen aanname	51

Categorie E betreft dempingen waarover te weinig gegevens beschikbaar zijn om ze te kunnen indelen in de categorieën A tot en met D. Dit betekent dus dat voor ongeveer de helft van de dempingen bruikbare gegevens ontbreken.

Verder is er een indeling gemaakt op basis van categorieën dempingmateriaal. Deze categorieën zijn gebaseerd op aard en herkomst van dit materiaal. De verdachte categorieën dempingmateriaal betreffen: bouw- en sloopafval, shredder, lompen, huishoudelijk afval, industrieel- en bedrijfsafval en scheepsafval. Daarnaast is bagger als een mogelijk verdachte categorie aangemerkt.

#### 2.2 Verontreinigingssituatie: analysegegevens

Analysegegevens zijn beschikbaar van een beperkt deel van de dempingen. In een breed opgezette data-analyse [Raytheon, 1997] is voor 317 locaties, waarvan analysegegevens beschikbaar zijn, het verontreinigingsbeeld samengevat. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen afdeklaag, dempingmateriaal en freatisch grondwater. Er bleken met name gegevens beschikbaar voor dempingen geclassificeerd als 'bouw- en sloopafval' en 'huishoudelijk afval'. De in deze data-analyse hoogst aangetroffen gehalten en gemiddelden zijn weergegeven in bijlage H.

Zware metalen en PAK (polycyclische aromatische koolwaterstoffen), in gehalten boven de interventiewaarden voor bodemsanering, blijken de meest voorkomende verontreinigingen in het dempingmateriaal. Ook in de deklagen zijn in dit onderzoek verhoogde concentraties aangetroffen. In grondwater betreft het vooral metalen, minerale olie, vluchtige aromatische koolwaterstof-

fen, chloorbenzenen en EOX. De resultaten van dit onderzoek zijn eveneens opgenomen in bijlage H.

Voor een nadere uitsplitsing van de parameter EOX is in een aanvullend onderzoek [IWACO, 2000] vastgesteld dat, in het dempingmateriaal van de onderzochte shredderdempingen, sprake was van duidelijk verhoogde gehalten PCB (overschrijding interventiewaarde).

In de verschillende fasen van het verificatieonderzoek zijn aanvullend analysegegevens beschikbaar gekomen. Voor de zware metalen betreft dit analyses die zowel betrekking hebben op het totaal gehalte als op het potentieel beschikbaar gehalte. Deze analysegegevens hebben betrekking op de onderzochte deklagen, het dempingmateriaal of het grondwater. De bespreking van deze analyseresultaten vindt plaats in de relevante context bij de afzonderlijke deelonderzoeken.

## HOOFDSTUK 3

### ONDERZOEKSAANPAK

#### 3.1 De verschillende onderzoeksfasen

Het verificatieonderzoek is opgedeeld in 4 fasen. De 4 fasen zijn globaal als volgt te typeren:

- Fase 1: voorbereidende studies die de basis hebben gelegd voor veldonderzoeken en modelstudies van fase 2;  
Fase 2: uitvoering van veldonderzoeken en modelstudies;  
Fase 3: afronding van veldonderzoeken, rapportages;  
Fase 4: monitoring

Dit integraal eindrapport beslaat de fasen 1 tot en met 3; ten aanzien van fase 4 (monitoring) worden aanbevelingen gedaan.

In onderstaand overzicht wordt het verloop van het onderzoek in alle 4 fasen in grote lijn weergegeven.

#### Oriëntatie en screening

- Landbouw: oriënterend onderzoek (veld, analyses, model) aan 6 dempingen (fase 1); screening (veld, analyses) van een brede set dempingen (fase 2).  
Ecologie: screening (veld, analyses, assays) van een brede set dempingen (fase 2).  
Verspreiding: gegevensanalyse van een brede set dempingen (fase 2).

#### Verdieping

- Landbouw: evaluatie van de benodigde dikte van de afdeklaag (fase 1, fase 2) en lange termijn effecten (fase 2); veld- en modelonderzoek.  
Ecologie: evaluatie van de standaarddikte van de afdeklaag (fase 2), locatiespecifieke uitwerking (fase 2) en gebiedsgerichte opschaling (fase 3); veld-, laboratorium- en modelonderzoek.  
Verspreiding: gericht veld- en modelonderzoek (fase 2).

#### Vergeneralisering

- Voor alle deelonderzoeken (fase 2/3):
- van steekproef terug naar geheel;
  - conclusies en aanbevelingen voor het bodembeheer;
  - aanbevelingen monitoring.

#### 3.2 Toelichting op de onderzoeksfasen

Na de periode van oriëntatie en screening vond een verdere verdieping plaats, waarbij voor de deelonderzoeken *landbouw* en *ecologie* de nadruk lag op de evaluatie van de dikte van de aan te brengen afdeklaag op verdachte dempingen. In het deelonderzoek landbouw heeft het onderzoek zich hierbij gericht op de uiteindelijk gewenste dikte. Daarentegen is de vraagstelling in het deelonderzoek ecologie beperkt tot de effectiviteit van de standaarddikte van 30 cm. In het deelonderzoek *verspreiding* is, op basis van de voorgaande stappen, steeds gericht en diepgaander (ook in letterlijke zin) onderzoek uitgevoerd om het verspreidingsgedrag van verontreinigingen te onderzoeken. Hierbij ging het niet alleen om verticale verspreiding van verontreinigingen vanuit de dempingen naar het diepe grondwater, maar ook om zijdelingse verspreiding van verontreinigingen naar aangrenzend oppervlaktewater.

Een vraag die daarbij beantwoord diende te worden is of afdichting van kopse kanten als maatregel nodig en afdoende was om ontoelaatbare verspreiding vanuit de dempingen naar het oppervlaktewater tegen te gaan. Bij het onderzoek is zowel gekeken naar de beschikbaarheid van verontreinigingen voor verspreiding als naar de verspreiding van verontreinigingen op de langere termijn. De resultaten van het veld- en laboratoriumonderzoek zijn gecombineerd met resultaten van grondwaterstromings- en stoftransportberekeningen.

Het verificatieonderzoek bestond deels uit een veldverificatie, waarbij metingen zijn verricht aan bestaande dempingen met verdacht dempingmateriaal. Voor deze veldverificatie is per categorie dempingmateriaal een aantal dempingen geselecteerd. Voor de deelonderzoeken *landbouw* en *ecologie* is hierbij voor de screening (*dat is het effectenonderzoek op de dempingen met onvoldoende of geen afdeklaag, de zogenaamde A-dempingen*) uitgegaan van 5 dempingen per categorie verdacht dempingmateriaal. De onderzoekers van het deelonderzoek *verspreiding* hanteerden het uitgangspunt: 3 dempingen per categorie. Bij dit deelonderzoek is geen onderscheid gemaakt in groep A- en groep B-dempingen. Verondersteld is dat dit aantal per categorie, uitgaande van meer bemonsteringen per demping, voldoende was een uitspraak te kunnen doen over de eventuele schadelijke effecten die uitgaan van het dempingmateriaal (*zie verderop: steekproefgrootte*).

Voor de vervolgstappen is in het verificatieonderzoek het zogenoemde 'afpelprincipe' gehanteerd. Dat betekende dat het onderzoek naar de effectiviteit van de maatregelen alleen is uitgevoerd op die categorieën dempingmateriaal waar tijdens de screening negatieve effecten waren geconstateerd. Dit vervolgonderzoek bestaat voor de deelonderzoeken *landbouw* en *ecologie* met name uit de verificatie van de effectiviteit van een afdeklaag. Hiertoe zijn dempingen geselecteerd met een reeds bestaande afdeklaag van, volgens de beschikbare data bij de SBK, tenminste 30 centimeter (de *B-dempingen*). De impliciete (niet te controleren) veronderstelling hierbij was, dat de grond van de afdeklaag ten tijde van opbrengen van goede kwaliteit (streefwaarde-niveau) is geweest.

Bij *verspreiding* is bij de vervolgstappen vooral rekening gehouden met die dempingen waarbij tijdens de eerste fase van het onderzoek relatief hoge gehalten verontreinigingen zijn aangetroffen in het dempingmateriaal.

### 3.3 Selectie van dempingen

Voor de selectie van de A- en B-dempingen golden primair de volgende afwegingen:

- de eenduidigheid van het dempingmateriaal;
- de lengte van de demping (bij voorkeur > 100 meter);
- de ruimtelijke spreiding van de geselecteerde dempingen;
- variatie in de hoogte van de grondwaterstand;
- geen afdekking met verhardingsmateriaal (stelcon, asfalt, tegels);
- het bestaan van een overeenkomst van de eigenaar met de Stichting Bodembeheer Krimpenervaard;
- aanwezigheid kopse kant;
- ligging in kwel-, infiltratie- of overgangsgebieden;
- ligging op rivierduin, (on)diepe geul of ongestoord bodemprofiel;
- voor B-dempingen: de dikte van de afdeklaag (tussen 30 en 50 cm).

Het vooronderzoek was vooral gericht op het inventariseren van alle beschikbare informatie over de verontreinigde locaties in de Krimpenervaard en het databeheer van deze gegevens. De gegevens zijn afkomstig uit de databases van de provincie Zuid-Holland en de Stichting Bodembeheer Krimpenervaard (SBK), interviews met de grondeigenaren, veldonderzoek en (in een beperkt aantal gevallen) nader bodemonderzoek. De databases van de provincie en SBK zijn

met elkaar versmolten tot de nieuwe database BIK-i die is gevuld met de bovengenoemde gegevens. Gedurende het verificatieonderzoek hebben de onderzoekers gebruik gemaakt van de database voor informatie over de aard en de milieuhygiënische betekenis van de dempingen en de ligging van verschillende typen dempingen in het gebied.

Als eerste stap zijn geschikte dempingen geselecteerd in het vooronderzoek [IWACO, 2000]. De op papier geselecteerde dempingen bleken echter in de praktijk lang niet altijd bruikbaar, doordat bijvoorbeeld de situatie in het veld afweek of geen toestemming is verkregen voor onderzoek. De uiteindelijke selectie is daarom het resultaat van zowel de bureauselectie als van constateringen in het veld.

Vanwege praktische redenen (beperkt aantal voor onderzoek geschikte dempingen) zijn de categorieën industrieel en bedrijfsafval en de categorie scheepsafval samengevoegd. Deze gecombineerde categorie is vervolgens onder de noemer industrieel en bedrijfsafval weergegeven.

Aanvankelijk lag het in de bedoeling dat ook onverdachte dempingmaterialen deel zouden uitmaken van de selectie van te onderzoeken groepen dempingen. Dit onderzoek is echter komen te vervallen, aangezien het op voorhand als zeer onwaarschijnlijk werd beoordeeld dat dergelijke dempingen tot een risico zouden kunnen leiden. Besloten is daarom om het uitgangspunt te hanteren: *'indien verdachte dempingen niet tot een risico leiden, dan zullen onverdachte dempingen dat zeker niet doen.'*

De in dit verificatieonderzoek onderzochte dempingen voor de deelonderzoeken landbouw, ecologie en verspreiding zijn weergegeven op de bijgevoegde kaarten 3, 4 en 5. Ook is er een overzicht van deze dempingen opgenomen als bijlage I van dit rapport.

### 3.4 Toelichting op de term 'risico's'

In deze rapportage is het verificatieonderzoek beschreven in termen van 'verificatie van risico's' van bodemverontreinigingen in de Krimpenerwaard. In het algemeen geldt dat met 'risico's' de 'negatieve effecten' van de aanwezige verontreinigingen bedoeld worden. Voor de verschillende deelonderzoeken is echter op verschillende manieren invulling gegeven aan de term 'risico's'. In onderstaand kader is dit toegelicht.

#### *Risico's in het deelonderzoek landbouw*

*In het deelonderzoek landbouw zijn landbouwkundige risico's geformuleerd in de zin van (kans op) overschrijding van bepaalde kwaliteitsnormen, zoals veevoedernormen en Warenwettenormen.*

#### *Risico's in het deelonderzoek ecologie*

*In het deelonderzoek ecologie zijn risico's beschreven in termen van 'effecten'. Deze effecten zijn gerelateerd aan verschillende milieuchemische, toxicologische en ecologische experimenten en veldwaarnemingen. Generieke normen voor de beoordeling van ecologische effecten van bodemverontreiniging ontbreken. Daarom zijn de resultaten vergeleken met gebiedseigen referenties en beoordeeld met speciaal voor dit doel ontwikkelde beoordelingscriteria.*

#### *Risico's in het deelonderzoek verspreiding*

*In het deelonderzoek verspreiding zijn de te verifiëren risico's benaderd in termen van (toename van) concentraties ten opzichte van streef- of interventiewaarden. Het risico van verspreiding van stoffen in verhoogde concentraties kan vervolgens leiden tot een overschrijding van de waterkwaliteitsnormen.*

### 3.5 Communicatie

Gezien de complexiteit, gevoeligheid en duur van het project en de vele verschillende partijen (doelgroepen) die bij het project betrokken zijn, speelt communicatie in het gehele traject van onderzoek en afstemming een essentiële rol. Daarnaast is het de bedoeling om de binnen dit onderzoek ontwikkelde methoden en kennis, en de opzet en de resultaten ervan op een adequate manier te verspreiden onder een brede groep van onderzoekers, adviseurs en beleidsmakers in het werkveld van de bodemsanering en bodembescherming.

In grote lijnen ligt de nadruk van de gekozen communicatiestrategie op open communiceren in tweerichtingsverkeer, draagvlak creëren en kennisverspreiding. Hiervoor zijn twee sporen gevolgd, namelijk de communicatie met de betrokkenen in de Krimpenerwaard en de communicatie met de samenleving (*voorbeeldwerking*). Een toelichting op de communicatiestrategie en de ingezette communicatiemiddelen is opgenomen als bijlage B.

## HOOFDSTUK 4

### DEELONDERZOEK LANDBOUW

#### 4.1 Inleiding

In het deelonderzoek *landbouw* zijn de volgende aannamen uit het Bodembeheerplan geverifieerd:

- dempingen uit een milieuhygiënisch verdachte dempingcategorie en een onvoldoende dikke afdeklaag vormen een landbouwkundig risico;
- voor dempingen met een schone afdeklaag van 30 cm worden de landbouwkundige risico's voldoende weggenomen.

#### 4.2 Vaststellen landbouwkundige risico's

##### 4.2.1 Onderzoeksaanpak

Landbouwkundige risico's zijn in het deelonderzoek *landbouw* bepaald door na te gaan of de aangetroffen concentraties zware metalen, PAK en PCB mogelijk schadelijk kunnen zijn voor vee (koe en schaaap) en of wettelijke kwaliteitsnormen voor landbouwproducten en voedergewassen overschreden kunnen worden.

Het eerste deel van het onderzoek was gericht op het met voldoende nauwkeurigheid vaststellen welke categorieën dempingen een landbouwkundig risico zouden opleveren. In de eerste fase van het Verificatieonderzoek Landbouw [Boels et al., 2000 en Boels en Zweers, 2001] is een methode ontwikkeld voor het vaststellen van landbouwkundige risico's van dempingen. Landbouwkundige risico's zijn in deze methodiek in eerste instantie bepaald door toetsing van berekende gehalten zware metalen in de rundernier aan het maximumgehalte volgens de Warenwet. Metaalgehalten in de rundernier zijn berekend met een eenvoudig model voor bioaccumulatie op basis van gemeten metaalgehalten in het gras en de toplaag van de afdeklaag. Daarnaast zijn de gemeten metaalgehalten in grond en gras ook getoetst aan veevoedernormen (*met het oog op toxiciteit voor het dier*) en gehalten waarbij toxiciteit voor het gewas optreedt (fytotoxiciteit). Dit onderzoek beperkte zich tot landbouwkundige risico's als gevolg van zware metalen, toegespitst op de koe (figuur 2). Verder was het onderzoek beperkt tot de categorieën bouw- en sloopafval en shredder. Uit het onderzoek bleek dat alleen bij dempingen met shredder en een dunne afdeklaag (<30 cm) sprake was van landbouwkundige risico's.

In de tweede fase van het onderzoek zijn alle verdachte dempingcategorieën onderzocht. Om per categorie een uitspraak te kunnen doen met voldoende betrouwbaarheid is in de eerste fase van het onderzoek de minimale steekproefgrootte vastgesteld voor de bemonstering van grond en gras op de dempingen. Op basis hiervan is een bemonsteringsstrategie opgezet waarbij per dempingcategorie 5 locaties zijn uitgezocht. Op de uitgezochte locaties waren afdeklaagen aanwezig van minder dan 30 cm (groep A). Hier zijn grond (bovenste 5 cm) en gras bemonsterd. Per locatie zijn vijf monsters genomen, die zijn samengevoegd tot één mengmonster. Daarnaast zijn in het naastgelegen veld als referentie eveneens grond- en grasmonsters genomen. Alle grond- en grasmonsters zijn geanalyseerd op zware metalen.

De analyses van de zware metalen zijn vooral gericht op de potentieel beschikbare fractie, dus niet op het totaalgehalte. De potentieel beschikbare fractie geeft een betere schatting van de concentraties waaraan planten en vee worden blootgesteld. Deze analyse vindt plaats met behulp van  $0,43 \text{ mol.l}^{-1} \text{ HNO}_3$ -extractie.

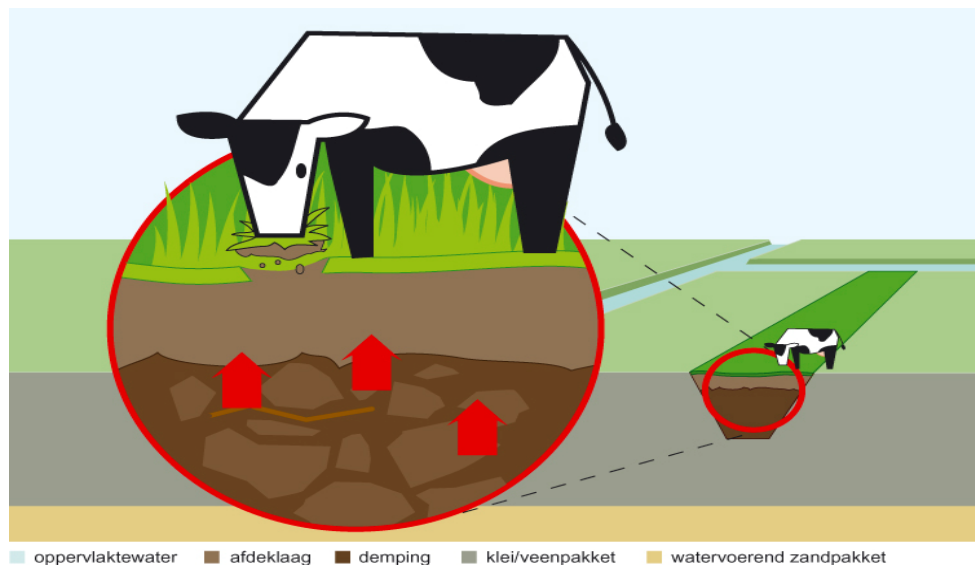


Fig. 2. Opname van verontreinigingen uit de demping door grazend vee.

Voor de evaluatie van de organische verontreinigingen is gekozen voor een opzet waarbij de potentiële beschikbaarheid van organische verontreinigingen getest is met behulp van EROD-assays, waarbij enzyminductie wordt gemeten. Deze enzyminductie is een indicatie voor de aanwezigheid van PCB's en PAK's en aanverwante organische verbindingen. Omdat op basis van de resultaten van de EROD-assays geen enkele dempingcategorie kon worden uitgesloten (zie hoofdstuk 5), zijn PCB-analyses uitgevoerd op dempingen uit alle categorieën, met uitzondering van lompen. Er zijn in totaal 27 locaties bemonsterd. PAK-analyses zijn alleen uitgevoerd voor shredder en bouw- en sloopafval (6 bemonsterde locaties). De analyses betreffen steeds de bovenste 5 cm van het dempingmateriaal.

#### 4.2.2 Resultaten

De warenwetnorm bleek de meest kritische norm voor het toetsen van landbouwkundige risico's van zware metalen. De gemeten gehalten zware metalen overschreden, met uitzondering van koper, voor geen enkele dempingcategorie de veevoedernorm en het kritische gehalte voor fytoxiciteit. Daarom is in het vervolg van het onderzoek alleen nog maar getoetst aan de warenwetnorm.

De kopergehalten in het gras bleken rond de veevoedernorm voor schapen te liggen. Dit is een algemeen gegeven voor veenweidegebieden in Nederland en dus geen specifiek probleem voor de dempingen in de Krimpenerwaard.

Voor dempingen met bagger, bouw- en sloopafval en huishoudelijk afval is met voldoende zekerheid vastgesteld dat ze geen landbouwkundige risico's op zullen leveren als gevolg van zware metalen. De warenwetnorm is binnen het 95% betrouwbaarheidsinterval voor geen enkel metaal overschreden.

De gehalten van de metalen zink, nikkel, chroom, kwik en arseen in dempingen zonder afdeklaag bleken niet tot landbouwkundige risico's te leiden en konden dus in de rest van het onderzoek buiten beschouwing gelaten worden. Het verdere onderzoek beperkte zich tot de metalen cadmium en lood.

Voor de categorieën industrieel en bedrijfsafval en shredder is geconcludeerd dat voor dempingen met een onvoldoende dikke afdeklaag (< 30 cm) een landbouwkundig risico aanwezig is met betrekking tot de metalen cadmium en lood. Deze conclusie is getrokken op basis van overschrijding van het maximum gehalte van de Warenwet door berekende gehalten cadmium en lood in de rundernier en het berekende gehalte cadmium in de schapenlever. De metalen lood en cadmium zijn daarom belangrijk in het vervolg van deze studie.

Voor dempingen met shredder en industrieel- en bedrijfsafval bleek de variantie in de berekende metaalgehalten in de rundernier en schapenlever zó groot, dat de gemiddelde waarde per dempingcategorie geen goede maat was voor het landbouwkundig risico van de categorie als geheel.

PAK's bleken geen aanleiding te geven tot landbouwkundige risico's in de onderzochte dempingen met shredder en bouw- en sloopafval. Gezien de beperkte biologische beschikbaarheid van PAK, is er geen overschrijding van de acceptabele dagelijkse inname (ADI) voor vee te verwachten.

Op basis van PCB-metingen in het dempingmateriaal worden geen landbouwkundige risico's verwacht voor dempingen met huishoudelijk afval, bouw- en sloopafval en bagger. De hoge gehalten PCB's in dempingen met shredder en industrieel en bedrijfsafval leiden mogelijk wél tot landbouwkundige risico's. In paragraaf 4.3 wordt hier nader op ingegaan.

#### **4.3 Vaststellen veilige dikte afdeklaag**

##### **4.3.1 Onderzoeksaanpak**

Het vaststellen van de veilige dikte van de afdeklaag is gebaseerd op zowel veldmetingen als modelberekeningen.

Per dempingcategorie zijn gras en grond bemonsterd op 2 locaties met een (opgegeven) afdeklaag van meer dan 30 cm dik. Tevens zijn referentiemonsters genomen in het naastgelegen veld. De grond- en grasgehalten en de berekende gehalten in de rundernier en schapenlever zijn vergeleken met veevoedernormen en warenwetnormen. Om de invloed van de dikte van de afdeklaag te bepalen zijn de gemeten gehalten cadmium in grond en gras alsmede de (berekende) cadmiumgehalten in de schapenlever gerelateerd aan de dikte van de afdeklaag voor de gehele dataset.

Met modelberekeningen zijn de veranderingen van de afdeklaag in de tijd onderzocht. In een model voor het berekenen van oxidatie en krimp van veen is onderzocht hoe deze processen de afdeklaag beïnvloeden. De snelheid van oxidatie, berekend in dit model, is tevens gebruikt als invoer voor een geïntegreerd model. Met dit geïntegreerde model waarin zowel (i) op- en neerwaarts stoftransport in de vloeibare fase door convectie, (ii) menging in de vaste fase als gevolg van mechanische en biologische turbatie, als wel (iii) gewasopname en (iv) oxidatie beschreven worden, is berekend in welke mate de afdeklaag verontreinigd wordt vanuit de demping en wat dit voor gevolgen heeft voor de gewasopname bij verschillende diktes van de afdeklaag voor een periode van 150 jaar. Na de gehalten Cd in gewas en afdeklaag met het model te hebben uitgerekend, zijn vervolgens de gehalten in de rundernier en schapenlever berekend en getoetst aan de warenwetnorm, zoals bij het vaststellen van de landbouwkundige risico's (paragraaf 4.2). De gevoeligheid en onzekerheid van het model zijn ingeschat door modelparameters, zoals voor snelheid, turbatie en sterkte binding metalen aan de bodem, te variëren tussen de minimale en maximale waarden en het effect hiervan op de berekende gehalten na te gaan.

#### 4.3.2 Resultaten

Zowel de metaalgehalten in de bodem en in het gras als de berekende gehalten cadmium in de rundernier en schapenlever vertoonden een duidelijk dalende trend met een toenemende dikte van de afdeklaag. Figuur 3 toont hoe de concentraties in de bovenste 5 cm van de bodem afnemen bij een toenemende dikte van de afdeklaag.

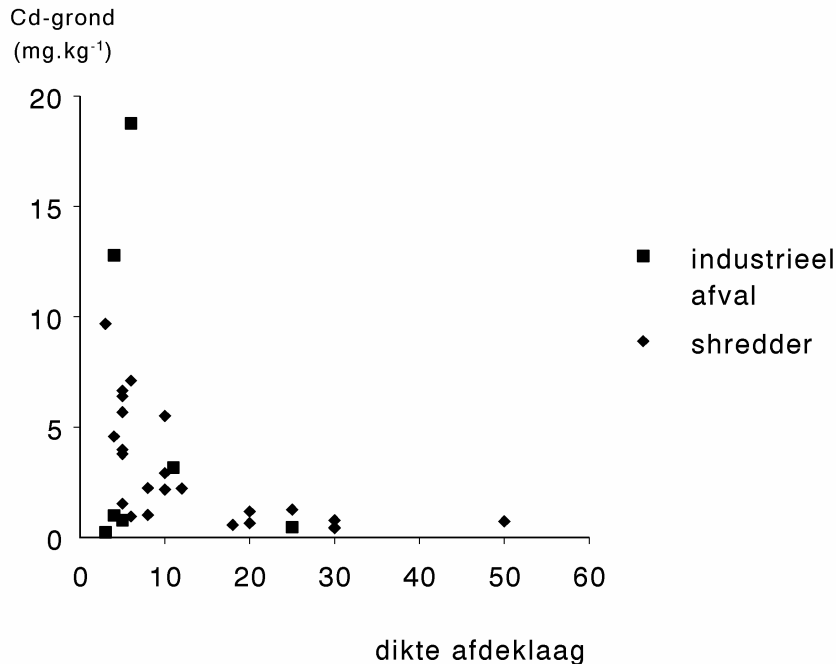


Fig. 3. Gemeten gehalten Cd in de toplaag (0-5 cm) van de afdeklaag voor dempingen met shredder en industrieel afval, bij verschillende dikten van de afdeklaag. (Cd gehalten betreffen de potentieel beschikbare fractie, na extractie met 0,43 mol.l<sup>-1</sup> HNO<sub>3</sub>.)

Het metaalgehalte in de toplaag van de bodem nam snel af tot een laagdikte van ongeveer 15 cm en bleef daarna ongeveer constant. Dit betekent dat bij dempingen met afdekkingen dikker dan 15 cm er geen risico's optreden als gevolg van verhoogde opname van cadmium door ingestie van grond. Metalen die van grotere diepte opgenomen worden door plantenwortels zijn het meest risicovol. Daarom is het verdere onderzoek toegespitst op cadmium dat, in tegenstelling tot lood, goed door gewassen opgenomen wordt. De cadmiumgehalten in het gras lieten een grote spreiding zien, evenals de berekende cadmiumgehalten in de rundernier en schapenlever, waarvoor bij de berekening zowel de bodem- als grasgehalten gebruikt zijn. Zowel de hoogte als de spreiding in de berekende metaalgehalten in rundernier en schapenlever namen af met een toenemende dikte van de afdeklaag.

In een aanvullende meetronde is nagegaan of een zelfde beeld ook waarneembaar is voor PCB. Er zijn 4 dempingen met shredder geselecteerd met een opgegeven gemiddelde dikte van de afdeklaag van tenminste 30 cm. Deze dempingen zijn bemonsterd in fase 3 van het deelonderzoek *ecologie*. De dikte van de afdekkingen bleek variabel, variërend van circa 15 tot 45 cm. Van de afdeklaag is de bovenste 5 cm grond bemonsterd. Daar deze aanvullende meetronde niet is opgenomen in de eindrapportage van het deelonderzoek landbouw, is de rapportage als bijlage bij dit integraal eindrapport gevoegd (bijlage D).

Figuur 4 geeft het gehalte in de bovenste 5 cm van de afdeklaag afgezet tegen de dikte van de afdeklaag. Er blijkt sprake te zijn van een tendens van een afnemende concentratie met toenemende dikte van de afdeklaag, al is deze niet eenduidig en niet zo sterk als de relatie tussen concentraties zware metalen en de dikte van de afdeklaag.

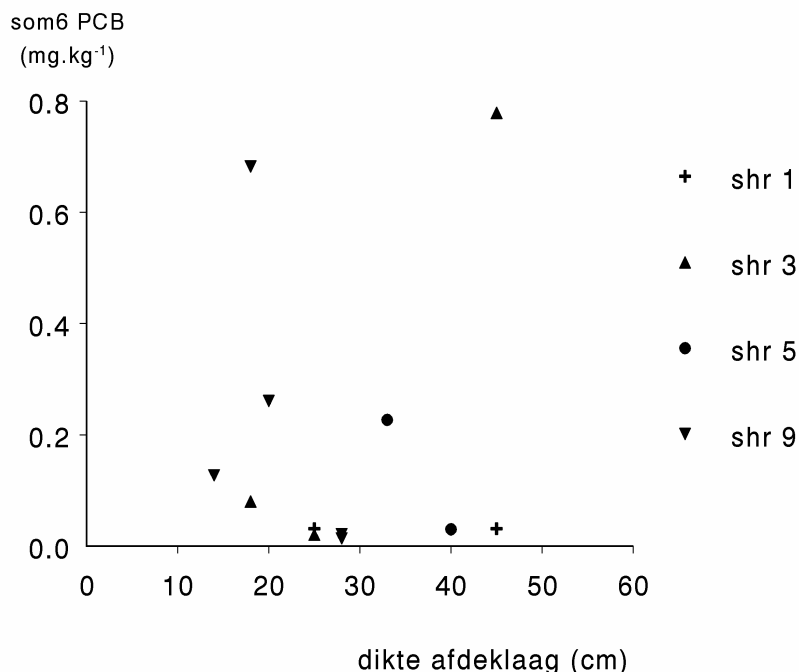


Fig. 4. Relatie PCB-gehalte (som 6) met dikte van de afdeklaag.

Voor PCB's liggen de concentraties in de afdeklaag, onafhankelijk van de dikte van de afdeklaag, in alle gevallen boven de niveaus in de referenties (zie bijlage D). Een mogelijke verklaring hiervoor is dat PCB's veel slechter in water oplossen dan zware metalen. Door (bio)turbatie worden zowel zware metalen als PCB's naar boven getransporteerd. Bij zware metalen wordt dit transport tegengewerkt door een naar beneden gericht transport in de vloeistoffase. Bij PCB's is, door de geringe oplosbaarheid in water, het transport in de vloeistoffase te verwaarlozen waardoor concentraties PCB's tot hoger in het profiel kunnen toenemen.

De concentraties PCB's in afdekragen liggen alle boven de streefwaarde maar ruim onder de interventiewaarde voor PCB's. Gemiddeld blijven de PCB-concentraties in alle bemonsterde dekragen voor PCB 138 en PCB 153 onder de LAC-waarde. Individuele monsters overschrijden de LAC-waarde soms net. Op basis hiervan zijn geen risico's voor grazend vee te verwachten bij de huidige concentraties PCB's in de afdekragen.

De effectiviteit van de afdeklaag in het tegengaan van negatieve effecten voor landbouwkundig gebruik is bij PCB's minder dan bij zware metalen. Dit komt waarschijnlijk doordat bij zware metalen herverontreiniging van de afdeklaag door turbatie vanuit de demping tegengegaan wordt door een naar beneden gericht transport in de vloeistoffase. Dit transport is bij PCB's nihil.

Uit de modelberekeningen van de oxidatie en krimp van veen en de gevolgen die dit heeft voor de bodemdaling blijkt dat de bodem naast een demping sneller daalt dan ter plaatse van de demping. Het gevolg daarvan is dat een demping met een afdeklaag geleidelijk als een rug in een weilandperceel zichtbaar zal worden. In de praktijk bleken dempingen echter juist vaak lager

te liggen dan de naastgelegen percelen. Dit is waarschijnlijk het gevolg van zakking door de belasting van het dempingmateriaal op de voormalige waterbodem. Een proces dat in de modelberekeningen niet is meegenomen. Verondersteld mag worden dat de omvang en de duur van deze zakking mede afhankelijk is van het volumegewicht van het dempingmateriaal.

Berekeningen met het geïntegreerde model waarmee de verontreiniging van de afdeklaag op lange termijn gesimuleerd wordt, laten zien dat door capillaire opstijging en turbatie een dunne laag (tot 10 cm) in de afdeklaag direct boven het dempingmateriaal wordt verontreinigd met zware metalen. Het gehalte Cd in het gewas neemt snel toe wanneer de wortels in deze zone net boven het dempingmateriaal of in het dempingmateriaal aanwezig zijn. Door oxidatie van organische stof neemt de dikte van de afdeklaag af waardoor wortels steeds dichterbij de buurt van deze zone komen. Uit de berekeningen voor het testen van de onzekerheid van het model blijkt dat de modeluitkomsten ongevoelig zijn voor variatie in modelparameter voor de snelheid van turbatie. De variatie in modeluitkomsten als gevolg van variatie in modelparameters voor binding van metalen is wel groot. De modelonzekerheid (variatie) nam echter sterk af met toenemende dikte van de afdeklaag. Deze onzekerheid was voor diktes vanaf 30 cm klein genoeg om zinnige uitspraken te kunnen doen. De berekende cadmiumgehalten in rundervier en schapelever op basis van de met het model gesimuleerde cadmiumgehalten in gewas en bodem blijven onder de warenwetnorm gedurende 25 jaar voor afdekkingen van 35 cm en dikker.

#### 4.4 Conclusies en aanbevelingen Verificatieonderzoek Landbouw

Aan de hand van de resultaten uit het deelonderzoek *landbouw* zijn de aannamen in het Bodembeheerplan geverifieerd. De aannamen zijn grotendeels bevestigd door het onderzoek, maar met name waar het de dikte van de afdeklaag betreft dienen de aannamen aangepast te worden. De volgende conclusies zijn getrokken:

1. Dempingen met bagger, bouw- en slooafval en huishoudelijk afval hebben geen landbouwkundig risico vanuit milieuhygiënisch oogpunt.
2. Voor dempingen met shredder en industrieel- en bedrijfsafval is aangetoond dat er wel een landbouwkundig risico bestaat. De risico's zijn geconstateerd voor de metalen cadmium en lood en voor PCB.
3. Uit zowel veldwaarnemingen als modelberekeningen blijkt dat op deze categorieën een afdeklaag minimaal 35 cm dik moet zijn om te voorkomen dat het gras verontreinigt (met name cadmium) opneemt. In verband met het dunner worden van de afdeklaag door oxidatie van organische stof wordt een afdeklaag van 40 cm geadviseerd.
4. Om de afdeklaag op voldoende dikte te houden moet deze periodiek opgehoogd worden. De dikte van de afdeklaag neemt minder snel af dan de hoogte van het omliggende maaiveld. Wanneer als marge 5 cm extra afdek materiaal aangebracht wordt (dat wil zeggen een dikte van 40 cm), dan geven de modelberekeningen aan dat de afdeklaag eens in de 50 jaar opgehoogd dient te worden.
5. Uit de modelberekeningen blijkt dat de opname van cadmium door het gewas het meest kritisch is. In situaties waarbij gewassen diep wortelen kunnen hierdoor risico's ontstaan. Dan is een afdeklaag van 40 cm onvoldoende. Dit is met name een probleem voor potentieel diep wortelende gewassen, zoals maïs, bij een diepe ontwatering.
6. Bij de aangetroffen concentraties PCB in deklagen worden geen landbouwkundige risico's (risico's voor producten van grazend vee) verwacht.

7. Zowel de metaalgehalten in de grond (bovenste 5 cm afdeklaag) en in het gras als de berekende gehalten cadmium in de rundernier en schapenlever vertoonden een duidelijk dalende trend met een toenemende dikte van de afdeklaag. Voor PCB's is de dalende trend (lagere concentraties in de bovenste 5 cm van de afdeklaag bij toenemende dikte van de afdeklaag) niet duidelijk.
8. De effectiviteit van de afdeklaag in het tegengaan van negatieve effecten voor landbouwkundig gebruik is bij PCB's minder dan bij zware metalen. Dit is waarschijnlijk het gevolg van het feit dat bij zware metalen herverontreiniging van de afdeklaag door turbatie vanuit de demping tegengegaan wordt door een naar beneden gericht transport in de vloeistoffase. Dit transport is bij PCB's nihil.

## HOOFDSTUK 5

### DEELONDERZOEK *ECOLOGIE*

#### 5.1 Inleiding

In het deelonderzoek *ecologie* zijn de volgende aannamen uit het Bodembeheerplan geverifieerd:

- a. dempingen uit een milieuhygiënisch verdachte dempingcategorie en een onvoldoende dikke afdeklaag vormen een ecologisch risico;
- b. op dempingen met een schone afdeklaag van 30 cm dikte worden mogelijke ecologische risico's voldoende weggenomen.

Het Verificatieonderzoek Ecologie richtte zich specifiek op nadelige ecologische effecten voor de gebruiksfuncties natuur, landbouw en recreatie. Daarbij dient opgemerkt te worden dat met betrekking tot de landbouw niet gekeken is naar *productkwaliteit* (dit vormt een onderwerp binnen het deelonderzoek *landbouw*), maar naar de *risico's voor het functioneren van het ecosysteem* in gebieden met de functie landbouw.

#### 5.2 Onderzoeksaanpak

Het deelonderzoek ecologie is onderverdeeld in drie fasen.

Fase 1 heeft bestaan uit het opstellen van het *onderzoeksplan*. Het onderzoeksplan omvatte de keuze voor onderzoeksparameters en het opstellen van een beslisstructuur. Bij de keuze voor onderzoeksparameters is gekeken naar concrete beleidsdoelstellingen voor de gehele Krimpenerwaard betreffende natuur, recreatie en landbouw. Voor de drie genoemde functies zijn de beleids- en beheerdoelstellingen vertaald naar ecologische randvoorwaarden, die vervolgens zijn vertaald naar bruikbare onderzoeksparameters. De opgestelde beslisstructuur verloopt volgens het 'afpelprincipe': de volgende uit te voeren onderzoeksstappen zijn afhankelijk gesteld van de resultaten van voorafgaande onderzoeksstappen.

In het eerste deel van fase 2 is een eerste ('worst case') *screening* uitgevoerd van de ecologische risico's van het *dempingmateriaal*. Doel van deze screening was om aan te geven welke categorieën dempingen een ecologisch risico veroorzaken en vooral, welke niet. Afhankelijk van de resultaten zouden volgens het afpelprincipe dempingcategorieën kunnen worden uitgesloten van vervolgonderzoek. De screening is uitgevoerd op verhoogde beschikbare gehalten en negatieve effecten van contaminanten in verdachte dempingcategorieën met een onvoldoende dikke afdeklaag en mogelijk verdachte bijmengingen in de afdeklaag (categorie A-dempingen).

De volgende dempingcategorieën zijn onderzocht: bedrijfsafval, bouw- en sloopafval, huishoudelijk afval, shredder en bagger. Het volgende onderzoek is uitgevoerd: (1) metaalmetingen aan in het veld verzamelde grond en uitvoering van een EROD bioassay met grondextracten, (2) toxiciteitsonderzoek aan de hand van een drietal bioassays (regenwormen, BIOLOG (microbiële processen) en potentiële nitrificatie).

In het tweede deel van fase 2 is *uitgebreid effectenonderzoek* uitgevoerd in de *afdeklaag* van die dempingcategorieën die 'positief scoorden' op de screening in het eerste deel van fase 2. Daar bleek dat in alle onderzochte dempingcategorieën in de screening ecotoxicologische effecten gevonden werden, zijn alle categorieën dempingen meegenomen naar het nader effectonderzoek in deze fase. Ook is besloten om de zesde dempingcategorie (lompen) alsnog in dit nader

onderzoek te betrekken. Voor het nader onderzoek zijn locaties geselecteerd op verdachte dempingen met een verondersteld voldoende schone afdeklaag (categorie B-dempingen).

Het onderzoek viel uiteen in (1) milieuchemische waarnemingen (metaalgehalten in wormen), (2) toxicologische waarnemingen (bioassay regenworm en potentiële nitrificatie) en (3) ecologische veldwaarnemingen (inventarisaties van regenwormen en nematoden). Door toepassing van deze Triade-benadering kon een breed en coherent beeld worden verkregen van de invloed van de slootdempingen op het ecosysteem. Daarnaast is door middel van simulatie-experimenten onder laboratoriumomstandigheden onderzocht of herverontreiniging van de schone afdeklaag vanuit de demping mogelijk is door (4) bioturbatie van regenwormen en (5) opname door plantenwortels.

In fase 3 is vooral gekeken naar *opschaling* van locatiespecifieke effecten naar gebiedsgerichte effecten in de Krimpenerwaard én naar effecten op weidevogels. Voor dit laatste is de grutto gekozen, als ambassadeur van het veenweidegebied. Opschaling van locatiespecifieke effecten naar gebiedsgerichte effecten (*altijd in relatie tot de aanwezigheid van slootdempingen*) is uitgevoerd volgens verschillende afleidingen: (1) modellering van doorvergiftiging in de keten regenworm-grutto (figuur 5), (2) een EROD bioassay met extracten van eieren en (3) een analyse van veldgegevens met betrekking tot het broedsucces van de grutto. Voor wat de modellering (1) betreft zijn twee aspecten bekeken: directe en indirecte effecten. Modelmatig is beschouwd of cadmium kan doorvergiftigen naar de grutto, waardoor risico's voor nierschade kunnen optreden (directe effecten). Eveneens is beoordeeld of mogelijke effecten op wormen kunnen leiden tot een verminderd voedselaanbod voor de grutto, met als gevolg een verminderd broedsucces (indirecte effecten).

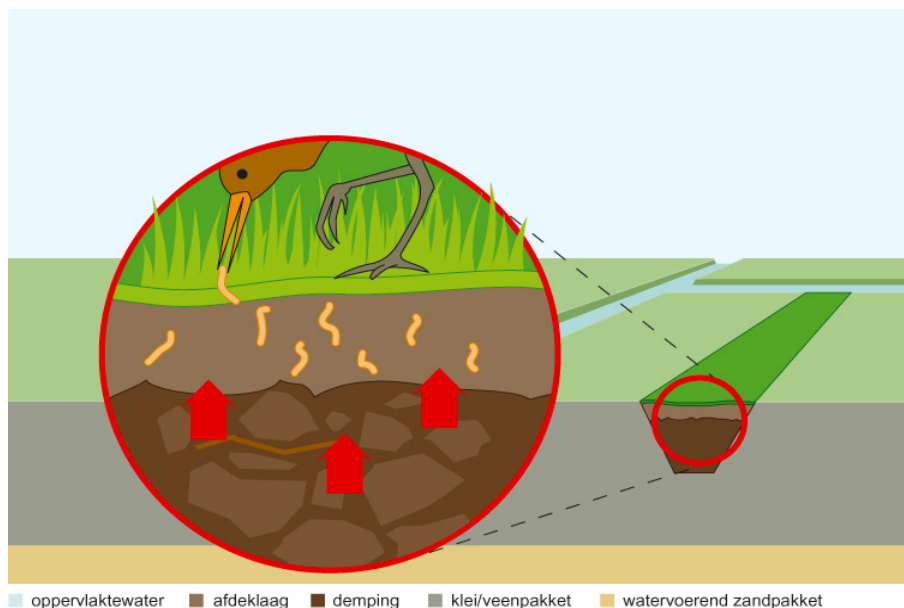


Fig. 5. Doorvergiftiging in de voedselketen worm - grutto.

## 5.3 Beoordelingssystematiek

### 5.3.1 Ontwikkeling

De beoordelingssystematiek die in het deelonderzoek *ecologie* is gehanteerd voor het beoordelen van de gevonden ecologische effecten, is speciaal voor dit deelonderzoek ontwikkeld. Het ontwikkelen van zo'n systematiek was noodzakelijk vanwege het ontbreken van normen voor de directe beoordeling van ecologische effecten van bodemverontreiniging.

De beoordelingssystematiek is tot stand gekomen via een zogenaamd 'iteratief' traject. Eerst zijn oriënterende gesprekken gevoerd met twee partijen die betrokken zijn bij het beleid rond landbouw, natuur en recreatie in de Krimpenerwaard. Dit waren DLG Zuid-Holland en LNV Directie Zuid-West. Doel van deze gesprekken was om een inventarisatie te maken van basale uitgangspunten en doelstellingen van het landbouw-, natuur- en recreatiebeleid voor de Krimpenerwaard. Verder konden de betrokken partijen de acceptatiegrenzen aangeven voor eventuele nadelige effecten van de verontreinigingen (*welke effecten worden nog geaccepteerd in het licht van de beleidsdoelstelling?*). De gevolgde werkwijze is conform de Basisbenadering voor locatiespecifieke risicobeoordeling [Rutgers et al, 1998].

De verkregen informatie is vertaald naar ecologische randvoorwaarden voor het natuur- en landbouwbeleid in de Krimpenerwaard. Deze randvoorwaarden leidden tot een voorstel voor onderzoeksparameters en beoordelingscriteria. Tevens is duidelijk geworden dat een gebiedseigen referentie voor de beoordeling van effecten de voorkeur heeft boven een referentie 'veenweidegebieden' of 'landelijke achtergrondgehalten'. Daarnaast bleek de voorkeur uit te gaan naar een vergelijking van effecten op basis van statistische toetsing en niet op basis van 'normen'. Dit vanwege het ontbreken van landelijke normen.

Teneinde het draagvlak voor het voorstel van onderzoeksparameters en beoordelingscriteria te optimaliseren is dit voorgelegd aan een aantal belanghebbende partijen uit de Krimpenerwaard. Aan dit 'stakeholdersoverleg' hebben de volgende organisaties bijgedragen: Stichting Bodembeheer Krimpenerwaard, Provincie Zuid-Holland, LNV Directie Zuid-West, de Westelijke Land- en Tuinbouworganisatie, Dienst Landelijk Gebied Zuid-Holland en de Stichting Het Provinciaal Landschap Zuid-Holland. Daarnaast heeft de wetenschappelijke begeleidingsgroep hierover geadviseerd. Aldus resulteerde een werkbare en breed geaccepteerde beoordelingssystematiek voor ecologische risico's van afgedekte slootdempingen in de Krimpenerwaard.

### 5.3.2 Inhoud van de beoordelingssystematiek

Het deelonderzoek *ecologie* is opgezet als een functiegerichte beoordeling voor de functies natuur, landbouw en recreatie. De onderzoeksparameters zijn afgeleid van ecologische randvoorwaarden voor landgebruik en van bodemkwaliteitseisen uit het Bodembeheerplan, bijvoorbeeld:

- natuur → natuurdoeltype x → grutto → broedsucces → geen aantasting broedsucces;
- landbouw → melkveehouderij → bodemvruchtbaarheid → nitrificatie → geen (of acceptabele) remming.

De uiteindelijk ontwikkelde maatlat bestaat uit een *meer gevoelige* en een *minder gevoelige* toetsing. De toetsingscriteria hebben betrekking op het significantie-niveau van het verschil van het waargenomen effect op de demping ten opzichte van de gebiedseigen referentie. De meer gevoelige toetsing is ontwikkeld voor de functies natuur en recreatie, de minder gevoelige toetsing voor de functie landbouw. Uiteindelijk zijn de resultaten niet functiegericht geïnterpreteerd, omdat deze functies beleidsmatig als gevoelig worden gezien.

De beoordeling van effecten zijn in twee stappen uitgevoerd. In eerste instantie zijn verdachte categorieën dempingmateriaal afzonderlijk getest, per categorie, waarbij met de meer en minder gevoelige beoordeling is bekeken of resultaten per dempingcategorie afwijken van de gebiedsei-

gen referentie (categoriegewijze beoordeling). Deze stap is in overeenstemming met de opdracht in het Bodembeheerplan om per verdachte dempingcategorie de geschiktheid van de maatregel 'afdekken' te beoordelen. Indien géén significant effect zou worden gevonden, volgt een locatie-specifieke beoordeling, waarbij elke locatie die is onderzocht (vijf locaties per dempingcategorie) afzonderlijk is beoordeeld tegen de gebiedseigen referentie. In figuur 6 is het gevolgde stappen-schema samengevat.

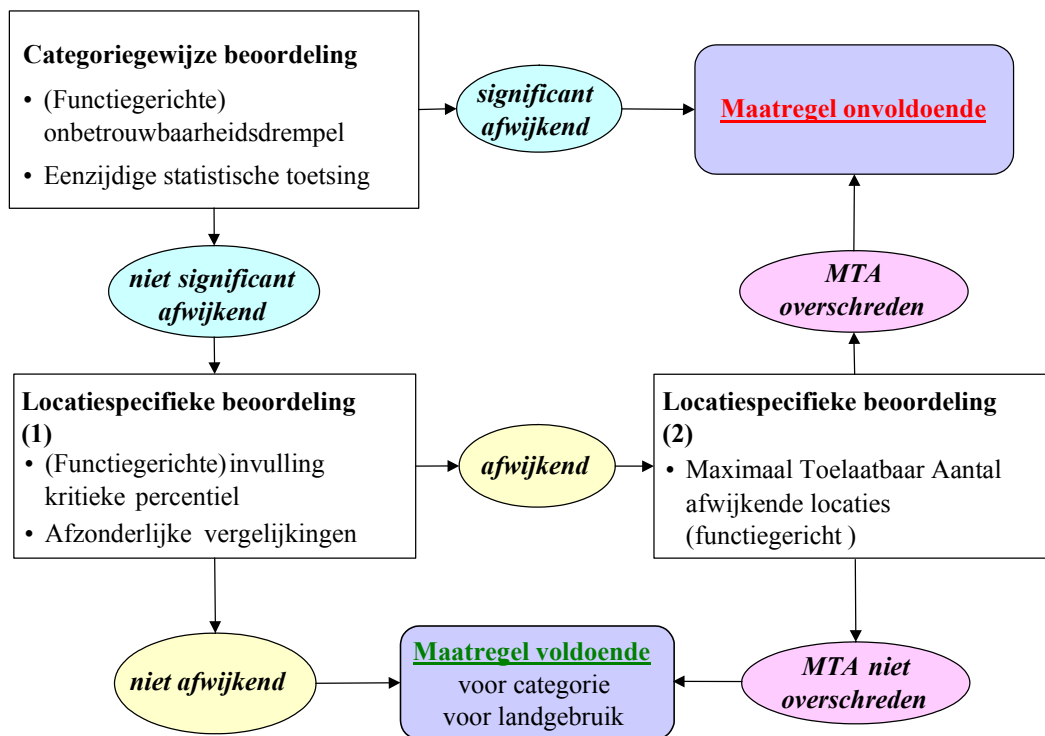


Fig. 6. Overzicht van de beoordelingsystematiek; zie tekst voor toelichting.

De vijf onderzochte locaties per dempingcategorie zijn door de SBK geselecteerd. Op deze vijf locaties zijn de veldinventarisaties uitgevoerd en is het bodemmateriaal verzameld, waarmee de verschillende experimenten zijn uitgevoerd. Als referentie is bij elke locatie het naastliggend weiland bemonsterd, waarbij per dempingcategorie één mengmonster is samengesteld. De aldus verkregen zes mengmonsters fungeren als gebiedseigen referentie.

#### De beoordelingscriteria

Voor de categoriegewijze vergelijkingen van dempingen en referenties is voor de meer gevoelige toetsing een significantieniveau van 5% gehanteerd (de onbetrouwbaarheidsdrempel  $\alpha = 0,05$ ) en voor de minder gevoelige toetsing 2,5% ( $\alpha = 0,025$ ). Zoals gezegd, volgde een locatie-specifieke beoordeling wanneer effecten bij de categoriegewijze beoordeling niet aantoonbaar bleken (en er dus vooralsnog geen conclusies op het niveau van de dempingcategorie getrokken konden worden).

Voor de locatie-specifieke beoordeling zijn als beoordelingscriteria percentielgrenzen vastgesteld van de referenties: 95-percentiel voor de meer gevoelige beoordeling en 97,5-percentiel voor de minder gevoelige beoordeling. Bij overschrijding van het kritieke percentiel (significante afwijking van de referentie) is aanvullend gekeken naar het *aantal* locaties dat per dempingcategorie signi-

ficant van de referentie afwijkt, om alsnog conclusies op het niveau van de dempingcategorie te kunnen trekken. Dit aantal is getoetst aan een van te voren vastgesteld 'maximaal toelaatbaar aantal afwijkingen' (MTA) van de gebiedseigen referentie.

#### 5.4 Resultaten fase 2: effecten in de deklagen

In tabel 2 staan de resultaten van de verschillende toetsingen met zowel de meer gevoelige als de minder gevoelige criteria weergegeven. Hierbij zijn, indien aanwezig, categoriegewijze effecten (C) weergegeven en/of locatiespecifieke afwijkingen (MTA).

Tabel 2. Toetsingstabel 2e fase ecologie.

	Bedrijfsafval	Bagger	Bouw- & sloopafval	Huishoudelijk afval	Lompen	Shredder
<i>Veldinventarisaties</i>						
<b>Veldinventarisatie regenwormen</b>	MTA ; MTA	C ; -	MTA ; MTA	C ; -	- ; -	MTA ; MTA
<b>Veldinventarisatie nematoden</b>	MTA ; MTA	- ; -	- ; -	MTA ; MTA	MTA ; MTA	C ; C
<b>Bioaccumulatie metalen wormen</b>	MTA ; MTA	- ; -	MTA ; MTA	MTA ; MTA	MTA ; MTA	C ; C
<i>Laboratoriumexperimenten</i>						
<b>Nitrificatie</b>	- ; -	MTA ; MTA	- ; -	MTA ; MTA	MTA ; MTA	- ; -
<b>Bioassay regenwormen</b>	C ; C	MTA ; -	- ; -	- ; -	MTA ; MTA	MTA ; -
<b>Bioturbatie</b>	C ; C	C ; MTA	C ; C	C ; C	C ; C	C ; C
<b>Brandnetel</b>	MTA ; MTA	C ; MTA	C ; C	MTA ; MTA	C ; C	C ; C

(;) links van (;) staat de toetsing volgens de meer gevoelige criteria, rechts van (;) volgens de minder gevoelige criteria;

C categoriegewijze afwijking ten opzichte van de referentie;

MTA overschrijding van het MTA: het Maximaal Toelaatbaar Aantal afwijkingen van de gebiedseigen referentie;

- geen afwijking van gebiedseigen referentie.

Uit de tabel wordt duidelijk dat in alle categorieën dempingen afwijkingen aantoonbaar zijn ten opzichte van de gebiedseigen referentie, zowel met de meer gevoelige als met de minder gevoelige beoordelingscriteria.

In geval van de minder gevoelige toetsing is gesteld dat er in alle categorieën bij minimaal drie parameters afwijkingen van de gebiedseigen referentie zijn gevonden. Indien nitrificatie buiten beschouwing werd gelaten waren dit er twee. Wanneer getoetst werd aan de meer gevoelige criteria was de afwijking minimaal viervoudig. Over het algemeen zijn de effecten per categorie in verschillende typen waarnemingen gevonden. Alleen bij de baggerdempingen zijn slechts twee afwijkingen gevonden binnen één type waarneming, in de bioturbatieproef en de brandnetelproef (bij minder gevoelige toetsing). Dit houdt overigens niet in dat de conclusies van deze experimenten vervallen, herverontreiniging via beide routes is ook bij de dempingcategorie bagger aannemelijk. Deze categorie daargelaten lijkt het er op dat op basis van *multiple weight of evidence* en de grootte van de aangetoonde effecten de gevonden effecten in het afdeklaagmateriaal als relevant moeten worden beschouwd.

#### *Veldwaarnemingen versus laboratoriumexperimenten*

De vraag is hoe deze afwijkingen gewaardeerd moeten worden. De grootte van het effect is daarbij van belang. Bij de waardering van de grootte van effecten dient verschil gemaakt te worden tussen veldwaarnemingen en laboratoriumexperimenten. In geval van veldwaarnemingen vertoonden de resultaten een spreiding in de referenties. In samenhang met het lage aantal waarnemingen is daarmee de aantoonbaarheid van effecten relatief beperkt (lage 'power' van de statistische analyses). Alleen 'grotere' effecten zullen significant aantoonbaar zijn, waarmee ze als relevant beschouwd kunnen worden. Zulke relevante effecten zijn aangetoond in de veldinventarisaties van regenwormen en nematoden en de bioaccumulatie van metalen in regenwor-

men. Bij laboratoriumexperimenten als de bioturbatieproef en de brandnetelproef is in het algemeen een kleinere afwijking van de referenties reeds aantoonbaar door de experimentele opzet. Echter, in deze experimenten is de grootte van het effect ook van minder belang. De hier gemeten parameters dienen eerder beschouwd te worden als *indicatoren* van het optreden van processen dan om met deze experimenten de *omvang* van de effecten aan te tonen.

## 5.5 Resultaten fase 3: weidevogels

### *Nierschade*

Voor de directe effecten (op basis van gemeten gehalten cadmium in wormen) laten de modelberekeningen zien dat na 7 tot 12 levensjaren nierschade verwacht mag worden bij grutto's in de Krimpenerwaard. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat alleen in het broedgebied accumulatie van cadmium plaatsvindt en dat de grutto's ieder jaar naar hetzelfde gebied terugkeren. Aangezien de grutto een langlevende soort is - het oudste geringde exemplaar had een leeftijd van 15 jaar - valt nierschade in de reproductieve levensfase niet uit te sluiten voor de vogels in de Krimpenerwaard. Belangrijk gegeven hierbij is dat de leeftijdsgroep dieren ouder dan 7 jaar een significante bijdrage levert aan de reproductie van de populatie (27 – 44%). Het geconstateerde effect 'nierschade' is echter niet te herleiden tot slootdempingen, waardoor geen conclusies getrokken kunnen worden met betrekking tot de maatregel 'afdekken'.

### *Voedselschaarste*

In relatie tot de indirecte effecten blijkt uit de resultaten dat regenwormen op populatieniveau mogelijk last ondervinden van de aanwezige kopergehalten in deklagen boven shredder. Aangezien het aantal shredderdempingen gering is en verondersteld mag worden dat een shredder demping in het algemeen slechts een klein deel van een territorium beslaat, is het niet de verwachting dat voedselschaarste voor de grutto zal optreden als gevolg van het verminderd voorkomen van wormen op shredderdempingen. Zeker niet op populatieniveau.

### *Broedsucces*

In het veldonderzoek aan weidevogels (bioassay met eieren en broedsuccesbepaling) is de relatie onderzocht tussen het voorkomen van schadelijke stoffen in eieren (grutto, Kievit) en het broedsucces (grutto) enerzijds en de nabijheid van verdachte dempingen anderzijds. In figuur 7 is een overzicht gegeven van de vindplaatsen van de grutto- en Kievitseieren in de Krimpenerwaard. Voor de analyse van effecten op het broedsucces is de relatie onderzocht tussen het voorkomen van onvolledig uitgekomen grutto-nesten en de nabijheid van verdachte dempingen. Een effect van doorvergiftiging op het broedsucces zou tot uitdrukking kunnen komen in het aantal eieren dat gedurende de gehele broedperiode wél bebroed is, maar desondanks niet is uitgekomen. Er is op verschillende manieren berekend wat het oppervlak aan verdachte dempingen is, die in een bepaald territorium voorkomen (op basis van GIS-data van de Provincie Zuid-Holland en de SBK). Hoewel een negatieve trend zichtbaar was, kon geen significant verband worden gelegd tussen het broedsucces van grutto's en het voorkomen van dempingen in de territoria.

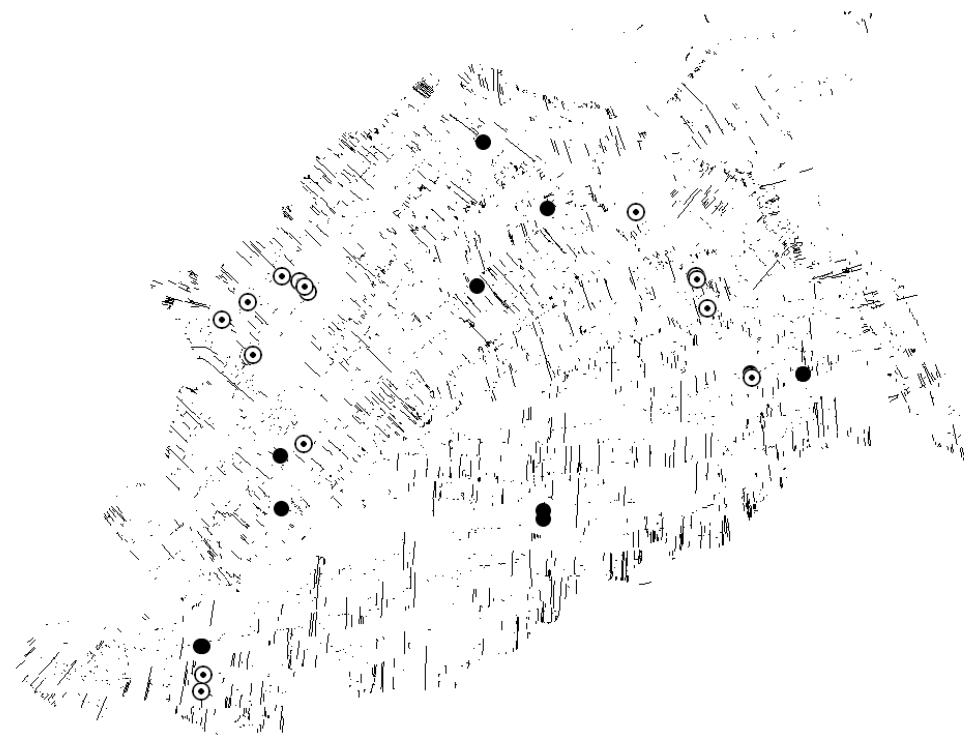


Fig. 7. Vindplaatsen van de 27 verzamelde eieren (op sommige punten zijn meerdere eieren verzameld) die zijn onderzocht op het voorkomen van verontreiniging, tegen de achtergrond van bekende dempingen in de Krimpenerwaard. Dichte punten staan voor grutto-eieren, open punten voor kievitseieren.

#### *Bioassay eieren/kuikens*

De resultaten van de EROD bioassay met extracten van eieren/kuikens leveren een aanwijzing óf en in welke mate (relatief ten opzichte van de referentie of andere dempingmaterialen) stoffen als PCB's, dioxines en PAK's in de eieren/kuikens aanwezig zijn. De monsters vertoonden grote variatie in gemeten gehalten aan verontreiniging. Deze wordt voor een belangrijk deel verklaard door de aanwezigheid van dempingen met verdachte of onbekende inhoud in de nabijheid van de nesten (figuur 8). Dat dempingen kunnen bijdragen aan blootstelling aan EROD-inducerende stoffen is eerder aangetoond in het screeningonderzoek, waarbij voor alle categorieën een verhoging van de EROD-activiteit in het dempingmateriaal gevonden is. In alle gevallen hadden eieren bij verdachte dempingen met < 30 cm dikke afdeklaag verhoogde gehalten, in overeenstemming met de verwachting. De resultaten wijzen er echter ook op dat verdachte dempingen met  $\geq 30$  cm dikke afdeklaag nog verder bijdragen aan de blootstelling.

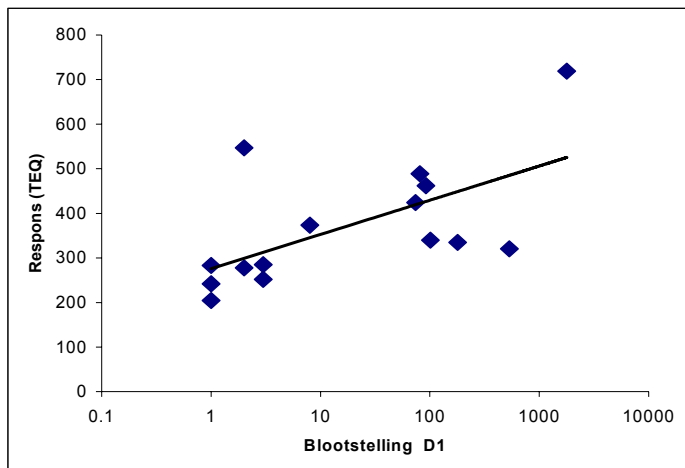


Fig. 8. Verontreiniging in weidevogeleieren (TEQ-response) als functie van blootstelling aan verdachte slootdempingen, ongeacht de afdekking, binnen een straal van 300 meter rond het nest. D1 is een berekende blootstellingsmaat, uitgedrukt als de som van alle, naar de afstand tot het nest gewogen dempingoppervlaktes. Hiermee wegen grotere dempingen zwaarder dan kleinere en neemt de blootstelling exponentieel af met toenemende afstand tot het nest.

Hoewel op basis van analyses aan eieren en kuikens aannemelijk is geworden dat er doorvergiftiging van verontreiniging naar eieren plaatsvindt, was er geen significant verband tussen de nabijheid van verdachte dempingen en het broedsucces van grutto. Dit onderzoek ging uit van enkele vooronderstellingen. Zo is het denkbaar dat de aanmaak van eieren in beperktere mate plaatsvindt met behulp van regenwormen in het broedterritorium dan verondersteld. Ook is het mogelijk dat het voedsel van de grutto in de Krimpenerwaard een kleiner aandeel lokale regenwormen bevat dan verondersteld. Dat er echter ondanks de beperkingen van dit veldonderzoek tóch een verband is gevonden tussen de blootstelling aan afgedekte dempingen en verontreiniging in eieren, is dan ook des te meer van betekenis.

## 5.6 Opschaling

Bij de opschaling van effecten van locatieniveau naar een grotere ruimtelijke schaal moet aandacht besteed worden aan het ruimtelijk schaalniveau dat ecologisch en beleidsmatig van belang is. Dit is afhankelijk van het type organisme of andere parameter die beoordeeld wordt, en van de beleidsvraag. Voor wat betreft de grutto, een soort die op een grotere ruimtelijke schaal foerageert dan bijvoorbeeld een regenworm, laten de resultaten zien dat zelfs wanneer een relatief klein deel van het territorium dempingen omvat, dit kan leiden tot een verhoogde blootstelling aan verontreinigingen. Wanneer 1% van een gebied vervuild is (met aantoonbaar risico op effecten), is het niet vanzelfsprekend dat voor dat hele gebied het risico door honderd gedeeld kan worden. Dit hangt onder meer samen met het feit dat hogere organismen geen 'random' gedrag vertonen, maar gericht zoeken naar voedsel.

Voor wat betreft bodemorganismen en bodemprocessen is de regionale schaal van de Krimpenerwaard als geheel waarschijnlijk van minder belang. Doordat percelen vaak door sloten omgeven zijn, en deze als barrière werken voor uitwisseling tussen percelen, is wellicht het perceel de schaal waarop effecten op bodemorganismen en –processen beschouwd zouden moeten worden. Dit is ook de schaal waarop boeren mogelijke effecten zouden kunnen ervaren. Op perceelniveau kunnen dempingen een significant deel van het oppervlak uitmaken, zeker in geval van smalle percelen. Op dit schaalniveau is het eerder mogelijk dat effecten op bodemorganismen en

-processen, maar ook risico's op herverontreiniging van de bodem door bijvoorbeeld bioturbatie of opname door planten van betekenis zijn voor het hele perceel.

### 5.7 Conclusies Verificatieonderzoek Ecologie

In het Verificatieonderzoek Ecologie wordt op basis van *multiple weight of evidence* geconcludeerd dat voor álle onderzochte categorieën dempingmateriaal, te weten bedrijfsafval, bagger, bouw- en sloopafval, huishoudelijk afval, lompen en shredder, ecologische effecten zijn gevonden in de afdeklaag van dempingen, die met een voldoende dikke afdeklaag zijn afgedekt (> 30 cm dik). Dit geldt zowel voor de meer gevoelige beoordeling als voor de minder gevoelige beoordeling.

De aanname dat op dempingen met een schone afdeklaag van 30 cm dikte mogelijke ecologische risico's voldoende worden weggenomen, kunnen de onderzoekers op basis hiervan niet onderschrijven.





## HOOFDSTUK 6

### DEELONDERZOEK *VERSPREIDING*

#### 6.1 **Inleiding**

In het deelonderzoek *verspreiding* zijn de volgende aannamen uit het Bodembeheerplan geverifieerd:

##### *Verspreiding naar oppervlaktewater*

- Verspreiding naar oppervlaktewater vindt niet plaats bij onverdacht materiaal.
- Verspreiding naar grondwater vindt altijd plaats bij verdacht dempingmateriaal; dit leidt tot overschrijdingen van de Interventiewaarde in het grondwater en kan leiden tot overschrijdingen van kwaliteitseisen in het oppervlaktewater aan de kopse kanten van de gedempte sloten.

##### *Verspreiding naar (diep) grondwater*

- Zowel horizontale als verticale verspreiding naar grondwater vindt niet plaats bij onverdacht materiaal.
- Horizontale en verticale verspreiding naar grondwater vindt altijd plaats bij verdacht materiaal. Dit leidt tot overschrijding van de Interventiewaarde in het (freatisch) grondwater, maar dit leidt niet tot overschrijdingen in het eerste watervoerend pakket, tenzij er sprake is van de volgende situatie:
- “Er is alleen risico voor verspreiding naar het eerste watervoerend pakket bij dempingen met verdacht dempingmateriaal op gefundeerde zandbanen en donken in een infiltratiesituatie”.

##### *Standaardmaatregel verspreiding*

In het Bodembeheerplan is, om ongewenste verspreiding naar het oppervlaktewater tegen te gaan 'het afdichten van de kopse kanten van de dempingen' opgenomen als standaardmaatregel.

#### 6.2 **Onderzoeksaanpak**

Het Verificatieonderzoek Verspreiding is onderverdeeld in een aantal activiteiten met modellering en veld- en laboratoriumonderzoek als rode draad. In figuur 9 is de aanpak van het verificatieonderzoek schematisch weergegeven en is er een toelichting gegeven op de verschillende activiteiten.

Het verificatieonderzoek naar de eerste hierboven genoemde aanname (“verspreiding naar oppervlaktewater vindt niet plaats bij onverdacht materiaal”) is niet uitgevoerd: op basis van ‘common sense’ is dergelijk onderzoek niet nodig geacht. Het werd zinvoller geacht het beschikbare onderzoeksbudget bij voorkeur te besteden aan dempingen met verdacht materiaal. De achterliggende gedachte is dat indien dergelijke dempingen geen problemen opleveren, er vanuit de dempingen met onverdacht materiaal zeker geen verdere verspreiding van verontreinigingen zal plaatsvinden.

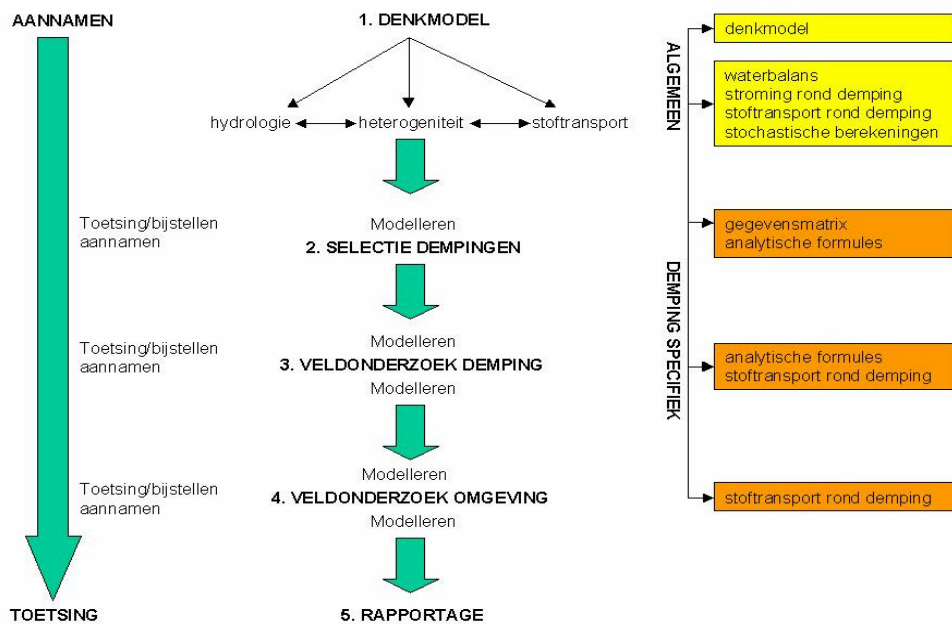


Fig. 9. Aanpak Verificatieonderzoek Verspreiding.

### Modelvorming

Op basis van literatuurstudie is een conceptueel model opgesteld, waarin een samenhangende beschrijving is gegeven van de hydrologische en stoftransport-processen die relevant zijn voor de verspreiding van verontreinigingen vanuit de dempingen naar grond- en oppervlaktewater. Dit conceptuele model vormde de basis voor de (numerieke) grondwaterstromings- en stoftransportmodellen die vervolgens zijn opgesteld, te weten:

- numeriek 2D-model (TRIWACO) voor het onderzoek naar de effecten van (verschillen in) bodemopbouw op de stroming van het grondwater vanuit de demping naar het watervoerend pakket;
- numeriek 3D-model (TRIWACO) voor het onderzoek naar de specifieke grondwaterstroming rond en in de dempingen waarbij de nadruk ligt op de horizontale grondwaterstroming vanuit de dempingen naar het oppervlaktewater (via kopse kant en via aangrenzende percelen);
- analytische en numerieke stoftransportberekeningen voor het bepalen van het doorslagmoment en het verloop van de doorslag in de tijd van de verontreinigingen naar oppervlaktewater en watervoerend pakket.

Wat betreft de berekeningen van de grondwaterstroming, is uitgegaan van een stationaire situatie (gemiddeld jaarlijks neerslagoverschot). Daarnaast zijn niet-stationaire berekeningen uitgevoerd om het effect van variatie in neerslag en verdamping gedurende het seizoen op de grondwaterstroming te onderzoeken.

Wat betreft de berekeningen van het stoftransport, is uitgegaan van twee groepen verontreinigingen: verontreinigingen die adsorberen (lineair/niet-lineair) en verontreinigingen die adsorberen én afgebroken worden. Een belangrijke parameter bij de modelvorming is de bodemopbouw onder of in de omgeving van de demping. De gehanteerde bodemprofielen zijn weergegeven in figuur 10.

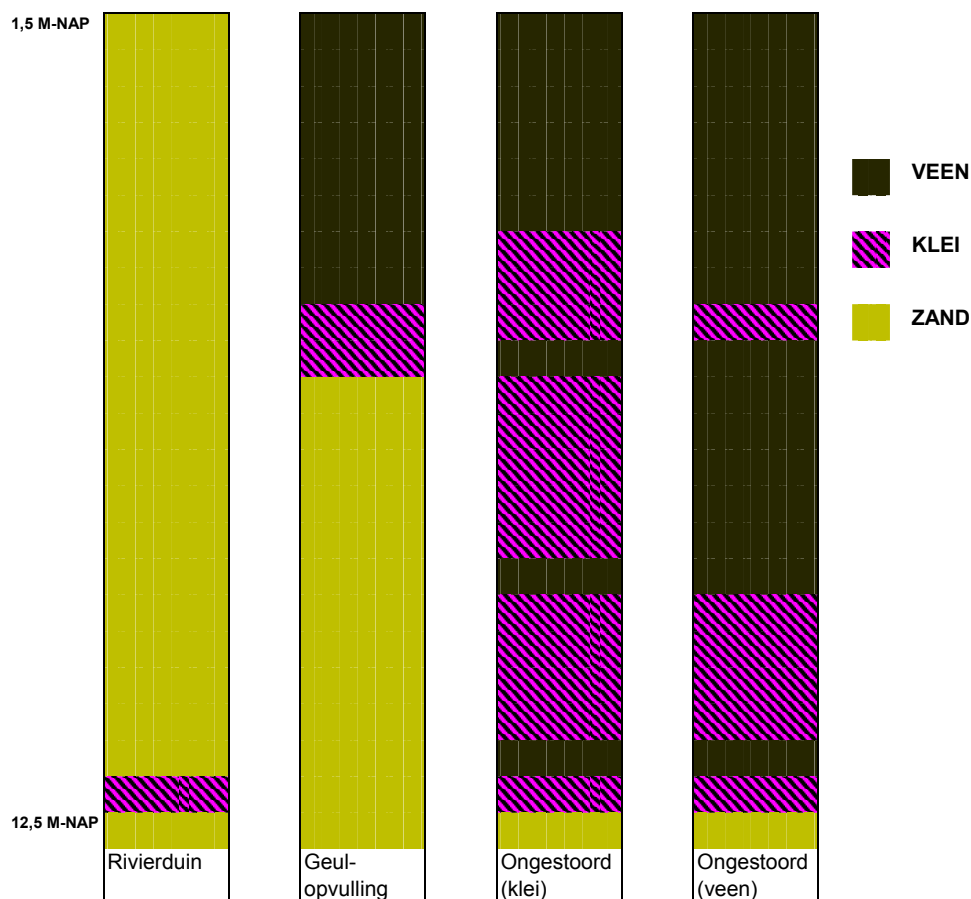


Fig. 10. Bodemprofielen bij de modellering.

#### *Selectie dempingen voor veldonderzoek*

Uit de modellering bleek dat met name de bronconcentratie, de bodemopbouw en de hydrologie van belang zijn bij de verspreiding. Het veldonderzoek is uitgevoerd op een selectie van dempingen. Om in een later stadium de resultaten van het veld- en laboratoriumonderzoek te kunnen opschalen naar alle voorkomende situaties in de Krimpenerwaard is bij de selectie van dempingen zoveel mogelijk rekening gehouden met verschillen in dempingmateriaal, bodemopbouw en geohydrologie. In totaal zijn 18 dempingen geselecteerd voor de eerste ronde veld- en laboratoriumonderzoek.

#### *Eerste ronde veld- en laboratoriumonderzoek*

Doel van de eerste ronde veld- en laboratoriumonderzoek was om meer te weten te komen over:

- de geometrie van de dempingen (ligging/diepte/breedte);
- de aard en samenstelling van het dempingmateriaal;
- de procesomstandigheden in het dempingmateriaal.

Met behulp van een graafmachine zijn bemonsteringsgaten gegraven tot aan de onderzijde van het dempingmateriaal. Er zijn monsters genomen van:

- grond in de demping;
- het grondwater dat toestroomt in de gegraven gaten (ongefiltreerd, direct na graven), verder te noemen percolaat;
- het grondwater dat wordt opgepompt uit geplaatste peilbuizen in de gegraven gaten (gefiltreerd, na wachttijd), verder te noemen grondwater.

De percolaatmonsters gaven een indicatie van de samenstelling van het dempingmateriaal (*soort stoffen en mate van verontreiniging*). De gefiltreerde grondwatermonsters geven aan wélk deel van de verontreiniging in het dempingmateriaal beschikbaar is voor verspreiding via het grondwater.

De monsters zijn geanalyseerd op een aantal stoffen. De keuze van stoffen was gebaseerd op literatuuronderzoek en op resultaten van eerder uitgevoerde bodemonderzoeken op dempingen.

#### *Modellering na eerste ronde veld- en laboratoriumonderzoek*

De resultaten van de eerste ronde veld- en laboratoriumonderzoek zijn gebruikt om de bronterm (*typen en mate van verontreiniging*) vast te stellen. Deze bronterm is gebruikt als invoer voor de modelberekeningen. Van de onderzochte dempingen is de verspreiding van verontreinigingen berekend. Hierbij is rekening gehouden met verschillen in bodemopbouw en geohydrologie. De resultaten van deze berekeningen zijn gebruikt voor het opstellen van de onderzoekshypothese (*mate van verspreiding langs de verschillende routes*) voor de tweede ronde veld- en laboratoriumonderzoek.

#### *Tweede ronde veld- en laboratoriumonderzoek*

Dit onderzoek richtte zich op:

- het vaststellen van de verspreiding van verontreinigingen vanuit het dempingmateriaal naar het oppervlaktewater en het diepe grondwater;
- het bepalen van de procesomstandigheden in de omgeving van de dempingen;
- het vaststellen van de referentiesituatie.

De dempingen die in de tweede ronde onderzocht zijn, vormden een selectie van de reeds eerder bezochte dempingen.

#### *Modellering na tweede ronde veld- en laboratoriumonderzoek*

De resultaten van de tweede ronde veld- en laboratoriumonderzoek zijn vervolgens vergeleken met de resultaten van de modelberekeningen, uitgevoerd na de eerste ronde veldonderzoek. In het geval van afwijkende resultaten is gezocht naar verklaringen voor de verschillen. Voor een aantal specifieke gevallen is een aanvullende modelberekening uitgevoerd.

### **6.3 Resultaten**

Onderstaand zijn de belangrijkste resultaten van het verificatieonderzoek beschreven, te weten:

1. Aard en samenstelling dempingmateriaal.
2. Verspreiding van verontreinigingen via de routes 1, 2 en 3 (zie verder).
3. Beoordeling standaardmaatregel 'afdichting kopse kant'.
4. Invloed toekomstige functiewijzigingen op verspreiding.

#### 1. Aard en samenstelling dempingmateriaal

Op basis van een inventarisatie van beschikbare (literatuur)gegevens is een selectie gemaakt van te onderzoeken stoffen: zware metalen, minerale olie, chloorbenzenen, BTEX, naftaleen, EOX en VOH. Van deze stoffen bleken, op grond van de eerste fase veldonderzoek, met name de zware metalen, minerale olie, BTEX en naftaleen voor te komen in het dempingmateriaal. De overige stoffen zijn niet of nauwelijks aangetroffen. Op grond van deze resultaten is het volgende geconcludeerd:

- Er is geen eenduidige relatie te leggen tussen het dempingmateriaal en daarin voorkomende (groepen van) verontreinigingen;
- Zware metalen zijn in hoge concentraties aangetroffen in de grond- en percolaatmonsters. Uit de grondwateranalyses bleek echter dat deze stoffen niet tot nauwelijks beschikbaar zijn

voor het grondwater. In de dempingen is in het algemeen sprake van sulfaatreducerende omstandigheden waardoor zware metalen worden geïmmobiliseerd.

- Minerale olie is eveneens regelmatig aangetroffen in hoge concentraties in de percolaatmonsters. Een deel hiervan is te verklaren vanuit het humusrijke materiaal, een deel is afkomstig uit de dempingen. De nalevering van minerale olie aan het grondwater is echter, evenals de zware metalen, minimaal.
- Wat betreft BTEX, en in mindere mate naftaleen, valt op dat de concentraties ten tijde van de voorgaande onderzoeken (1984 – 1992) veelal hoger waren dan nu tijdens het verificatieonderzoek. Naar verwachting zijn deze stoffen door vervluchtiging en biologische afbraak grotendeels verdwenen. Sterke fluctuatie van de grondwaterstand in de dempingen gedurende het seizoen draagt hier in belangrijke mate aan bij.

## 2. Verspreiding via verschillende routes

In figuur 11 zijn de verschillende verspreidingsroutes weergegeven.

### *Verspreiding naar oppervlaktewater via kopse kant (route 1)*

Met uitzondering van de stoffen zink, koper en nikkel blijkt er geen sprake te zijn van verspreiding van verontreinigd grondwater naar oppervlaktewater via de kopse kanten van de dempingen. De gemeten concentraties zink, koper en nikkel in het grondwater nabij de kopse kanten zijn laag. Zij overschrijden echter regelmatig de MTR-waarden voor oppervlaktewater. Hierbij moet worden opgemerkt dat ook in enkele referentiepeilbuizen sprake is van verhoogde gehalten zware metalen (zink en chroom) en dat tevens de achtergrondgehalten in de sloten regelmatig verhoogd zijn ten opzichte van de MTR-waarden. Aangezien de stoffen zink, koper en nikkel in vrijwel alle dempingmaterialen kunnen voorkomen is het niet mogelijk gebleken om op basis van het type dempingmateriaal een selectie te maken van dempingen waarbij de toetsingswaarden al dan niet worden overschreden en de standaardmaatregel dus eventueel noodzakelijk is.

### *Verspreiding naar oppervlaktewater via aangrenzende percelen (route 2)*

Zowel de berekeningen als de metingen gaven aan dat deze route eigenlijk niet relevant is. BTEX en naftaleen zijn in het geheel niet aangetroffen, zware metalen incidenteel. Uit de berekeningen bleek dat alleen in situaties waarbij een demping op een rivierduin ligt (*geen veenlaag aanwezig tot aangrenzende sloot*) op korte termijn doorslag plaats kon vinden. Deze situatie komt (vrijwel) niet voor in het gebied (zie ook de opmerking onder aan deze paragraaf).

### *Verspreiding naar grondwater watervoerend pakket (route 3)*

De in het veld gemeten situatie kwam in het algemeen goed overeen met de berekende situatie. De gemeten verspreiding van zware metalen (chroom en zink) was incidenteel groter dan uit de berekeningen volgde. Bijstelling van de uitgangspunten en het uitvoeren van een herberekening konden deze afwijkende waarden niet verklaren. Mogelijke verklaringen hiervoor zijn bijmenging of uitzakking van de verontreinigingen of externe verontreinigingsbronnen.

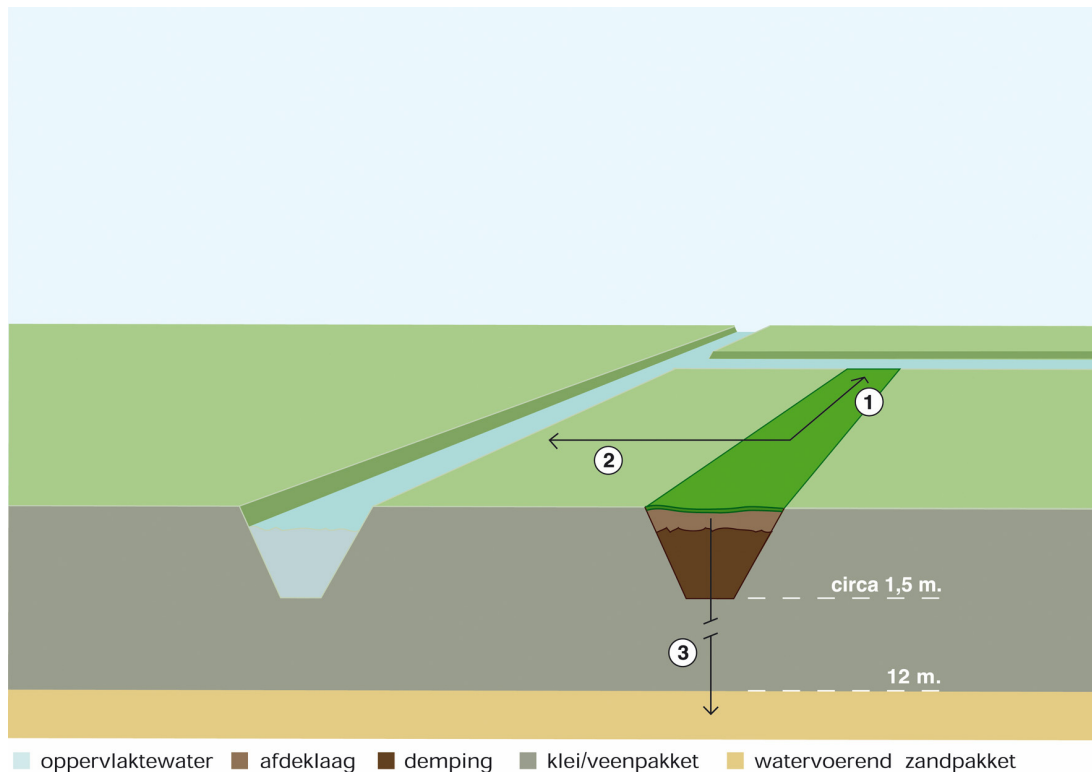


Fig. 11. Verspreidingsrichtingen. De nummering komt overeen met verspreidingsroutes 1, 2 en 3 (zie tekst).

Op grond van de resultaten van het veld- en laboratoriumonderzoek, de berekeningsresultaten en gebiedsdekkende kaartinformatie betreffende de ligging van de dempingen, geologie en hydrologie is het volgende geconcludeerd:

- Voor het overgrote deel van de dempingen (dempingen op een ongestoord profiel (zie kaart 6a) of een diepe geul (geul vanaf circa 8 m-mv; zie kaart 6b)) is deze verspreidingsroute niet relevant, ongeacht de hydrologische situatie (kwel/infiltratie).
- Voor dempingen op een ondiepe geul (vanaf circa 3 m-mv; zie kaart 6c) dan wel dempingen op een dagzomende rivierduin (een 'donk'; zie kaart 6d) is deze route relevant, afhankelijk van de hydrologische situatie:
  - de kritische dempingen zijn gelegen in het noordelijke deel van de Krimpenerwaard, waar sprake is van een sterke, structurele infiltratiesituatie, alsmede de dempingen rond Stolkwijk, waar sprake is van een lichte kwelsituatie/overgangssituatie kwel-infiltratie.
  - voor genoemde situaties zal eventuele doorslag binnen afzienbare termijn (50 tot 200 jaar na aanvang stort) alleen plaats vinden voor organische verbindingen, met name benzeen en in mindere mate xylenen.

Hierbij dienen de volgende nuanceringen te worden geplaatst:

- De combinatie van (i) een demping met verdacht materiaal en (ii) een dagzomende rivierduin (donk) in (iii) een infiltratiegebied is vrij zeldzaam en komt, voor zover kon worden nagegaan op grond van beschikbare informatie, niet voor in de Krimpenerwaard (zie verder onder 'ad donken').
- Genoemde stoffen (BTEX) worden nauwelijks meer aangetroffen in de dempingen. Het is dan ook de vraag of deze stoffen het wasserend pakket in de praktijk ooit zullen bereiken. In ieder geval is de duur van de verspreiding eindig.
- De stroming vanuit een demping naar het wasserend pakket wordt ook beïnvloed door de nabijheid van een rivierduin of geulopvulling. Uit berekeningen blijkt dat deze beïnvloeding

beperkt is tot een zone van circa 25 meter rond de demping. De beïnvloeding bestaat uit kortere verblijftijden van het grondwater in de afdeklaag (*de naastgelegen rivierduin of geulopvulling 'draineert'*). Echter, doordat het grondwater in deze situaties een veel langere weg aflegt door het veen vindt meer adsorptie plaats van verontreinigingen aan bodemmateriaal, waardoor de verblijftijd van de verontreinigingen juist groter wordt dan in het geval zonder naastgelegen rivierduin of geulopvulling. Deze situaties vormen dan ook geen risico voor verspreiding naar het grondwater in het watervoerend pakket.

#### *Ad donken*

De gebruikte 'bodem'kaart binnen het deelonderzoek *verspreiding* betreft de gedigitaliseerde versie van de geologische kaart [Rijks Geologische Dienst, 1993]. In deze kaart is aangegeven binnen welke gebieden rivierduinen voorkomen en waar deze rivierduinen dagzomen (donk). Genoemde kaart is vergeleken met concept-kaartmateriaal van Berendsen<sup>4</sup> (Universiteit van Utrecht) die zeer gedetailleerd onderzoek uitvoert naar de opbouw van het Holoceen (*de afdeklaag tot aan het watervoerend pakket*) in het Nederlandse rivierengebied. In dit onderzoek wordt op grond van de resultaten van een uitgebreid boorprogramma een gedetailleerde kaart samengesteld met de ligging van rivierduinen en geulen in het gebied (*interpretatie diepteligging per 2 meter*). Uit een vergelijking van beide kaarten bleek dat de gebieden met het voorkomen van donken en de ligging van deze donken in grote lijnen overeen komen. Lokaal komen op de kaart van Berendsen meer zandbanen voor. De zandbanen zijn in het algemeen smaller dan volgt uit de geologische kaart. De gebieden met rivierduinen liggen grotendeels aan de zuidzijde van de Krimpenerwaard, waar sprake is van een (structurele) kwelsituatie. Slechts een zeer klein deel van deze rivierduinen dagzoomt, dit betreft een fractie van het totale oppervlak van de Krimpenerwaard.

#### 3. Standaardmaatregel verspreiding

Op grond van modelberekeningen is geconcludeerd dat het afdichten van de kopse kanten effectief is, aangezien de directe uitstroom van verontreinigingen naar het oppervlaktewater wordt tegengegaan. De verontreinigingen worden geadsorbeerd aan het organische materiaal van de aangrenzende percelen waardoor de totale verblijftijd van verontreinigingen in het grondwater aanzienlijk toeneemt. De bodem raakt hierdoor echter wel (minimaal) verontreinigd.

#### 4. Functiewijziging

Het verificatieonderzoek richtte zich primair op de eventuele verspreiding van verontreinigingen vanuit de dempingen gegeven de huidige situatie (landgebruik, hydrologische condities). In de toekomst echter zal een deel van de Krimpenerwaard een bestemmingswijziging ondergaan waarbij landbouwgebied wordt omgevormd tot natuurgebied. Als onderdeel van het verificatieonderzoek heeft daarom een eerste verkenning plaatsgevonden van de eventuele effecten van deze functiewijzigingen op de verspreiding van verontreinigingen en de schaal waarop dit eventueel speelt. Hierbij is gekeken naar de effecten van peilopzet en pH-verlaging.

Uit deze verkenning is gebleken dat het omvormen van landbouwgebieden naar natuurgebieden in de Krimpenerwaard geen grote gevolgen heeft voor de verspreiding van verontreinigingen. Een belangrijke reden is dat in gebieden waar verspreiding van belang is, dat zijn de gebieden met sterke infiltratie, de peilopzet geen grote verandering teweeg brengt. De peilopzet is in verhouding tot het bestaande peilverschil gering. Mogelijk kan in gebieden die rond de omslag kwel/infiltratie liggen de peilopzet wel leiden tot een infiltratiesituatie. De pH-verlaging zorgt nauwelijks voor extra verspreiding.

---

<sup>4</sup> De kaart van Berendsen is nog niet helemaal gereed, het materiaal is nog niet officieel gepubliceerd en nog niet digitaal beschikbaar. Met name de infiltratiegebieden aan de noordzijde van de Krimpenerwaard zijn nog niet in beeld gebracht. Binnen het verificatieonderzoek verspreiding is dus gewerkt met de 'oude' geologische kaart.

Bovendien treedt de verzuring slechts op in een zeer klein gebied. Voor 90 tot 95% van de in te richten reservats- en natuurontwikkelingsgebieden is verzuring geen doelstelling.

#### 6.4 Conclusies Verificatieonderzoek Verspreiding

Aan de hand van de resultaten uit het Verificatieonderzoek Verspreiding zijn de aannamen in het Bodembeheerplan geverifieerd. In het algemeen is geconcludeerd dat de aannamen door het onderzoek zijn bevestigd. Op een aantal punten zijn afwijkingen geconstateerd:

##### *Verspreiding naar oppervlaktewater*

- De aanname dat de verontreinigingen in het dempingmateriaal zouden leiden tot overschrijdingen van de Interventiewaarde (I-waarde) in het grondwater (*dat vervolgens als vervuild grondwater zou kunnen uittreden naar het oppervlaktewater*), is onjuist. Het algemene beeld is dat de gehalten verontreinigende stoffen in het grondwater van de dempingen (de bron) slechts verhoogd zijn ten opzichte van de streefwaarden. De gemeten waarden in het grondwater van de naastliggende percelen en onder de dempingen zijn vergelijkbaar aan of lager dan de streefwaarde.
- Aanvullend op het hiervoor genoemde punt: wat betreft BTEX (benzeen, toluen, ethylbenzeen en xylenen), en in mindere mate naftaleen, valt op dat de concentraties ten tijde van de voorgaande onderzoeken (1984 – 1992) veelal hoger waren dan nu tijdens het verificatieonderzoek. Naar verwachting zijn deze stoffen door vervluchtiging en biologische afbraak grotendeels verdwenen. Sterke fluctuatie van de grondwaterstand in de dempingen gedurende het seizoen draagt hier in belangrijke mate aan bij.
- Hoewel geen duidelijke verontreiniging van het grondwater in de demping (> Interventiewaarde) is vastgesteld, is voor bepaalde stoffen, te weten zink, koper en nikkel, gebleken dat in het grondwater van de demping wél een overschrijding van de kwaliteitseisen voor oppervlaktewater (MTR-waarden) optrad aan de kopse kanten. Opgemerkt moet worden dat voor deze metalen de MTR-waarden voor oppervlaktewater lager zijn dan de streefwaarden voor ondiep grondwater. Op grond van modelberekeningen is geconcludeerd dat het afdichten van de kopse kanten effectief is aangezien de directe uitstroom van verontreinigingen naar het oppervlaktewater daarmee wordt tegengegaan. De verontreinigingen worden geabsorbeerd aan het organische materiaal van de aangrenzende percelen waardoor de totale verblijftijd van verontreinigingen in het grondwater aanzienlijk toeneemt. De bodem raakt hierdoor echter wel (minimaal) verontreinigd. Opgemerkt wordt dat, blijkens een indicatieve berekening, de belasting van het oppervlaktewater door de slootdemping gering is in vergelijking met andere bronnen.

##### *Horizontale en verticale verspreiding naar het grondwater*

- Horizontale verspreiding van verontreinigingen naar grondwater buiten de dempingen is minimaal, verspreiding van verontreinigingen naar aangrenzende sloten wordt uitgesloten.
- Er is alleen sprake van mogelijk ontoelaatbare verspreiding van verontreinigingen naar het watervoerend pakket voor dempingen gelegen op een ondiepe geulopvulling (geul vanaf circa 3 m-mv) in een gebied met (sterke) infiltratie. Deze dempingen bevinden zich in het noorden (langs de Lek) en noordoostelijke deel (gebied rond Stolwijk) van de Krimpenerwaard. Dempingen gelegen direct op een dagzomende donk komen naar verwachting (vrijwel) niet voor.
- Eventuele doorslag van verontreinigingen binnen afzienbare termijn (binnen 50 tot 200 jaar na stort) zal alleen plaats vinden voor organische verbindingen (met name benzeen en xylenen). Gezien het feit dat deze stoffen in de demping zelf nauwelijks meer worden aangetroffen is het de vraag of deze stoffen het watervoerend pakket in de praktijk ooit zullen bereiken. In ieder geval is de duur van de verspreiding eindig.

Verder blijkt uit een eerste verkenning dat het omvormen van landbouwgebieden naar natuurgebieden in de Krimpenerwaard geen grote gevolgen heeft voor de verspreiding van verontreinigingen.

### SAMENVOEGING RESULTATEN LANDBOUW EN ECOLOGIE

#### 7.1 Bioturbatie

Zowel binnen de deelstudie landbouw als de deelstudie ecologie is onderzoek gedaan naar herverontreiniging van de afdeklaag door bioturbatie. In het deelonderzoek landbouw is bioturbatie geëvalueerd met een simulatiemodel. Turbatie is hierin gemodelleerd als een diffusieproces. De aanname hierbij is dat wormen zich willekeurig door de grond bewegen en het bodemmateriaal op verschillende dieptes mengen door inname en uitscheiding van bodemmateriaal en aangehechte contaminanten. Daarnaast vindt in het model ook transport plaats van metalen in opgeloste vorm in de vloeistoffase. In de deelstudie ecologie is een simulatie-experiment uitgevoerd in grondkolommen met onderin dempingmateriaal en daar bovenop 30 cm schoon afdek materiaal waaraan verschillende soorten wormen zijn toegevoegd. Hierbij is geen grondwaterpeil gesimuleerd en de wormen werden dus niet gehinderd door het grondwater.

Uit berekeningen met het simulatiemodel volgt dat de concentraties metalen in de afdeklaag tot 10 cm boven het dempingmateriaal in de loop van de tijd toenemen. Deze conclusie is in overeenstemming met het bioturbatie-experiment uit het deelonderzoek ecologie waarin na 12 weken verhoogde concentraties in een laag van 10 cm boven het dempingmateriaal gemeten zijn.

Vanuit de laag 10 cm boven het dempingmateriaal vindt mogelijk verder transport plaats van contaminanten richting maaiveld. Hoger in het bodemprofiel zijn er meer wormen en vindt mogelijk ook transport plaats als gevolg van mechanische turbatie (insporing, vertrapping). Volgens de berekeningen met het simulatiemodel blijft de concentratieverhoging beperkt tot de laag van 10 cm boven de afdeklaag. Dit is te verklaren uit het feit dat er in de vloeistoffase een netto transport van metalen in neerwaartse richting plaatsvindt. Het transport in de vloeistoffase en transport als gevolg van bioturbatie zijn in tegengestelde richting. In het bioturbatie-experiment zijn geen metingen gedaan aan de laag boven de onderste 10 cm van het afdek materiaal. De tijdsduur van het experiment is ook te kort om hier effecten aan te tonen. In het veld zijn binnen het deelonderzoek landbouw wel metingen gedaan aan metalen in de bovenste 5 cm van de afdeklaag gerelateerd aan de dikte van de afdeklaag. Hieruit blijkt dat de concentraties in de bovenste 5 cm van de afdeklaag niet verhoogd zijn ten opzichte van de referenties bij afdekklagen die dikker zijn dan 20 cm. Deze metingen ondersteunen de resultaten van de modelberekeningen.

Naast zware metalen kunnen ook andere contaminanten zoals PCB's door bioturbatie omhoog komen. Een belangrijk verschil met metalen is dat PCB's niet in opgeloste vorm in de waterfase getransporteerd worden. Dit heeft als gevolg dat PCB's mogelijk tot hoger in het profiel getransporteerd worden; er is immers geen transport in tegengestelde richting. Uit metingen van PCB-concentraties in de bovenste 5 cm van het afdek materiaal op een aantal dempingen met shredder blijken alle monsters verhoogd te zijn ten opzichte van de referentie, ook bij afdekklagen dikker dan 30-40 cm. Hierdoor dragen mogelijk ook de B-locaties (industriële- en bedrijfsafval en shredder) bij aan de blootstelling van weidevogels, voor zover de vogels prederen op oppervlakkig levende soorten regenwormen.

#### 7.2 Gewasopname

Zowel in het deelonderzoek ecologie als in het deelonderzoek bodem is onderzoek gedaan naar de opname van zware metalen door het gewas. In het deelonderzoek ecologie zijn potproeven

met grote brandnetel in een schone afdeklaag boven dempingmateriaal uitgevoerd. Hierbij is geen grondwaterpeil gesimuleerd. In het deelonderzoek landbouw is veldonderzoek gedaan naar de opname van metalen door gras boven dempingen met afdekkingen van verschillende dikte.

In het deelonderzoek landbouw zijn goede relaties gevonden tussen concentraties cadmium en zink in bodem en gras. Er bleek geen relatie te bestaan tussen concentraties koper en lood in bodem en gras. De afwezigheid van relaties voor cadmium en lood wordt algemeen gevonden in de literatuur. Koper is een essentieel element waarvan de opname waarschijnlijk fysiologisch wordt geregeld en lood is een niet essentieel element dat slecht opgenomen blijkt te worden. Voor dempingen met verhoogde gehalten metalen (shredder en industrieel afval) is gekeken naar de relatie tussen de dikte van de afdeklaag en de gehalten in het gras. Er blijkt een duidelijke afname van de concentratie cadmium in het gras bij toenemende dikte van de afdeklaag. Voor afdekkingen van meer dan 30 cm zijn er weinig gegevens. Uit de beschikbare gegevens blijkt geen verhoging van de metaalconcentraties in gras ten opzichte van concentraties in gras van het referentiemonster.

In het deelonderzoek ecologie zijn verhoogde concentraties cadmium gemeten voor dempingen met shredder. Voor dempingen met bouw- en sloopafval, bagger en shredder zijn verhoogde zinkconcentraties gemeten. Voor brandnetels blijkt een afdeklaag van 30 cm niet genoeg om een verhoogde opname van zware metalen tegen te gaan.

Op basis van deze resultaten blijkt een afdeklaag van 30 cm voldoende bescherming te bieden voor relatief ondiep wortelende gewassen, zoals gras. Een dergelijke afdeklaag blijkt echter niet voldoende om een verhoogde opname door dieper wortelende planten tegen te gaan.

### 7.3 Verontreinigingen en EROD-activiteit

De gemeten EROD-activiteit in monsters van het dempingmateriaal in de *screenings* fase van het deelonderzoek *ecologie* is onder andere toe te schrijven aan de gehalten PCB's in de dempingen. In het deelonderzoek *landbouw* zijn in dezelfde monsters ook PCB's gemeten, zodat de relatie tussen PCB-gehalten en EROD-activiteit hiermee daadwerkelijk geanalyseerd kan worden. Deze data-analyse is opgenomen als bijlage E in deze rapportage. Op basis van de dosis-respons curves (PCB-gehalten en EROD-inductie) in verschillende categorieën dempingmateriaal en in de referenties is geconcludeerd dat er positieve relaties bestaan tussen PCB-concentraties en EROD-activiteit. Het is uit de huidige gegevens echter niet af te leiden of alleen PCB's hiervoor verantwoordelijk zijn. Bij de categorieën bouw- en sloopafval en huishoudelijk afval is het aannemelijk dat er relatief meer andere stoffen in zitten die eveneens EROD-inducerend zijn, zoals dioxines en/of niet gemeten PCB's.

### BEPERKINGEN EN ONZEKERHEDEN

De belangrijkste beperkingen en onzekerheden die blijven bestaan na uitvoering van het verificatieonderzoek zijn:

#### *Beperkte steekproef en bemonsteringsopzet*

Het onderzoek is uitgevoerd op een beperkt aantal dempingen. Voor het deelonderzoek ecologie zijn 27 dempingen in het eerste screeningsonderzoek betrokken en 30 dempingen in het vervolgonderzoek. Voor het deelonderzoek landbouw zijn deze aantallen respectievelijk 33 en 10. Het deelonderzoek verspreiding heeft zich gericht op 18 dempingen. Daarnaast zijn referentiemonsters samengesteld van referentielocaties op aangrenzende percelen. Hoewel met deze aantallen een aanzienlijke onderzoeksintensiteit is gemoeid, zijn zij gering in het licht van het aantal verdachte dempingen in de Krimpenerwaard (naar schatting tussen de 2000 en 4000 dempingen; van de helft van de dempingen is het dempingmateriaal onbekend).

De - ten aanzien van de problematiek - relatief beperkte bemonsteringsopzet leidt tot de vraag naar de 'hardheid' van het eventueel aangetoonde effect. Zeker wanneer gevonden effecten worden opgeschaald naar bijvoorbeeld het categorieniveau van de demping. In wetenschappelijk onderzoek is het altijd mogelijk dat een statistisch significante afwijking van een referentie gevonden wordt, zonder dat er in werkelijkheid sprake is van een verschil; het verschil berust op toeval. Met andere woorden, het is altijd mogelijk dat in een afzonderlijke waarneming een effect onterecht wordt toegewezen aan de verontreinigingen in de demping.

De kans op zo'n verkeerde conclusie kan op een aantal manieren worden verkleind. Zo ligt het voor de hand om het aantal waarnemingen te verhogen. Budgettair echter is dat niet altijd een voor de hand liggende oplossing. De kans op een verkeerde conclusie wordt ook kleiner naarmate het optreden van effecten in een breder scala van uiteenlopende waarnemingen valt. De vraag naar oorzaak en gevolg kan daarom worden benaderd via de weg van *multiple weight of evidence*; als in verschillende experimenten gelijkwaardige effecten zijn gevonden versterkt dit de conclusie dat de gevonden effecten ook echt kunnen worden toegewezen aan de onderzochte parameter, in dit geval het dempingmateriaal. De betrouwbaarheid van de conclusies wordt verhoogd bij toename van het aantal gelijkwaardige gevonden effecten in verschillende experimenten. Deze weg is met het Verificatieonderzoek Ecologie ingeslagen.

#### *Beperkt in de tijd*

Het onderzoek heeft vooral het karakter van een momentopname. Er zijn in het veld geen processen in de tijd gevolgd. Door middel van modellering en laboratorium-experimenten zijn voorspellingen gedaan voor gedrag van verontreinigingen in de tijd. Verder zijn op basis van bevindingen nu vergeleken met bevindingen in het verleden uitspraken gedaan over processen die zich in de tijd hebben afgespeeld. Echter, in het veld zijn geen processen in de tijd gevolgd of geverifieerd. Daarvoor was de doorlooptijd van het onderzoek te kort.

Door de bovengenoemde beperkingen van de steekproefgrootte en bemonsteringsopzet kennen de resultaten van het onderzoek onvermijdelijk een onzekerheid. Dit benadrukt de noodzaak om, door monitoring, de 'vinger aan de pols' te houden.

## Onzekerheden

### *Demping versus afdeklaag*

Een onzekerheid die in het verificatieonderzoek niet geheel is weggenomen betreft de mate waarin effecten kunnen worden toegeschreven aan de afdeklaag in plaats van het dempingmateriaal. Het veldonderzoek naar de effectiviteit van een afdeklaag van 30 cm binnen de deelonderzoeken landbouw en ecologie is gericht geweest op locaties met een bestaande, onverdachte, afdeklaag. In hoeverre deze deklagen op het moment van opbrengen daadwerkelijk 'schoon' waren, is onbekend. Blijkens het vooronderzoek [Raytheon, 1997] en de eigen waarnemingen in dit verificatieonderzoek (zware metalen, PAK, PCB) worden ook in de afdeklaag verontreinigingen aangetroffen. Of deze verontreinigingen al bij het opbrengen aanwezig waren, of dat zij door beïnvloeding van het dempingmateriaal in de deklagen zijn gekomen, is niet zeker. De resultaten van het deelonderzoek landbouw maken aannemelijk dat de aangetroffen concentraties ten minste voor een deel het gevolg zijn van beïnvloeding door het dempingmateriaal. Het blijft echter onzeker in hoeverre de kwaliteit van de afdeklaag zelf (chemische en ook fysische kwaliteit) mede verantwoordelijk is voor de aangetroffen effecten. Hierin is goed inzicht te verkrijgen door de kwaliteit van nieuw opgebrachte deklagen te monitoren.

Een ander punt van belang bij de waardering van de afwijkingen is of de effecten wel toe te schrijven zijn aan verontreinigingen in de demping. Voor bijvoorbeeld 'nitrificatie' zijn in het uitgebreid effectenonderzoek effecten aangetoond in de afdeklaag. Echter, in de voorafgaande screening zijn in het dempingmateriaal géén effecten aangetoond. Het is dus mogelijk dat de effecten op nitrificatie in de afdeklaag niet zozeer met de *demping* te maken hebben als wel met het *deklaagmateriaal* zelf. Ook voor wat betreft het voorkomen van nematoden is het mogelijk dat de effecten in zekere mate toe te schrijven zijn aan het type deklaagmateriaal, terwijl er in het bioturbatie-experiment altijd een kleine kans is op experimentele artefacten (*mobiliteit van contaminanten door andere oorzaken dan turbatie door regenwormen*). De vraag naar oorzaak en gevolg kan hier worden benaderd via de weg van *multiple weight of evidence*.

### *PCB en EROD*

Onduidelijk is vooralsnog in hoeverre de verhoogde EROD-inductie in grond en in eieren/kuikens toegeschreven kan worden aan PCB of aan andere EROD-inducerende contaminanten. Uit de analyse van de beschikbare resultaten van de EROD-bioassays en de PCB-analyses in dempingmateriaal blijkt dat er sprake is van positieve relaties tussen PCB-concentraties en EROD-activiteit. PCB draagt dus bij, maar de mate waarin en de betekenis van andere contaminanten is onbekend. Uit de analyseresultaten van het deelonderzoek landbouw blijkt dat sterk verhoogde PCB-gehalten (rond of boven interventiewaarde) worden aangetroffen in dempingmateriaal van de dempingcategorieën shredder en industrieel afval. Bij de overige categorieën zijn de gehalten beduidend lager (streefwaarde overschrijdingen). Dit doet vermoeden dat bij de andere categorieën dempingmateriaal andere stoffen dan PCB de EROD-inductie veroorzaken.

### SAMENVATTING CONCLUSIES VERIFICATIEONDERZOEK

#### 9.1 Conclusies verificatieonderzoek

Het verificatieonderzoek heeft geresulteerd in een aantal conclusies met betrekking tot de aandelen in het bodembeheerplan. Deze conclusies zijn, samen met de resultaten van de deelonderzoeken, weergegeven in de voorgaande hoofdstukken. De belangrijkste conclusies zijn:

##### *Deelonderzoek landbouw*

De aanname dat dempingen uit een milieuhygiënisch verdachte dempingcategorie en een onvoldoende dikke afdeklaag een landbouwkundig risico vormen, is geverifieerd en genuanceerd. Het blijkt dat dit niet voor alle categorieën het geval is. Voor dempingen met shredder en industrieel- en bedrijfsafval is aangetoond dat er wel een landbouwkundig risico bestaat. Voor landbouwkundig gebruik van percelen met dergelijke dempingen zullen dus afdoende maatregelen genomen moeten worden. Voor de overige dempingcategorieën is geen sprake van een landbouwkundig risico.

De veronderstelling dat met een schone afdeklaag van 30 cm de landbouwkundige risico's voldoende worden weggenomen is eveneens geverifieerd en genuanceerd. Uit zowel veldwaarnemingen als modelberekeningen blijkt dat op deze categorieën een afdeklaag minimaal 35 cm dik moet zijn om te voorkomen dat het gras verontreinigingen (met name cadmium) opneemt. In verband met het dunner worden van de afdeklaag door oxidatie van organische stof wordt een afdeklaag van 40 cm geadviseerd. Verder blijkt uit de modelberekeningen dat de opname van cadmium door het gewas het meest kritisch is. In situaties waarbij gewassen diep wortelen kunnen hierdoor risico's ontstaan. Dan is een afdeklaag van 40 cm onvoldoende.

##### *Deelonderzoek ecologie*

Ook in het deelonderzoek ecologie hebben de aannamen uit het bodembeheerplan betrekking op de invloed van slootdempingen op de afdeklaag. De veronderstelling dat dempingen uit een milieuhygiënisch verdachte dempingcategorie en een onvoldoende dikke afdeklaag een ecologisch risico vormen, is door middel van een screeningonderzoek geverifieerd. De resultaten geven aan dat in al deze dempingcategorieën, de categorie bagger, gesproken kan worden van negatieve ecologische effecten.

Over de aanname dat op dempingen met een schone afdeklaag van 30 cm dikte mogelijke ecologische risico's voldoende worden weggenomen, is op basis van de onderzoeksresultaten en *multiple weight of evidence* geconcludeerd dat de aanname in het bodembeheerplan over de effectiviteit van de maatregel niet onderschreven kan worden. Voor alle onderzochte categorieën dempingmateriaal zijn namelijk ecologische effecten gevonden in de afdeklaag van dempingen met voldoende dikte (> 30 cm). Dit geldt zowel voor de meer gevoelige beoordeling als voor de minder gevoelige beoordeling.

##### *Deelonderzoek verspreiding*

In het deelonderzoek verspreiding zijn aannamen geverifieerd met betrekking tot verspreiding naar oppervlaktewater en naar (diep) grondwater. De aanname dat verspreiding naar oppervlaktewater via de kopse kanten plaatsvindt bij verdacht dempingmateriaal en kan leiden tot overschrijding van het MTR voor oppervlaktewater, is geverifieerd en voor enkele metalen bevestigd. De mate van beïnvloeding is echter gering. Verspreiding naar oppervlaktewater via de aangrenzende percelen (verspreiding loodrecht op demping) wordt uitgesloten. De aanname dat ver-

spreiding naar het eerste watervoerende pakket bij dempingen met verdacht dempingmateriaal alleen plaatsvindt bij dempingen met verdacht dempingmateriaal op gefundeerde zandbanen en donken in een infiltratiesituatie is geverifieerd en bevestigd. Bij dempingen op gefundeerde zandbanen is alleen sprake van een mogelijk ontoelaatbare verspreiding voor organische verbindingen. Wat betreft deze organische verbindingen is geconstateerd dat zij (BTEX, naftaleen) in lagere concentraties worden gemeten dan in onderzoeken van 10 tot 20 jaar geleden. Verondersteld wordt dat deze stoffen door vervluchtiging en biologische afbraak grotendeels zijn verdwenen. Sterke fluctuaties van de grondwaterstand in de dempingen gedurende het seizoen draagt hier in belangrijke mate aan bij.

Uit een eerste verkenning is gebleken dat het omvormen van landbouwgebieden naar natuurgebieden in de Krimpenerwaard geen grote gevolgen heeft voor de verspreiding van verontreinigingen.

## 9.2 Resterende vragen voor onderzoek

Op basis van de resultaten van het onderzoek en de in hoofdstuk 8 genoemde onzekerheden zijn de onderstaande aanvullende onderzoeksvragen geformuleerd.

*Relevantie van bioturbatie op termijn:* kan bioturbatie voor andere dan de onderzochte contaminant cadmium leiden tot verdere beïnvloeding van de afdeklaag?

*Opname van contaminanten door diepwortelende gewassen:* in hoeverre vindt deze opname in het veld plaats, wat betekent dit voor eventuele doorvergiftiging en wat is de invloed van de grondwaterstand op deze opname?

*Effecten van organische contaminanten in de voedselketen:* EROD-inductie is gevonden in eieren/kuikens; de resultaten hebben betrekking op een kleine steekproef; nader onderzoek is gewenst naar de werkelijke omvang van deze beïnvloeding en het eventueel optreden van risico's voor dieren hoger in de voedselketen.

*Organische contaminanten en EROD-inductie:* uit het onderzoek blijkt dat PCB deels de EROD-inductie verklaart. Welke contaminanten zijn verder verantwoordelijk voor de EROD-inductie?

*Inzicht in de mate van ecologisch effect:* kennisontwikkeling op dit vlak is in algemene zin van belang, niet alleen voor de Krimpenerwaard; kennis en inzicht ontbreken veelal om de risico's van effecten op de duurzaamheid van populaties of processen in het ecosysteem te bepalen.

*Inzicht in variabiliteit van veldpopulaties van bodemdieren:* voor de beoordeling van de kwaliteit van de bodem is dit inzicht, in relatie tot het beheer van het grondwaterpeil en de bodemgesteldheid (bemesting, bekalking, compactie), van belang.

### ADVIES BODEMBEHEER

#### 10.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een advies voor het bodembeheer geformuleerd, gebaseerd op de resultaten van het verificatieonderzoek en aanvullende beleidsmatige overwegingen. Voor de transparantie van de gemaakte keuzes bij het formuleren van het advies, wordt steeds aangegeven wat er gebaseerd is op de wetenschappelijke resultaten en wat beleidsmatige keuzes zijn. Een belangrijke basis voor de hier geformuleerde beleidskeuzes is het gevoerde overleg tussen 'onderzoekers', 'beleidsmakers' en 'belangenpartijen' geweest, waarvan het verslag van het laatste overleg is opgenomen als bijlage F in dit rapport. Het genoemde overleg had betrekking op het deelonderzoek ecologie.

De aspecten 'fysieke belemmeringen' en 'asbest' zijn niet in het verificatieonderzoek betrokken, maar maken wel deel uit van dit beleidsadvies, gezien hun relevantie voor het beheer.

#### 10.2 Advies

In het Bodembeheerplan worden twee concrete maatregelen voor het tegengaan van contactrisico's voorgesteld:

- A. Het afdekken van slootdempingen met een schone laag grond van 30 cm (voor het tegengaan van landbouwkundige en ecologische risico's);
- B. Het afdichten van de kopse kanten van dempingen (voor het tegengaan van verspreidingsrisico's).

In het onderstaande is voor beide maatregelen een advies geformuleerd, uitgaande van onderzoeksresultaten en beleidsmatige overwegingen.

Maatregel A: schone afdeklaag

##### *Onderzoeksresultaten*

Op basis van de resultaten van deelonderzoek *landbouw* is voor de dempingcategorieën shredder en industrieel afval een afdeklaag (einddikte) nodig van tenminste 35 cm. Rekening houdend met krimp van de afdeklaag wordt een einddikte van 40 cm voorgesteld. De modelberekeningen geven aan dat deze eens in de 50 jaar opgehoogd dient te worden. Voor de overige categorieën dempingmateriaal is met het oog op eventuele milieuhygiënische landbouwkundige risico's geen afdekking noodzakelijk.

In het deelonderzoek *ecologie* zijn in alle categorieën dempingmateriaal effecten aangetoond, zowel met als zonder 30 cm afdeklaag. Deze effecten overschrijden de eerder met stakeholders afgewogen criteria. Deze wetenschappelijke conclusie werd in het gevoerde overleg tussen 'wetenschappers', 'beleidsmakers' en 'belangenpartijen' (bijlage F) door de aanwezigen onderschreven. De resultaten van het deelonderzoek ecologie is voor alle typen verdacht dempingmateriaal aanleiding om maatregelen te treffen. De dikte die nodig is voor 'ecologie' is onbekend (niet onderzocht), echter meer dan 30 cm.

##### *Aanvullende aspecten: asbest en fysieke belemmeringen*

Over het voorkomen van asbest in de dempingen dient het volgende opgemerkt te worden. Het is aannemelijk dat er in verschillende dempingcategorieën asbest voorkomt. Hoewel hieraan niet speciaal aandacht is besteed tijdens het voorgaande onderzoekstraject, kan op basis van erva-

ring wel worden aangegeven dat sommige categorieën een grotere kans maken om asbest te bevatten dan andere. Zo is asbest waarschijnlijk aanwezig in de dempingcategorieën bouw- en sloopafval en industrieel afval (waaronder scheepswerfval). Mogelijk komt het ook voor in huishoudelijk afval en shredder.

Voor asbest is de situatie dat de standaardmaatregel uit het Bodembeheerplan voldoet om eventuele risico's van asbest weg te nemen, aangezien er alleen een risico optreedt bij inhalatie van asbestvezels die vrijkomen in de lucht.

Het verificatieonderzoek heeft zich gericht op de milieuhygiënische risico's en niet op de fysieke landbouwkundige risico's. In het Bodembeheerplan is aangenomen dat een afdeklaag van 30 cm ook voldoende is om de fysieke landbouwkundige risico's weg te nemen (risico van verwonding van vee, schade aan landbouwvoertuigen). Deze aanname is in het verificatieonderzoek niet onderzocht en blijft derhalve gehandhaafd. Voor bouw- en sloopafval, industrieel afval, shredder en huishoudelijk afval is deze afdeklaag een basisvereiste. Voor lompen speelt het risico op verwonding van vee geen rol, echter hier is een afdeklaag gewenst voor landbewerking. Binnen de dempingcategorie bagger worden geen fysieke landbouwkundige risico's aanwezig geacht.

#### *Beleidsmatige en praktische overwegingen*

Een afdeklaag van ca. 40 cm is vanuit de landbouwkundige praktijk acceptabel (*praktische overweging*). Met deze afdeklaagdikte worden landbouwkundige risico's, uitgaande van grasland met vee, voldoende weggenomen (*onderzoeksresultaat*). Ook worden risico's van blootstelling aan eventuele asbestverontreiniging en het risico van verwonding van vee door fysieke belemmeringen voldoende weggenomen (*aanname, praktische overweging*). De effectiviteit van deze dikte voor ecologie is onbekend (*onderzoeksresultaat*), maar er is tenminste sprake van enige overdikte ten opzichte van de onderzochte afdeklaagdikte van 30 cm (*praktische overweging*). De effectiviteit van deze dikte voor het wegnemen van ecologische risico's kan bij het aanbrengen van nieuwe afdekkingen op dempingen in de tijd worden onderzocht en gevolgd (monitoring; *beleidsmatige overweging*).

Voor baggerdempingen gaat de voorkeur uit naar een, hiervan afwijkende, gefaseerde benadering (*beleidsmatige overweging*). De baggerdempingen maken een aanzienlijk deel uit van de dempingen in de Krimpenerwaard (ca. 1/4) en vanuit een kosten/baten-overweging is het gewenst om eerst een beter beeld te verkrijgen van de verschillen in de mate van verontreiniging van de baggerdempingen en daaruit voortkomende effecten. Maatregelen zullen zich dan kunnen toespitsen op de sterkst verontreinigde gevallen met de sterkste effecten.

#### *Bodembeheeradvies maatregel 'afdekken'*

Aanbevolen wordt om voor alle typen verdacht dempingmateriaal, met uitzondering van bagger, uit te gaan van afdekking met een laag gebiedseigen grond van tenminste 40 cm. Voor bagger wordt de bovengenoemde gefaseerde benadering voorgesteld.

Bovendien wordt aanbevolen om dempingen die niet afgedekt zijn en verdacht zijn voor wat betreft asbest, extra aandacht te geven. Dit geldt vooral voor de situatie waar landbouwpaden en recreatiepaden (wand- en fietspaden) op asbestverdachte dempingen liggen en het dempingmateriaal aan de oppervlakte ligt. In die situaties verdient het aanbeveling om een asbestinventarisatie van het padoppervlak uit te voeren. Een maatregel, zoals het afdekken van het padoppervlak met een asbestvrije verhardingslaag is in deze situatie het overwegen waard.

Gezien de vragen die nog bestaan naar aanleiding van de resultaten van het deelonderzoek ecologie (en ook naar aanleiding van de resultaten uit de deelonderzoeken landbouw en versprei-

ding) wordt belang gehecht aan een monitoringstraject met aanvullend onderzoek. Dit kan gelijktijdig met de uitvoering van de maatregelen worden ingezet.

Maatregel B: afdichting kopse kant.

#### *Resultaten onderzoek*

Op basis van het verificatieonderzoek is geconcludeerd dat door uitstroming aan de kopse kanten van sloten voor enkele metalen in grondwater een concentratie boven het MTR-niveau voor oppervlaktewater aanwezig kan zijn. De invloed van de uitstroom van de demping op de kwaliteit van het oppervlaktewater is echter gering. Over de effectiviteit van de maatregel 'afdichten van de kopse kanten' is geconcludeerd dat deze effectief is, daar de directe uitstroom van verontreinigingen naar het oppervlaktewater wordt tegengegaan. De verontreinigingen worden geabsorbeerd aan het organische materiaal van de aangrenzende percelen waardoor de totale verblijftijd van verontreinigingen in het grondwater aanzienlijk toeneemt. De bodem raakt hierdoor echter wel (minimaal) verontreinigd.

#### *Beleidsmatige overwegingen*

De vraag is of de maatregel efficiënt is. Dit hangt af van het feit of de investering, in termen van geld, inspanning, overlast voor de omgeving en dergelijke, die moet worden gedaan, opweegt tegen het effect van de maatregel: de vrachtreductie van verontreinigingen naar het oppervlaktewater. Uit een indicatieve berekening waarbij de totale verontreinigingsvracht vanuit de dempingen is vergeleken met andere vrachten op het oppervlaktewatersysteem (riooloverstorten, ongerioleerde huishoudens enzovoort) blijkt dat de dempingen een relatief beperkte bijdrage leveren aan de totale belasting op het oppervlaktewatersysteem.

#### *Bodembeheeradvies maatregel 'afdichten kopse kant'*

Hoewel de maatregel effectief is, wordt zij gezien de geringe beïnvloeding van het oppervlaktewater en daarmee samenhangend het te verwachten geringe rendement, niet aanbevolen. De beslissing hierover dient echter in overleg met het bevoegd gezag en de waterkwaliteitsbeheerder genomen te worden.

### **10.3 Inpassing in beleid**

Bij het opstellen van het Bodembeheerplan voor de gedempte sloten in de Krimpenerwaard in 1998 is het concept van het functiegericht saneren uit de Beleidsvernieuwing bodemsanering gevolgd [Bever, 1999]. Gekeken is of de kwaliteit van de bodem ter plaatse van de gedempte sloten geschikt is voor de functies landbouw, natuur en recreatie en of verspreiding van verontreinigende stoffen een bedreiging kon vormen voor de grondwaterwinning ten behoeve van drinkwatervoorziening en het oppervlaktewatersysteem. Daar waar de bodemkwaliteit niet voldoet zijn maatregelen beschreven waarmee de bodem geschikt gemaakt kan worden voor de beoogde functies. Daarbij is tevens beoordeeld of deze maatregelen duurzaam zijn in een veenweidegebied met een geleidelijke bodemdaling en met plaatselijke veranderingen in bodemgebruik van landbouw naar natuur.

Bij de functiegerichte benadering is niet alleen gelet op de chemische kwaliteit, c.q. de concentraties aan verontreinigende stoffen, maar ook op de fysieke kwaliteit. Het voorkomen van de directe fysieke schade die het dempingmateriaal kan toebrengen aan het vee dat wordt geweid op een gedempte sloot en schade aan landbouwwerktuigen is mede betrokken in de benadering. Het breder inbedden van het saneringsbeleid en meenemen van langetermijneffecten staan centraal in de Beleidsbrief Bodem die op 24 december 2003 aan de Tweede Kamer is aangeboden.

Over de dikte en opbouw van een leeflaag zijn landelijk afspraken gemaakt, alsmede over de kwaliteit van de leeflaaggrond ([Bever, 1999]; meest recent vastgelegd in het Besluit Regeling

Locatiespecifieke omstandigheden, [2002]). Deze afspraken zijn overgenomen en nader uitgewerkt in het provinciale bodemsaneringbeleid (Gezamenlijk bodemsaneringsbeleid, [Anonymus, 2003]). Als standaard is een leeflaag beschreven van 1 meter dikte, opgebouwd uit 40 cm zand en 60 cm (teel)aarde, waarbij zand en (teel)aarde dienen te voldoen aan de betreffende bodemgebruikswaarde (BGW). De zandlaag heeft hierbij mede de functie van signaallaag om te waarschuwen bij werkzaamheden dat er nog dieper in de grond verontreiniging aanwezig is. De dikte van een leeflaag kan variëren afhankelijk van ligging/inrichting en gebruik van het te saneren gebied.

Een reden om voor een minder dikke leeflaag te kiezen is een hoge grondwaterstand in een gebied waarin de betreffende locatie gelegen is. Dit is van toepassing in het veenweidegebied van de Krimpenerwaard. De drooglegging, het hoogteverschil tussen maaiveld en polderpeil (gemiddelde grondwaterstand) is beperkt (zie kaart 1). Dientengevolge is de bewortelingsdiepte beperkt. Een tweede gebiedsspecifieke aanpassing die gemaakt kan worden, betreft de opbouw van de leeflaag. Omdat de hoofdfuncties van de zandlaag - het beperken van doorworteling van de verontreinigde bodem en de signaalwerking - al worden overgenomen door de hoge grondwaterstand en het visuele contrast tussen dempingmateriaal en deklaaggrond, is de keuze voor het aanbrengen van alleen grond goed te motiveren. Vanwege het ontbreken van een regulerende zandlaag wordt deze vorm van leeflaag aangeduid als "afdeklaag".

### AANZET MONITORING

Voor het inrichten van het monitoringsprogramma zijn, op basis van de resultaten van het verificatieonderzoek, de volgende aanzetten gedaan.

#### *Algemeen (landbouw en ecologie)*

Het monitoren van de beïnvloeding van de kwaliteit van nieuw opgebrachte deklagen door contaminanten (metalen, PAK, PCB, eventueel EROD-inductie) op enkele geselecteerde monitoringslocaties, door monsternamen op verschillende diepten. Het monitoren van de populatie regenwormen als voorname vector van bioturbatie wordt aanbevolen (meten van dichtheid, bio-accumulatie). Hierbij kan goed worden aangesloten bij het Provinciaal Integraal Meetnet Milieu-kwaliteit (PIMM) van Zuid-Holland.

#### *Landbouw*

Om zeker te zijn van een goede bescherming en om mogelijke problemen in een vroeg stadium te ontdekken, wordt geadviseerd het cadmiumgehalte in het gewas (met name gras) te monitoren. Cadmium wordt namelijk gemakkelijk opgenomen en zodra plantenwortels een zone met verhoogde gehalten bereiken, zal dit effect hebben op de gehalten in het gewas. Het cadmiumgehalte in het gewas is daarom een gevoeliger grootte voor monitoring dan het cadmiumgehalte in de bodem.

#### *Ecologie*

Het broedsucces van weidevogels wordt jaarlijks gevolgd door vrijwilligers van de Natuur- en Vogelwerkgroep "De Krimpenerwaard". De nieuwe gegevens kunnen worden toegevoegd aan de database om te zijner tijd een hernieuwde analyse met groter onderscheidend vermogen mogelijk te maken. Eventuele effecten op populatieniveau kunnen vervolgens modelmatig worden doorgerekend. Op basis van geruide slagpennen en achtergebleven eieren kan de blootstelling van vogels na grootschalige uitvoering van afdekmaatregelen worden gevolgd.

Wilg en brandnetel zijn potentieel dieper wortelende planten. Hoewel de bewortelingsdiepte ook sterk wordt bepaald door de grondwaterstand. Overwogen kan worden deze soorten en de bewortelingsdiepte in het monitoringsprogramma te betrekken, om eventuele opname van contaminanten vanuit dempingmateriaal door dieper wortelende planten te verifiëren.

#### *Verspreiding*

Selectieve monitoring, door bemonstering van grondwater (plaatsen peilbuizen) bij die dempingen waarvoor op termijn mogelijk sprake zal zijn van ontoelaatbare verspreiding naar het watervoerend pakket. Een eerste aanzet voor nadere uitwerking is gegeven in bijlage G.

Wanneer wordt afgezien van afdichting van de kopse kanten, wordt aanbevolen aan de hand van monitoring hier 'vinger aan de pols' te houden.

#### *Algemene opmerking:*

Gemeten gehalten zware metalen in grond van referentielocaties uit het verificatieonderzoek (met name bij shredderlocaties) geven aanleiding te veronderstellen dat in een aantal gevallen oppervlakkige verspreiding van verontreinigingen van dempingen naar omringend grasland heeft plaatsgevonden, wat heeft geleid tot een verontreiniging boven streefwaardeniveau. Hiermee dient rekening te worden gehouden bij de opzet van de monitoring.

## HOOFDSTUK 12

### AANBEVELINGEN

1. Op basis van de in hoofdstuk 10 genoemde beleidsmatige overweging wordt aanbevolen om de verschillen in verontreinigingsgraad en mate van effect van de baggerdempingen in de Krimpenerwaard nader in beeld te brengen. Gezien de omvang van deze categorie (orde-grootte 1/4 van de dempingen in de Krimpenerwaard) is een verdere indeling in groepen van verschillende mate van verontreiniging (zo mogelijk gerelateerd aan de herkomst van de bagger) gewenst bij de afweging van maatregelen. Er zijn ecologische risico's aantoonbaar, ook na afdekken. Het is onduidelijk of de categorie als geheel moet worden beheerd, of dat de waargenomen effecten zijn toe te schrijven aan een heterogene herkomst (grotendeels gebiedseigen bagger, gedeeltelijk ook havenslib [mondelinge mededeling landeigenaren]) en dat het beheer zou moeten worden gericht op gebiedsvreemd materiaal.
2. De mogelijkheden onderzoeken om de in hoofdstuk 9 geformuleerde aanvullende onderzoeksvragen nader uit te werken. Dit betreft onder andere het zoeken naar financieringsbronnen.
3. Aansluiting zoeken bij het Platform Ecologische Risicobeoordeling (Periscoop) voor de verdere uitwerking van de locatiespecifieke beoordelingssystematiek voor ecologische risico's.
4. Een nadere uitwerking van de monitoringsopzet.

## LITERATUUR

Anonymus, 2003. Gezamenlijk bodemsaneringsbeleid. Gemeenten Den Haag, Leiden, Dordrecht, Schiedam en Rotterdam en provincie Zuid-Holland.

Besluit Regeling Locatiespecifieke Omstandigheden, 2002.

Bever, 1999. Van trechter naar zeef. Afwegingsproces saneringsdoelstelling. Bunnik, 15 oktober 1999. Uitvoeringsprogramma Bever. Sdu uitgevers, Den Haag.

Boels D., A.J. Zweers, J.G. te Beest, P.F.A.M. Römkens en J.Bril, 2000. Een methode voor de verificatie van landbouwkundige risico's. Tussenrapport fase I. Rapporten Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek deel 34.

Boels D. en A.J. Zweers, 2001. Evaluatie Actief bodembeheer Krimpenerwaard. Fase I, verkennend onderzoek landbouwkundige risico's. Wageningen, Alterra, Alterra rapport 145, 58 pp.

Van den Brink, N.W., J.J.C. van der Pol, J.M. Bodt, M.B.E. Lee-de Groot, T.C. Klok, P.A. Jansen, P. Doelman en J.H. Faber, 2003. Verificatieonderzoek Ecologie Krimpenerwaard fase 2 en 3. Onderzoek aan deklagen op slootdempingen. Opschaling naar Krimpenerwaard. Bijlage 4 bij: Faber, J.H., J.J.C. van der Pol en N.W. van den Brink, 2003. Verificatieonderzoek Ecologie Krimpenerwaard. Eindrapport. CUR/SKB (Gouda); Alterra (Wageningen).

Van den Brink, N.W., M.B.E. Lee-de Groot, P.A.F. de Bie en A.T.C. Bosveld, 2004. Enzyme markers in frogs (*rana spp.*) for monitoring risk of aquatic pollution. *Aquatic Ecosystem Health & Management* 6(4): 441-448.

Faber, J.H., J.J.C. van der Pol en N.W. van den Brink, 2003. Verificatieonderzoek Ecologie Krimpenerwaard. Eindrapport. CUR/SKB (Gouda); Alterra (Wageningen).

Faber, J.H. en N.W. van den Brink, 2000. Actief Bodembeheer Krimpenerwaard. Plan van aanpak Verificatieonderzoek Ecologie. Alterra rapport 144. Bijlage 1 bij: Faber, J.H., J.J.C. van der Pol en N.W. van den Brink, 2003. Verificatieonderzoek Ecologie Krimpenerwaard. Eindrapport. CUR/SKB (Gouda); Alterra (Wageningen).

Faber, J.H., J.J.C. van der Pol en N.W. van den Brink, 2000. Criteria bij ecologische beoordeling van noodzaak en effectiviteit van risicobeheermaatregelen voor gedempte sloten in de Krimpenerwaard. Bijlage 2 bij: Faber, J.H., J.J.C. van der Pol en N.W. van den Brink, 2003. Verificatieonderzoek Ecologie Krimpenerwaard. Eindrapport. CUR/SKB (Gouda); Alterra (Wageningen).

Groenenberg, J.E., J.C.L. Meeussen en J. Japenga, 2003. Verificatieonderzoek landbouw Krimpenerwaard. Eindrapportage. SKB projectnr. SKB SV-027. CUR/SKB, Gouda.

IWACO, 2000. Vooronderzoek Krimpenerwaard. Rapportage. Projectnr. 19564a0. In opdracht van SKB en SBK.

IWACO, 2000b. Saneringsaanpak dempingen Krimpenerwaard. Rapportage bureaustudie. Eindrapportage. Projectnr. 41758, 6 december 2000.

Keijzer, H. en L. Brouwer, 2002. Verificatieonderzoek verspreiding Krimpenerwaard. Eindrapport. SKB projectnr. SV-027. CUR/SKB, Gouda.



Van der Pol, J.J.C., N.W. van den Brink en J.H. Faber, 2003. Contaminanten en ecotoxicologische effecten in slootdempingen in de Krimpenerwaard. Verificatieonderzoek Ecologie fase 2a: screening. Bijlage 3 bij: Faber, J.H., J.J.C. van der Pol en N.W. van den Brink, 2003. Verificatieonderzoek Ecologie Krimpenerwaard. Eindrapport. CUR/SKB (Gouda); Alterra (Wageningen).

Projectgroep Veterinaire Milieuhygiëne, 1997. Veterinaire Milieuhygiënewijzer. Veterinaire Hoofdinspectie van de Volksgezondheid, Rijswijk.

Provincie Zuid-Holland e.a., 1998. Gebiedsgericht bodembeheerplan Krimpenerwaard. Provincie Zuid-Holland e.a., 23 april 1998, behorend bij de bestuursovereenkomst van dezelfde datum, ondertekend door Ministerie VROM, Provincie Zuid-Holland, Ministerie LNV, Hoogheemraadschap Krimpenerwaard, Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden, De Landinrichtingscommissies Krimpenerwaard en Krimpen, de Westelijke Land- en Tuinbouworganisatie, Stichting het Zuid-Hollands Landschap en vijf gemeenten.

Raytheon, 1997. Pilot bodemverontreiniging Krimpenerwaard. Data-analyses. Raytheon projectnr. 2118-1001. Provincie Zuid-Holland Nr. 2797-174&259.

Rijks Geologische Dienst, 1993. Geologische kaart van Nederland: Rotterdam Oost GK37/0/Rijks Geologische Dienst, 's Gravenhage.

Rutgers M., J.H. Faber, J.F. Postma en H. Eijsackers, 1998. Locatiespecifieke ecologische risico's: Een basisbenadering voor functiegerichte beoordeling van bodemverontreiniging. Rapporten Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek deel 16, 17 pp.

Tuinstra, J., S. Moolenaar en S. Prenger (red.), 2001. Integrale rapportage van het onderzoek: "Verificatie van de risico's van bodemverontreinigingen in de Krimpenerwaard" fase 2.

BIJLAGE A

**OVERZICHT VAN (DEEL)RAPPORTEN**

## Overzicht van (deel)rapporten verificatieonderzoek

### **Deelonderzoek landbouw**

#### *Eindrapportage:*

Groenenberg, J.E., J.C.L. Meeussen en J. Japenga, 2003. Verificatieonderzoek landbouw Krimpenerwaard. Eindrapportage. SKB projectnr. SKB SV-027. CUR/SKB (Gouda); Alterra (Wageningen).

#### *Tussenrapportage:*

Boels D., A.J. Zweers, J.G. te Beest, P.F.A.M. Römkens en J.Bril, 2000. Een methode voor de verificatie van landbouwkundige risico's. Tussenrapport fase I. Rapporten Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek deel 34.

### **Deelonderzoek ecologie**

#### *Eindrapportage:*

Faber, J.H., J.J.C. van der Pol en N.W. van den Brink, 2003. Verificatieonderzoek Ecologie Krimpenerwaard. Eindrapport. Projectnr. SKB SV-027. CUR/SKB (Gouda); Alterra (Wageningen).

#### *Bijlage-rapporten:*

*Bijlage 1:* Faber, J.H. en N.W. van den Brink, 2000. Actief Bodembeheer Krimpenerwaard. Plan van aanpak Verificatieonderzoek Ecologie. Alterra rapport 144. Bijlage 1 bij: Faber, J.H., J.J.C. van der Pol en N.W. van den Brink, 2003. Verificatieonderzoek Ecologie Krimpenerwaard. Eindrapport. CUR/SKB (Gouda); Alterra (Wageningen).

*Bijlage 2:* Faber, J.H., J.J.C. van der Pol en N.W. van den Brink, 2000. Criteria bij ecologische beoordeling van noodzaak en effectiviteit van risicobeheermaatregelen voor gedempte sloten in de Krimpenerwaard. Bijlage 2 bij: Faber, J.H., J.J.C. van der Pol en N.W. van den Brink, 2003. Verificatieonderzoek Ecologie Krimpenerwaard. Eindrapport. CUR/SKB (Gouda); Alterra (Wageningen).

*Bijlage 3:* Van der Pol, J.J.C., N.W. van den Brink en J.H. Faber, 2003. Contaminanten en ecotoxicologische effecten in slootdempingen in de Krimpenerwaard. Verificatieonderzoek Ecologie fase 2a: screening. Bijlage 3 bij: Faber, J.H., J.J.C. van der Pol en N.W. van den Brink, 2003. Verificatieonderzoek Ecologie Krimpenerwaard. Eindrapport. CUR/SKB (Gouda); Alterra (Wageningen).

*Bijlage 4:* Van den Brink, N.W., J.J.C. van der Pol, J.M. Bodt, M.B.E. Lee-de Groot, T.C. Klok, P.A. Jansen, P. Doelman en J.H. Faber, 2003. Verificatieonderzoek Ecologie Krimpenerwaard fase 2 en 3. Onderzoek aan deklagen op slootdempingen. Opschaling naar Krimpenerwaard. Bijlage 4 bij: Faber, J.H., J.J.C. van der Pol en N.W. van den Brink, 2003. Verificatieonderzoek Ecologie Krimpenerwaard. Eindrapport. CUR/SKB (Gouda); Alterra (Wageningen).

## **Deelonderzoek verspreiding**

### *Eindrapportage:*

Keijzer, H. en L. Brouwer, 2002. Verificatieonderzoek verspreiding Krimpenerwaard. Eindrapport. SKB projectnr. SV-027. CUR/SKB (Gouda). Royal Haskoning (Nijmegen); WUR (Wageningen). (tevens bijlage-rapport als CD-Rom).

## **Vooronderzoek en integrerende rapportages**

### *Integrale eindrapportage (onderhavig rapport):*

Tuinstra, J., A. Straetmans, S. Moolenaar, N.W. v.d. Brink, L. Brouwer, F. v.d. Brugge, J.H. Faber, J.E. Groenenberg, H. Keijzer en J.J.C. van der Pol (2004). Verificatie van de risico's van bodemverontreinigingen in de Krimpenerwaard. Integraal eindrapport. Eindrapport fase 1, 2 en 3. Februari 2004. SKB projectnr. SV-027. CUR/SKB (Gouda); SBK (Stolwijk).

### *Tussenrapportages:*

Tuinstra, J., S. Moolenaar en S. Prenger (red.), 2001. Integrale rapportage van het onderzoek: "Verificatie van de risico's van bodemverontreinigingen in de Krimpenerwaard" fase 1. In opdracht van SKB en SBK. IWACO (Rotterdam).

Moolenaar, S. en J. Tuinstra (red.), 2003. Verificatieonderzoek Krimpenerwaard. Tussenrapportage. 4 september 2003. In opdracht van SKB en SBK. Royal Haskoning (Nijmegen), NMI (Wageningen).

BIJLAGE B

**COMMUNICATIE**

## COMMUNICATIE

### Algemeen

Gezien de complexiteit, gevoeligheid en duur van het project “Verificatie van de risico’s van bodemverontreiniging in de Krimpenerwaard” (het verificatieonderzoek) en de vele verschillende partijen (doelgroepen) die bij het project betrokken zijn, speelt communicatie in het gehele traject van onderzoek en afstemming een essentiële rol. Hiervan is tijdig het belang ingezien en is voor de duur van het project een strategisch communicatietraject opgezet.

Het communicatietraject is uitgewerkt in de vorm van een communicatieplan, waarin de communicatiestrategie is vastgelegd, en in diverse structurele en tijdelijke communicatiemiddelen en – activiteiten voor het project. Zo bleken mensen in de streek, met name de landeigenaren, de nodige argwaan te hebben ten aanzien van het verificatieonderzoek: “Alweer zo'n duur onderzoek. Het is nu eens tijd dat er werkelijk wat gaat gebeuren”, is een veel gehoord geluid. In het verleden hebben er in de streek namelijk de nodige onderzoeken plaatsgevonden waarvan de resultaten niet of nauwelijks zijn teruggekoppeld naar de bewoners. Naar de streek is de communicatie van groot belang geweest om draagvlak en medewerking te krijgen voor dit grootschalige onderzoek. Daarnaast is er op allerlei manieren uitgebreid gecommuniceerd over het verificatieonderzoek met de ambtelijk en bestuurlijk betrokkenen en de buitenwacht (onder andere de wetenschappelijke wereld, beleidsmakers, media en samenleving). Naast draagvlak creëren en medewerking verkrijgen is communicatie een belangrijk instrument om de kennis die wordt opgedaan met dit onderzoek adequaat te verspreiden.

Het verificatieonderzoek staat ten dienste van de uitvoering van het Bodembeheerplan. In de communicatie omtrent het onderzoek zijn er drie invalshoeken te onderscheiden:

Proces: Het uitvoeren van bodemonderzoek roept reacties op. Te hanteren criteria zijn voor discussie vatbaar.

Resultaat: Resultaten roepen reacties op. Ze hebben ook consequenties voor diverse doelgroepen.

Reflectie: De ervaringen in de Krimpenerwaard kunnen tot voorbeeld strekken. De kennis die is opgedaan in het verificatieonderzoek kan in overige veenweidegebieden in Nederland toepasbaar zijn.

### Doelstellingen

Tijdens het verificatieonderzoek zijn de volgende communicatiedoelstellingen geformuleerd en gehanteerd: via een goede communicatie met alle belanghebbende partijen:

- de juiste beelden voor het voetlicht krijgen;
- een positieve houding ten aanzien van het bodembeheerproces en het verificatieonderzoek bewerkstelligen;
- de gewenste activiteiten van de grond krijgen;
- de vinger aan de pols houden met betrekking tot de ontwikkelingen;
- kennisoverdracht en kennisverspreiding stimuleren.

## Communicatiestrategie

Via een pro-actieve communicatiestrategie<sup>5</sup> is getracht de hiervoor genoemde doelen te bereiken en te komen tot een optimaal eindresultaat. In grote lijn komt de communicatiestrategie neer op:

- open communiceren;
- draagvlak creëren, zowel voor de aanpak van het bodemprobleem als voor het onderzoek;
- het betrekken van belanghebbenden bij het gehele traject.

### Aandachtspunten

Bij de uitvoering van de communicatiestrategie zijn steeds de volgende aandachtspunten betrokken:

- oorspronkelijk probleem in beeld houden;
- tijdig communiceren;
- keuzen en uitkomsten duidelijk in beeld brengen (welke keuzen en waarom?);
- medewerking van mensen uit de streek vragen, met name landeigenaren. Dit is essentieel voor het slagen van het onderzoek en het bodembeheerproces;
- meerwaarde van het traject belichten: hebben anderen wat aan de ervaringen en kennis opgedaan tijdens het onderzoek.

### Doelgroepen

De doelgroepen die bij het project betrokken zijn en de lijnen waarlangs communicatie met deze doelgroepen tot stand komt staan weergegeven in figuur B1.

De doelgroepen zijn de volgende:

De Streek: landeigenaren, inwoners, recreanten en lokale belangenorganisaties in de Krimpenerwaard.

Achterban: de dertien partijen die de 'Bestuursovereenkomst Krimpenerwaard' ondertekend hebben en achter de Stichting Bodembeheer Krimpenerwaard staan. Dit zijn: de ministeries van VROM en LNV, provincie Zuid-Holland, WLTO, Hoogheemraadschap van de Krimpenerwaard, Zuiveringschap Hollandse Eilanden en Waarden, Landinrichtingscommissies Krimpenerwaard en Krimpen, Stichting Zuid-Hollands Landschap en de gemeenten Ouderkerk, Vlist, Bergambacht, Schoonhoven en Nederlek.

Wetenschap en beleid:

Kennisinstituten, bodemdeskundigen, beleidsmakers bij gemeenten, provincies en Rijk, Dienst Landelijk Gebied, voedsel- en milieu-inspecties, Keuringsdienst van Waren.

Samenleving: organisaties voor natuur- en milieu, bestuurders, kamerleden, agrarische netwerken, zuivel- en vleesindustrie, consumenten & consumentenorganisaties.

Media: lokale, regionale en landelijke media, gespecialiseerde media zoals vakbladen. Communiceren met media verdient een aparte benadering.

---

5. Bij een pro-actieve communicatiestrategie anticipeert de zender (*in dit geval het consortium*) in zijn communicatiebeleid en -activiteiten op acties, veranderingen en ontwikkelingen van buiten en is zij waar mogelijk trendsetter.

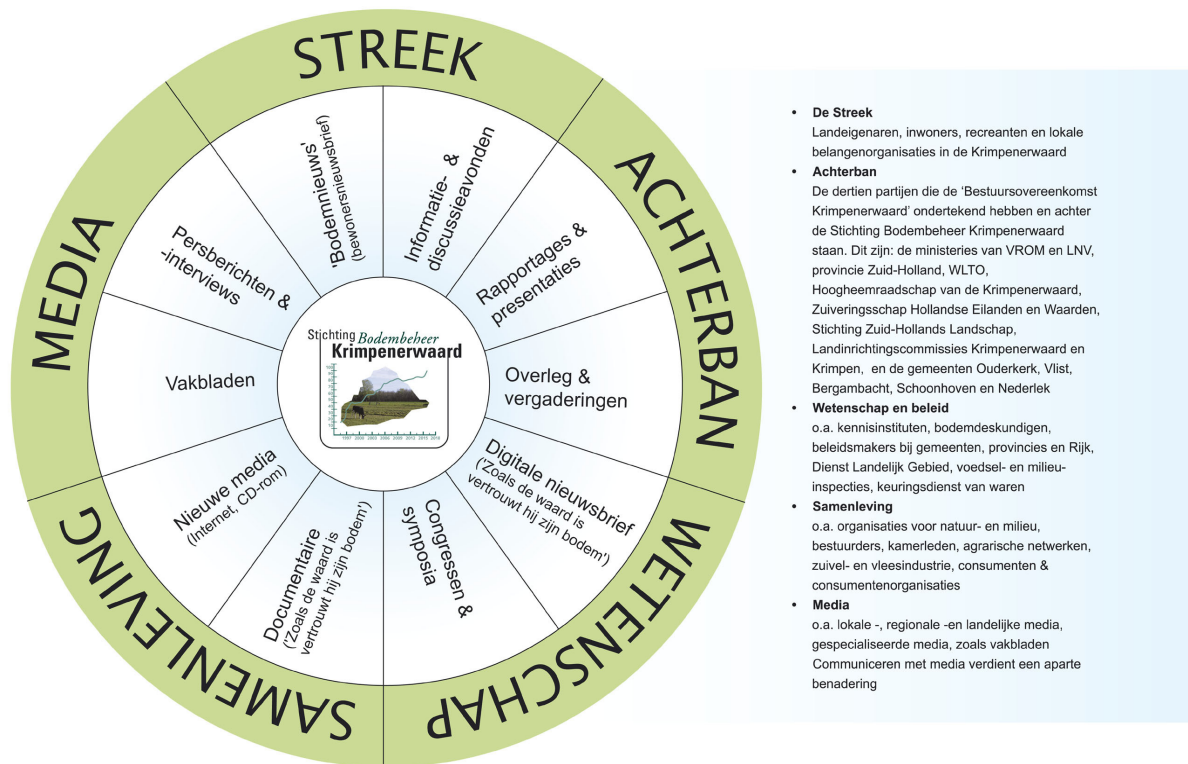


Fig. B1. Het communicatiewiel geeft aan met welke doelgroepen het consortium van het verificatieonderzoek heeft te maken en hoe communicatie plaatsvindt.

De landeigenaren en met name degenen op wiens percelen veldwerk plaats heeft gevonden zijn nauw bij het onderzoek betrokken en hun medewerking was dan ook noodzakelijk. Daarvoor zijn zij via brieven en bezoeken van medewerkers van de SBK op de hoogte gesteld. Ook hebben de onderzoekers voorafgaand aan het veldwerk kennisgemaakt met de betreffende landeigenaren. Dit hebben zowel de landeigenaren als de onderzoekers als zeer prettig ervaren. De tussentijdse resultaten zijn mondeling en per brief aan de landeigenaren teruggekoppeld. Hierdoor is nog eens onderstreept dat het succes van het verificatieonderzoek nauw samenhangt met de manier waarop het consortium communiceert met de mensen in de streek.

Kruisbestuiving heeft plaatsgevonden tijdens een Narip-bijeenkomst (Nationaal RisicoPlatform), die geheel gewijd was aan bodemonderzoek in het landelijk gebied als ondersteuning (basis) voor de aanpak van bodemverontreiniging in het landelijk gebied. De uitwisseling van kennis en ervaring over dit onderwerp gaf de onderzoekers extra stof tot nadenken en input voor het verificatieonderzoek in de Krimpenerwaard.

Het consortium heeft in de communicatie omtrent het verificatieonderzoek ook op verschillende manieren en met diverse communicatiemiddelen geanticipeerd op reacties van de verschillende doelgroepen. Hiervoor is in de begeleidingsgroep Communicatie onder meer een risicoanalyse uitgevoerd. Daaruit kwam naar voren dat men name in de streek negatieve sociale netwerken, dwarsliggers en oplopende irritaties het bodembeheerproces in het algemeen en het verificatieonderzoek in het bijzonder zouden kunnen belemmeren. Daarom zijn bewoners en landeigenaren van de Krimpenerwaard met name via de nieuwsbrief 'Bodemnieuws' regelmatig op de hoogte gehouden over het verloop van het bodembeheerproces en het verificatieonderzoek. Ook tijdens verschillende WLTO-ledenvergaderingen zijn hierover de nodige presentaties geweest. Daarbij is onder meer gebruikgemaakt van een standaardpresentatie.

Deze standaardpresentatie is speciaal ontwikkeld om de complexe materie van het bodembeheerproces en het hoe en waarom van het verificatieonderzoek met eenvoudige beelden te verduidelijken. Er is vooral veel gebruik gemaakt van eenduidige eenvoudige illustraties, waarvan er diverse in dit rapport zijn afgebeeld. Dit presentatiemateriaal is gebruikt in de communicatie naar de doelgroepen in de streek, naar de achterban én naar de wetenschappers, adviseurs en beleidsmakers in de bodemwereld.

De onduidelijkheid die er in de streek bestond over het bredere kader, het hoe en waarom van het bodembeheerproces en de plaats van het verificatieonderzoek heeft het consortium doen besluiten een documentaire film te maken. In vogelvlucht toont de film op een heldere en educatieve manier de geschiedenis van de Krimpenerwaard, het bodemprobleem met duizenden gedempte sloten en het stagneren van de kavelruil en daarmee van de landinrichting. Verder komen aan bod de manier waarop het bodembeheerproces vorm wordt gegeven: de integrale aanpak (technisch en organisatorisch) van de bodemverontreiniging en de landinrichting van het gebied, de rol van een speciaal hiervoor in het leven geroepen stichting daarin en de communicatie met alle belanghebbende partijen. In de film wordt ook beeldend uiteengezet waarom er in de Krimpenerwaard ten behoeve van het bodembeheerproces een verificatieonderzoek is uitgevoerd en hoe dat onderzoek eruit heeft gezien. De drie deelonderzoeken naar de mogelijke effecten van de dempingen op landbouw, ecologie en grond- en oppervlaktewater zijn uitgelegd. De resultaten worden in de film uiteengezet en, voor zover dat mogelijk was, zijn er uitspraken gedaan of de in het Bodembeheerplan voorgestelde maatregelen afdoende bescherming bieden tegen de eventuele effecten.

De film is onder meer tot stand gekomen door welwillende medewerking van de bewoners en landeigenaren in de streek, de onderzoekers van het verificatieonderzoek en diverse andere belanghebbende partijen, zoals het Zuid-Hollands Landschap en de Landinrichtingscommissie Krimpenerwaard.

Onder de wetenschappers, adviseurs en beleidsmakers in bodeminnend Nederland bestaan nog steeds veel vragen over hoe bepaalde bodem- en waterbodemproblemen in het landelijk gebied moeten worden aangepakt. Met de digitale nieuwsbrief "Zoals de waard is, vertrouwt hij zijn bodem" is een bijdrage geleverd aan nieuwe inzichten in de problematiek rond bodemverontreiniging die een gevolg is van verontreinigd dempingmateriaal, welke effecten deze verontreinigingen hebben op de omgeving en op het gebruik van de bodem en met welke maatregelen deze effecten kunnen worden weggenomen. De voortgang van het verificatieonderzoek is steeds via deze nieuwsbrief teruggekoppeld naar de bodemspecialisten in Nederland. In sommige gevallen riepen de bevindingen van de onderzoekers echter meer nieuwe vragen op dan antwoorden. Dit heeft ertoe geleid dat de digitale nieuwsbrief deels als een discussieplatform heeft gefungeerd.

BIJLAGE C

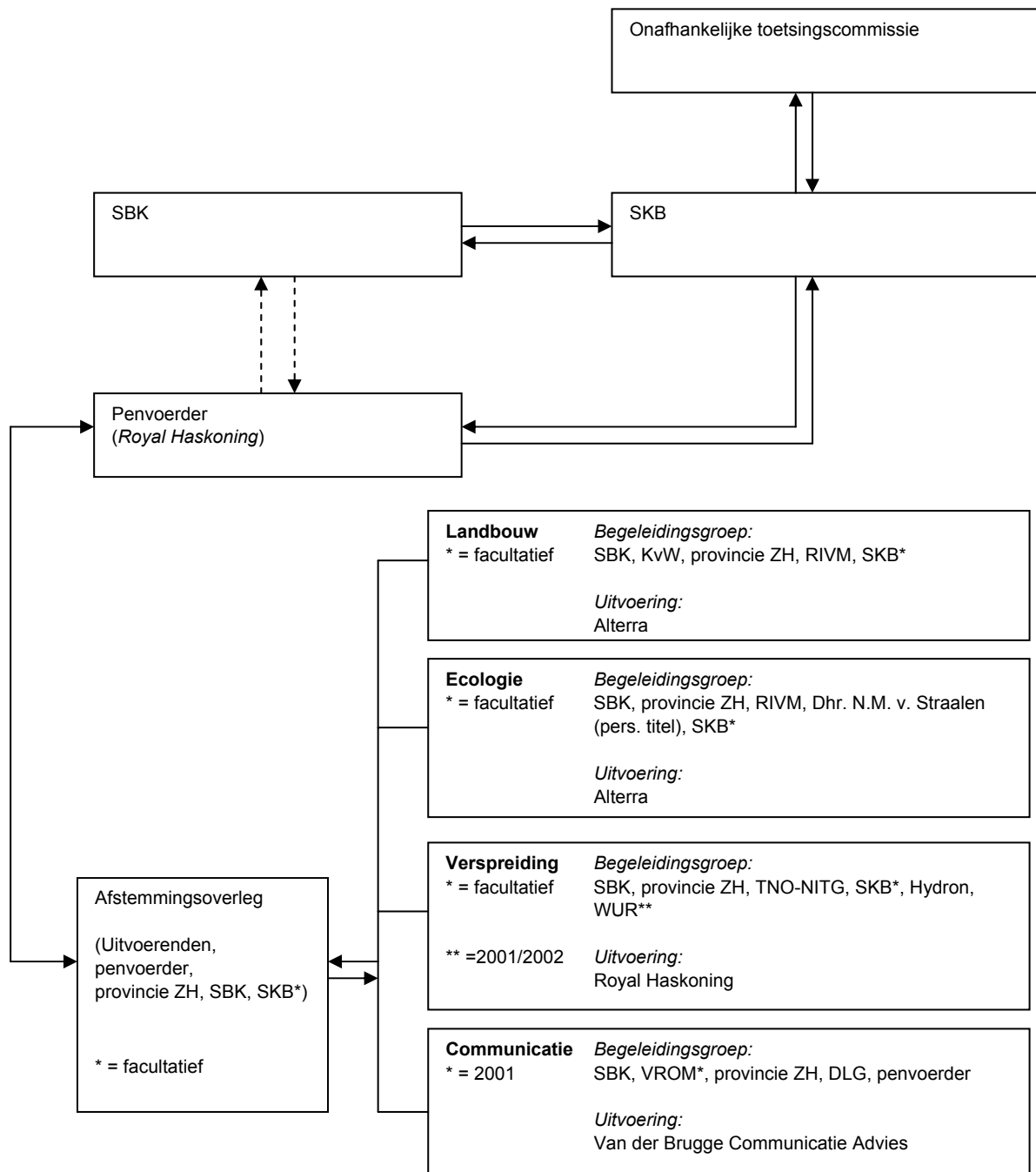
**ORGANISATIESCHEMA EN LEDEN DIVERSE OVERLEGORGANEN**

# ORGANISATIESCHEMA

Verificatieonderzoek Krimpenerwaard

## Afkortingen:

KvW : Keuringsdienst van Waren  
 RIVM: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu  
 SKB: Stichting Kennisontwikkeling en Kennisoverdracht Bodem  
 SBK: Stichting Bodembeheer Krimpenerwaard  
 Provincie ZH: Provincie Zuid-Holland  
 WUR: Wageningen Universiteit  
 DLG: Dienst Landelijk Gebied



## Samenstelling afstemmingsoverleg, begeleidingsgroepen en onafhankelijke toetsingscommissie

Namen tussen haakjes [ ]: betrokken in eerdere fasen dan de afrondende fase van het verificatieonderzoek

### **Afstemmingsoverleg**

(voorzitter: Dhr. J. Tuinstra, Royal Haskoning)

#### *SBK*

[Dhr. H. Lenderink (directeur)]  
Dhr. J. Stellingwerff (directeur)  
Dhr. K. van Essen (directeur)  
Dhr. A. Verbruggen  
Dhr. P. Stadt  
[Dhr. T. Tielens]

#### *SKB (deelname facultatief)*

Dhr. P.W.M. van Mullekom

#### *Provincie Zuid-Holland:*

Dhr. D. van der Eijk  
[Dhr. R.P. Houtkamp]

#### *Alterra*

Dhr. J. H. Faber (Alterra, onderdeel ecologie)  
Dhr. J.J.C. v.d. Pol (Alterra, onderdeel ecologie)  
Dhr. N.W. v.d. Brink (Alterra, onderdeel ecologie)  
[Dhr. D. Boels (Alterra, onderdeel landbouw)]  
Dhr. B.J. Groenenberg (Alterra, onderdeel landbouw)

#### *Wageningen Universiteit*

Mevr. H. Keijzer (onderdeel verspreiding) (2000 – 2001; nadien in dienst Royal Haskoning)

#### *Royal Haskoning*

Mevr. H. Keijzer (onderdeel verspreiding)  
Dhr. L. Brouwer (onderdeel verspreiding)  
Dhr. J. Tuinstra (penvoerder)  
Dhr. S. Moolenaar (penvoerder) (2000 – 2001; nadien werkzaam bij NMI)  
[Mevr. S. Prenger (vooronderzoek)]

#### *Van der Brugge Communicatie Advies*

Dhr. F. van der Brugge (onderdeel communicatie)

#### *GTV beleidscommunicatie en advies*

[Dhr. H. Geurts (onderdeel communicatie)]

### **Onafhankelijke toetsingscommissie**

(Voorzitter: dhr. P.W.M. van Mullekom, SKB)

Dhr. J.A. van Veen (Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek, NIOO)  
Dhr. C. van den Akker (Technische Universiteit Delft)  
Dhr. G. Kleter (Veterinaire Inspectie)

**Begeleidingsgroepen**

(Voorzitter: dhr. S. Moolenaar, Nutriënten Management Instituut NMI)

(Voorzitter begeleidingsgroep Communicatie: dhr. F. van der Brugge, Van der Brugge Communicatie Advies)

**Begeleidingsgroep ecologie**

Dhr. A. H. Verbruggen ( SBK)

Dhr. M. Rutgers (RIVM)

Dhr. R. Mes (Provincie Zuid-Holland)

Dhr. N.M. van Straalen, op persoonlijke titel

**Begeleidingsgroep landbouw**

Dhr. D. van der Eijk (provincie Zuid-Holland)

Dhr. J. van Eijkeren (RIVM)

Dhr. P. Stadt (SBK)

Dhr. B. ter Kuile (Keuringsdienst van Waren)

**Begeleidingsgroep verspreiding**

Dhr. G. Grakist (Hydron)

Dhr. T. Leijnse (RIVM/NITG-TNO)

Dhr. C.M.G. Kester (Provincie Zuid-Holland)

Dhr. A.H. Verbruggen (SBK)

[Dhr. S. van der Zee (Wageningen Universiteit)]

**Begeleidingsgroep communicatie**

[Mevr. A.Meerbeek (Ministerie VROM)]

Dhr. J. Stellingwerff (SBK)

Mevr. H. Pranger (Provincie Zuid-Holland)

Dhr. J. van den Hoven (Dienst Landelijk Gebied, DLG)

BIJLAGE D

**PCB IN DEKLAGEN (BIJLAGE DEELONDERZOEK LANDBOUW)**

## **Inleiding**

Het verificatieonderzoek landbouw in de Krimpenerwaard heeft zich in de eerste en tweede fase sterk gericht op de risico's als gevolg van de aanwezigheid van zware metalen in de dempingen. Daarnaast is er ook gekeken naar de risico's van organische verontreinigingen zoals PAK's en PCB's.

Binnen het deelonderzoek ecologie is EROD analyse gebruikt als een indicatie voor effecten als gevolg van organische verontreiniging. Op basis van de uitgevoerde EROD analyse bleek voor alle dempingcategorieën een risico mogelijk aanwezig te zijn. Op basis hiervan zijn PCB-analyses uitgevoerd voor het dempingmateriaal. Uit deze analyses bleek dat voor alle dempingcategorieën het dempingmateriaal verhoogd ten opzichte van de referentiemonsters. De gehalten PCB voor de dempingcategorieën bouw- en sloopafval, huishoudelijk afval en bagger zijn laag en de gehalten variëren van de helft van de streefwaarde tot een factor 4 maal de streefwaarde. Ze liggen alle ver onder de interventiewaarde (minimaal een factor 10). Ook wordt de LAC waarde voor PCB's in geen van deze dempingen overschreden. Op basis van deze lage gehalten worden geen landbouwkundige risico's verwacht voor deze categorieën. In het dempingmateriaal van dempingen met industrieel afval en shredder zijn echter wel hoge concentraties PCB's gemeten variërend van 3 tot 8 keer de interventiewaarde. Voor deze dempingen worden ook de LAC waarden voor PCB's overschreden. Voor deze beide dempingcategorieën bestaat een risico voor negatieve effecten door aanwezigheid van PCB's.

Omdat in fase 2 van het onderzoek alleen gekeken is naar de gehalten PCB's in het dempingmateriaal zelf en niet naar gehalten PCB's in de afdeklaag waarmee het vee in contact staat was het niet mogelijk om uitspraken te doen over werkelijke landbouwkundige risico's van PCB's. Daarom is in fase 3 aanvullend onderzoek gedaan naar PCB's in afdeklaagen van dempingen met shredder omdat deze alle sterk verontreinigd met PCB's bleken te zijn.

## **Methodiek**

Er zijn 4 dempingen met shredder geselecteerd, welke bemonsterd zijn in fase 3 van het deelonderzoek ecologie, voor analyse op PCB's. Van de afdeklaag is de bovenste 5 cm grond bemonsterd zoals in fase 1 en 2 van het deelonderzoek landbouw. Op elke locatie zijn een aantal monsters genomen boven de demping, bij elk monsterpunt is ook de dikte van de afdeklaag gemeten. In de buurt van elke demping is ook een referentiemonster genomen in het belendende perceel zover mogelijk van de demping. De genomen monsters zijn alle afzonderlijk geanalyseerd en niet gemengd tot een mengmonster zoals in fase 2 van het onderzoek. Dit omdat maar een klein aantal locaties bemonsterd is en er op deze manier zo goed mogelijk het verband tussen PCB gehalte en dikte van de afdeklaag bepaald kan worden.

De gehalten PCB zijn getoetst aan de streef- en interventiewaarde die gedefinieerd zijn als de som van 6 en respectievelijk 7 verschillende PCB's. Ook zijn de gehalten getoetst aan de LAC waarden die afgeleid zijn voor 2 PCB congenere. Deze LAC waarden zijn afgeleid op basis van normen voor maximale gehalten in melkvet waarin PCB's preferent voorkomen. De LAC waarde voor het gehalte in de bodem is berekend met lineaire Bio Accumulatie Factoren (BAF's) van bodem naar gewas naar melkvet [Veterinaire milieuhygiënewijzer, 1997]. In onderstaande tabel D1 zijn de toetsvariabelen samengevat.

Tabel D1. Gebruikte toetswaarden PCB's (mg.kg<sup>-1</sup>).

Streefwaarde som6 PCB	interventiewaarde som7 PCB	LAC PCB 153	LAC PCB138
0.02	1.0	0.1	0.1

### Resultaten en discussie

Tabel D2 geeft de resultaten gemiddelde per locatie (inclusief referentie) voor de som6 PCB, som7 PCB, PCB 153 en PCB 138. De gemiddelde concentraties voor de referentiemonsters liggen alle onder de streefwaarde behalve de referentie bij shr3 welke verhoogd is. De gemiddelde concentraties in de deklagen zijn alle verhoogd ten opzichte van de referenties. Voor de locaties shr1 en shr2 liggen de concentraties net boven de streefwaarde. Voor de locaties shr3, shr5 en shr9 ligt de som6pcb duidelijk boven de streefwaarde maar minimaal een factor 2 onder de interventiewaarde. De LAC waarden voor PCB138 en PCB153 worden op geen enkele locatie overschreden.

Tabel D2. Gemiddelde PCB gehalten voor deklagen en referentiemonsters (mg.kg<sup>-1</sup>).

Locatie	som6 PCB	som7 PCB	PCB153	PCB138
shr1 ref	0.01	0.01	0.00	0.00
shr1 dek	0.03	0.04	0.01	0.01
shr2 ref	0.01	0.01	0.00	0.00
shr2 dek	0.05	0.07	0.02	0.02
shr3 ref	0.11	0.14	0.03	0.04
shr3 dek	0.29	0.38	0.05	0.08
shr5 ref	0.04	0.05	0.01	0.01
shr5 dek	0.13	0.16	0.04	0.03
shr9 ref	0.02	0.03	0.01	0.01
shr9 dek	0.22	0.27	0.05	0.06

Om inzicht te krijgen in de relatie tussen gehalten PCB's in de afdeklaag en de dikte van de afdeklaag is het gehalte in de bovenste 5 cm van de afdeklaag uitgezet tegen de dikte van de afdeklaag. Figuren D1 en D2 laten zien dat er wel een tendens is van een afnemende concentratie met toenemende dikte van de afdeklaag al is deze niet eenduidig en niet zo sterk als de relatie tussen concentraties zware metalen en de dikte van de afdeklaag.

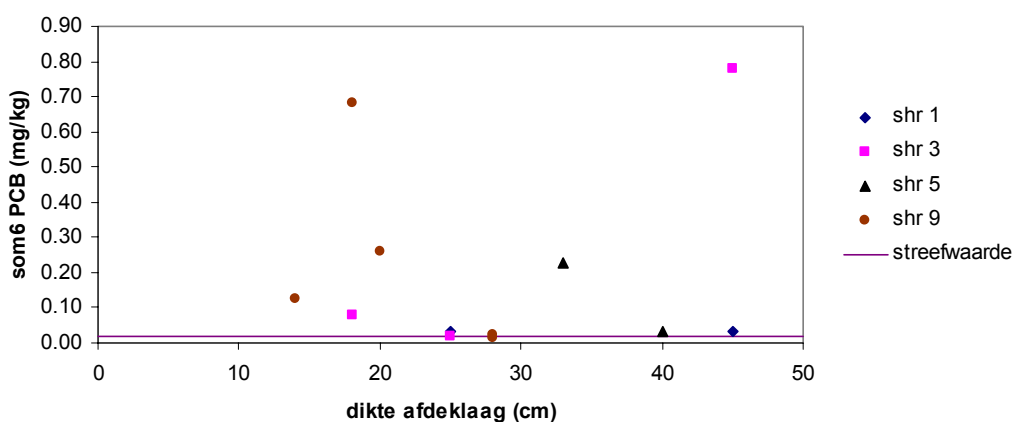


Fig. D1. Relatie som 6 PCM met dikte van de afdeklaag.

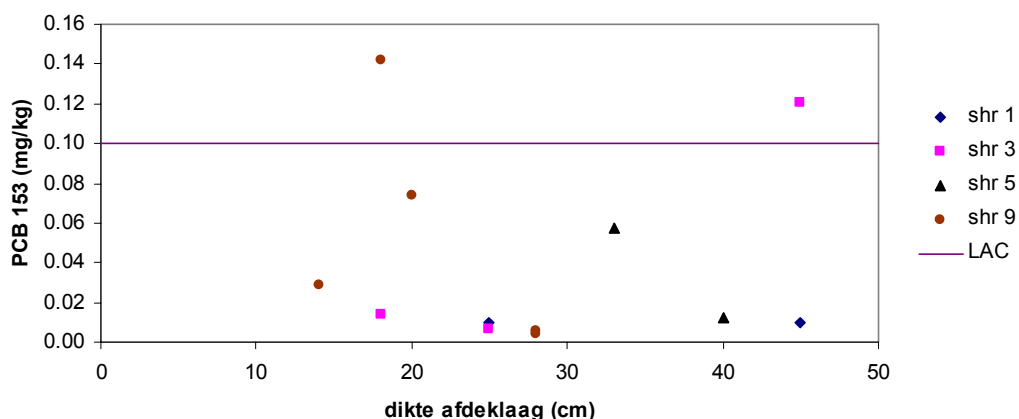


Fig. D2. Relatie gehalte PCB153 met dikte van de afdeklaag.

Bij zware metalen liggen de concentraties in afdekklagen van 20 cm en dikker op het niveau van concentraties in de referenties. Voor PCB's liggen de concentraties onafhankelijk van de dikte van de afdeklaag in alle gevallen boven de niveaus in de referenties. Een mogelijke verklaring hiervoor is de veel slechtere oplosbaarheid in water van PCB's in vergelijking met zware metalen. Door (bio) turbatie worden zowel zware metalen als PCB's naar boven getransporteerd. Bij zware metalen wordt dit transport tegengewerkt door een naar beneden gericht transport in de vloeistoffase. Bij PCB's is het transport in de vloeistoffase te verwaarlozen waardoor concentraties PCB's tot hoger in het profiel kunnen toenemen.

### Conclusies

Concentraties PCB's in afdekklagen van dempingen met shredder zijn alle verhoogd ten opzichte van concentraties gemeten in referentiemonsters.

De concentraties PCB's in afdekklagen liggen alle boven de streefwaarde maar ruim onder de interventiewaarde voor PCB's. Gemiddeld blijven de PCB-concentraties in alle bemonsterde dekklagen voor PCB 138 en PCB 153 onder de LAC waarde. Individuele monsters overschrijden de LAC waarde soms net. Op basis hiervan worden geen landbouwkundige problemen verwacht bij de huidige concentraties PCB's in dekklagen.

De effectiviteit van de afdeklaag in het tegengaan van negatieve effecten voor landbouwkundig gebruik is bij PCB's minder dan bij zware metalen. Dit is waarschijnlijk het gevolg van het feit dat bij zware metalen herverontreiniging van de afdeklaag door turbatie vanuit de demping tegengegaan wordt door een naar beneden gericht transport in de vloeistoffase. Dit transport is bij PCB's nihil.

BIJLAGE E

**RELATIES TUSSEN PCB-CONCENTRATIES EN EROD-ACTIVITEITEN  
IN DEMPINGMATERIAAL**

Als eerder gesteld zijn PCB's medeverantwoordelijk voor de EROD-activiteiten zoals deze gevonden worden in de monsters van dempingmateriaal in het deelonderzoek ecologie. In het deelonderzoek landbouw zijn in dezelfde monsters ook PCB's gemeten, zodat deze relatie daadwerkelijk geanalyseerd kan worden. Theoretisch zal de relatie zijn als in figuur E1: de EROD inductie zal eerst langzaam oplopen bij toenemende PCB-concentraties, om na een drempelwaarde exponentieel toe te nemen. Als de concentratie een bepaalde hoogte bereikt heeft, zal de EROD-activiteit afnemen totdat een maximum bereikt wordt. De precieze vorm van deze zogenaamde dosis-response curve is voor bodems uit de Krimpenerwaard niet bekend, echter er is uit de relaties tussen PCB-concentraties in de verschillende dempingsmaterialen wel een onderlinge vergelijking te maken. Hierbij dient te worden opgemerkt dat wanneer er geen dosis-effect relatie wordt gevonden, of maar een kleine inductie, er mogelijk inhibitie van de EROD-bioassay optreedt. Dit is aantoonbaar gebleken in kikkers uit de Volgermeer [Van den Brink et al, 2004]. Als er in dempingen meer EROD inductie waarneembaar is dan op basis van de PCB-concentraties te verwachten is, dan zijn er andere stoffen dan de gemeten PCB's in de monsters aanwezig die deze inductie veroorzaken.

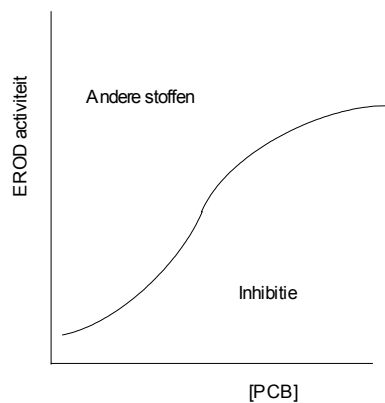


Fig. E1. EROD-activiteit bij toenemende PCB-concentraties.

In figuur E2a staan de relaties tussen PCB-concentraties in EROD-activiteiten in de monsters van de verschillende dempingcategorieën. Allereerst valt op dat er een positieve relatie tussen PCB's en EROD aantoonbaar is gebleken. Deze dosis effect relatie is vergelijkbaar tussen de referenties, bagger, shredder en industrieel afval. Dit wil niet zeggen dat de PCB-concentraties of de EROD-activiteiten vergelijkbaar zijn tussen deze categorieën (de referenties en bagger zijn lager dan shredder en industrieel afval), echter de dosis respons curve is wel vergelijkbaar tussen deze categorieën. Met andere woorden, in deze categorieën is bij een bepaalde PCB concentratie in een monster de verwachte EROD respons in dat monster vergelijkbaar, onafhankelijk van de categorie. In figuur E2b staat de dosis response curve van bouw en slooafval, huishoudelijk afval en de referenties. Hierbij valt op dat deze curve hoger ligt dan die in figuur E2a. Dit wil zeggen dat, in vergelijking met bagger, shredder en industrieel afval, de respons in bouw- en slooafval en huishoudelijk afval hoger is bij een vergelijkbare PCB blootstelling. Dit duidt erop dat er in de laatste twee categorieën meer inductie is, en dat daar waarschijnlijk andere stoffen dan de gemeten PCB's verantwoordelijk voor zijn. Dit kunnen andere niet gemeten PCB's zijn, echter ook dioxines of PAKs. De laatste zijn wat minder aannemelijk: er is een verlengde EROD bioassay toegepast, waarin PAKs kunnen worden gemetaboliseerd, waarna deze niet meer waarneembaar zijn in de assay.

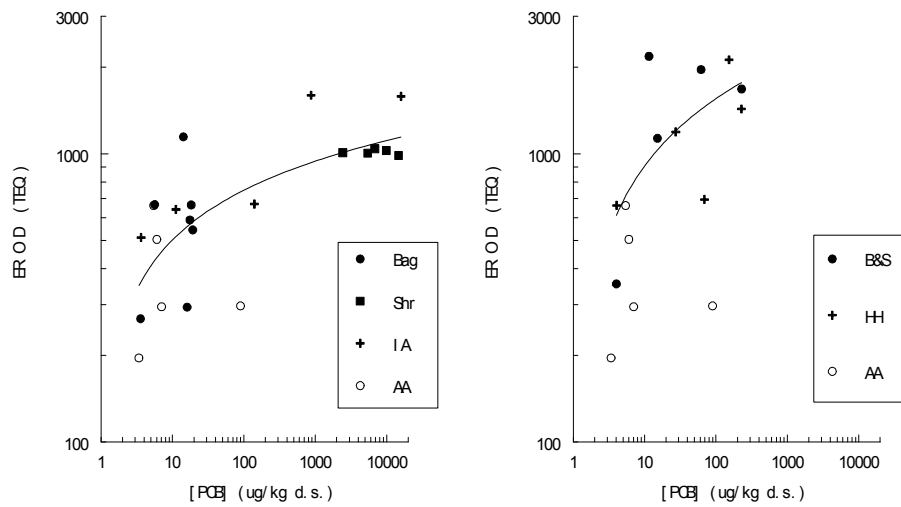


Fig. E2a. en E2b. Relatie PCB-concentraties en EROD-activiteit.

Concluderend kan worden gesteld dat er positieve relaties zijn tussen PCB-concentraties en EROD-activiteiten. Het is uit de huidige gegevens niet te traceren of alleen PCB's verantwoordelijk zijn voor de totale EROD-activiteit in de monsters. Echter, het is wel aannemelijk dat in de categorie bouw- en sloopafval en huishoudelijk afval relatief meer andere stoffen zitten die EROD inducerend zijn, zoals dioxines of andere PCB's.

BIJLAGE F

**VERSLAG CRITERIA OVERLEG ECOLOGIE 19-11-'03**

Aanwezig: Jaap Stellingwerff (SBK), Adrie Verbruggen (SBK), Martinus de Boer (LNV-ZW), Ron Mes (PZH), Dirk van der Eijk (PZH), Nico van den Brink (Alterra), Jaap Tuinstra (Royal Haskoning: penvoerder en notulen), Simon Moolenaar (NMI: voorzitter en notulen)

Afwezig: DLG, ZHL, WLTO

## **Inleiding**

Binnen het verificatieonderzoek ecologie zijn de volgende activiteiten ondernomen in fase 2 en fase 3:

Fase 2.

- A: screening blootstelling en effecten bij dempingen van categorie A (verdacht dempingmateriaal en afdeklaag met mogelijk verdachte bijmenging, < 0.3 m);
- B: beoordelingscriteria ecologie;
- C: locatiespecifieke risico's bij afdeklaagdikte 0,3 m: effectiviteit van de afdeklaag nagaan middels o.a. kolomproeven (bioturbatie), doorworteling (brandnetel), wormenassays en nitrificatie en veldinventarisatie van regenwormen en nematoden.

Fase 3.

Veldwerk (bioassay eieren en broedsucces) en modelstudie/opschaling ten aanzien van het weidevogelonderzoek.

Ad 2A en 2B:

Rapportage is gereed en reeds besproken.

Ad 2C en 3:

Deze onderwerpen kwamen aan bod tijdens deze vergadering.

Agenda:

1. Inleiding (Simon Moolenaar, vz)
2. Toelichting op bevindingen Alterra (Nico van den Brink)
  - onderzoek aan deklagen (>0,3m) op slootdempingen (fase 2C)
  - opschaling naar de Krimpenerwaard (fase 3)
3. Vragen n.a.v. toelichting en n.a.v. samenvatting Alterra-rapport
4. Discussie
5. Besluitvorming/conclusies
6. Rondvraag/w.v.t.t.k.
7. Afsluiting

### **Ad 1**

De gevolgde ecologische risicobenadering wordt mede ingevuld op basis van een interactief proces met de stakeholders: wetenschap, beleid en belangen.

In deze derde discussiebijeenkomst staan de B-dempingen centraal:

- keuzes t.a.v. acceptatie van ecologische effecten in dempingen met voldoende en schone afdeklaag;
- consequenties van deze keuzes voor de bodembeheersmaatregelen: is afdekken met 0,3 m voldoende om ecologische effecten te voorkomen?

Op 10 november 2003 heeft er een overleg plaatsgevonden met de BG-E om de rapportage van Alterra over fase 2C en fase 3 te bespreken. Ron Mes, Dirk van der Eijk en Adrie Verbruggen waren ook bij die vergadering aanwezig. In de vergadering van 10 november is uitvoerig gesproken over de conclusies zoals verwoord door Alterra. De kanttekeningen die op basis van dit overleg gemaakt zijn door de 'externe deskundigen' (Nico van Straalen en Michiel Rutgers) zijn bijgevoegd bij deze notulen in de bijlagen.

In deze vergadering gaat het met name om de beleidsmatige conclusies die verbonden worden aan de inhoudelijke conclusies.

## **Ad 2**

- De presentatie van Alterra wordt apart rondgezonden door Nico.
- Het gevaar bestaat dat er enige verwarring optreedt bij het interpreteren van de resultaten als men terug gaat naar de basisgegevens in oplegnotities en conceptrapporten. Deze zijn namelijk deels aangepast: zo is bijvoorbeeld behoudender getoetst als in eerste instantie voorgesteld (gevoeliger overschrijdingscriterium voor categoriegewijs (0,95 en 0,975) en locatiespecifiek (MTA naar boven afgerond)).
- Nico geeft aan dat in het eindrapport van Alterra alles zal zijn samengevoegd en consistent weergegeven, met de herziene en meest actuele data uit verschillende oplegnotities en concept-rapportages. De statistiek wordt daartoe nog kortgesloten met Dick Brus (actie Nico/Jack).

## **Ad 3 & 4**

- Belangrijk terugkerend discussiepunt is dat er niet bij voorbaat al voor gekozen hoeft te worden om de ecologie bij landbouw minder streng te beoordelen dan natuur/recreatie. Het is verwarrend dat wordt gesproken over gevolgen voor natuur en gevolgen voor landbouw. Er is vaak sprake van verweving van functies en functiewisseling. Het onderscheid tussen landbouw en natuur is in de Krimpenerwaard in feite 'cosmetisch van aard'. Daarnaast zal een dergelijke keuze telkens weer discussie oproepen. Het onderscheid leidt nu trouwens ook niet tot een andere uitkomst. Afgesproken is dat in de rapportage de terminologie aangepast zal worden: 'streng' en 'minder streng' toets bijvoorbeeld.
- Belangrijk terugkerend punt in de discussie is het onderscheid tussen de verschillende deelonderzoeken: *landbouw*, *verspreiding* en *ecologie*. In het deelonderzoek *landbouw* zijn op basis van andere criteria andere conclusies getrokken. Het moet wel duidelijk zijn dat het deelonderzoek *ecologie* niet alleen geldt voor 'natuur'. De onderzochte ecologische parameters zijn te beschouwen als (representanten van) dragerfuncties voor een gezonde ecologische basis voor zowel natuur, recreatie als landbouw. De deelonderzoeken *landbouw* en *ecologie* spreken elkaar dus niet tegen, maar ze beoordelen een ander aspect van de landbouwkundige productie:
  - Het deelonderzoek *landbouw* bestudeert meer datgene wat 'voor ogen' is: gras-, vlees- en melkwaliteit en productie.
  - Het deelonderzoek *ecologie* bestudeert de ecologische basis van de landbouwproductie en is wat dat betreft mogelijk kritischer. Het gaat in ieder geval niet op om de LAC-waarden nu van toepassing te laten zijn voor het deelonderzoek *ecologie*. Nog afgezien van de discussie rondom deze waarden (en het beperkte aantal parameters): deze waarden zijn al beschouwd binnen het deelonderzoek *landbouw*: een ander onderzoek met een andere vraagstelling en met een andere conclusie op basis van andere criteria.
- Er zijn inderdaad effecten gevonden bij de B-dempingen. Wetenschappelijk gezien blijven er echter ook onzekerheden/vragen over de verklaring van deze effecten. De beperkingen van

het onderzoek in dit verband en de bijbehorende onzekerheden dienen dan ook helderder verwoord te worden.

- Voor alle typen dempingen zijn effecten waargenomen: waren de deklagen eigenlijk wel echt schoon? Is het effect nu toe te schrijven aan de demping of aan de afdeklaag? De vraag of 0,3 m dikte voldoende is, is dan ook mogelijk vertroebeld door de vraag of de kwaliteit van de afdeklaag wel voldoende is. Wat is er aan info over de deklagen voorhanden? Naast het referentiebeeld te zetten? Zijn er aanvullende metingen nodig in dit verband? (actie: penvoerder).
- Herverontreiniging door gewasopname en bioturbatie: gegevens ecologie afstemmen met modellering van landbouwonderzoek (actie en afstemming: Nico/Bert-Jan).
- Nota bene: door de 'weight of evidence' ten aanzien van de resultaten van het onderzoek ecologie wint de conclusie dat overal effecten worden aangetoond aan kracht; door de mogelijkheid van 'type I' fouten wordt dit deels mogelijk ook weer ontkracht. Verder uit te werken? (actie Nico/Jack).
- Opschaling: parameters uit fase 2 zijn relevant op met name de perceelsschaal. Wat betreft fase 3 (EROD/broedsucces) is het, mede door de vragen over de betrouwbaarheid en de verwerking van de gegevens (afstand tot demping, overlap territoria, etc), nog de vraag hoe de effecten precies geïnterpreteerd en opgeschaald moeten worden (eventueel vervolgonderzoek: zie Ad 6).

#### **Ad 5**

De heer De Boer moest vroegtijdig de vergadering verlaten. Het door hem later toegezonden commentaar is verwerkt in deze notulen. Onderstaande conclusie wordt dan ook door alle deelnemers gedeeld.

Bovenstaande vragen, opmerkingen en kanttekeningen in aanmerking nemende wordt de conclusie van Alterra, dat er in alle categorieën dempingmateriaal bij de B-dempingen sprake is van effecten op niveau's die de eerder met stake-holders afgewogen criteria overschrijden, door de aanwezigen onderschreven. Ten aanzien van het toeschrijven van deze effecten aan het dempingmateriaal, wordt het voorbehoud gemaakt dat de aanname is geweest dat het afdek materiaal van voldoende (schone) kwaliteit is geweest.

Onderschreven wordt dat dit betekent dat er voor alle typen verdacht dempingmateriaal aanleiding is om maatregelen te treffen (of te heroverwegen). De dikte die nodig is voor 'ecologie' is onbekend (niet onderzocht) en beleidsmatig wordt daarom voor ecologie een kleine overdikte gehanteerd boven de 0,3 meter uit het bodembeheerplan. Blijkens het deelonderzoek landbouw is voor de dempingen met industrieel afval en shredder een minimale dikte van 0,35 meter nodig. Hieruit vloeit een beleidslijn voort dat een afdeklaag van minimaal 0,4 m schone grond als toereikend wordt beschouwd.

Voor baggerdempingen gaat de voorkeur uit naar een, hiervan afwijkende, gefaseerde benadering. De baggerdempingen maken een aanzienlijk deel uit van de dempingen in de Krimpenerwaard (ca. 22%) en vanuit een kosten/baten overweging is het gewenst om eerst een beter beeld te verkrijgen van de verschillen in mate van verontreiniging van de baggerdempingen. Maatregelen zullen zich dan toe kunnen spitsen op de probleemgevallen.

Gezien de vragen die nog bestaan naar aanleiding van de resultaten van het deelonderzoek ecologie (en ook naar aanleiding van de resultaten uit de deelonderzoeken landbouw en versprei-

ding) wordt belang gehecht aan een monitoringstraject, dat kan worden ingezet gelijktijdig met de uitvoering van de maatregelen.

## **Ad 6**

### Algemeen:

Ecologische bodemkwaliteit moet worden gedefinieerd op basis van gebruiksdoelstellingen en gebiedseigen referenties en laat zich bij gebrek aan generieke normen niet op generieke wijze beoordelen:

- Welke bijdrage kan de pilot Krimpenerwaard leveren aan de ontwikkeling van referenties en landelijke normen voor ecologische parameters voor veenweidegebieden?
- Hoe ver kun je komen met ontwikkeling van een maatlat?

De in dit onderzoek aangetoonde effecten worden erkend en in feite geaccepteerd. In principe zou er, op basis van de mogelijke ecologische risico's, wel nagedacht moeten worden over wat er aanvullend op de voorgestelde maatregelen moet gebeuren. Nadere afstemming van beheersmaatregelen en een toekomstig beheerssysteem is dus nodig. Het gaat uiteindelijk om een kosten/baten-analyse van maatregelen met het oog op risicoreductie en –acceptatie. Om in de toekomst vragen rond de kwaliteit van de afdeklaag zoveel mogelijk te vermijden, kan de voorkeur worden gegeven aan gebiedseigen afdek materiaal van bekende kwaliteit. De afdeklaag is mogelijk ook dikker te maken met de voorhanden zijnde gebiedseigen (schone) grond. Er zijn eventueel beheersgebiedjes (IBC) te creëren en er is nazorg/monitoring vereist.

De rondvraag wordt verder benut om onderzoeksvragen voor het monitorings- en nazorgtraject te identificeren.

Op de volgende specifieke onderzoeksvragen/onderzoeken is mogelijk te anticiperen met de monitoringsopzet:

1. Hoe is bagger verder te specificeren/categoriseren/cluseren/differentiëren?
2. Welke dikte van de afdeklaag is wel voldoende om ecologische effecten uit te sluiten?
3. Beter zicht krijgen op het aspect van herverontreiniging (brandnetel- en bioturbatieproef), met name effecten grondwaterstanden, meenemen blanco en rol evaporatie.
4. Beter uitwerken van de relatie EROD-eieren en broedsucces (veldgegevens met GPS?).
5. Nagaan fouragegedrag van grutto: link met ZHL-monitoringssysteem.

In ieder geval brengt de toekomstige nieuwe situatie (afgedekte dempingen) ook nieuwe informatie met zich mee, die weer tot andere (en waarschijnlijk positievere) conclusies kan leiden dan bij de huidige B-dempingen.

Bovenstaande en andere onderzoeksvragen en andere aanbevelingen voor monitoring dienen tezamen tot een coherent monitoringssysteem te leiden dat op haar beurt de onderzoeken kan 'voeden'.

BIJLAGE G

**EERSTE UITWERKING MONITORING VERSPREIDING**

## Eerste aanzet nadere uitwerking monitoring verspreiding

Uit het onderzoek volgt dat voor een beperkte groep dempingen er mogelijk sprake is van ontoelaatbare verspreiding. Bepalend voor de verspreiding is de stofgroep BTEX. Of daadwerkelijk sprake is van verspreiding hangt af van de hoogte van de bronterm. Er zijn duidelijke aanwijzingen dat de bron van deze verontreiniging aan het opdrogen is. De verspreiding van deze stoffen zou daarmee eindig zijn.

Mogelijk valt de verspreiding, ook op de geselecteerde dempingen dus mee. Het is dan ook niet verstandig om het monitoringsprogramma in één keer op te zetten voor alle geselecteerde dempingen. Voorgesteld wordt om eerst voor een selectie van dempingen een monitoringsprogramma uit te werken en te implementeren. Op grond van de resultaten hiervan wordt vervolgens een besluit genomen over bijstelling van het monitoringsprogramma en eventuele uitbreiding van het aantal te monitoren locaties.

De volgende stappen worden voorgesteld:

1. Vaststellen van de infiltratiegebieden.
2. Vaststellen actuele situatie ligging donken en ondiepe geulen binnen deze infiltratiegebieden.
3. Opstellen actueel overzicht dempingen.
4. Op grond van stap 1 en 2 definitief vaststellen voor welke dempingen sprake is van mogelijk ontoelaatbare verspreiding.
5. Vaststellen beschikbare onderzoeksgegevens van deze groepen dempingen.
6. Mede op grond van beschikbare onderzoeksgegevens selecteren van een cluster dempingen voor monitoring.
7. Gefaseerd uitvoering monitoring:
  - Stap 1: plaatsing van een aantal peilbuizen onder de dempingen in de afdeklaag (minimaal 2 diepten). Bemonstering en analyse;
  - Stap 2: op grond van resultaten stap 1 plaatsen van een aantal peilbuizen in de top van het watervoerend pakket, stroomafwaarts van een demping/groep dempingen;
  - Stap 3: een set referentie peilbuizen plaatsen, in aanvulling op de monitoring.
8. Als onderdeel van stap 6 wordt tevens een besluit genomen over het te hanteren analysepakket en monitoringsfrequentie. Voorstel:
  - Analyse op BTEX, naftaleen en een aantal zware metalen;
  - Frequentie aanvankelijk 1 maal per jaar, vervolgens afbouwend naar minimaal 1 maal per 5 jaar (indicatie monitoringsperiode: 30 jaar).

BIJLAGE H

**SAMENVATTING VAN ANALYSEGEGEVENS UIT VOORONDERZOEK**

Vooronderzoek		Analysegegevens Deklagen mg/kg ds.																					
Bron	Bemonster de laag	Materiaal	Data	Hum	Lut	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	Hg	CN	PAK (10 vrom)	Benzeen	Ethylben zeen	Tolueen	Xylenen	Som Aromaten	EOX	Minerale olie	
Raytheon	Onbekend	Bouw en sloop	Maximum			150	320	380	26000	2800	230	15100	28	0	340							54	3200
			Gemiddelde			63	49	380	1911	702	126	2274	14		76							31	2487
			N			4	9	1	17	29	8	17	2	0	10	0	0	0	0	0	0	3	3
Raytheon	Onbekend	Huishoude lijk	Maximum			44	14	630	860	16000	170	3200	5	0	3324							0	7100
			Gemiddelde			32	11	630	225	1505	80	1067	2		677								7100
			N			5	4	1	15	19	5	14	5	0	7	0	0	0	0	0	0	0	1
Raytheon	Onbekend	Industrieel	Maximum							1150		4000		1900	22							24	96000
			Gemiddelde							1150		4000		1900	22							24	96000
			N			0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Raytheon	Onbekend	Shredder	Maximum			0	16	0	15000	1150	380	2500			2430							0	
			Gemiddelde			0	8	0	3250	408	127	1118			818							0	
			N			1	2	1	5	6	3	6	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0
Iwaco		shredder 1*	Maximum																				
			Gemiddelde												59	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,20		
			N												1	1	1	1	1	1	1	1	

\* Dit monster is eveneens geanalyseerd op de analysepakketten voor: Aromatische koolwaterstoffen uitgebreid, chloorbenzenen vluchtig, gehalogeneerde koolwaterstoffen uitgebreid, polycyclische aromaten, chloorpesticiden, PCB's, chloorbenzenen niet vluchtig, fosforpesticiden en stikstofpesticiden. Geen van de binnen deze pakketten geanalyseerde parameters overschrijd de detectiegrens.

EOX Extraherbare Organische Halogeenverbindingen

Vooronderzoek		Analysegegevens Dempingsmateriaal in mg/kg ds.																					
Bron	Bemonster de laag	Materiaal	Data	Hum	Lut	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	Hg	CN	PAK (10 vrom)	Benzeen	Ethylben zeen	Tolueen	Xylenen	EOX	Minerale olie	PCB 7 (som)	
Raytheon	Onbekend	Bouw en sloop	Maximum			42	410	0	3500	29600	1000	24400	19	70	741			3			32	11000	
			Gemiddelde			37	113	0	701	2261	382	3621	11	70	279			3			24	6389	
			N			4	6	1	16	23	5	16	2	1	11			1		0	5	13	
Raytheon	Onbekend	Huishoudelijk	Maximum			37	18	59	2000	3000	450	3400	3		14400						11000	4700	
			Gemiddelde			37	9	30	539	853	188	1461	1		4856						11000	2325	
			N			1	5	2	12	15	4	15	3		3			0		0	1	8	
Raytheon	Onbekend	Industrieel	Maximum						210	1850	0	7950			2300						200	65000	
			Gemiddelde						210	1850	0	4265			2300						200	65000	
			N			0	0	0	1	1	1	2	0		1			0		0	1	1	
Raytheon	Onbekend	Shredder	Maximum			37	120	320	15000	16000	300	16000			199						710	13940	
			Gemiddelde			34	43	107	2963	4043	143	6050			103						154	5410	
			N			2	6	3	6	6	5	6	0		3			0		0	6	4	
Raytheon	Onbekend	Baggerspecie	Maximum			53	5		2000	340		1000	4										
			Gemiddelde			53	5		2000	340		1000	4										
			N			1	1	1	0	1	0	1	1		0			0		0	0	0	
Iwaco		shredder 1 *	Maximum																				
			Gemiddelde												14	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			5,9
			N												1	1	1	1	1	1			1
Iwaco		shredder 2 *	Maximum																				
			Gemiddelde												34	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			8
			N												1	1	1	1	1	1			1
Iwaco		shredder + div *	Maximum																				
			Gemiddelde												54	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			< 1,4
			N												1	1	1	1	1	1			1

\* Dit monster is eveneens geanalyseerd op de analysepakketten voor: Aromatische koolwaterstoffen uitgebreid, chloorbenzenen vluchtig, gehalogeneerde koolwaterstoffen uitgebreid, chloorbenzenen niet vluchtig, fosforpesticiden en stikstofpesticiden. Geen van de binnen deze pakketten geanalyseerde parameters overschrijd de detectiegrens.

EOX Extraherbare Organische Halogeenverbindingen

Vooronderzoek		Analysegegevens grondwater in microgram per liter.																							
Bron	Bemonster de laag	Materiaal	Data	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	Hg	CN	Benzeen	Ethylben zeen	Toluueen	Xylenen	Naftaleen	TECE	CBEN	12DCB	13DCB	14DCB	EOX	Minerale olie	
Raytheon	Onbekend	Bouw en sloop	Maximum	33	1	260		195	90	475		260	120			130		59	34	99	9	5	130	340	
			Gemiddelde	33	1	260		130	72	371		142	17			88		36	6	15	4	2	55	340	
			N	1	3	1	0	2	3	4	0	4	10	0	0	2		5	0	6	8	5	4	6	1
Raytheon	Onbekend	Huishoudelijk	Maximum	0	12	90		150	85	465		82	4				110	11	17	3	1	2	830		
			Gemiddelde	0	4	45		103	85	370		78	3				110	11	6	2	1	1	180		
			N	1	3	2	0	3	1	2	0	3	3	0	0	0	0	1	5	2	1	2	8	0	
Raytheon	Onbekend	Industrieel	Maximum										32	140	220	620								3300	
			Gemiddelde										32	140	220	620								3300	
			N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	
Raytheon	Onbekend	Shredder	Maximum						75				4		57			15	1	1	1		490	230	
			Gemiddelde						75				3		43			15	1	1	1		300	230	
			N	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	2	0	0	0	1	1	1	0	0	3	
Raytheon	Onbekend	Lompen	Maximum			140							1												
			Gemiddelde			120							1												
			N	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

\* Dit monster is geanalyseerd op de analysepakketten voor: Aromatische koolwaterstoffen, aromatische koolwaterstoffen uitgebreid, chloorbenzenen vluchtig, gehalogeneerde koolwaterstoffen, gehalogeneerde koolwaterstoffen uitgebreid.

Geen van de binnen deze pakketten geanalyseerde parameters overschrijd de detectiegrens.

??

TECE  
CBEN  
12DCB  
13DCB  
14DCB  
EOX

Chloorbenzeen

1,2 Dichloorbenzeen

1,3 Dichloorbenzeen

1,4 Dichloorbenzeen

Extraheerbare Organische Halogeenverbindingen

BIJLAGE I

**BASISGEGEVENS GESELECTEERDE DEMPINGEN**

	Landbouw			Ecologie			Verspreiding
	code SBK	Deklaag	code rapporten	code SBK (of x/y coord)	Deklaag	code rapporten	code SBK en rapporten
<i>Industrieel/bedrijfs-afval</i>	38bz05406	A	ia1	38bz05406	A	ia1	38bz02033
	38bz05604	A	ia2	38bz05604	A	ia2	38an00299
	38bz05533	A	ia3	38bz05533	A	ia3	
	38az02031	A	ia4				
	38bz2020	A	ia5	38bz2020	A	ia5	
	38az02365	A	ia6	38az02365	A	ia4	
	38az1259	A	ia7	38bz05449	B	ba2	
	38bz02419	B	ia1	38az02128	B	ba4	
	38bz05449	B	ia2	38az02129	B	ba5	
				38az02249	B	ba6	
			(x=448941 y=5156849)	B	ba12		
<i>shredder</i>	38az00428	A	shr1				38az02037
	38az02037	A	shr2	38az02037	A	shr5	38az00647
	38bz02035	A	shr3	38bz02035	A	shr4	
	wbb 561/009	A	shr4	wbb 561/009	A	shr1	
	38bz00631	A	shr5	38bz00631	A	shr2	
	wbb 561/009		shr6				
	38az00563	B	shr1	38az02051	B	sh1	
wbb/561/015	B	shr2	38az02050	B	sh2		
			38az00428	B	sh3		
			NW00201	B	sh5		
			(x=445988 y=5156849)	B	sh9		
<i>lompen</i>	38bz02062	B	lomp1	38bz02062	B	lp1	38bz02062
	38az02212	B	lomp2	38az02212	B	lp2	38az02212
				38bz00259	B	lp3	
				38az02131	B	lp4	
				38az00921	B	lp5	
				38az00926	B	lp7	
				38cn02292	A	bag1	38bz02408
<i>bagger</i>	38cn02323	A	bag2	38cn02323	A	bag2	38bn02010
	38cn02348	A	bag3	38cn02348	A	bag3	38cn02348
	38az02146	A	bag4	38az02146	A	bag4	
	38bz02157	A	bag5	38bz02157	A	bag5	
	xx	A	bag6	xx	A	bag6	
	38bz02408	A	bag7	38bz02408	A	bag7	
				38az02244	B	bg1	
				38bz02021	B	bg2	
			38bz02192	B	bg3		
			NW0009	B	bg8		
<i>huishoudelijk afval</i>	38cn00851	A	hha1	38cn00851	A	hha3	38bz02401
	NW0041	A	hha2	NW0041	A	hha2	38cn00851
	38bz02401	A	hha3	38bz02401	A	hha4	38cn02364
	38hz02134	A	hha4	38cn02222	A	hha5	
	38bz02184	B	hha1	38cn02364	A	hha1	
	38cn02363	B	hha2	38cn02363	B	hh2	
				38az02074	B	hh3	
				38az05726	B	hh4	
				38bz02126	B	hh5	
				(x=445450 y=5159125)	B	hh9	
<i>bouw- en sloop</i>	wbb510110	A	b&s1				38az02012
	38az02119	A	b&s2	38az02119	A	b&s2/b&s3	38az00621
	38az02086	A	b&s3	38az02086	A	b&s5	38az02086
	38dn02017	A	b&s4	38dn02017	A	b&s1	38dn02017
	38az06137	A	b&s5	38az06137	A	b&s4	38dn02291
	zh/051/101-13	A	b&s6				38an02007
	38bz02043	B	bes1	38bz02043	B	bs1	
	38az02117	A	bes2	38az00569	B	bs2	
				38bz00723	B	bs5	
				38az02058	B	bs7	
				38az02245	B	bs8	

## **KAARTEN**

Kaart 1. Drooglegging

Kaart 2. Geologie

Kaart 3. Overzicht dempingen deelonderzoeken landbouw en ecologie: A-dempingen

Kaart 4. Overzicht dempingen deelonderzoeken landbouw en ecologie: B-dempingen

Kaart 5. Overzicht dempingen deelonderzoek verspreiding

Kaart 6a tot en met Kaart 6d. Ligging dempingen ten opzichte van geulafzettingen