



Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat  
Directie Zeeland  
RIZA

# Baggerspeciebergiging Hansweert

## Milieu-effectrapportage

Bijlage bij de vergunningaanvraag voor  
instandhouding van een baggerspeciedepot  
nabij Hansweert

augustus 1996

- Blz. 51: tabel 5.1 kop fluorantheen: toelaatbare emissie fluorantheen moet zijn "1 µg/m<sup>2</sup>.jaar (0,01 g/ha.jaar)";
- Blz. 54: inzet, laatste regel vervolgen met: "...duidelijk positief verloopt.";
- Blz. 61: 2e kolom, 8e regel: "In de opvolgende figuur" moet zijn "In de figuren op blz. 62 en 63...";
- Blz. 78: nog toevoegen  
"OVERZICHT BIJLAGEN":
  - \* Bijlage 1: Dwarsprofiel over aangelegd depot
  - \* Bijlage 2: Situatie bemonsteringspunten monitoring grondwater
  - \* Bijlage 3: Bemonsteringsresultaten punt A1
  - \* Bijlage 4: Bemonsteringsresultaten punt A2
  - \* Bijlage 5: Bemonsteringsresultaten punt B1
  - \* Bijlage 6: Bemonsteringsresultaten punt B2
  - \* Bijlage 7: Bemonsteringsresultaten punt C
  - \* Bijlage 8: Bemonsteringsresultaten punt 7
  - \* Bijlage 9: Situering aanvullend grondonderzoek 1993/1994;
- Blz. 80: bijschrift punt 7 moet zijn: "7 = noord-zijde depot, peilfilter op NAP-10 m";
- Blz. 86: tabel vervangen door tabel met langere reeks waarnemingen.



# Inhoudsopgave

<b>0.0 Samenvatting</b>	<b>pag 5</b>
0.1 Taakstelling en resultaat	pag 5
0.2 Bestaande toestand van het milieu	pag 7
0.3 Aanvullende maatregelen	pag 12
<b>1.0 Voorwoord</b>	<b>pag 19</b>
<b>2.0 Probleem- en doelstelling/aanpak en werkwijze</b>	<b>pag 21</b>
<b>3.0 Aanleg baggerspeciedepot/milieu-aspecten</b>	<b>pag 23</b>
<b>4.0 Bodem en grondwater</b>	<b>pag 29</b>
4.1 Geohydrologische beschrijving van het studiegebied	pag 29
4.2 Transport van verontreinigingen via het grondwater	pag 35
4.3 Toetsing aan Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie	pag 43
4.4 Toetsing aan Wet Bodembescherming	pag 46
<b>5.0 Oplossingsmogelijkheden</b>	<b>pag 49</b>
5.1 Algemene beschouwing	pag 49
5.2 Beperking advectief transport	pag 50
5.3 Beperking diffusief transport	pag 51
5.4 Damwandoplossing	pag 52
5.5 Geohydrologische isolatie	pag 54
5.6 Alternatieven voor landschappelijke inrichting	pag 55
<b>6.0 Effectiviteit kansrijke oplossingen</b>	<b>pag 57</b>
6.1 Geotechnische isolatie d.m.v. een damwand	pag 57
6.2 Geohydrologische isolatie d.m.v. bronnering	pag 58
6.3 Voorkeursoplossing/meest milieuvriendelijk alternatief	pag 63
<b>7.0 Leemten in kennis</b>	<b>pag 67</b>
<b>8.0 Verantwoording richtlijnen</b>	<b>pag 69</b>
Begrippen- en afkortingenlijst	pag 71
Literatuurlijst	pag 75
Colofon	pag 77
Bijlagen	pag 79

# Inhouds

1. Inleiding

2. Bestemmingsplan

3. Milieuvervalsing

4. Natuur

5. Cultuur

6. Monumenten

7. Archeologie

8. Landschap

9. Water

10. Lucht

11. Bodem

12. Geluid

13. Straling

14. Samenhangende wet- en regelgeving

15. Conclusie

16. Bijlagen



# 0.0 Samenvatting

## 0.1 Taakstelling en resultaat

### Waarom een MER?

Op 10 januari 1989 verleenden Gedeputeerde Staten van Zeeland aan Rijkswaterstaat directie Zeeland een stortvergunning voor de berging van ongeveer 180.000 m<sup>3</sup> verontreinigde baggerspecie, klasse 3 en 4, in de tot gronddepot bestemde voormalige buitenhaven van Hansweert. De baggerspecie die daarin moest worden gestort kwam uit de bodems van een viertal te saneren Oosterscheldehavens. De bedoeling was dat de put daarna zou worden volgestort met een ongeveer zeven meter dikke laag schone specie, die vrijkwam bij de verbreding van het Kanaal door Zuid-Beveland. Een tegen deze plannen door de Zeeuwse Milieu Federatie en het Comité Leefbaarheid Hansweert ingediend schorsingsverzoek werd op 17 mei 1989 door de Raad van State afgewezen, omdat het op deze manier bergen van de afvalstoffen

doelmatig en in milieu-hygiënisch opzicht aanvaardbaar werd geacht.

Maar in de bodemprocedure vernietigde de Raad van State op 14 augustus 1991 de stortvergunning toch, op formele gronden naar aanleiding van het daartegen ingestelde beroep. Het ging daarbij om de bergingspotentie van het hele depot - die meer dan 500.000 m<sup>3</sup> bedroeg - en de stortplaats werd daarom in beginsel als m.e.r.-plichtige activiteit aangemerkt.

### Depot al klaar/ gedoogsituatie

Het storten van de verontreinigde baggerspecie was echter al in juli 1990 voltooid. Men was intussen al bezig met het aanbrengen van de bovenste laag afdekgrond. De bedoeling was, wanneer deze grond na verloop van tijd voldoende zou zijn ingedikt, om op die plaats een groenvoorziening als landschappelijke afwerking aan te brengen. Gedeputeerde Staten van Zeeland legden op 10 sep-





tember 1991 bestuursdwang op, waardoor het werk moest worden gestaakt.

Deze maatregel werd, na een verzoek van Rijkswaterstaat tot schorsing, op 3 oktober 1991 door de Raad van State opgeheven. De motivering was dat het belang van het consequent handhaven van milieubepalingen in dit geval niet opwoog tegen de belangen van veiligheid en voortgang in de afwerking van het depot. Waarbij ook rekening werd gehouden met de toezegging van Rijkswaterstaat, om alsnog aanvullende maatregelen te zullen treffen indien de noodzaak daartoe uit het MER mocht blijken. Voorwaarde was ook dat tijdens de voortzetting van het werk de voorschriften zouden worden nageleefd die waren verbonden aan de vernietigde Afvalstoffenwet-vergunning. De grondberging is intussen onder die condities voltooid.

Om deze gedoogsituatie alsnog in vergunningsverband te brengen, volgens de thans vigerende Wet milieubeheer (Wmb), is deze m.e.r.-procedure gestart. Rijkswaterstaat directie Zeeland treedt daarbij op als initiatiefnemer en Gedeputeerde Staten van Zeeland zijn daarvoor het bevoegde gezag.

### *Uitgangspunten*

In dit MER vindt u een beschrijving van het onderzoek naar mogelijk optredende belangrijk nadelige milieu-effecten als gevolg van de aanleg van het baggerspeciedepot nabij Hansweert. Zowel de bestaande toestand van het milieu als de mogelijke effecten van aanvullende maatregelen zijn daarbij uitvoerig bekeken.

In dit MER zult u geen alternatieven als "niet bergen" of "alsnog elders bergen" aantreffen. Voor de problematiek van de "Oosterscheldespecie" werden deze oplossingen van het begin af aan als niet reëel terzijde geschoven. Omdat andere bergingslocaties ontbraken en verdergaande afvalverwerking niet zinvol kon gebeuren, dient deze bergingsactiviteit als feitelijk gegeven te worden beschouwd (onomkeerbare situatie). Wel is de situatie in 1988, dus vóór de aanleg van het depot, als theoretische uitgangssituatie aangemerkt (referentie) voor beoordeling van de thans aanwezige toestand met aangelegd depot.

### *Geen acute bedreiging aanwezig*

Uit de bij het onderzoek opgestelde berekeningen blijkt dat het depot in de huidige vorm geen acute bedreiging vormt voor de kwaliteit van het grondwater in de omgeving van Hansweert. De thans beschikbare resultaten van grondwateranalyses bevestigen dit. Op zeer lange termijn (na ca 3000 jaar) is er in het watervoerende pakket onder Hansweert een zekere invloed te verwachten van milieugevaarlijke stoffen, afkomstig uit de vroegere havenbodem. Daarna zal het nog duizenden jaren duren voordat het ondiepe grondwater in Hansweert wordt beïnvloed door stoffen die uit het depot zelf afkomstig zijn.

In het modelonderzoek, waarop deze prognoses zijn gebaseerd, werd voor onzekere factoren vanuit het voorzorgsbeginsel een veilige benadering aangehouden (worst-case-benadering). Dit houdt in dat de milieugevolgen in werkelijkheid geringer zullen zijn dan volgens de berekeningen wordt voorspeld. Bedoelde milieugevolgen zouden helaas ook grotendeels zijn opgetreden wanneer het depot niet was aangelegd, omdat door verstoring de reeds vroeger met PAK's opgeladen havenbodem (0-situatie) aangemerkt moet worden als de belangrijkste bron van verontreiniging.

### *Een monitoringsprogramma als eerste opdracht*

Na toetsing blijkt dat op lange termijn een ingreep nodig is om ongewenste verspreiding van milieugevaarlijke stoffen tegen te gaan. Met de huidige stand van de techniek wordt hierbij gedacht aan de methode van geohydrologische isolatie. Daarmee worden de onder het depot uitgelekte verontreinigde stoffen door middel van grondwateronttrekking verwijderd, voordat verdere verspreiding via het diepe grondwater in de richting van Hansweert kan plaatsvinden.

Het tijdstip waarop dat moet gebeuren kan worden bepaald via periodieke bemonstering van het diepe grondwater, monitoring genoemd. Onder tussen kan door verdere studie tevens meer inzicht worden verkregen in het verspreidingsgedrag van milieugevaarlijke stoffen, zodat de huidige prognoses beter op de toekomstige werkelijkheid kunnen worden afgestemd.





*Overslag vervuilde baggerspecie via transportband.*

De meest voor de hand liggende aanvullende maatregel bestaat uit het pas op lange termijn installeren van een systeem van geohydrologische isolatie voor het onttrekken van vervuild grondwater. Thans dient daarom alleen een monitoringsprogramma te worden opgesteld, waarmee periodiek de omvang en mate van verspreiding van milieugevaarlijke stoffen vanuit het depot via het grondwater in de richting van Hansweert kan worden vastgesteld.

## 0.2 Bestaande toestand van het milieu

### Depotlocatie

Tijdens de verbreding van het Kanaal door Zuid-Beveland en de bouw van het nieuwe sluis-complex bij Hansweert was reeds besloten om de oude voorhaven te benutten als gronddepot voor berging van bij de kanaalwerken vrijkomende grond. Toen in 1988 geen andere geschikte plaats kon worden gevonden voor berging van een groot deel van bij de sanering van Oosterscheldehavens vrijkomende verontreinigde baggerspecie, is, na positief onderzoek over de geschiktheid, besloten om deze vervuilde specie onderin dit gronddepot te storten.

Het depot kon worden gevormd door afdamming van de oude voorhaven met een ringdijk van ongeveer 250 meter lengte, op een hoogte van NAP+5,50 m. Hierdoor werd een bassin verkregen met een inhoud van ongeveer 1 miljoen m<sup>3</sup>, bij een oppervlakte van circa 11 hectaren en een bodemdpte van ca NAP-6,00 m. De bodem is kleihoudend en slecht waterdoorlatend. De zijdelingse begrenzingen bestaan uit waterkerende dijken, met een meer verschillende samenstelling en een wisselende waterdoorlatendheid.

### Vergunningvoorwaarden

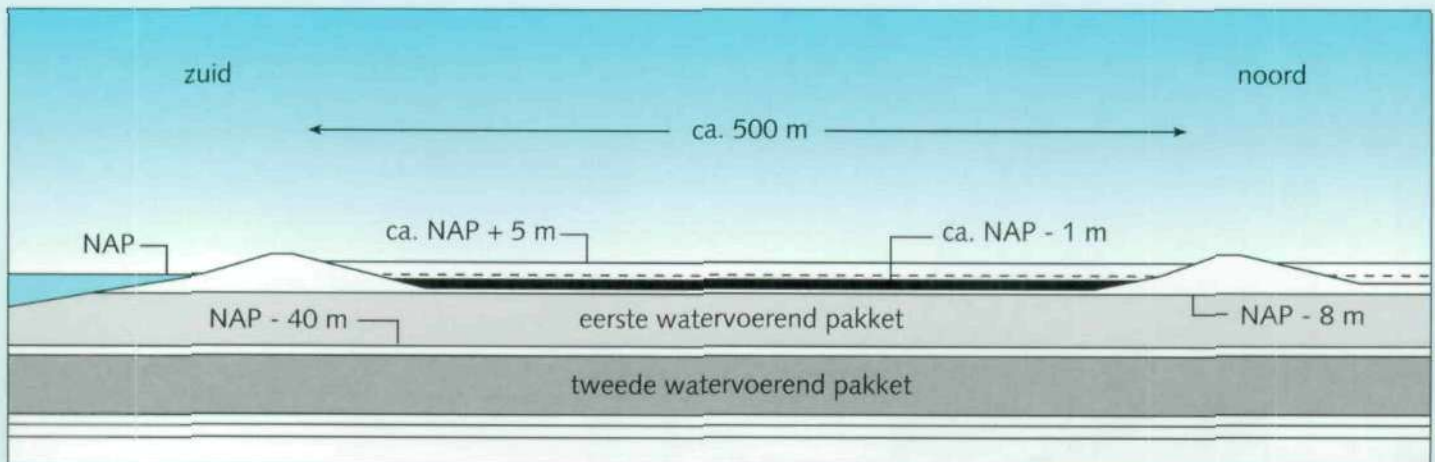
Het depot in Hansweert werd aangelegd volgens de voorschriften van de daartoe verleende WVO- en Afvalstoffenwetvergunningen. De WVO-vergunning betref vooral verwerking van het transportwater tijdens de uitvoering. De Aw-vergunning betref de aanleg van het depot als afvalstoffen-inrichting, waarvan de belangrijkste voorwaarden waren:

- verontreinigde specie zal worden geborgen tot een niveau van ten hoogste NAP-1,00 meter;
- voor afdekking van de verontreinigde specie zal uitsluitend schone grond worden gebruikt;
- aan de binnenzijde van de ringdijk rondom de inrichting dient een drainconstructie te worden aangelegd onder een helling van 0,1% en wel zodanig, dat de drain uitmondt in een put op een niveau van NAP-0,50 meter; uit deze put zal jaarlijks een watermonster worden genomen;
- in de dijk aan de noordzijde van het depot zal een controlebuis worden geplaatst, waaruit jaarlijks een monster grondwater zal worden genomen;
- de hierboven genoemde monsters zullen worden onderzocht op de aanwezigheid van PAK's, lood en koper.

### Belangrijkste milieuaspecten

Volgens de richtlijnen dienen bij het onderzoek naar de bestaande toestand van het milieu in ieder geval de belangrijkste milieuaspecten te worden meegenomen. Dat zijn voor wat betreft het baggerspeciedepot Hansweert de volgende aspecten:





Figuur 0.1: Schematische doorsnede in zuid-noord richting over het depot Hansweert

- waterbodem en oppervlaktewater
- bodem en grondwater
- woon- en leefmilieu en externe veiligheid
- landschap en bodemgebruik.

### Waterbodem en oppervlaktewater

De oude voorhaven in Hansweert was de laatste jaren al opgeslibt tot ca NAP-4,00 meter. Op dit reeds in dezelfde mate verontreinigde havenslib werd de verontreinigde baggerspecie gestort tot maximaal NAP-1,00 meter. Het vervuilde stortwater werd overeenkomstig de voorwaarden van de WVO-vergunning na bezinking op de Westerschelde geloosd.

Vervolgens werd bij de opvulling van het depot met schone grondspecie een randdrainage aangelegd op NAP-0,50 meter, voor afvoer van het daarboven aanwezige schone grondwater. Het bij opvulling vrijkomende stortwater werd na bezinking eveneens op de Westerschelde geloosd.

Bij de afwerking van het depot werd aan de buitenzijde een ringsloot gegraven, met een bodemligging op NAP+3,80 meter, voor afvoer van overtollig hemelwater. De afvoerstromen van randdrainage en ringsloot worden gescheiden verzameld in een stortput, waarna lozing kan plaatsvinden op de Westerschelde. De kwaliteit van de afvoerstromen wordt periodiek via bemonstering gecontroleerd.

### Bodem en grondwater

De beschrijving van dit milieu-aspect vindt hierna via aparte deelaspecten plaats.

### De ondergrond

Wanneer we de Grondwaterkaart van Nederland bekijken, die als referentie werd gebruikt, zien we dat de ondergrond er rond Hansweert sterk geschematiseerd als volgt uitziet:

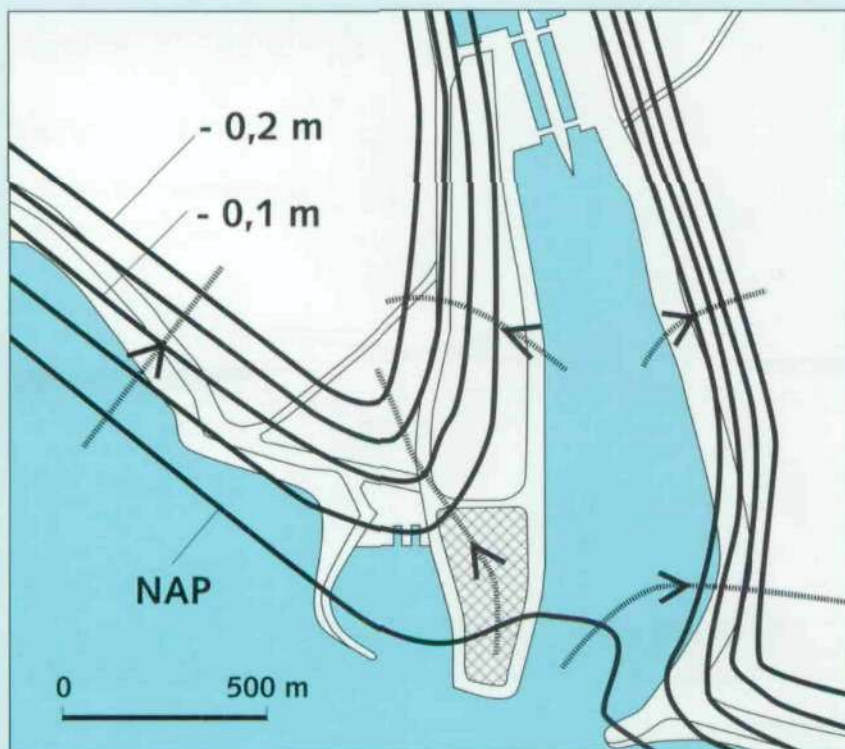
- holoceen afdekkend pakket tot  $\pm$  NAP-8,00 meter, bestaande uit klei- en veenlagen, met een verticale weerstand van totaal 2000 tot 5000 etmalen; in de zandige kreekrug onder Hansweert is de verticale weerstand totaal ca 500 etmalen;
- eerste watervoerend pakket van  $\pm$  NAP-8,00 tot  $\pm$  NAP-40,00 meter, bestaande uit pleistocene slibhoudende zandafzettingen met een horizontaal doorlaatvermogen van totaal ca 150 m<sup>2</sup>/etmaal;
- eerste scheidende laag tot  $\pm$  NAP-45,00 meter, bestaande uit slecht doorlatende klei- en leemlagen met een verticale weerstand van totaal ca 200 etmalen;
- tweede watervoerend pakket tot  $\pm$  NAP-80 meter, bestaande uit wisselende zandafzettingen met een horizontaal doorlaatvermogen van totaal ca 250 m<sup>2</sup>/etmaal;
- geohydrologische begrenzing op  $\pm$  NAP-80 meter, die gevormd wordt door de oligocene stugge harde kleiformatie van Rupel (Boomse klei).

In figuur 0.1 is een schematische voorstelling van de ondergrond van het gebied weergegeven.

### Grondwaterstroming nabij Hansweert

De grondwaterstroming in de omgeving van Hansweert wordt bepaald door het potentiaalver-





Figuur 0.2: Lijnen van gelijke stijghoogten van het grondwater in het eerste watervoerend pakket in de huidige situatie

schil tussen de waterstanden op de Westerschelde, die in direct contact staan met het eerste watervoerende pakket, en de binnendijs aanwezige lage polderpeilen. Via dit pakket stroomt infiltratiewater met een snelheid van 1,5-2,5 meter per jaar noordwaarts in de richting van de polders. Daar kwelt het na een zekere verblijftijd via de holocene deklaag en kreekruggen op in het open watergangstelsel. De infiltratie via het depot heeft daarop slechts een geringe extra invloed. Daardoor is het stromingspatroon in het eerste watervoerend pakket in de huidige situatie vrijwel gelijk aan de vroegere situatie zonder depot. In figuur 0.2 wordt het stromingspatroon voor de huidige situatie weergegeven.

### Grondwaterstroming in het depot

Vanwege het neerslagoverschot en een hoge verticale weerstand van de ingebrachte specie, wordt voor de grondwaterstand in het depot als veilig uitgangspunt de maaiveldhoogte aangehouden. Langs de omtrek van het depot is op NAP-0,50 m een drainage aangebracht en op maaiveldniveau is een ringsloot gegraven. Daarmee wordt grondwaterverzadiging voorkomen en wordt zijdelingse afstroming van grond- en oppervlaktewater via de ringdijken tegengegaan. De werking van

het drainagesysteem wordt niet door het getij beïnvloed omdat de doorwerking van het getij op het freatisch grondwater in het dijklichaam beperkt blijft tot een zone van ongeveer 25 meter. Door deze omstandigheden vindt vanuit het depot als gevolg van het hydrostatische drukverschil een neerwaarts gericht transport plaats naar het eerste watervoerende pakket (verticaal advectief transport of inzijing genoemd).

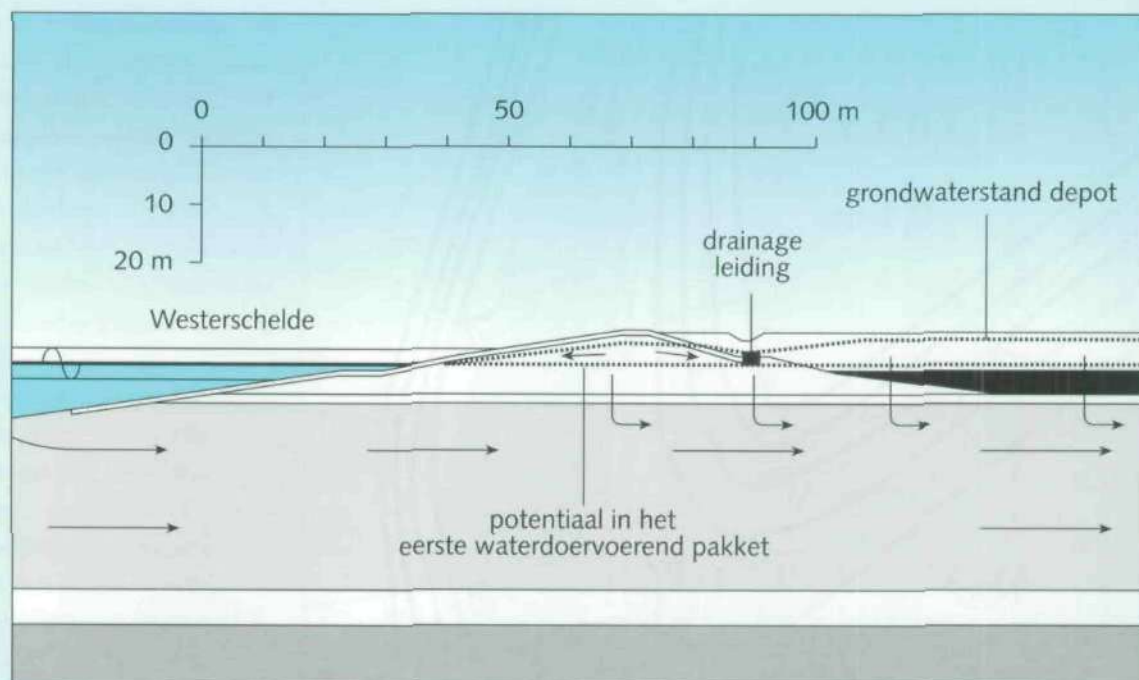
### Nader grondonderzoek

Een eerste studie van het Waterloopkundig Laboratorium (WL) bracht een aantal onduidelijkheden aan het licht over de aanwezigheid en ligging van de kleilaag tussen de specie en het onderliggende watervoerende pakket, de dikte van deze kleilaag en de precieze hydraulische weerstanden van de specie. Om daar meer duidelijkheid in te krijgen werd een aantal sonderingen en boringen uitgevoerd, gecombineerd met een aantal chemische en fysische analyses. De resultaten daarvan werden neergelegd in het rapport "Aanvullende verspreidingsberekeningen Hansweert" dat in mei 1994 verscheen.

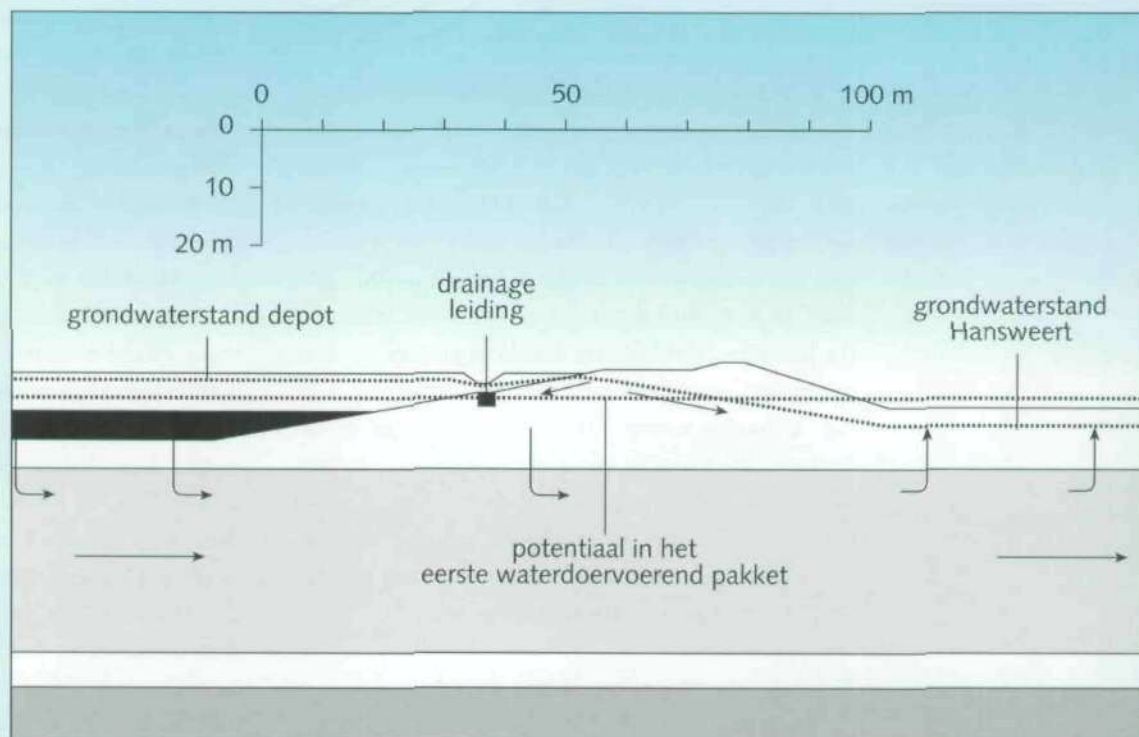
Uit de analyses blijkt dat het afdekmateriaal in het depot zeer lage tot niet meetbare concentraties aan PAK's bevat. In de Oosterscheldespecie daarentegen zijn de concentraties PAK's aanzienlijk hoger. De concentraties PAK's in het op de oude havenbodem reeds aanwezige havenslib zijn daarmee vergelijkbaar. Het watervoerend pakket is schoon, maar de tussenliggende kleilaag blijkt, in tegenstelling tot de verwachtingen, geroerd en aanzienlijk vervuild te zijn. Hiervoor kan de volgende verklaring aannemelijk zijn.

De voorhaven van Hansweert werd omstreeks 1865 aangelegd en is sindsdien veelvuldig uitgebaggerd om de haven op diepte te houden. Dit werk werd in het verleden veelal uitgevoerd met zogenaamde 'emmerbaggermolens'. De afstelling van de ladder op een precieze diepte werd ter plaatse erg bemoeilijkt door het snel verlopende getij, waardoor mogelijk veelal zekerheidshalve een extra overdiepte werd gebaggerd. Het is hoogst waarschijnlijk dat de kleilaag, die zich oorspronkelijk onder NAP-6,00 meter bevond, tijdens het baggerwerk werd vermengd met het aanwezige havenslib en daardoor tevens werd verontreinigd.

Figuur 0.3: Schematisch beeld van het stromingspatroon in de omgeving van de zuidelijke ringdijk.



Figuur 0.4: Schematisch beeld van het stromingspatroon in de omgeving van de noordelijke begrenzing van het depot in de richting van Hansweert.



Volgens de door het WL uitgevoerde modelberekeningen bedraagt de infiltratiesnelheid door het depot heen naar het eerste watervoerende pakket gemiddeld 5 mm per jaar.

In figuur 0.3 en figuur 0.4 wordt een schematisch beeld gegeven van het stromingspatroon bij de zuidelijke en noordelijke begrenzingen van het depot.

#### Verontreiniging via het grondwater

Vanuit de voorhaven c.q. het depot kunnen verontreinigingen doordringen in het eerste watervoerende pakket. Vandaar worden ze in de richting van Hansweert getransporteerd. Dat gaat echter veel langzamer dan het grondwater zelf. Dit komt omdat de organische microverontreinigingen worden geabsorbeerd door de in het water-



voerend pakket aanwezige organische koolstof. De PAK's fenantreen en fluorantheen verplaatsen zich met een snelheid van ongeveer 2 en 0,3 cm per jaar. Dat betekent dat deze stoffen over een horizontale verplaatsing van één meter respectievelijk ongeveer 50 en 330 jaar doen. De overige PAK's verplaatsen zich nog langzamer.

Het opwaartse transport gaat nog veel langzamer. Berekeningen tonen aan dat een verticale verplaatsing van één meter respectievelijk 1428 en 8333 jaar gaat duren.

Voor het onderzoek zijn verspreidingsberekeningen gemaakt voor een tijdvak van 20.000 jaar. Gedurende de met de modellen doorgerekende periode van 20.000 jaar komen alleen de PAK's die zich thans in de verontreinigde kleilaag en in de oorspronkelijke havenbodem bevinden in het eerste watervoerende pakket terecht. PAK's die zich thans in de gestorte specie bevinden dringen in deze periode slechts door tot in de kleilaag onder het depot. Volgens deze modelberekeningen zullen pas na ruim 3000 jaar in het bovenste deel van het watervoerend pakket nabij Hansweert de streefwaarden voor fenantreen worden overschreden. Voor de andere PAK's zijn de termijnen nog langer. De uitloogsnelheid is dus uitermate gering.

### **Woon- en leefmilieu en externe veiligheid**

Hiermee worden de mensgerichte milieuaspecten bedoeld als gevolg van de aanwezigheid van het slibdepot, alsmede de aanwezige risico's door mogelijk optredende calamiteiten.

Na voltooiing van het slibdepot zijn geen klachten gemeld over hinderaspecten zoals stank-, geur-, trilling- en geluidhinder; van directe hinder is derhalve geen sprake meer.

Op zeer lange termijn kan wel indirecte hinder ontstaan door mogelijke verspreiding van milieu-gevaarlijke stoffen via het grondwater in de richting van Hansweert; de omvang daarvan kan naar huidig inzicht echter geen bedreiging vormen voor het leefmilieu. Risico's door calamiteiten kunnen mogelijk voortkomen uit de ligging van het depot nabij een belangrijk knooppunt voor de scheepvaart. Denkbaar is een calamiteit door aanvaring, waarbij de ringdijk van het depot zou kun-

nen inbressen en vervuilde specie in de Westerschelde kan uitspoelen. Naar analogie met scheepvaartrisco's voor waterkeringen in de omgeving wordt de kans van optreden als zeer klein (minder dan 1x per 10 miljoen jaar) en de daarbij vrijkomende hoeveelheid vervuilde baggerspecie als beperkt ingeschat

### **Landschap en bodemgebruik**

In november 1992 werd de afdeklaag van het speciedepot voltooid, met een hoogte in het midden van ca NAP+6,50 meter en glooiend naar de zijkanten tot NAP+5,50 meter. De oppervlaktelaag werd daarna doorgespit en geëgaliseerd en vervolgens bemest en ingezaaid.

Over de bestemming van het depotterrein bestaat nog geen duidelijkheid. De huidige afwerking hangt samen met de voorgenomen overdracht aan de gemeente Reimerswaal. Voor de inrichting daarvan lijkt slechts een keuze mogelijk tussen recreatief gebruik en een natuurbestemming.

Wel gelden enkele beperkingen voor de inrichting in verband met de specifieke ligging van het depot nabij de aanwezige scheepvaartsluizen. Met name de scheepvaart mag geen hinder ondervinden van de inrichting op een wijze die de verkeersafwikkeling kan belemmeren.

### **Milieutoetsing**

Ook al kan worden vastgesteld dat er geen sprake is van een geval van ernstige bodemverontreiniging in de zin van de Wet Bodembescherming en vormt de verontreinigde baggerspecie geen acute bedreiging voor het grondwater onder Hansweert, toch worden bij toetsing aan het Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie de volgende richtlijnen voor ontwerp en aanleg van baggerdepots overschreden:

- \* het berekende infiltratiedebiet door het depot heen bedraagt 5 mm/jaar, tegenover een na te streven richtlijn van maximum 2 mm/jaar;
- \* de na te streven beperking van emissies aan de onderzijde van het depot worden volgens berekening door de PAK-stoffen fenantreen en fluorantheen enigermate overschreden, waarbij in de huidige situatie de fluxen fenantreen en fluorantheen uit het depot naar het eerste



watervoerend pakket ca 17 % hoger zijn dan de fluxen die zouden zijn opgetreden indien het depot niet was aangelegd;

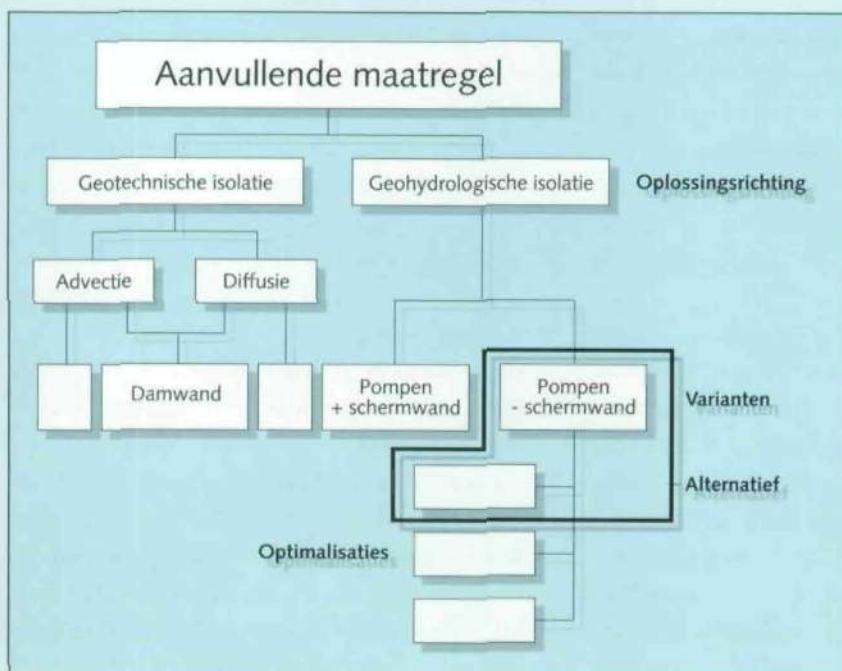
- \* de binnen 10.000 jaar na te streven beperking van het volume aan verspreiding in het grondwater wordt volgens berekening door de PAK-stof fenantreen met een factor 2 overschreden.

### 0.3 Aanvullende maatregelen

Omdat op basis van modelberekeningen het depot naar huidig inzicht niet voldoet aan alle richtlijnen uit het Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie, dient, overeenkomstig het ALARA-beginsel, gezocht te worden naar aanvullende maatregelen om de mogelijk optredende nadelige milieugevolgen te beperken. Daarom is onderzocht wat er in de toekomst gedaan kan worden om de verontreiniging in de richting van Hansweert tegen te gaan.

Om tot een voorkeursalternatief te komen zijn alle thans bekende maatregelen onderzocht en getoetst op haalbaarheid, effectiviteit en realiteitswaarde. In theorie bestaan er verschillende mogelijkheden om te voorkomen dat de verontreinigingen vanuit het depot in het grondwater van de omgeving terecht komen. Dat kan door geotechnische en door geohydrologische isolatie, waarvoor een aantal alternatieven werd onderzocht. Volgens de

*Structuurschema werkwijze ontwikkelen alternatieve oplossingsmogelijkheden*



m.e.r.-richtlijnen moet ook worden bekeken welke oplossing de beste bescherming biedt voor het milieu. Voorwaarde is wel dat de alternatieven realiteitswaarde hebben. Vanuit dat standpunt bekeken vielen al direct enkele mogelijkheden af, zoals totale ontmanteling van het depot of ontgraving van de specie tot de oorspronkelijke havenbodem om alsnog isolerende voorzieningen aan de onderzijde en op de taluds te kunnen aanbrengen, waarna de depotruimte weer geheel met vervuilde baggerspecie zou kunnen worden opgevuld.

In bijgaand structuurschema wordt de gevolgde werkwijze voor het ontwikkelen van alternatieve oplossingsmogelijkheden aangegeven.

### Geotechnische isolatie

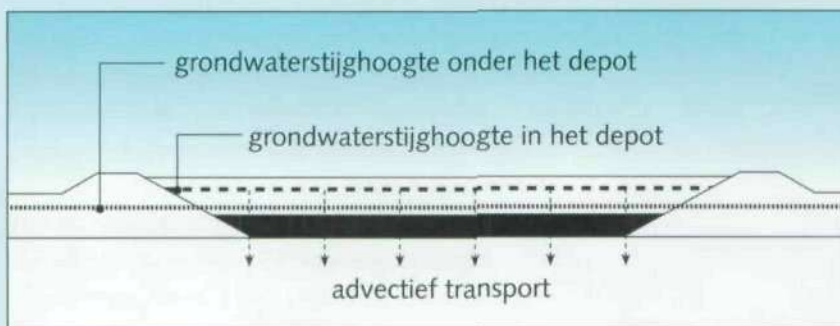
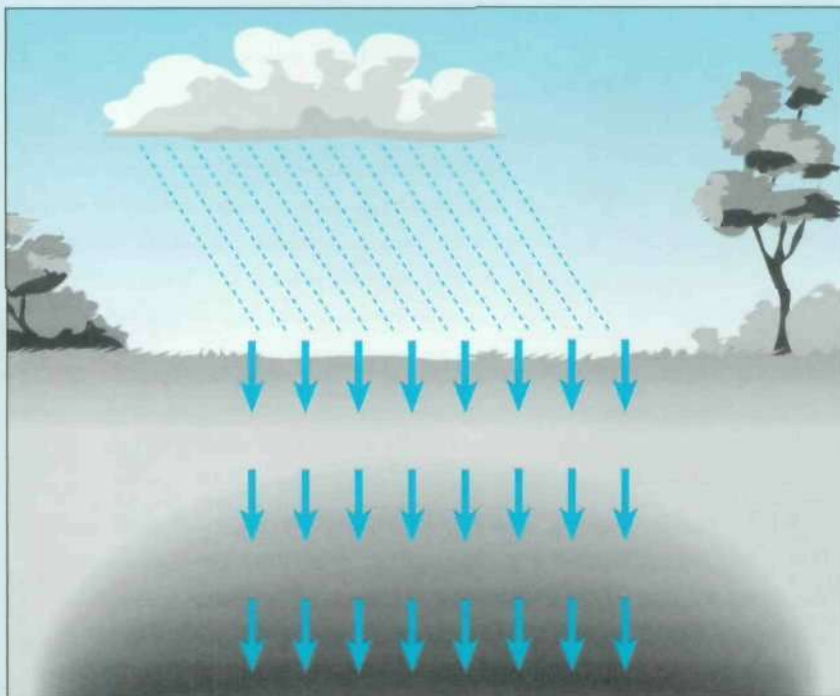
#### Beperking van het neerwaartse advectieve transport

Met neerwaarts advectief transport of inzijging wordt de verticale doorstroming van water door het depot heen bedoeld. De snelheid wordt bepaald door de weerstand van de grondlagen. Het neerwaartse advectieve transport kan **in theorie** worden beperkt door:

- het afdekken van het depot met een waterdichte laag of folie, waardoor indringing van neerslagwater wordt tegengegaan;
- het aanbrengen van een diepliggend drainage- of bronbemalingssysteem in de afdeklaag boven de verontreinigde specie, waardoor het grondwaterpeil wordt gereguleerd;
- het geforceerd verder verdichten van de aanwezige grondlagen in het depot, waardoor de totale weerstand tegen doorstroming zal toenemen (hetgeen op langere termijn door natuurlijke zetting eveneens zal plaatsvinden);
- het verhogen van de potentiaal of kweldruk onder het depot, waardoor een tegenstroom wordt opgewekt.

Maar ook als het verticale advectieve transport door het depot heen in haar geheel tot nul zou kunnen worden gereduceerd, zou als gevolg van het hier onafhankelijk optredende diffusieproces toch een overheersend transport van verontreinigingen plaatsvinden naar het eerste watervoerende pakket.





*Schematische weergave verticaal advectief transport*

**Reduceren van het advectieve transport is daarom geen effectieve maatregel. Er kan niet mee worden voorkomen dat de normfluxen uit het Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie worden overschreden. Passender maatregelen dienen derhalve te worden overwogen.**

#### **Beperking van het diffusief transport**

Verspreiding van verontreiniging is in de vroegere situatie met voorhaven vrijwel geheel en in de huidige situatie met depot voornamelijk het gevolg van diffusie. Met diffusief transport wordt het transport van stoffen via uitwisseling door concentratieverschillen bedoeld. Stoffen (en daarmee vervuilingen) worden als het ware heel langzaam vermengd met de omgeving.

Beperking van diffusie is **in theorie** mogelijk door middel van:

- a. Het aanbrengen van een diffusie-remmende laag, waarvoor binnen Rijkswaterstaat en het Waterloopkundig Laboratorium verschillende technieken in studie zijn genomen. Een diffusie-remmende laag dient op de bodem en op de taluds van het depot te worden aangebracht. Daarvoor moet het depot eerst worden ontgraven en later weer worden aangevuld. Een dergelijke ingreep is als optie bij de uitgangspunten terzijde geschoven. Op dit moment zijn geen andere technieken beschikbaar om een dergelijke bodemafluitende voorziening aan te brengen.
- b. In beginsel kan diffusief transport ook worden geremd door het opwekken van een tegengesteld opwaarts advectief transport (zie punt d hierboven). In maatregelen zou dat bij het depot Hansweert betekenen, dat het grondwaterniveau boven de depotbodem kunstmatig tot ver beneden de potentiaal van het eerste watervoerend pakket moet worden verlaagd, of dat de kweldruk in het eerste watervoerend pakket aanzienlijk moet worden verhoogd. Deze oplossing is niet realistisch omdat ze, gezien de aanwezige geohydrologische situatie, de technische uitvoering en de effecten op de omgeving, meer problemen oproept dan ze oplost.

## **Klassen**

*Baggerslib wordt onderscheiden in klassen, destijds BER-klassificatie (klassificatie in het Benedenrivierengebied), waarmee de mate van verontreiniging wordt aangeduid.*

*Nagenoeg schone specie met klasse 1 (beneden streefwaarde).*

*Licht vervuilde specie met klasse 2 (beneden grenswaarde).*

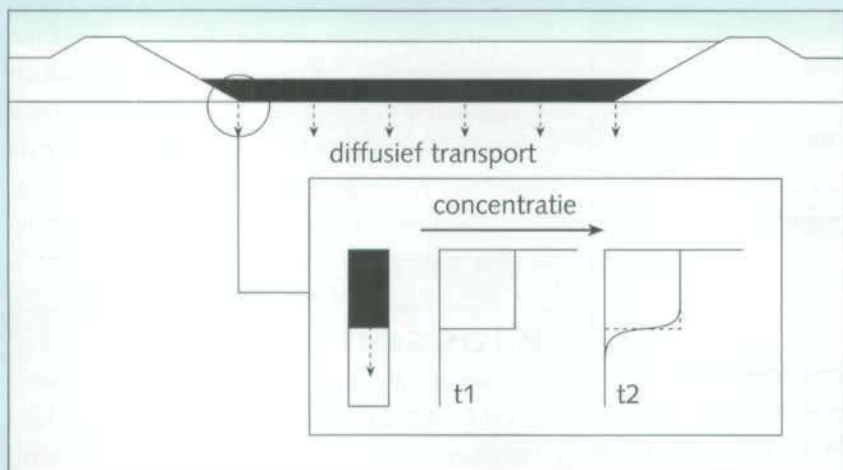
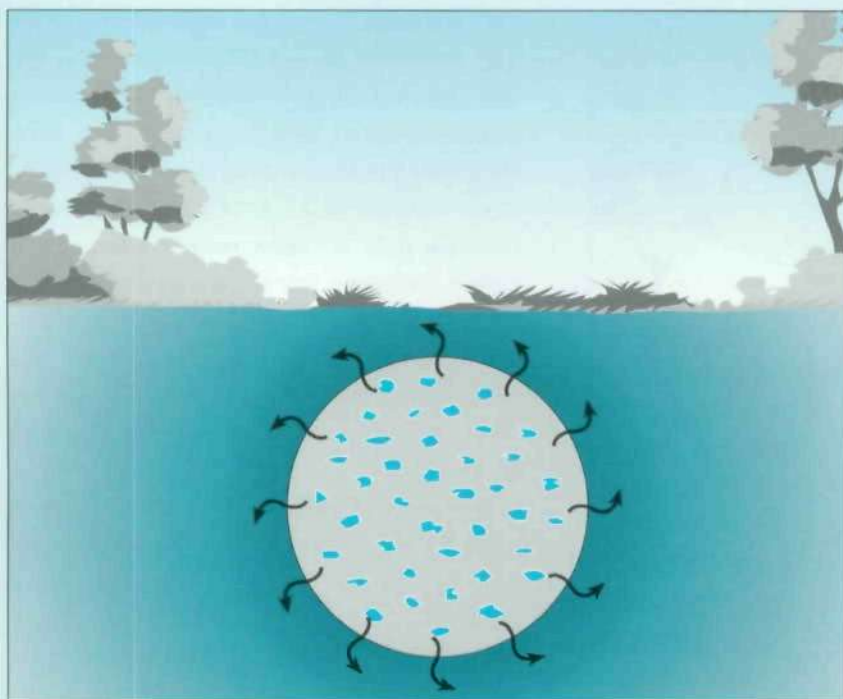
*Matig verontreinigde specie met klasse 3 (beneden interventiewaarde).*

*Sterk verontreinigde baggerspecie met klasse 4 (boven interventiewaarde).*

#### **Beperking van de verspreiding door middel van een damwand**

Verspreiding van verontreiniging vanuit het depot naar de omgeving kan ook worden beperkt door het aanbrengen van een damwandkuip rond-





*Schematische weergave diffusief transport*

om het depot, tot in de eerste waterscheidende laag op een diepte van NAP-40 meter (zie schematische weergave).

Deze mogelijkheid werd uitgebreid door het WL onderzocht. Hiermee kan tot op middellange termijn verspreiding naar de omgeving worden voorkomen. Op de lange duur kunnen verontreinigingen zich echter alsnog verplaatsen naar het eerste watervoerende pakket (via lekverliezen en/of diffusie) en naar het tweede watervoerende pakket (via infiltratie en diffusie). Uit berekeningen blijkt dat bij een damwandoplossing de verspreiding naar de omgeving na 50.000 jaar een factor 1000 groter is dan bij het hierna te bespreken alternatief van geohydrologische isolatie. Mogelijk valt deze

verspreiding te voorkomen door het ingesloten gebied wisselend periodiek te bemalen en van schoon water te voorzien. Ook retourbemaling is mogelijk door het na zuivering weer injecteren van het opgepompte water.

Een hoogwaardige damwandoplossing is in deze situatie en omstandigheden moeilijk te realiseren, omdat er controleerbare hoge technische eisen gesteld moeten worden aan uitvoering en nazorg. En op zeer lange termijn zijn hoogstwaarschijnlijk toch nog aanvullende maatregelen nodig.

### *Geohydrologische isolatie (of onttrekking van grondwater)*

Een andere mogelijke maatregel om de verspreiding van verontreinigde stoffen te beperken is het bemalen van het eerste watervoerende pakket. Hierbij wordt het verontreinigde grondwater onder het depot weggepompt. Het opgepompte water kan eventueel na zuivering worden geloosd op de Westerschelde of weer worden geïnjecteerd (retourbemaling). De concentraties verontreinigde stoffen in het opgepompte water zullen gering zijn omdat behalve het verontreinigde grondwater ook schoon grondwater wordt aangetrokken. De bemaling kan zowel periodiek als continu worden ingezet. Bij deze oplossing hoort een goed functionerend monitoringssysteem en een effectief bemalingsplan.

**Deze maatregel lijkt technisch goed uitvoerbaar en is als oplossingsrichting nader uitgewerkt, verder aangeduid als “geohydrologische isolatie”.**

### **Varianten van geohydrologische isolatie**

Het Waterloopkundig Laboratorium heeft voor het alternatief geohydrologische isolatie een tweetal varianten onderzocht. Dit onderzoek richtte zich op de meest mobiele van de verontreinigingen, het PAK fenantreen. Daarbij ging het om:

- de inschatting van het effect van de geohydrologische isolatietechnieken op de verspreiding van microverontreinigingen naar de omgeving, en om
- de optimalisatie van de werking van geohy-

Schematische weergave ringvormige damwandkuip



Schematische weergave geohydrologische isolatie



drologische isolatie, afhankelijk van capaciteit en positionering van de onttrekkingsputten.

**Variante 1** voorziet in een schermwand aan de west- en noordzijde van het depot, dat doorsteekt tot in het eerste watervoerende pakket. Daarbinnen vindt onder het depot bemaling plaats via een of meer onttrekkingsputten. Deze putten worden gebruikt om de verontreinigingen, die door het advectief en diffusief transport in het eerste watervoerende pakket terechtkomen en vervolgens in de richting van Hansweert worden verspreid, weg te pompen.

De berekeningen laten zien dat voor een effectieve werking van de schermwand deze wand moet worden doorgetrokken tot op de scheidende laag onder het eerste watervoerende pakket.

Bij **variant 2** worden onder het depot alleen een of meer onttrekkingsputten gemaakt.

De berekeningen laten zien dat de plaats van de pomp erg belangrijk is. Een pomp met een laag debiet op de juiste plaats is effectiever dan een pomp met een hoog debiet op een willekeurige plaats.

### Geoptimaliseerde varianten

Beide varianten blijken nagenoeg even effectief te zijn voor oplossing van het gestelde probleem. Voor beide varianten is daarom een aantal zogenaamde **optimalisaties** onderzocht. Dat zijn eigenlijk varianten op de varianten. Zo zijn voor variant 1 de mogelijkheden bekeken van een schermwand, in combinatie met een onttrekkingsput op verschillende lokaties en met wisselend onttrekkingsdebiet. Voor variant 2 werden vijf verschillende optimalisaties onderzocht, met onttrekkingsputten op verschillende lokaties en met wisselend onttrekkingsdebiet.

De conclusie is, dat een tweetal optimalisaties van variant 2 de beste resultaten opleveren en dat de 'meerwaarde' van een schermwand volgens variant 1 slechts gering is.

### De beste oplossingen

Het **meest milieuvriendelijke alternatief** (gedefinieerd als de oplossing waarbij aan alle ontwerpnormen uit het Beleidsstandpunt kan worden voldaan) blijkt de variant met een onttrekkingsput onder het noordwestelijke deel van het depot te zijn met een capaciteit van 15 m<sup>3</sup> per dag, in combinatie met een onttrekkingsput onder het centrale deel van het depot met een capaciteit van 80 m<sup>3</sup> per dag. Met deze oplossing kan de mogelijke verspreiding in het eerste watervoerend pakket van boven de streefwaarde vervuilde stoffen geheel binnen het normgebied (na 10.000 jaar gelijk aan de depotinhoud) worden gehouden.

**De meest doelmatige oplossing en dus voorkeursalternatief** is echter de variant met een onttrekkingsput onder het noordwestelijke deel van het depot met een capaciteit van 50 m<sup>3</sup> per dag. Daarmee kan de mogelijke verspreiding in het eerste watervoerend pakket van boven de streefwaarde vervuilde stoffen op de grens met Hansweert worden tegengehouden.



## Overzicht van de verspreidingseffecten

	Advectief transport door depot	Flux fenantreen in de richting van Hansweert na 1000 jaar	Volume eerste watervoerend pakket met concentraties hoger dan streefwaarde fenantreen na 10.000 jaar	Relatieve kosten maatregelen (excl. monitoring)
	[mm/jaar]	[mg/jaar]	[miljoen m <sup>3</sup> ]	
0-situatie (zonder depot)	0,001	1,9	1,1	n.v.t.
Huidige toestand (depot zonder maatregelen)	5	2,2	2,1	geen
Geotechnische isolatie met damwand rondom depot	< 5	0,6	3,5 (volume binnen damwandgebied)	relatief hoog
Geohydrologische isolatie (m.m.a./variant 2, optimalisatie 3)	> 5	0,00017	0,63	relatief laag

*N.B. De vermelde getalswaarden zijn resultaten van (veilige) modelberekeningen. De absolute waarden zijn daardoor te hoog. Voor een onderlinge vergelijking is dit echter geen probleem.*

Beide oplossingen zijn zonder noemenswaardige technische problemen en overlast voor de omgeving te realiseren. Afhankelijk van de kwaliteit van het opgepompte verontreinigde grondwater dient nog aanvullende zuivering plaats te vinden.

Het is echter niet zinvol om meteen al maatregelen te nemen. De verspreidingsberekeningen tonen immers aan dat pas over 3200 jaar mogelijke overschrijding van de streefwaarde in het eerste watervoerende pakket op de grens van het depot met Hansweert (inrichtingsgrens) te verwachten valt. Wel dient een monitoringsprogramma te worden opgesteld, waarmee periodiek de omvang en mate van verspreiding van milieuge-

vaarlijke stoffen vanuit het depot via het grondwater in de richting van Hansweert kan worden vastgesteld.

### Effecten

In bijgaande score-tabel wordt een overzicht gegeven van de verspreidingseffecten, zonder en met een tweetal in systematiek verschillende aanvullende maatregelen.

### Leemten in kennis/onzekerheden

Vanwege de bijzondere problematiek door zeer langzaam werkende processen bij verspreiding van milieugevaarlijke stoffen via het grondwater, moest bij de opstelling van dit MER voornamelijk



## De baggerspecie

De uiteindelijk ruim 187.000 m<sup>3</sup> aangevoerde en in het gronddepot te Hansweert gestorte verontreinigde baggerspecie bestaat voornamelijk uit slib dat is vervuild volgens klasse 3 en 4. De vervuiling bestaat hoofdzakelijk uit zogenaamde PAK's (polycyclische aromatische koolwaterstoffen).

De fysische samenstelling van de verontreinigde baggerspecie ziet er na het inbrengen, volgens een overall mengmonster, in gewichtsprocenten gemiddeld als volgt uit:

- zandfractie	> 63 µ	49 %
- slibfractie	< 63 µ	51 %
- lutum	< 16 µ	34 %
- organisch stofgehalte		8 %

De chemische samenstelling van de verontreinigingen in het mengmonster ziet er per parametergroep volgens BER-klassificatie gemiddeld als volgt uit:

metaal	olie	EOCL	PCB	PAK	Totaal
1	1	1	1	4	4

gebruik worden gemaakt van modelmatige simulatietechnieken. Voor onzekere factoren is daarbij vanuit het 'voorzorgsbeginsel' gewerkt met veilige aannames. In absolute zin is dus van een 'worst-case' voorspelling sprake. De werkelijk optredende milieugevolgen zullen minder nadelig zijn dan volgens de berekeningen worden geprognostiseerd. Voor onderlinge vergelijking van de verschillende situaties vormt dit echter geen probleem.

Door voortgaand onderzoek zullen de inzichten terzake toenemen, waardoor onzekerheden kunnen worden ingeperkt en nauwkeuriger voorspellingen over de toekomstige werkelijkheid mogelijk zijn.

## Monitoring

Fenantreen is één van de meest mobiele PAK's. Toch wordt het slechts zeer langzaam door de bodem getransporteerd. Daardoor zullen op korte termijn geen normoverschrijdende concentraties opkwellen in Hansweert. Het lijkt daarom niet nodig om per direct met de inrichting van het depot volgens één van de genoemde scenario's te beginnen. Op basis van de huidige inzichten geldt dat zelfs de meest doelmatige maatregel - geohydrologische isolatie d.m.v. onttrekkingsputten - pas over ca 3200 jaar operationeel hoeft te zijn. Door uitvoering van een monitoringsprogramma in het bovenste deel van het eerste watervoerende pakket, kan worden nagegaan hoe de daadwerkelijke verspreiding van verontreinigingen zich ontwikkelt. Afhankelijk van het moment waarop aan de grens met Hansweert concentraties groter dan de streefwaarde worden aangetroffen, kan het tijdstip worden bepaald waarop curatieve maatregelen moeten worden genomen.





# 1.0 Voorwoord

Het bijzondere van deze MER is dat het een MER achteraf betreft. Dat wil zeggen, dat de voorgenomen m.e.r.-plichtige activiteit (aanleg van een baggerspeciedepot) reeds is uitgevoerd. Het MER is daarom functioneel verbonden aan de procedure voor het verkrijgen van een instandhoudingsvergunning ingevolge de Wet Milieubeheer, als voorwaarde van de rechterlijke gedoogbeschikking op het beroep tegen de eerder toegepaste bestuursdwang door Gedeputeerde Staten van Zeeland.

De activiteit is daarmee als feitelijk gegeven aanvaard (onomkeerbare situatie) en het Rijk/Rijkswaterstaat heeft zich als initiatiefnemer verplicht aanvullende maatregelen te treffen indien de noodzaak daarvan uit het nog op te stellen MER mocht blijken. Dit betekent dat in het MER geen alternatieven voor situering en inrichting van het depot worden gezien, evenmin als heroverweging naar de zin en noodzaak voor berging van het vervuilde baggerslib.

Na uitbrenging van de Startnotitie zijn door Gedeputeerde Staten van Zeeland de Richtlijnen voor opstelling van het MER vastgesteld, waarna in een Plan van Aanpak de verschillende deelactiviteiten zijn ingepland. Als eerste actie werd een aanvullend monitoringsonderzoek ingesteld voor bepaling van de grondwatergesteldheid in en nabij het depot. Op basis daarvan kon de geohydrologische

situatie en de mogelijke verspreiding van milieu-gevaarlijke stoffen worden berekend. Daarnaast zijn de relevante overige belangrijke milieu-aspecten onderzocht en beschreven.

Het MER is vanwege de belangrijke grondwateraspecten opgesteld in samenwerking met het RIZA. Over de verspreiding via het grondwater vond advisering plaats door het Waterloopkundig Laboratorium te Delft, in samenspraak met de afdeling Milieubouw en Beleidsanalyse van de Bouwdienst van Rijkswaterstaat. Door de projectbegeleiders vond terugkoppeling plaats in een klankbordgroep met vertegenwoordigers van betrokken dienstonderdelen, het bevoegd gezag en de Inspectie Milieuhygiëne. Voorts werden redactionele adviezen en tekstbijdragen geleverd door een freelance-journalist.

De evaluatie-MER is, na beschrijving en toetsing van de bestaande toestand van het milieu (met aanwezig depot), gericht op beschrijving van alternatieve aanvullende maatregelen om mogelijk belangrijk nadelige milieugevolgen te beperken. Als resultaat van afweging van doelmatige en technisch haalbare maatregelen worden een voorkeursalternatief en een meest milieuvriendelijk alternatief gepresenteerd.

De Samenvatting is als separaat document in afwijkende kleur voorin dit MER opgenomen.



*Eindsituatie landschappelijke omgeving, met baggerspeciedepot op de voorgrond.*



## 2.0 Probleem- en doelstelling/aanpak en werkwijze

### *Waarom een milieu-effectrapportage?*

Gedeputeerde Staten van Zeeland verleenden op 10 januari 1989 aan Rijkswaterstaat directie Zeeland een stortvergunning ingevolge de destijds vigerende Afvalstoffenwet, voor berging van ongeveer 180.000 m<sup>3</sup> verontreinigde baggerspecie (klasse 3 en 4) in de, na afdamming, tot gronddepot bestemde voormalige buitenhaven van Hansweert. De baggerspecie die daarin moest worden gestort kwam uit de bodems van een viertal te saneren Oosterscheldehavens. De bedoeling was dat de put nadien zou worden volgestort met een ongeveer zeven meter dikke laag schone specie, die vrijkwam bij de verbreding van het Kanaal door Zuid-Beveland.

Een door de Zeeuwse Milieu Federatie en het Comité Leefbaarheid Hansweert tegen deze plannen ingediend schorsingsverzoek werd op 17 mei 1989 door de Raad van State afgewezen, omdat het op deze manier bergen van de afvalstoffen doelmatig en in milieu-hygiënisch opzicht aanvaardbaar werd geacht.

Maar in de bodemprocedure, op het eveneens door genoemde partijen daartegen ingestelde beroep, vernietigde de Raad van State op 14 augustus 1991 de stortvergunning op formele gronden, naar aanleiding van het uitgebrachte ambtsadvies. Argument was dat de gehele depotruimte in beginsel als potentiële stortplaats moet worden beschouwd, ongeacht de hoeveelheid daarin te bergen afvalstoffen. En omdat de omvang daarvan meer dan 500.000 m<sup>3</sup> bedroeg, werd de stortplaats als m.e.r.-plichtige inrichting aangemerkt. Er diende dus een nieuwe vergunningaanvraag te worden ingediend, vergezeld van een Milieu-effectrapport (MER).

### *Storten al klaar*

Het storten van de verontreinigde baggerspecie was echter al in juli 1990 voltooid. Intussen was men bezig met het aanbrengen van de bovenste

laag afdekgrond. En de bedoeling was, om deze grond na voldoende inklinking af te werken als recreatieve groenvoorziening. Gedeputeerde Staten van Zeeland pasten echter op 10 september 1991 bestuursdwang toe, wegens het ontbreken van de benodigde vergunning, waardoor de uitvoering van het werk moest worden gestaakt.

Deze maatregel werd, na een schorsingsverzoek van Rijkswaterstaat, door de Raad van State op 3 oktober 1991 weer opgeheven. Motivering was dat het belang van het consequent handhaven van de milieubepalingen in dit geval niet opwoog tegen de belangen van veiligheid en voortgang in de afwerking van het gronddepot. Bij deze rechterlijke gedooguitspraak werd tevens rekening gehouden met de toezegging van Rijkswaterstaat, aanvullende maatregelen te zullen treffen indien de noodzaak daarvan uit het nog op te stellen MER mocht blijken. Voorwaarde was ook, dat tijdens de voortzetting van het werk de voorschriften zouden worden nageleefd die waren verbonden aan de eerder vernietigde vergunning. De stortplaats werd nadien onder die condities voltooid.

### *Doel van de milieu-effectrapportage*

Deze m.e.r.-procedure is gestart om alsnog ter formalisering van de aanwezige gedoogsituatie een instandhoudingsvergunning te verkrijgen ingevolge de thans vigerende Wet Milieubeheer (Wmb). Rijkswaterstaat directie Zeeland is als oprichter/beheerder van de stortplaats de initiatiefnemer en Gedeputeerde Staten van Zeeland zijn daarbij het bevoegde gezag.

Het doel van dit MER is om de gerealiseerde stortplaats te beschrijven en te toetsen aan de vroegere vergunningvoorwaarden en aan het thans vigerende beleid voor aanleg van stortplaatsen volgens het Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie (1993). In dit MER vindt u derhalve een beschrijving van het onderzoek naar de bestaande toestand van het milieu en van mogelijke maatreg-

len om eventueel optredende belangrijk nadelige milieugevolgen te beperken.

### Aanpak en werkwijze

Het Milieu-effectrapport Baggerspecieberging Hansweert (MER-Hansweert) is het resultaat van een onderzoeks- en inspraakprocedure, die op 20 maart 1992 begon met het verschijnen van de startnotitie (Literatuur nr.1). Hierna werden door G.S.van Zeeland op 18 augustus 1992 de richtlijnen voor het opstellen van de milieu-effectrapportage vastgesteld (Literatuur nr.2). Via een Plan van Aanpak (Literatuur nr.3) werd eerst een monitoringprogramma opgezet om de uitgangssituatie vast te leggen voor eventuele verspreiding van milieugevaarlijke stoffen via het grondwater. Een eerste studie naar de geohydrologische situatie ter plaatse door het Waterloopkundig Laboratorium te Delft leidde in december 1993 tot een advies voor aanvullend grondonderzoek (Literatuur nr.4). Met de gegevens uit dit aanvullend grondonderzoek werd de studie in mei 1994 afgesloten met een prognose over de mate van verspreiding van verontreinigde stoffen vanuit het depot naar het omringende grondwater (Literatuur nr.5). Toetsing aan de geldende richtlijnen voor ontwerp en aanleg van nieuwe baggerspeciedepots (Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie, literatuur nr.6) gaf aan, dat aanvullende maatregelen

moesten worden gezien om mogelijke normoverschrijding te beperken. Daartoe zijn in eerste instantie alle theoretisch denkbare maatregelen geïnventariseerd.

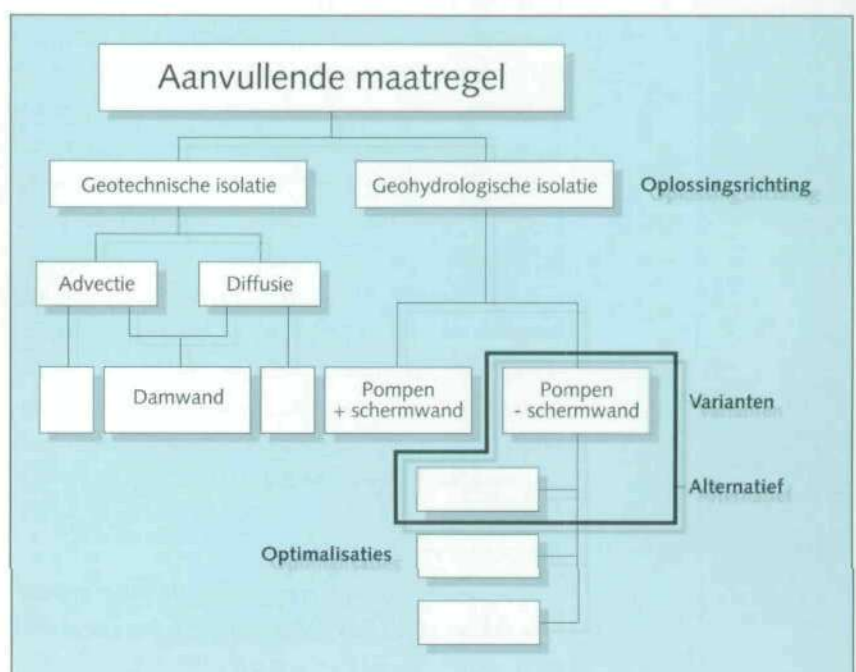
Via twee **oplossingsrichtingen** is daarna onderzocht of doeltreffende maatregelen mogelijk zijn. Na beoordeling van mogelijke maatregelen op effectiviteit, haalbaarheid en realiteitswaarde is voor een drietal reële **varianten** een nader onderzoek uitgevoerd. Deze varianten betreffen:

- geotechnische isolatie door middel van een diepe damwandkuip rondom het depot;
- geohydrologische isolatie in combinatie met een schermwand langs de noordwestzijde van het depot;
- geohydrologische isolatie sec (zonder meer).

Haalbaar lijkt een alternatief waarbij door middel van wegpompen van vervuild grondwater aan dit euvel kan worden tegemoet gekomen, volgens de zo genoemde methode van geohydrologische isolatie sec. Na optimalisatie van deze oplossing kon de gehele studie door het WL in juni 1995 worden afgesloten (Literatuur nr.7). Door samenvoeging van alle onderzoeksresultaten kon tenslotte het MER worden opgesteld.

In bijgaand schema is de hiervoor geschetste werkwijze voor de in hoofdstuk 5 nader uitgewerkte oplossingsmogelijkheden aangegeven.

*Structuurschema werkwijze ontwikkelen alternatieve oplossingsmogelijkheden.*





## 3.0 Aanleg baggerspecie- depot/milieu-aspecten

Het baggerspeciedepot in Hansweert kon worden gevormd door afdamming van de voorhaven van het voormalige sluiscomplex in Hansweert met een ringdijk van ongeveer 250 meter lengte op een hoogte van NAP+5,50 m. Hierdoor werd een bassin verkregen met een inhoud van ca 1 miljoen m<sup>3</sup>, bij een oppervlakte

*Vullen bodemlaag.*

van ca 11 hectaren en een bodemdpte van ± NAP-6,00 m.

De bodem is kleihoudend en slecht waterdoorlatend. De zijdelingse begrenzingen bestaan uit waterkerende dijken, met een meer verschillende samenstelling en een wisselende waterdoorlatendheid.







Transportband overlslag vervuilde specie.

### Ontwerp en uitvoering

Om het voor de kanaalwerken beoogde gronddepot geschikt te maken voor berging van verontreinigde baggerspecie, diende met name aan het vulproces nader aandacht te worden besteed.

Bij het ontwerp van het vulproces is om ongewenste vermenging te voorkomen op basis van geotechnische aspecten uitgegaan van aanvulling in 3 lagen, te weten:

- onderlaag met streng geconditioneerde verwerking van vervuilde baggerspecie tot NAP-1,00 meter;
- tussenlaag met streng geconditioneerde verwerking van schone grondspecie tot NAP+1,00 meter;
- bovenlaag met minder streng geconditioneerde verwerking van schone grondspecie.

Het vultempo van onderlaag en tussenlaag werd afhankelijk gesteld van te bereiken stabiliteitseisen, waarbij een droog stofgehalte  $\geq 600 \text{ kg/m}^3$  voor beide lagen een belangrijk nastreefbaar waarde werd geacht. Zonodig zou door zandtoevoeging de dichtheid kunnen worden vergroot. Na voldoende rijping van de tussenlaag zou daarop dan de bovenlaag kunnen worden aangebracht, met een toelaatbaar afschot  $\leq 2\%$  tot een voldoende mate van stabiliteit is bereikt. Voor het vaststellen van de vereiste stabiliteit dienen zowel bij tussenlaag als bovenlaag schuifsterkten te worden gemeten, bijvoorbeeld door middel van de gevoelige vinproef. (literatuur nr. 8)

Daarnaast is ook de stabiliteit van de ringdijken in hun verschillende samenstelling bezien, in relatie tot afschuivingsgevaar bij hoge binnenwaterstan-

den als gevolg van het vulproces. Om afschuivingsrisico's te beperken moest overtollig spuitwater tijdig worden afgevoerd, moest om verwerking tegen te gaan op NAP-0,50 meter een randdrainage worden gelegd en moest voor afvoer van afstromend hemelwater in de eindsituatie op maaiveldniveau een ringsloot worden gegraven. Na vooraf het waterpeil te hebben verlaagd tot NAP-2,00 meter, is er tijdens de uitvoering naar gestreefd om onderlaag en tussenlaag met zo groot mogelijke dichtheid aan te brengen. Waarbij in het bijzonder is gelet op voorkoming van onderlinge vermenging. Zo is de vervuilde onderlaag overwegend droog gestort via een transportband en in het depot uitgeschoven met een door lieren voortbewogen drijvende bulldozer. Het uit de transportbakken afkomstige lenswater is na zuivering onder WVO-voorwaarden geloosd. De schone tussenlaag is daarna onder water in dunne lagen gesproeid aangebracht. Nadat voldoende draagvermogen was bereikt is tenslotte hierop laagsgewijs de bovenlaag gespoten. Door het uitvoeringstempo aan te passen is bij alle lagen homogeniteit nagestreefd, met het doel ongewenste insluitingen te voorkomen en stabiliteit te bevorderen.

### Vergunningvoorwaarden

Het depot in Hansweert werd aangelegd conform de voorschriften van de eerder afgegeven WVO- en Afvalstoffenwetvergunning (Literatuur nrs. 9 en 10). De belangrijkste voorwaarden van de Aw-vergunning betroffen:

- verontreinigde baggerspecie mag worden gestort tot een niveau van maximaal NAP-1,00 meter;
- voor afdekking van de verontreinigde baggerspecie dient uitsluitend schone specie te worden gebruikt, afkomstig van de ontgraving van de nieuwe voorhaven;
- aan de binnenzijde van de ringdijk dient rondom de inrichting een drainconstructie te worden aangelegd onder een helling van 0,1%, zodanig dat de drain uitmondt in een verzamelput op een niveau van NAP-0,50 meter;
- jaarlijks dient uit deze put een watermonster te worden geanalyseerd;
- in de dijk aan de noordzijde van het depot dient een controle-peilbuis te worden



1e fase, beeld na voltooiing ringdijken.



geplaatst, waaruit jaarlijks een grondwatermonster dient te worden geanalyseerd;

- de hierboven bedoelde monsters zullen worden onderzocht op de gehalten aan PAK's, lood en koper. In de bijlagen zijn de onderzoeksresultaten aangegeven, waaruit blijkt dat geen bijzonder opvallende en/of afwijkende waarden zijn gevonden.

### **Milieu-aspecten**

Volgens de richtlijnen dienen bij het onderzoek naar de bestaande toestand van het milieu in ieder geval de relevante milieu-aspecten te worden meegenomen. Dat zijn voor wat betreft het baggerspeciedepot Hansweert met name de volgende aspecten:

- waterbodembodem en oppervlaktewater
- bodembodem en grondwater
- woon- en leefmilieu en externe veiligheid
- landschap en bodemgebruik.

#### **Waterbodembodem en oppervlaktewater**

Voordat de baggerspecie werd geborgen was de voorhaven in de laatste jaren opgeslibt tot een gemiddeld niveau van ca NAP-4,00 meter. Op dit al aanwezige havenslib werd de gedeeltelijk ontwaterde baggerspecie gestort tot een hoogte van maximaal NAP-1,00 meter. Tijdens het opvullen van het depot werd voor de afvoer van het oppervlaktewater volgens de WVO-vergunningvoor-

waarden een lozingskist aangebracht. Bovendien werd rondom de specieberging aan de binnenkant van de ringdijk een drainage gelegd voor afvoer van het grondwater. Om het grondwater te kunnen controleren werd aan de noordkant van het depot een monsterbuis met peilfilter geplaatst.

Tijdens het werk werden specie en afvoerwater onderzocht door middel van bemonstering en analyse. In alle fasen van het werk zijn speciemonsters genomen en geanalyseerd (zie Literatuur nr.11). Voor de verdere afwatering werd bovendien rond het hele terrein een ringsloot gegraven met een bodemdpte van NAP+3,80 meter. In oktober 1992 werd in de zuidwesthoek van het depot een inspectieput gebouwd met gescheiden ruimten, waarin de afvoerstromen van de ringsloot en de randdrainage worden verzameld. Door bemonstering is controle mogelijk op de afvoer van dit water naar de Westerschelde.

#### **Bodem en grondwater**

Wordt nader beschreven in hoofdstuk 4.

#### **Woon- en leefmilieu en externe veiligheid**

Hiermee wordt de eventuele directe hinder van de aanwezigheid van het depot bedoeld op het woon- en leefmilieu in de nabije omgeving, zoals stank-, geur-, trilling- en geluidhinder, alsmede voor dreigende risico's door mogelijk optredende calamiteiten.



Van directe hinder is thans geen sprake meer, omdat ter plaatse geen activiteiten worden uitgevoerd en geen klachten worden gemeld. Eventuele risico's kunnen voortkomen uit de ligging van het depot nabij belangrijke scheepvaartwegen en het sluisbedrijf. Hierbij is een calamiteit denkbaar als gevolg van aanvaring, waarbij de ringdijk zou kunnen inbressen en een deel van de vervuilde baggerspecie zou kunnen uitstromen in de Westerschelde. Naar analogie met de scheepvaarrisico's voor waterkeringen in de omgeving wordt de kans van voorkomen ingeschat op  $\leq 1 \times$  per  $10^7$  jaar, waarbij de hoeveelheid vrijkomende vervuilde baggerspecie vermoedelijk beperkt blijft. Wel zijn indirecte gevolgen aanwezig door verspreiding van schadelijke stoffen via het grondwater. De onderzoeksresultaten, die in hoofdstuk 4 zijn beschreven, tonen echter aan dat het Baggerspeciedepot in Hansweert geen acute bedreiging vormt voor het leefmilieu. De berekeningen laten zien dat, zowel in de huidige als in de vroegere situatie, mogelijk een teveel aan uitloging van de milieugevaarlijke stoffen fenantreen en fluorantheen naar het eerste watervoerend pakket onder het depot bevat. De invloed daarvan op het grondwater onder Hansweert kan niet eerder dan op zeer lange termijn worden verwacht. (N.B. ter vergelijking van risico's: de huidige neerslag van beide PAK's op de omgeving is nog altijd een factor 10 groter.

### Landschap en bodemgebruik

Conform de richtlijnen voor deze MER wordt van de vroegere situatie zonder slibdepot uitgegaan als referentie voor beschrijving van de milieugevolgen van de bestaande situatie met aanwezig slibdepot. Alternatieven voor de landschappelijke afwerking worden echter vanuit de huidige situatie met aanwezig depot beschouwd en in hoofdstuk 5 beschreven (Literatuur nr.12).

### Oude situatie met voorhaven Landschapsaspect

De voorhaven van de oude sluisen bij Hansweert lag geheel buitendijks in open verbinding met de Westerschelde. De voorhaven vormde een onderdeel van de hoofdvaarweg via het Kanaal

door Zuid-Beveland tussen Hansweert en Wemeldinge. Het gebied werd gekenmerkt door een grote openheid. Aan oost- en westzijde werd de havenkom omarmd door twee havendammen, die beschutting moesten bieden voor de scheepvaart. Aan de kop van de westelijke dam stond een gebouw met de functie van verkeerspost. Aan de noordzijde werd de begrenzing gevormd door het sluisencomplex, bestaande uit 3 schutsluisen. De westelijke havendam van de voorhaven vormde tevens de oostelijke havendam van de naastgelegen haven van de scheepswerf Reimerswaal. De voorhaven werd steeds kunstmatig op diepte gehouden, waardoor intergetijdegebieden binnen de havenkom ontbraken.

### Flora en fauna

De voormalige havenkom vormde een onderdeel van een scheepvaartroute en was primair voor die functie ontworpen en werd als zodanig beheerd. De haven had geen functie als broed-, fourageer- of verblijfplaats voor vogels. Er werden in de havenkom dan ook weinig soorten vogels waargenomen. De belangrijkste verblijfs- en hoogwatervluchtplaats bevond zich op de havendammen, die op kleine schaal gebruikt werden door onder andere wilde eenden, zilvermeeuwen en een enkele aalscholver. Bijzondere soorten kwamen incidenteel voor op de havendammen. De dammen werden weinig door wandelaars bezocht en boden daarom noodzakelijke rustplaatsen voor (water)vogels. Op de dijkbekleding komen op deze hoogte in de Westerschelde niet veel bijzondere wiersoorten voor. Over de voormalige havenkom zijn geen gegevens bekend. Eventueel verloren gegane groeiplaatsen voor wierden op hardsubstraat (basalt en stortsteen) zijn bij de verbredingswerken in feite door grotere oppervlakten aan nieuw aangebracht hardsubstraat (haringmanblokken en stortsteen) gecompenseerd.

### Cultuurhistorische waarden

De voorhaven, de voormalige verkeerspost en de oude sluisen vormden een afspiegeling van de voorbije tijd in de scheepvaarthistorie. In de nieuwe inrichting van het gebied ten noorden van het depot is een deel van de oude sluiswanden bewaard gebleven, waardoor het oude sluisen-



complex nog duidelijk herkenbaar in het landschap aanwezig is. De schaalvergroting door de bouw van het nieuwe sluizencomplex brengt met zich mee dat de oude sluisresten een fossiel beeld zijn geworden van een verleden met een kleinschaliger scheepvaartbeleving. In die zin zijn de oude sluisen een cultuurhistorisch monument, waarvan de waarde mogelijk met de tijd zal toenemen.

De voormalige verkeerspost, die ook wel fungeerde als informatiepunt voor de veelal uit de schipperij afkomstige dorpsbewoners, is afgebroken. Aan de noordoostzijde van het depot is een nieuw "praathuis" in de vorm van een klein houten bouwwerk opgericht, dat te voet vanuit het dorp bereikbaar is. Van hieruit kunnen geïnteresseerden contact met het scheepvaartgebeuren beleven.

### Autonome ontwikkeling van landschap, flora en fauna

Na buitengebruikstelling en ongestoorde ontwikkeling zou de oude voorhaven vermoedelijk via natuurlijke weg zijn opgeslibd tot boven het laagwaterniveau, vergelijkbaar met de aanwezige sliksituatie in de geulhaven westelijk hiervan. Afhankelijk van de rijkdom aan bodemdieren zou een dergelijk gebied dan van belang kunnen zijn als fourageerplaats voor steltlopers. De situatie naast de voorhaven levert echter geen fourageergebied op en gezien de analogie zou mogelijk ook

hier geen fourageergebied ontstaan. Wel zou het belang van de havendammen als hoogwatervluchtplaats en/of als verblijfplaats niet veranderen.

Doordat er vermoedelijk vrijwel alleen fijn slib wordt afgezet zou vestiging van slijkgras op de gevormde slikken mogelijk kunnen zijn. Verdere ontwikkeling naar meer soortenrijke begroeiing met schorplanten lijkt echter onwaarschijnlijk.

### Nieuwe situatie met depot

#### Landschap en ruimtelijke ordening

Na ingebruikneming van het nieuwe sluizencomplex bij Hansweert had de oude voorhaven geen functie meer voor de scheepvaart. Door de aanleg van een dam tussen de koppen van beide havendammen is de gehele havenkom gescheiden van de Westerschelde. De havenkom is bestemd tot gronddepot en gedempt met baggerspecie, afkomstig uit sanering van een viertal Oosterscheldehavens en uit ontgraving van een deel van de nieuwe voorhaven ter plaatse.

Het gebruik van de oude havenkom als gronddepot werd gezien ligging, capaciteit en geschiktheid als acceptabele bestemming beschouwd. Planologisch waren er geen belemmeringen aanwezig (zie tabel 3.1).

Het vullen van de voormalige havenmond met zand en slib tot een hoogte van NAP+6.00 meter heeft het open karakter van het gebied niet ver-

Tabel 3.1: Overzicht relevante nota's in relatie tot grondgebruik en inrichting.

plan:	relevante passages locatie huidig depot + omgeving
streekplan 1988	functie hoofdvaarwegverbinding p.88 : "Het oude sluizencomplex bij Hansweert moet worden gereserveerd voor bij de aard van de kern passende functies en dient vooreerst op een zodanige wijze te worden bestemd en beheerd dat conflicterende ontwikkelingen worden voorkomen"
bestemmingsplan (gem.Reimerswaal)	bestemming waterstaatsdoeleinden
beleidsplan Westerschelde	voormalige havenkom is uitgezonderd van reikwijdte beleidsplan
nota ruimtelijk beleid landelijke gebieden 1994	omgeving Hansweert: agrarische ontwikkeling richtinggevend





### *Oorspronkelijk landschapsbeeld*

stoord. Het buitendijks gelegen speciedepot wordt door een dijk fysiek gescheiden van de noordelijker gelegen gedempte kanaalarm. Het speciedepot vormt een zelfstandig buitendijks element en behoort visueel tot de open Westerschelde. In die zin past het beeld van het depot in het landschapsbeeld.

De vraag of de huidige inrichting van het depot een bij de aard van de kern Hansweert passende functie vervult, hangt voor een groot deel af van de nadere bestemming en afwerking van het depot. Verhoging van het depot met verticale elementen zou het landschapsbeeld sterk verstoren. Ook is ter plaatse een vrij uitzicht gewenst in verband met de veiligheid van de scheepvaart.

### **Flora en fauna**

De (voorlopige) afwerking van het depot als ingezaaid grasveld levert een pioniersituatie op van een kale zandige vlakte. Dergelijke gebieden langs de kust worden door kustbroedvogels zoals plevieren en sterns veelvuldig als broedterrein benut. Na aanleg van het depot zijn van deze bij-

zondere soorten ook hier broedgevallen bekend. Het terrein biedt in de huidige grazige situatie (1995) broedgelegenheid aan soorten als de tureluur, Kievit en veldleeuwerik. Ook lijkt het aantal wilde eenden, dat komt uitrusten op de dammen, te zijn toegenomen.

Door het verschijnen van vegetatie en verdergaande verruiging zal deze broedgelegenheid overigens weer komen te vervallen. Ook wandelaars en vooral loslopende honden werken verstorend op de vogelstand.

### **Autonome ontwikkeling**

Een autonome ontwikkeling van de begroeiing op het huidige depotoppervlak zal leiden tot vergaande verruiging van de vegetatie, het opschieten van struweel en uiteindelijk het verschijnen van bossages. Om deze onbeheerste ontwikkeling in een meer gewenste richting te sturen worden in hoofdstuk 5 alternatieven in beschouwing genomen voor inrichting met een beter op de situatie afgestemde landschappelijke afwerking.



## 4.0 Bodem en grondwater

In dit hoofdstuk wordt de geohydrologie van het studiegebied beschreven en wordt ingegaan op de verspreidingsprocessen via het grondwater. Als referentie wordt daartoe onderscheid gemaakt tussen de volgende situaties:

- \* **de 0-situatie:** dit is de (fictieve) situatie indien het depot niet zou zijn aangelegd, terwijl wel de verbeteringswerken voor het Kanaal door Zuid Beveland zijn gerealiseerd;
- \* **de huidige situatie:** dit is de thans aanwezige situatie met het aangelegde depot en de gerealiseerde verbeteringswerken voor het Kanaal door Zuid Beveland.

In aparte paragrafen worden achtereenvolgens de geohydrologische beschrijving van het studiegebied, het transport van verontreinigingen via het grondwater, de milieutoetsing aan het Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie en de beoordeling van het depot in de huidige toestand aan de Wet Bodembescherming behandeld.

### 4.1 Geohydrologische beschrijving van het studiegebied

#### *Geologische opbouw*

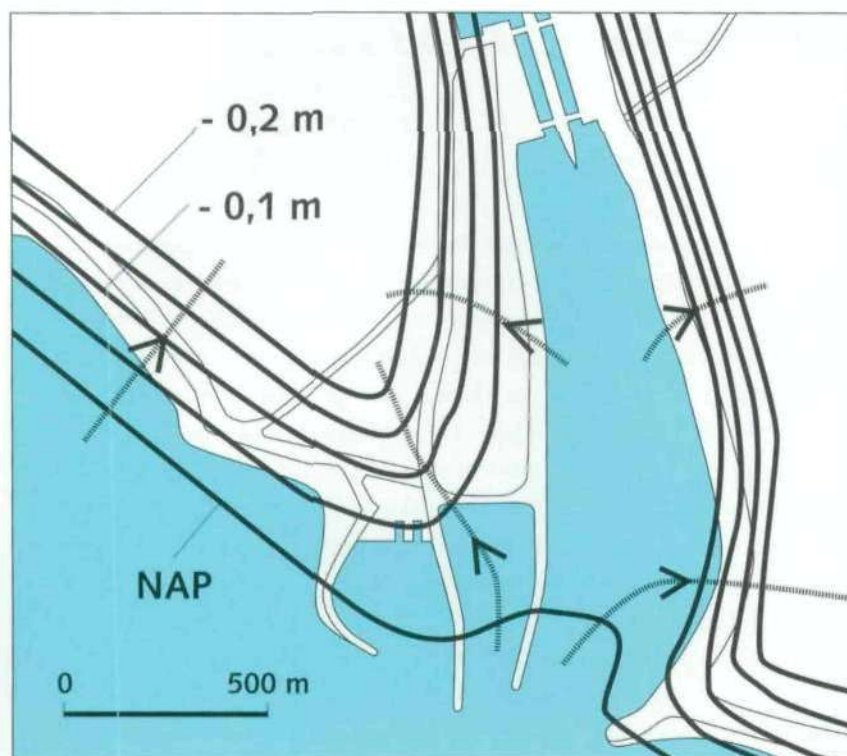
De ondergrond ter plaatse en in de directe omgeving van Hansweert kan als volgt worden beschreven (referenties: Grondwaterkaart van Nederland, kaartbladen 48, 49 west; DGV-TNO, juni 1985 en Toelichting bij de geologische kaart van Nederland, blad Beveland; RGD, 1978).

Vanaf het maaiveld tot enkele meters beneden NAP is een holocene deklaag aanwezig bestaande uit klei- en veenlagen. Plaatselijk zijn deze lagen

doorsneden en afgedekt met een zandpakket (o.a. de kreekkrug die in noordoostelijke richting door Hansweert loopt). De deklaag heeft een hoge verticale weerstand tegen grondwaterstroming. Op korte afstand van de hoogwaterkering wordt de deklaag doorsneden door een diepe geul in de Westerschelde. Plaatselijk is deze geul meer dan 20 m diep zodat de Westerschelde in direct contact staat met het onder de deklaag gelegen eerste watervoerend pakket.

Het eerste watervoerend pakket ligt globaal tussen NAP-8 m en NAP-40 m. In dit pakket komen zowel fijnzandige als grofzandige, schelpen slibhoudende zandlagen voor. Plaatselijk zijn ook ingesloten kleilaagjes aanwezig. Het chloridegehalte van het grondwater bedraagt ca 13 g/l.

De basis voor het eerste watervoerend pakket wordt gevormd door de bovenkant van de eerste scheidende laag, deze is opgebouwd uit slecht doorlatende klei- en leemlagen. De dikte van de scheidende laag onder Hansweert bedraagt ca 5 m. Onder de scheidende laag bevindt zich het tweede watervoerend pakket. De ligging van de boven- en onderkant zijn door het ontbreken van een diepe boring ter plaatse niet exact bekend. Via extrapolatie uit naburige boringen wordt de ligging van het tweede watervoerend pakket globaal ingeschat tussen NAP-45 m en NAP-80 m, op welke diepte onder Hansweert de in een groot deel van Zeeland voorkomende stugge harde Boomse kleilaag is gelegen. Dit pakket bestaat uit fijn tot matig fijn, plaatselijk ook grof zand, veelal met schelpresten. Het chloridegehalte van het grondwater bedraagt eveneens ca 13 g/l.



Figuur 4.1: Lijnen van gelijke stijghoogten van het grondwater in het eerste watervoerend pakket in de 0-situatie.

### Geohydrologisch systeem

Het geohydrologisch systeem wordt aan de onderkant begrensd door de oligocene Boomse kleilaag. Sterk geschematiseerd ziet de ondergrond bij Hansweert er als volgt uit:

- maaiveld tot NAP-8 m: holoceen afdekkend pakket met een verticale weerstand van totaal 2000 - 5000 etmalen (ca 0,004 m/etmaal), kreekrug onder Hansweert totaal 500 etmalen (ca 0,015 m/etmaal);
- NAP-8 m tot NAP-40 m: eerste watervoerend pakket met horizontaal doorlaatvermogen van totaal 150 m<sup>2</sup>/etmaal (ca 4,7 m/etmaal);
- NAP-40 m tot NAP-45 m: eerste scheidende laag, verticale weerstand totaal 200 dagen;
- NAP-45 m tot NAP-80 m: tweede watervoerend pakket, horizontaal doorlaatvermogen totaal 250 m<sup>2</sup>/etmaal.

De richting en omvang van de regionale grondwaterstroming wordt, afhankelijk van de hiervoor beschreven geohydrologische opbouw ter plaatse, bepaald door aanwezige potentiaalverschillen tussen binnen- en buitendijks gelegen oppervlaktewaters. In dit geval door peilverschillen tussen de buitendijks gelegen Westerschelde, het Kanaal door Zuid-Beveland en de binnendijks gelegen polders.

### Grondwaterstroming in de 0-situatie

Omdat het potentiaalverschil over de havenbodem gering was trad er in de vroegere situatie zonder depot vrijwel geen verticale stroming op door de bodem van de buitenhaven. Zowel in de vroegere als in de huidige situatie was/is er sprake van infiltratie van Westerscheldewater vanuit de riviergeul naar het eerste watervoerend pakket. Via dit pakket stroomt het rivierwater in de richting van de polders, waar het na verloop van tijd via de holocene deklaag en de kreekrug in de open watergangen nabij Hansweert opkwelt.

Voor berekening van het stromingspatroon is door het WL gebruik gemaakt van het computersimulatiemodel MODFLOW. Voor modellering van de 0-situatie uiteraard zonder depot, maar wel met aanwezigheid van het nieuwe sluiscomplex, de nieuwe voorhaven en overige werken voor de kanaalverbreding ten oosten van Hansweert. Het model is afgeregeld op waargenomen grondwaterstanden in de voorgaande oude situatie (dus zonder depot, zonder nieuwe voorhaven en zonder nieuwe sluisen). In WL-rapport T932 (zie Literatuur nr.4) wordt het modelonderzoek gedetailleerd beschreven.

Volgens de modelberekeningen bedraagt de (werkelijke) snelheid van het grondwater in het eerste watervoerend pakket 1,5 tot 2,5 m/jaar. De grondwaterstroming heeft onder de voorhaven een noordwestelijke richting. Ten oosten van de nieuwe voorhaven vindt een grondwaterstroming in oostelijke richting plaats.

Figuur 4.1 toont een gedeelte van het aldus berekende isohypsenpatroon (lijnen van gelijke stijghoogte van het grondwater) in het eerste watervoerend pakket. De resulterende grondwaterstroming volgt een patroon waarbij de isohypsen loodrecht worden gekruisd. In de figuur zijn enkele stroomlijnen ingetekend.

### Grondwaterstroming in de huidige situatie

De huidige situatie verschilt van de 0-situatie door de aanwezigheid van het speciedepot.

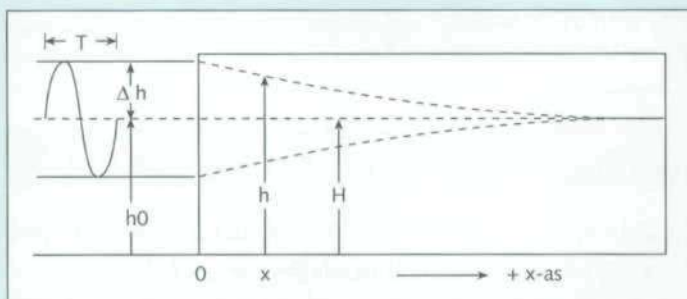


Het depot werd gevormd door afdamming van de voorhaven van het voormalige sluizencomplex te Hansweert. De ringdijk heeft een hoogte van NAP+5,50 m. De inhoud van het depot is ca 1 miljoen m<sup>3</sup>, de oppervlakte bedraagt ongeveer 11 ha. De bodem van het depot ligt op ca NAP-6,00 m. De bodem en de oorspronkelijke zijdelingse begrenzingen zijn kleihoudend en daardoor slecht waterdoorlatend. De nieuwe ringdijk langs de Westerschelde heeft een zandige samenstelling. Het talud is afgedekt met een kleilaag van ca 80 cm. Nadat het depot was voltooid is tot NAP-1,00 m ca 180.000 m<sup>3</sup> voornamelijk met PAK's verontreinigde baggerspecie ingebracht. De specie is vóór het inbrengen door middel van ontwateren verdicht.

Na consolidatie is de verontreinigde specie afgedekt met schone grondspecie, afkomstig van de kanaalwerken. Het maaiveld ligt in het midden van het depot op ca NAP+6,50 m en langs de randen op ca NAP+5,50 m. Als veilig uitgangspunt wordt voor de grondwaterstand binnen het depot de gemiddelde maaiveldshoogte van NAP+6,00 m aangehouden. Vanwege mogelijke verzadiging door het in de winterperiode optredende neerslagoverschot en de relatieve grote dichtheid van het totale grondpakket. Langs de rand van het depot is op NAP-0,50 m een drainageleiding aangelegd, om zijdelingse afstroming van grondwater vanuit het depot door de ringdijken heen tegen te gaan (zie ook de figuren 4.3 en 4.4).

## Getij-invloed op freatisch grondwater

De getij-invloed op freatisch grondwater kan worden beschreven met het volgende analytische model (referentie *Grondwatermechanica, Handleiding bij het college b90, Prof. A. Verruijt, TU Delft*).



Getij-invloed freatisch grondwater

Een sinusvormig getij als randvoorwaarde voor een freatisch grondwaterpakket resulteert in een in  $x$ -richting uitdempende sinusgolf in de freatische grondwaterstand. De grondwaterstand op een afstand  $x$  van de rand kan worden berekend met de formule:

$$h = h_0 + \Delta h \cdot \sin(\omega \cdot t - \alpha \cdot x) \cdot \exp(-\alpha x) \quad (1)$$

$$\text{hierin is : } \alpha = \sqrt{(n \cdot \pi) / (T \cdot k \cdot H)} \quad (2)$$

$$\text{en : } \omega = 2 \cdot \pi / T \quad (3)$$

met  $h$  = grondwaterstand als functie van  $x$  en  $t$

$h_0$  = gemiddelde buitenwaterstand

$\Delta h$  = amplitude buitenwaterstand  
 $n$  = poriëngehalte van de grond  
 $T$  = getijperiode  
 $k$  = doorlatendheid van de grond  
 $H$  = gemiddeld doorstroomprofiel grondwater  
 $t$  = tijd  
 $x$  = afstand tot nulpunt op  $x$ -as

De golfbeweging is nagenoeg volledig uitgedempt als  $\alpha \cdot x = 4,5$  (dan is  $\exp(-\alpha \cdot x) = 0,01$ ). De amplitude in het grondwatergetij is dan tot 99 % van het getij op zee gereduceerd).

Voor de ringdijk van depot Hansweert kan de afstand  $x = 4,5/\alpha$  worden berekend indien in de formule voor  $\alpha$  (veilige) waarden voor  $n$ ,  $T$ ,  $k$  en  $H$  worden ingevoerd.

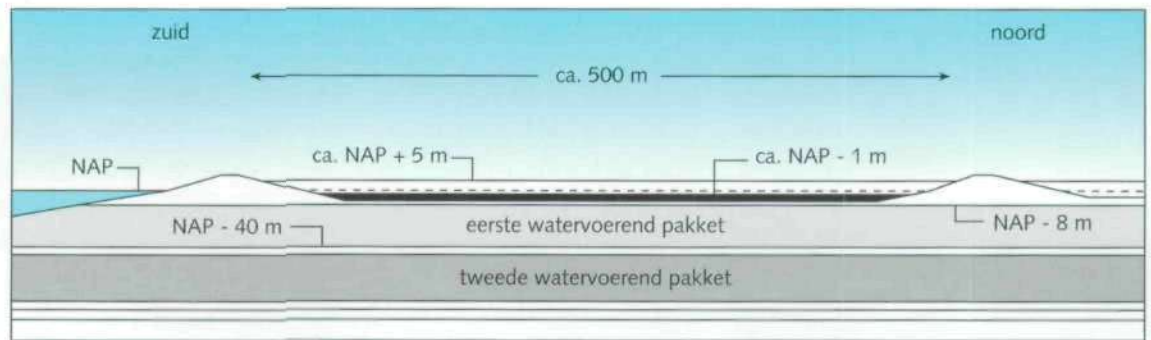
Met:  $n = 0,4$  (poriëngehalte zandpakket)  
 $T = 0,5$  etm (gemiddelde getijperiode)  
 $k = 10$  m/etm (goed doorlatend zand)  
 $H = 7,5$  m (de basis van de ringdijk ligt op NAP-7,50 m)

$$\text{volgt: } \alpha = \sqrt{(0,4 \cdot \pi / 0,5 \cdot 10 \cdot 7,5)} = 0,18$$

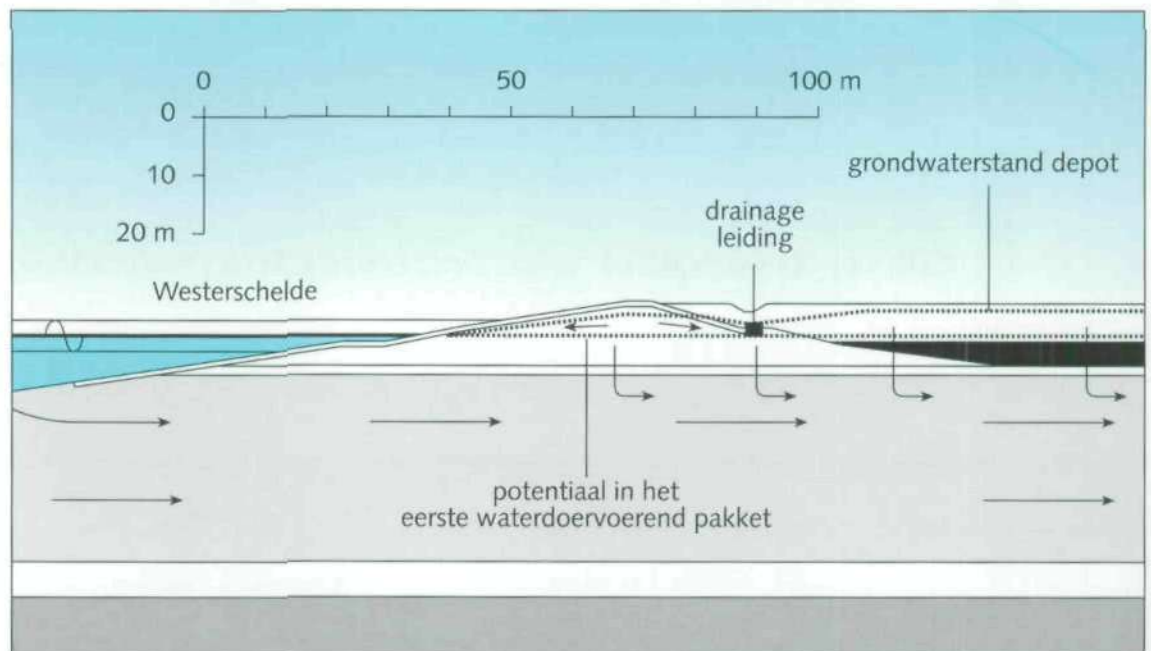
$$x = 4,5/\alpha = 25 \text{ m}$$

Uit deze beschouwing blijkt dat de getij-invloed vanuit de Westerschelde in de ringdijk van het depot beperkt is tot ca 25 m. Dit is het gebied waar tijdens hoogwater instroming plaats vindt en tijdens laagwater uitstroming. De totale breedte van de ringdijk op NAP bedraagt ruim 50m. De drainageleiding ligt aan de binnenkant van de ringdijk. De drainerende werking wordt door het getij dus niet nadelig beïnvloed.

Figuur 4.2: Schematische verticale doorsnede in zuid-noord richting over het depot Hansweert.



Figuur 4.3: Schematisch beeld van het stromingspatroon in de omgeving van de zuidelijke ringdijk.



De invloed van het getij op de Westerschelde op het freatische grondwater in de ringdijk is beperkt tot een zone van ongeveer 25 meter (zie kaderuitleg). Daar de breedte van de ringdijk op NAP-niveau ca 50 meter bedraagt wordt de werking van het drainagesysteem dus niet door het getij beïnvloed.

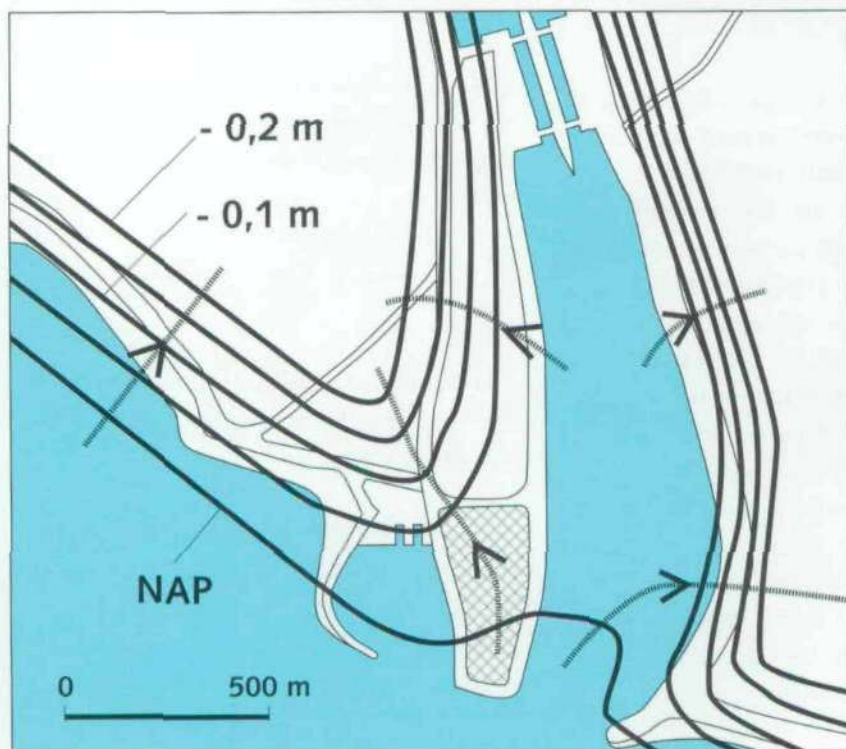
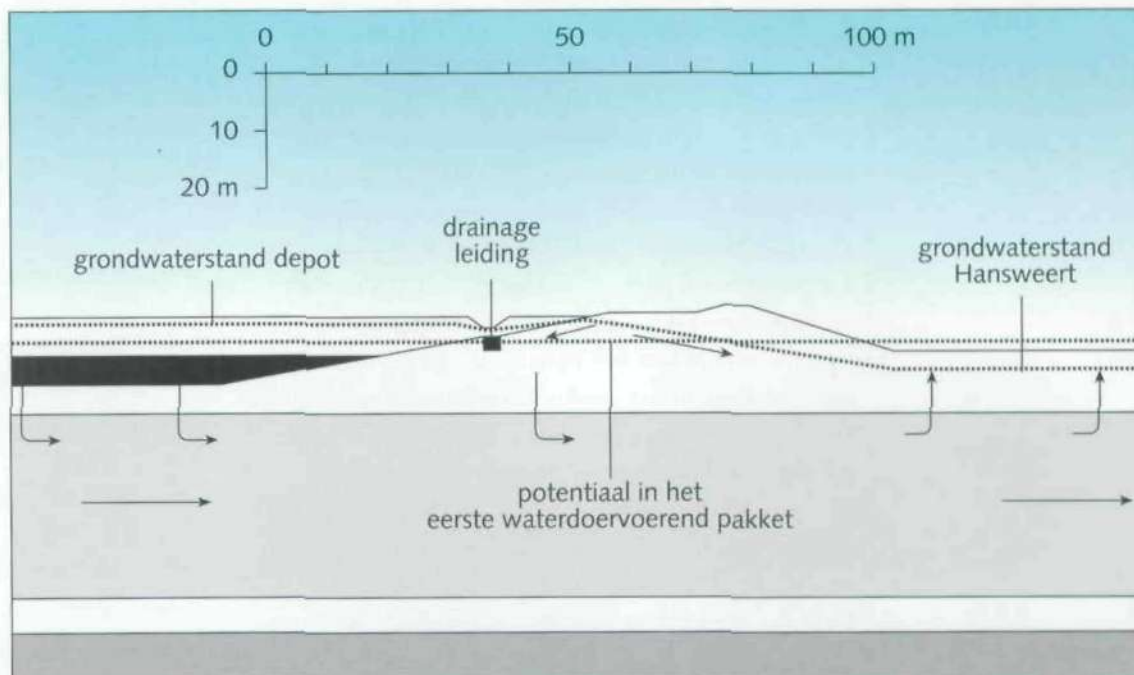
Figuur 4.2 toont een verticale doorsnede over het depot in zuid-noord richting. In de doorsnede is de horizontale schaal gelijk aan de verticale schaal; daardoor geeft de figuur een onvertekend juist beeld van de verticale en horizontale verhoudingen van het depot.

In figuur 4.3 is het stromingspatroon in de omgeving van de zuidelijke ringdijk schematisch in beeld gebracht. Uit deze figuur blijkt dat de bovenrand van de verontreinigde specie op ca 60 meter verwijderd ligt van de gemiddelde waterlijn

van de Westerschelde. In de ringdijk treedt, dankzij een opbolling als gevolg van het neerslagoverschot en de drainwerking, geen doorgaande grondwaterstroming vanuit het depot naar de Westerschelde op. Vanuit de ringdijk en het depot vindt echter wel een resulterend verticaal neerwaarts transport plaats door de oorspronkelijke havenbodem naar het eerste waterlozende pakket. Deze stroming treedt op als gevolg van het potentiaalverschil tussen het grondwater in het depot en in het eerste waterlozende pakket. Dit advectieve transport is evenredig met de grootte van het potentiaalverschil en omgekeerd evenredig met de totale verticale weerstand. Het potentiaalverschil neemt in noordelijke richting in geringe mate toe; de verticale weerstand is echter in het noordelijk deel van het depot groter dan in het zuidelijke deel. De infiltratie door het depot heen is daardoor in het noordelijke deel geringer dan in het zuidelijke deel.



Figuur 4.4: Schematisch beeld van het stromingspatroon in en in de omgeving van de noordelijke begrenzing van het depot in de richting van Hansweert.



Figuur 4.5: Lijnen van gelijke stijghoogten van het grondwater in het eerste watervoerend pakket in de huidige situatie met depot.

In het eerste watervoerend pakket is een grondwaterstroming aanwezig als gevolg van het potentiaalverschil tussen de Westerschelde en de polders ten noordwesten van het depot. Het getij op de Westerschelde manifesteert zich in het eerste watervoerend pakket voornamelijk als een periodieke verandering van de waterdruk. Deze invloed neemt landinwaarts af. Onder invloed van

het getij treedt er met name onder het zuidelijke deel van het depot een geringe periodieke fluctuatie in de stroomrichting en -snelheid op; de resulterende stroming onder het depot is echter in noordwestelijke richting.

Figuur 4.4 toont het stromingsbeeld in en onder de noordelijke begrenzing van het depot in de richting van Hansweert. Ook in de noordelijke

### Verwijdering meerstoelen

In de vroegere voorhavens waren 13 meerstoelen aanwezig. Deze constructies staken door de kleilaag tot een diepte van ca NAP-13,50 m in het watervoerend pakket. Voor de aanleg van het depot zijn deze constructies verwijderd, waarbij mogelijk de holocene kleilaag is beschadigd. Gezien de afmetingen van deze meerstoelen zou maximaal een oppervlakte van ca 100 m<sup>2</sup> of 0,2% verstoord kunnen zijn. Overigens zijn de mogelijk ontstane gaten weer kort daarna opgevuld door toegestroomd havenslib, met ongeveer gelijke hydraulische weerstand. Gezien de veilige benadering in de overige aannames valt de geringe invloed van dit aspect weg in de berekeningen van de verticale grondwaterstroming door het depot heen (zie ook hoofdstuk 7.0 Leemten in kennis).

begrenzing van het depot treedt geen doorgaande grondwaterstroming vanuit het depot in de richting van Hansweert op.

Als gevolg van het potentiaalverschil tussen het grondwater in het depot en het eerste watervoerend pakket is er wel een vertikaal neerwaarts transport via de oorspronkelijke havenbodem naar het eerste watervoerend pakket. In dit pakket is een noordwestelijke grondwaterstroming aanwezig. Als gevolg van het potentiaalverschil tussen de polder en in het eerste watervoerend pakket treedt in Hansweert een opwaartse kwelstroming op door het holocene afdekkende pakket. Omdat de verticale weerstand van de kreekrug in het noordelijke gedeelte van Hansweert geringer is dan in het afdekkende pakket zal in dit gebied de kwel het grootst zijn. Uit figuur 4.4 blijkt dat de bovenrand van de verontreinigde specie ca 80 meter verwijderd ligt van het maaiveld in Hansweert.

Volgens de door het Waterloopkundig Laboratorium uitgevoerde modelberekeningen bedraagt de infiltratie over het depot gemiddeld ca 5 mm/jaar (= filtersnelheid: de filtersnelheid is gelijk aan de werkelijke verticale stroomsnelheid x het poriëngehalte; bij een poriëngehalte van ca 30 % bedraagt de werkelijke verticale stroomsnelheid hier dus ca 17 mm/jaar). Dit betekent dat er jaarlijks een hoeveelheid water door het depot naar het eerste watervoerend pakket wordt afgevoerd, overeenkomend met een massieve schijf van 5 mm dikte over een depot-oppervlakte van 11 ha.

Het gemiddelde neerslagoverschot op het depot ligt in de orde van grootte van 250 mm/jaar. Het grootste deel hiervan wordt dus oppervlakkig en via het drainagesysteem afgevoerd.

De grondwaterstroming in het eerste watervoerend pakket wordt gevoed door infiltratie vanuit de Westerschelde en vanuit het depot. In figuur 4.5 is het isohypsenpatroon voor de huidige situatie met depot weergegeven.

De infiltratie vanuit het depot heeft zo'n geringe invloed op het isohypsenpatroon van het eerste watervoerend pakket dat dit vrijwel niet ver-

## Berekening infiltratiedebiet

Het debiet in het eerste watervoerend pakket onder het depot kan worden berekend met:

$$Q_{wvp} = v_{filter} * A$$

met:

$v_{filter} = 0,75$  m/jaar (de maximale werkelijke snelheid van het grondwater onder het noordelijk deel van het depot bedraagt 2,5 m/jaar. De filtersnelheid is gelijk aan de werkelijke snelheid maal het poriëngehalte, hiervoor is een waarde van 0,3 aangehouden )

en

$A = 300 * 32 = 9600$  m<sup>2</sup> (= breedte maal dikte eerste watervoerend pakket onder het noordelijk deel van het depot)

bedraagt het debiet:

$$Q_{wvp} = 7200 \text{ m}^3/\text{jaar}$$

Het infiltratiedebiet door het depot naar het eerste watervoerend pakket bedraagt met een gemiddelde infiltratie van 5 mm/jaar (=0,005 m/jaar) en een totale oppervlakte van het depot van 11 ha (= 11.0000 m<sup>2</sup>):

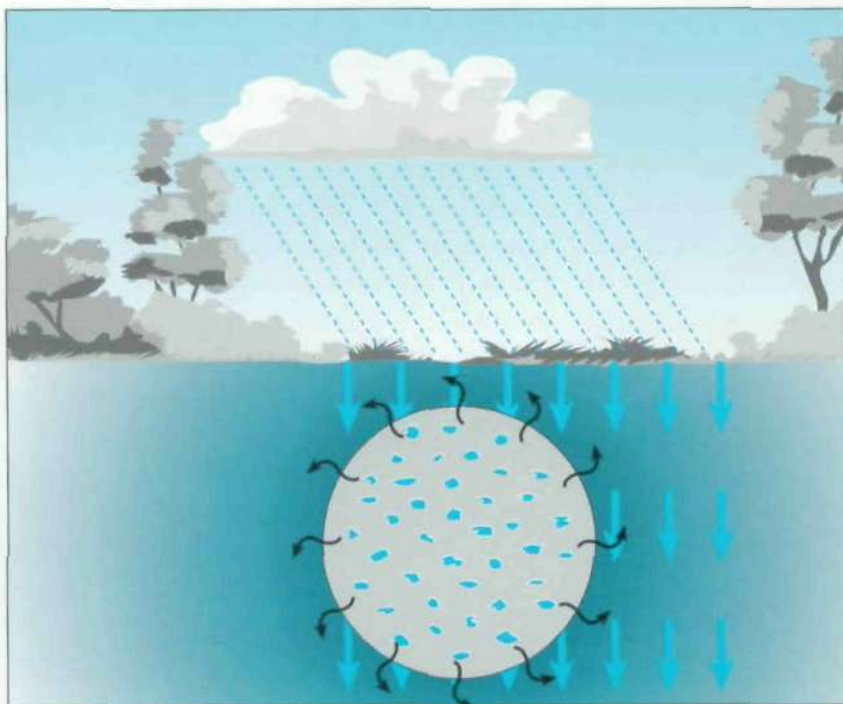
$$Q_{infiltratie} = 0,005 * 11.0000 = 550 \text{ m}^3/\text{jaar}$$

Het infiltratiedebiet levert dus een bijdrage van ca 7,6 % aan het totale debiet in het eerste watervoerend pakket onder het depot.

N.B. Deze berekening heeft alleen tot doel om de invloed van het depot op de grondwaterstroming in het eerste watervoerend pakket aan te geven. Er mag niet uit worden afgeleid dat beide debieten onder het depot volledig gemengd worden. De invloed van het depot op de waterkwaliteit in het eerste watervoerend pakket zal vanwege de beperkte transversale dispersie voornamelijk merkbaar zijn in de bovenste zone van dit pakket.

schilt van het patroon in de 0-situatie. Daarom komt ook het stromingspatroon in het eerste watervoerend pakket in de huidige situatie nagevoeg overeen met dat in de 0-situatie.





## 4.2 Transport van verontreinigingen via het grondwater

Bij nader grondonderzoek is geconstateerd dat de voormalige havenbodem en de daar onder gelegen kleilaag, evenals de specie in het depot, in relatief sterke mate verontreinigd zijn met PAK's (zie tabel 4.1). Dit houdt in dat ter plaatse niet alleen in de huidige situatie, maar ook in de 0-situatie reeds een potentiële verontreinigingsbron voor het gebied aanwezig is. In de 0-situatie komen de verontreinigingen vanuit de havenbodem en de kleilaag voornamelijk als gevolg van diffusie in het grondwater van het eerste watervoerend pakket terecht. Dit omdat er dan maar een zeer geringe infiltratie kan optreden vanwege het kleine potentiaalverschil tussen de haven en het eerste watervoerend pakket (0,1 á 0,2 meter). In de huidige situatie kan er naast een diffusieve flux ook een sterkere infiltratie optreden vanwege het grotere potentiaalverschil tussen het depot en het watervoerend pakket (ca 6 meter). Door de hoge weerstand van het depot (afdeklaag, sliblaag en kleibodem zijn samen 14 meter dik en hebben in totaal een geringe doorlatendheid), is het infiltratiegebied ook in de huidige toestand slechts gering

(ca 5 mm/jaar; referentie WL-T932,1994). Zowel in de huidige situatie als in de 0-situatie is de verspreiding van verontreinigingen vanuit het depot, c.q. de voorhaven naar het eerste watervoerend pakket dan ook voornamelijk het gevolg van diffusie.

De verontreinigingen die vanuit de voorhaven, c.q. het depot in het eerste watervoerend pakket terechtkomen worden vervolgens in de richting van Hansweert getransporteerd. Tijdens dit horizontale advectieve transport treedt longitudinale en transversale dispersie op. Longitudinale dispersie (dispersie in de lengterichting van de grondwaterstroming) wordt veroorzaakt door snelheidsverschillen in de poriën en door inhomogeniteiten in de grond en door diffusie. Omdat transversale dispersie (verspreiding loodrecht op de stroomrichting) door geringere drukverschillen beperkter in omvang is, zal het transport van verontreinigingen vooral in de bovenste zone van het eerste watervoerend pakket plaatsvinden.

In het WL-rapport *Verspreidingsberekeningen speciedepot Hansweert (T932, december 1993)* is een beschouwing gegeven over de invloed van het getij op het stoftransport in het eerste watervoerend pakket. De modelberekeningen gaan uit van een stationair netto watertransport in dit pakket als gevolg van een constant verschil tussen de gemiddelde waterstand op de Westerschelde en het polderpeil. Een periodiek heen en weer gaande beweging van het grondwater veroorzaakt voor lineair adsorberende stoffen (zoals PAK's) eenzelfde, door retardatie vertraagd, netto transport als een met constante snelheid voortgaande grondwaterbeweging. Echter onder voorwaarde dat de heen en weer gaande beweging in dezelfde lijn liggen; dit is in het watervoerende pakket onder het depot bij Hansweert het geval.

### Retardatie

Door adsorptie van de organische microverontreinigingen aan het in het watervoerend pakket aanwezige organisch koolstof (ca 0,3%) is de verplaatsingssnelheid van deze verontreinigingen aanzienlijk geringer dan die van het grondwater zelf. De vertragingfactor (retardatie-factor genoemd) in het eerste watervoerend pakket



bedraagt bijvoorbeeld voor de PAK's fenantreen en fluorantheen respectievelijk 130 en 820 (zie kader retardatiefactor). Bij de berekende stroomsnelheid van het grondwater onder het noordelijke deel van het depot van ca 2,5 m/jaar verplaatsen fenantreen en fluorantheen zich respectievelijk met ca 2 en 0,3 cm/jaar. Voor een horizontale verplaatsing van bijvoorbeeld 1 meter hebben deze stoffen dus een periode van respectievelijk ca 50 en 330 jaar nodig. De overige PAK's hebben hogere retardatiefactoren; zij verplaatsen zich dus nog langzamer dan het trage fluorantheen.

Tijdens het opwaartse transport door de holocene deklaag onder Hansweert is de retardatie een factor 5 groter vanwege het hogere organisch koolstofgehalte in deze laag (1,6%). Bovendien is het opwaartse transport hier gering omdat de gemiddelde verticale snelheid van het poriënwater slechts ca 50 cm/jaar bedraagt. De PAK's fenantreen en fluorantheen kunnen zich hier dus maar met een snelheid van respectievelijk ca 0,07 en 0,012 cm/jaar verplaatsen. Een verticale verplaatsing van 1 meter duurt voor deze stoffen wel respectievelijk 1428 en 8333 jaar.

Het maken van prognoses voor verspreiding van organische microverontreinigingen in grondwater is wegens de zeer grote tijdschaal vrijwel alleen mogelijk met behulp van simulatiemodellen.

### Prognoses

Het Waterloopkundig Laboratorium heeft prognoses gemaakt voor verspreiding van verontreinigende stoffen via het grondwater in de initiële en in de huidige situatie. Bij het onderzoek is gebruik gemaakt van het door het WL ontwikkelde computer-simulatiemodel STYXZ. Dit model gebruikt als basis voor het advectieve transport het eerder met het model MODFLOW berekende stromingspatroon. Met het model STYXZ wordt de verplaatsing van een organische microverontreiniging in de tijd in een drie-dimensionale ruimte berekend. Door middel van omrekeningsfactoren kunnen de berekeningsresultaten ook voor andere organische microverontreinigingen met een lineair adsorptie gedrag worden gebruikt.

Voor de invoer van het model is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van meetgegevens. Indien deze niet beschikbaar waren, zijn zodanige waarden

gekozen dat de modelberekeningen een veilige benadering van de werkelijkheid opleveren (referentie WL-T932, december 1993 en mei 1994). Dit wil zeggen dat de mogelijk werkelijk optredende verspreiding van verontreinigingen geringer zal zijn dan de berekeningsresultaten aangeven. Bij interpretatie van de berekeningsresultaten dient hiermee rekening te worden gehouden (zie ook hoofdstuk 7: Leemten in kennis).

De verspreidingsberekeningen zijn uitgevoerd voor een termijn van 20.000 jaar. Daarbij is verondersteld dat gedurende deze periode de hydrologische situatie onveranderd blijft. In het model is alleen het depot c.q. de voormalige havenbodem als "verontreinigingsbron" in het studiegebied aanwezig, waardoor alleen de verspreidingseffecten van deze bron in beeld worden gebracht.

Het depot is in het model opgedeeld in de volgende zones:

- \* een afdeklaag van NAP+6,00 m tot NAP-1,00 m
- \* de verontreinigde specielaag van NAP-1,00 m tot NAP-4,00 m
- \* de laag verontreinigde havenslib van NAP-4,00 m tot NAP-6,00 m
- \* de verontreinigde kleilaag van NAP-6,00 m tot NAP-8,00 m
- \* het eerste watervoerend pakket van NAP-8,00 m tot NAP-40,00 m.

Een eerste studie van het WL (T932, december 1993) stelde een aantal belangrijke onzekerheden ter discussie over de aanwezigheid, ligging en dikte van de kleilaag onder de havenbodem en over de juiste hydraulische weerstanden van de aanwezige grondlagen. Om daar meer duidelijkheid over te verkrijgen werd nader grondonderzoek uitgevoerd, in de vorm van een tiental sonderingen en een drietal boringen, gecombineerd met een aantal chemische en fysische analyses. De onderzoeksresultaten werden verwerkt in het WL-rapport "Aanvullende verspreidingsberekeningen Hansweert" (T932, mei 1994). Bij dit onderzoek kwam aan het licht dat de dikte van de kleilaag maximaal slechts 2 meter bedraagt in plaats van de eerder aangenomen 3,5 meter. Daarnaast bleken de concentraties van verschillende verontreinigingen in de kleilaag vrij hoog te zijn, terwijl er



**Tabel 4.1: Gemeten gehalten aan PAK's en het organisch stofgehalte in de onderscheiden lagen van het speciedepot Hansweert (organisch stofgehalte in %, gehalten PAK's in mg/kg droge stof)**

	boor- lokatie	orga- nisch stof- gehalte	fenan- treen	fluoran- theen	benzo(b)- fluoran- theen	benzo(k)- fluoran- theen	benzo(a)- pyreen	benzo- (ghi)- pery- leen	indeno- (123cd)- pyreen
afdek- laag	A	1,9	0,03 <sup>3)</sup>	0,05	0,05	<0,01	0,02	<0,01	<0,01
	B	5,2	0,04	0,07	0,05	<0,01	0,02	<0,50 <sup>2)</sup>	<0,30 <sup>2)</sup>
	C	1,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
specie	A	3,8	0,57	1,7	0,71	0,25	0,54	0,025	0,41
	B <sup>1)</sup>	3,9	<0,01	<0,01	0,03	0,01	0,02	<0,01	<0,01
	C	3,4	1,6	3,0	1,2	0,48	0,88	0,38	0,61
sliblaag oude buiten- haven	A	4,1	1,2	3,4	1,6	0,56	1,2	0,082	1,1
	B	6,6	0,56	1,8	0,88	0,29	0,62	0,76	1,2
	C	6,8	1,1	2,8	1,0	0,36	0,78	0,30	0,58
kleilaag onder depot	A	4,9	0,40	0,70	0,57	0,17	0,34	<0,80 <sup>2)</sup>	0,70
	B	6,3	0,34	0,77	0,68	0,19	0,37	0,27	0,41
	C	5,3	0,90	1,3	0,72	0,22	0,44	0,10	<0,50 <sup>2)</sup>
eerste water- voerend pakket	A	<1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	B	<1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	C	<1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

<sup>1)</sup> Deze monsters zijn door zetting waarschijnlijk afkomstig van de afdeklaag

<sup>2)</sup> Bij de analyse van deze monsters is een storing opgetreden waardoor de detectiegrens voor de betreffende stof is verhoogd

<sup>3)</sup> In WL-nota T932, mei 1994 is abusievelijk voor fenantreen in de afdeklaag een waarde van 0,3 mg/kg droge stof vermeld; de waarde in deze tabel is correct

bij eerdere berekeningen van een schone kleilaag was uitgegaan.

In tabel 4.1 zijn de gemeten gehalten aan PAK's in de verschillende zones in het depot en in het watervoerend pakket onder het depot verzameld. Het betreft de analyseresultaten van grondmonsters op drie lokaties in het depot. Lokatie A bevindt zich in de zuidelijke helft, lokatie C vrijwel in het midden en lokatie B in de noordelijke helft van het depot (situatie op bijlage).

Uit tabel 4.1 blijkt dat de gehalten in de afdeklaag laag zijn. De gehalten in de vervuilde specie-laag zijn door menging lager dan voorheen en van

dezelfde orde van grootte als in de sliblaag op de oude havenbodem. De kleilaag onder de oude havenbodem bevat echter overeenkomstige gehalten aan PAK's. De meest waarschijnlijke verklaring voor de aanwezigheid van de verontreiniging in deze kleilaag is het in het verleden uitgevoerde baggerwerk, waardoor vermenging met de verontreinigde sliblaag op de havenbodem is opgetreden (WL-rapport T932, mei 1994). Bij de vroegere studie in 1988 (DHV Raadgevend Ingenieursbureau BV, Gemeente Reimerswaal-notitie inzake de berging van verontreinigde baggerspecie, B-0156-01-001, mei 1988), is aangenomen dat deze kleilaag niet verontreinigd was en daardoor als buffer voor



Tabel 4.2: Opgelost organisch koolstof (DOC) en verdelingscoëfficiënten verspreidingsonderzoek Hansweert

	DOC [kgC/m <sup>3</sup> ]	Kd voor fenantreen [m <sup>3</sup> /kg]	Kd voor fluorantheen [m <sup>3</sup> /kg]
holocene deklaag in de polders	0,01	0,12	0,73
afdeklaag in het depot	0,02	0,12	0,70
specie in het depot	0,03	0,15	0,87
sliblaag voormalige haven	0,04	0,23	1,28
kleilaag onder voormalige haven	0,04	0,23	1,28
eerste watervoerend pakket	0,005	0,022	0,14

het transport van verontreinigingen uit het depot zou kunnen fungeren. **Dit is dus een essentieel verschil in uitgangspunt.**

Vanuit de verontreinigde havenbodem moet ook in de initiële situatie (dus vóór de aanleg van het depot) een diffusieflux naar het eerste watervoerend pakket zijn opgetreden. In het watervoerende pakket onder het depot zijn echter geen gehalten boven de detectiegrenzen aangetroffen (zie tabel 4.1). En ook uit de grondwaterbemonstering van de monitoringspunten is daarvan niets gebleken. Dit duidt erop dat er thans geen meetbare invloed is van het depot op de kwaliteit van het eerste watervoerend pakket onder het depot.

### Verdelingscoëfficiënten

De verspreidingsberekeningen zijn uitgevoerd voor twee PAK's: fenantreen en fluorantheen.

Fenantreen is een relatief mobiele PAK, fluorantheen is de PAK die in de hoogste concentratie in de specie voorkomt. Tevens zijn de fluxen naar het eerste watervoerend pakket berekend voor benzo(a)pyreen en benzo(ghi)peryleen als representanten voor de minder mobiele PAK's.

De door het Waterloopkundig Laboratorium in het modelonderzoek gehanteerde verdelingscoëfficiënten voor fenantreen en fluorantheen zijn verzameld in tabel 4.2. Voor de fluxen van benzo(a)pyreen en benzo(ghi)peryleen zijn alleen de verdelingscoëfficiënten in de kleilaag relevant. De aangehouden verdelingscoëfficiënten voor deze stoffen zijn respectievelijk 5,63 m<sup>3</sup>/kg en 7,34 m<sup>3</sup>/kg. Het betreft gemiddelde waarden zoals die zijn afgeleid uit literatuuronderzoek. Deze zijn veelal gebaseerd op laboratoriumproeven. In de

Tabel 4.3: Berekende poriënwaterconcentraties in het depot en in de voormalige havenbodem

	fenantreen [mg/m <sup>3</sup> = µg/l]	fluorantheen [mg/m <sup>3</sup> = µg/l]
afdeklaag in het depot	0,30	0,09
specie in het depot	7,23	2,71
sliblaag voormalige haven	4,17	2,09
kleilaag onder voormalige haven	2,41	0,72

N.B.: De in het poriënwater gemeten gehalten zijn aanzienlijk lager dan de berekende gehalten. Voor een mogelijke verklaring wordt verwezen naar het Hoofdstuk 7.0 Leemten in Kennis.



**Tabel 4.4: Berekende fluxen naar het eerste watervoerend pakket in de initiële en in de huidige situatie**

tijd [jaar]	flux fenantreen [µg/m <sup>2</sup> .jaar]		flux fluorantheen [µg/m <sup>2</sup> .jaar]	
	0-situatie	huidige situatie	0-situatie	huidige situatie
200	57,2	69,1	27,3	32,8
1.000	21,5	31,3	16,8	20,3
5.000	10,6	21,7	7,1	10,0
10.000	8,4	21,2	5,1	8,2
20.000	7,2	23,5 <sup>1)</sup>	3,8	7,2

<sup>1)</sup> De toename in de flux fenantreen tussen 10.000 en 20.000 jaar voor de huidige situatie, wordt veroorzaakt doordat de voormalige havenbodem boven de kleilaag sterker met fenantreen is verontreinigd dan de kleilaag. Na 20.000 jaar heeft de fenantreen-verontreiniging uit deze sliblaag de onderzijde van de kleilaag bereikt. Voor fluorantheen (en de overige PAK's) is dit binnen de rekenperiode nog niet het geval.

Opm. Omdat bij de start van de berekening (t=0) de kleilaag onder het depot over de gehele hoogte dezelfde poriënwaterconcentratie heeft en het grondwater in het eerste watervoerend pakket een concentratie nul heeft, is er in feite op dit tijdstip een oneindig grote concentratiegradiënt aanwezig en dus een oneindig grote diffusieflux. (De diffusieflux is recht evenredig met de concentratiegradiënt). In het model is deze flux wel hoog, maar niet oneindig groot vanwege de gekozen laagdikte in de verticale schematisatie. Door de hoge diffusieflux zullen de onderste modellagen van de kleilaag snel uitlogen en zal de poriënwaterconcentratie in de bovenste zone van het eerste watervoerend pakket toenemen totdat er een meer realistische concentratiegradiënt over het grensvlak tussen de kleilaag en het eerste watervoerend pakket is ontstaan. Om deze reden zijn de fluxen in de beginperiode van de berekening niet in de tabel vermeld. Vanwege de zeer grote tijdschaal van het verspreidingsproces en de beperkende randvoorwaarden van het model, kunnen de berekende waarden voor bijvoorbeeld 200 jaar na nu als de waarden voor het heden worden opgevat.

vermelde verdelingscoëfficiënten is de bijdrage van de aan het opgeloste organische koolstof (DOC) geadsorbeerde fractie verdisconteerd. Het gehanteerde DOC-gehalte is in de tabel eveneens vermeld.

Ten aanzien van de veiligheid in de voor de modelberekeningen gehanteerde verdelingscoëfficiënten wordt verwezen naar het hoofdstuk 7.0 Leemten in Kennis.

### Berekeningsresultaten modelonderzoek

Tabel 4.3 geeft een overzicht van de op grond van de gemeten gehalten en de aangehouden verdelingscoëfficiënten berekende poriënwaterconcentraties in de verschillende zones van het depot en de voormalige havenbodem.

In tabel 4.4 zijn de berekende fluxen naar het eerste watervoerend pakket voor de initiële en huidige situatie voor een aantal tijdstippen gedurende de rekenperiode vermeld.



## Retardatiefactor

De retardatiefactor geeft de vertraging aan van de verontreiniging ten opzichte van het advectieve watertransport door de grond (of ten opzichte van de verplaatsing van een niet adsorberende opgeloste stof in het poriënwater). De factor kan worden berekend met de formule:

$$R = 1 + ((1 - p) \cdot \rho \cdot Kd) / p$$

(referentie: Ontwerpaspecten Speciedepots, RWS Bouwdienst, WRO-N-93005)

hierin is :

$$p = \text{poriëngehalte [m}^3/\text{m}^3]$$

$$Kd = \text{verdelingscoëfficiënt [m}^3/\text{kg]}$$

(de Kd in het eerste watervoerend pakket is voor fenantreen 0,022 en voor fluorantheen 0,14 m<sup>3</sup>/kg en in de holocene deklaag respectievelijk 0,12 en 0,73 m<sup>3</sup>/kg; referentie WL-T932, mei 1994)

$$\rho = \text{soortelijke massa vaste fase [kg/m}^3]$$

Met  $p = 0,3$  en  $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$  is de retardatiefactor in het eerste watervoerend pakket:

$$R_{\text{fenantreen}} = 130$$

$$R_{\text{fluorantheen}} = 820$$

en in de holocene deklaag:

$$R_{\text{fenantreen}} = 700$$

$$R_{\text{fluorantheen}} = 4260$$

Uit tabel 4.4 kan het volgende worden afgeleid.

De absolute waarden van de fluxen vertonen voor beide situaties een in de tijd afnemende tendens. Dit is het gevolg van het afnemen van de verticale concentratiegradiënt op het grensvlak kleilaag/watervoerend pakket, waardoor de flux vermindert (zie ook de opmerking onder tabel 4.4). Het verschil tussen de fluxen voor de 0-situatie en voor de huidige situatie bedraagt voor de relatief korte termijn ca 17%. Op langere termijn neemt het verschil toe. De flux in de 0-situatie is, zoals eerder vermeld, vrijwel alleen het gevolg van het diffusieproces tussen de verontreinigde kleilaag onder de vroegere havenbodem met relatief hoge concentraties in het poriënwater en het schone water in het watervoerend pakket, dat door infiltratie vanuit de Westerschelde voortdurend wordt ververs (het infiltrerende water is in de berekeningen schoon verondersteld, de diffusieflux is daarom overschat). De flux in de huidige situatie

is het gevolg van diffusie en infiltratie door het depot. Het verschil tussen de fluxen voor de huidige en de 0-situatie komt vrijwel overeen met het aandeel van de infiltratie door het depot aan de totale flux in de huidige situatie.

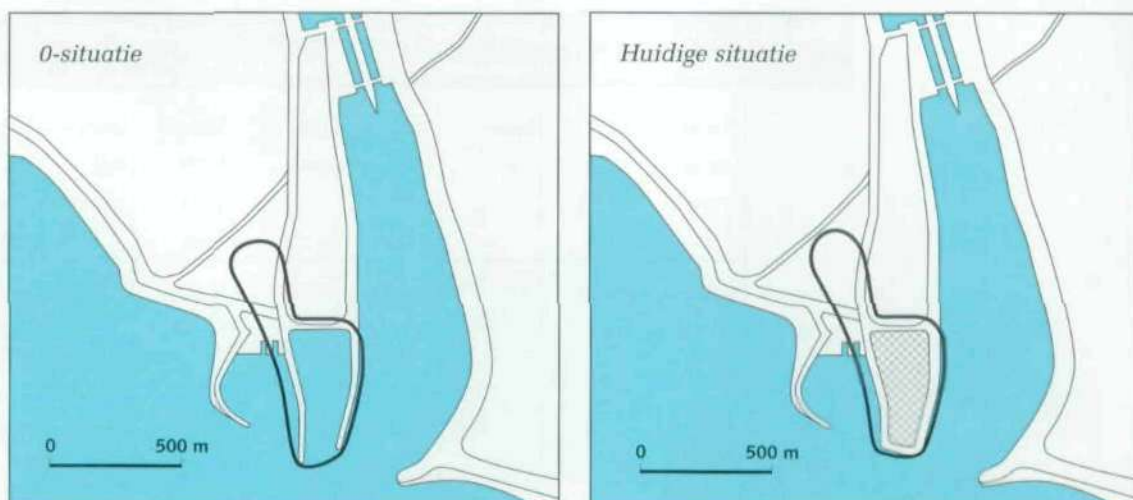
Binnen de rekenperiode van 20.000 jaar bereikt alleen fenantreen dat afkomstig is uit de oorspronkelijke sliblaag op de havenbodem de onderzijde van de kleilaag. De verontreinigingen uit de gestorte specie hebben de onderzijde van de kleilaag dan nog niet bereikt. Gedurende de rekenperiode worden dus in feite alleen verontreinigingen afkomstig uit de kleilaag naar het watervoerende pakket afgevoerd; de kleilaag ontvangt aan de bovenzijde verontreinigingen afkomstig van de verontreinigde sliblaag. Door de aanwezigheid van het depot wordt dit proces versneld. Het totale uitloogproces zal, doordat in de huidige situatie een grotere massa aan verontreinigingen aanwezig is, voor de huidige situatie aanzienlijk langer duren dan voor de 0-situatie.

De absolute grootte van de berekende fluxen is gering. Een fenantreenflux van ca 70 µg/m<sup>2</sup>.jaar, zoals voor de huidige situatie na 200 jaar is berekend, betekent voor het totale depot met een oppervlakte van 11 ha een jaarvrucht van  $70 \cdot 11.0000 = 7.700.000 \text{ µg}$  of ca 8 gram (deze massa komt overeen met de massa van bijvoorbeeld 8 cm<sup>3</sup> water). Nogmaals wordt benadrukt dat de berekende fluxen aan de veilige kant zijn. De werkelijke fluxen zullen dus nog geringer zijn.

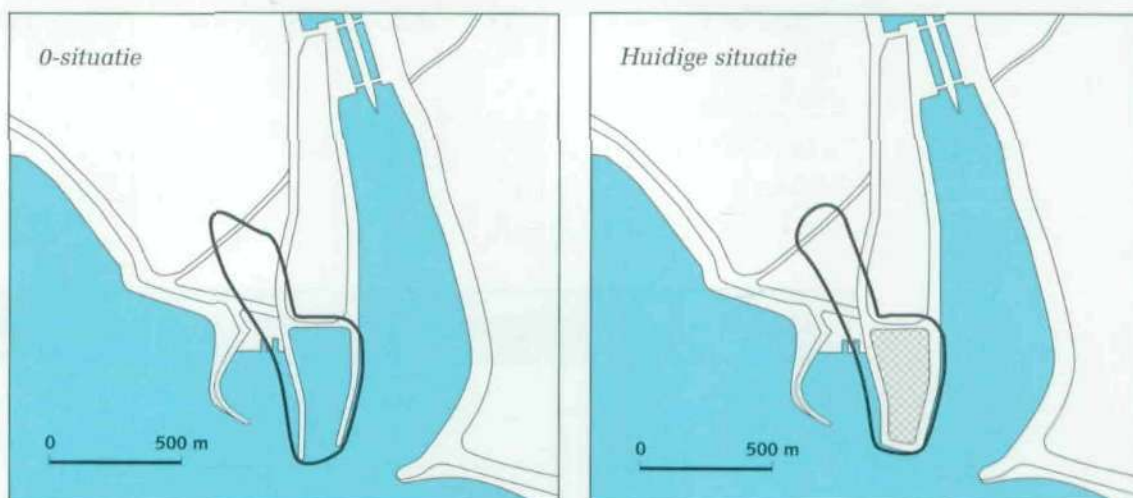
Om een indruk te geven van de relatieve grootte van de berekende fluxen naar het eerste watervoerend pakket ten opzichte van andere belastingen in het gebied zijn deze vergeleken met de fluxen die in de huidige situatie als gevolg van atmosferische depositie worden aangevoerd. Voor de berekening van de atmosferische depositie is gebruik gemaakt van de betreffende gegevens voor het Volkerak/Zoommeer (referentie RIZA nota 92.023 "Balansstudie en trendanalyse van microverontreinigingen in het Volkerak/Zoommeer in de periode 1987-1990"). De huidige atmosferische depositie op dit gebied bedraagt voor fenantreen ca 700 µg/m<sup>2</sup>.jaar en voor fluorant-



*Figuur 4.6: Gebied waarin na 10.000 jaar de streefwaarde voor fenantreen ( $0,02 \mu\text{g/l}$ ) in de bovenste zone van het eerste watervoerend pakket wordt overschreden in de 0-situatie en in de huidige situatie*



*Figuur 4.7: Gebied waarin na 10.000 jaar de streefwaarde voor fluorantheen ( $0,005 \mu\text{g/l}$ ) in de bovenste zone van het eerste watervoerend pakket wordt overschreden in de 0-situatie en in de huidige situatie*



heen ca  $350 \mu\text{m}^2\text{-jaar}$ . Deze werkelijk optredende fluxen zijn dus aanzienlijk groter (10x) dan de in tabel 4.4 vermelde, veilig berekende, fluxen vanuit het depot naar het eerste watervoerend pakket.

In de bovenstaande figuren is het gebied aangegeven waarin volgens de berekeningen na 10.000 jaar de (huidige) streefwaarden voor fenantreen en fluorantheen in de bovenste zone van het eerste watervoerend pakket worden overschreden (WL-rapport T932, mei 1994, figuren 3.1 t/m 3.4). Uit de figuren 4.6 en 4.7 blijkt dat het verschil in de verspreiding na 10.000 jaar voor de 0-situatie en de huidige situatie gering is.

### Verspreiding van de andere PAK's

In het voorgaande is de verspreiding van de PAK's fenantreen en fluorantheen beschreven. In

het onderzoek voor deze MER is op deze stoffen de nadruk gelegd omdat zij ten opzichte van de overige PAK's relatief mobiel zijn. Bovendien komen beide stoffen in de geborgen specie in hogere concentraties voor dan de andere PAK's (zie tabel 4.5).

Het Waterloopkundig Laboratorium heeft eveneens de fluxen naar het eerste watervoerend pakket berekend voor benzo(a)pyreen (B(a)P) en benzo(ghi)peryleen (B(g)P), als representanten voor de minder mobiele PAK's. Deze stoffen vertonen een combinatie van een relatief hoog gehalte in de kleilaag en een relatief lage streefwaarde, zodat de fluxen als eerste van de minder mobiele PAK's de toelaatbare emissie kunnen overschrijden.

In tabel 4.5 zijn de gemiddelde gehalten aan PAK's in de verontreinigde lagen verzameld, tevens is voor elke stof de streefwaarde grondwa-

Tabel 4.5: Gemiddelde gehalten aan PAK's in de verontreinigde lagen in mg/kg droge stof en streefwaarden grondwaterkwaliteit in mg/m<sup>3</sup>

	fenan- treen	fluor- an- theen	nafta- leen	anthra- ceen	chry- seen	benzo- (ghi)- pery- leen	benzo- (a)- pyreen	benzo- (k)- fluor- antheen	indeno- (123cd)- pyreen	benzo- (a)- anthra- ceen
streef- waarde [mg/m <sup>3</sup> ]	0,02	0,005	0,1	0,02	0,002	0,0002	0,001	0,001	0,0004	0,002
gehalte specie [mg/kg]	1,085	2,35	0,125	0,15	1,00	0,315	0,71	0,37	0,51	0,87
gehalte sliblaag [mg/kg]	0,95	2,67	0,13	0,25	1,14	0,63	1,3	0,4	0,96	1,01
gehalte kleilaag [mg/kg]	0,55	0,92	0,8	0,13	0,5	0,12	0,38	0,19	0,41	0,35

Tabel 4.6: Berekende fluxen naar het eerste watervoerend pakket voor benzo(a)pyreen en benzo(ghi)peryleen voor de 0-situatie en de huidige situatie in µg/m<sup>2</sup>.jaar

tijd [jaar]	flux benzo(a)pyreen [µg/m <sup>2</sup> .jaar]		flux benzo(ghi)peryleen [µg/m <sup>2</sup> .jaar]	
	0-situatie	huidige situatie	0-situatie	huidige situatie
1.000	0,59	0,71	0,096	0,115
5.000	0,35	0,42	0,072	0,087
10.000	0,24	0,30	0,051	0,063
20.000	0,16	0,22	0,034	0,045

## Twee PAK's als beschouwde stoffen

In de geborgen specie komen vooral PAK's in vrij hoge concentraties voor. De verspreidingsberekeningen zijn daarom voor twee van deze stoffen uitgevoerd. Fenantreen is gekozen omdat deze stof relatief mobiel is; fluorantheen is gekozen omdat deze stof van de zes gemeten PAK's in de hoogste concentratie voorkomt en van deze zes de meest mobiele is. Behalve deze PAK's zijn geen andere organische microverontreinigingen beschouwd omdat deze vrijwel niet voorkomen. Ook de zware metalen zijn niet beschouwd omdat de concentraties laag zijn (klasse 2 voor cadmium, koper en kwik en klasse 1 voor alle andere metalen). Bovendien vormen deze verontreinigingen in het algemeen geen probleem bij speciedepots omdat deze stoffen als zeer slecht oplosbare verbindingen (sulfideprecipitaten) aanwezig zijn. De concentraties in het poriënwater zijn daarom uiterst laag.



terkwaliteit vermeld. De berekende fluxen voor B(a)P en B(g)P naar het eerste watervoerend pakket zijn in tabel 4.6 vermeld.

Uit tabel 4.6 blijkt dat de absolute waarden van de betreffende fluxen gering zijn vergeleken met de fluxen voor fenantreen en fluorantheen (zie tabel 4.4). De fluxen nemen in de tijd af; er is slechts een gering verschil tussen de fluxen in de 0-situatie en in de huidige situatie. Ook voor de berekening van deze fluxen geldt dat het overschattingen zijn, met name omdat de gebruikte verdelingscoëfficiënten veiligheidshalve te laag zijn gekozen. De werkelijke fluxen zullen dus geringer zijn dan de berekende fluxen.

### 4.3 Toetsing aan Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie

Het Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie (Tweede Kamer, vergaderjaar 1993-1994, 23450 nr1, 13 oktober 1993) geeft richtlijnen voor ontwerp en aanleg van nieuwe baggerspeciestortplaatsen, in de vorm van doelvoorschriften volgens de zogenoemde IBC-criteria.

Door het realiseren van baggerspeciestortplaatsen kan reeds een grote reductie van ongecontroleerde verspreiding van milieugevaarlijke stoffen via de waterbodem worden bereikt. En door isolatiemaatregelen kan verdere verspreiding van verontreinigende stoffen vanuit een depot naar de omgeving via het grond- en oppervlaktewater worden tegengegaan. Volgens het ALARA-beginsel (ALARA = As Low As Reasonable Achievable) dienen maatregelen te worden getroffen om de milieubelasting van een activiteit tot een zodanig niveau te beperken als redelijkerwijs mogelijk is.

In het Beleidsstandpunt is een overzicht gegeven van "toelaatbare emissies" naar het grondwater. Daarbij wordt ervan uitgegaan dat emissies uit baggerstortplaatsen die deze waarden niet overschrijden als acceptabel kunnen worden beschouwd. Indien de fluxbeperking niet kan worden gerealiseerd dient het ALARA-beginsel te worden gehanteerd.

Bedoelde "toelaatbare emissies" voor organische microverontreinigingen zijn in getalswaarden gelijk aan de streefwaarden grondwaterkwaliteit  $\times$  een advectief transport van 200 mm/jaar. Deze laatste waarde is aangehouden als een gemiddelde waarde voor de infiltratie door de waterbodem van oppervlaktewateren. De "toelaatbare emissie" van een stof komt dus globaal overeen met een flux uit een waterbodem met een kwaliteit gelijk aan de streefwaarde grondwaterkwaliteit voor die stof.

In het kader van deze MER zijn de met behulp van de modelberekeningen geschatte fluxen uit het depot voor de PAK's fenantreen, fluorantheen, benzo(a)pyreen, en benzo(ghi)peryleen vergeleken met de "toelaatbare emissies" uit het Beleidsstandpunt. In de tabellen 4.7 t/m 4.10 zijn de berekende fluxen zowel voor de 0-situatie als de huidige situatie verzameld voor een aantal tijdstippen gedurende de rekenperiode. Tevens is aangegeven hoeveel maal de berekende flux de "toelaatbare emissie" overschrijdt.

In het Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie is voor de omvang van het gebied dat door een baggerspeciestortplaats op lange termijn mag worden beïnvloed de volgende richtlijn geformuleerd: voor de grootte van het gebied waarbinnen, ten gevolge van emissies uit de baggerspeciestortplaats, na een periode van 10.000 jaar de streefwaarden grondwater worden overschreden is een gebied met een inhoud ter grootte van de inhoud van de stortplaats richtinggevend. In het geval Hansweert dus een volume van ca 1 miljoen m<sup>3</sup>.

In tabel 4.11 zijn zowel voor de 0-situatie als voor de huidige situatie de volumina vermeld waarin, volgens de modelberekeningen, na 10.000 jaar de streefwaarden grondwater voor fenantreen en fluorantheen worden overschreden.

Uit tabel 4.11 blijkt dat het volume aan verspreidingsgebied volgens de berekeningen in de huidige situatie na 10.000 jaar voor fenantreen met een factor 2 wordt overschreden. Voor fluorantheen (en de overige PAK's) is er geen overschrijding van dit criterium.

Indien bij het depotvolume ook de onder het depot aanwezige verontreinigde sliblaag en kleilaag worden betrokken bedraagt dit totale volume



Tabel 4.7: Vergelijking van de berekende fluxen met de "toelaatbare emissie" uit het Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie voor fenantreen (= 4 µg/m<sup>2</sup>.jaar)

tijd [jaar]	0-situatie		huidige situatie	
	berekende flux [µg/m <sup>2</sup> .jaar]	aantal malen overschrijding	berekende flux [µg/m <sup>2</sup> .jaar]	aantal malen overschrijding
200	57,2	14,3	69,1	17,3
1.000	21,5	5,4	31,3	7,8
5.000	10,6	2,7	21,7	5,4
10.000	8,4	2,1	21,2	5,3
20.000	7,2	1,8	23,5	5,9

Tabel 4.8: Vergelijking van de berekende fluxen met de "toelaatbare emissie" uit het Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie voor fluorantheen (= 1 µg/m<sup>2</sup>.jaar)

tijd [jaar]	0-situatie		huidige situatie	
	berekende flux [µg/m <sup>2</sup> .jaar]	aantal malen overschrijding	berekende flux [µg/m <sup>2</sup> .jaar]	aantal malen overschrijding
200	27,3	27,3	32,8	32,8
1.000	16,8	16,8	20,3	20,3
5.000	7,1	7,1	10,0	10,0
10.000	5,1	5,1	8,2	8,2
20.000	3,8	3,8	7,2	7,2

Tabel 4.9: Vergelijking van de berekende fluxen met de "toelaatbare emissie" uit het Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie voor benzo(a)pyreen (= 0,2 µg/m<sup>2</sup>.jaar)

tijd [jaar]	0-situatie		huidige situatie	
	berekende flux [µg/m <sup>2</sup> .jaar]	aantal malen overschrijding	berekende flux [µg/m <sup>2</sup> .jaar]	aantal malen overschrijding
1.000	0,59	3,0	0,71	3,6
5.000	0,35	1,7	0,42	2,1
10.000	0,24	1,2	0,30	1,5
20.000	0,16	0	0,22	1,1



Tabel 4.10: Vergelijking van de berekende fluxen met de "toelaatbare emissie" uit het Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie voor benzo(ghi)peryleen (= 0,04 µg/m<sup>2</sup>.jaar)

tijd [jaar]	0-situatie		huidige situatie	
	berekende flux [µg/m <sup>2</sup> .jaar]	aantal malen overschrijding	berekende flux [µg/m <sup>2</sup> .jaar]	aantal malen overschrijding
1.000	0,096	2,4	0,12	2,9
5.000	0,072	1,8	0,086	2,2
10.000	0,051	1,3	0,063	1,6
20.000	0,034	0	0,045	1,1

Tabel 4.11: Volumina in m<sup>3</sup> waarin na 10.000 jaar de streefwaarden grondwater voor fenantreen en fluorantheen worden overschreden voor de 0-situatie en de huidige situatie

	0-situatie (= zonder depot)	huidige situatie (= met depot)
fenantreen	1.077.000	2.122.000
fluorantheen	389.000	450.000

ca 1,4 miljoen m<sup>3</sup>. Het criterium wordt dan voor fenantreen met een factor 1,6 overschreden.

Bij fictieve toetsing voor de 0-situatie ("depotvolume" ca 0,4 miljoen m<sup>3</sup>) bedraagt de overschrijdingsfactor voor fenantreen 2,7; voor fluorantheen vindt net geen overschrijding plaats.

### Conclusie toetsing

Ten aanzien van toetsing aan de richtlijnen van het Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie kan het volgende worden opgemerkt.

In het Beleidsstandpunt worden richtlijnen gegeven voor verspreidingscriteria in de vorm van doelvoorschriften voor ontwerp en inrichting van baggerspeciedepots. Toetsing aan deze richtlijnen is in beginsel mogelijk door deze te confronteren met prognoses over verspreiding van milieugevaarlijke stoffen. Vanwege het complexe karakter en de zeer grote tijdschaal van verspreidingsprocessen zijn prognoses vrijwel alleen op te stellen met behulp van simulatiemodellen. Deze zijn gebaseerd op recente proceskennis, met veilige aannames voor onzekere invloedsfactoren op basis van het voorzorgsbeginsel. Hierdoor is de berekende verspreiding groter dan in de werke-

lijkheid zal kunnen optreden. Indien de modelresultaten een overschrijding van de richtlijnen voorspellen, kan dan ook met grote zekerheid worden gesteld dat aan de doelvoorschriften wordt voldaan. Bij overschrijding dient men zich te realiseren dat de mogelijke gevolgen minder ernstig kunnen zijn dan uit de toetsing wordt afgeleid.

Zoals in hoofdstuk 7.0 Leemten in Kennis is aangegeven, is waarschijnlijk een vrij grote mate van veiligheid in de prognoses aanwezig als gevolg van de gehanteerde verdelingscoëfficiënten. Daarnaast zijn alle andere uitgangspunten in de berekeningen veilig gekozen. Bij het WL, het RIVM, het RIZA en de Bouwdienst zijn met name voor wat betreft de grootte van verdelingscoëfficiënten studies gaande. De resultaten zijn van zeer groot belang voor een betere beoordeling van de risicofactoren. Indien de bij Hansweert mogelijk aanwezige "overveiligheidsfactor" thans in de orde van grootte van 100 ligt, zal er in werkelijkheid nauwelijks sprake van verspreiding kunnen zijn. Het depot zou dan aan de emissie-richtlijnen voldoen en aanvullende maatregelen zijn dan niet nodig. Volstaan zou kunnen worden met een goede con-



trole, ter verificatie van de in de verspreidingsmodellen gehanteerde uitgangspunten.

#### 4.4 Toetsing aan Wet Bodembescherming

##### Verontreinigingssituatie

De verontreinigingssituatie in de 0-situatie en in de huidige toestand is getoetst aan het criterium voor een geval van ernstige bodemverontreiniging, zoals gedefinieerd in de "Circulaire tweede fase inwerkingtreding saneringsregeling wet bodembescherming". Dit criterium luidt:

*'In situaties waar de gemiddelde grondconcentratie van een verontreinigende stof in 25 m<sup>3</sup> bodemvolume of de gemiddelde grondwaterconcentratie in 100 m<sup>3</sup> bodemvolume de interventiewaarde*

*overschrijdt of dreigt te overschrijden is er sprake van een geval van ernstige bodemverontreiniging'.*

Ten aanzien van de opgeloste concentraties aan verontreinigende stoffen in grondwater zijn in het depot Hansweert metingen gedaan in de gestorte specie. De concentraties daarvan kunnen worden vergeleken met de interventiewaarden voor grondwater. Voor de verschillende lagen zijn ook de totaalgehalten van een aantal PAK's beschikbaar (zie tabel 4.1). Deze kunnen worden vergeleken met de interventiewaarden voor grond/sediment.

In de tabel 4.12 zijn voor de stoffen, waarvan analyseresultaten beschikbaar zijn en waarvoor tevens de interventiewaarden bekend zijn, de gemiddelde gemeten gehalten in het poriënwater van de gestorte specie vergeleken met de inter-

Tabel 4.12: Vergelijking gemeten concentraties in het poriënwater van de gestorte specie met de interventiewaarden voor grondwater

	gemiddelde gehalte in poriënwater in µg/l	interventiewaarde grondwater in µg/l
arsen	13,6	60
lood	13,8	75
kwik	0,1	0,3
nikkel	18,6	75
zink	274	800
koper	10	75
cadmium	1	30
antraceen	0,02	5
fenantreen	0,03	5
fluorantheen	0,06	1
benzo(a)anthraceen	0,02	0,5
chryseen	0,02	0,05
benzo(a)pyreen	0,02	0,05
benzo(ghi)peryleen	0,03	0,05
benzo(k)fluorantheen	0,01	0,05
indeno(1,2,3-cd)pyreen	0,03	0,05



**Tabel 4.13: Vergelijking van de interventiewaarden grond/sediment en gemeten waarden voor de som van 10 PAK's in de verschillende lagen in en onder het depot Hansweert**

		som van 10 gemeten PAK's in mg/kg droge stof	organisch stofgehalte in %	voor org. stof gecorrigeerde interventiewaarde in mg/kg d.s.
afdeklaag	lokatie A <sup>1)</sup>	0,19	1,9	7,6
	B	0,18	5,2	20,8
	C	< 0,10	1,5	6,0
specie	A	5,5	3,8	15,2
	B	0,05 <sup>2)</sup>	3,9	15,6
	C	9,5	3,4	13,6
sliblaag buitenhaven	A	12,0	4,1	16,4
	B	7,1	6,6	26,4
	C	8,1	6,8	27,2
kleilaag	A	2,5	4,9	19,6
	B	3,4	6,3	25,2
	C	4,8	5,3	21,2

1) Lokatie A ligt in de zuidelijke helft van het depot, lokatie B in het midden en lokatie C in de noordelijke helft.

2) De monsters waaruit deze som PAK's zijn afgeleid zijn waarschijnlijk afkomstig uit de afdeklaag.

ventiewaarden voor grondwater. Bij de berekening van de gemiddelde waarden zijn concentraties beneden de detectiegrens gelijk gesteld aan de detectiegrens. Deze gemiddelde waarden zijn daardoor hoger gesteld dan in werkelijkheid het geval zal zijn.

Uit tabel 4.12 blijkt dat geen der aanwezige verontreinigende stoffen in het poriënwater van de gestorte specie de interventiewaarde voor grondwater overschrijdt. Omdat de andere grondlagen (afdeklaag boven de specie, sliblaag onder de specie en de havenbodemiaag) in mindere of gelijke mate zijn verontreinigd, kan worden gesteld, dat ook in deze lagen de gehalten aan opgeloste milieugevaarlijke stoffen lager zijn dan de interventiewaarden voor grondwater.

Voor de totaalgehalten zijn geen interventiewaarden per afzonderlijke PAK bekend, wel bestaat er een interventiewaarde voor de som van de zogenoemde 10 PAK's van VROM, zijnde 40 mg/kg

droge stof. De interventiewaarden voor grond/sediment gelden voor een zogenaamde standaardbodem met een organisch stofgehalte van 10 %. Voor bodems met een hoger of lager organisch stofgehalte kan de voor organisch stof gecorrigeerde interventiewaarde worden bepaald met de formule:

$$I_b = I_{st.b} \cdot \% \text{ org.stof} / 10$$

Tabel 4.13 toont de som van de gemeten totaalgehalten van 10 PAK's in de verschillende lagen in en onder het depot, samen met de voor organisch stof gecorrigeerde interventiewaarde.

Uit de tabel blijkt dat voor alle lagen de som van de 10 PAK's onder de voor organisch stof gecorrigeerde interventiewaarde ligt. Op grond van de vergelijking tussen gemeten waarden en de interventiewaarden kan dus worden vastgesteld dat er geen sprake is van een geval van ernstige bodemverontreiniging in de zin van de Wet

**Bodembescherming.** Dit geldt zowel voor de huidige toestand als voor de 0-situatie. Dit houdt tevens in dat deze situaties geen saneringsurgentie hebben.

### *Verspreidingsrisico*

Zoals in paragraaf 4.2 beschreven is, vindt er, voornamelijk als gevolg van diffusie, transport van verontreinigingen vanuit de kleilaag via het eerste watervoerende pakket in de richting van Hansweert plaats. Volgens de modelberekeningen zullen mogelijk na ruim 3000 jaar de streefwaarden voor fenantreen in het bovenste deel van het watervoerende pakket onder Hansweert worden overschreden. Daarna duurt het nog vele duizenden jaren eer dit het geval is in het ondiepe grondwater te Hansweert (WL-T1546, juni 1995). Fenantreen is de meest mobiele PAK, voor de andere PAK's zijn de termijnen nog langer. De effecten gelden ook voor de situatie zonder depot, omdat de bodemlaag van de oude voorhaven reeds vóór de aanleg van het depot verontreinigd was met PAK's. Ook dan zouden de verontreinigingsfluxen naar het eerste watervoerend pakket groter zijn geweest dan de toelaatbare fluxen volgens het Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie.

N.B.: Gedurende de met de modellen doorge-rekende periode van 20.000 jaar komen alleen de PAK's die zich thans in de verontreinigde kleilaag en de oorspronkelijke havenbodem bevinden in het eerste watervoerende pakket terecht. PAK's die zich thans in de gestorte specie bevinden dringen in deze periode slechts door tot in de kleilaag onder het depot. De uitloegsnelheid is dus uitermate gering.

**Zoals hiervoor is aangegeven, is er geen sprake van een acute bedreiging voor de volksgezondheid en de hygiëne van het milieu in Hansweert ten gevolge van de aanleg van het slibdepot.**

Ter illustratie nog het volgende. De (veilig) berekende fluxen fluorantheen en fenantreen vanuit de kleilaag onder het depot naar het watervoerende pakket (resp. 70 en 33  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{jaar}$ ) zijn een factor in de orde van grootte van 10 geringer dan de huidige atmosferische depositie van deze stoffen op het depot en de omgeving (resp. ca 700 en 350  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{jaar}$ ). Er komt dus aan de onderkant minder uit het depot dan er aan de bovenkant uit neerslag opvalt.



## 5.0 Oplossingsmogelijkheden

### 5.1 Algemene beschouwing

In hoofdstuk 4 is aangetoond dat er geen *acute bedreiging voor het grondwater in Hansweert* aanwezig is als gevolg van de in het baggerspeciedepot opgeslagen milieuvervuilende stoffen. Bij toetsing van de berekeningsresultaten aan het Beleidsstandpunt Verwijdering Bagger-specie blijkt echter wel dat de daarin vermelde richtlijnen voor ontwerp en aanleg van nieuwe baggerspeciestortplaatsen worden overschreden. De berekende infiltratie van neerslagwater door *het depot heen is hoger dan de streefwaarde en de berekende verontreinigingsfluxen naar het eerste watervoerend pakket zijn hoger dan de "toelaatbare emissie"*. Daarom is onderzocht met welke aanvullende maatregelen de verspreiding van verontreinigingen in de richting van Hansweert effectief kan worden tegengegaan.

Structuurschema werkwijze ontwikkelen alternatieve oplossingsmogelijkheden

Volgens de richtlijnen voor het MER Bagger-speciebergings Hansweert dienen alternatieve

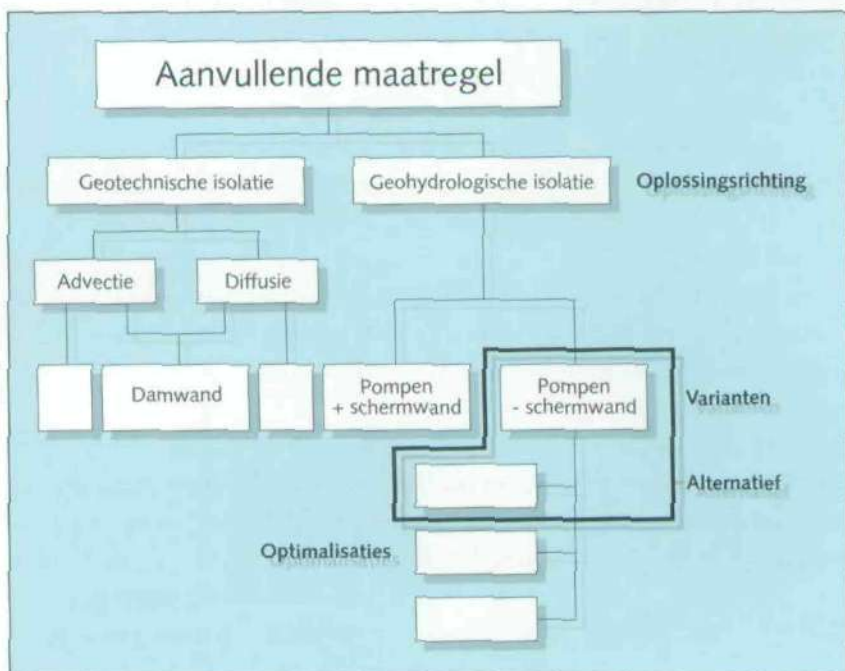
inrichtingsmogelijkheden te worden uitgewerkt als blijkt dat het depot niet aan de IBC-criteria voldoet. De redelijkerwijs in beschouwing te nemen alternatieven dienen wel realiteitswaarde te hebben. *Het alternatief om het depot na ontgraving en het aanbrengen van isolerende voorzieningen alsnog in haar geheel voor berging van vervuilde baggerspecie te benutten, mag volgens de richtlijnen niet worden meegenomen. Anderzijds worden volledige ontmanteling van het depot en tijdelijke ontgraving van de vervuilde baggerspecie, om isolerende voorzieningen te kunnen aanbrengen, door de initiatiefnemer als niet realistisch en strijdig met de gedoogsituatie afgewezen.*

Evenzo geldt dit voor het alsnog reinigen of immobiliseren van de geborgen vervuilde baggerspecie, omdat de onderhavige berging juist heeft plaatsgevonden doordat bedoelde specie eerder niet voor verdere verwerking in aanmerking kon worden genomen (zie ook kader).

**Als uitgangspunt dient de ontwikkeling van alternatieven derhalve te worden beperkt tot aanvullende maatregelen, gericht op de doelmatigheid van het gebruik van het depot, de afwerking, het beheer en de nazorg. Tevens dient een alternatief met de best mogelijke bescherming van het milieu te worden beschreven.**

In nevenstaande figuur is de gevolgde aanpak schematisch weergegeven. De benaderingswijze voor ontwikkeling van aanvullende maatregelen is gericht op *beïnvloeding van de veroorzakende factoren van verspreiding van milieugevaarlijke stoffen.*

Het tegengaan van verspreiding van milieugevaarlijke stoffen via het grondwater is in beginsel mogelijk via twee oplossingsrichtingen. Enerzijds door het depot daadwerkelijk van de omgeving te isoleren door het treffen van fysieke maatregelen in de vorm van folies, ondoorlatende lagen, drainagesystemen en damwanden (verder geotechnische isolatie genoemd), en anderzijds door de





inmiddels uit het depot gelekte verontreinigingen weer uit het grondwater te onttrekken (verder geohydrologische isolatie genoemd). Bij geotechnische isolatie wordt onderscheid gemaakt in maatregelen ter beperking van het advectieve transport en maatregelen ter beperking van het diffusieve transport (als veroorzakende factoren). Effectieve maatregelen zijn als mogelijke varianten beschreven en zonodig via optimalisaties verder uitgewerkt als haalbare alternatieven.

De verschillende mogelijkheden zijn in de volgende paragrafen beschreven en getoetst op effectiviteit, haalbaarheid en realiteitswaarde.

## 5.2 Beperking advectief transport

Volgens de uitgevoerde modelberekeningen varieert de infiltratie (neerwaarts advectief transport of inzijging) door het depot heen tussen 4,4 mm/jaar in het noordelijke deel en 10,1 mm/jaar in het zuidelijke deel van het depot. De variatie is het gevolg van het verloop van de weerstand van de kleilaag onder de voormalige havenbodem. De gemiddelde waarde van de infiltratie over het hele depot bedraagt 5 mm/jaar (streefwaarde 2 mm/jaar).

Voor de berekeningen is een maximale waarde voor het potentiaalverschil over het depot (inclusief oorspronkelijke bodem) aangehouden. De potentiaal van het grondwater binnen het depot is gelijkgesteld aan de maximale hoogte van het maaiveld (NAP+6 m); de potentiaal in het watervoerend pakket is onder de zuidrand van het depot nagenoeg gelijk aan de gemiddelde waterstand op de Westerschelde (ca NAP) en daalt in noordwestelijke richting onder invloed van het polderpeil. De hydraulische weerstand van de specielagen in het depot en van de onderliggende kleilaag is gebaseerd op doorlaatproeven van recente boommonsters. De totale weerstand zal in de loop der tijd als gevolg van doorgaande consolidatie nog verder toenemen. De optredende infiltratie zal daarom zeker nog afnemen, maar de genoemde streefwaarde van 2 mm/jaar ook in de verre toekomst blijven overschrijden.

Beperking van de infiltratie kan **in theorie** worden bereikt door:

- \* Het afleiden van het neerslagoverschot door middel van het afdekken van het depot met een waterdichte laag of folie. Hierdoor zal de potentiaal van het grondwater binnen het depot dalen tot maximaal ca NAP (= gemiddelde waterstand Westerschelde) en zal het potentiaalverschil tussen het grondwater in het depot en het water in het eerste watervoerend pakket afnemen. Dit is een maatregel met beperkt effect, omdat alleen door het volledig waterdicht inpakken van het depot met folie c.a. infiltratie afdoende kan worden tegengegaan. Omdat daarvoor het depot eerst moet worden ontgraven is deze optie volgens het gestelde uitgangspunt in paragraaf 5.1 niet realistisch.

- \* Het aanbrengen van een diepliggend drainage- of bronbemalingssysteem in de afdeklaag boven de verontreinigde specie. Hiermee kan de potentiaal binnen het depot eveneens worden verlaagd. Vanwege de kleihoudende samenstelling van de afdeklaag zal dit systeem zeer intensief moeten werken om het beoogde effect te kunnen garanderen.

- \* Het verhogen van de hydraulische weerstand van het gehele depot. Gezien de reeds aanwezige grote weerstand van het depot (inclusief onderliggende kleilaag) heeft naverdichting slechts een marginaal effect op de omvang van de infiltratie.

- \* Het verhogen van de potentiaal onder het depot door middel van het opwekken van een aanzienlijke kweldruk. Dit moet vanwege de zware condities slechts als een theoretische mogelijkheid zonder realiteitswaarde worden beschouwd. De optie wordt hier alleen volledigheidshalve genoemd.

De effectiviteit van maatregelen tot beperking van het advectieve transport zijn overigens gering, zoals in het volgende zal worden aangetoond.

Indien het depot volledig waterdicht wordt afgedekt zal de grondwaterstand in het depot dalen tot deze vrijwel overeenkomt met de gemiddelde waterstand op de Westerschelde. Het advectieve



**Tabel 5.1: Fluxen fenantreen en fluorantheen naar het eerste watervoerend pakket in de situatie met en zonder depot**

<b>fenantreen</b> "toelaatbare emissie" : 4 µg/m <sup>2</sup> .jaar (= 0,04 g/ha.jaar)				
tijd in jaren	flux in 0-situatie		flux in huidige situatie	
	µg/m <sup>2</sup> .jaar	aantal malen "normflux"	µg/m <sup>2</sup> .jaar	aantal malen "normflux"
200	57,2	14,3	69,1	17,3
1.000	21,5	5,4	31,3	7,8
5.000	10,6	2,7	21,7	5,4

<b>fluorantheen</b> "toelaatbare emissie" : 4 µg/m <sup>2</sup> .jaar (= 0,04 g/ha.jaar)				
tijd in jaren	flux in 0-situatie		flux in huidige situatie	
	µg/m <sup>2</sup> .jaar	aantal malen "normflux"	µg/m <sup>2</sup> .jaar	aantal malen "normflux"
200	27,3	27,3	32,8	32,8
1.000	16,8	16,8	20,3	20,3
5.000	7,1	7,1	10,0	10,0

transport naar het eerste watervoerend pakket is dan vanwege het geringe potentiaalverschil en de grote verticale weerstand nagenoeg nul. Hierbij vindt vrijwel alleen als gevolg van het diffusieproces transport van verontreiniging naar het eerste watervoerend pakket plaats. Deze toestand komt nagenoeg overeen met de vroegere situatie zonder depot, waarbij het potentiaalverschil over de verontreinigde waterbodem eveneens gering was.

In tabel 5.1 zijn de berekende fluxen aan fenantreen en fluorantheen naar het eerste watervoerend pakket aangegeven, zonder en met depot, en vergeleken met de "toelaatbare emissies" uit het Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie.

Uit tabel 5.1 kan worden afgeleid dat door het vrijwel geheel reduceren van het advectioneel transport de fluxen door het depot heen na 200 jaar met ca 17 % kunnen worden beperkt. Het aantal malen dat de "toelaatbare emissie" wordt overschreden blijft echter relatief groot.

Geconcludeerd wordt dat het reduceren van het advectioneel transport slechts een gering effect sorteert en dat hiermee niet kan worden voorkomen dat de berekende fluxen uit het depot de "toelaatbare emissies" uit het Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie overschrijden. Gezien de hoge kosten van aanleg, onderhoud en exploitatie, de mogelijke neven(milieu)effecten en de mogelijke kans op falen wordt deze maatregel niet zinvol geacht en dus verder niet in de alternatieven meegenomen.

### 5.3 Beperking diffusief transport

Zoals uit het voorgaande blijkt is verspreiding van verontreinigingen bij Hansweert, zonder en met depot, voornamelijk het gevolg van diffusie. Beperking van diffusie is theoretisch mogelijk door middel van het aanbrengen van een diffusieremmende of diffusiedichte laag, waarvan door de Bouwdienst en het Waterloopkundig Laboratorium verschillende technieken in studie zijn genomen. De mogelijke diffusieremmende of diffusie-



dichte lagen bevinden zich uiteraard aan de onderkant en op de taluds van het depot. Toepassing daarvan is slechts mogelijk als de lagen worden aangebracht voordat de specie wordt gestort. Vanwege het uitgangspunt dat ontgraving van het depot (en van de onderliggende kleibodem) niet realistisch is, vervallen deze mogelijke technieken dus voor het depot Hansweert.

Wel is thans één methode in onderzoek waarmee het theoretisch mogelijk moet zijn ook achteraf een vrijwel diffusie- en waterdichte laag onder het depot aan te brengen. Deze methode berust op het principe van precipitatievorming op het grensvlak van twee boven elkaar gelegen reactantlagen (referentie: Ontwerpaspecten van speciedepots, Werkgroep Referentie Ontwerp Speciedepot, november 1993). Door calciumhydroxyde ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) onder de taluds en in het watervoerend pakket onder het depot te injecteren zou door een reactie met  $\text{CO}_2$ , dat door afbraak van organische stof in het depot wordt gevormd, een zeer dichte calcietaal ( $\text{CaCO}_3$ ) ontstaan. Het onderzoek naar de mogelijke toepasbaarheid van deze methode voor speciedepots is nog niet afgerond. Met name naar de methodiek waarmee de reactant bijvoorbeeld door middel van injecteren kan worden aangebracht en die voldoende zekerheid biedt dat de gewenste ondoorlatende laag ook zal ontstaan. Wegens het vooralsnog theoretische karakter wordt deze oplossingsrichting niet verder meegenomen.

Het diffusief transport door de kleibodem van het depot heen kan in theorie ook worden geremd door het kunstmatig opwekken van een grote tegengestelde kweldruk. Dit zou voor het depot Hansweert inhouden, dat de potentiaal van het grondwater boven de kleilaag kunstmatig tot beneden de potentiaal van het eerste watervoerend pakket moet worden verlaagd en/of dat de potentiaal in het eerste watervoerend pakket onder het depot moet worden verhoogd. Het hiermee opgewekte kwelwater zal, samen met het neerslagoverschot en de zijdelingse toestroming door de ringdijk, na zuivering moeten worden afgevoerd. Volgens de landelijke MER-baggerspeciebergingsrichting zou met een overdruk van 20 mm/jaar de diffusieflux naar het eerste watervoerend pakket aanzienlijk kunnen worden beperkt (referentie: Ont-

werpaspecten Speciedepots, RWS Bouwdienst, 1993). Om een dergelijke opwaartse kweldruk in het depot Hansweert te kunnen realiseren moet het freatisch vlak in het gehele depot met behulp van een diep gelegen drainagesysteem tot ca NAP-5,00 m worden verlaagd (dus ruim 10 meter lager dan het huidige niveau!).

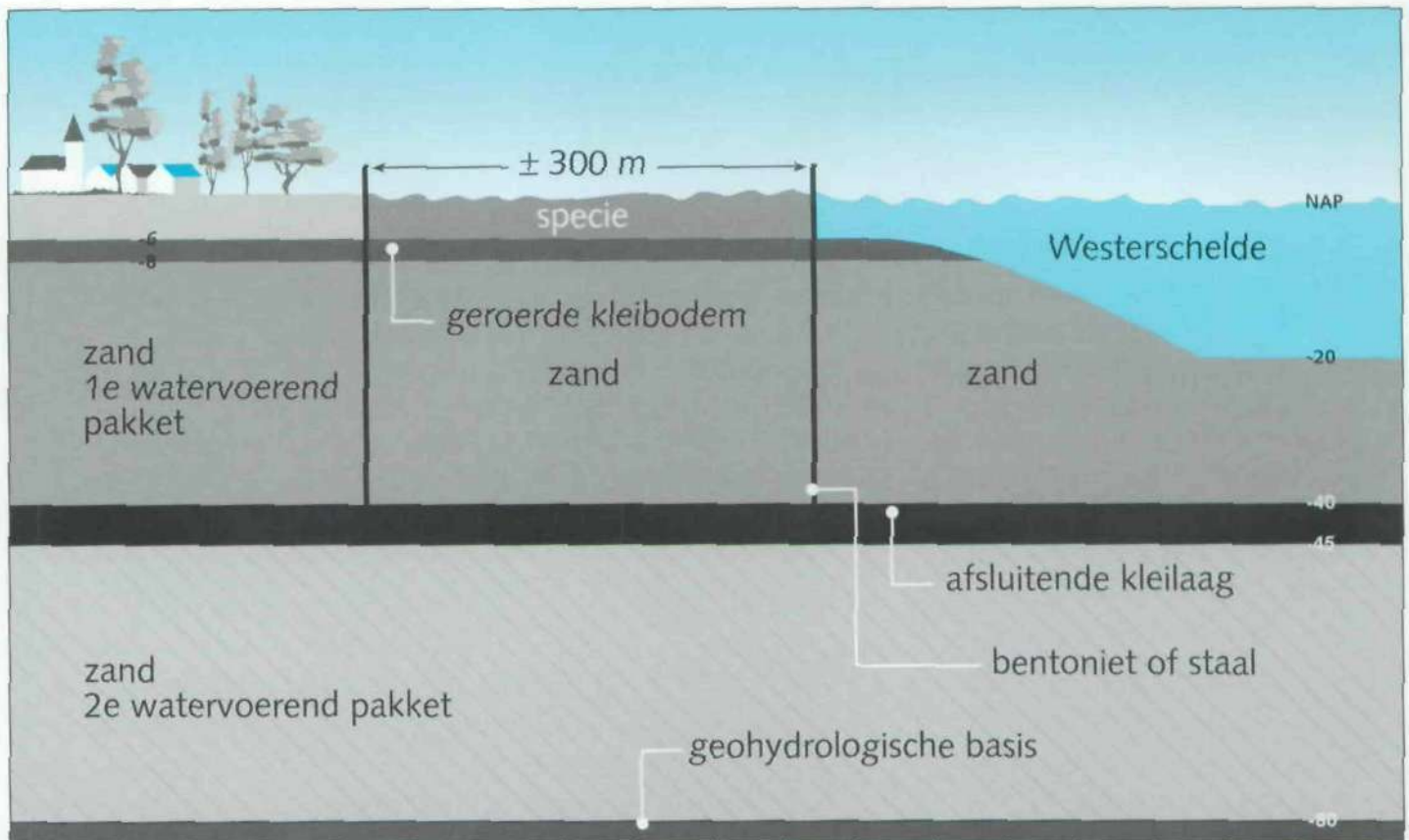
*In de huidige toestand bedraagt, bij een potentiaalverschil tussen het depot en het watervoerend pakket van ca 6 meter, de (neerwaartse) infiltratie over het depot gemiddeld 5 mm/jaar. De totale dikte van het depot bedraagt 14 meter. Indien het freatisch vlak in het depot op NAP-5,00 m zou liggen, is over de onderste 3 meter (de onderkant van de kleilaag ligt immers op NAP-8,00 m) een potentiaalverschil van ca 5 meter aanwezig. In die situatie bedraagt de opwaartse kweldruk dan globaal:  $5/6 * 14/3 * 5 = 19,4$  mm/jaar.*

De hierboven genoemde verlaging van het freatisch vlak is, vanwege de hoge hydraulische weerstand van de grondlagen in het depot, alleen te realiseren met een diepliggend en zeer dicht drainagesysteem. Onttrekking zal tevens een toestroming van grondwater via de ringdijk en een verlaging van de ondiepe grondwaterstanden in Hansweert tot gevolg hebben.

Volgens studies van de Bouwdienst zou de diffusie kunnen worden beperkt met een geringere kwelstroom indien onder het depot een isolatielaag aanwezig is volgens de zogenaamde elementen-methode. In de spleten tussen de elementen kan dan met een gering potentiaalverschil een voldoende hoge tegenstroom worden verkregen om het diffusieproces op te heffen. Deze optie is echter niet te realiseren zonder het depot en de daaronder gelegen kleilaag van de voormalige havenbodem geheel te ontgraven.

**Gezien het bovenstaande kan het beperken van het diffusief transport door middel van een kunstmatig opgewekte kweldruk als niet realistisch worden aangemerkt. Deze maatregel is daarom niet verder als mogelijke oplossing meegenomen.**





#### 5.4 Damwand-oplossing

De verspreiding van verontreinigingen vanuit het depot naar de omgeving kan mogelijk ook worden tegengegaan door het aanbrengen van een verticale (dam)wand. Deze oplossing is alleen effectief als de wand rondom het gehele depot water- en diffusiedicht kan worden aangebracht.

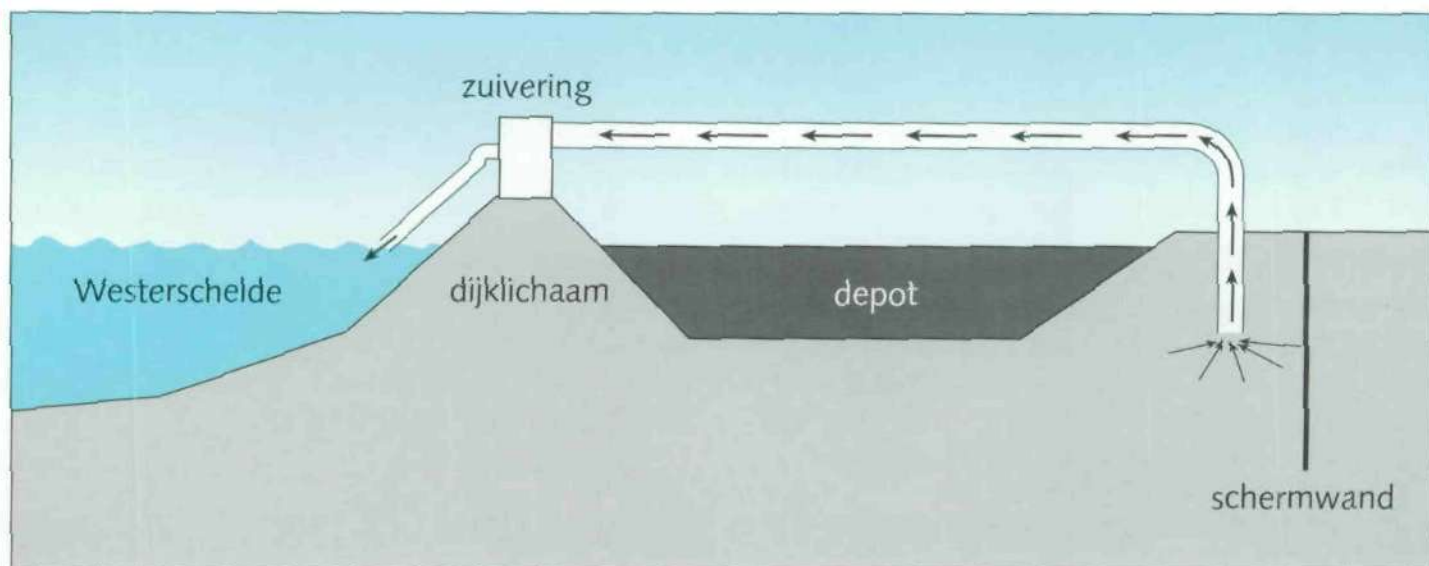
De wand zal moeten reiken vanaf het maaiveld op NAP+6 m tot in de scheidende laag tussen het eerste en tweede watervoerende pakket. De bovenkant van deze laag ligt op ca NAP-40 m. De vereiste damwandlengte is dus aanzienlijk groot.

Indien aan bedoelde uitvoeringseisen voldaan kan worden zal de totale weerstand tussen het depot en de omgeving sterk zijn toegenomen. De overblijvende infiltratie zal gelijk zijn aan de lekverliezen door de damwand, vermeerderd met de infiltratie door de scheidende laag tussen het eerste en tweede watervoerende pakket.

De hoge potentiaal in het zandpakket onder het depot zou kunnen worden verlaagd door dit gebied hydrologisch te verbinden met de Westerschelde, bijvoorbeeld door de damwand aan de

zuidzijde te voorzien van gaten of openingen. In dit geval is er wel weer sprake van verticaal advectief transport door het depot heen; de verontreinigingen zullen zich dan uiteindelijk in de richting van de Westerschelde gaan verplaatsen. Bij de damwandoplossing zal verspreiding van verontreinigingen vanuit het depot in eerste instantie beperkt blijven tot het gebied binnen de damwand. Wegens de geringe overblijvende infiltratie is deze verspreiding vooral het gevolg van diffusie op het grensvlak met de zone onder het depot. Deze zone zal als het ware geleidelijk worden opgeladen; op de zeer lange duur zullen hier de poriënwaterconcentraties die van het depot gaan benaderen.

Uit het bovenstaande zou volgen dat een dichte damwand verspreiding van verontreinigende stoffen naar de omgeving afdoende kan tegengaan. Op zeer lange termijn zullen aanwezige verontreinigingen zich echter alsnog kunnen verplaatsen naar het eerste watervoerende pakket (via lekverliezen en/of diffusie door de damwand) en naar het tweede watervoerende pakket (via infiltratie en



Principe van geohydrologische isolatie, (onttrekking grondwater).

diffusie). Deze verspreiding kan op termijn worden voorkomen door de zone onder het depot periodiek te bemalen. Daarbij moet tegelijkertijd wel een voorziening voor toestroming van schoon water aanwezig zijn, bijv. door het na zuivering weer injecteren van het eerder opgepompte water via retourbemaling.

**Conclusie: een diepe damwandoplossing kan in beginsel effectief werken, maar stelt hoge eisen**

aan technische uitvoering en nazorg. Op zeer lange termijn zijn aanvullende maatregelen nodig om verspreiding van verontreinigingen buiten de damwand en naar het tweede watervoerend pakket tegen te gaan.

### 5.5 Geohydrologische isolatie

Zoals in paragraaf 4.2 is aangegeven zullen, indien geen maatregelen worden genomen, de verontreinigingen uit de havenbodem en het depot zich uiteindelijk via het eerste watervoerend pakket in de richting van Hansweert verplaatsen en daar op zeer lange duur de kwaliteit van het ondiepe grondwater kunnen beïnvloeden. Een mogelijke maatregel om deze verspreiding tegen te gaan is het bemalen van het eerste watervoerend pakket, waarbij het verontreinigde grondwater onder het depot wordt vervangen door relatief schoon omgevingswater. Omdat verontreinigingen veelal bovenin het eerste watervoerend pakket aanwezig zijn is effectieve bemaling mogelijk. Dit is in het schema van aanpak aangegeven onder de variant "pompen - schermwand".

Mogelijk kan de effectiviteit van het systeem nog worden verhoogd door het plaatsen van een schermwand in het watervoerend pakket langs de noord/westrand van het depot. Waardoor het onttrekkingsgebied wordt beperkt tot alleen het verontreinigde grondwater onder het depot. In bedoeld schema is deze variant aangegeven als "pompen + schermwand".

## Immobilisatie en in-situ-reiniging

Immobiliseren is een techniek waarbij milieugevaarlijke stoffen door chemische of fysische processen worden gebonden aan andere stoffen en daardoor immobiel worden. Voorbeeld van voor hergebruik bedoelde producten zijn kunststofpalen voor wegbebakening en klei- en kleifracties voor bloembakken (referentie: Eindrapport Fase I, 1989-1990, Programma Ontwikkeling Saneringsprocessen Waterbodems, RIZA-nota 92036, augustus 1992).

Bij in-situ-reinigen van baggerspecie wordt de baggerspecie gescheiden in verschillende fracties in soort en mate van verontreiniging. De meeste verontreinigingen zijn veelal gehecht aan de fijnere slib- en kleifractie, het grovere zand kan veelal als schoon zand worden hergebruikt. Doel is daarmee de benodigde bergingscapaciteit te beperken.

Ten aanzien van deze technieken moet echter worden gesteld, dat deze tot nog toe veelal slechts op beperkte schaal en tegen zeer hoge kosten uitvoerbaar zijn. Het energieverbruik is nogal hoog en er kunnen nadelige neveneffecten optreden, waardoor het milieurendement niet steeds dui-



De bemaling zou ofwel continu kunnen worden ingezet, ofwel periodiek, nadat via monitoring is geconstateerd dat een bepaald vooraf gekozen criterium ten aanzien van de verspreiding is bereikt of wordt overschreden. Deze oplossing houdt in dat er een goed functionerend monitorsysteem moet worden aangebracht en dat er tevens een effectief bemalingsplan wordt ontworpen. Met deze maatregel wordt dus geen isolatie van het depot zelf beoogd, maar wordt wel tegengegaan dat verontreinigende stoffen zich vanuit het depot naar de omgeving kunnen verspreiden. Het opgepompte water kan eventueel na zuivering worden geloosd op de Westerschelde of weer worden geïnjecteerd (retourbemaling). Doordat behalve het verontreinigde grondwater tegelijkertijd ook relatief schoner grondwater zal worden aangehouden zullen de concentraties aan verontreinigingen in het opgepompte water lager zijn.

**Conclusie:** *Uitvoering van geohydrologische isolatie is als grondwateronttrekking een bewezen gevestigde techniek. De effectiviteit kan worden aangetoond door middel van modelberekeningen. Een groot voordeel van deze maatregel is dat deze zonder overlast kan worden gerealiseerd. Geohydrologische isolatie scoort in het Hoofdrapport van de Werkgroep Referentie Ontwerp Speciedepots relatief hoog ten opzichte van de andere maatregelen vanwege effectiviteit, uitvoeringsaspecten en een geringe faalkans.*

## 5.6 Alternatieven voor landschappelijke inrichting

Bij de beschrijving van alternatieven voor landschappelijke inrichting en afwerking wordt uitgegaan van het bestaande depot. De lokatie van het depot is visueel landschappelijk sterk verbonden met de Westerschelde. De aanwezigheid van visuele obstakels zoals hoog opgaande begroeiing en bouwwerken is ongewenst. Bovendien is de ondergrond niet geschikt voor het dragen van bouwwerken. **Conclusie is dat het open karakter gehandhaafd dient te blijven.**

### Niets doen

De huidige minimale afwerking past bij het open karakter van het gebied. De bodem bestaat

uit een kleihoudende bodemspecie en is ingezaaid met een graszaadmengsel. Niets doen zal uiteindelijk leiden tot een bosachtige ontwikkeling. Dat is hier, als lob in de Westerschelde, uit landschappelijke overwegingen en vanwege scheepvaartbelangen niet gewenst.

### Alternatief "recreatie en natuur"

Uitgaande van het open karakter bestaan voor invulling van het gebied verschillende mogelijkheden. In overleg met de gemeente Reimerswaal is aanvankelijk gekozen voor een landschappelijke afwerking waarbij recreatieve verpozing in een natuurlijke omgeving zou kunnen plaatsvinden, met het doel zowel de recreatie als de natuur te dienen. Een definitieve bestemming van het terrein werd echter nog opgehouden.

Afhankelijk van de bodemkwaliteit zou het terrein aan de randen worden ingeplant met natuurlijk struweel, dat beschutting moest bieden aan recreanten en het terrein "gezelliger" zou maken. Het middengedeelte zou bestaan uit een grasvlakte, waarbij een extensief maaibeheer voorgesteld was. Bij de inrichting was voorzien in een wandelpad door het terrein heen en een parkeerterrein in de noordwesthoek daarvan. Dit plan is nog niet uitgevoerd, wel heeft de gemeente inmiddels in de noordoosthoek een "praathuis" geplaatst.

### Alternatief "natuur"

Een meer natuurlijke afwerking zou kunnen bestaan uit een hoger gelegen met struweel beplante afwerking aan de noordzijde, terwijl het zuidelijk open deel door wind en saltspray een lagere begroeiing en opener karakter zou krijgen. In plaats van inplanten met struweel kan worden gewacht op spontane ontwikkeling van struweel. Afhankelijk van de ontwikkeling zal in beide gevallen een zeker beheer (maaïen, dunnen of begrazen) moeten plaatsvinden. Natuurwinst bestaat uit een zekere gevarieerdheid aan structuur en vegetatie en de daarvan profiterende dieren. Bij voldoende vrijwaring van verstoring ontstaat broedgelegenheid voor leeuweriken, graspiepers, scholeksters en tureluurs in de meer grazige open delen. In het struweel kneu, grasmus, koekoek en in de overgangen bijvoorbeeld de tapuit. De grootste broeddichtheid zal worden ver-





*Huidige situatie.* kregen bij zo min mogelijk verstoring. De aanleg van een wandelpad door het terrein heen is derhalve ongewenst. De natuurwinst is bij deze optie het grootst.

#### **Alternatief "broedvogel van kust"**

Het scheppen en handhaven van broedmogelijkheden voor kustbroedvogels als plevieren en sterns lijkt een aantrekkelijk alternatief. Dit vraagt om een vrij open, over grote delen vrijwel vegetatieloos of met ijle vegetatie begroeid gebied. Het vrijhouden van vegetatie vraagt relatief veel beheersinspanning en zal leiden tot een gekunstelde situatie. Een vrijwel vegetatieloze vlakte zal door velen als saai worden ervaren. De bezoekdruk vanuit Hansweert door wandelaars, met of zonder honden, maakt de locatie kwetsbaar als broedplaats van kustbroedvogels. Deze optie biedt alleen perspectieven als er voldoende draagvlak bestaat om bezoekers tijdens het broedseizoen te weren en de bereidheid bestaat om een actief vegetatiebeheer te voeren.

#### **Alternatief "grazig terrein"**

Een andere optie is het afwerken van het ter-

rein als grasvlakte. Het terrein zou verpacht kunnen worden en eventueel met schapen kunnen worden beweid. Saai, maar passend in landschapsbeeld en goedkoop in beheer en aanleg. Mogelijke natuurwinst is gering: bij voldoende vrijwaring van verstoring is er broedgelegenheid voor leeuweriken, graspiepers, Kieviten en mogelijk scholeksters. De variatie in de vegetatie is beperkt.

**Samenvattend kan worden gesteld dat een inrichting waarbij de natuur en recreatie gediend wordt een passende functie bij Hansweert kan vervullen. Indien het accent meer op de natuur gelegd wordt zal een meer natuurlijke inrichting en ontwikkeling moeten worden nagestreefd en zullen maatregelen moeten worden genomen om recreatiedruk tegen te gaan.**

Bij de voorgenomen overdracht aan de gemeente Reimerswaal is een exploitatie in erfpacht voorzien, waarin de uiteindelijke afwerkingsverplichting door het Rijk is afgekocht. De gemeente zal het gebied derhalve naar eigen inzicht en mogelijkheden kunnen inrichten, rekening houdende met de specifieke situatie en omstandigheden.



## 6.0 Effectiviteit kansrijke oplossingen

In hoofdstuk 5 is een overzicht gegeven van theoretisch mogelijke maatregelen ter beperking van verspreiding van milieugevaarlijke stoffen uit het speciedepot en de voormalige havenbodem (slib- en kleilaag) naar de omgeving. Geconcludeerd wordt dat maatregelen voor beperking van het advectieve transport vanuit het depot via het grondwater door middel van extra weerstandbiedende folies en/of lagen niet zinvol zijn. Dit transport is al zeer gering door de hoge weerstand van het depot en door verdere consolidatie zal deze weerstand nog toenemen. In zowel de vroegere situatie (zonder depot) als in de huidige toestand (met depot) is in feite het diffusieproces bepalend voor verspreiding van verontreinigingen vanuit de kleilaag onder het depot naar het eerste watervoerend pakket. Het tegengaan van dit proces is vrijwel alleen mogelijk door het aanbrengen van een diffusie-dichte of een diffusie-remmende laag onder de bodemlaag op ca NAP-8,00 m. Het is nog niet mogelijk om een dergelijke laag aan te brengen zonder eerst de daarboven gelegen grondlagen te verwijderen.

Ook met een verticale damwand rondom het depot tot in de eerste scheidende laag zal het lange tijd mogelijk zijn om verspreiding van verontreinigingen uit het depot naar de omgeving tegen te gaan. Op de lange duur zal echter toch verspreiding naar het gebied buiten de damwand en ook naar het tweede watervoerend pakket plaatsvinden.

De laatst besproken optie om verspreiding van verontreinigingen via het grondwater tegen te gaan is het op een geschikte plaats wegpompen van reeds vervuild grondwater onder het depot, eventueel in combinatie met een schermwand. De zogenoemde methode van geohydrologische isolatie is praktisch wel goed uitvoerbaar.

Op grond van voormelde overwegingen zijn voor de twee alternatieve oplossingsrichtingen (geotechnische en geohydrologische isolatie) de

volgende varianten nader op effectiviteit en haalbaarheid onderzocht:

- \* Geotechnische isolatie door middel van een gesloten damwandkuip rondom het gehele depot
- \* Geohydrologische isolatie door middel van een of meer pompputten, in combinatie met een schermwand aan de noordwestzijde van het depot (variant 1)
- \* Geohydrologische isolatie door middel van pompputten zonder toevoeging (variant 2)

Bij de twee varianten voor geohydrologische isolatie worden dus geen voorzieningen rondom het depot zelf aangebracht, maar wordt door middel van wegpompen van reeds onder het depot aanwezig vervuild grondwater verspreiding naar de omgeving tegengegaan.

Voor de hierboven genoemde varianten zijn door het Waterloopkundig Laboratorium modelberekeningen uitgevoerd om de mate van effectiviteit te onderzoeken. Voor de varianten van geohydrologische isolatie zijn nog een aantal optimalisaties doorgerekend. Met als doel de beste lokatie voor de ontrekkingsputten en de benodigde pompcapaciteit vast te kunnen stellen.

De resultaten van deze studie zijn beschreven in paragraaf 6.2. Voor gedetailleerde informatie wordt verwezen naar WL-T1546, juni 1995.

### 6.1 Geotechnische isolatie d.m.v. een damwand

Zoals in paragraaf 5.4 is aangegeven zou met een damwand rondom het depot tot in de scheidende laag tussen het eerste en tweede watervoerend pakket de verspreiding van verontreinigingen naar het gebied buiten de damwand voor een zekere termijn kunnen worden uitgesteld.

Door het WL is met behulp van modelberekeningen een prognose gemaakt van het effect van deze



Tabel 6.1: Lekkage fenantreen in de richting van Hansweert bij geotechnische isolatie met een damwand rondom het depot

tijd in jaren	flux fenantreen in mg/jaar	totale lekkage fenantreen in mg
1.000	0,6	$3,7 \cdot 10^2$
5.000	1,3	$4,6 \cdot 10^3$
10.000	2,1	$1,3 \cdot 10^4$
25.000	9,4	$9,8 \cdot 10^4$
50.000	18,4	$4,4 \cdot 10^5$
100.000	370	$6,2 \cdot 10^6$

maatregel. De damwand is in deze modelberekeningen verondersteld te zijn opgebouwd uit bentoniet met een zeer geringe doorlatendheid. Met het model MODFLOW zijn stromingsberekeningen gemaakt die als invoer voor het model STYXZ zijn gebruikt. De invloed van de damwand rondom het depot op de stijghoogten in het eerste watervoerend pakket onder Hansweert blijkt zeer gering. Binnen de damwand zijn de stijghoogten in het pakket onder het depot hoger dan buiten de damwand en ook hoger dan in het tweede watervoerend pakket. Daardoor treden lekverliezen op. De verspreidingsberekeningen zijn uitgevoerd voor fenantreen als meest mobiele PAK. Voornamelijk als gevolg van diffusie wordt het pakket binnen de damwand onder het depot als het ware geleidelijk opgeladen. De berekeningen laten zien dat de verontreiniging op de langere termijn doordringt in de eerste scheidende laag en vervolgens in het tweede watervoerende pakket. Ook via de damwand zelf zal voornamelijk als gevolg van diffusie toch een stoftransport naar de omgeving optreden.

In de tabel 6.1 zijn de fluxen en de totale hoeveelheden fenantreen die in de richting van Hansweert weglekken aangegeven indien rondom het depot een damwand is aangebracht.

Deze damwand-maatregel heeft dus wel een vertragend effect op de verspreiding naar de omgeving, maar zal verspreiding als zodanig op de lange duur niet kunnen voorkomen. Er worden immers geen maatregelen getroffen waardoor de verontreinigingen binnen het systeem zullen blijven. De lekkagefluxen via de damwand in de

richting van Hansweert zijn duidelijk hoger dan bij geohydrologische isolatie, hetgeen in paragraaf 6.3 nader is aangegeven.

## 6.2 Geohydrologische isolatie d.m.v. bronnering

Het alternatief geohydrologisch isolatie voorziet in een bemaling van het eerste watervoerend pakket op een geschikte plaats, met als doel het uit het depot afkomstige verontreinigde grondwater op te pompen en af te voeren. In feite wordt kunstmatig een naar de pompput toe gerichte grondwaterstroming opgewekt, waardoor verspreiding van verontreinigingen naar de omgeving wordt voorkomen. Door het WL zijn twee varianten onderzocht voor geohydrologische isolatie. Een variant met een bemaling in combinatie met een schermwand langs de noord- en westzijde van het depot en een variant zonder een dergelijke schermwand.

Na enkele verkennende berekeningen werden van bedoelde varianten optimalisaties uitgevoerd, om de juiste plaats van de onttrekkingsputten te kunnen bepalen. Daarbij werden de ligging van de pompput, het onttrekkingsdebiet en het aantal putten als onderling afhankelijke factoren (stuurvariabelen) afgetast.

### Berekeningen

Met MODFLOW is voor de verschillende varianten de waterbeweging berekend en met MODPATH zijn enige stroombanen berekend. Bij variant 1 wordt een scherm tot op de scheidende laag in de noordwesthoek van het



depot gecombineerd met een onttrekking in het bovenste deel van het watervoerend pakket. Daarbij is zowel de plaats van de pompput als het onttrekkingsdebiet een belangrijke factor. Een groter debiet leidt echter nog niet tot minder verspreiding van verontreinigingen.

Wanneer het scherm niet tot in de scheidende laag reikt, verliest zij haar isolerende functie en verplaatst de verontreiniging uit het depot zich nagevoeg ongeremd onder het scherm door in de richting van Hansweert.

Met uitzondering van een situatie waarbij het scherm niet tot in de scheidende laag is doorgezet, is de maximale potentiaalverlaging in het eerste watervoerend pakket onder Hansweert bij alle doorgerekende varianten minder dan 25 cm.

**Variante 2** voorziet alleen in onttrekking vanuit het bovenste deel van het watervoerend pakket. Uit de berekeningen blijkt dat een pomp met een laag debiet op de juiste plaats efficiënter is dan een pomp met een hoog debiet op een willekeurige plaats. Een inrichting met twee putten, met een totaal debiet van 95 m<sup>3</sup> per dag is hydrologisch gezien even efficiënt als één put met een debiet van 100 m<sup>3</sup> per dag.

### Verspreiding

Om de stofverspreiding te kunnen berekenen werd behalve het advectieve transport ook het diffusief/dispersief transport in beschouwing genomen. Daarbij werd bepaald in welke mate er sprake is van verspreiding van verontreinigingen in de richting van Hansweert en welk deel van de totale flux uit het depot via de onttrekkingsputten effectief kan worden opgevangen. Uit deze studies blijkt dat een onttrekkingsput onder het noordwestelijke deel van het depot als de meest effectieve maatregel kan worden beschouwd.

### Situatie zonder maatregelen

Om een goede indruk te krijgen van de effectiviteit van de beschreven maatregelen, is voor het onbeschermd depot nagegaan hoe de lekkage in de richting van Hansweert verloopt. Hiervoor is gebruik gemaakt van de modelberekeningen zoals die in een eerder stadium zijn gedaan. Nagegaan is hoe groot de lekkage-flux is over fictieve grenzen

op 50 meter ten westen en op 50 meter ten noorden van het depot. Daarnaast is nagegaan hoe de totale massa die over deze grenzen het model verlaat in de tijd verloopt. Tabel 6.2 geeft een overzicht van de resultaten van deze analyse.

### Kwaliteit van het opgepompte water

De kwaliteit van het opgepompte grondwater is berekend voor het geval met de onttrekking direct wordt aangevangen. Tabel 6.3 toont de resultaten. De concentratie fenantreen in het pompwater overschrijdt na ca 1000 jaar de huidige streefwaarde (0,02 mg/m<sup>3</sup>), hetgeen thans nabehandeling vereist alvorens lozing op het oppervlaktewater is toegestaan.

### De optimalisaties

**Variante 1** voorziet in een scherm aan de westen noordzijde van het depot in combinatie met een onttrekkingsput in het eerste watervoerende pakket. Voor twee verschillende mogelijkheden is het stofverspreidingspatroon bestudeerd. De **eerste optimalisatie** bestaat uit een scherm tot in de onder het eerste watervoerende pakket gelegen scheidende laag, in combinatie met een onttrekking van 100 kubieke meter per dag via een put tussen de noordwesthoek van het depot en het scherm. **Optimalisatie twee** bestaat uit eenzelfde scherm maar dan in combinatie met een onttrekking van 40 kubieke meter per dag via een put centraal onder het depot (zie figuur op volgende blz.).

Optimalisatie 1 laat, ondanks de forse onttrekking, een geringe lekstroom door het scherm zien, met name in de noordwesthoek van het depot. Dit is mede het gevolg van advectief transport vanuit de meer oostelijk en zuidelijk gelegen delen van het depot, waardoor eerst een aanzienlijke concentratie van verontreinigingen in het watervoerend pakket onder de noordwesthoek optreedt. Ook optimalisatie 2 blijkt aanleiding te geven tot een geringe lekstroom richting Hansweert. Deze lekstroom is anderhalf keer zo groot als die van optimalisatie 1. De effectiviteit van de onttrekkingsput is echter veel groter. De onttrekkingsput in deze mogelijkheid laat namelijk een veel grote



Tabel 6.2: Lekkage-fluxen in de richting van Hansweert (mg fenantreen/jaar) en totaal geaccumuleerde hoeveelheid weglekkende fenantreen in mg, indien geen isolerende maatregelen worden getroffen

tijd in jaren	flux fenantreen in mg/jaar	totale lekkage fenantreen in mg
1.000	2,2	$7,5 \cdot 10^2$
5.000	89,6	$1,6 \cdot 10^5$
10.000	224	$9,8 \cdot 10^5$
20.000	355	$3,9 \cdot 10^6$

Tabel 6.3: Concentratie fenantreen in opgepompt grondwater in mg/m<sup>3</sup> (streefwaarde fenantreen = 0,02 mg/m<sup>3</sup>)

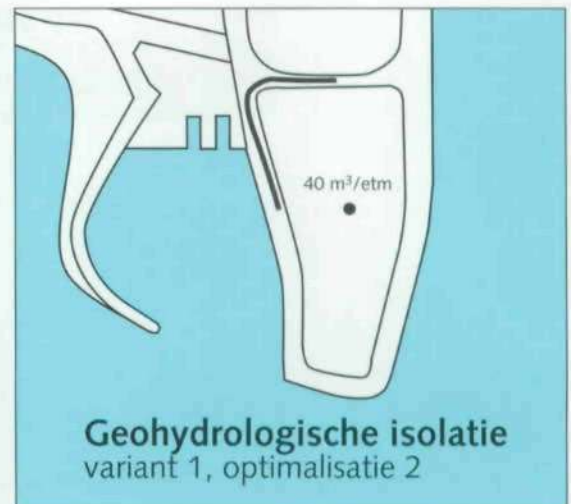
tijd in jaren	geohydrologische isolatie variant 1		geohydrologische isolatie variant 2	
	optimalisatie 1	optimalisatie 2	optimalisatie 3	optimalisatie 5
	100 m <sup>3</sup> /etm	40 m <sup>3</sup> /etm	15 + 80 m <sup>3</sup> /etm	50 m <sup>3</sup> /etm
1.000	0,017	0,020	0,018	0,006
5.000	0,061	0,092	0,057	0,032
10.000	0,073	0,137	0,072	0,062
25.000	0,084	0,190	0,087	0,121
50.000	0,094	0,222	0,097	0,165

re hoeveelheid verontreiniging zien per m<sup>3</sup> opgepompt water. Dat komt omdat er nu minder sprake is van sterke ophoping van verontreiniging in de nabijheid van de schermwand. Door de positie van de pomp is de advectieve component van het transport in het noordwestelijke deel van het depot naar het centrum van het depot gericht, waardoor de diffusieve flux door het scherm relatief gezien afneemt. **Ontrekking onder het centrale deel van het depot op enige afstand van het scherm leidt dus tot relatief gunstige resultaten.** De tabellen 6.4 en 6.5 tonen de berekeningsresultaten.

**Variante 2** bestaat uit het aanbrengen van één of meer onttrekkingsputten in het onder het depot gelegen eerste watervoerende pakket, zonder verder bijkomende voorzieningen. Bij de **eerste optimalisatie** is gekozen voor een onttrekking van 150 m<sup>3</sup> per dag, waarbij de onttrekkingsput nagenoeg centraal onder het depot is geplaatst. Met het doel om eenzelfde isolatie-effect te bereiken als met de

schermwandvariant en om de grondwaterstandsverlagingen in Hansweert tot een minimum te beperken. Omdat uit de berekeningsresultaten blijkt dat deze opzet nog aanleiding geeft tot een verontreinigingsflux in de richting van Hansweert is besloten een **tweede optimalisatie** te onderzoeken. Deze bestaat uit een verder in noordwestelijke richting gelegen onttrekking met een debiet van 100 m<sup>3</sup> per dag. Hoewel de invloedssfeer van de onttrekkingsput zich dan niet meer uitstrekt tot de zuidoosthoek van het depot, treedt echter nauwelijks verspreiding van verontreiniging in zuidoostelijke richting op. Het noordwestelijke deel wordt wel ruimschoots bestreken, maar omdat het onttrekkingsdebiet 'slechts' 100 m<sup>3</sup> per dag is, blijft de invloed op de grondwaterstijghoogten in het eerste watervoerend pakket onder Hansweert beperkt. Als gevolg van het lagere onttrekkingsdebiet neemt de effectiviteit echter aanzienlijk af. De totale lekstroom richting Hansweert neemt met een factor 6-7 toe ten opzichte van de eerste optimalisatie.





Daar in beide bovengenoemde mogelijkheden verspreiding alleen in de richting van Hansweert optreedt, is een **derde optimalisatie** onderzocht. Deze bestaat uit een combinatie van een onttrekking onder het uiterste noordwesten van het depot met  $15 \text{ m}^3$  per dag en een onttrekking onder het centrum met  $80 \text{ m}^3$  per dag. Doordat de onttrekking onder het noordwestelijk deel relatief erg belangrijk blijkt te zijn kan met deze inrichting een grotere effectiviteit worden bereikt dan in de eerste optimalisatie.

Op basis van die uitkomsten werd vervolgens nog een **vierde optimalisatie** bestudeerd, waarin de onttrekking in het centrum vervalt en er alleen een put wordt aangelegd in het noordwestelijk deel met een debiet van  $20 \text{ m}^3$  per dag. In deze optimalisatie is de lekstroom erg groot, voorname-

lijk in noordwestelijke richting. Het onttrekkingsdebiet is ook te laag om alle verontreiniging richting Hansweert op te vangen.

Daarom werd tenslotte nog een **vijfde optimalisatie** onderzocht: een onttrekkingsput met een debiet van  $50 \text{ m}^3$  per dag in het uiterste noordwesten. De effectiviteit neemt in deze optimalisatie aanmerkelijk toe. In de opvolgende figuur zijn de verschillende optimalisaties weergegeven.

In tabel 6.6 wordt de omvang van het boven de streefwaarde met fenantreen verontreinigde watervoerend pakket onder het depot aangegeven, als vergelijk tussen een onbeschermd depot en een depot dat is beschermd volgens de optimalisaties drie en vijf van de geohydrologische variant 2 (onttrekking zonder schermwand).

**Volgens de richtlijn uit het Beleidsstandpunt Ver-**

**Tabel 6.4: Lekkage-fluxen in de richting van Hansweert (mg fenantreen/jaar), bij verschillende optimalisaties van variant 1 van geohydrologische isolatie (scherm gecombineerd met onttrekkingsputten)**

tijd in jaren	geohydrologische isolatie variant 1	
	optimalisatie 1 $100 \text{ m}^3/\text{etm}$ in noordwesthoek depot	optimalisatie 2 $40 \text{ m}^3/\text{etm}$ centraal in depot
1.000	$3,0 \cdot 10^{-7}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$
5.000	$3,5 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-2}$
10.000	$5,9 \cdot 10^{-2}$	$6,8 \cdot 10^{-2}$
20.000	$4,7 \cdot 10^{-1}$	$6,0 \cdot 10^{-1}$
50.000	$8,7 \cdot 10^{-1}$	1,5

Tabel 6.5: Totaal in de richting van Hansweert weglekkende hoeveelheid fenantreen in mg, bij verschillende optimalisaties van variant 1 van geohydrologische isolatie (scherm gecombineerd met onttrekkingsputten)

tijd in jaren	geohydrologische isolatie variant 1	
	optimalisatie 1 100 m <sup>3</sup> /etm in noordwesthoek depot	optimalisatie 2 40 m <sup>3</sup> /etm centraal in depot
1.000	8,5 * 10 <sup>-5</sup>	1,2 * 10 <sup>-1</sup>
5.000	2,9	2,4 * 10 <sup>1</sup>
10.000	1,3 * 10 <sup>2</sup>	2,1 * 10 <sup>2</sup>
20.000	4,1 * 10 <sup>3</sup>	4,6 * 10 <sup>3</sup>
50.000	2,1 * 10 <sup>4</sup>	3,3 * 10 <sup>4</sup>

wijdering Baggerspecie dient er bij ontwerp en aanleg van baggerspeciedepots naar gestreefd te worden dat na 10.000 jaar het volume daardoor verontreinigde grond niet groter is dan het depot-volume. Uit tabel 6.6 blijkt dat aan deze richtlijn in optimalisatie 5 niet geheel wordt voldaan. Optimalisatie 3 voldoet daar wel ruimschoots aan. Dit komt doordat met de plaats van de onttrekkingsput onder het centrum van het depot 'oplading' van het watervoerend pakket onder het depot wordt tegengegaan.

### 6.3 Voorkeurs-oplossing/meest milieuvriendelijk alternatief

In tabel 6.7 zijn de "lekkage" fluxen fenantreen in het eerste watervoerend pakket in de richting van Hansweert aangegeven voor de onderzochte kansrijke oplossingen t.o.v. een situatie zonder isolerende maatregelen (namelijk voor geotechnische isolatie middels een damwand rondom het depot tot in de eerste scheidende laag en voor geohydrologische isolatie volgens de optimalisaties 3 en 5 van variant 2).

Uit de tabel blijkt dat optimalisatie 5, met een onttrekking van 50 m<sup>3</sup>/dag onder de noordwestelijke hoek van het depot, als meest effectieve maatregel kan worden aangemerkt. Dit geohydrologisch beheerssysteem wordt derhalve aanbevolen als "voorkeursoplossing".

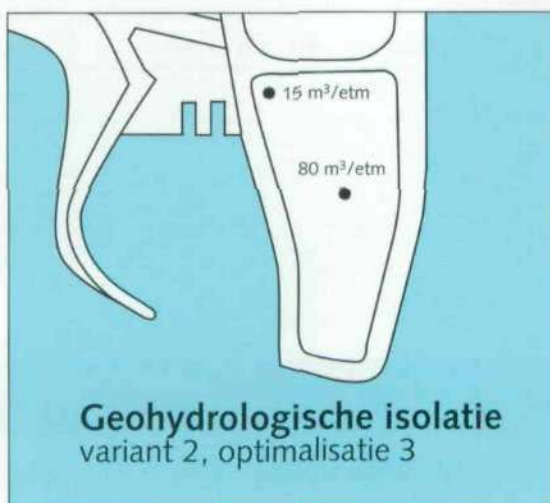
Bij optimalisatie 3, een put onder de noordwestelijke hoek met een onttrekking van 15 m<sup>3</sup>/dag in

combinatie met een put onder het centrum met een onttrekkingsdebiet van 80 m<sup>3</sup>/dag, blijft bovendien de omvang van het verontreinigd watervoerend pakket nog ruim onder de richtlijn van het aanwe-





zige depotvolume (zie tabel 6.6). Deze optie wordt daarom aanbevolen als het “**meest milieuvriendelijk alternatief**”, gedefinieerd als de oplossing waarbij aan alle ontwerpnormen uit het Beleidsstandpunt kan worden voldaan.



### *Termijn waarop de maatregelen operationeel dienen te zijn*

Zoals eerder is aangegeven zal het ook zonder isolerende voorzieningen zeer lang duren voordat het ondiepe grondwater onder Hansweert door verontreinigingen vanuit het depot kan worden beïnvloed. Op dit moment is van beïnvloeding zeker geen sprake. In de WL-studie is onderzocht op welke termijn beschermende maatregelen operationeel zouden moeten zijn om normoverschrijdende concentraties van verontreinigende stoffen in het watervoerende pakket onder Hansweert te voorkomen. Als criterium voor het daadwerkelijk nemen van maatregelen kan worden gesteld een overschrijding van de streefwaarde voor fenantreen in het bovenste deel van het eerste watervoerende pakket op de grens tussen het depot en Hansweert (inrichtingsgrens). Fenantreen is namelijk de PAK die zich het snelst verplaatst. Volgens de (veilig) uitgevoerde berekeningen bedraagt de termijn waarop vanuit de havenbodem afkomstige verontreinigingen daar kunnen arriveren ca 3200 jaar. Vervolgens zal het nog duizenden jaren duren voordat de uit het depot afkomstige stoffen tot overschrijding van de streefwaarde voor fenantreen in het ondiepe grondwater onder Hansweert kan leiden. Indien dus na ca 3200 jaar met het onttrekken van grondwater volgens de optimalisaties 3 of 5 zou worden aangevangen, dan zullen de verontreinigingen tijdig uit het watervoerende pakket kunnen worden verwijderd, alvorens nog ooit Hansweert te kunnen bereiken.

### *Conclusies t.a.v. effectiviteit kansrijke maatregelen*

Uit de beschrijving in dit hoofdstuk kan worden geconcludeerd dat de ‘meerwaarde’ van een schermwand slechts gering is. Door een geringe verhoging van het pompdebiet kan zonder scherm hetzelfde rendement worden verkregen. Bovendien zou door ongewenste diffusie via het scherm de verontreiniging buiten het invloedsgebied van de onttrekkingsputten kunnen geraken. De isolatie-varianten zonder schermwand kunnen zonder technische problemen en zonder overlast voor de

Tabel 6.6: Volume van boven de streefwaarde met fenantreen verontreinigd watervoerend pakket (in miljoen m<sup>3</sup>), met en zonder geohydrologische isolatie volgens variant 2

tijd in jaren	depot zonder isolerende voorzieningen	geohydrologische isolatie variant 2	
		optimalisatie 3 15 m <sup>3</sup> /etm noordwesthoek depot + 80 m <sup>3</sup> /etm centraal in depot	optimalisatie 5 50 m <sup>3</sup> /etm in noordwesthoek depot
1.000	0,12	0,29	0,22
5.000	1,13	0,55	0,86
10.000	2,12	0,63	1,16
20.000	3,76	0,66	1,48

Tabel 6.7: Lekkage fluxen fenantreen in het eerste watervoerend pakket richting Hansweert in mg/jaar

tijd in jaren	zonder isolerende maatregelen	geotechnische isolatie met damwand rondom depot	geohydrologische isolatie variant 2 (zonder scherm)	
			optimalisatie 3	optimalisatie 5
1.000	2,2	0,6	0,00017	0,00015
5.000	89,6	1,3	0,009	0,0073
10.000	224	2,1	0,033	0,027

omgeving worden uitgevoerd. De variant met schermwand of de geotechnische oplossing met een damwandkuip rondom het depot leveren tijdens de bouwfase naast uitvoeringstechnische problemen ook nog overlast voor de omgeving op. De inrichting van één of meer onttrekkingsputten onder het depot kan leiden tot een zeer substantiële inperking van de fluxen van verontreinigingen in de richting van Hansweert. De benodigde pompdebieten kunnen zo worden gekozen dat het effect op het grondwaterniveau in het eerste watervoerende pakket onder Hansweert beperkt blijft tot ongeveer één decimeter.

Het is niet noodzakelijk en niet zinvol om op korte termijn reeds maatregelen voor het tegengaan van verspreiding te realiseren; wel dient monitoring plaats te vinden om de stand van zaken in de verspreiding van milieugevaarlijke stoffen via het grondwater te signaleren.

Tenslotte wordt in score-tabel 6.8 wordt een overzicht gegeven van de verspreidingseffecten, zonder en met een tweetal in systematiek verschillende aanvullende maatregelen



Tabel 6.8: Overzicht van de verspreidingseffecten

	Advectief transport door depot	Flux fenantreen in de richting van Hansweert na 1000 jaar	Volume eerste watervoerend pakket met concentraties hoger dan streefwaarde fenantreen na 10.000 jaar	Relatieve kosten maatregelen (excl. monitoring)
	[mm/jaar]	[mg/jaar]	[miljoen m <sup>3</sup> ]	
0-situatie (zonder depot)	0,001	1,9	1,1	n.v.t.
Huidige toestand (depot zonder maatregelen)	5	2,2	2,1	geen
Geotechnische isolatie met damwand rondom depot	< 5	0,6	3,5 (volume binnen damwandgebied)	relatief hoog
Geohydrologische isolatie (m.m.a./variant 2, optimalisatie 3)	> 5	0,00017	0,63	relatief laag

*N.B. De vermelde getalswaarden zijn resultaten van (veilige) modelberekeningen. De absolute waarden zijn daardoor te hoog. Voor een onderlinge vergelijking is dit echter geen probleem.*





## 7.0 Leemten in kennis

Omdat grondwaterstroming in het algemeen een zeer traag verloop heeft en verspreiding van (milieugevaarlijke) stoffen via het grondwater een nog veel trager proces volgt, kan daarover voor een willekeurige praktijksituatie geen conclusie alleen op basis van locatie-onderzoek worden getrokken. De geohydrologische situatie bij Hansweert is daarom door middel van modellering in kaart gebracht, waarna via modelberekeningen een prognose over de mogelijke verspreiding van de aanwezige milieugevaarlijke stoffen is gemaakt.

In de toegepaste wiskundige modellen zijn bij de invoer van onzekere factoren worst-case aannames gebruikt, waardoor de berekeningsresultaten een minder gunstig beeld geven over de optredende fluxen, stofconcentraties, omvang van het verspreidingsgebied, etc. dan in de werkelijkheid het geval zal zijn. Dit vanwege het uitgangspunt dat bij twijfel over milieugevolgen het voorzorgsbeginsel het leidend principe behoort te zijn.

Voorbeelden van zulke veilige aannames zijn:

- \* voor de grondwaterstand in het depot is de hoogst mogelijke waarde aangehouden, in casu de aanleghoogte op NAP+6,00 m, terwijl voorzieningen aanwezig zijn voor drainage en oppervlaktewaterafvoer;
- \* voor de verticale stromingsweerstand in het depot zijn de huidige betrekkelijk lage Kv-waarden aangehouden, hoewel die weerstand ten gevolge van inklinking op verhoudingsgewijs korte termijn nog aanzienlijk zal kunnen toenemen;
- \* voor de dichtheid van het opgesloten depotwater zijn de hogere zoute aanvangswaarden aangehouden, hoewel deze dichtheid op verhoudingsgewijs korte termijn door verzoeting zal afnemen;
- \* het in het eerste watervoerende pakket aanwezige grondwater is als schoon verondersteld, waardoor bij de berekening van de diffusieflux een maximaal concentratieverschil is inge-

voerd, terwijl dit grondwater o.m. door de nabije Schelde-Invloed toch aanzienlijke achtergrondconcentraties aan verontreinigende stoffen zal bevatten;

- \* de ingeschatte mobiliteit van verontreinigende stoffen berust op globaal laboratorium-onderzoek en lijkt veel groter te zijn dan uit veldonderzoek wordt gesignaleerd.

**De absolute waarden van de modelresultaten dienen derhalve te worden gezien als een naar de huidige inzichten zo goed mogelijke en veilige inschatting van de orde van grootte van de werkelijkheid. Omdat de verdelings- en diffusiecoëfficiënten een doorslaggevende betekenis hebben op de berekening van de fluxen voor het stoftransport, is eigenlijk een beter inzicht in de grootte en onderlinge samenhang van deze mobiliteitsfactoren vereist. Waarmee de overweging wordt gegeven voor het uitvoeren van een diepgaande studie op dit specifieke terrein. Voor een onderlinge vergelijking van de verspreiding in de huidige ten opzichte van de vroegere situatie zijn de berekeningsresultaten zeker goed bruikbaar, omdat voor beide situaties vrijwel dezelfde veiligheid in de berekeningen aanwezig is (in de huidige situatie is nog een extra veiligheidsfactor aanwezig via het toegevoegde infiltratiedebiet).**

### Onzekerheden in berekeningen

De verspreidingsmechanismen waarbij de kwaliteit van het poriënwater een belangrijke rol speelt (advectie en diffusie) worden tot nu toe berekend met de equipartitie theorie (EP). Hierbij wordt voor een bepaalde organische microverontreiniging uitgegaan van een vaste verhouding tussen het aan het organisch stof in de bodem geadsorbeerde gehalte en de in het poriënwater opgeloste concentratie. De verhouding wordt verdelingscoëfficiënt genoemd.

De in de studies gehanteerde verdelingscoëfficiën-

ten zijn onder laboratorium-omstandigheden bepaald en uit beschikbare literatuur afgeleid. Indien het totale gehalte in de specie door metingen bekend is kan vervolgens via de verdelingscoëfficiënt de bijbehorende concentratie in het poriënwater worden berekend.

Recent onderzoek naar desorptie van organische verbindingen in sediment toont aan dat de concentraties in het poriënwater lager uitvallen dan op basis van de EP wordt voorspeld (Ten Hulscher, 1995).

Uit laboratorium-onderzoek bij het RIZA naar chloorbenzenen in poriënwater is geconcludeerd dat de gemeten concentraties een factor 5 tot 50 lager zijn dan de met de EP berekende concentraties (Van de Velde, 1995).

Ook de Bouwdienst van Rijkswaterstaat stimuleert dit onderzoek door uitbestedingen aan o.m. het RIVM, in samenwerking met het RIZA. Dit mobiliteitsonderzoek wijst in dezelfde richting: de berekende fluxen zijn als gevolg van te hoog gekozen coëfficiënten mogelijk een factor 50 tot 100 te hoog (Kamerling, 1995). Laboratorium-onderzoek is inmiddels gestart om een aantal hypothesen en prognoses te verifiëren.

De meeste metingen hebben betrekking op chloorbenzenen, maar ook voor PAK's zijn er aanwijzingen dat de concentraties in het poriënwater in werkelijkheid lager liggen dan via de huidige EP wordt voorspeld (MCGroddy, 1995). De gemeten concentraties in het poriënwater uit het depot Hansweert ondersteunen deze aanwijzingen. Voor fenantreen en fluorantheen zijn de in het poriënwater van de verontreinigde specie gemeten concentraties respectievelijk 120 en 12 maal lager dan

de met de EP in het verspreidingsmodel berekende concentraties.

Het bovenstaande betekent dat de inschattingen over de verspreiding van organische microverontreinigingen tot nu toe als een "worst-case" beschouwd moeten worden. Hiervoor is aangegeven dat ook voor de overige parameters en uitgangspunten in het modelonderzoek veilige keuzen zijn gemaakt, waardoor de werkelijke verspreiding geringer zal zijn dan is berekend.

Ook het huidige beleid is op deze veilige benadering gebaseerd, uitgaande van het voorzorgsbeginsel. Het monitoringsprogramma zal op den duur uitsluitel kunnen geven of er werkelijk een verspreidingsprobleem zal optreden.

De hiervoor aangehaalde specifieke onderzoekspublicaties betreffen:

- Th.E.M. ten Hulscher, J.E.M.Beurskens and L.E. van der Velde. Long term desorption of chlorobenzenes from aged sediments (1995).
- L.E. van der Velde. Chloorbenzenen in porie-water en sediment. RIZA werkdocument 95. 14 oktober 1995.
- G.E.McGroddy and J.W.Farrington. Sediment porewater partitioning of polycyclic aromatic hydrocarbons in three cores from Boston Harbor, Massachusetts. Environ. Sci. Technol. 29: 1542-1550 (1995).
- Prognose van de flux-verlaging uit het depot Hansweert op basis van gewijzigde inzichten, Bouwdienst Rijkswaterstaat, Notitie 203, G.E.Kamerling, oktober 1995.



## 8.0 Verantwoording richtlijnen

### Opzet en aanpak MER

Zoals de Commissie-mer bij haar richtlijnen-advies reeds opmerkt, is hier vanwege de reeds uitgevoerde activiteit een spanningsveld aanwezig tussen het opstellen van een complete, deels fictieve, mer - op basis van de in beroep verkregen rechterlijke uitspraak tot vernietiging van de eerder afgegeven Afvalstoffenwetvergunning op formele gronden - en het opstellen van een beperkte mer, die zinvol op de aanwezige gedoogsituatie zou kunnen worden toegesneden. Ook het Provinciaal Bestuur geeft dit spanningsveld aan en conformeert zich bij de vaststelling van haar richtlijnen met de in de startnotitie omschreven doelstelling van formalisering van de huidige berging als onomkeerbare situatie.

Dezerzijds is hieruit de gevolgtrekking gemaakt, dat het vertrekpunt ligt bij de rechterlijke gedoogbeschikking als verklaring voor recht, verkregen in beroep op de later door het Provinciaal Bestuur toegepaste bestuursdwang. Waarbij toestemming werd gegeven om de werken te voltooien volgens de voorwaarden van de eerder vernietigde Afvalstoffenwetvergunning en rekening houdende met de door Rijkswaterstaat gedane toezegging, om alsnog aanvullende maatregelen te zullen treffen indien de noodzaak daarvan uit het nog op te stellen mer mocht blijken.

Voor de opstelling van dit mer betekent het dat "niet-bergen" of "alsnog-elders-bergen" niet in beschouwing worden genomen. Maar dat de huidige toestand met aanwezig depot uitgangspunt is voor het in beschouwing nemen van aanvullende en/of verdergaande bescherming van het milieu volgens het ALARA-beginsel. Waarbij de huidige *toestand van het milieu wordt gerelateerd aan de toestand vóór aanleg van het depot in 1988* (aangeduid als juridische 0-situatie).

Toetsing vond plaats aan de vigerende IBC-criteria voor aanleg van baggerspeciedepots, neergelegd in het Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie (1993). De aangegeven overschrijdingen van fluxen zijn te wijten aan de niet eerder onderkende geroerde en vervuilde havenbodem (zie DHV-rapport, Literatuur nr.8). Door deze havenbodem alsnog bij het depot te betrekken kunnen aanvullende maatregelen daarom ook voor het geheel daarvan worden genomen. De uitvoering daarvan zal zonder vergraving van het depot in de beheersfeer tijdens de nazorgfase kunnen plaatsvinden.

Voorts levert de aanwezigheid van het depot, bij toetsing aan de Wet Bodembescherming, geen directe risico's op voor het woon- en leefmilieu en voor de volksgezondheid.

In deze mer wordt niet ingegaan op eventuele WVO-aspecten bij de lozing van opgepompt vervuild grondwater. Anticipatie via vergunningverlening wordt niet zinnig geacht omdat de thans als best bekendstaande technieken in de verre toekomst, wanneer de beheersmaatregel zou moeten worden toegepast, ongetwijfeld zijn geëvolueerd. Aanpassing van de eerder afgegeven WVO-vergunningen is niet aan de orde, omdat de daarin opgenomen uitvoeringsvoorschriften alleen betrekking hadden op de inmiddels geëxpireerde vulfase.

Voor het alsnog in vergunningverband brengen van de inrichting, via een instandhoudingsvergunning ingevolge de Wet milieubeheer, dient de *grens van de inrichting zo te worden bepaald dat daarbinnen ook de monitoringspunten vallen en de plaats van eventuele toekomstige grondwater-*

onttrekkingsputten. In het gebruikelijke vooroverleg, vooruitlopende op de formele vergunningprocedure, zal o.a. hierover met het bevoegd gezag nadere afstemming moeten plaatsvinden. Tijdens de opvolgende formele vergunningprocedure zal via de geldende regeling gelegenheid voor inspraak worden geboden. Het bestaande depot dient in het kader van het regionaal beleid volgens het Beleidsplan Verontreinigde Waterbodems en Baggerspecie Zeeland te worden aangemerkt als interim-voorziening, in afwachting van de vestiging van het grootschalig regionaal depot in de Koegorspolder nabij Terneuzen.



# Begrippen- en afkortingenlijst

**Depotvolume:** rekenkundige inhoud van het speciedepot in m<sup>3</sup> vaste stof.

**Flux:** hoeveelheid opgeloste stof die over een bepaald grensvlak per oppervlakte- en tijdseenheid wordt getransporteerd (in mg/m<sup>2</sup>.jaar).

**Normfluxen:** toelaatbare fluxen voor aangegeven stoffen als ontwerpnorm voor aanleg van nieuwe baggerspeciéstortplaatsen volgens het Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie (niveau van verwaarloosbare beïnvloeding van het milieu).

**Advectief transport:** massatransport van stoffen als gevolg van stroming van het medium waarin de stoffen zijn opgelost.

**Diffusief transport:** massatransport van stoffen als gevolg van onderlinge concentratieverschillen (als gevolg van moleculaire diffusie zal ook zonder grondwaterstroming massatransport optreden tussen plaatsen met hogere en lagere stofconcentraties).

**Dispersief transport:** transversaal (loodrecht op) en longitudinaal (in de lengterichting van) transport t.o.v. de stromingsrichting, als gevolg van snelheids- en dichtheidsverschillen en overige discontinuïteiten.

**PAK's:** polycyclische aromatische koolwaterstoffen; een groep van enige honderden organische stoffen, bestaande uit twee of meer aromatische ringen die uitsluitend koolstof en waterstof (benzeenringen) bevatten. Sommige PAK's zijn een gevaar voor de volksgezondheid (carcinogeen). Zij worden gevormd bij de verbranding van organisch materiaal (pyrolyse) en komen vervolgens rechtstreeks of via verschillende toepassingen in producten en transportprocessen in het milieu terecht. PAK's bereiken de bodem hoofd-

zakelijk via de atmosfeer (neerslag, roet en stof). Omdat de in het oppervlaktewater geloosde PAK's sterk aan het zwevend stof adsorberen zal na bezinking een groot gedeelte in de waterbodem terecht komen. Baggerspecie is daarom meestal met deze stoffen verontreinigd.

Belangrijke bronnen van PAK's zijn de industrie (o.a. aluminiumindustrie, cokesproductie, ongecontroleerde kabelverbranding, raffinaderijen, sintersprocessen, ijzergieterijen, bitumen en koolteer in dakbedekking en wegen, teerbehandeling op scheepswerven, houtverduurzaming en houtconservering) en, meer diffuus, ruimteverwarming (met name allesbranders en open haarden), het vlieg-, vaar- en wegverkeer en agrarische activiteiten. Ook bij bosbranden, roken, braden, bakken en barbecuen worden PAK's gevormd.

De mogelijkheden om de uitstoot van PAK's te verminderen zijn beperkt. De technische maatregelen bij de bestaande processen hebben slechts een gering rendement, terwijl de bedrijfseconomische gevolgen voor sommige bedrijven aanzienlijk zijn. De toename van het verkeer doet beperking van de uitstoot vrijwel weer teniet. Mogelijke maatregelen in stedelijke gebieden zijn de overschakeling op LPG voor het stadsverkeer, het stimuleren van het stoppen met roken, voorlichting over het gebruik van open haarden, e.d.

Door de zeer sterke hechting aan organisch stof is de mobiliteit van PAK's in de bodem uiterst gering, daarentegen speelt het transport via het oppervlaktewater en via de lucht een belangrijke rol in de verspreiding van deze stoffen. Doordat de verspreiding van PAK's in de bodem zeer langzaam verloopt kan afbraak van deze stoffen (ondanks de geringe afbraaksnelheid) op de lange duur toch van belang zijn.

**Fenantreen:** C<sub>14</sub>H<sub>10</sub>; een PAK bestaande uit drie aan elkaar geschakelde benzeenringen.

**Fluorantheen:**  $C_{16}H_{10}$ ; een PAK bestaande uit vier aan elkaar geschakelde benzeenringen.

**Potentiaal:** stijghoogte van het grondwater t.o.v. een referentievlak (in deze studie t.o.v. NAP).

**0-situatie:** de bestaande toestand van het milieu zonder uitvoering van de voorgenomen activiteit (in deze studie alleen gebruikt als referentie voor bepaling van de milieu-effecten van de uitgevoerde werken).

**MODFLOW:** door het WL toegepast driedimensionaal computermodel voor de berekening van de grondwaterstroming.

**MODPATH:** submodel van MODFLOW voor de berekening van stroombanen in het grondwater.

**STYXZ:** door het WL toegepast driedimensionaal computermodel voor de berekening van de verspreiding van organische microverontreinigingen in het grondwater.

**Parameters:** systeemkenmerken, procescoëfficiënten, etc.

**Onttrekkingsdebiet:** de hoeveelheid grondwater die bij de methode van geohydrologische isolatie via de onttrekkingsputten per tijdseenheid wordt opgepompt (in  $m^3/dag$ ).

**Contaminanten:** synonieme aanduiding voor verontreinigende stoffen.

**Hydrostatische druk:** optredende belasting door het gewicht van de bovenstaande waterkolom.

**Freatisch vlak:** grensvlak tussen het gebied waarin de poriën verzadigd zijn met grondwater en het daarboven gelegen onverzadigde gebied (vrije grondwaterspiegel); freatisch grondwater is het ondiepe grondwater in de zone direct onder het freatisch vlak.

**Watervoerend pakket:** geologische bodemlaag van veelal zandige en goed waterdoorlatende samenstelling, waarin voornamelijk het horizontaal grondwatertransport plaatsvindt.

**Scheidende laag:** geologische bodemlaag van veelal kleihoudende en slecht waterdoorlatende samenstelling, waarin geen of geringe grondwaterstroming optreedt.

**Permeabiliteit:** maat voor doordringbaarheid van stoffen (hier het vermogen van een grondpakket om water door te laten).

**Adsorptie:** binding van verontreinigde stoffeeltjes aan het oppervlak van andere stoffen, veelal aan organische stoffen en fijne slibfractie zoals kleideeltjes.

**Verdelingscoëfficiënt:** verhouding tussen de geadsorbeerde fractie en de in het poriënwater opgeloste fractie van een verontreinigende stof in evenwichtstoestand (organische microverontreinigingen hebben meestal een hoge verdelingscoëfficiënt: van het totale gehalte is dan een groot deel geadsorbeerd aan de vaste stof en een gering deel opgelost in het poriënwater).

**Anaëroob:** zuurstofarme omgeving (het diepere grondwater is veelal zuurstofloos).

**Geotechnische isolatie:** afscheidende voorziening rondom een bergingsdepot om verspreiding van verontreinigingen vanuit het depot naar de omgeving tegen te gaan.

**Geohydrologische isolatie:** beheersmaatregel om door het onttrekken van reeds vervuild grondwater verdere verspreiding van fluxen vanuit het bergingsdepot via het grondwater tegen te gaan.

**Monitoring:** volgen van procesontwikkelingen in de tijd door middel van periodieke waarnemingen en/of onderzoek.

**Detectiegrens:** grensvermogen in het bereik van een meting of analysebewerking.



**Retardatie:** vertraging van het stoftransport ten opzichte van de grondwaterstroming als gevolg van adsorptie van opgeloste (organische) microverontreinigingen aan bodemmateriaal.

**Mobiliteit:** kenmerk waarmee de mogelijke verplaatsingssnelheid van stoffen in een medium wordt aangeduid. (In deze studie gaat het om verplaatsing via het grondwater of als gevolg van diffusie, waarbij alleen de in het poriënwater opgeloste fractie zich direct kan verspreiden. Zware metalen zijn in baggerspecie vrijwel immobiel omdat deze onder anaërobe omstandigheden zijn vastgelegd als onoplosbare sulfideverbindingen. De mobiliteit van organische microverontreinigingen wordt voornamelijk bepaald door de verdeelingscoëfficiënt: de mobiliteit is lager als de verdeelingscoëfficiënt groter is. Volledig opgeloste niet adsorberende stoffen zoals bijv. chloride hebben dus een hoge mobiliteit).





# Literatuurlijst

1. Startnotitie Milieu-effectrapportage Baggerspeciebergings Hansweert, Rijkswaterstaat directie Zeeland, AXW-92.005, 20 maart 1992
2. Richtlijnen voor de inhoud van het Milieu-effectrapport Baggerspeciebergings Hansweert, Gedeputeerde Staten van Zeeland, 14 juli/18 augustus 1992;
3. Plan van aanpak MER-baggerspeciebergings Hansweert, Rijkswaterstaat directie Zeeland, MERHW27, 18 december 1992/8 maart 1993;
  - Monitoringsysteem Speciedepot Hansweert, B.P.C.Steenkamp en F.L.G.de Bruijckere, oktober 1992;
4. Verspreidingsberekeningen speciedepot Hansweert, Verslag modelonderzoek Waterloopkundig Laboratorium/WL, T932-december 1993;
5. Aanvullende verspreidingsberekeningen Hansweert, Verslag onderzoek Waterloopkundig Laboratorium/WL, T932-mei 1994;
6. Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie, Tweede Kamer, vergaderjaar 1993-1994, 23 450 nr.1, 13 oktober 1993;
7. Geohydrologische isolatie baggerspeciedepot Hansweert, Verslag modelonderzoek Waterloopkundig Laboratorium/WL, T1546-juni 1995;
8. Notitie inzake de berging van verontreinigde baggerspecie, DHV Raadgevend Ingenieursbureau BV, B-0156-01-001, mei 1988;
  - notitie m.b.t. geotechnische aspecten slibstort, DHV, C-1290-23-001, datum onbekend;
  - notitie m.b.t. geotechnische aspecten ringdijken, DHV, B-0156-01-001, 29-04-1988;
  - notitie commentaar op geotechnische aspecten, RWS-Zeeland, 23 februari 1989;
9. WVO-vergunningen dd. 21 maart 1989, nr.RJW 20434 (vervuilde baggerspecie) en dd. 7 april 1989, nr.RJW 22940 (afdekspecie), Hoofddirectie van de Waterstaat;
10. Afvalstoffenwetvergunning (Aw-vergunning) dd. 10 januari 1989, nr.1225/2/78, Gedeputeerde Staten van Zeeland;
11. Sanering waterbodems Oosterscheldehavens, Evaluatie uitvoering, Rijkswaterstaat-directie Zeeland, januari 1993;
  - beschrijving door afdeling NWT uitgevoerde werkzaamheden, ongedateerd;
12. MER-baggerspeciebergings Hansweert, onderdeel landschap en grondgebruik, Rijkswaterstaat directie Zeeland, M 95.132, 24-04-1995.





MER BAGGERSPECIEBERGING HANSWEERT  
Milieu-effectrapport ten behoeve van vergunning-  
verlening voor instandhouding van een bagger-  
speciedepot nabij Hansweert

Augustus 1996

**Uitgave:** Rijkswaterstaat directie Zeeland en RIZA/Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling

**Projectbegeleiding:** ing.D.C.de Jong en B.P.C.Steenkamp

**Tekstbijdragen:** Ineke Vervorst

**Vormgeving:** Bram de Buck,  
Rijkswaterstaat Zeeland  
Leo Smalheer,  
Grafisch Bedrijf Pitman bv.

**Foto's:** Grafische Technieken Meetkundige Dienst  
Dirk Hartenberg  
Bram de Buck  
Bart Hofmeester

**Druk:** Grafisch Bedrijf Pitman bv.  
Goes

Nota nr. AXW-95.087  
RIZA nota nr. 96.012  
ISBN nr 90 369 4 7114

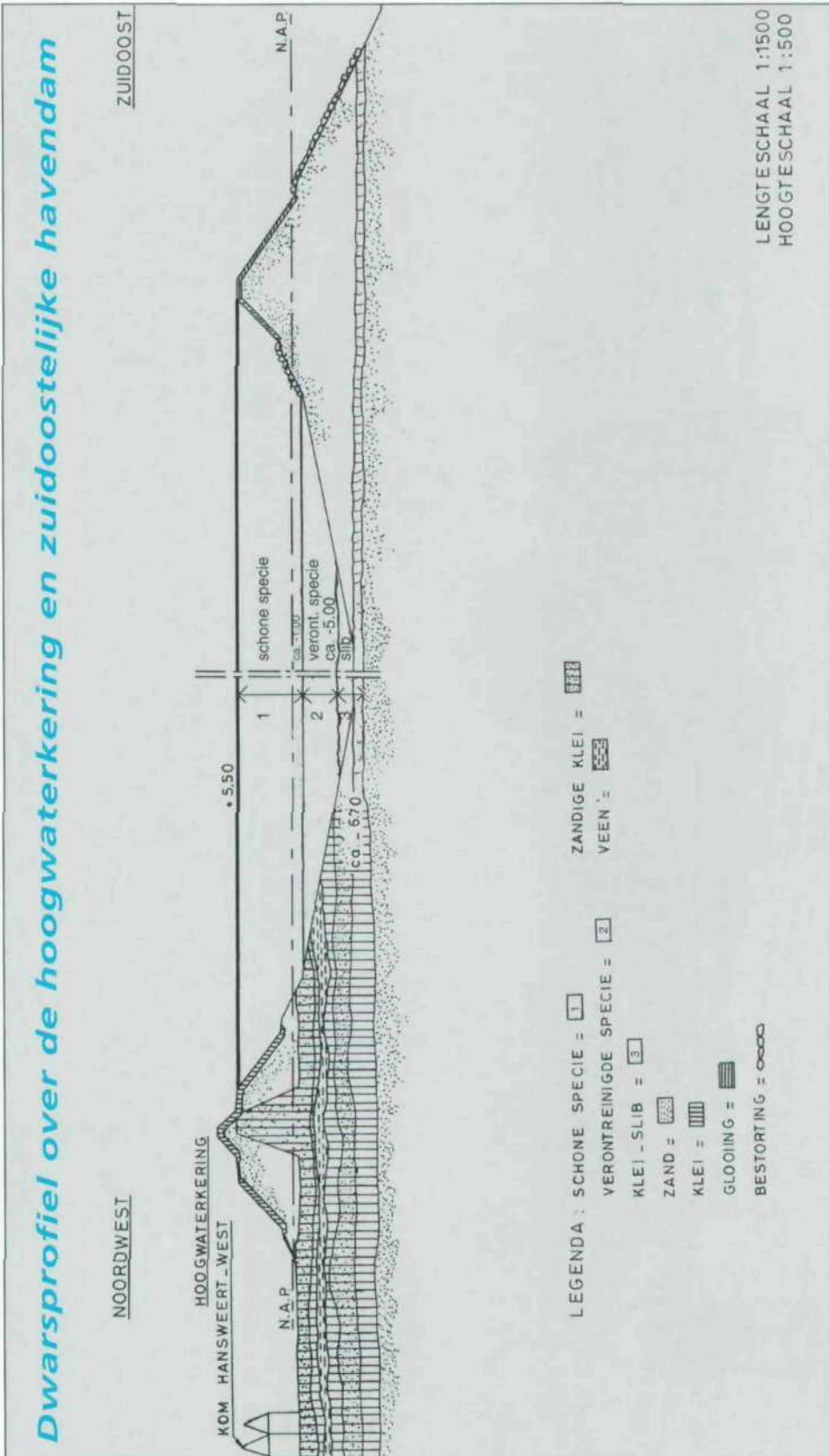
Exemplaren van deze nota kunnen gratister inzage worden gevraagd bij de bibliotheek van Rijkswaterstaat directie Zeeland, of kunnen tegen betaling van f 25,- worden verkregen.



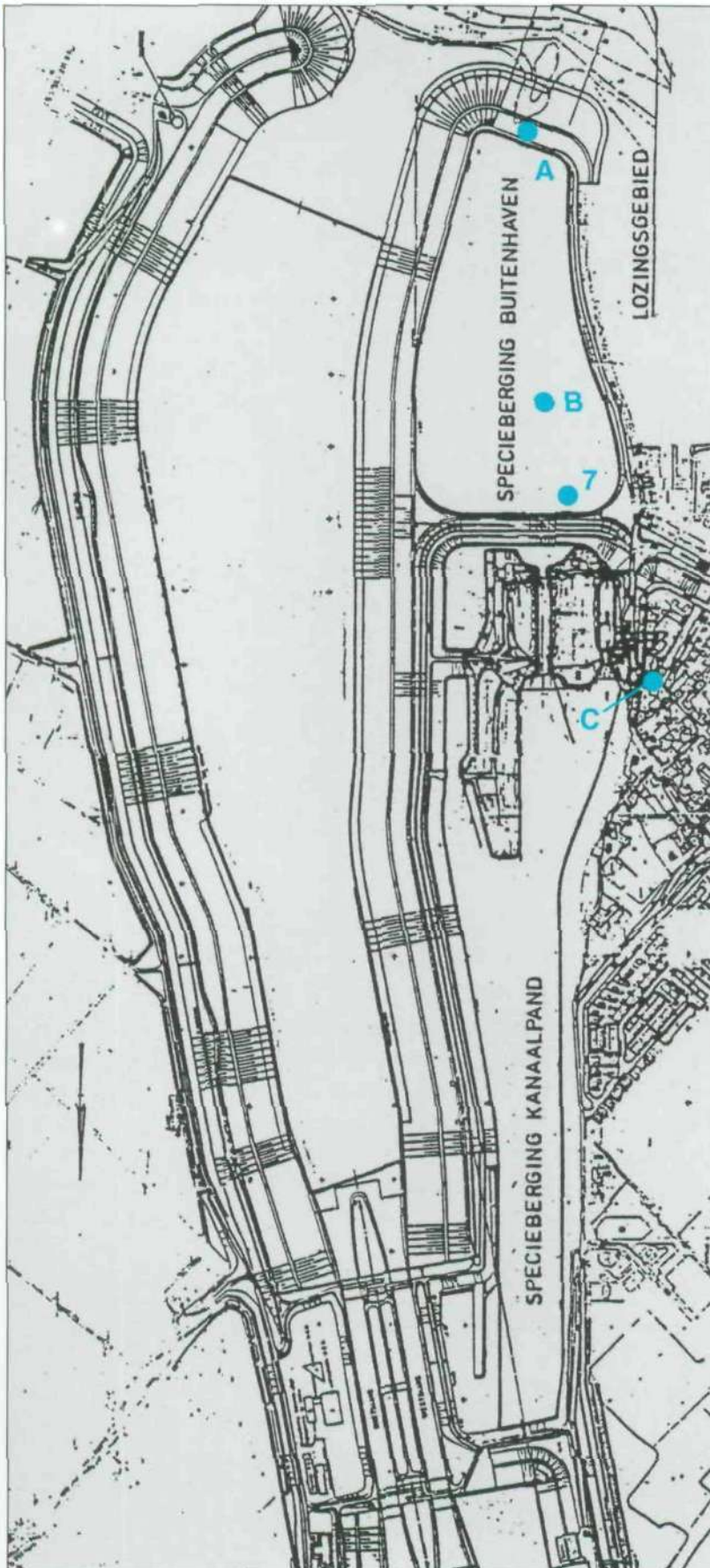


# Bijlagen

Bijlage 1



## Bijlage 2



A1 = zuidelijke dijk depot, filter in eerste watervoerend pakket (NAP-10 m)

A2 = zuidelijke dijk depot, filter in depot dijk (NAP-5 m)

B1 = centrum depot, filter in eerste watervoerend pakket (NAP-10 m)

B2 = centrum depot, filter in de specie (NAP-4 m)

C = landzijde zeedijk Hansweert ten noordwesten depot, filter in eerste watervoerend pakket (NAP-10 m)

7 = noordelijk depot, peilfilter

De grondwatermonsters zijn met een (teflon)slangenpomp genomen en over een 0,45 µm filter gefiltreerd, zodat in principe alleen de in het grondwater opgeloste fractie wordt gemeten.

*Situatie bemonsteringspunten monitoring grondwater.*



Bijlage 3

Monster A1 Datum	18-11-1992	17-02-1993	13-05-1993	11-08-1993	15-11-1993	02-06-1994	24-11-1994	02-06-1995	14-11-1995	22-05-1996
Opgeïost org. Koolstof	14	14	17	3100	1.3	15	5,7	19	13	7
a-HCH	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
b-HCH	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
c-HCH	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Alkaliteit	14	15	18 (a)	9.1 (a)	17 (a)	18	14 (a)	23	22	25
Arseen	10	10	6	<2.5	<2.5	10	10	9	9	6,4
Chloride	12000	9300	11000	11000	9900	11000	11000	11000	5400	11000
Calcium	400	240	200	430	400	380	320	230	270	355
Cadmium	<1	<5 (*)	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1	<1
Chroom	9	6	<3	4	1.9	<1	1.4	<1	1.7	1.3
Koper	25	25	<10	<10	15	80	<10	<10	<10	<10
Ijzer	920	5100	350	<50	8500	<50	<50	55	110	<50
Kwik	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Kalium	240	170	150	160	150	160	290	180	190	<0.1
Mangaan	830	910								260
Magnesium										
Nitraat	<0.2	#	2.2	720	720	790	600	430	520	1.2
Nikkel	15	<50 (*)	<10	55	<10	<10	0.14	<0.1	<0.1	<0.1
PH	7.5	7.4	7.4	7.3	7.4	7.4	7.3	7.4	7.3	7
Fosfaat	2.0	1.6	0.99	1.4	2.3	4.8	5.7	4.6	5.6	5,8
Lood	<10	<10	<10	<10	20	<10	<10	<10	<10	<10
Sulfaat	1100	1100	850	900	950	840	800	520	880	1400
Zink	290	130	<20	<20	85	<20	<20	<20	<20	<20
PCB no. 28	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 52	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 101	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 118	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 138	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 153	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 180	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Naftaleen	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Acenafteleen	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Acenaftheen	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Fluoreen	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Fenanthreen	0.03	0.09	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Anthraceen	<0.02	0.06	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Fluoranthreen	0.04	0.51	0.04	<0.02	<0.02	0.03	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Pyreëen	0.02	0.33	<0.02	<0.02	<0.02	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Benzo(a)anthraceen	<0.02	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Chryseëen	<0.02	0.03	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Benzo(b)fluoranthreen	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Benzo(k)fluoranthreen	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benzo(a)pyreëen	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Di-benzo(ah)anthraceen	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Benzo(ghi)peryleen	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Indero(123-cd)pyreëen	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
PAK10 VROM Totaal	0.07	0.71	0.06	<0.02	<0.02	0.03	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
PAK16 EPA Totaal	0.09	1.0	0.06	<0.02	<0.02	0.05	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02

\* Verhoogde detectiegrens in verband met matrix.  
 # Niet te bepalen vanwege hoog chloride gehalte.  
 a Monsters zijn getitreerd tot pH 5.1.  
 < Onder de detectiegrens

OPM: De monsters van 17/2/'93 zijn niet gefiltreerd

Monster A2 Datum	18-11-1992	17-02-1993	13-05-1993	11-08-1993	15-11-1993	02-06-1994	24-11-1994	02-06-1995	14-11-1995	22-05-1996
OpgeLost org. Koolstof	17	22	12	230	1.3	15	12	16	11	10
a-HCH	ug/l	<0.01	<0.01	<0.01	18 (a)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
b-HCH	ug/l	<0.01	<0.01	<0.01	4	17	13 (a)	19	17	20
c-HCH	ug/l	<0.01	<0.01	<0.01	85	180	95	200	80	110
Alkaliteit	meq/l	19	40	18 (a)	11000	11000	11000	10000	9600	8500
Arseen	ug/l	20	11600	12000	700	570	470	390	430	508
Calcium	mg/l	720	410	440	640	<1	<1	<1	<1	<1
Cadmium	ug/l	<1	<5 (*)	<3	1.3	<1	<1	<1	1.3	2.9
Chroom	ug/l	6	25	<3	<10	210	<10	<10	<10	<10
Koper	ug/l	15	<10	<10	20000	50	350	<50	86	<50
IJzer	ug/l	5400	1200	90	2900	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Kwik	ug/l	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	150	240	160	160	120
Kalium	mg/l	220	160	160	180	750	430	330	330	420
Mangaan	mg/l	870	910	780	780	<0.4(*)	0.19	<0.1	<0.1	1.95
Magnesium	mg/l	<0.2	#	<0.2	0.26	<10	<10	<10	<10	<10
Nitraat	mg/l	<10	20	<10	<50 (*)	7.7	7.5	7.7	8.0	7.7
Nikkel	ug/l	7.6	7.5	3.0	2.3	5.1	5.6	6.7	7.0	6.3
PH	mgP/l	2.1	2.1	<10	40	<10	<10	<10	<10	<10
Fosfaat	ug/l	<10	80	820	840	940	1200	690	750	990
Lood	ug/l	810	780	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Sulfaat	ug/l	100	800	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Zink	ug/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 28	ug/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 52	ug/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 101	ug/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 118	ug/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 138	ug/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 153	ug/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 180	ug/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Naftaleen	ug/l	<0.2	<0.2	<0.02	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Acenafyleen	ug/l	<0.2	<0.2	<0.02	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Fluoreen	ug/l	<0.2	<0.2	<0.02	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Fenanthreen	ug/l	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Anthracen	ug/l	0.03	0.04	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Fluorantheen	ug/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Pyreen	ug/l	0.03	0.04	0.03	0.3	<0.02	0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Benzo(a)anthracen	ug/l	<0.02	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Chryseen	ug/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Benzo(b)fluorantheen	ug/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Benzo(k)fluorantheen	ug/l	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benzo(a)pyreen	ug/l	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Dibenz(ah)anthracen	ug/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.05 (1)	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Benzo(ghi)peryleen	ug/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.05 (1)	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Indeno(123-cd)pyreen	ug/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.20 (1)	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
PAK10 VROM Totaal	ug/l	0.06	0.08	0.03	0.06	<0.02	0.02	<0.02	<0.02	<0.02
PAK16 EPA Totaal	ug/l	0.06	0.10	0.03	0.06	<0.02	0.02	<0.02	<0.02	<0.02

\* Verhoogde detectiegrens in verband met matrix.  
 # Niet te bepalen vanwege hoog chloride gehalte.  
 a Monsters zijn getitreerd tot pH 5.1.  
 < Onder de detectiegrens

OPM: De monsters van 17/2/93 zijn niet gefiltreerd



Bijlage 5

Monster B1 Datum	18-11-1992	17-02-1993	13-05-1993	11-08-1993	15-11-1993	02-06-1994	24-11-1994	02-06-1995	14-11-1995	22-05-1996
Opgelost org. Koolstof	12	15	11	145	1.2	18	8.6	14	9.0	10
a-HCH	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	21 (a)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
b-HCH	<0.01	<0.01	16 (a)	20 (a)	<2.5	16	13 (a)	15	16	24
c-HCH	<0.01	<0.01	<20	<2.5	<2.5	25	15	7	15	2,6
Alkaliteit	11	17	12000	11000	11000	12000	12000	10000	5500	12000
Arseen	10	15	10600	390	310	320	250	210	230	319
Chloride	7100	10600	210	140	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Calcium	310	210	140	390	310	320	250	210	230	319
Cadmium	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Chroom	25	7	<3	5	3	<1	2	2	3	3,2
Koper	ug/l	<10	<10	<10	<10	15	<10	<10	<10	<10
IJzer	9800	4100	460	150	1100	<50	100	<50	25	<50
Kwik	0.3	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Kalium	170	210	210	230	200	200	350	270	230	310
Mangaan	500	980								
Magnesium	mg/l			830	750	830	570	490	510	880
Nitraat	mg/l	<0.2	<0.2	<0.2	<0.4(*)	<0.1	0.22	<0.1	<0.1	<0.2 #
Nikkel	ug/l	20	<10	<50 (*)	20	<10	<10	<10	<10	<10
PH	7.5	7.4	7.3	7.3	7.3	7.4	7.3	7.5	7.3	7.3
Fosfaat	1.8	1.6	2.6	2.1	2.4	3	2.3	1.9	2.2	2,3
Lood	<10	<10	<10	<10	50	<10	<10	<10	<10	<10
Sulfaat	500	920	1000	950	980	950	910	1300	1100	1200
Zink	1500	1500	1000	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
PCB no. 28	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 52	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 101	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 118	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 138	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 153	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 180	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Naftaleen	<0.2	<0.2	<0.02	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Acenafityleen	<0.2	<0.2	<0.02	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Acenaftheen	<0.2	<0.2	<0.02	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Fluoreen	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Fenanthreen	<0.02	0.06	0.02	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Anthraceen	<0.02	0.04	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Fluorantheen	<0.02	0.16	0.03	0.05	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Pyreëen	<0.02	0.10	<0.02	0.05	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Benzo(a)anthraceen	<0.02	0.10	<0.02	0.03	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Chryseëen	<0.02	0.06	<0.02	0.03	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Benzo(b)fluorantheen	<0.02	0.04	<0.02	0.03	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Benzo(k)fluorantheen	<0.01	0.02	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benzo(a)pyreëen	<0.01	0.03	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Dibenz(ah)anthraceen	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Benzo(ghi)peryleen	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Indeno(123-cd)pyreëen	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
PAK10 VROM Totaal	<0.02	0.47	0.05	0.17	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
PAK16 EPA Totaal	<0.02	0.61	0.05	0.25	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02

\* Verhoogde detectiegrens in verband met matrix.  
 # Niet te bepalen vanwege hoog chloride gehalte.  
 a Monsters zijn getitreerd tot pH 5.1.  
 < Onder de detectiegrens

OPM: De monsters van 17/2/93 zijn niet gefiltreerd

Monster BZ Datum	18-11-1992	17-02-1993	13-05-1993	11-08-1993	15-11-1993	02-06-1994	24-11-1994	02-06-1995	14-11-1995	22-05-1996
Opgelost org. Koolstof	25	33	31	1750	3.2	19	30	31	21	19
a-HCH	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	16 (a)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
b-HCH	<0.01	<0.01	<0.01	20 (a)	<0.4(*)	21	16 (a)	31	34	35
c-HCH	24	23	15	15	<2.5	<2.5	45	15	5	8
Alkaliteit	4	10	13000	13000	13000	14000	15000	14000	6400	13000
Arseen	10000	12600	240	390	440	380	290	240	270	357
Chloride	410	<5 (*)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Calcium	<1	40	<3	5	3	<1	3	2	4	3.2
Cadmium	35	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Chroom	<10	16000	290	290	1300	<50	<50	<50	40	<50
Koper	32000	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
IJzer	0.2	190	180	200	170	180	290	210	190	250
Kwik	140	1200								
Kalium	670									
Mangaan	<0.2	#	<0.2	1000	670	950	590	480	570	900
Magnesium	45	35	<10	<50 (*)	<10	<10	0.21	<0.1	<0.1	<0.5 #
Nitraat	7.1	6.8	6.9	6.6	6.9	6.9	6.9	7.1	7.1	<10
Nikkel	0.59	8.5	15	14	15	16	15	12	17	18
Fosfaat	<10	<10	<10	<10	40	<10	<10	<10	<10	<10
Lood	350	1200	930	1200	1300	930	700	540	290	160
Sulfaat	660	1400	<20	<20	30	<20	<20	<20	<20	<20
Zink	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 28	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 52	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 101	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 118	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 138	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 153	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 180	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Naftaleen	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Acenafthyleen	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Acenaftheen	<0.30 (1)	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Fluoreen	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Fenanthreen	0.06	0.05	0.04	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Anthraceen	<0.02	0.03	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Fluoranthreen	0.04	0.22	0.12	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.04	<0.02	<0.02
Pyreen	0.02	0.15	0.08	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Benzo(a)anthraceen	<0.02	<0.02	0.04	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Chryseen	<0.02	0.02	0.05	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Benzo(b)fluoranthreen	<0.02	<0.02	0.07	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Benzo(k)fluoranthreen	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benzo(a)pyreen	<0.01	<0.01	0.05	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Dibenz(ah)anthraceen	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Benzo(ghi)peryleen	<0.02	<0.02	0.06	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Indeno(123-cd)pyreen	<0.02	<0.02	0.07	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
PAK10 VROM Totaal	0.10	0.32	0.45	0.01	<0.02	<0.02	<0.02	0.04	<0.02	<0.02
PAK16 EPA Totaal	0.12	0.47	0.60	0.01	<0.02	<0.02	<0.02	0.04	<0.02	<0.02

(1) Verhoogde detectiegrens in verband met overlap door onbekende component.  
 \* Verhoogde detectiegrens in verband met matrix.  
 # Niet te bepalen vanwege hoog chloride gehalte.  
 @ Monsters zijn getitreerd tot pH 5.1.  
 < Onder de detectiegrens

OPM: De monsters van 17/2/'93 zijn niet gefiltreerd



Monster C Datum	18-11-1992	17-02-1993	13-05-1993	11-08-1993	15-11-1993	02-06-1994	24-11-1994	02-06-1995	14-11-1995	22-05-1996
Opgelost org. Koolstof	20	21	26	2250	2-3	18	16	33	13	13
a-HCH	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	20 (a)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
b-HCH	<0.01	<0.01	19 (a)	21 (a)	3	4	14 (a)	22	23	23
c-HCH	<0.01	21	6	15	8900	91000	20	6	<2.5	<2.5
Alkaliteit	19	21	8000	8800	3	4	10000	9900	10000	9300
Arseen	<2.5	8300	160	420	360	350	280	250	270	344
Chloride	11000	280	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Calcium	320	5 (*)	3	6	5	<1	3	3	3	4.2
Cadmium	<1	35	<10	<10	15	<10	<10	<10	<10	<10
Chroom	30	<10	2700	70	3900	75	120	<50	71	<50
Koper	<10	18000	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.3	<0.1	<0.1
IJzer	4300	0.5	200	220	190	200	300	230	220	360
Kwik	<0.1	210	200	740	670	760	500	400	480	680
Kalium	260	770	<0.2	<0.2	<0.4 (*)	<0.1	0.17	<0.1	<0.1	<0.5 #
Mangaan	720	#	<10	<50 (*)	60	<10	<10	<10	<10	<10
Magnesium	<0.2	<50 (*)	7.3	7.1	7.2	7.2	7.1	7.2	7.2	7.3
Nitraat	<10	7.3	1.9	1.0	1.5	1.7	1.3	1.3	1.5	1.5
Nikkel	2.5	1.7	<10	<10	30	<10	<10	<10	<10	<10
PH	<10	<10	1400	1400	1600	1400	1500	1700	1500	1700
Fosfaat	1500	1300	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Lood	700	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Zink	1500	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 28	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 52	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 101	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 118	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 138	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 153	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PCB no. 180	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Naftaleen	<0.60 (1)	<0.2	<0.30	<0.2	<0.2	0.23	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Acenafyleen	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Acenaftheen	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Fluoreen	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Fenanthreen	<0.02	0.03	0.02	0.04	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Anthraceen	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Fluorantheen	<0.02	<0.02	0.04	0.10	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Pyreën	<0.02	0.06	0.02	0.08	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Benzo(a)anthraceen	<0.02	0.04	<0.02	0.03	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Chryseen	<0.02	0.04	<0.02	0.03	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Benzo(b)fluorantheen	<0.02	0.04	<0.02	0.04	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Benzo(k)fluorantheen	<0.01	0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benzo(a)pyreën	<0.01	0.03	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Dibenz(a,h)anthraceen	<0.01	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Benzo(ghi)peryleen	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Indeno(123-cd)pyreën	<0.02	<0.02	<0.02	0.04	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
PAK10 VROM Totaal	<0.02	0.15	0.06	0.29	<0.02	0.23	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
PAK16 EPA Totaal	<0.02	0.25	0.08	0.41	<0.02	0.23	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02

(1) Verhoogde detectiegrens in verband met overlap door onbekende component.  
 \* Verhoogde detectiegrens in verband met matrix.  
 # Niet te bepalen vanwege hoog chloride gehalte.  
 a Monsters zijn getitreerd tot pH 5.1.  
 < Onder de detectiegrens

OPM: De monsters van 17/2/93 zijn niet getitreerd

Monster 7	02-06-1994	24-11-1994	02-06-1995	14-11-1995	22-05-1996
Datum	02-06-1994	24-11-1994	02-06-1995	14-11-1995	22-05-1996
Opgelost org. Koolstof					
a-HCH	mg/l				
b-HCH	ug/l				
c-HCH	ug/l				
Alkaliteit	meq/l				
Arseen	ug/l				
Chloride	mg/l				
Calcium	mg/l				
Cadmium	ug/l				
Chroom	ug/l				
Koper	ug/l	<10	<10	<10	<10
IJzer	ug/l	55			
Kwik	ug/l				
Kalium	mg/l				
Mangaan	mg/l				
Magnesium	mg/l				
Nitraat	mg/l				
Nikkel	ug/l				
PH					
Fosfaat	mgP/l				
Lood	ug/l	<10	<10	<10	<10
Sulfaat	mg/l				
Zink	ug/l				
PCB no. 28	ug/l				
PCB no. 52	ug/l				
PCB no. 101	ug/l				
PCB no. 118	ug/l				
PCB no. 138	ug/l				
PCB no. 153	ug/l				
PCB no. 180	ug/l				
Naftaleen	ug/l	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Acenafytyleen	ug/l	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Acenaftheen	ug/l	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Fluoreen	ug/l	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Fenanthreen	ug/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Anthraceen	ug/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Fluoranthreen	ug/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Pyreen	ug/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Benzo(a)anthraceen	ug/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Chryseen	ug/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Benzo(b)fluoranthreen	ug/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Benzo(k)fluoranthreen	ug/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benzo(a)pyreen	ug/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Dibenz(ah)anthraceen	ug/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benzo(ghi)perylene	ug/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Indeno(123-cd)pyreen	ug/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
PAK10 VROM Totaal	ug/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
PAK16 EPA Totaal	ug/l				

(1) Verhoogde detectiegrens in verband met overlap door onbekende component.

\* Verhoogde detectiegrens in verband met matrix.

# Niet te bepalen vanwege hoog chloride gehalte.

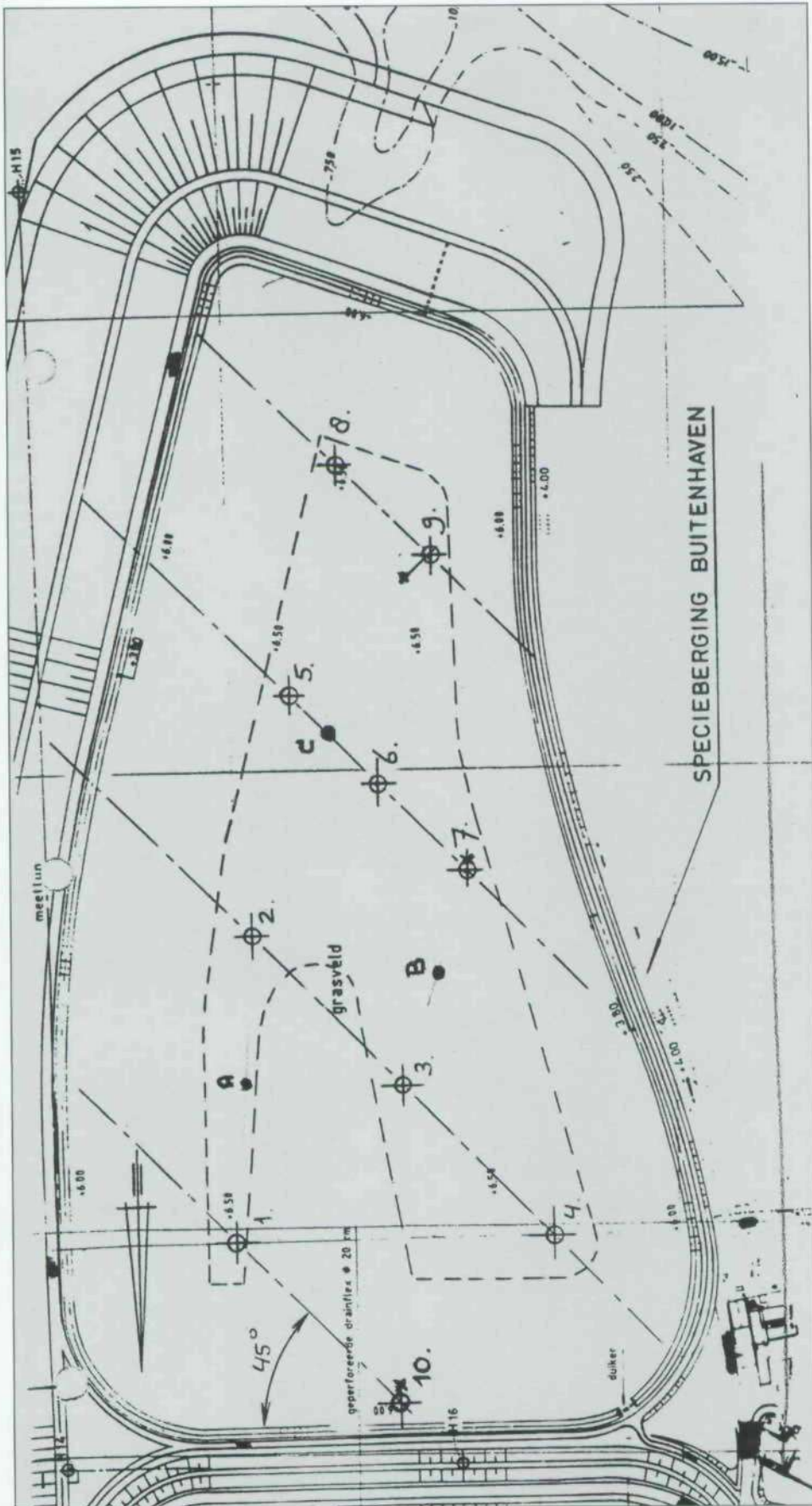
â Monsters zijn getitreerd tot pH 5.1.

< Onder de detectiegrens

OPM: De monsters van 17/2/93 zijn niet gefiltreerd



Bijlage 9



Legenda:

- A** ● grondboringen
- 9.** ⊕ sonderingen

