

Actief bodembeheer Krimpenerwaard

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de Stichting Bodembeheer Krimpenerwaard (SBK) te Stolwijk, en medegefinancierd door Stichting Kennisontwikkeling en kennisoverdracht Bodem (SKB) te Gouda en Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Directie Wetenschap en Kennisoverdracht (Programma 321 Systeemgerichte Ecotoxicologie) te Den Haag.

# Actief bodembeheer Krimpenerwaard

## Plan van aanpak Verificatieonderzoek Ecologie

Bijlage 1 bij eindrapport Verificatieonderzoek Ecologie Krimpenerwaard  
(Alterra-rapport 1016)

J.H. Faber  
N.W. van den Brink



Alterra-rapport 1017

Alterra, Wageningen, 2004

## REFERAAT

Faber, J.H. & N.W. van den Brink, 2004. *Actief bodembeheer Krimpenerwaard; Plan van aanpak Verificatieonderzoek Ecologie. Bijlage 1 bij eindrapport Verificatieonderzoek Ecologie Krimpenerwaard*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1017. 62 blz.; 5 fig.; 12 tab.; 45 ref.

De Krimpenerwaard is aangemerkt als een 'ernstig en urgent' geval van bodemverontreiniging. Het bodembeheerplan gaat uit van actief bodembeheer en is gebaseerd op een functiegerichte sanering door afdekking van verdachte slootdempingen met gebiedseigen grond. Dit rapport beschrijft het onderzoeksplan voor het 'Verificatieonderzoek Ecologie' op basis waarvan de aannamen achter het voorgenomen bodembeheer zullen worden getoetst met betrekking tot de functies natuur, landbouw en recreatie. Het onderzoek is gericht op specifieke eisen van het gebied. Resultaten van locatiespecifiek milieuchemisch en eco(toxico)logisch (Triade)onderzoek zullen worden opgeschaald en beoordeeld tegen de ecologische randvoorwaarden en criteria voor maatschappelijke doelstellingen voor de Krimpenerwaard en regio.

Trefwoorden: bodemverontreiniging, functiegerichte bodemsanering, grutto, locatiespecifieke ecologische risicobeoordeling, PAK, PCB, slootdemping, Triade, veenweidegebied, zware metalen.

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door €18,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 1017. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

Foto omslag: Provincie Zuid-Holland

© 2004 Alterra  
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland  
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: [info.alterra@wur.nl](mailto:info.alterra@wur.nl)

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

## Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Probleemdefinitie	11
1.2 Verificatieonderzoek	12
1.3 Uitgangspunt	12
1.4 Bodemgebruiksfuncties	13
1.5 Afdeklagdikte vanuit ecologisch perspectief	14
1.6 Het schaalniveau van ecologisch verificatieonderzoek	16
1.7 Doelstelling bij keuze van ecologische parameters	17
2 VE: fasering, planning en kosten	21
2.1 Beslisstructuur onderzoek volgens afpel-principe	21
2.2 Uitwerking Verificatieonderzoek Ecologie	24
2.2.1 Fase I (dit rapport)	26
2.2.2 Fase II: Locatiegerichte, stofgerichte en functiegerichte effectstudies	27
2.2.3 Fase III Gebiedsgerichte evaluatie	28
2.2.4 Fase IV Monitoring en nazorg	28
2.3 Activiteiten en kosten fasen II en III	29
Literatuur	33
<b><i>Aanhangsels</i></b>	
1 Ecologische randvoorwaarden van bodemgebruik	37
2 Gebruiksgerichte randvoorwaarden en risicobeoordeling	45



## Woord vooraf

Door de grote onbekendheid met de aard en exacte omvang van de bodemverontreiniging in de Krimpenerwaard is ernstige stagnatie opgetreden in tal van maatschappelijke en bestuurlijke processen in dit gebied. Met de oprichting van de Stichting Bodembeheer Krimpenerwaard (SBK) en de uitvoering van het Bodembeheerplan wordt hierin weer beweging gebracht. Het Bodembeheerplan is gebaseerd op een aantal aannamen, die momenteel in een onderzoeksproject nader onderbouwd en geverifieerd worden. Dit rapport beschrijft het onderzoeksplan voor het Verificatie-onderzoek Ecologie, dat een onderdeel uitmaakt van dit project.

Het Verificatieonderzoek is uitgevoerd door een consortium bestaande uit: Royal Haskoning (penvoerder en Verificatieonderzoek Verspreiding), Alterra (Verificatieonderzoek Landbouw en Verificatieonderzoek Ecologie), Wageningen Universiteit (Verificatieonderzoek Verspreiding) en Van Bruggen Communicatie Advies in opdracht van de Stichting Bodembeheer Krimpenerwaard (SBK) en met medefinanciering van de Stichting Kennisontwikkeling Kennisoverdracht Bodem (SKB, projectnummer SV-027). Verder heeft ook het Ministerie van LNV financieel bijgedragen vanuit DWK programma 321 (Systeemgerichte Ecotoxicologie).

Het VE is een zeer groot en een zeer complex onderzoeksproject geweest waaraan veel mensen en organisaties medewerking hebben verleend. Binnen de projectstructuur moeten twee groepen met name genoemd te worden. Het 'Afstemmingsoverleg' van consortiumpartijen, waarbinnen naast de SBK en de Provincie Zuid-Holland ook de projectleiders van de Verificatie-deelonderzoeken en het communicatie-onderzoek en de SKB vertegenwoordigd waren. Binnen dit overleg is de 'dagelijkse' gang van zaken rond het project aan de orde geweest, en werden inhoudelijke beslissingen over het onderzoek in onderlinge afstemming genomen. Een wetenschappelijke begeleidingsgroep bij het VE gaf onafhankelijk wetenschappelijk advies over het onderzoeksplan, de uitvoering en de interpretatie van resultaten. Deze groep heeft bestaan uit N.M. van Straalen (Vrije Universiteit, Amsterdam), M. Rutgers (RIVM) en R. Mes (Provincie Zuid-Holland), onder voorzitterschap van S. Moolenaar (NMI) en vertegenwoordiging vanuit opdrachtgevers door A. Verbruggen (SBK) en P. van Mullekom (SKB).

Vele anderen hebben meegewerkt bij de uitvoering van dit project. Landeigenaren met een beheerovereenkomst hebben desgevraagd toegang verleend tot voor het onderzoek geselecteerde weidepercelen. De selectie van percelen werd verzorgd door de Stichting Bodembeheer Krimpenerwaard met ondersteuning van IWACO (tegenwoordig Royal Haskoning). Allen worden hartelijk bedankt voor de geleverde bijdrage.





## Samenvatting

De Krimpenerwaard is een groot veenweidegebied in het Zuid-Hollandse deel van het Groene Hart. De beleidsmatige voornemens met betrekking tot behoud en versterking van de groene functies, zoals natuur, landbouw en recreatie, hebben te sterk kampen gehad met de verlamende gevolgen van bodemverontreiniging. Een door dertien belangenpartijen gedragen bodembeheerplan en de oprichting van een stichting die belast is met de uitvoering daarvan moeten de noodzakelijke verkaveling en herinrichting van het gebied faciliteren. Het bodembeheerplan gaat uit actief bodembeheer en is gebaseerd op een 'functiegerichte sanering' door afdekking van verdachte slootdempingen met gebiedseigen grond. Ter ondersteuning van het bodembeheer is een onderzoek geïnitieerd, dat tot doel heeft de aannamen in het bodembeheerplan ten aanzien van het bestaan van risico's van slootdempingen al naar gelang het dempingmateriaal en de aard en dikte van een afdeklaag te verifiëren. Dit verificatieonderzoek omvat deelonderzoeken met betrekking tot landbouwkundige, ecologische en verspreidingsrisico's, en is opgedeeld in drie onderzoeksfasen en een monitoringsfase. Het voorliggende rapport vormt het onderzoeksplan voor het verificatieonderzoek ecologie, en is een product van fase I. Het ecologisch verificatieonderzoek is gebiedspecifiek onderzoek, gericht op de specifieke eisen van het gebied. Hierbij worden resultaten van locatiespecifiek milieuchemisch en ecotoxicologisch onderzoek in dempingsmateriaal en ecologisch onderzoek in de directe omgeving (fase II) opgeschaald in het licht van maatschappelijke doelstellingen op het niveau van gehele Krimpenerwaard of regio (fase III). Daarbij wordt een functiegerichte benadering gevolgd. Uitgaande van het gewenste bodemgebruik werden voor de functies natuur, landbouw en recreatie de concrete doelstellingen van de eigenaar of beheerder vertaald naar ecologische randvoorwaarden. De bodemkwaliteit dient van dien aard te zijn dat deze randvoorwaarden niet, of hooguit in acceptabele mate in het geding komen. De ecologische randvoorwaarden werden vervolgens vertaald naar parameters die meetbaar of voorspelbaar zijn met bestaande of specifiek te ontwikkelen technieken of modellen. De eindbeoordeling van de parameterwaarden zal geschieden op basis van vooraf vastgestelde en deels in fase II nog uit te werken criteria. Het onderzoek zal een 'afpel-principe' volgen waarbij de resultaten van eerdere onderdelen bepalend zullen zijn voor de verder te volgen stappen. In eerste instantie zullen verdachte dempingsmaterialen uit locaties met onvoldoende afdekking worden gescreend op het voorkomen van metalen en organische microverontreinigingen. Wanneer deze worden aangetroffen zullen enkele oriënterende effectenstudies worden uitgevoerd aan betreffende dempingmaterialen. Hieronder vallen ecotoxicologische studies met regenwormen en microbiële activiteit. Eventueel vervolgonderzoek zal zich richten op locaties met een volgens het Bodembeheerplan wenselijke afdekking. Hier zal worden gekeken naar eventuele verontreiniging van de afdeklaag en het ecologisch risico voor opname door bodemdieren en diepwortelende planten. Zo nodig zullen de risico's voor weidevogels en andere natuurdoelstellingen worden beoordeeld met hiertoe te ontwikkelen methodiek voor opschaling van locatiespecifieke effecten naar gebiedsniveau.



# 1 Inleiding

## 1.1 Probleemdefinitie

De Krimpenerwaard is een groot veenweidegebied in Zuid-Holland. Het vormt een belangrijk onderdeel uit van het Groene Hart. Het beslaat een groot aaneengesloten groengebied met voornamelijk landbouw (85%) en natuur (2%), naast wegen, watergangen en bebouwing.

Het beleid van de rijksoverheid en de provincie is gericht op het behouden en versterken van de groene functies, zoals natuur, landbouw en recreatie. Daartoe zijn in het gebied twee landinrichtingsprojecten gaande, te weten Krimpenerwaard en Krimpen, met de bedoeling om de landbouwkundige mogelijkheden te verbeteren, de natuurwaarden te vergroten en de natuur- en landschapsgerichte recreatie te ontwikkelen. Deze herinrichting gaat gepaard met grondtransacties en de inrichting van beheersgebieden, reservaatgebieden en natuurontwikkelingsprojecten.

Binnen de Krimpenerwaard is sprake van een groot aantal slootdempingen, ophogingen en stortplaatsen, voornamelijk aangebracht in de vijftiger tot tachtiger jaren. Het aangevoerde dempingmateriaal loopt uiteen van agrarisch en huishoudelijk afval tot bouw- en sloopafval, industrieel- en scheepswerfafval en baggerslib. Ten gevolge hiervan is de bodem op vele plaatsen verontreinigd, onder meer met zware metalen, polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK), gechlloreerde koolwaterstoffen en cyaniden. De omvang van het aantal dempinglocaties (meer dan 5000), de onbekendheid met de voor iedere demping gebruikte materialen, de ligging van dempingen binnen het hele gebied van de Krimpenerwaard en de heterogeniteit in aard van het dempingmateriaal op ruimtelijke schaal hebben geleid tot de beleidsmatige opstelling de Krimpenerwaard als één enkel ernstig en urgent geval van bodemverontreiniging aan te merken.

Het algemene uitgangspunt van het bodembeschermingsbeleid is het duurzaam handhaven of herstellen van een goede bodemkwaliteit, ofwel het bewerkstelligen van een zodanige kwaliteitsverbetering van de bodem dat deze in principe geschikt is voor alle functies. Gevallen van bodemverontreiniging in landelijk gebied hebben veelal een lage saneringsurgentie volgens de landelijke urgentiesystematiek en binnen het provinciale saneringsbudget wordt daarvoor op korte termijn geen prioriteit gesteld. De kosten die zijn verbonden aan een multifunctionele bodemsanering van de Krimpenerwaard kunnen niet worden opgebracht door provincie en rijksoverheid, en de verhaalbaarheid op de veroorzakers van de verontreiniging is eveneens zeer beperkt. Als gevolg van de bodemverontreiniging stagneren grondtransacties, en wordt de uitvoering van de herinrichtingsplannen belemmerd.

### *Proces*

De problematiek van verontreinigde slootdempingen en ophogingen doet zich in alle veenweidegebieden voor. In de Krimpenerwaard is evenwel sprake van een bijzonder

groot aantal dempingen en een samenloop met twee landinrichtingsprojecten. Reden waartoe de provincie en de ministeries van LNV en VROM gezamenlijk het pilotproject Krimpenerwaard hebben opgezet. Met dit project wordt onder meer gestreefd naar een gezamenlijk gedragen oplossing van de problemen, een regiospecifieke regeling ten aanzien van gebruik, mogelijk verwerving of zonodig sanering van verontreinigde gronden, en het ontwikkelen van opties voor de aanpak van de problematiek die mogelijk ook elders toepasbaar zijn. In een bestuursovereenkomst tussen 13 belangenpartijen is een bodembeheerplan vastgesteld dat uitgaat van actief bodembeheer voor de Krimpenerwaard, waarbij een functiegerichte sanering wordt voorgestaan door afdekking van dempingen met gebiedseigen grond. De uitvoering van dit bodembeheerplan is de zorg van de daartoe opgerichte Stichting Bodembeheer Krimpenerwaard (SBK) te Stolwijk. In de raad van bestuur van de stichting zijn de 13 partijen vertegenwoordigd, te weten de provincie Zuid-Holland, de ministeries van VROM en LNV, het Hoogheemraadschap van Krimpenerwaard, het Zuiveringschap Hollandse Eilanden en Waarden, de Landinrichtingscommissie Krimpenerwaard, de Westelijke Land- en Tuinbouworganisatie, de Stichting Het Zuidhollands Landschap en de gemeenten Ouderkerk, Vlist, Bergambacht, Schoonhoven en Nederlek. De SBK is gerechtigd een bodembeheerovereenkomst aan te gaan met grondeigenaren in het gebied met betrekking tot slootdempingen. Daarbij zou de eventuele sanering en het beheer van dempingen onder toezicht komen van de SBK, tegen een beheersvergoeding door de eigenaar. De acquisitie van beheersovereenkomsten is momenteel in volle gang.

## **1.2 Verificatieonderzoek**

De SBK initieert tevens een onderzoek dat tot doel heeft de aannamen in het Bodembeheerplan ten aanzien van het bestaan van risico's van slootdempingen al naar gelang het dempingmateriaal en de aard en dikte van een afdeklaag (zie verder §1.5) te verifiëren. Dit verificatieonderzoek wordt mede gefinancierd door de Stichting Kennisontwikkeling en Kenistransfer Bodem (SKB) te Gouda.

Het verificatieonderzoek omvat deelonderzoeken met betrekking tot landbouwkundige risico's (Boels & Zweers, 2000), ecologische risico's en verspreidingsrisico's. In een vooronderzoek werd een overzicht van de beschikbare locatiespecifieke gegevens over dempingen verzameld (IWACO, 2000). Daarnaast wordt in een apart deelproject aandacht besteed aan de communicatie over het onderzoek en de resultaten ervan met de streek en de belangenpartijen. Het verificatieonderzoek is opgedeeld in drie onderzoeksfasen en een monitoringsfase. Het voorliggende rapport vormt het onderzoeksplan voor het Verificatieonderzoek Ecologie (VE), en is een product van fase I.

## **1.3 Uitgangspunt**

Bij het opstellen van dit onderdeel van het plan van aanpak is uitgegaan van de voorkeur voor functiegerichte sanering (scenario 4), zoals wordt aangegeven in het Bodembeheerplan. Omdat volgens dit scenario de verontreiniging in het gebied zal

achterblijven, dienen de onzekerheden rond de belemmeringen van deze verontreinigingen voor de verschillende vormen van bodemgebruik des te stelliger weggenomen te worden. Dit brengt een relatief grote investering in onderzoek met zich mee. Deze investering kan zich ‘terugbetalen’ door het verworven inzicht in saneringsnoodzaak, waardoor minder saneringen uitgevoerd zullen worden, met minder stringente saneringsdoelstellingen. Sanering wordt pas uitgevoerd, wanneer sprake is van aantoonbare en maatschappelijk onaanvaardbare risico’s voor de beoogde functies in het landinrichtingsgebied de Krimpenerwaard.

De onderbouwing van het bodembeheerplan geschiedt langs meerdere sporen. Enerzijds worden gegevens verzameld via locatiespecifiek onderzoek en check-ups. Dit onderzoek, dat volgens vastomlijnde procedures zal worden uitgevoerd, dient vooral als basis voor het afsluiten van beheerovereenkomsten met gebruikers en is niet specifiek gericht op verificatie van deze aannamen. Anderzijds wordt juist ter verificatie van de aannamen uit het bodembeheerplan gebiedsgericht en functiegericht onderzoek uitgevoerd met betrekking tot risico’s voor verspreiding, ecologie en landbouw. Wat betreft de opschaling van locatiespecifieke informatie aangaande ecologische risico’s naar een gebiedsgerichte risicoanalyse is ons geen vergelijkbare onderzoeksbenadering in Nederland bekend. In het voorliggend onderzoeksplan wordt derhalve een op de Krimpenerwaard toegespitste methodiek uitgewerkt.

Het onderhavige onderzoek heeft tot doel het verifiëren van de aannamen ten aanzien van de bodemkwaliteitseisen in het bodembeheerplan Krimpenerwaard en het beheersbaar maken van onzekerheden rond deze aannamen (tabel 1).

#### **1.4 Bodemgebruiksfuncties**

De functies die volgens het bodembeheerplan binnen de Krimpenerwaard worden onderscheiden zijn wonen, landbouw, natuur en recreatie. Binnen deze functies zal rekening worden gehouden met de functie van het diepere grondwater ten behoeve van drinkwatervoorziening. De functiegerichte aanpak wordt toegepast op het moment dat sprake is van functieveranderingen, grondtransacties of een vermoeden van risico’s in de huidige functie.

Als onderdeel van het bodembeheerplan dienen richtlijnen te worden opgesteld voor keuzevorming binnen de functiegerichte aanpak, voor werkzaamheden ten behoeve van risicobeperking, en voor het verruimen van de gebruiksmogelijkheden.

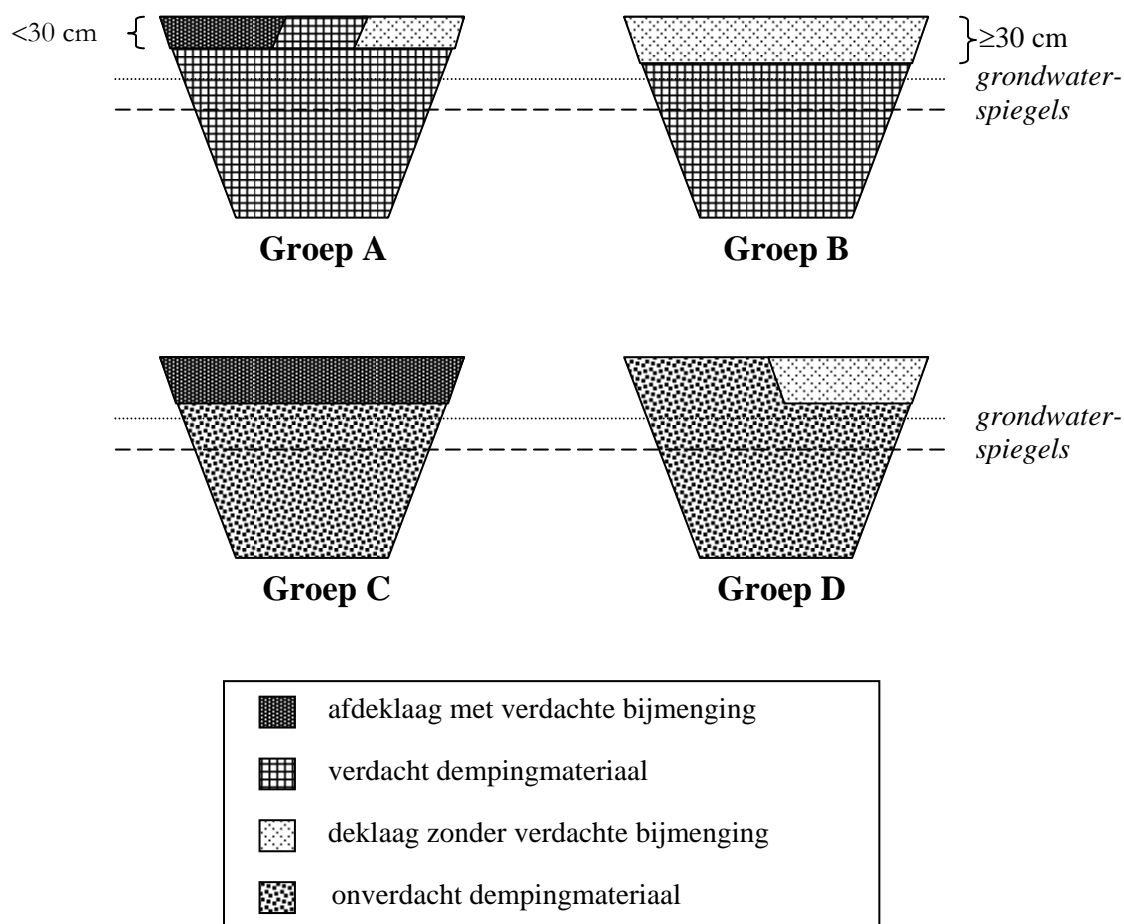
Voor het verificatieonderzoek heeft een afbakening van relevante functies plaatsgevonden. In het bodembeheerplan worden natuur, landbouw en recreatie expliciet genoemd als functies waarvoor de aannamen dienen te worden geverifieerd. In de eerste bijeenkomst van de begeleidingsgroep VE d.d. 1 maart 2000 is besloten dat het diepere grondwater m.b.t. waterwinning niet expliciet in het VE zal worden uitgewerkt. De verspreidingsrisico’s van contaminanten naar het grondwater komen aan de orde binnen het Verificatieonderzoek Verspreiding. Daarbij komt dat alleen in een klein zuidelijk deel van de Krimpenerwaard sprake is van waterwinning, zodat

ecologische aspecten van eventuele risico's op grondwaterverontreiniging niet in deze gebiedsgerichte studie meegenomen worden.

## **1.5 Afdeklaagdikte vanuit ecologisch perspectief**

De voor de gebruiksfunctie gewenste bodemkwaliteit heeft vooral betrekking op de oppervlakkige bodem. Dat is tevens het deel van de bodem waarin de meeste organismen aanwezig zijn en belangrijkste ecologische bodemfuncties plaatsvinden (Faber, 1995). Het aanbrengen van een afdeklaag als maatregel in het kader van actief bodembeheer heeft tot doel om op een relatief goedkope, maar milieuhygiënisch verantwoorde manier een verontreinigde bodem geschikt te maken voor een specifieke gebruiksfunctie. De essentie van de maatregel 'afdekken' is het afsnijden van contactmogelijkheden met de verontreiniging en de blootstellingsroutes van organismen met de verontreiniging te beperken (Roeloffzen en Driessen, 1989).

In het bodembeheerplan zijn slootdempingen gegroepeerd naar de aanwezigheid van al of niet verdacht dempingmateriaal, eventueel verdachte bijmenging in de deklaag, of een deklaag minder dan 30 cm dikte (fig. 1). Op basis van deze indeling zijn aannamen opgesteld m.b.t. te verwachten ecologisch risico's (tabel 1). Het bodembeheerplan stelt dat de mogelijkheid van ecologische risico's is gekoppeld aan het voorkomen van verdacht dempingmateriaal, aan de dikte van de aanwezige afdeklaag en de aanwezigheid van eventuele verdachte bijmengingen daarin. Expliciet wordt gesteld dat in situaties met deklagen dunner dan 30 cm (groep A) ecologische risico's mogelijk aanwezig zijn. Het VE zal zich richten op het toetsen van de mogelijke risico's die de verschillende categorieën dempingmaterialen kunnen vormen, en op de aanname dat in situaties van verdacht dempingmateriaal en een afdeklaag van minimaal 30 cm een gebiedsspecifieke functievervulling niet wordt belemmerd door ecologische risico's. Met andere woorden: voor situaties met verdacht dempingmateriaal, afgedekt met minimaal 30 cm schoon afdek materiaal, wordt in het Bodembeheerplan aangenomen dat ecologische risico's afwezig zijn. De juistheid van deze aanname dient door het VE te worden getoetst.



Figuur 1. Indeling van slootdempingen op basis van dempingmateriaal en eventuele afdeklaag. In de praktijk voorkomende grondwaterspiegels zijn ingetekend.

Tabel 1. Indeling van de verschillende dempingen aan de hand van karakteristieken van dempingmateriaal en deklaag, met daaraan gekoppeld de aanname wat betreft het aanwezig zijn van ecologische risico's (Bodembeheerplan Krimpenerwaard, 1998).

Demping karakteristieken	Aanname
Groep A. Verdacht dempingmateriaal, deklaag < 30 cm en mogelijk verdachte bijmenging	Ecologische risico's mogelijk aanwezig
Groep B. Verdacht dempingmateriaal, deklaag > 30 cm, geen verdachte bijmenging	Niet gespecificeerd in Bodembeheerplan; risico's afwezig
Groep C. Onverdacht dempingmateriaal, deklaag met verdachte bijmenging	Ecologische risico's mogelijk aanwezig
Groep D. Onverdacht dempingmateriaal, geen deklaag of geen verdachte bijmenging	Niet gespecificeerd in Bodembeheerplan; risico's afwezig
Groep E. Onvoldoende gegevens	Geen aanname

## 1.6 Het schaalniveau van ecologisch verificatieonderzoek

Binnen het Afstemmingsoverleg Verificatieonderzoek (d.d. 24 februari 1999 en 27 april 1999) is discussie gevoerd omtrent het schaalniveau waarop in het verificatieonderzoek naar ecologische risico's zou moeten worden gekeken. Het begrip 'schaal' kan op meerdere manieren worden gehanteerd; hier gaat het specifiek om de ruimtelijke schaal waarop de *achterliggende vragen* van het onderzoek en de *conclusies* daaruit betrekking hebben. Aan de ene kant staan de afzonderlijke dempingen en deklagen (kleinschalig), aan de andere kant het gehele gebied de Krimpenerwaard of zelfs gebiedsoverschrijdend de regio het Groene Hart (grootschalig). De discussie had meerdere aspecten die bepalend kunnen zijn voor de uitgangspunten bij het onderdeel 'ecologische risico's'. Deze betreffen de focus van het onderzoek (dempingen versus gebied) en de wijze waarop wordt gekomen tot een keuze van te onderzoeken ecologische parameters (bepaald vanuit bestaande ecotoxicologische expertise versus bepaald vanuit gebiedseigen doelstellingen met bijbehorende ecologische randvoorwaarden). In het onderstaande volgt de uitkomst van deze discussie als uitgangspunt voor het Plan van Aanpak.

Het ecologisch verificatieonderzoek is *gebiedspecifiek* onderzoek, gericht op de specifieke eisen van het gebied. Hierbij worden resultaten van milieuchemisch en ecotoxicologisch onderzoek in dempingsmateriaal en ecologisch onderzoek in de directe omgeving vertaald naar maatschappelijke doelstellingen op het niveau van gehele Krimpenerwaard of regio. Voor zo een benadering is het noodzakelijk om *locatiespecifiek* onderzoek<sup>1</sup> aan beschikbaarheid van verontreinigingen en effecten te extrapoleren naar een hoger geografisch aggregatieniveau voor de Krimpenerwaard als geheel. Dit zou bijvoorbeeld kunnen op oppervlaktebasis, of wellicht door slim gebruik van de soortencurve uit de eilandtheorie van MacArthur en Wilson. Ook andere rekenkundige ('modelmatige') extrapolaties zullen worden gehanteerd. In figuur 2 staat de opschaling conceptueel weergegeven met als voorbeeld effectenketens waaraan wormen en planten ten grondslag liggen. Effecten van verontreinigingen op wormen zijn locatiegebonden. Echter, voor een gebiedsgerichte analyse dienen deze effecten vertaald te worden in parameters op dat hogere schaalniveau. Effecten op gebiedsniveau kunnen bijvoorbeeld zijn de bioaccumulatie van verontreinigingen naar predatoren van wormen (zoals de grutto), verminderd voedselaanbod voor predatoren als gevolg van lagere populatiedichtheden van wormen, en vermindering van bodemprocessen bij lagere wormen populatiedichtheden. De notitie van Ma en van Kleunen (1997) geeft op deze manier een expertoordeel over risico's voor grutto's op basis van modelmatige berekeningen voor bioaccumulatie van zware metalen via regenwormen en terreingebruik van grutto's. Naast bioassays met regenwormen in dempingmateriaal kunnen testen met diverse andere organismen en bodemprocessen worden bestudeerd om een goed

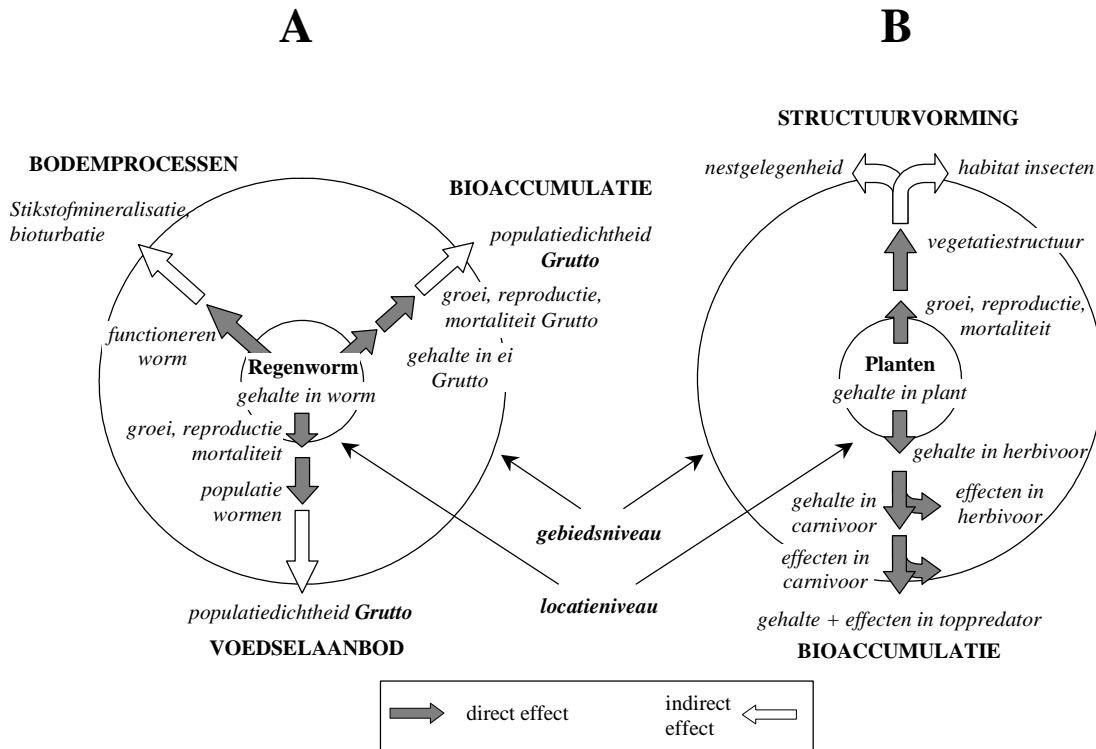
---

<sup>1</sup> Niet te verwarren met het begrip 'locatiegericht onderzoek' zoals gehanteerd in het Bodembeheerplan. Locatiegericht onderzoek volgens het Bodembeheerplan is bedoeld om op locatieniveau meer (historische) kennis te vergaren over het soort dempingmateriaal dat gebruikt is. Voor zover dient te worden nagegaan of milieuhygiënische risico's aan de orde zijn, wordt aangesloten bij het verificatieonderzoek. In het VE wordt locatiespecifiek onderzoek uitgevoerd om eventuele ecotoxicologische effecten op locatieniveau te duiden en te vertalen naar de specifieke eisen van het gebied.



(breed) beeld te krijgen van eventuele negatieve effecten op het bodemecosysteem ter plaatse van dempingen.

Wat betreft de effectenketens van planten kunnen locatiespecifieke effecten zich vertalen in structuurveranderingen op gebiedsniveau en bioaccumulatie naar herbivoren en eventueel carnivoren.



*Figuur 2. Twee algemene voorbeelden voor de vertaalslag van locatiegericht ecotoxicologisch onderzoek in dempingsmateriaal naar gebiedsgerichte doelstellingen op schaalniveau van de Krimpenerwaard. A: locatiespecifieke effecten op regenwormen vertaald naar effecten op grutto's en nutriëntencycli op gebiedsniveau; B: locatiespecifieke effecten op vegetatie ontwikkeling naar effecten op structuur afhankelijk parameters (nestgelegenheid voor vogels en habitat voor insecten) en doorvergiftiging naar top-predatoren op gebiedsniveau.*

Het voorliggend onderzoekplan omvat een plan van aanpak voor locatiegericht onderzoek op het niveau van dempingen en voor opschaling naar een gebiedsgerichte benadering (respectievelijk fase 2 en 3). Locatiegericht onderzoek is gericht op vaststellen van beschikbaarheid van verontreinigingen en effecten ervan in de verschillende typen dempingen. Het gebiedgerichte onderzoek vertaalt de resultaten van locatieniveau naar een hoger aggregatieniveau, waarbij de haalbaarheid van doelstellingen van het bodemgebruik centraal staat.

### 1.7 Doelstelling bij keuze van ecologische parameters

De parameters voor het verificatie-onderzoek worden gekozen uit direct beschikbare ecotoxicologische expertise (assay-protocollen, modellen). In deze opzet worden

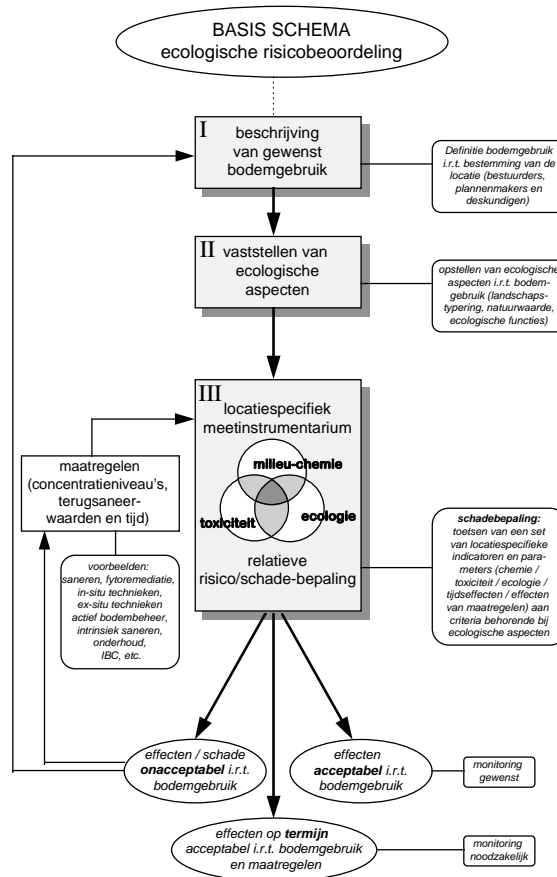
gangbare, in de praktijk geteste toetsystemen aangewend waarmee actuele risico's kunnen worden vastgesteld. Hierbij worden 'standaard' toetsorganismen getest op een ecotoxicologische reactie, wanneer deze worden blootgesteld aan het te beoordelen medium. Dergelijke toetsystemen, ook wel aangeduid met termen 'biosensoren', 'biomarkers' en 'bioassays', geven goed inzicht in de mate van toxiciteit van het medium, maar hebben als beperking dat de toetsorganismen niet altijd een duidelijke, directe relatie behoeven te hebben met de doelstellingen bij het bodemgebruik. De aansluiting tussen onderzoeksresultaten en oorspronkelijke vraagstelling is dan niet altijd optimaal. Daarom zullen naast de standaard toetsystemen ook nieuwe testen worden ontwikkeld vanuit gebiedseigen doelstellingen.

De functiegerichte benadering is de laatste jaren tot ontwikkeling gekomen, onder meer als gevolg van de ruimte die werd geschapen door de beleidsvernieuwing bodemsanering. Recent werden enkele beslissingsondersteunende systemen gepresenteerd ter beoordeling van bodemkwaliteit in het licht van het beoogd bodemgebruik in het algemeen (Rutgers et al., 1998) en ten behoeve van natuurontwikkeling in het bijzonder (Moonen, 1996; Lijzen et al., 1997). Er is momenteel nog weinig praktijkervaring opgedaan met deze systemen, al zijn er wel projecten gestart om deze benaderingen te testen.

Voor het verificatieonderzoek ecologische risico's wordt een functiegerichte benadering gevolgd, zoals die elders in detail wordt beschreven (Rutgers et al., 1998). De risicobeoordeling bestaat dan uit drie stappen, beginnende met een beschrijving van het gewenste bodemgebruik (fig. 3). In een tweede stap worden voor elke bodemgebruiksvorm (natuur, landbouw en recreatie) de concrete doelstellingen van de eigenaar/beheerder van de grond vertaald naar ecologische randvoorwaarden. De bodemkwaliteit dient van dien aard te zijn dat deze randvoorwaarden niet, of hooguit in acceptabele mate in het geding komen. Bij een lagere bodemkwaliteit is immers het bodemgebruik niet zonder grote schade te realiseren. De ecologische randvoorwaarden worden vervolgens vertaald naar parameters die meetbaar of voorspelbaar zijn met bestaande of specifiek te ontwikkelen technieken of modellen. Daarnaast kunnen ecologische bodemkwaliteitseisen worden gekoppeld aan onderdelen van het ecosysteem die essentieel worden geacht voor 'life support functies' van de bodem (Schouten et al., 1997), voor zover betrekking hebbende op het bodemgebruik. De eindbeoordeling van de parameterwaarden geschiedt op basis van vooraf bepaalde criteria. Dat kunnen natuurlijke achtergrondniveaus zijn, kwantitatieve beheersdoelstellingen, of acceptabele verschillen ten opzichte van een referentie. De beoordeling dient te worden gebaseerd op drie typen gegevens die in de derde stap van de procedure worden verzameld (veldstudie en literatuur):

- Milieuchemische gegevens en een generieke interpretatie van potentiële toxiciteit (d.w.z. *risico's* in strikte betekenis);
- Ecotoxicologische gegevens over actuele effecten en biologische beschikbaarheid, met gebruik van locatiespecifieke indicatoren;
- Ecologische gegevens over actuele structuur en functioneren van ecosysteem.

Vanwege deze drieledige typen van te gebruiken gegevens wordt deze stap ook wel de Triade-benadering genoemd. Deze benadering is nog betrekkelijk nieuw voor de praktijk van de terrestrische risicobeoordeling, maar al langer gangbaar in de aquatische tegenhanger (Chapman, 1986; STOWA/RIZA, 1997; Maas et al., 1993).



Figuur 3. Schema gebruiksgesichte ecologische risicobeoordeling (Rutgers et al., 1998)

In de derde en meest arbeidsintensieve stap van de risicobeoordeling wordt een instrumentarium (indicatoren, parameters, modellen en/of criteria) ingezet om de ecologische parameters die samenhangen met het beoogde bodemgebruik te toetsen tegen de criteria. Dit instrumentarium kan metingen, schattingen, afleidingen en andere typen gegevens opleveren. Voorbeelden van mogelijk inzetbare locatiespecifieke indicatoren zijn:

- de chemische concentraties van stoffen in de bodem en biota;
- mobiliteit van stoffen binnen de locatie en grensoverschrijdend;
- chemische mobiliteit (sorptie, partitie, beschikbaarheid, blootstelling);
- biologische mobiliteit (doorvergiftiging, bioaccumulatie, biodegradatie);
- fysische mobiliteit (winderosie, precipitatie, grond/bodemwatertransport);
- schattingen of metingen van effecten op ecologische receptoren (sleutelsoorten, structuur van levensgemeenschappen en van het ecosysteem, systeemprocessen, gemeenschapstolerantie (PICT), voedselwebben, etc.) ;
- effecten van mengsels van stoffen, onbekende stoffen en andere stressfactoren;
- locatiespecifieke toxiciteit (bioassays, veldtoxiciteitsmetingen, biomarkers);

- functionele redundantie in ecologische processen en herstelbaarheid van processen en structuren
- tijdsschaal van de blootstelling en van ecologische effecten;
- voorspelling van ecologische rendement en effecten van voorgenomen maatregelen (saneren, fyto-remediatie, aangepast bodembeheer);
- waardering en beleving van het ecosysteem (zeldzaamheid, landschapstype, soortenrijkdom).

Binnen het onderzoek wordt een ‘afpel-principe’ gehanteerd, waarbij uit te voeren onderzoekstappen afhankelijk worden gesteld van de resultaten van voorafgaande onderzoekstappen.

Hoewel een doelgerichte en efficiënte uitwerking van het onderzoek volgens de basisbenadering (Rutgers et al., 1998) methodologisch van groot belang is, voert het te ver om de afleiding van ecologische randvoorwaarden voor het bodemgebruik in de Krimpenerwaard hier in detail weer te geven; deze wordt gepresenteerd in Aanhangsel 1. Ook de verdere uitwerking in gebruiksgerichte ecologische randvoorwaarden voor de bodemkwaliteit en de daarop afgestemde risicobeoordeling wordt in een aanhangsel beschreven (Aanhangsel 2). In het volgende hoofdstuk van dit rapport worden fasering, planning en kosten van het VE weergegeven.

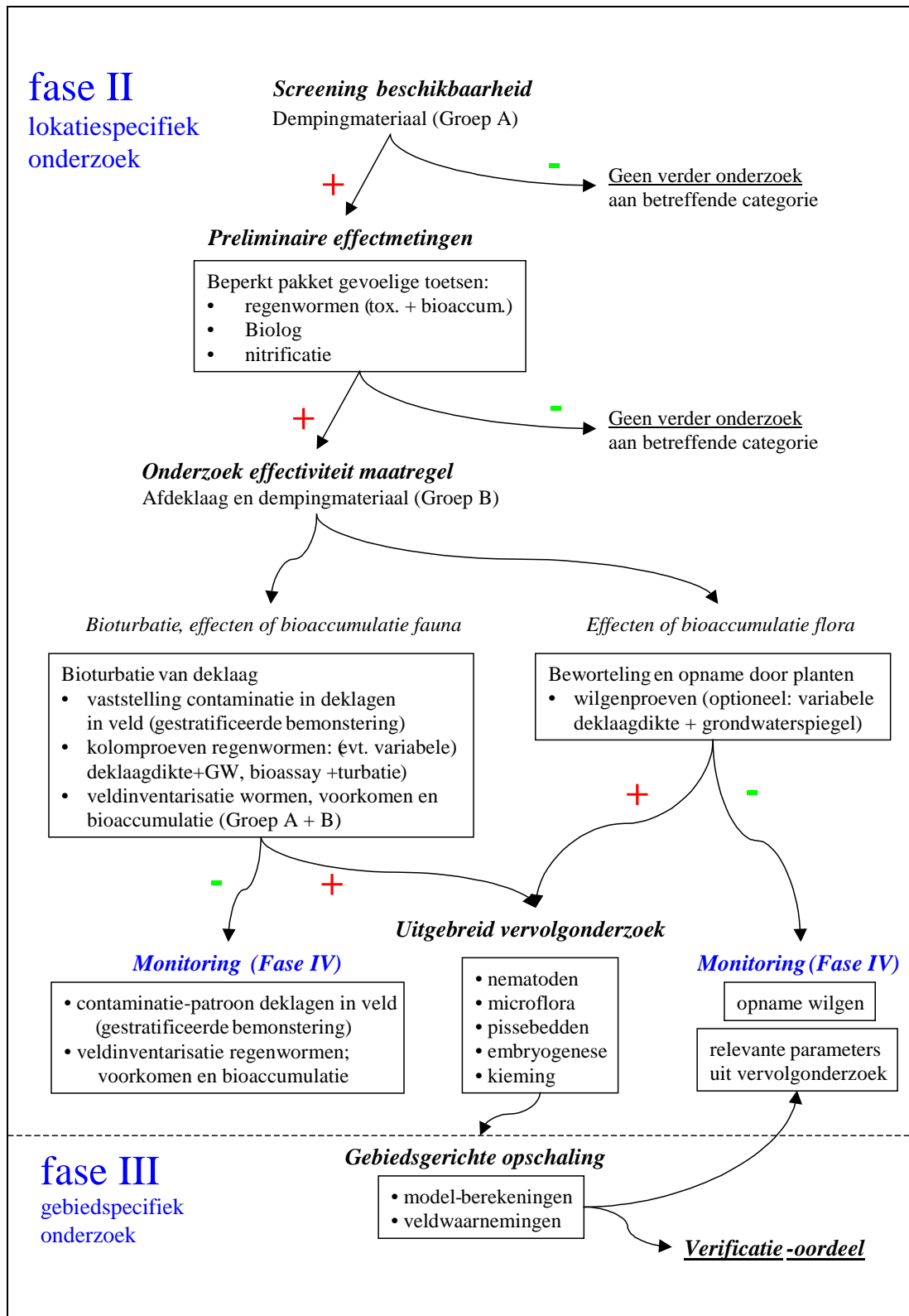
## 2 VE: fasering, planning en kosten

Het VE is opgedeeld in vier fasen: drie onderzoeksfasen en een monitoringsfase. De resultaten van onderzoek in eerdere fasen bepalen de werkwijze en onderzoeksparameters voor het vervolgonderzoek in latere fasen. Het project wordt daarom ‘werkenderwijs’ steeds verder ingevuld met betrekking tot specifieke onderzoeksactiviteiten; in grote lijnen kan de te volgen werkwijze al wel worden aangegeven in negen verschillende projectonderdelen. Het project is als geheel voorgelegd aan de SKB ter beoordeling, de gevraagde financiering wordt evenwel per fase uitgewerkt en voor elke vervolgfase via aparte tenders nagestreefd. Het voorliggende onderzoeksplan maakt onderdeel uit van fase 1. Aan de orde is nu een tender voor de tweede fase, waarbij het onderhavige onderzoeksplan een beschrijving geeft van onderzoek in fasen 2 en 3. De werkwijze is daarbij van locatiegericht naar gebiedsgericht; de detaillering in beschrijving van keuzes en werkwijze neemt daarbij af.

In de tweede fase van het onderzoek zal allereerst een schatting gemaakt worden van de potentiële ecotoxicologische risico's op locatieniveau, die de verschillende dempingtypen en eventueel verdachte deklagen vormen voor het realiseren van de verschillende bestemmingen. Het eerste probleem dat zich hierbij voordoet is het feit dat de uiteindelijke bestemmingen veelal nog niet gerealiseerd zijn. Instelling van waterpeilen, plaggen en andere inrichtingsmaatregelen hebben nog niet plaatsgevonden. Het Ontwerpplan Herinrichting Krimpenerwaard (Landinrichtingscommissie Krimpenerwaard, 1999) geeft aan dat lokaal het polderpeil aangepast zal worden in het licht van de te ontwikkelen functies. Hierbij zal sprake kunnen zijn van zowel lokale verlaging dan wel verhoging van het grondwaterpeil. Daarnaast wordt vernatting van natuurgebieden nagestreefd door verlaging van maaiveld d.m.v. afplaggen, waarbij tevens enige vershraling wordt bereikt.

### 2.1 Beslisstructuur onderzoek volgens afpel-principe

Figuur 4 laat de beslisstructuur zien waarin voor dempingmateriaal, en eventueel later gecombineerd met deklaagmateriaal, staat weergegeven bij welke condities en resultaten verschillende onderzoekstappen moeten worden uitgevoerd. Binnen het onderzoek wordt een afpel-principe gehanteerd, waarbij uit te voeren onderzoekstappen afhankelijk worden gesteld van de resultaten van voorafgaande onderzoekstappen.



Figuur 4. Beslisboom VE (onderzoeksfasen en monitoring) volgens afpelmechanisme

## *Fase 2*

In een screening wordt voor dempingmaterialen uit Groep A aangetoond of verontreinigingen aanwezig en beschikbaar zijn. Indien dit niet het geval is dan zijn er geen potentiële risico's te verwachten in de desbetreffende categorie, en hoeft geen vervolgonderzoek plaats te vinden. Bij aantoonbare beschikbaarheid dient te worden vastgesteld of effecten aantoonbaar zijn, of in de toekomst mogen worden verwacht. Het is in deze fase van het onderzoek van belang beslismomenten zo vroeg mogelijk te kunnen leggen. Daarom is gekozen om een beperkt pakket aan effectmetingen uit te voeren om te bepalen of er effecten zijn. In dit stadium worden nog geen functiegerichte criteria gebruikt zoals opgesteld in samenspraak met de gebruikers. Effecten worden in deze stap statistisch beoordeeld t.o.v. een niet verontreinigde referentie. De parameters in het beperkt pakket zijn zodanig gekozen dat verschillende aspecten wat betreft structuur en functioneren van het systeem beschouwd kunnen worden: toxiciteit bodemorganismen (wormen toxiciteits-assay), bioaccumulatie (regenwormen bioaccumulatie-assay), functionele samenstelling micro-organismen (Biolog), en nitrificatie als indicatie van het functioneren van het bodemsysteem. Bij aangetoonde effecten kan worden geconcludeerd dat de desbetreffende categorie demping ecologische risico's met zich meebrengt, en dat aanvullend bodembeheer met effectreducerende maatregelen vereist is.

Bij gebleken effecten zal in een vervolg stap in het VE de demping in combinatie met een deklaag van 30 cm worden beschouwd. Dit betreft dus onderzoek aan locaties uit Groep B. Er zullen dan twee sporen bewandeld worden. Enerzijds zal onderzocht worden of door bioturbatie of diffusie verontreinigingen naar het oppervlak worden getransporteerd. Anderzijds dienen opname en effecten van de verontreinigingen in de demping bij diepwortelende (> 30 cm) planten en bomen te worden bepaald. In het veld worden deklagen (30 cm wanneer mogelijk) gelaagd bemonsterd om indringing (diffusie) van verontreinigingen uit de demping in de deklaag te kunnen aantonen. In kolomproeven met wormen kunnen verschillende omstandigheden wat betreft grondwaterstand gesimuleerd worden, en kan bioturbatie worden vastgesteld. Een veldinventarisatie dient te worden uitgevoerd om dit te valideren. Hierbij zal gekeken worden naar het voorkomen van wormen (als maat voor directe toxische effecten) en naar gehalten verontreinigingen in de wormen (als maat voor het risico van doorvergiftiging).

Voor de effecten op diepwortelende planten (bomen en struiken) zal een bewortelingsproef worden uitgevoerd met wilgen. Hierin zal naast effecten op groei en ontwikkeling, de opname van verontreinigingen worden bepaald als maat voor doorvergiftiging.

Bij aantoonbare risico's van bioturbatie en/of effecten of bioaccumulatie op de planten is een uitgebreid pakket locatiespecifieke effectmetingen noodzakelijk. Dit uitgebreider pakket is noodzakelijk omdat de uitkomsten hiervan niet gebruikt worden om beslissingen binnen het onderzoek aan te sturen, maar om ingezet te worden in een functiegerichte risicobeoordeling waarbij de criteria zoals opgesteld met de gebruikers aan de orde zullen komen. Voor zo een gedifferentieerde analyse is meer informatie nodig dan bij het eerdere beslissingsmoment waarbij, i.v.m. relatief eenvoudige criteria en toetsing, volstaan kan worden met het beperkt pakket.

Bij aantoonbare effectiviteit van 30 cm als deklaagdikte is het mogelijk om een minimale deklaagdikte te bepalen waarop effecten nog niet aanwezig of relevant zijn. Hierbij zal per dempingcategorie op verschillende locaties met variabele deklaagdikte het uitgebreide onderzoekspakket worden uitgevoerd, analoog aan datgene hiervoor beschreven voor de situatie van 30 cm deklaagdikte. Dit onderzoek is als stelpost opgenomen in de begroting, daar dit niet als primaire onderzoeksvraag in het VE is opgenomen.

Voor de resultaten van fase 3, het gebiedsgerichte onderzoeksdeel, zullen bij de nadere afbakening van de te onderzoeken parameters, op een vergelijkbare manier *a priori* criteria opgesteld worden.

Binnen het VE zullen de geplande onderzoeksactiviteiten worden geprioriteerd. De lijn van onderzoek volgens het afpelmechanisme is screening → effectenstudies → monitoring, met ingebouwde beslismomenten. Prioriteit zal worden gelegd bij de effectenstudies. Voor de screening zal zoveel mogelijk gebruik gemaakt worden van bestaande gegevens, maar is aanvullende onderzoek noodzakelijk. Verdere monitoring is gewenst in die gevallen dat effecten wel op locatieniveau gesignaleerd worden, maar zich niet doorvertalen naar gebiedsniveau.

Met betrekking tot locaties waarvoor sprake is van natuurontwikkelingsplannen kan voor het onderdeel risicobeoordeling op basis van milieuchemische gegevens de 'Leidraad Bodembeoordeling' (Lijzen et al., 1997<sup>2</sup>) worden aangehouden. Dit geeft de mogelijkheid om dit beslissingsondersteunend systeem in een praktijksituatie verder te ontwikkelen en uit te testen. Het verificatieonderzoek kan profiteren van dit kennissysteem dat toegesneden is op bodembeoordeling ten behoeve van natuurontwikkeling.

## 2.2 Uitwerking Verificatieonderzoek Ecologie

De activiteiten in de vier fasen van het VE worden in het onderstaande uitgewerkt (Tabel 2). Vanwege het afpel-principe is de invulling voor latere fasen minder concreet of althans inhoudelijk nog weinig uitgewerkt (in Aanhangsel 2): er zijn vooralsnog teveel mogelijkheden.

---

<sup>2</sup> Inmiddels verder ontwikkeld door SC-DLO en momenteel onder de naam 'BONANZA' in het kader van SKB-project SV004 door een consortium onder penvoerderschap van Alterra te operationaliseren.



Tabel 2. Samenvattend schema van het Verificatie-onderzoek Ecologie in fasen.

<b>Fase I</b> <b>Locatieselectie, Gebruiksgerichte parameterkeuze</b>	<b>Fase II</b> <b>Locatiegerichte risicobeoordeling</b>	<b>Fase III (nader uit te werken tijdens fase II)</b> <b>Gebiedsgerichte risicobeoordeling; risicobeheer</b>	<b>Fase IV (nader uitwerken tijdens fase III)</b> <b>Monitoring en nazorg</b>
A. Locatieselectie terrestrisch onderzoek obv bekende gegevens	D. Screening beschikbaarheid in dempingmaterialen Groep A	H. Weidevogels en amfibieën: modelstudie relaties wormen en Grutto, bepaling verontreinigingen vogeleieren, broedsucces Grutto, larvale ontwikkeling amfibieën	I. Eidooiiergehalte, broedsucces weidevogelveren, wilgeblad, regenwormen
B. Ecologische randvoorwaarden bodemgebruik tbv parameterkeuze	E. Screening effecten dempingmaterialen Groep A		
C. locatiespecifieke gegevens inventarisatie gegevens PIMM	F. Risicoschatting geselecteerde dempingmaterialen Groep B gecombineerd met deklaag: bioturbatie, diffusie, beworteling		
	G. Effectenstudies (uitgebreid pakket) demping en deklaag		
		<i>Bodemkwaliteitskaart? VL/VV</i>	
		<i>Ecologische kwaliteitskaart</i>	
Opstellen Plan van Aanpak fase II Tussenrapportage en communicatie	Opstellen Plan van Aanpak fase III Tussenrapportage en communicatie	Opstellen Monitoringsplan fase IV Tussenrapportage en communicatie Eindrapportage en communicatie	Rapportage en communicatie

### 2.2.1 Fase I (dit rapport)

- A. Locatieselectie op basis van dempingclassificatie en afdeksituatie (in afstemming met Verificatieonderzoeken Landbouw en Verspreiding);
- B. Opstellen ecologische randvoorwaarden i.r.t. bodemgebruiksdoelstellingen;
- C. Verzamelen locatiespecifieke gegevens.

Deze stappen zullen resulteren in

- Opstellen Onderzoeksplan fase II
- Tussenrapportage (voorliggend onderzoeksplan) en communicatie.

#### ***Onderdeel A: Locatieselectie o.b.v. dempingclassificatie en afdeksituatie***

De selectie van onderzoekslocaties wordt primair verricht binnen het Verificatieonderzoek Landbouw (VL) en Verificatieonderzoek Verspreiding (VV). Het eerste onderzoek richt zich op de risico's van zware metalen en PAKs voor landbouwkundige produktieketens, het tweede onderzoek concentreert zich op mobiele verontreinigingen in het milieu. Bij het selectieproces wordt afgestemd met het VE, zodat ook locaties worden gekozen op basis van het (veronderstelde) voorkomen van stofgroepen met potentiële risico's voor ecosystemen in de Krimpenerwaard, zoals EOX en cyaniden.

#### ***Onderdeel B: Opstellen ecologische randvoorwaarden i.r.t. bodemgebruiksdoelstellingen (Aanhangsel 1)***

Dit onderdeel omvat een bureaustudie waarin op basis van het (beoogd) bodemgebruik volgens de bestemming in de gebiedsvisie ecologische randvoorwaarden worden afgeleid. Deze randvoorwaarden kunnen worden benut om geschikte onderzoeksparameters te benoemen voor gericht onderzoek in fase II met betrekking tot de functies natuur, landbouw en recreatie. De resultaten kunnen zo optimaal worden opgeschaald naar een gebiedsgerichte beoordeling van risico's en effecten, en optimaal aansluiten bij een risicobeoordeling vanuit het perspectief van het (beoogd) bodemgebruik.

#### ***Onderdeel C: Locatiespecifieke gegevens en locatie selectie***

In dit projectonderdeel zal op grond van literatuurgegevens worden beoordeeld in hoeverre deze een potentieel ecologisch risico vormen. Daarnaast worden gegevens uit het 'Provinciaal Integraal Meetnet Milieukwaliteit' (PIMM) verzameld, voorzover deze van betekenis kunnen zijn voor de uitwerking van fase II onderzoeksparameters. Dit betreft onder meer monitoring van zware metalen in regenwormen en kwaliteit van oppervlaktewater. Dit onderdeel zal in Fase 2 worden aangevuld met screening van de verschillende materiaaltypen op aanwezige organische microverontreinigingen en zware metalen (zie D1)

#### ***Afronding Fase I***

De producten van fase I bestaan uit voorliggend onderzoeksplan voor fase II, op basis van de resultaten van bovengenoemde onderdelen, en een tussenrapportage en andere communicatie met belangengroeperingen en streek.

Het plan van Aanpak fase II wordt in het derde kwartaal van 2000 aan SKB voorgelegd.

## 2.2.2 Fase II: Locatiegerichte, stofgerichte en functiegerichte effectstudies

- D. Screening van blootstelling in dempingmateriaal Groep A (i.s.m. VL);
- E. Screening van effecten (beperkt pakket) in dempingmateriaal Groep A;
- F. Risicoschatting dempingmateriaal gecombineerd met deklaag indringing, bioturbatie, beworteling Groep B
- G. Effecten studies (uitgebreid pakket) dempingmateriaal en deklaag Groep B

De stappen D, E, F en G zullen resulteren in

- Tussenrapportage en communicatie
- Opstellen Onderzoeksplan fase III

Deze tweede projectfase richt zich op het vaststellen van actuele ecologische risico's (effecten) op een lokale schaal, d.w.z. op het niveau van dempingen en afdekkingen. De onderzoeksresultaten dienen een basis te geven aan fase III onderzoek m.b.t. gebiedsgerichte evaluatie van ecologische risico's en verificatie van de toereikendheid van de dikte van afdekkingen.

### ***Onderdeel D: Screenen van beschikbaarheid in dempingmateriaal***

Per dempingcategorie (8 categorieën verdacht dempingmateriaal, 5 locaties te selecteren uit Groep A) zullen extracties van metalen (i.s.m. VL) en bioassays worden uitgevoerd om te testen op aanwezigheid en potentiële beschikbaarheid van PCBs en dioxinen. Bij gebleken blootstelling in een dempingcategorie zal als onderdeel E een beperkt pakket effectmetingen worden uitgevoerd. Op grond van de waargenomen variatie in de biologische response zal t.z.t. binnen de Begeleidingsgroep VE besproken worden in hoeverre een zelfde screening in Groep B wenselijk is om een goed beeld van ruimtelijke heterogeniteit te verkrijgen.

### ***Onderdeel E: Screenen van effecten in dempingmateriaal***

Bij gebleken blootstelling in een dempingcategorie wordt een beperkt pakket effectmetingen uitgevoerd op basis waarvan beslist kan worden of in de desbetreffende categorie risico's zijn op het optreden van effecten gerelateerd aan verontreinigingen in het betreffende dempingmateriaal. Het optreden van effecten wordt als aanleiding gezien om nader onderzoek te verrichten onder omstandigheden van Groep B, ter verificatie van de aanname met betrekking tot de afwezigheid van risico's bij een deklaag van voldoende dikte.

### ***Onderdeel F: Risicobeoordeling dempingmateriaal gecombineerd met deklaag (bioturbatie, diffusie, beworteling)***

Bij gebleken risico's in bepaalde dempingcategorieën zullen in dit onderdeel twee onderzoekslijnen bewandeld dienen te worden, waarbij dempingmateriaal wordt gecombineerd met een deklaag van 30 cm: (i) gericht op het vaststellen van indringing van verontreinigingen in de deklaag vanuit de demping (diffusie en/of

bioturbatie) en (ii) het vaststellen van risico's voor diepwortelende planten of bomen. Dit betreft onderzoek aan locaties uit Groep B.

***Onderdeel F. Effecten studies (uitgebreid pakket) dempingmateriaal gecombineerd met deklaag***

Bij het optreden van verontreinigingen in deklaag, of effecten op diepwortelende planten/bomen zullen in de desbetreffende dempingcategorieën effectenstudies uitgevoerd worden volgens een uitgebreid pakket. Hierin zijn onder meer de volgende aspecten opgenomen:

- bioassay regenworm/pissebed
- Maturity Index nematoden
- Biomassa en activiteit microflora
- bodemademhaling e.a. processen
- Biolog

### **2.2.3 Fase III Gebiedsgerichte evaluatie**

H. Gebiedsgerichte opschaling risicobeoordeling;

Stap H en voorgaande stappen zullen resulteren in

- Tussenrapportage en communicatie
- Eindrapportage en communicatie
- Opstellen monitoringsplan fase IV

***Onderdeel H: Gebiedsgerichte risicobeoordeling***

Weidevogels (reservaatgebieden) en amfibieën

- modellering voedselaanbod en bioaccumulatie
- gehalten in eidooier
- inventarisatie broedsucces
- inventarisatie larvale ontwikkeling amfibieën

### **2.2.4 Fase IV Monitoring en nazorg**

I. Monitoring (ism PIMM)

***Onderdeel H: Monitoring***

In afstemming met PIMM

- gehalten kritische stoffen in regenwormen of andere kritische organismen
- inventarisatie broedsucces weidevogels.

### 2.3 Activiteiten en kosten fasen II en III

Gedurende fase II van het VE zullen de verschillende onderzoeksinspanningen gericht zijn op het ontwikkelen van kennis waarmee enerzijds ecologische risico's van verontreinigingen geëvalueerd kunnen worden op verschillende integratieniveaus, maar waarop anderzijds ook beslissingen gebaseerd kunnen worden voor het vervolg van het onderzoek. Er zijn in deze fase verschillende beslismomenten waarop besloten kan worden dat verder onderzoek niet noodzakelijk is voor bepaalde categorieën dempingmateriaal: na de screening van het dempingmateriaal, na de uitvoering van het beperkt pakket toetsen in dempingmateriaal, en na het vaststellen van de eventuele effecten van bioturbatie en bewortelingsproef. Het VE wordt gestart op 8 dempingscategorieën (met vijf replica's per categorie), er wordt echter aangenomen dat er gedurende het onderzoek minimaal twee afvallen voor nader onderzoek (hierbij valt o.a. te denken aan bouw- en sloopafval en huishoudelijk afval). Het overzicht van de kosten zoals weergegeven in tabel 3 is daarom gebaseerd op de aanname dat na de screening van de dempingen twee categorieën dempingmateriaal afvallen, en dat de verdere onderzoeksinspanningen uitgevoerd dienen te worden aan 30 situaties (6 categorieën, 5 locaties).

Het VE is gericht op het verifiëren van de aannames dat op dempingen van groep A functievervulling wordt belemmerd door ecologische risico's, en dat een deklaag van 30 cm voldoende is om deze risico's te beperken. In het overzicht van de activiteiten is als stelpost vervolgonderzoek opgenomen, dat zich richt op de vraag wat de minimale deklaagdikte dient te zijn.

Tabel 3. Deelvragen, kosten (k€) en producten fase II van het Verificatieonderzoek Ecologie

Deelvraag	Onderzoeksvraag	Kosten	Tijdschema	Product	
Screening demping (8 categorieën) (dempingmateriaal)	EROD	p.m.	2000	Rapport risico's verdachte categorieën dempingmateriaal (voorjaar 2001)	
	Zware metalen (i.s.m. VL)		2000		
Beperkt pakket biotoetsen (dempingmateriaal)	Wormen assay tox.	p.m.	2000		
	Wormen assay bioaccum.	p.m.	2000		
	Biolog	p.m.	2000		
	Nitrificatie	p.m.	2000		
Vaststellen bioturbatie (dempingmateriaal en deklaag)	Vaststellen cont. patroon	p.m.	Mrt 2001		
	deklaag				
	Kolomproeven	p.m.	Juli 2001		
Beworteling assays (dempingmateriaal en deklaag)	Veldinventarisatie	p.m.	Juli 2001		Rapport bioturbatie- en Bewortelingsrisico's deklaagdikte 30 cm (medio 2001)
	Wilgen proef	p.m.	Juli 2001		
Uitgebreid pakket locatiespecifieke Biotoetsen (dempingmateriaal en deklaag)	Wormen assay tox.	p.m.	Okt 2001		
	Wormen assay bioaccum.	p.m.	Okt 2001		
	Biolog	p.m.	Okt 2001		
	Nitrificatie	p.m.	Okt 2001		
	Maturity index	p.m.	Okt 2001		
	Bodemademhaling	p.m.	Okt 2001		
	Microflora	p.m.	Okt 2001		
Communicatie en afstemming		p.m.	2000/2001	Rapport locatiespecifieke risico's deklaagdikte 30 cm (31-10-2001 Noodzakelijk voor opstellen criteria etc.	
	<b>totaal</b>	p.m.			

*Tabel 4. Doorkijk vervolgonderzoek en kosten (k€) in fase III van het VE.*

<b>Deelvraag</b>	<b>Kosten</b>	<b>Tijdschema</b>
Modellering effecten wormen --> grutto	p.m.	2001/2002
Metingen verontreiniging eieren of adulte grutto	p.m.	2001/2002
Inventarisatie broedsucces	p.m.	2002
Larvale ontwikkeling amfibien	p.m.	2002
<b>Totaal</b>	<b>p.m.</b>	





## Literatuur

Bal, D., H.M. Beije, Y.R. Hoogeveen, S.R.J. Jansen & P.J. van der Geest, 1995. Handboek natuurdoeltypen in Nederland. IKC Natuurbeheer rapport 11. Informatie en KennisCentrum Natuurbeheer, Ministerie Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.

Beckers, A., 1999. Krimpenerwaard: ontwikkeling van duurzame natuur en landbouw. In: D. van Dorp et al. (eds). Landschapsecologie. Natuur en landschap in verandering. Boom, Amsterdam: 332-350.

Bodembeheerplan Krimpenerwaard, 1998. Gebiedsgericht Bodembeheerplan Krimpenerwaard, 23 april 1998, 21 pp. + bijlagen.

Boels, D, A.J. Zweers, J.G. te Beest, P.F.A.M. Römken & J. Bril, 1999. Evaluatie actief bodembeheer Krimpenerwaard. Tussenrapportage fase 1 SC-DLO

Boels, D. & A.J. Zweers, 2000. Evaluatie actief bodembeheer Krimpenerwaard. Fase I, verkennend onderzoek landbouwkundige risico's. Alterra, Wageningen, Alterra-rapport 145. 57 pp.

Bongers, T., 1990. The Maturity Index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia* 83: 14-19.

Bosveld, A.T.C. & A. van Kleunen, 1998. Biomarkers als graadmeters voor actuele ecologische risico's. IBN-rapport 288. IBN-DLO, Wageningen.

Bosveld, A.T.C. & M. van den Berg, 1994. Biomarkers and bioassays as alternative screening methods for the presence and effects of PCDD, PCDF and PCB. *Fresenius J Anal Chem* 348: 106-110.

Buro Bakker, 1995. De vegetatie van de relatienotagebieden Krimpenerwaard. LBL publ. nr. 79.

Chapman, P.M., 1986. Sediment quality criteria from the sediment quality triad: An example. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 3, pp. 957-964.

Den Held, J.J., 1990. Ecologische structuur Krimpenerwaard. Med. Landinrichtingsdienst 196.

Dorland, C., 1990. Micro-verontreinigingen in de ecologische hoofdstructuur in Zuid-Holland. Studentenverslag CML, Leiden.

Dorland, C., 1990. Micro-verontreinigingen in de ecologische hoofdstructuur in Zuid-Holland. Studentenverslag CML, Leiden.

- Faber, J.H., 1995. Bescherming van organische bodems. Technische commissie bodembescherming, Rapport nr. TCB/R05 (1995), Den Haag.
- Guchte, C. van de, H. Eijsackers & P.J. den Besten, 1996. Ecotoxicologische risicobeoordeling van verontreinigde (water)bodems: hoe verder? Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek rapport 2, Wageningen.
- Häni, H., 1989. Die Richtwerte für Schwermetalle und Fluor in der Schweizerischen Verordnung über Schadstoffe im Boden. In: D. Behrens & J. Wiesner (eds.), Beurteilung von Schwermetallkontamination im Boden, p. 97-119. Dechema-Fachgespräche Umweltschutz, Frankfurt am Main.
- Heidemij, 1985. Vegetatiekartering Krimpenerwaard, ten behoeve van het landinrichtingsproject.
- Hollander, H. & F. van der Vliet, 1995. Weidevogelinventarisatie Krimpenerwaard. Uitgangssituatie 1995. LB&P 50249
- Korthals, G.W., 1997. Pollutant-induced changes in terrestrial nematode communities. Proefschrift LUW, Wageningen.
- Landinrichtingscommissie Krimpenerwaard, 1998. Ontwerpplan herinrichting Krimpenerwaard. Voorburg.
- Landinrichtingscommissie Krimpenerwaard, 1999. Ontwerp deelplan nr 1 herinrichting Krimpenerwaard. Voorburg.
- Lijzen, J.P.A., G.R.B. ter Meulen & W. de Vries, 1997. Opzet voor een Leidraad Bodembeoordeling bij natuurontwikkeling. RIVM rapport nr. 711501003, Bilthoven.
- Ma, W.C. & A. van Kleunen, 1997. Expert-oordeel actuele ecologische risico's van bodemverontreiniging in de Krimpenerwaard. Intern rapport IBN-DLO, Wageningen.
- Maas, J.L., C. van de Guchte & F.C.M. Kerkum, 1993. Methodebeschrijvingen voor de beoordeling van verontreinigde waterbodems volgens de Triade benadering. Methodebeschrijvingen voor enkele bioassays, bioaccumulatiemetingen en veldstudies. RIZA nota nr. 93.027.
- Moonen, M.F., 1996. Geen grond voor groen? Bodembeoordeling: de potentie van een (verontreinigde) bodem voor natuurontwikkeling. TAUW Milieu rapport nr R2410122/Verslagen Milieukunde nr. 125, Katholieke Universiteit Nijmegen.
- Mostert, K., 1989. Kartering en beschrijving van kleine landschapselementen in de Krimpenerwaard in 1987. Consulentschap NMF, 's-Gravenhage.

- Muijs, B., M.F.X. Veul, B. Hendriks, C.A.M. van Gestel, W-C. Ma & J. Bloem, 2000. Haalbaarheidsonderzoek databank ecotesten als basis voor ecologische risicobeoordeling. Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek rapport 27, Wageningen.
- Munckhof, G.P.M. van den, M.F.X. Veul, C.A.M. van Gestel & J. Bloem,. 1998. Bodemkwaliteitsparameters- stimulering gebruik ecotesten. Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek rapport 14, Wageningen.
- Murk A.J., P.E.G. Leonards, A.S. Bulder, A.S. Jonas, M.J.C. Rozemeijer, M.S. Deniso, J.H. Koeman & A. Brouwer, 1997. The CALUX chemical-activated luciferase expression assay adapted and validated for measuring TCDD equivalents in blood plasma. *Environ Toxicol Chem* 168: 1583-1589.
- Natuurbeschermingsraad, Natuurwetenschappelijke commissie, 1986. Herinrichting Krimpenerwaard. Advies natuur, landschap en cultuurhistorie. Utrecht
- Projectplan S.K.B., 1999. Verificatie van de risico's van bodemverontreinigingen in de Krimpenerwaard.
- Raytheon, 1997. Rapportage data-analyses versie 2. 14 november 1997.
- Roeloffzen, A.B. & J.H.A. Driessen, 1989. Integraal milieubeleid door toepassing van het leeflaagprincipe bij bodemsanering. *Milieu* 4: 30-33.
- Rutgers M, J. Faber, J. Postma & H. Eijsackers, 1998. Locatiespecifieke ecologische risico's: Een basisbenadering voor functiegerichte beoordeling van bodemverontreiniging. Rapporten Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek nr. 16, Wageningen.
- Safe, S., 1990. Polychlorinated biphenyls PCB's, dibenzo-p-dioxins PCDD's, dibenzofurans PCDF's, and related compounds: environmental and mechanistic considerations which support the development of toxic equivalency factors TEFs. *Crit Rev Toxicol* 211: 51-88.
- Safe, S., et al., 1989. Development and validation of in vitro induction assays for toxic halogenated aromatic mixtures: a review. *Toxicol industrial Health* 5: 757-775.
- Schaminee, J. & A. Jansen (red.), 1998. Wegen naar natuurdoeltypen. Ontwikkelingsreeksen en hun indicatoren voor herstelbeheer en natuurontwikkeling (sporen A en B) Rapport IKC-Natuurbeheer 26, Wageningen.
- Schouten, A.J., L. Brussaard, P.C. de Rooter, H. Sipel & N.M. van Straalen, 1997. Een indicatorsysteem voor life support functies van de bodem in relatie tot biodiversiteit. RIVM rapport 712910005, Bilthoven.

STOWA/RIZA, 1997. Ecotoxicologische risicobeoordeling van verontreinigde waterbodems. STOWA/RIZA Thema 17: risicoanalyse waterbodems. Rapportnr. 97.42

Tuinstra, J., S.W. Moolenaar & A.J.H. Prenger, 2000. Vooronderzoek Krimpenerwaard. Rapport IWACO proj.nr. 1956a0.

VROM, 1994. Circulaire interventiewaarden bodemsanering. SDU, Den Haag.

Waarde, J.J. van der, J. Brils & J.G.M. Derksen, 1998. Effectiviteit van bioassays bij het monitoren en beoordelen van het milieurendement van in-siturerstauratie : fase 1, deelresultaat 1: inventarisatie en selectie van bioassays en extractiemethoden voor grond verontreinigd met minerale olie. NOBIS rapport 96-1-13, Gouda.

Wegener, J.W.M., I.C.B. Burgers, A. van der Horst, C.P. Swart & R.G. Mes, 1999a. Zware metalen in wormen, mollen en muizen. IVM R99-06, Amsterdam.

Wegener, J.W.M., G.J. Stroomberg, A. van der Horst, K.A. Oudhof & C.P. Swart, 1999b. Bestrijdingsmiddelen in wormen, mollen en muizen. IVM R99-11, Amsterdam.

Wegener, J.W.M., P. Overweg, M.J.M. van Schaick, B. van Hattum, H. Aiking & C.A.J. Appelo, 1989. Project integratie milieumetingen –1988. Moss bags, mollen en waterpissebedden als monitors in het Zuidhollandse oostelijk veenweidegebied. IVM R89/08, Amsterdam.

## **Aanhangsel 1 Ecologische randvoorwaarden van bodemgebruik**

Het Verificatieonderzoek Ecologie volgt de basisbenadering van een functiegerichte risicobeoordeling (Rutgers et al. 1998). In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van deze doelstellingen en een uitwerking van de ecologische randvoorwaarden die er aan verbonden zijn.

In de Krimpenerwaard zijn naast bewoning gebieden aangewezen met de bestemming landbouw, natuur of recreatie deels te realiseren na herinrichting (Landinrichtingscommissie Krimpenerwaard, 1998). Om tot een efficiëntere landbouwkundige bedrijfsvoering te komen in de gebieden met bestemming landbouw is een verkaveling van gronden gepland en zal lokale peilverlaging worden doorgevoerd (Landinrichtingscommissie Krimpenerwaard, 1998, Beckers, 1999). Naast de agrarische gebieden zullen beheersgebieden, reservaatgebieden en natuurontwikkelingsgebieden aangewezen worden. Ook hier wordt gestreefd naar grotere gebiedseenheden, in totaal ongeveer 2480 ha natuurontwikkeling en reservaatgebied (Landinrichtingscommissie Krimpenerwaard, 1998). Daarnaast is ongeveer 1500 ha beheersgebied gepland. In het gebied zullen tevens recreatieve voorzieningen worden uitgebreid. Dit zijn meistens routegebonden voorzieningen zoals fietspaden, wandelpaden en kanoroutes, maar ook rust- en picknickplaatsen en visstekken. Veelal gaan de routes over bestaande kaden of tiendwegen. In enkele gevallen worden voor nieuwe paden tracés over bestaande agrarische percelen worden aangelegd (mondelijke mededeling dhr. Stolk, Provincie Zuid-Holland). Daarnaast heeft het Natuur- en Recreatieschap Krimpenerwaard een tweetal recreatiegebieden in beheer, de 'Krimpenerhout' in het westen en het 'Loetbos' langs de provinciale weg aan de noordzijde. Het zijn gebieden met graspercelen, beplantingen, open water, fiets- en wandelpaden.

Het inrichtingsplan zal resulteren in deelgebieden met een strikt landbouwkundige functie, met landbouwkundige functie en natuur als nevenfunctie, en in gebieden gericht op natuurontwikkeling. Binnen het plangebied zal een netwerk van recreatieve voorzieningen ontwikkeld zijn. In het Verificatieonderzoek Ecologie (VE) zullen de bestemmingen met agrarisch landgebruik, beheersgebied, reservaatgebied, natuurontwikkelingsgebied en recreatie in beoordeling worden genomen. Andere bestemmingen worden niet beoordeeld. De verschillende bestemmingsfuncties vereisen specifieke inrichtingsdoelen. In de volgende paragrafen zal hier verder op ingegaan worden voor wat betreft inrichtingdoelen met ecologische aspecten.

### **Landbouw**

Gebieden aangewezen voor landbouwkundige ontwikkeling zullen zodanig ingericht worden dat de bedrijfsvoering zo efficiënt mogelijk kan. Hierbij zijn nevenfuncties als natuurontwikkeling van ondergeschikt belang. Inrichtingsdoelen zullen daarbij inhouden: goede verkaveling van de gronden, waarborging kwaliteit van de weidegebieden door middel van een doelmatig waterbeheerssysteem, en een

doelmatige en veilige ontsluiting van het gebied (Landinrichtingscommissie Krimpenerwaard, 1998). In het Bodembeheerplan Krimpenerwaard zijn voor de functie landbouw fysieke en milieuhygiënische randvoorwaarden gesteld wat betreft de bodemkwaliteit (tabel 5).

Tabel 5. Randvoorwaarden aan bodemkwaliteit voor de functie landbouw (Bodembeheerplan Krimpenerwaard)

Randvoorraden	Bodemkwaliteitseisen
Geen fysieke belemmeringen	Deklaag 30 cm
Gewas geschikt voor veevoer	Veevoedernormen (LAC-waarden)
Grasland geschikt voor beweiding	RIKILT-methodiek
Slootwater geschikt voor drenking en beregening	Grenswaarden oppervlaktewater
Geen humane risico's	MTR-waarden wonen met moestuin
Geen nadelige beïnvloeding grondwater	Behouden huidige kwaliteit, streefwaarden drinkwater

Ecologische aspecten van de inrichtingsdoelen omvatten onder meer de ontwatering van het grasland, de primaire productie van het grasland, nutriëntenuitspoeling, bodemvormende organismen en -processen in het grasland, en stofkringlopen. Momenteel worden graslandpercelen iedere 10 jaar bekalkt met 2 ton TotaKal/ha om de zuurgraad tussen de pH 4.8 en pH 5.2 te houden (mondelijke mededeling van dhr. Verheul, proefboerderij Zegveld).

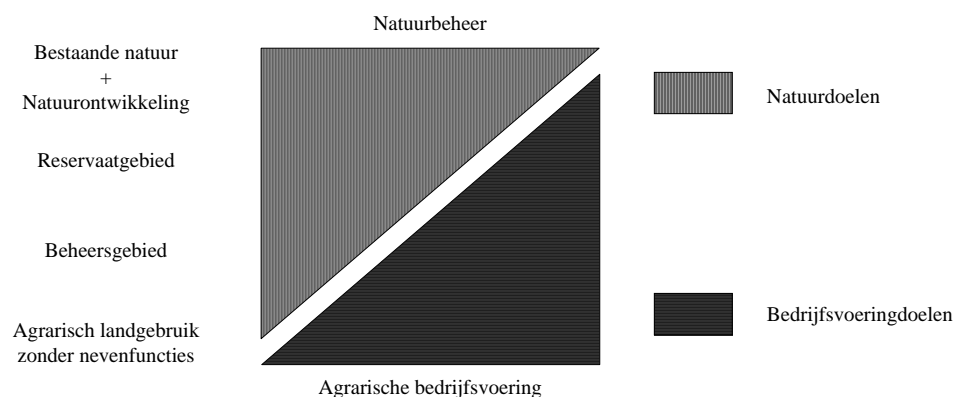
### Natuurontwikkeling, reservaatgebieden en beheersgebieden

Binnen het plangebied is ongeveer 50 ha aangewezen als natuurontwikkelingsgebied (Landinrichtingscommissie Krimpenerwaard, 1999). Daarnaast is ongeveer 200 ha aangewezen als reservaatgebied en ongeveer eenzelfde oppervlakte als beheersgebied. Binnen deze bestemmingen zullen natuurwaarden tot ontwikkeling dienen te komen, waarbij de intensiteit zal verschillen in de verschillende typen gebieden. In het natuurontwikkelingsgebied is natuur de hoofdfunctie zonder enige nevenfunctie. Voor de functie natuur zijn in het bodembeheerplan randvoorwaarden opgesteld aangaande fysieke en milieuhygiënische aspecten van de bodemkwaliteit (tabel 6).

Tabel 6. Randvoorwaarden aan bodemkwaliteit voor de functie natuur (Bodembeheerplan Krimpenerwaard)

Randvoorraden	Bodemkwaliteitseisen
Geen fysieke belemmeringen	Deklaag 30 cm
Zie landbouw bij bestemming grasland	Zie bestemming grasland
Geen nadelige effecten voor bodemfauna	HC50-waarden
Geen nadelige effecten waterorganismen	Grenswaarden oppervlaktewater
Geen nadelige beïnvloeding grondwater	Behouden huidige kwaliteit, streefwaarden drinkwater

In het reservaatgebied is landbouw een nevenfunctie naast natuurontwikkeling, terwijl in de beheersgebied landbouw de hoofdfunctie is met natuurontwikkeling als nevenfunctie. De te bereiken inrichtingsdoelen zullen daarom variëren tussen de verschillende bestemmingen (zie fig. 5).



*Figuur 5. Toenemend belang van natuurdoelen binnen een range van beheersvormen van puur agrarische bedrijfsvoering tot natuurbeheer*

In beheersgebieden zal de nadruk liggen op agrarische bedrijfsvoering doelen (fig. 5). Daarnaast zal tevens aandacht besteed worden aan ontwikkeling van natuurlijke elementen, waarbij sterk de aandacht uitgaat naar weidevogels, waaronder grutto's. Het belang van beheersgebieden voor weidevogels wordt geïllustreerd door het feit dat de polder ten zuiden van Reevliet, bestemd als beheersgebied, als belangrijk wordt beschouwd voor weidevogels (Natuurbeschermingsraad, 1986). Het te bereiken inrichtingsdoel is daarbij multifunctioneel en kan beschreven worden door natuurdoeltype Grasland (lv-4.2) (vlg. Bal et al., 1995). In volgende paragrafen zal een beknopte beschrijving volgen van dit natuurdoeltype.

Verspreid over de reservaatgebieden worden delen van percelen, randen en soms hele percelen in een mozaïekpatroon geplagd (mondelinge mededeling dhr Terlouw, Zuidhollands Landschap). Hiermee kan de ecologische samenhang in het gebied worden vergroot en wordt eventuele migratie van soorten vergemakkelijkt. Door selectief plaggen is het mogelijk om verschillen in hydrologische situaties te creëren binnen een gebied, waarbij het peilbeheer van het grondwater niet hoeft worden aangepast. Door het beoogde mozaïekpatroon van verschillende beheerstypen is het niet mogelijk een eenduidig natuurdoeltype aan te wijzen dat bereikt dient te worden in de plannen. Het zal een combinatie worden van grasland (lv-4.2) en bloemrijk grasland (lv-3.4) (Bal et al., 1995).

Binnen het natuurontwikkelingsgebied zullen verscheidende natuurdoeltypen nagestreefd worden, met nadruk op moerasachtige structuren (bij monde van dhr. Terlouw, Zuidhollands Landschap). In potentie kunnen verschillende natuurtypen tot ontwikkeling komen zoals moerasbos en verlandingsveen (Held, 1990). Hierin vallen de volgende natuurdoeltypen volgens Bal et al. (1995): open water (lv-3.1), rietland en ruigte (lv-3.3), nat schraalgrasland (lv3-4), bloemrijk grasland (lv-3.5), veenheide (lv-3.6), en bosgemeenschappen van voedselrijk (laag)veen (lv-3.9). Van al deze te bereiken natuurdoeltypen wordt in het onderstaande een beknopte beschrijving gegeven met aanduiding van de ecologische randvoorwaarden voor realisatie. Het VE is gericht op een gebiedsgerichte evaluatie van ecologische risico's, en dan met name op een verificatie van de toereikendheid van de dikte van afdekkingen. Dit betreft alleen terrestrische ecosystemen, en worden (semi-)

aquatische systemen verder niet betrokken in het onderstaand overzicht van de te bereiken natuurdoeltypen. De relatie met verspreiding naar oppervlaktewater (i.e. horizontale verspreiding) zal binnen het Verificatieonderzoek Verspreiding worden uitgewerkt.

## Recreatie

De planning voor recreatieve voorzieningen is vooral gericht op wandelen, fietsen, kanoën en sportvissen (Landinrichtingscommissie Krimpenerwaard, 1999). Het grootste deel van de voorzieningen is gepland op reeds al bestaande situaties. Een deel wordt echter ontwikkeld op voormalige weidegebieden (mondelinge mededeling dhr Stolk, Provincie Zuid-Holland), waar mogelijk slootdempingen aanwezig zijn. In het Bodembeheerplan Krimpenerwaard zijn voor de functie recreatie fysieke en milieuhygiënische randvoorwaarden gesteld wat betreft de bodemkwaliteit (tabel 7).

Tabel 7. Randvoorwaarden aan bodemkwaliteit voor de functie recreatie (Bodembeheerplan Krimpenerwaard)

Randvoorwaarden	Bodemkwaliteitseisen
Geen fysieke belemmeringen	Deklaag 30 cm
Geen humane risico's	MTR-waarden recreatie
Geen humaan contact met verontreinigd (zwem)water	Streef- of achtergrondwaarden
Geen humaan contact met verontreinigd (recreatie)water	Grenswaarden oppervlaktewater
Geen nadelige beïnvloeding grondwater	Behouden huidige kwaliteit, streefwaarden drinkwater

Volgend uit het besluit van 1 maart 2000 door de begeleidingsgroep om het VE terrestrisch te oriënteren, zullen in het kader van dit onderzoek ecologische randvoorwaarden voor kanoën en sportvisserij niet worden meegenomen.

Inrichtingsdoelen voor wandel- en fietsrecreatie zullen vooral gericht zijn op het kunnen genieten van de omgeving. Ecologische aspecten van inrichtingsdoelen ten behoeve van recreatie zijn vooral dat het landschap en natuur tot ontwikkeling kan komen, dat op rust- en picknickplaatsen geplande begroeiing, zoals gras, struiken en bomen tot functionele ontwikkeling kunnen komen en dat er geen humane risico's zijn van eventuele verontreinigingen van dempingen. In het kader van het Verificatie Onderzoek is alleen het aspect van de begroeiing op rust- en picknickplaatsen van belang. Ontwikkeling van landschap en natuur komt in §3.1.2 aan de orde, terwijl humane risico's buiten de draagwijdte van het VE vallen.

## Inrichtingsdoelen Krimpenerwaard

In het onderstaande zullen de verschillende inrichtingsdoelen besproken worden die in min of meerdere mate nagestreefd worden in de Krimpenerwaard. Voor het agrarisch gebruik is de inrichting ontleend aan Beckers, 1999. De na te streven inrichtingsdoelen voor beheers-, reservats- en natuurontwikkelingsgebieden zijn ontleend aan Bal et al., 1995.



### ***Landbouwkundig landgebruik***

De verkaveling van de Krimpenerwaard zal, voor verbetering van het agrarisch gebruik, inhouden dat bedrijven verplaatst zullen gaan worden, binnen maar ook buiten het gebied. Hierdoor zullen grotere kaveleenheden ontstaan, ter verbetering van de bedrijfsvoering. De bedrijfsvoering is melkveehouderij op veen, wat inhoudt dat ter plaatse grasland gepland is dat regelmatig zal worden bewerkt (gescheurd, ingezaaid en bemest (grootteorde 200 kg N/hectare)). Ter verbetering van de huidige draagkracht en de werkbaarheid van de kavels zal ongeveer 50% van het agrarisch oppervlak dieper ontwaterd gaan worden dan nu het geval is. De andere 50% zal niet dieper ontwaterd worden dan nu het geval is.

### ***Beheers-, reservats- en natuurontwikkelingsgebied***

Binnen beheers-, reservats-, en natuurontwikkelingsgebieden zullen verschillende inrichtingsdoelen nagestreefd worden. In beheersgebieden zullen daarbij agrarische aspecten de boventoon voeren, in natuurontwikkelingsgebieden natuurlijke aspecten (fig. 5). Bij de inrichting van deze gebieden zullen de volgende natuurdoeltypen worden nagestreefd.

#### ***Grasland (lv-4.2)***

Dit betreft relatief voedselrijke (beheers)graslanden met ruige randen. Dit soort graslanden zijn met name van belang voor weidevogels. Het beheer is extensief met een relatieve lage mestgift en lage dichtheden aan vee.

##### Doelsoorten:

Hogere planten: blauw walstro, stinkende kamille, valse kamille

Zoogdieren: franjestaart, noordse woelmuis, waterspitsmuis.

Vogels: blauwe kiekendief, grauwe gans, grauwe kiekendief, grutto, kemphaan, kerkuil, kluut, kwartelkoning, noordse stern, oeverzwaluw, ooievaar, paapje, patrijs, purperreiger, roodborsttapuit, slobbeend, steenuil, torenvalk, tureluur, velduil, visdief, watersnip, zomertaling, zwarte stern.

De meeste doelsoorten gebruiken dit natuurdoeltype als foerageergebied (Bal et al., 1995). Voor het vóórkomen en functioneren van gewenste doelsoorten is het o.m. noodzakelijk dat voldoende voedsel van voldoende kwaliteit aanwezig is. Van de vogelsoorten die het natuurdoeltype als foerageergebied gebruiken is een deel roofvogel en een belangrijk deel weidevogel. Vooral voor weidevogels is het natuurdoeltype van groot belang.

#### ***Bloemrijk grasland (lv. 3.5)***

Glanshaverhooilanden en bloemrijke kamgraslanden. Deze zijn wat voedselrijker en minder vochtig dan natte schraalgraslanden. Belangrijk voor weidevogels als grutto en kemphaan. Floristische waarde niet bijster groot.

##### Doelsoorten:

Hogere planten: bevertjes, bitter barbarakruid, kamgras, klein bronkruid, schraal-landpaardebloem.

Zoogdieren: franjestaart, noordse woelmuis.

Vogels: blauwe kiekendief, grauwe kiekendief, grutto, kemphaan, kerkuil, kwartelkoning, noordse stern, oeverzwaluw, ooievaar, paapje, patrijs, roodborsttapuit, steenuil, torenvalk, tureluur, velduil, zwarte stern.

Reptiel: ringslang  
Amfibieën: rugstreeppad  
Dagvlinders: bruine vuurvliinder

De meeste doelsoorten gebruiken dit type als foerageergebied, een enkele soort ook als voortplantingsgebied. Voor het vóórkomen en functioneren van gewenste doelsoorten is het o.m. noodzakelijk dat voldoende voedsel van voldoende kwaliteit aanwezig is.

Van de vogelsoorten die het natuurdoeltype als foerageergebied gebruiken is een deel roofvogel en een belangrijk deel weidevogel. Vooral voor weidevogels is het natuurdoeltype van groot belang.

### ***Nat schraalgrasland (lv-3.4)***

Dit type omvat trilvenen, blauwgraslanden en andere hooilanden, met toevoer van grond- of oppervlakte water van goede kwaliteit. De soortenrijkdom van hogere planten kan zeer hoog zijn, maar dit type is ook van groot belang voor bijzondere vlindersoorten. Onder dit type vallen tevens de betere weidevogelgraslanden voor kempiaan en watersnip.

#### Doelsoorten:

Hogere planten: blonde zegge, brede orchis, dwergzegge, geelhartje, gewone vleugeltjesbloem, groenknolorchis, harlekijn, melkviooltje, moeras-kartelblad, moeraspaardebloem, moeraswespenorchis, noordse zegge, parnassia, plat blaasjeskruid, sierlijke vetmuur, slank wollegras, spaanse ruit, tandjesgras, trosdravik, veenmosorchis, veenreukgras, vleeskleurige orchis, vlozegge, welriekende machtorchis, wilde kievitsbloem

Zoogdieren: franjestaart, noordse woelmuis, otter, waterspitsmuis

Vogels: blauwe kiekendief, grauwe gans, grauwe kiekendief, grutto, kempiaan, kluut, kwak, kwartelkoning, noordse stern, oeverzwaluw, ooievaar, paapje, patrijs, pijlstaart, porseleinhoen, purperreiger, slobbeend, steenuil, torenvalk, tureluur, velduil, visdief, watersnip, zomertaling, zwarte stern.

Reptielen: ringslang

Amfibieën: rugstreeppad

Dagvlinders: aardbeivliinder, bruine vuurvliinder, grote parelmoervliinder, grote vuurvliinder, moerasparelmoervliinder, rode vuurvliinder, zilveren maan

Libellen: groene glazenmaker

De meeste doelsoorten gebruiken dit type als foerageergebied, een enkele soort ook als voortplantingsgebied. Voor het vóórkomen en functioneren van gewenste doelsoorten is het o.m. noodzakelijk dat voldoende voedsel van voldoende kwaliteit aanwezig is.

Van de vogelsoorten die het natuurdoeltype als foerageergebied gebruiken is een deel roofvogel en een belangrijk deel weidevogel.

### ***Veenheide (lv-3.6)***

Gemeenschap van dwergstruiken die groeien onder voedselarme omstandigheden en volledig door regenwater gevoed. Kan zich ontwikkelen tot een hoogveen-gemeenschap.

#### Doelsoorten:

Hogere planten: eenarig wollegras, gewone dopheide, heidekartelblad, lange zonedauw

Zoogdieren: franjestaart, waterspitsmuis

Vogels: blauwborst, blauwe kiekendief, grauwe kiekendief, grutto, kemphaan, kerkuil, oeverzwaluw, paapje, patrijs, porseleinhoen, slobeend, steenuil, torenvalk, tureluur, velduil, watersnip, zomertaling, zwarte stern.

Amfibieën: rugstreepad

Dagvlinders: aardbeivlinder, bruine vuurvlinder, veenhooibeestje

De meeste doelsoorten gebruiken dit type als foerageergebied, een enkele soort ook als voortplantingsgebied. Voor het vóórkomen en functioneren van gewenste doelsoorten is het o.m. noodzakelijk dat voldoende voedsel van voldoende kwaliteit aanwezig is.

Van de vogelsoorten die het natuurdoeltype als foerageergebied gebruiken is een deel roofvogel en een belangrijk deel weidevogel.

### ***Struweel (lv-3.7)***

Struwelen maken onderdeel uit van de verlandingsreeks in laagveengebieden. De waarde is vooral gelegen in broedmogelijkheden voor reigerachtigen, zangvogels en kiekendieven.

#### Doelsoorten:

Zoogdieren: franjestaart, noords woelmuis, waterspitsmuis

Vogels: blauwborst, blauwe kiekendief, grauwe gans, grauwe kiekendief, kerkuil, kwak, lepelaar, paapje, patrijs, purperreiger, roodborsttapuit, steenuil, torenvalk, tureluur, velduil, wiewaal, woudaapje.

Reptielen: ringslang

Amfibieën: rugstreepad

Libellen: bruine korenbout, glassnijder

Meeste soorten gebruiken dit type vooral voor voortplanting en minder als foerageergebied. Alleen franjestaart, blauwborst, dodaars en wiewaal foerageren hier. Blauwborst en wiewaal zijn beide insectenetters, waarbij blauwborst op de bodem voedsel zoekt (naast insecten tevens regenwormen) en de wiewaal insecten uit de bomen vangt.

### ***Bosgemeenschap van voedselrijk veen (lv-3.9)***

Dit bostype komt voor op vrij voedselrijke plaatsen als climaxvegetatie van de verlandingsreeks in laagveenmoerassen. In gebieden met contact met oppervlakte- of grondwater zullen zich elzenbossen ontwikkelen, op drogere kleiiger of zandiger plaatsen essenbossen. In de Krimpenerwaard zullen met name elzenbroeken worden ontwikkeld. Dit type is van belang voor broedvogels. Het voorkomen is een indicatie voor bosvorming op organisch materiaal voorgaande successiestadia.

Doelsoorten:

Zoogdieren: franjestaart, noordse woelmuis, waterspitsmuis

Vogels: blauwborst, dodaars, grauwe gans, kwak, purperreiger, steenuil, torenvalk, wielewaal

De meeste soorten gebruiken dit type vooral voor voortplanting en minder als foerageergebied, alleen franjestaart, blauwborst dodaars en wielewaal foerageren hier. Blauwborst en wielewaal zijn beide insecteneters, waarbij blauwborst op de bodem voedsel zoekt (naast insecten tevens regenwormen!) en de wielewaal insecten in de bomen vangt.

Recreatie

De inrichting van de recreatieve voorzieningen zal gericht zijn op fietsen, wandelen en eventueel vissen en kanoën. Fiets- en wandelpaden worden meestens aangelegd op al aanwezige paden en tiendwegen, waarbij dempingen niet aan de orde zijn. In aanvulling zullen picknick- en rustplaatsen aangelegd gaan worden met groenvoorzieningen en lig- of speelweiden. De inrichtingsdoeltypen samenhangend met kanoën en vissen zijn gelegen in het aquatisch ecosysteem, en vallen derhalve buiten het kader van het Verificatieonderzoek Ecologie.

## Aanhangsel 2 Gebruiksgerichte randvoorwaarden en risico-beoordeling

Met betrekking tot de kwetsbaarheid (hier: toxicologische gevoeligheid) van natuurdoelen op soortniveau (doelsoorten) is onvoldoende directe ecotoxicologische kennis beschikbaar. Van de specifieke doelsoorten voor de verschillende natuurdoeltypen zijn nagenoeg geen ecotoxicologische gegevens bekend omtrent de gevoeligheid voor verontreiniging. De bruikbaarheid van de natuurdoeltypen-systematiek voor een directe bepaling van ecotoxicologische risico's lijkt hier daarom beperkt.

De ecotoxicologische beoordeling van de gevoeligheid van natuurdoelen kan in principe ook door middel van extrapolatie *benaderd* worden uit de gevoeligheid van verwante 'laboratoriumdieren' (Verboom et al., 1995, Posthuma et al., 1995). Indien mogelijk kan autecologische (veld)kennis van de doelsoorten worden geïnterpreteerd in termen van kwetsbaarheid voor de verontreinigingen. Behalve bij soorten aan de top van voedselketens kunnen effecten ook optreden bij organismen aan de basis, bijvoorbeeld in het decompositie-subsysteem van het ecosysteem (als onderscheid met het primaire producenten-subsysteem). Effecten van verontreinigingen via bioconcentratie (bijvoorbeeld opname door de huid) zijn aantoonbaar bij regenwormen, en via biomagnificatie (opname via voedsel) bij pissebedden. Over deze diergroepen is veel ecotoxicologische informatie beschikbaar. Onder dergelijke diergroepen bevinden zich echter geen doelsoorten. De vaststelling van eventuele effecten op de groei, reproductie of overleving van deze dieren in bioassays kan daarom niet *direct* worden vertaald in actuele risico's voor de natuurdoelstellingen.

Er bestaat in dit licht daarmee dus een discrepantie tussen de benodigde kennis aangaande ecotoxicologische effecten op natuurdoeltypen, met daarvan afgeleide specifieke doelsoorten enerzijds, en het noodzakelijk gebruik maken van modelsoorten anderzijds. In het VE is echter kennis nodig aangaande natuurdoeltypen, en de hierboven gesignaleerde discrepantie zou verminderd kunnen worden door modelsoorten te kiezen die in de beoogde natuurdoeltypen voorkomen (maar niet noodzakelijkerwijs doelsoort zijn) en onderdeel uitmaken van het aanwezige of geplande ecosysteem. Extrapolatie van effecten op modelsoorten naar doelsoorten en natuurdoeltype wordt vervolgens modelmatig uitgevoerd. Met zo een functiegerichte invulling van het gebruik van modelsoorten is het mogelijk om, zonder aan zeldzame doelsoorten te experimenteren, toch een indicatie te krijgen van ecologische risico's van verontreinigingen, specifiek voor de verschillende functies. Onderstaand wordt een benadering beschreven met betrekking tot de Krimpenerwaard, alvorens te komen tot een uitwerking van ecologische aspecten en parameters.

### De procesbenadering

Het Handboek Natuurdoeltypen (Bal et al., 1995) geeft aan dat natuurdoeltypen niet alleen gekarakteriseerd worden door het voorkomen van een reeks doelsoorten. Natuurdoeltypen moeten ook gedefinieerd kunnen worden in termen van processen.

In de inleidende hoofdstukken van het Handboek wordt sterk de nadruk gelegd op abiotische, veelal landschapsvormende processen (erosie, sedimentatie, kwel, vuur). Maar ook begrazing wordt als proces genoemd. In de uitwerking per natuurdoeltype worden 'procesparameters' (indicatoren voor deze processen) genoemd. Bij het natuurdoeltype Bosgemeenschappen van voedselrijk laagveen(lv-3.9) wordt als procesparameters o.a. genoemd: 'indicatie bosbodenvorming op organisch materiaal van voorgaande successiestadia (Bal et al., 1995: p.175). Dit impliceert dat onverstoorde stofkringlopen van eminent belang zijn voor het kunnen ontwikkelen van dit soort natuurdoeltypen.

De procesbenadering is inmiddels verder uitgewerkt (Schaminee en Jansen, 1998), waarbij trajecten op basis van beheer worden aangegeven en diverse soorten worden genoemd als procesindicator. De discrepantie tussen natuurdoelen en binnen de ecotoxicologie meer vertrouwde soorten en parameters is hiermee weinig verminderd. Het is echter mogelijk processen te definiëren in meer bodembiologische termen, bijvoorbeeld: primaire productie, strooiselafbraak (zie bijvoorbeeld bij natuurdoeltype lv-3.9), bodemademhaling, activiteit van bodemenzymen, mineralisatie van organische stof, of gevoelige soorten in het voedselweb in de bodem. In dit rijtje zijn met name decompositie van organische stof en nitrificatie gevoelige processen.

### **De sleutelsoortenbenadering**

Er is momenteel een toenemende inspanning om natuurdoeltypen niet alleen te karakteriseren in termen van doelsoorten en processen, maar ook in termen van 'sleutelsoorten'. Zulke soorten zijn geen doelsoorten, maar wel karakteristiek voor een natuurdoeltype, een ontwikkelingsstadium van een natuurdoeltype, of voor een groep van natuurdoeltypen. Zulke soorten worden soms ook wel 'procesparameters' genoemd, in de zin van soorten die indicatief zijn voor een bepaalde ontwikkelingsrichting (Bal et al., 1995, Schaminee en Jansen, 1998). Ecotoxicologische risicobeoordeling op basis van sleutelsoorten biedt voordelen ten opzichte van die op basis van doelsoorten. Sleutelsoorten kunnen in enkele categorieën worden samengenomen, waardoor er minder gegevens nodig zijn, waarbij in een aantal gevallen specifieke ecotoxicologische expertise beschikbaar is. Daarnaast kunnen sleutelsoorten gebruikt worden voor biomonitoring vanaf vroege stadia in de ontwikkeling van een natuurdoeltype, zodat een betere mogelijkheid tot bijsturen in de beheersvoering bestaat. Een eerste stap op dit spoor is het identificeren van sleutelsoorten per (groep van) natuurdoeltypen; hiervoor kan worden aangesloten bij de 'procesparameter' benadering uit Schaminee en Jansen (1998). De actuele blootstelling van de sleutelsoorten kan het beste gerelateerd worden aan eenvoudig te meten biomarkers of interne gehalten. Op termijn zal onderzoek ook een relatie moeten leggen tussen de biomarker-respons (blootstelling) en effecten op de traditionele toxicologische eindparameters groei, reproductie en overleving. Modelmatig kan er een relatie worden gelegd met soorten die zich hoger in voedselketens bevinden, op basis van effecten via doorvergiftiging of voedselaanbod (Klok et al., 1998).

### **Ecologische randvoorwaarden en parameterkeuze**

Teneinde zicht te krijgen op eventuele ecologische risico's van slootdempingen en afdeklaag voor het realiseren van de natuurdoelstellingen in de Krimpenerwaard, kan vooralsnog (op korte termijn) het beste worden uitgegaan van beschikbare maar minder toegesneden ecotoxicologische onderzoekstechnieken. In een enkel geval kan gebruik gemaakt worden van expertise met betrekking tot specifieke natuurdoelstellingen. Echter de ruimtelijke invulling van de graslanden gebeurt kleinschalig in mozaïekpatronen. Een nadere uitsplitsing van ecologische randvoorwaarden naar de specifieke natuurdoeltypen is hierbij minder voor de hand liggend.

Onderzoekparameters kunnen zodanig geselecteerd worden, dat deze betrekking hebben op zowel de *structuur* als het *functioneren* van de ecosystemen. Zowel de procesbenadering als de sleutelsoortenbenadering zullen dus worden gevolgd. Het te entameren onderzoek richt zich dan op studies aan eventuele effecten van verontreinigingen op het vóórkomen *en* functioneren van ongewervelde bodemorganismen en gewervelde dieren op of in de bodem. Daarbij is de bewortelingsdiepte van vegetatie een relevante maat om contactmogelijkheden met verontreinigingen in dempingen en afdeklagen te bestuderen, in verband met introducties van contaminanten in herbivore voedselketens. Tevens is fytotoxiciteit van belang in verband met de vorming van vegetatiestructuur in bossen en struwelen.

De volgende parameters, uitgesplitst volgens de Triade-systematiek, worden aanbevolen. De uiteindelijke keuze uit deze parameters in locatiespecifiek onderzoek zal idealiter in samenspraak tussen experts en inrichter/beheerder en bevoegd gezag worden gemaakt. Hierbij is de omvang van het onderzoek en de volgorde waarin parameters aan de orde komen afhankelijk van de exacte vraagstelling aan gebruikerszijde. Deze is gerelateerd aan budgettaire mogelijkheden en belangen van lokale betrokkenen.

De problematiek verbonden aan de ruimtelijke heterogeniteit van de voorkomende verontreinigingen dient gerelateerd te worden aan de parameterkeuze. Locatiespecifieke en gebiedsgerichte doelstellingen dienen in dit licht te worden vertaald in onderzoekparameters.

### **Milieuchemie**

#### ***Beschikbaarheid verontreinigingen***

Nadere bodemchemische en –fysische gegevens worden verzameld op locaties met verschillende gebruiksdoeleinden. Hierbij zal de nadruk liggen op locaties waar aanvullende gegevens noodzakelijk zijn.

#### ***Beschikbaarheid zware metalen***

Om inzicht te verkrijgen in de biologische beschikbaarheid van zware metalen worden naast totaalgehalten ook extraheerbare fracties bepaald met behulp van extractietechnieken waarmee de potentiële beschikbaarheid kan worden benaderd op

basis van extractie met 0,43 M salpeterzuur<sup>3</sup> en de actuele beschikbaarheid op basis van metingen in CaCl<sub>2</sub>- of poriewaterextracten en/of berekeningen van poriewatergehalten op basis van organisch stof- en lutumgehalten, pH-H<sub>2</sub>O, CEC en calcium en geleidbaarheid van de waterfase. Verschillen in metingen en berekeningen kunnen worden teruggevoerd op irreversibele binding van oude verontreinigingen aan de vaste bodemfase.

### ***Beschikbaarheid PAK***

In aanvulling op een bepaling van totaalgehalten kan de korte termijn beschikbaarheid (1jaar) worden benaderd op basis van 'solid phase'-extractie met TENAX bij 20 °C (Cornelissen et al., 1997, Harmsen en Ferdinandy, 1999); de beschikbaarheid op middellange termijn (5-10 jaar) kan worden geschat basis van 'solid phase'-extractie met TENAX bij 60 °C; eventueel kan de potentiële beschikbaarheid worden beschreven op basis van vloeistofextractie met 70% azijnzuur.

### ***Vergelijking met 'bodemkwaliteitscriteria'***

Totaalgehalten kunnen worden vergeleken met vigerende normstelling en met functiegerichte bodemkwaliteitswaarden voor terrestrische natuur (IKC, 1999). Bij vergelijking van locatiespecifieke gegevens met de 'standaardbodem' van streefwaarde en interventiewaarde wordt een bodemtypecorrectie uitgevoerd op basis van organisch stof- en lutumgehalte van de grond. Voor een verdere bespreking van dit punt wordt verwezen naar elders (Faber, 1995).

### ***Analyse van de totale toxische druk***

Resultaten van milieuchemische analyses aan bodemmonsters worden in het algemeen slechts vergeleken met de in de normstelling vigerende grenswaarden, wat slechts weinig inzicht geeft in de (totale) potentiële toxiciteit in de monsters van de locatie. Ten behoeve van een locatiespecifieke beoordeling wordt daarom een berekening gemaakt van de totale toxiciteit in de monsters door de gegevens van de verontreinigende stoffen te integreren. Dit kan d.m.v. berekening van toxische druk (TD: bijv. De Zwart et al, 1999, Van de Meent, 1999) of via een optelling van *toxic units* (TU: AKWA/RIZA, 1999). Het is mogelijk in de berekening van de TU of TD rekening te houden met berekende of gemeten partiële biobeschikbaarheid en natuurlijke achtergrond gehalten, wat de realiteitswaarde nog verder verhoogt. De gevolgen van deze druk kunnen worden bestudeerd met parameters die staan vermeld in de paragrafen ecotoxicologie en ecologie. Sterk verontreinigde locaties kunnen vervolgens worden geselecteerd ten behoeve van bioassay-studies, het ecotoxicologische deel van de Triade benadering.

---

<sup>3</sup> Volgens Zwitserse 'Verordnung über Schadstoffe im Boden' (beschreven door Häni 1989)



## **Ecotoxicologie**

### ***Stofgericht blootstellingsonderzoek***

Dit onderdeel betreft een verificatie van feitelijke blootstellingsrisico's met betrekking tot organische microverontreinigingen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van *in vitro* bioassays waarbij stofspecifieke biomarker responses worden gemeten. In het geval van de Krimpenerwaard is het mogelijk om een scheiding te maken naar risico's ten gevolge van verontreinigingen in de demping of in een verdachte afdeklaag. Een voorselectie van locaties, en daarbinnen de demping of afdeklaag, beperkt de omvang van het volgend toxiciteitsonderzoek. Deze screening van aanwezige stoffengroepen met behulp van bodemextracten wordt uitgevoerd met zogenaamde CALUX of H4IIE-EROD-bepalingen (Bierkens et al., 1997, Murk et al., 1996).

### ***Soortspecifiek blootstelling- en effectenonderzoek***

Hierbij gaat het om het vaststellen van feitelijke blootstelling van specifieke organismen(groepen) aan verontreiniging, en de effecten daarvan op de fauna in het onderzoeksgebied, middels onderzoek met biomarkers aan amfibieën, kleine zoogdieren of vogels (ook eieren). Daarbij kunnen effecten op enzymfuncties en histologie en biometrie van reproductieve organen worden bestudeerd, en kan tevens bioaccumulatie en biotransformatie worden vastgesteld door meting van gehalten in interne organen en bloed.

### ***Bioassays sleutelsoorten***

Dit onderdeel betreft enerzijds studies van effecten op groei, reproductie en overleving van modelsoorten voor de bodemfauna met een sleutelfunctie in bodemprocessen ('ecological engineers') in relatie tot mate van verontreiniging. Anderzijds wordt aandacht besteed aan het systeemproces primaire productie en de daarbij van belang zijnde fytotoxiciteit. Voor de nog af te leiden onderzoeksparameters zal, waar mogelijk, worden aangesloten bij algemeen erkende toetsinstrumenten (van de Guchte et al., 1996, Van den Munkhof et al., 1998, Van der Waarde et al., 1998, Muijs et al., 2000).

Wat betreft bodemprocessen wordt gebruik gemaakt van bioassays waarbij de regenworm *Lumbricus rubellus*, of de pissebedden *Oniscus asellus* en *Philoscia muscorum* als endemische modelsoorten voor de aanwezige bodemfauna opgekweekt worden op grond van geselecteerde gronden en referentiegrond. De keuze van proefdieren hangt onder meer samen met functiespecifiek te onderzoeken effecten op bodemprocessen waarin deze dieren een rol spelen. Met dergelijk onderzoek zijn goede ervaringen opgedaan voor risicobeoordeling ten behoeve van natuurontwikkeling (zie o.a. Ma et al., 1996). Een bioassay met *L. rubellus* is onlangs uitgevoerd met grond afkomstig van graslanden uit het veenweidegebied De Venen (gegevens binnenkort te publiceren door Alterra).

Regenwormen en pissebedden worden hier verkozen vanwege verschillen in blootstelling aan bodemverontreiniging. Regenwormen worden vooral blootgesteld aan verontreinigingen via de interstitiële waterfase van de bodem (van Gestel en Ma, 1988, Ma et al., 1997), terwijl de blootstelling van pissebedden voornamelijk plaats vindt via de opname van strooiselmateriaal als voedsel. Beide groepen beïnvloeden

belangrijke ecosysteemprocessen, zoals decompositie en bodenvorming, en fungeren daarnaast als voedselbron voor vogels en zoogdieren (zie onderstaand onderdeel over bioaccumulatie en doorvergiftiging). Decompositie wordt bevorderd doordat zij dode plantenresten (strooisel) fragmenteren, waardoor dit beter beschikbaar komt voor microbiële afbraak (mineralisatie). Strooiselconsumptie door pissebedden wordt geschat op ongeveer 10% van de jaarlijkse productie in een ecosysteem. Regenwormen laten jaarlijks gemiddeld 120 ton grond per ha, waarin 45 ton aan organisch materiaal, door hun darmen passeren, en vormen bruikbare organismen voor de biomonitoring van de verspreiding en beschikbaarheid van verontreinigende stoffen in het milieu (Ma, 1990). Door deze activiteiten geven deze bodemdieren mede sturing aan de snelheid van bodenvorming en nutriëntenkringlopen in terrestrische ecosystemen, en zijn daarmee ook bepalend voor 'life support functies' van de bodem (Schouten et al., 1997). Bodenvormende processen zijn vooral in 'jonge' ecosystemen in situaties van natuurontwikkeling van grote betekenis voor de ontwikkelingslijnen.

De keuze van regenwormen en pissebedden berust bovendien op ecotoxicologische argumenten. Voor beide diergroepen zijn nadelige effecten van blootstelling aan contaminanten in de bodem in ruime mate beschreven. Dit maakt analyses op basis van toxic units mogelijk. Bovendien is beschreven dat als gevolg van dergelijke effecten het ecologisch functioneren van deze sleutelsoorten in bodemprocessen kan worden geremd.

Het onderzoek naar effecten op het ecologisch functioneren van sleutelsoorten kan worden gecombineerd met onderstaand onderdeel over onderzoek naar effecten op bodemprocessen.

Fytotoxiciteit zal worden bepaald met behulp van kieming- en groeiproeven met grassen en dieper wortelende wilgen.

### ***Bioaccumulatie en doorvergiftiging***

Dit onderdeel betreft onderzoek naar bioaccumulatie van verontreinigingen in bodemdieren en planten, de met modellen voorspelbare blootstelling van weidevogels en zoogdieren in aansluitende voedselketens, en de in literatuur beschreven effecten van aangetroffen verontreinigingen op soorten uit deze taxa.

De keuze van voedselketens dient zoveel mogelijk te worden afgestemd op beoogde natuurdoelen. Het gebruik van de verschillende natuurdoeltypen door de doelsoorten is per type verschillend. Graslanden worden vooral gebruikt als foerageergebied, en in mindere mate als voortplantingsgebied, terwijl bosgemeenschappen meer als voortplantingsgebied (lees: nestgelegenheid) wordt gebruikt, en in mindere mate als foerageergebied. De doelsoorten zullen daarom verschillende eisen stellen aan de geschiktheid van de natuurdoeltypen. In de graslanden zal het voedselaanbod kwantitatief en kwalitatief toereikend moeten zijn, en mag er geen bioaccumulatie van verontreinigingen plaatsvinden, terwijl in het bosgemeenschap de structuur geschikte nestgelegenheid moet bieden. Vertaald in ecotoxicologische aspecten betekent dit dat aan verschillende voorwaarden voldaan dient te worden. In graslanden dienen effecten op populatiedichtheden van prooidieren, en bioaccumulatie van verontreinigingen van prooidieren naar predatoren vermeden te worden. In het bostype dienen processen die de structuur ervan in stand houden behouden te

blijven. In dit licht kunnen grutto, steenuil en kerkuil model staan als exploitanten van regenwormen in voedselketens, zie bijvoorbeeld een modelstudie voor de Krimpenerwaard (Ma en van Kleunen, 1997). Hierbij kan ook de omvang van het voedselaanbod voor deze soorten worden voorspeld met het model PODYRAS (Klok en de Roos, 1996), zodat inzicht kan worden verkregen in de potentiële ecologische draagkracht van het beheergebied op lange termijn. Veldinventarisaties van weidevogels en hun broedsucces kunnen aangeven of de modelmatige voorspellingen realistisch zijn.

### ***Bodemprocessen en ecologisch functioneren bodemorganismen***

Dit onderdeel betreft (vooral laboratorium-) onderzoek naar effecten op bodemprocessen zoals bodemademhaling en stikstofmineralisatie, in relatie tot biomassa, groeisnelheid en diversiteit van micro-organismen, en in relatie tot het functioneren van bodemdieren in deze bodemprocessen.

Micro-organismen zijn de primaire afbrekers van dood organische materiaal en spelen een sleutelrol in voedselwebben en nutriëntenkringlopen. Bacteriën en hun predatoren (zoals nematoden en protozoën) zijn belangrijk voor een aantal 'life support functies' (Schouten et al., 1997): de afbraak van organisch materiaal, de recycling van voedingsstoffen, bodemstructuurvorming, en de stabiliteit van het bodemecosysteem. Nitrificeerders zijn essentieel voor de beschikbaarheid van voedingsstoffen voor planten. De microbiële biomassa, activiteit en diversiteit zijn daarbij relevante parameters.

Grotere bodemdieren (meso- en macrofauna) dragen bij aan het functioneren van micro-organismen, onder meer door het fragmenteren van strooisel, begrazing van microbiële populaties, en door bioturbatie van de grond. Het gezamenlijk functioneren van deze onderdelen van het bodemecosysteem kan in het laboratorium worden bestudeerd aan grond uit de toemaakdekken, met behulp van zgn. microecosystemen. Als resultante van de interacties tussen bodemorganismen zijn bodemprocessen zoals bodemademhaling (mineralisatie van organische stof) en stikstofmineralisatie goede, en veel bestudeerde indicatoren, die relevant zijn voor de veldsituatie.

### **Ecologie/veldinventarisatie**

#### *Soortensamenstelling, dichtheid en bioaccumulatie bodemdieren*

Dit onderdeel betreft veldonderzoek naar de soortensamenstelling en dichtheden van bodemfauna, en de bioaccumulatie van bodemverontreinigingen in bodemdieren in relatie tot de gehalten in grond en extracten.

Bij de keuze van te onderzoeken diergroepen wordt ook hier de blootstellingsroute als uitgangspunt genomen. Zo kunnen met name regenwormen en nematoden worden gekozen als model voor blootstelling via de waterfase in de bodem.

Van nematoden is de taxonomische samenstelling (familieniveau) goed interpreteerbaar in termen van verstoring en voedselweb relaties. Afzonderlijke nematodenfamilies worden gecategoriseerd naar de mate waarin zij gevoelig zijn voor verstoring, waarbij

op basis van aantallen individuen en het relatieve voorkomen van de categorieën een index kan worden berekend voor de gehele nematoden levensgemeenschap. De waarde van deze 'maturity index' (Bongers, 1990, Korthals, 1997) kan worden beoordeeld in termen van verstoring ten opzichte van een referentie, met name wanneer families van 'colonizer-persister'-groepen 2 t/m 5 worden bestudeerd. Tevens kan een analyse worden gemaakt van de aanwezige trofische groepen, zoals bacterivoren, fungivoren, predatoren en omnivoren. De laatste twee groepen kunnen in abundantie afnemen als gevolg van bodemverontreiniging.

De abundantie en verscheidenheid aan ecologische groepen van regenwormen kan worden geïnterpreteerd in termen van bodemvormende processen, terwijl bioaccumulatie bij regenwormen grote consequenties kan hebben voor het voedselweb. De verschillende ecologische groepen regenwormen zijn representatief voor verschillende blootstellingsroutes in de bodem, op basis van de diepte van voorkomen en consumptie van strooisel of grond, en staan ook bloot aan verschillende predatiedruk. Eventuele afwezigheid van wormen (of lage dichtheden) kunnen aanleiding vormen tot het uitvoeren van bioassays met grond van de betreffende locatie. Zonder deze nadere studie moeten lage dichtheden voorzichtig worden geïnterpreteerd, omdat andere milieucondities (bijvoorbeeld zuurgraad of waterverzadiging van de bodem) hierbij ook een grote rol kunnen spelen.

Verder kunnen op de bodem voorkomende detritivoren zoals pissebedden of slakken worden bestudeerd als model voor bodemdieren met blootstelling via de organische bodemfase (voedsel).

### **Criteria**

Voor de beoordeling van effecten is het noodzakelijk specifieke beoordelingscriteria te definiëren. Voor iedere parameter die gemeten zal worden dient hiertoe een referentie bepaald te worden waartegen potentiële effecten afgezet kunnen worden. Als referentie wordt in het VE een ongestoorde situatie beschouwd. Deze referenties zullen in samenspraak met gebiedsgebruikers gedefinieerd worden. Bij al aanwezige functies, zoals bijvoorbeeld beheersgebied, is het mogelijk situaties buiten dempingsituaties als referenties te beschouwen. Echter bij nog niet aanwezige functies, zoals natuurontwikkeling waarbij gebieden afgeplagd worden, is het niet mogelijk bestaande referenties te bepalen. In deze gevallen dienen op basis van literatuur of andere gegevens referenties bepaald te worden voor de verschillende parameters.

Bij het opstellen van criteria is het essentieel het integratieniveau te betrekken waarop de desbetreffende parameter betrekking heeft. Op gebiedsniveau, de gehele Krimpenerwaard, zijn eventuele effecten niet acceptabel. Echter op het niveau van functievervulling, (bijvoorbeeld natuurgebied, recreatieterrein) is het mogelijk dat enige effecten, op parameters die voor de specifieke functievervulling van minder belang zijn, acceptabel kunnen zijn. Hierbij valt te denken aan bijvoorbeeld kleine effecten op de Maturity Index (nematoden) op locaties waar recreatie gepland is. Bij de afweging van het belang van de verschillende parameters per functie zullen gebruikers ook betrokken zijn.

De hierboven beschreven procedure waarborgt drie aspecten in de risicobeoordeling: (i) dat gebruikers mede bepalen wat de criteria zijn, (ii) dat deze vervolgens functiegericht toegepast kunnen worden, (iii) dat de analyse van effecten volgens wetenschappelijke normen uitgevoerd kan worden.

### **Parameterkeuze in relatie tot gebruikersdoelstellingen**

De bodemkwaliteitseisen van het bodembeheerplan Krimpenerwaard dienen wetenschappelijk te worden onderbouwd door toetsing van de onderliggende aannamen ten aanzien van actuele risico's van dempingen en afdekkingen (zie inleiding). Daar volgens het principe van Popper een wetenschappelijke toetsing deze aannamen (hypothesen) alleen maar kan *falsifieren* en niet zozeer kan *bevestigen*, zal men op basis van de uitkomsten van het verificatieonderzoek de juistheid van specifieke aannamen niet zozeer kunnen vaststellen (wanneer *niet* in tegenspraak), als wel met enige zekerheid kunnen verwerpen (wanneer *wel* in tegenspraak). Hoe meer onderzoeksresultaten worden verzameld die de aannamen niet tegenspreken, zonder andere resultaten die op het tegendeel duiden, des te kleiner de kans op een onjuiste beoordeling, en dus ook des te meer beheersbaar de onzekerheden rond de aannamen. Een set van goed gekozen, elkaar complementerende onderzoeksparameters is daarom essentieel.

Bij de keuze van parameters die gemeten dienen te worden in het verificatieonderzoek is het van belang de structuur en functie van de verschillende inrichtingsdoelen te beschouwen, maar ook de omstandigheden waarin ze ontwikkeld zijn of worden. Het feit of de inrichtingsdoelen al gerealiseerd zijn of dat ze nog ontwikkeld dienen te worden is ook van belang in de parameterkeuze. Voor de verschillende inrichtingsdoelen dienen deze aspecten dan ook bepaald te worden, en vervolgens kunnen in een nadere afweging de parameters voor het onderzoek vastgesteld worden.

### ***Beschikbare onderzoeksgegevens Krimpenerwaard***

Bij de keuze van onderzoeksparameters kunnen we ons uit kostenbesparende overwegingen laten leiden door reeds beschikbare onderzoeksgegevens. In de Krimpenerwaard is veel onderzoek verricht aan vogels en vegetatie, maar betrekkelijk weinig aan zoogdieren, amfibieën, reptielen en ongewervelde dieren (tabel 8). Het onderstaande overzicht pretendeert niet volledig te zijn, maar geeft een indicatie over de aard van beschikbare achtergrondinformatie, zowel met betrekking tot inventariserende studies en monitoring, als milieukwaliteitsgegevens.

### ***Inventarisatie en monitoring***

In een rapport van de Natuurbeschermingsraad, Natuurwetenschappelijke commissie (1986) worden gegevens gecompileerd betreffende de vegetatie (Heidemij, 1985 karteringen) en vogelsoorten vanaf 1970 (acht gebiedsdekkende tellingen). Het resultaat is conform het landelijk beeld: een afname van slobbeend, tureluur, grutto en zwarte stern versus een toename van Kievit en scholekster. Het rapport omvat kaartjes met vegetatie- en vogelrijkdom van 26 onderscheiden eenheden in gebied. Naast weidevogels broeden in het gebied o.a. snor, roerdomp, kleine en grote

karekiet, boomvalk, steenuil, bosuil en ransuil. De zoogdierfauna van de Krimpenerwaard omvat 14 soorten waaronder dwergspitsmuis, waterspitsmuis, dwergmuis, bunzing en hermelijn (Terlouw, 1983).

Tabel 8. *Overzicht van beschikbare bronnen betreffende veldinventarisaties en monitoring, en onderzoek van milieukwaliteit en ecotoxicologische effecten in de Krimpenerwaard.*

<b>Soortengroep</b>	<b>Bron</b>
<b><i>Inventarisatie &amp; Monitoring</i></b>	
Zoogdieren	Mostert, 1989; Terlouw, 1983
Vogels	Mostert, 1989; Hollander & van der Vliet, 1995; weidevogelmeetnet Prov. ZH; wintervogelpopulatie Prov. ZH; Beckers, 1999
Reptielen	Mostert, 1989
Amfibieën	Mostert, 1989
Insecten	Beckers, 1999
Vegetatie	Heidemij, 1985; Turboveg Prov. ZH; Bakker, 1995; Beckers, 1999
<b><i>Milieukwaliteit</i></b>	
Zoogdieren	Wegener et al., 1999a, Wegener, 1999b, Wegener et al., 1989
Wormen	Wegener et al., 1999a, Wegener, 1999b, Wegener et al., 1989
<b><i>Toxicologie</i></b>	
-	-

Een in 1987 uitgevoerd onderzoek door Mostert (1989) geeft in aansluiting op de vegetatiekartering van 1985 in 27 deelgebieden de verdeling en beschrijving van kleine landschapselementen weer. Binnen deze elementen werden de broedvogels geïnventariseerd. Vergeleken met de inventarisatieperiode 1973-1977 is de broedvogelstand veranderd. Soorten als de zomertaling, slobeend, grutto en tureluur gingen achteruit evenals de boomvalk, steenuil en ransuil. Mogelijk nam de roofvogelstand af door een afname van het aantal veldmuizen. Hollander & van der Vliet (1995) bestudeerden weidevogeldichtheden en verrichtten onderzoek aan legselotgevallen bij grutto's. Vergeleken met de landelijke dichtheden, het databestand weidevogelmeetnet van de Provincie Zuid-Holland en gegevens van Zuidhollands Landschap lijken de dichtheden in de Krimpenerwaard vrij laag.

Mostert (1989) inventariseerde tevens de vleermuizen en vond vier soorten: gewone dwergvleermuis, dwergvleermuis, laatvlieger en grootoorvleermuis. Tijdens de inventarisatie werden tevens aantallen amfibieën en reptielen genoteerd op basis van toevallige waarnemingen. Verder werd zowel binnen als buiten kleine landschapselementen de zoogdierfauna bemonsterd. Soorten als dwerg-, waterspitsmuis, rosse woelmuis, aardmuis, wezel en hermelijn komen slechts sporadisch voor. Gezien de natuurpotenties en doelstellingen (Den Held, 1990) is dit een magere score.

Beckers (1999) geeft een historische beschrijving van de Krimpenerwaard, en behandelt specifiek het Project Nooitgedacht., een eendekooi omgeven door schraalgrasland. Deze eendekooi werd in 1994 ingericht als pilot voor natuurontwikkeling in de Krimpenerwaard. Het Zuidhollands Landschap coördineert de monitoring, die metingen behelst aan oppervlaktewater, waterkwaliteit

(macrofauna), grondwaterstanden en uitspoeling van voedingstoffen bij waterpeilverhoging. Daarnaast wordt op 20-30 plekken de vegetatieontwikkeling gevolgd en worden broedvogels, doortrekkers en wintergasten alsmede de entomofauna (vnl. libellen) geïnventariseerd.

Bureau Bakker (1995) karteerde de graslandvegetatie in relatienotagebieden van de Krimpenerwaard. Hierbij werd, voor het sluiten van beheersovereenkomsten, de uitgangssituatie vastgelegd om ontwikkelingen onder invloed van gewijzigd grondgebruik te kunnen volgen. Daarnaast is een uitgebreid vegetatiebestand in Turboveg in handen van de Provincie Zuid-Holland.

### ***Milieukwaliteit***

Wegener et al. (1989) bepaalden in Zuid-Hollandse polders waaronder de Krimpenerwaard pak en zware metaalgehalten in zogenaamde moss-bags die blootgesteld werden aan atmosferische depositie. Daarnaast werden in elke polder vijf mollen gevangen. De nieren werden geanalyseerd op metalen, de levers op PAK en PCB's. Er werd geconcludeerd dat de bemonsterde locaties m.b.t. metalen als nauwelijks verontreinigd aangemerkt kunnen worden. Van de drie aangetoonde PCB's waren de gehalten in de Krimpenerwaard lager dan die in de Alblasserwaard en Vijfherenlanden. De gehalten van Cd, Pb, Cu en Zn in waterpissebedden (*Asellus aquaticus*) waren karakteristiek voor laag belaste gebieden waarbij de biologische beschikbaarheid waarschijnlijk laag is.

Dorland (1990) geeft een overzicht van gehalten in bodem en water in de ecologische hoofdstructuur van Zuid-Holland. Voor de Krimpenerwaard wordt een overschrijding geconstateerd van gehalten van zware metalen door toepassing van bestrijdingsmiddelen, bagger en zuiveringsslib. Ook PAK en Cd worden in verhoogde concentraties waargenomen met als oorsprong vuilverbrandinginstallaties. In de Krimpenerwaard-oost is een aantal PAK normoverschrijdend in de waterbodem.

Een vervolgonderzoek werd in de Krimpenerwaard gedaan in het kader van het Provinciaal Integraal Meetnet Milieukwaliteit (PIMM) van de Provincie Zuid-Holland naar zware metalen in de bodem, wormen en mollen (Wegener et al., 1999a). Streefwaarden voor de bodem werden overschreden in zowel natuur- als agrarisch gebied. Volgens de IMB vormen Cu in het natuurgebied en Cu, Hg, Pb en Zn in agrarisch gebied een aandachtspunt op basis van gehalten in de bodem en wormen. In mollen werden referentiewaarden niet overschreden. Wat betreft pesticiden zijn mollen in de Krimpenerwaard een aandachtspunt i.r.t. niveaus van DDT(-derivaten) en dieldrin (Wegener, 1999b). Van deze pesticiden ligt het 75-percentiel tussen de referentiewaarde en 2 maal de referentiewaarde (VROM, 1994).

### ***Landbouwkundig gebruik***

Belangrijke aspecten van de bodem voor landbouwkundig gebruik van de bodem zijn vruchtbaarheid van de bodem, nutriënten uitspoeling, ontwatering van de bodem i.v.m. draagkracht van de zode, en nutriëntencycli. Voor een optimaal agrarisch landgebruik is een goede structuur van de bodem daarmee essentieel. Ecologische

processen en organismen betrokken bij bodemvorming zijn dan ook belangrijke parameters die in het verificatieonderzoek aan de orde dienen te komen. Bewortelingsdiepte van gras is ook van belang i.v.m. eventuele doorvergiftiging van verontreinigingen naar vee (zie VL).

### ***Beheers, reservats en natuurontwikkelingsgebieden***

In tabel 9 staan de belangrijkste aspecten weergegeven die van belang zijn voor de afweging van parameterkeuze voor de verschillende natuurdoeltypen die kunnen voorkomen in de verschillende bestemmingen. Zoals eerder gezegd zal de inrichting van reservaatgebieden in mozaïekstructuren tot stand komen waardoor een expliciete indeling naar natuurdoeltypen wat minder relevant lijkt. Echter een indeling naar natuurdoeltype wordt hier toch gebruikt om tot parameterkeuze te komen, omdat dit een heldere afweging mogelijk maakt.

Inrichtingsdoelen kunnen ingedeeld worden naar structurele aspecten en functionele aspecten. Structureel zijn doelen te onderscheiden met een relatief hoge diversiteit en die waarin diversiteit van voorkomende soorten van minder belang is. Functioneel zijn er inrichtingsdoelen die gebruikt worden door vogels als foerageergebied en andere als broedgebied.

*Table 9 Aspecten van belang bij afweging parameters voor de verschillende inrichtingsdoelen (Agr: agrarisch gebied, beh: beheersgebied, natont: natuurontwikkeling).*

Natuurdoeltype	Bestemming	Structurele aspecten	Funct. aspecten.	Status	Bijzonderheden
Grasland	Agr, beh	Flora rel. lage waarde, belang voor weidevogels	Foerageergebied	Aanwezig, te ontwikkelen	Rel. droog, nutriëntenrijk
Nat schraalgrasland	Res, natont	Waardevol en divers i.v.m. flora, vlinders	Foerageergebied	Aanwezig, te ontwikkelen	Nat, nutriëntenarm
Bloemrijk grasland	Beh, res, natont	Flora rel. lage waarde, belang voor weidevogels	Foerageergebied	Te ontwikkelen	Minder nat, rijker aan nutriënten
Veenheide	Natont	Flora weinig divers, toch waardevol	Foerageergebied	Te ontwikkelen	Nat, nutriënten arm, regenwater
Struweel	Natont	Flora rel. lage waarde	Broedgebied	Te ontwikkelen	Kapbeheer noodzakelijk
Bosgemeenschap	Natont	Flora rel. lage waarde	Broedgebied	Te ontwikkelen	Onbeheerd

In tabellen 10 en 11 wordt de hierboven beschreven indeling uitgewerkt voor enkele belangrijke aspecten in de keuze van parameters van het verificatieonderzoek (tabel 10) en de daarbij behorende natuurdoeltypen (tabel 11). In foerageergebieden is het aanbod van prooidieren voor weidevogels van belang en mag er geen bioaccumulatie van verontreinigingen optreden, terwijl in broedgebieden de beschikbaarheid van nestgelegenheid een belangrijk aspect is. In gebieden met een relatief hoge diversiteit, hetzij binnen het gebied hetzij doordat in het gebied relatief zeldzame soorten voorkomen en daarmee van belang voor de diversiteit op een wat grotere schaal, is de aanwezige soortenrijkdom van belang, terwijl voor de andere natuurdoeltypen dit minder speelt. Structureel gezien zijn er twee natuurdoeltypen waardevol wat betreft diversiteitskenmerken. Natte schraalgraslanden zijn potentieel waardevol door de diversiteit van de aanwezige flora, terwijl veenheide waardevol is doordat hier relatief zeldzame plantensoorten kunnen voorkomen (tabel 11). Voor alle natuurdoeltypen is het functioneren van nutriëntencycli van belang. De intensiteit van nutriëntencycli is



echter specifiek voor de verschillende natuurdoeltypen. In de volgende paragrafen zal per bestemming een nadere specificatie van de te meten parameters beschreven worden.

Tabel 10. Ecologische aspecten van belang bij afweging parameterkeuze in gebieden met verschillende structurele en functionele kenmerken wat betreft inrichtingsdoelen.

		<i>Functie</i>	
		<b>Foerageergebied</b>	<b>Broedgebied</b>
<i>Structuur</i>	<b>Diversiteit belangrijk</b>	Soortenrijkdom	Soortenrijkdom
		Biomassa prooi	Aanwezigheid nestgelegenheid
	<b>Diversiteit minder belangrijk</b>	Bioaccumulatie	Nutriëntencycli
		Nutriëntencycli	
		Biomassa prooi	Aanwezigheid nestgelegenheid
		Bioaccumulatie	Nutriëntencycli
		Nutriëntencycli	

Tabel 11. Voorkomende natuurdoeltypen in gebieden met verschillende structurele en functionele kenmerken wat betreft inrichtingsdoelen.

		<i>Functie</i>	
		<b>Foerageergebied</b>	<b>Broedgebied</b>
<i>Structuur</i>	<b>Diversiteit belangrijk</b>	Nat schraalgrasland	
		Veenheide	
	<b>Diversiteit minder belangrijk</b>	Bloemrijk grasland	Struweel
		Grasland	Bosgemeenschap

### **Beheersgebieden**

In beheersgebieden zullen voornamelijk graslanden gerealiseerd worden, met nadruk op agrarisch gebruik en weidevogelstelling en in mindere mate ook botanische doelstelling (Becker, 1999). Naast de agrarische doelstelling is de functionaliteit van foerageergebied voor weidevogels een belangrijke doelstelling, méér dan een hoge diversiteit, zoals geschetst voor bloemrijke graslanden en grasland (tabel 11). De keuze voor parameters voor het verificatieonderzoek zal hierop dienen in te spelen. De structuur van deze gebieden is primair ter ondersteuning van agrarisch landgebruik, wat wil zeggen dat het land goed ontwaterd is, nutriëntrijk, en de bodemstructuur gericht op minimaliseren van uitspoeling van nutriënten. Daarnaast zijn deze gebieden foerageerplaats voor weidevogels. Parameters gericht op bioaccumulatie van verontreinigingen, vóórkomen van prooien (waaronder wormen), en populatie processen van prooien zullen in het onderzoek voor deze gebieden geselecteerd dienen te worden. Diversiteit, en daaraan gerelateerde parameters zijn van ondergeschikt belang.

### **Reservaatgebieden**

In de reservaatgebieden zullen verschillende natuurdoeltypen in mozaïekpatroon gerealiseerd worden. De natuurdoeltypen binnen dit patroon zullen verschillende graslanden zijn, vooral uiteenlopend in vochtuithouding. Wat betreft functionaliteit zijn ze vergelijkbaar van belang als foerageergebied voor weidevogels. Structureel heeft het natuurdoeltype nat schraalgrasland een relatief hoge diversiteit als doel, terwijl dit voor bloemrijk grasland minder is. Als beide typen tot ontwikkeling dienen

te komen, en er nog niet exact bekend is waar het precies gepland is, dan is het noodzakelijk om de verificatie uit voeren aan de hand van criteria opgesteld voor de meest gevoelige functie. Dit wil zeggen dat in de parameterkeuze zowel op de functie van foerageergebied als op diversiteit dient te worden ingezet. In de reservaatgebieden zijn ook struwelen gepland. In deze struwelen, van belang als nestgelegenheid, zijn bioaccumulatie en diversiteit van minder belang. Sturend voor struweelvorming zijn, naast omgevingsvariabelen zoals bodemtype en vochthuishouding, bodemprocessen waaronder de afbraak organisch materiaal en bodemvorming. Parameters gericht op ecologisch functioneren van bodemorganismen en bodemprocessen zijn daarmee met name in dit natuurdoeltype van belang.

### ***Natuurontwikkelingsgebieden***

In de natuurontwikkelingsgebieden zijn graslanden, veenheide, struwelen en bossen gepland. Bij de keuze van de parameters is voor de graslanden en struwelen eenzelfde argumentatie te volgen als bij de desbetreffende natuurdoeltypen in de reservaatgebieden. Voor bossen is eenzelfde parameterkeuze te beredeneren als voor struwelen omdat functionele en structurele aspecten voor beide typen vergelijkbaar zijn. Veenheide is echter een aparte eenheid met eigen karakteristieken. Dit natuurdoeltype is van belang als foerageergebied, maar ook voor de verscheidenheid aan soorten. Het heeft echter geen intrinsieke diversiteit wat betreft aantallen voorkomende soorten. Echter dit biotoop is vrij zeldzaam, wat het van belang maakt voor de diversiteit op een grotere schaal. Dit houdt in dat hoewel dit type van belang is voor diversiteit er bij de parameterkeuze geen belang gehecht hoeft te worden aan de intrinsieke diversiteit. Van belang is echter wel of bepaalde doelsoorten zich kunnen handhaven.

Op basis van het voorafgaande worden voor de verschillende vormen van natuurbeheer en –ontwikkeling de volgende prioriteiten opgesteld met betrekking tot de onderzoeksparameters uit de Triade-systematiek (Tabel 12).

Tabel 12. Prioritering van onderzoeksparameters: hoe meer sterren des te hoger de prioriteit.

Triade parameters	Beheers- gebied	Reservaatgebied			Natuurontwikkelingsgebied		
		Grasland Divers	Grasland Niet divers	Struweel	Grasland divers	Veenheide	Struweel, bos
<b>Milieuchemie</b>							
<i>Bio-beschikbaarheid verontreiniging</i>	***	***	***	***	***	***	***
<i>Stofgerichte blootstelling</i>	***	***	***	***	***	***	***
<i>Analyse toxische druk en Toxic Units</i>	**	**	**	**	**	**	**
<b>Toxicologie</b>							
<i>Soortspecifiek onderzoek</i>	***	***	***	*	***	***	*
<i>Bioassay sleutelsoorten</i>	***	***	***	*	***	***	*
<i>Bioaccumulatie en doorvergiftiging</i>	***	***	***	*	***	***	*
<b>Ecologie en veldinventarisatie</b>							
<i>Soortensamenstelling</i>	**	***	*	**	***	*	**
<i>Abundantie van soorten</i>	***	***	***	**	***	***	**
<i>Ecologisch functioneren van soorten</i>	**	**	**	***	**	**	***
<i>Ecologisch functioneren van processen</i>	**	**	**	***	**	**	***

## **Recreatie**

Twee belangrijke aspecten van recreatie zijn het kunnen genieten van de omgeving en de humane risico's van blootstelling op picknickplaatsen en dergelijke. Voorwaarden voor een waardevolle omgeving worden gegarandeerd als de verschillende bestemmingen agrarisch gebruik, beheers-, reservaat- en natuurontwikkelingsgebied kunnen worden bereikt. In het kader van het Verificatieonderzoek zijn deze aspecten al in voorgaande paragrafen aan de orde geweest. Verder kan gesteld worden dat humane risico's buiten het bestek van het Verificatieonderzoek Ecologie vallen. Rest de ontwikkeling van de infrastructuur voor het recreëren. Deze bestaat vooral uit fiets- en wandelpaden, meistens aangelegd op bestaande tienden of wegen. Daarnaast zullen enige picknickplaatsen ingericht worden. Voor deze plaatsen is het van belang dat groenvoorzieningen en speelweiden kunnen worden ontwikkeld. Parameters voor het onderzoek zullen zich hier op dienen te richten.

## **Selectie van onderzoekslocaties slootdempingen**

Als apart onderdeel van het verificatieonderzoek Krimpenerwaard wordt een vooronderzoek uitgevoerd dat tot doel heeft de meest geschikte dempingen te selecteren uit bestaande databases, voor het verifiëren van de in het bodembeheerplan gestelde aannamen ten aanzien van aanwezige risico's.

Bij het verificatie-onderzoek Krimpenerwaard wordt een afpelmechanisme gehanteerd. De dempingen waarvan wordt verwacht dat de risico's het grootst zijn komen in aanmerking voor onderzoek. Mocht bij deze dempingen sprake blijken van effecten of risico's daarvoor, dan kunnen vervolgens ook minder verdachte locaties in het onderzoek worden betrokken. Groepen C, D en E werden in het vooronderzoek (Tuinstra et al., 2000) niet meegenomen, omdat de dempingen met onverdachte materialen zijn uitgevoerd. Groep E betreft niet duidelijk te onderscheiden dempingen.

*Tabel 13. Overzicht milieuhygiënisch verdacht dempingmateriaal, niet limitatief (naar: Bodembeheerplan Krimpenerwaard, 1998).*

<b>Dempingmateriaal</b>	<b>Mogelijkheid milieuhygiënisch risico</b>
Agrarisch afval	Onverdacht
Grond	Onverdacht
Houtafval	Onverdacht
Takkenbossen	Onverdacht
Baggerspecie	mogelijk verdacht
Onbekend	mogelijk verdacht
Bouw- en sloopafval	verdacht
Huishoudelijk afval	verdacht
Industrieel en bedrijfsafval	verdacht
Lompen	verdacht
Scheepswerfafval	verdacht
Shredder	verdacht
Niet classificeerbaar	onverdacht

De indeling naar risicoklassen van dempingmaterialen is terug te voeren op de werkwijze bij een eerder door het adviesbureau Raytheon uitgevoerde analyse van het totaalbeeld van de verontreinigingsproblematiek (Raytheon, 1997). Uit die studie

stamt de classificatie van aangetroffen dempingmaterialen op basis van de verwachting van het risico (tabel 13).

Voor de selectie van dempinglocaties ten behoeve van het verificatieonderzoek ecologie is het wenselijk in eerste instantie uit te gaan van de verschillende verdachte en mogelijk verdachte typen dempingmateriaal, omdat hierin verschillende (beschikbaarheden van) verontreinigingen een rol kunnen spelen. Een selectie die alleen op de categorische benadering (Tabel 1) zou worden gebaseerd, draagt het risico in zich dat per categorie verschillende materialen zijn vertegenwoordigd waardoor bodemkwaliteitsmetingen en toxiciteitstesten zeer heterogene resultaten per categorie zou kunnen geven. Dit te meer omdat binnen een bepaald materiaaltipe soms zeer uiteenlopende materialen kunnen zijn gestort: scheepswerfafval bestaat bijvoorbeeld niet alleen uit stukken staal en kabels, maar ook uit vaten.

De selectie betreft dan acht materiaaltypen, waarvoor vijf locaties zullen worden geselecteerd per materiaaltipe, in totaal dus circa 40 dempingen, waarbij rekening wordt gehouden met aan- of afwezige deklagen en al-dan-niet verdachte bijmenging daarin. Een ander selectiecriteria is de aanwezigheid van gegevens over bodemkwaliteit betreffende gehalten aan zware metalen, PAK en/of EOX. Daarnaast zal als ondergeschikt criterium vooral worden gezocht naar locaties binnen toekomstig natuurontwikkelingsgebied, al dienen de dempingen goed verspreid over de Krimpenerwaard te zijn verdeeld met het oog op de opschaalbaarheid van het onderzoek. Tabel 14 geeft een overzicht van de selectiecriteria bij de locatiekeuze.

Tabel 14. Criteria voor locatieselectie

Primaire criteria	Secundaire criteria
1: Locatie binnen groep A of B (Bodembeheerplan)	1: Locaties geselecteerd voor VL
2: Vijf locaties per categorie dempingmateriaal	2: Analyses metalen, PAK of EOX in dempingmateriaal voorhanden
3: Locatie geselecteerd voor verspreidingsonderzoek	3: Geografische spreiding van locaties
	4: Toekomstige functie

Als eerste onderzoeksactiviteit in fase II zullen de geselecteerde dempingmaterialen worden gescreend op beschikbaarheid van metalen en organische microverontreinigingen zoals PAK en PCB. Dit zal gebeuren met respectievelijk extractie met verdund salpeterzuur voor metaalanalyses en inductie van EROD-activiteit door PAK of PCB. De analyses worden in duplo gedaan.

Wanneer door deze screening van verdachte dempingmaterialen werkelijk sprake blijkt te zijn van beschikbare hoeveelheden contaminanten, dan zal verder effectgericht onderzoek worden uitgevoerd, eerst op dempingniveau, en zo nodig later ook op gebiedsgerichte schaal. Als criterium voor verhoogde beschikbaarheid wordt genomen het voorkomen van beschikbare concentraties hoger dan het 90-percentiel van de referentiemetingen in tenminste één van de vijf locaties binnen een categorie. Per locatie wordt een gemiddelde van een duplo meting vergeleken met de referentie.

### Toekomstige bodemcondities

Het is in de huidige situatie niet mogelijk om dempingen te vinden in situaties representatief voor de verschillende *toekomstige* bestemmingen. Om dit te ondervangen kan worden besloten om de omstandigheden van de verschillende bestemmingen na te bootsen en grond van de verschillende dempingen een periode in het laboratorium te incuberen bij deze omstandigheden. Gekozen is om die variabelen te variëren die van invloed zijn op de biologische beschikbaarheid van verontreinigingen, te weten vochtgraad, zuurgraad en organisch stofgehalte van de bodem. De inrichtingsdoelen die gepland zijn kunnen ingedeeld worden als zijnde droog, vochtig en nat wat betreft waterhuishouding (droog: agrarisch gebruik; vochtig: graslanden; nat: veenheide, struweel en bos) en neutraal/zuur en zuur wat betreft zuurgraad (zuur: veenheide; neutraal/zuur: andere typen) (tabel 15). Onder veenheide zal tevens een hoger organisch stofgehalte bereikt worden dan onder de andere inrichtingsdoelen.

Tabel 15. Abiotische kenmerken van de verschillende gebruikerstypen, relevant voor de biobeschikbaarheid van verontreinigingen (vgl. Bal et al., 1995).

Type	Vocht	pH	Organisch stofgehalte
Agrarisch gebruik	Droog	4.8-5.2	Gemiddeld
Grasland	Vochtig	5.-7.5	Gemiddeld
Bloemrijk grasland	Vochtig	4.5-7.5	Gemiddeld
Nat Schraalgrasland	Nat	3.5-7	Gemiddeld
Veenheide	Nat	0.5-3.5	Hoog
Struweel	Vochtig/nat	3.5-6	Gemiddeld
Bosgemeenschap	Vochtig/nat	5-7	Gemiddeld

Op een demping is de kans op ontwikkeling van het type veenheide beperkt vanwege de nutriëntenrijkdom en de moeilijk te realiseren randvoorwaarde m.b.t. bodemvochtigheid bij afwezigheid van de mogelijkheid van plaggen. Het is daarom minder relevant de karakteristieke omstandigheden van zure en natte bodem na te bootsen.

De andere typen landgebruik die gepland zijn in de Krimpenerwaard kunnen gerealiseerd worden onder zwak zure (pH=4.5), vochtige omstandigheden met een gemiddeld organisch stofgehalte (tabel 15). In de experimenten zullen de omstandigheden als zodanig ingesteld worden. Voor uitvoering van de experimenten zullen de gronden enig tijd (ongeveer 2 weken) geïncubeerd worden.

