Ontwerp-procedure Grondwatermonitoring Stortplaatsen

DH 10339

Vereniging van Afvalverwerkers

Utrecht, november 1995

Trefwoordenlijst

storten
afval
ontwerpprocedure
systeemontwerp
stortplaats
grondwater
monitoring

Colofon

Het rapport 'Ontwerp-Procedure Grondwatermonitoring Stortplaatsen' is een uitgave van de Vereniging van Afvalverwerkers (VVAV).

Het onderzoek is in opdracht van de VVAV uitgevoerd door IWACO B.V. onder begeleiding van een VVAV-commissie bestaande uit een aantal leden van de werkgroep Storttechniek.

Exemplaren van dit rapport zijn te bestellen bij:
Vereniging van Afvalverwerkers (VVAV)
Postbus 19300
3501 DH UTRECHT

© Vereniging van Afvalverwerkers, Utrecht 1995
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden openbaar gemaakt of verveelvoudigd, opgeslagen in een data verwerkend systeem of uitgezonden in enige vorm, door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Publikatienummer Vereniging van Afvalverwerkers: VVAV95060S.R
ISBN 90-73573-16-5

Voorwoord

Bij stortplaatsen wordt doorgaans frequent en uitgebreid gemonitoord en bestaat veel verschil tussen de gehanteerde monitoringssystemen. Dit is voor de Vereniging van Afvalverwerkers aanleiding geweest om een onderzoek te initiëren naar een eenduidige ontwerp-procedure voor een meer effectieve monitoring van stortplaatsen. Voorliggend rapport is een weergave van het door IWACO uitgevoerde onderzoek, uitmondend in een ontwerp-methodiek die richting geeft aan een economisch verantwoorde invulling van monitoringsactiviteiten van grondwater rondom stortplaatsen.

Tijdens het onderzoek heeft de optimalisatie van monitoringskosten centraal gestaan, uitgaande van een maximale betrouwbaar monitoringssysteem dat bestaat uit grondwaterpeilbuizen. Hierbij is gerealiseerd dat de monitoring met behulp van peilbuizen niet het meest ideale is, maar vooralsnog zijn weinig alternatieven voorhanden.
Eén van de voornaamste conclusies van het onderzoek is dat de zekerheid en efficiëntie van een dergelijk systeem niet zozeer moeten worden gezocht in een hoge bemonsteringsfrequentie of een uitgebreid analysepakket, maar vooral in een dicht netwerk van meetpunten. Het netwerkontwerp wordt daarbij niet beïnvloed door het niveau van de isolerende voorzieningen.

Op verzoek van het Ministerie van VROM hebben vertegenwoordigers van het Expertisenetwerk Bodembescherming commentaar geleverd op voorliggend rapport. In de commentaren van Grondmechanica Delft, Staring Centrum en de heer Bisschop (IMH Zwolle) wordt gesproken over een goed en helder stuk dat een waardevolle aanvulling kan vormen op de bestaande 'Richtlijn drainagesystemen en controlesystemen grondwaer voor stort- en opslagplaatsen'. De optimalisatie tussen bemonsteringsfrequentie en netwerkontwerp en de gerichte keuze van signaalparameters worden gezien als zinvolle nieuwe elementen.
Door de leden van het Expertisenetwerk is terecht opgemerkt dat als gevolg van grote onzekerheden in de parameterwaarden voor dispersie, doorlatendheden en dergelijke het ontworpen systeem niet mag worden gepresenteerd als een systeem met een betrouwbaarheid van 100 %. De in het rapport genoemde trefkans van 100 % heeft dan ook betrekking op de theoretische dekking van het netwerkontwerp. Zeker gezien de genoemde onzekerheden moet een lagere theoretische trefkans als uitgangspunt worden vermeden.

Kanttekeningen worden verder gemaakt ten aanzien van de grote signaleringstijd en monitoringszone. Als reactie hierop kan worden opgemerkt dat kortere signaleringstijden weliswaar kunnen worden bereikt door verkleining van de monitoringszone. Echter, dit zal onherroepelijk leiden tot een lagere betrouwbaarheid en hogere kosten. Daarbij vormt de meestal aanwezige controledrainage het brongerichte monitoringssysteem (falen constructieonderdelen) en de peilbuizen het meer omgevingsgerichte systeem. Dit rechtvaardigt ons inziens de keuze voor een monitoringszone met enige afmetingen, zeker indien dit de betrouwbaarheid en kosteneffectiviteit ten goede komt. Voorop dient immers altijd een goede fysieke isolatie van het stort-

materiaal én het voorkomen van bodemverontreiniging te staan. Financiële middelen kunnen derhalve beter worden aangewend voor het voorkomen van verontreiniging dan voor het op kortere termijn detecteren daarvan. Een afgewogen keuze tussen monitoringssysteem en voorzieningenniveau is daarbij wezenlijk.

IWACO, maart 1996.

Inhoud

	Voorwoord	i
1	Inleiding	5
	1.1 Algemeen	5
	1.2 Opzet van de rapportage	6
2	Doelstelling van het onderzoek	7
	2.1 Inleiding	7
	2.2 Doelstelling van het onderzoek	7
	2.3 Doelstelling van monitoring bij stortplaatsen	7
	2.3.1 Algemene doelstelling	7
	2.3.2 Afgeleide doelstellingen	8
3	Algemene aspecten van grondwatermonitoring bij stortplaatsen	9
	3.1 Inleiding	9
	3.2 Uitgangspunten	9
	3.2.1 Controle op functioneren van IBC-voorzieningen	9
	3.2.2 Stortplaatsen waarvoor richtlijnen van toepassing zijn	10
	3.2.3 Bron- of omgevingsgericht	11
	3.2.4 Vaststellen trefkans	12
	3.2.5 Inpassen concept-richtlijnen in grond(water)beleid (provinciale) overheid	12
	3.2.6 Vaststellen omvang van een emissie	13
	3.3 Algemene beschrijving monitoringssysteem	14
	3.3.1 Lay-out monitoringssysteem	14
	3.3.2 Stabiele verontreinigingspluimen en controlezone	16
4	Ontwerpprocedure	19
	4.1 Inleiding	19
	4.2 Bepalen omvang controlezone	19
	4.3 Vaststellen signaalwaarden en gidsstoffen	22
	4.3.1 Signaalwaarde	22
	4.3.2 Gidsstoffen	25
	4.4 Geohydrologisch systeem en monitoren watervoerend pakket	27
	4.4.1 Identificatie watervoerende laag / lagen	27
	4.4.2 Verticale filterstelling	29
	4.5 Berekenen verontreinigingspluim	31
	4.6 Netwerkontwerp	33
	4.7 Tijdstip eerste monitoring	34
	4.8 Samenvatting	35
5	Evaluatie monitoringsresultaten (beslismodel)	37

6 Afwijkende situaties 41
6.1 Geohydrologisch beheerste stortplaatsen 41
6.1.1 Algemeen 41
6.1.2 Ontwerp 41
6.1.3 Kwaliteits- of stijghoogtemonitoring 42
6.1.4 Ontwerp van een netwerk voor stijhoogtemonitoring 43
6.2 Stortplaatsen met controledrainage 44
6.2.1 Algemeen 44
6.2.2 Richtlijn drainage- en controlesystemen 44
6.2.3 Effectiviteit van horizontale controledrainage 45

7 Case-study: stortplaats De Vlagheide 47
7.1 Introductie case-study 47
7.2 Beschrijving stortplaats De Vlagheide 47
7.2.1 De afvalverwerkingsinrichitng 47
7.2.2 Bodemopbouw 50
7.2.3 Regionale geohydrologische schematisatie 50
7.2.4 Lokale geohydrologische schematisatie 51
7.3 Uitgangspunten case-study 52
7.4 Uitvoering case-study 52
7.4.1 Bepalen controlezone 52
7.4.2 Vaststellen gidsstoffen en signaalwaarden 54
7.4.3 Geohydrologisch systeem en te monitoren pakketten 55
7.4.4 Pluim- en frequentieberekeningen 56
7.4.5 Netwerkontwerp 59
7.4.6 Tijdstip eerste monitroing 61
7.4.7 Kosten monitoringssysteem 61
7.5 Conclusies case-study 64

8 Discussie en gevolgen voor concept-procedure 67
8.1 Discussie 67
8.1.1 Monitoringsinspanning 67
8.1.2 Nut voorzieningenniveau 67
8.1.3 Monitoringszone 67
8.1.4 Monitoringsfrequentie 68
8.2 Gevolgen voor ontwerpprocedure 68
8.2.1 Uitgangspunten 68
8.2.2 De aangepaste ontwerpprocedure 69

9 Conclusies 71

10 Aanbevelingen 73

Literatuurlijst 75

FIGUREN

Figuur 1	Zonering en basiselementen monitoringssysteem	15
Figuur 2	Case-study 'De Vlagheide' te Schijndel, verticale doorsnede met stroombanen	48
Figuur 3	Case-study 'De Vlagheide' te Schijndel, Monitoringsnetwerk bij monitoringszone M = 250 meter	49
Figuur 4	Case-study De 'Vlagheide' te Schijndel, Voorbeelden ligging monitoringslijnen	60

SCHEMA'S

Schema 1	Ontwerp-procedure monitoringssysteem	20
Schema 2	Samenhang tussen controle-, interventie- en monitoringszone	21
Schema 3	Ontwerpprocedure voor vaststellen omvang controlezone	23
Schema 4	Ontwerpprocedure vaststellen signaalwaarde	26
Schema 5	Selectie geohydrologisch systeem en filterstelling	30
Schema 6	Beslismodel	38
Schema 7	Aangepaste ontwerpprocedure monitoring	70

TABELLEN

Tabel 1	Resultaten pluimberekeningen	57
Tabel 2	Bemonsteringsfrequenties in aantal/jaar	58
Tabel 3	Afstand tussen stortplaats en monitoringslijnen	61
Tabel 4	Afstand tussen monitoringspunten (m) en aantallen	61
Tabel 5	Investerings- en exploitatiekosten monitoringssysteem	62
Tabel 6	Ruwe schatting saneringskosten	63
Tabel 7	Samenhang tussen breedte monitoringszone en monitorings- en saneringskosten	64

BIJLAGEN

Bijlage I	Inventarisatie regelgeving
Bijlage II	Overzicht mogelijkheden ingeval controlezone buiten terreingrens
Bijlage III	PLUIM-berekeningen: beschrijving en resultaten
Bijlage IV	Optimalisatie monitoringslijn en -frequentie
Bijlage V	Overzicht normen voor monstername en analyse
Bijlage VI	Schema's behorende bij ontwerpprocedure
Bijlage VII	Samenstelling Begeleidingscommissie

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Het Sectoroverleg van de Vereniging van Afvalverwerkers heeft IWACO B.V. schriftelijk opdracht verleend voor het verrichten van onderzoek naar de mogelijkheden voor monitoring van stortplaatsen (brief de dato 30 mei 1994, kenmerk S940520NB/jk).

De aanleiding voor het verzoek is onder meer het gegeven dat over de efficiëntie, de effectiviteit en de economische verantwoorde invulling van monitoringsactiviteiten nog veel onduidelijkheid bestaat. Het eenduidig interpreteren van de monitoringsgegevens is niet altijd mogelijk. Ook ontbreekt vaak de onderlinge afstemming tussen de diverse monitoringsactiviteiten.

Deze problemen zijn te ondervangen door eenduidig vast te leggen hoe monitoring van een stortplaats dient plaats te vinden. Door middel van het opstellen van de concept-richtlijnen kan de inrichting van de monitoringssystemen eenduidig worden vastgelegd.

In de door IWACO opgestelde offerte (rapportnummer 10.4558.0, maart 1994) is een plan van aanpak gepresenteerd om te komen tot het ontwikkelen van concept-richtlijnen ten behoeve van de monitoringsstrategie bij IBC-stortplaatsen (Isoleren, Beheersen, Controleren). De concept-richtlijnen hebben betrekking op de monitoringsstrategie, het ontwerp en de exploitatie van de monitoringssystemen. Het plan van aanpak is opgedeeld in een zevental fasen, namelijk:

1. inventarisatie van in ontwikkeling zijnde regelgeving en voorschriften en inventarisatie van vergunningseisen en inmiddels ingerichte monitoringssystemen op stortplaatsen;
2. formuleren van de uitgangspunten;
3. bepalen van de risicoscore van stortplaatsen;
4. opzet van ontwerpmethodiek voor monitoringsnetwerken;
5. opstellen van een beslismodel;
6. toetsing van de concept-methodiek aan praktijkgevallen;
7. voorstel concept-procedure stortplaatsen.

Vanwege de gefaseerde uitvoering zijn in de periode dat het project werd uitgevoerd drie tussenrapportages verschenen. Het betreft de onderstaande rapporten:

- ontwerp concept-richtlijnen monitoring IBC-stortplaatsen, notitie fase 1 + 2, juni 1994 (IWACO, 1994b);
- concept-procedure monitoring stortplaatsen, notitie fase 3, september 1994 (IWACO, 1994c);
- concept-procedure monitoring stortplaatsen, notitie fase 4, 29 november 1994 (IWACO, 1994d).

Tijdens de uitvoering van de werkzaamheden heeft regelmatige terugkoppeling plaatsgevonden met de begeleidingscommissie (zie bijlage VII). Deze terugkoppeling

heeft in voorkomende gevallen geleid tot bijstelling van eerder geformuleerde uitgangspunten of in een wijziging in de aanpak zoals deze is opgenomen in de offerte. De resultaten van deze discussies, de resultaten van fase 5 + 6 en de drie voorgaande notities zijn geïntegreerd tot één eindrapportage.

1.2 Opzet van de rapportage

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de doelstelling van het uitgevoerde onderzoek en op de doelstelling van een monitoringssysteem voor stortplaatsen. Algemene aspecten, randvoorwaarden en uitgangspunten van belang bij het opstellen van concept-richtlijnen worden besproken in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 wordt de opzet van een ontwerp methodiek voor monitoringsnetwerken toegelicht. In hoofdstuk 5 wordt het beslismodel beschreven, waarin de te nemen acties naar aanleiding van de monitoringsresultaten staan beschreven. In hoofdstuk 6 wordt aandacht besteed aan stortplaatsen met afwijkende condities, zoals bij geohydrologische beheerste stortplaatsen en de rol van de controledrainage. De ontwerpprocedure is getoetst door middel van het uitvoeren van een case-study. De case-study is uitgevoerd voor de stortplaats De Vlagheide te Schijndel. De resultaten van de case-study zijn opgenomen in hoofdstuk 7. De rapportage wordt besloten met een discussie en conclusies en aanbevelingen naar aanleiding van de uitgevoerde werkzaamheden.

2 Doelstelling van het onderzoek

2.1 Inleiding

Bij het formuleren van de doelstelling wordt onderscheid gemaakt tussen de doelstelling van het onderzoek en de doelstelling van het monitoringssysteem. Bij deze laatste kan ook weer onderscheid gemaakt worden tussen de algemene doelstelling van het monitoringssysteem en daarvan afgeleide doelstellingen. Deze laatsten hebben betrekking op de diverse onderdelen van het monitoringssysteem, bijvoorbeeld het monitoren van zettingsprocessen of de geohydrologische situatie. In dit hoofdstuk worden voor alle onderscheiden niveaus doelstellingen geformuleerd.

2.2 Doelstelling van het onderzoek

De doelstelling van het onderzoek is om te komen tot een procedure waarmee in principe voor iedere IBC-stortplaats een monitoringssysteem kan worden opgesteld, aangepast of geoptimaliseerd. De concept-richtlijnen dienen toepasbaar te zijn voor vrijwel alle typen stortplaatsen en moeten resulteren in een effectief en efficiënt monitoringssysteem, dat in staat is eventuele risico's adequaat te signaleren. Dat wil zeggen dat met behulp van de concept-richtlijnen het mogelijk moet zijn om continue en flexibel op de actuele situatie en eventuele toekomstige veranderingen in te spelen.

De concept-richtlijnen moeten enerzijds praktisch bruikbaar zijn bij het ontwerp van een monitoringssysteem en anderzijds dienen als basis voor het overleg met de overheid om te komen tot protocollen voor monitoring van IBC-stortplaatsen.

2.3 Doelstelling van monitoring bij stortplaatsen

2.3.1 Algemene doelstelling

Bij het formuleren van de algemene doelstelling van het monitoren van een IBC-stortplaats moet een keuze worden gemaakt of het monitoringssysteem gericht moet zijn op het controleren van de effectiviteit van de IBC-maatregelen of op het voorkomen van een (verdere) aantasting van de milieukwaliteit in de directe omgeving van de stortplaats. Aangezien het controleren van de effectiviteit van de IBC-voorzieningen plaats vindt buiten het stortlichaam is impliciet ook sprake van een controle op het voorkomen van een aantasting van de milieukwaliteit in de directe omgeving van de stortplaats. Op grond van die overweging is de onderstaande doelstelling voor monitoringssystemen van stortplaatsen geformuleerd:

- 'het monitoringssysteem moet in staat zijn om het falen van IBC-voorzieningen te signaleren voordat verontreinigingen de grens overschrijden waarbuiten de verspreiding daarvan niet meer beheersbaar is'.

Hierbij is het van belang zich te realiseren dat het monitoringssysteem niet is bedoeld om een onacceptabele toename van verontreinigende componenten vast te stellen, maar dat het fungeert als een early warning/signaleringssysteem van eventueel falen van de voorzieningen. Het monitoringssysteem geeft een signaal op het moment dat verspreiding wordt vastgesteld. De trefkans van het monitoringssysteem is om die reden vastgesteld op 100 %.

2.3.2 Afgeleide doelstellingen

Afgeleide doelstellingen hebben betrekking op specifieke onderdelen van het monitoringssysteem. Welke onderdelen deel uitmaken van het monitoringssysteem en hoe deze uitgevoerd zijn, wordt bepaald door de algemene doelstelling van het monitoringssysteem en de specifieke kenmerken van een stortplaats. Enkele voorbeelden van afgeleide doelstellingen en de daarbij behorende acties zijn:

1. 'het tijdig signaleren van veranderingen in de geohydrologische situatie'. Om aan deze doelstelling te voldoen kunnen periodiek stijghoogten worden bepaald;

2. 'het verkrijgen van inzicht in het voorkomen van ongelijkmatige zetting, teneinde een ongelijkmatige belasting van de onderafdichting te voorkomen'. Aan deze doelstelling wordt voldaan door middel van het periodiek meten van de zakbakens;

3. 'het verkrijgen van inzicht in de ontwikkeling van de kwaliteit en samenstelling van het percolaat'. Door middel van het periodiek bemonsteren en analyseren van het verzamel- en afvoersysteem van het percolaatwater wordt aan deze doelstelling voldaan.

De afgeleide doelstellingen zijn niet van belang voor het ontwerp van de conceptrichtlijnen. Het formuleren van afgeleide doelstellingen valt daarom ook buiten het kader van onderhavige studie.

3 Algemene aspecten van grondwatermonitoring bij stortplaatsen

3.1 Inleiding

Voordat begonnen kan worden met het opstellen van concept-richtlijnen is het noodzakelijk om inzicht te hebben in de kaders binnen welke deze richtlijnen dienen te passen en in de eisen die van overheidswege gesteld kunnen worden. Om deze redenen zijn voorafgaand aan het onderzoek een aantal uitgangspunten geformuleerd. Bij het opstellen van de concept-richtlijnen is hiermee rekening gehouden. In de navolgende paragraaf worden de uitgangspunten nader toegelicht. Daarnaast wordt in § 3.3 een algemene beschrijving van een monitoringssysteem gegeven.

3.2 Uitgangspunten

3.2.1 Controle op functioneren van IBC-voorzieningen

De monitoringsactiviteiten hebben betrekking op controle van het functioneren van drainagesystemen en onder- en bovenafdichtingen. Het accent ligt daardoor op het monitoren van percolaat- en grondwaterkwaliteit buiten de isolerende voorzieningen. Monitoring van gasemissies wordt alleen meegenomen indien dit een indicatie kan geven over het functioneren van de bovenafdichting. Het goed functioneren van de aangebrachte IBC-voorzieningen is de basis, voor het handhaven van een goede milieukwaliteit rondom een stortplaats. De IBC-voorzieningen voorkomen immers dat percolaatwater, dat haast per definitie verontreinigd is, in de bodem terecht komt en daarmee de milieukwaliteit aantast. Het falen van IBC-voorzieningen kan op twee manieren geconstateerd worden, namelijk:

1. via het aanbrengen van lekkagesignaleringssystemen. Deze systemen maken gebruik van sensoren. Sensoren zijn meetinstrumenten die gevoelig zijn voor een bepaalde stof (of stofgroep) en een signaal afgeven dat een maat is voor de concentratie van de stof(groep);
2. door middel van monitoren van stoffen die representatief zijn voor de samenstelling van het percolaat in de verzadigde zone.

De beperkingen van het aanbrengen van lekkagesignaleringssystemen zijn:

- de sensoren zijn in het algemeen niet stofspecifiek;
- de detectielimieten zijn hoog;
- de ruis is groot;
- de meeste vormen van sensoren zijn nog in een ontwikkelingsstadium.

Voordelen van het gebruik van lekkagesignaleringssystemen zijn:

- mogelijkheid tot (semi)-continue metingen;
- mogelijkheid tot gegevensverwerking op afstand (on line);

- beter inzicht in de plaats waar de lekkage zich bevindt;
- toepassing op meetpunten die met andere apparatuur niet of met grote moeite te bereiken zijn. Dit geldt in principe alleen voor nieuw in te richten stortplaatsen.

De beperkingen van het monitoren van de verzadigde zone zijn:

- het aantonen van verontreinigingen wordt bemoeilijkt door verdunningsverschijnselen;
- indien een verontreiniging wordt gesignaleerd is de plaats van de lekkage meestal nog niet bekend.

De voordelen van het monitoren van de verzadigde zone zijn:

- de aanpak is zowel geschikt voor nieuw in te richten stortplaatsen als voor bestaande;
- direct wordt duidelijkheid gegeven of de verontreinigingen de omgeving (= de verzadigde zone) al hebben bereikt.

Het voordeel van het gebruik van lekkagedetectiesystemen ten aanzien van het verkrijgen van inzicht in de exacte lokatie van de lekkage wordt voor een deel tenietgedaan door het feit dat de voorzieningen, met name de onder- en zijafdichting, moeilijk of niet te herstellen zijn. In een dergelijk geval zal alsnog overgegaan moeten worden tot monitoring van het grondwater om na te gaan of en zo ja wanneer de verontreiniging door middel van geohydrologische technieken gesaneerd of beheerst moet worden.

Hoewel het de voorkeur heeft om (semi-)continue metingen te verrichten en daarnaast ook snel inzicht te kunnen krijgen in de positie van de lekkage zijn de nadelen verbonden aan het gebruik van lekkagesignaleringssystemen van dien aard, dat op dit moment toepassing nog niet haalbaar is. Dit is de reden dat het gebruik van sensoren voor de monitoring van stortplaatsen in deze studie niet verder uitgewerkt wordt. Wel wordt opgemerkt dat, indien in de toekomst de toepasbaarheid van sensoren verbetert, het gebruik een zinvolle (aanvullende) optie is voor het monitoringssysteem van een stortplaats. Op grond van het bovenstaande is, als uitgangspunt voor het onderzoek, gekozen voor monitoring van de percolaat- en grondwaterkwaliteit.

3.2.2 Stortplaatsen waarvoor richtlijnen van toepassing zijn

De concept-richtlijnen worden opgesteld voor zowel stortplaatsen die zijn voorzien van IBC-maatregelen als stortplaatsen waar dergelijke maatregelen geheel of gedeeltelijk ontbreken. Onder stortplaatsen met IBC-maatregelen worden stortplaatsen verstaan die minimaal voldoen aan de richtlijn gecontroleerd storten uit 1985 (VROM, 1985), waarin een enkelvoudige onderafdichting wordt voorgeschreven.

3.2.3 Bron- of omgevingsgericht

In § 2.3.1 is voor de doelstelling van een monitoringssysteem aangegeven dat het monitoringssysteem in staat moet zijn het falen van IBC-voorzieningen te signaleren voordat verontreinigingen de grens overschrijden waarbuiten de verspreiding daarvan niet meer beheersbaar is. Monitoring van het falen van een IBC-voorzieningen kan omschreven worden als brongerichte monitoring. Monitoring van de aantasting van de milieukwaliteit in de directe omgeving van de stortplaats als omgevingsgericht. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de voor- en nadelen van bron- en omgevingsgericht monitoren en de keuze die in het kader van deze studie is gemaakt.

Brongerichte monitoring

Brongerichte monitoring is onafhankelijk van het gebruik van de omgeving. De trefkans wordt voornamelijk bepaald door de faalkans en de potentiële emissie uit de stortplaats. Omdat bij een brongerichte aanpak geen verontreiniging in de omgeving van de stortplaats geaccepteerd wordt, is de detectietijd een belangrijke factor bij een brongericht monitoringssysteem. Wordt de detectietijd te kort gekozen dan zal alsnog een deel van de verzadigde zone verontreinigd worden.

Omgevingsgerichte monitoring

Bij een omgevingsgericht monitoringssysteem kan de gevoeligheid van de omgeving voor verontreinigingen de trefkans van het systeem mede bepalen. Naarmate de omgeving gevoeliger is voor verontreinigingen zal een hogere trefkans geëist worden. Verwacht wordt dat het bevoegd gezag niet akkoord zal gaan met het betrekken van de gevoeligheid van de omgeving bij het ontwerp van een monitoringssysteem. Het uitgangspunt van het beleid is namelijk dat geen beïnvloeding van de milieukwaliteit van de omgeving mag plaatsvinden en niet dat een eventuele verontreiniging een bepaald risico voor de omgeving mag vormen.

In plaats van de omgeving als bepalende factor te kiezen kan analoog aan de Richtlijnen voor baggerspeciestortplaatsen (SDU, 1993) gekozen worden voor een toelaatbare emissie of flux (in g/ha.jr.). De in de richtlijnen gepresenteerde fluxen voor diverse parameters zijn een kwantitatieve invulling van een emissie, die leidt tot een zeer geringe beïnvloeding van het milieu in de directe omgeving van de baggerspeciestortplaats.

In de praktijk is ook bij stortplaatsen een zekere flux van water door de afdichtings-constructies onvermijdelijk. Alleen bij de C2-deponie zou sprake moeten zijn van een nulemissie. Op grond hiervan is een met de Richtlijnen voor baggerspecie-stortplaatsen vergelijkbare aanpak voor stortplaatsen mogelijk. Met dit verschil dat niet per stof een toelaatbare emissie wordt vastgesteld, maar dat geaccepteerd wordt dat de verontreiniging pas op een vooraf vastgestelde afstand van de stortplaats wordt gedetecteerd. Deze afstand dient zo gekozen te worden dat indien verontreinigingen in de monitoringspunten gedetecteerd worden, de verontreinigingen binnen deze tijdelijk verontreinigde zone of controlezone door middel van geohydrologische technieken te beheersen of te saneren is. Door een

juiste keuze van de signaalwaarde, in combinatie met inzicht in het verspreidingsgedrag van de verontreinigingen kan een concentratieniveau in de controlezone bereikt worden dat geen milieuhygiënische risico's voor de omgeving met zich meebrengt. In figuur 1 is de controlezone schematisch weergegeven. De trefkans voor een omgevingsgericht systeem wordt naast de faalkans en de potentiële emissie uit de stortplaats nu ook bepaald door de mate waarin de controlezone geohydrologisch te saneren of te beheersen is.

Het voordeel van het instellen van een omgevingsgericht monitoringssysteem, in de vorm van een controlezone, is dat voor een vergelijkbaar milieuhygiënisch resultaat een minder intensief monitoringssysteem noodzakelijk is. Gezien het feit dat in de Richtlijnen voor Baggerspeciestortplaatsen een toelaatbare emissie wordt geïntroduceerd en dat de provincie Zuid-Holland voor de vuilstort Coupépolder te Alphen aan de Rijn heeft ingestemd met een controlezone, zou ook voor IBC-stortplaatsen het uitgangspunt bespreekbaar moeten zijn met het bevoegd gezag.

Brongericht of omgevingsgericht?

Een brongericht monitoringssysteem met een korte detectietijd is alleen haalbaar met een zeer dicht netwerk van monitoringspunten in combinatie met een hoge bemonsteringsfrequentie. Dit is, zeker voor grote stortplaatsen, financieel een onhaalbare zaak. Veelal zal ook bij brongerichte monitoring een gedeeltelijke verontreiniging van de verzadigde zone geaccepteerd worden. Vanuit dat oogpunt is sprake van een glijdende schaal tussen een bron- en een omgevingsgericht monitoringssysteem. Waar houdt bij een brongericht systeem de verontreinigde zone op en waar begint de controlezone van het omgevingsgerichte systeem? Omdat geen duidelijke scheiding is aan te brengen tussen een bron- en een omgevingsgericht systeem wordt in het kader van deze notitie verder gesproken van een brongericht monitoringssysteem, met de meetpunten op enige afstand.

3.2.4 Vaststellen trefkans

Verontreinigingen dienen met een zo hoog mogelijke trefkans te worden gesignaleerd. In theorie worden alleen met een trefkans van 100 % alle verontreinigingen gesignaleerd. Indien gekozen wordt voor een trefkans lager dan 100 %, bestaat de kans dat een deel van de verontreiniging onopgemerkt de grens overschrijdt waarbuiten verontreinigingen niet meer beheersbaar zijn, hetgeen in tegenspraak is met de doelstelling van het monitoringssysteem (zie § 2.1). Om deze reden is gekozen voor een optimalisatieprocedure voor het ontwerp van een monitoringssysteem op basis van de lokatie van de monitoringspunten en de frequentie van bemonstering (zie ook § 4.5 en 4.6). Uitgangspunt hierbij is een vaste trefkans van 100 %.

3.2.5 Inpassen concept-richtlijnen in grond(water)beleid (provinciale) overheid

De concept-richtlijnen dienen te passen in het grond- en grondwaterbeleid van de (provinciale) overheid. Het kader van de regels voor monitoring wordt gevormd

door de Wet bodembescherming en het Stortbesluit bodembescherming. Het uitgangspunt is om de te ontwikkelen concept-richtlijnen in te passen binnen hetgeen in de kaderwet en het Stortbesluit is aangegeven. Op enkele punten is het echter mogelijk dat onderdelen van de concept-richtlijnen af zullen wijken van de eisen zoals geformuleerd in het Stortbesluit. Hiervoor is gekozen, omdat op deze wijze een beter onderbouwd en consistent verhaal opgesteld kan worden dan in het geval krampachtig aan het algemene beleidskader wordt vastgehouden.

In bijlage I is een brede inventarisatie van de bestaande regelgeving met betrekking tot monitoring opgenomen. De belangrijkste conclusies van deze inventarisatie worden hieronder gegeven.

- Het kader van de regels van het monitoringsonderzoek wordt gevormd door de Wet bodembescherming en het Stortbesluit bodembescherming. Dit kader wordt ingevuld door verschillende richtlijnen. Deze richtlijnen geven geen inhoud aan en onderbouwing van een aantal relevante monitoringsaspecten. Voorgesteld wordt om voor de in de studie op te stellen concept-richtlijnen voor monitoring in te steken op het niveau van de bestaande richtlijnen, zoals Richtlijnen voor dichte eindafwerking op afval en reststoffenbergingen (RDE), Richtlijn drainagesystemen en controlesystemen grondwater voor stort- en opslagplaatsen (RDC) en Richtlijn onderafdichtingsconstructies voor stort- en opslagplaatsen (ROC) met een toetsing aan het wettelijk kader (de Wet bodembescherming, Stortbesluit bodembescherming en Uitvoeringsregeling Stortbesluit);

- In de andere bedrijfstakken of bij het bevoegd gezag staat de ontwikkeling van richtlijnen voor monitoring nog op een laag pitje. In de meeste gevallen is slechts sprake van een kwalitatieve omschrijving van het monitorings-programma. Het monitoringsprogramma wordt veelal door een adviesbureau kwantitatief ingevuld, waarna het bevoegd gezag daaraan zijn goedkeuring geeft.

3.2.6 Vaststellen omvang van een emissie

Indien de aanwezige IBC-voorzieningen onverhoopt falen zal een deel van het percolaat in de bodem terechtkomen. De omvang van deze emissie is van belang voor het vaststellen van de ligging van de monitoringspunten in relatie tot de omvang van de controlezone, met name ten aanzien van het inschatten van de beheersbaarheid van de verontreiniging. De emissie wordt uitgedrukt in kg/dag en wordt berekend door middel van vermenigvuldiging van de gemiddelde concentratie van een verbinding in het percolaat (kg/m^3) met het gemiddelde debiet van het percolaat dat in de verzadigde zone terechtkomt (in m^3/dag).

3.3 Algemene beschrijving monitoringssysteem

3.3.1 Lay-out monitoringssysteem

De basis voor het monitoringssysteem is de controlezone. Dit is de zone waarbinnen verontreinigingen aanwezig kunnen zijn. Verspreiding daarbuiten wordt niet toegestaan. De controlezone bestaat uit een monitoringszone en een interventiezone (zie ook figuur 1). In de monitoringszone wordt een beïnvloeding geconstateerd. Nadat een beïnvloeding is geconstateerd, is vaak enige tijd nodig voordat feitelijk maatregelen worden getroffen. De verspreiding die optreedt in deze periode, wordt opgevangen in de interventiezone. De grootte van deze zones is afhankelijk van de beschikbare ruimte én de tijd (na detectie) die benodigd wordt geacht voor het treffen van maatregelen. Het monitoringssysteem van het grondwater bestaat uit twee hoofdonderdelen met verschillende functies:

1. de bovenstroomse referentiepunten, bedoeld voor het bepalen van fluctuaties in de achtergrondconcentraties;
2. het benedenstroomse signaleringssysteem, bedoeld om een ongewilde beïnvloeding van de grondwaterkwaliteit door het percolaat vast te stellen.

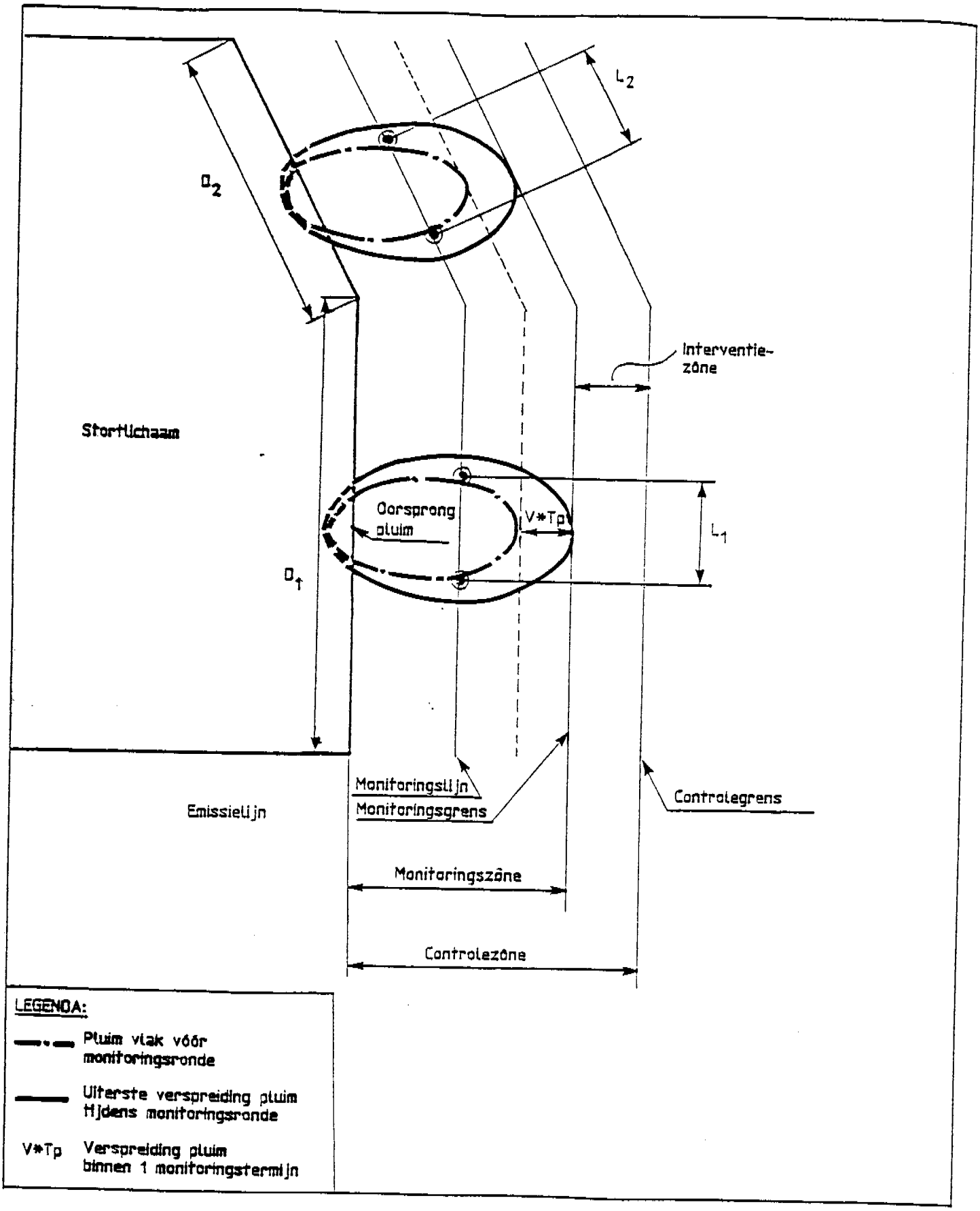
Het bovenstroomse deel van het netwerk dient als referentiekader voor de benedenstroomse metingen. In deze peilbuizen worden de achtergrondwaarden van de te monitoren parameters vastgelegd, evenals de fluctuaties hierin. De bovenstroomse meetpunten geven tevens inzicht in de bijdrage van eventuele bovenstrooms van de stortplaats gelegen, verontreinigingsbronnen. Ten derde kan met behulp van de bovenstroomse meetpunten de geohydrologische situatie worden geverifieerd. Voor de dichtheid van het bovenstroomse netwerk wordt vooralsnog uitgegaan van een onderlinge afstand van circa 100 tot 150 meter (zie ook Christensen et.al., 1991).

De dichtheid van het benedenstroomse monitoringsnetwerk is afhankelijk van de afstand tussen de monitoringslijn en de oorsprong en afmetingen van de verontreinigingspluim. Tussen de peilbuizen zoals aangegeven in figuur 1 ligt een afstand van exact een pluimbreedte. Bij een trefkans van 100 % is de dichtheid van het monitoringsnetwerk daarom direct gerelateerd aan de ligging van de monitoringslijn. De omvang en de vorm van de verontreinigingspluim is dus bepalend voor de dichtheid van het monitoringsnetwerk. Binnen het monitoringssysteem zijn de volgende, fysieke elementen te onderscheiden:

- de referentiemeetpunten:
  ter bepaling van de fluctuaties in de achtergrondconcentraties;

- de emissielijn:
  het startpunt van de verontreinigingspluimen bevindt zich op deze lijn. In de praktijk is dit veelal de begrenzing van de stortplaats;

- de monitoringslijn:
  op deze lijn bevinden zich de monitoringselementen, de peilbuizen. De lijn van peilbuizen is het monitoringsnetwerk;



Figuur 1 Zonering en basiselementen monitoringssysteem

- de monitoringsgrens:
  dit is de uiterste grens tot waar de verontreiniging zich kan verplaatsen alvorens hij wordt gedetecteerd;

- de monitoringszone:
  de zone tussen stortplaats en monitoringsgrens;

- de interventiezone:
  een zone buiten de monitoringszone, die noodzakelijk wordt geacht om verspreiding 'op te vangen' in de periode na detectie, en voordat eventuele maatregelen worden getroffen;

- de controlezone:
  de controlezone bestaat uit de monitorings- en de interventiezone. Binnen de controlezone is het gehele monitoringssysteem aanwezig. De gehele zone kan worden gebruikt voor het controleren en beheersen van de verontreiniging.

In schema 1 is de benedenstroomse zijde van een stortplaats weergegeven, met daarbij de zonering en de basiselementen van een monitoringssysteem. In deze figuur zijn tevens een pluim vlak voor detectie en een pluim exact een monitoringsperiode later aangegeven. De kop van deze laatste pluim is de uiterste verbreidingsgrens voor detectie.

3.3.2 Stabiele verontreinigingspluimen en controlezone

De gepresenteerde systematiek is gebaseerd op het uitgangspunt dat verontreinigingen binnen een vooraf gedefinieerde zone beheersbaar blijven. De keuze van een brede monitoringszone leidt niet alleen tot een trefzekerder systeem (de pluim wordt breder), maar biedt ook meer openingen voor tijdige reactie én het instellen van een stabiele situatie. Indien sprake is van een geringe lek vanuit de stort dan kan niet worden uitgesloten dat een stabiele verontreinigingsvlek ontstaat die zich als gevolg van verdunning afbraakprocessen/chemische complexatie niet meer zal verplaatsen. Deze praktijk blijkt uit onderzoek bij gesloten stortplaatsen en wordt ondersteund door de literatuur (Boels et.al., 1993 en Christensen et.al., 1991). Om te voorkomen dat (te) snel saneringsmaatregelen worden getroffen en om te stimuleren dat een kosteneffectief monitoringssysteem wordt aangelegd, wordt de keuze van een brede monitoringszone gepropageerd: 50 - 100 meter (Christensen et.al., 1991). In de praktijk is dit vanwege de lokatiekeuze van de nog in bedrijf zijnde stortplaatsen een haalbare zaak (zie ook hoofdstuk 4).

Ten gevolge van het onvoorspelbare karakter van de werkelijk optredende lekstroom, de bodemheterogeniteit en de dynamiek van de grondwaterstroming is het modelmatig voorspellen van de verspreiding altijd onzeker. Of werkelijk sprake is van een stabiele verontreinigingscontour of een toelaatbare situatie moet daarom vooral in de praktijk blijken. Voor de onderbouwing van de introductie van het

begrip controlezone kan worden verwezen naar het beleidsveld van de baggerspeciestortplaatsen. Bij baggerspeciestortplaatsen is sprake van een toelaatbaar beïnvloed gebied. Dit toelaatbaar beïnvloed gebied (na 10.000 jaar) ligt in de ordegrootte van de inhoud van de stortplaats zelf (Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, 1993).

4 Ontwerpprocedure

4.1 Inleiding

Het ontwerp van een monitoringssysteem wordt in hoofdzaak bepaald door:

- de lokatie en het aantal meetpunten;
- de meetfrequentie;
- de te analyseren parameters.

Deze drie aspecten kunnen niet los van elkaar worden beschouwd. In deze studie wordt een procedure geboden om ze onderling te optimaliseren en te komen tot een betrouwbaar, acceptabel en betaalbaar monitoringssysteem voor IBC-stortplaatsen. Voor de uiteindelijke vaststelling van het netwerk en de monitoringsfrequentie moet enig vooronderzoek worden uitgevoerd. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de onderbouwing van dit vooronderzoek en de daarbijbehorende activiteiten. In schema 1 zijn deze activiteiten aangegeven. Schema 1 vormt de basis van de ontwerpprocedure voor monitoringssystemen bij stortplaatsen.

4.2 Bepalen omvang controlezone

De eerste activiteit van het beslismodel voor het ontwerp van een monitoringssysteem is het vaststellen van de omvang van de controlezone (c). De omvang van de controlezone is het meest bepalend voor de lay-out van het monitoringssysteem. De omvang van de controlezone wordt bepaald door lokatiespecifieke randvoorwaarden. In totaal worden vier groepen van randvoorwaarden onderscheiden, namelijk:

- randvoorwaarden omgeving;
- technische randvoorwaarden;
- juridisch en beleidsmatige randvoorwaarden;
- milieuhygiënische en financiële randvoorwaarden.

In bijlage II wordt ingegaan op de betekenis van deze randvoorwaarden.

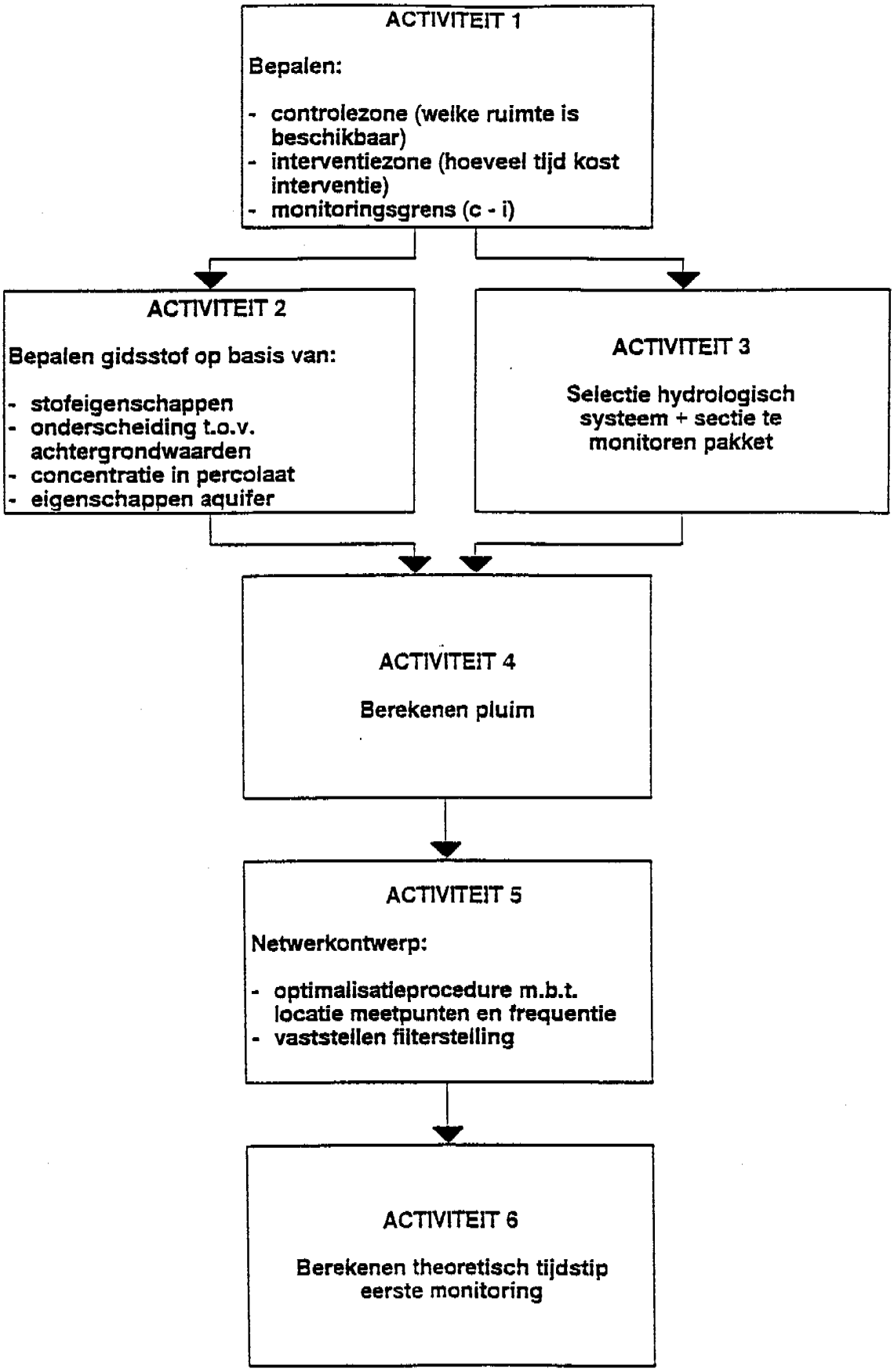
De controlezone (c) is onder te verdelen in een interventiezone (i) en een monitoringszone (m). De omvang van de interventiezone wordt bepaald door de, van tevoren vastgestelde, reactietijd[1] na het signaleren van een verontreiniging en de verspreidingssnelheid[2] van verontreiniging. De omvang van de monitoringszone is als gevolg daarvan gelijk aan:

$$m = c - i$$

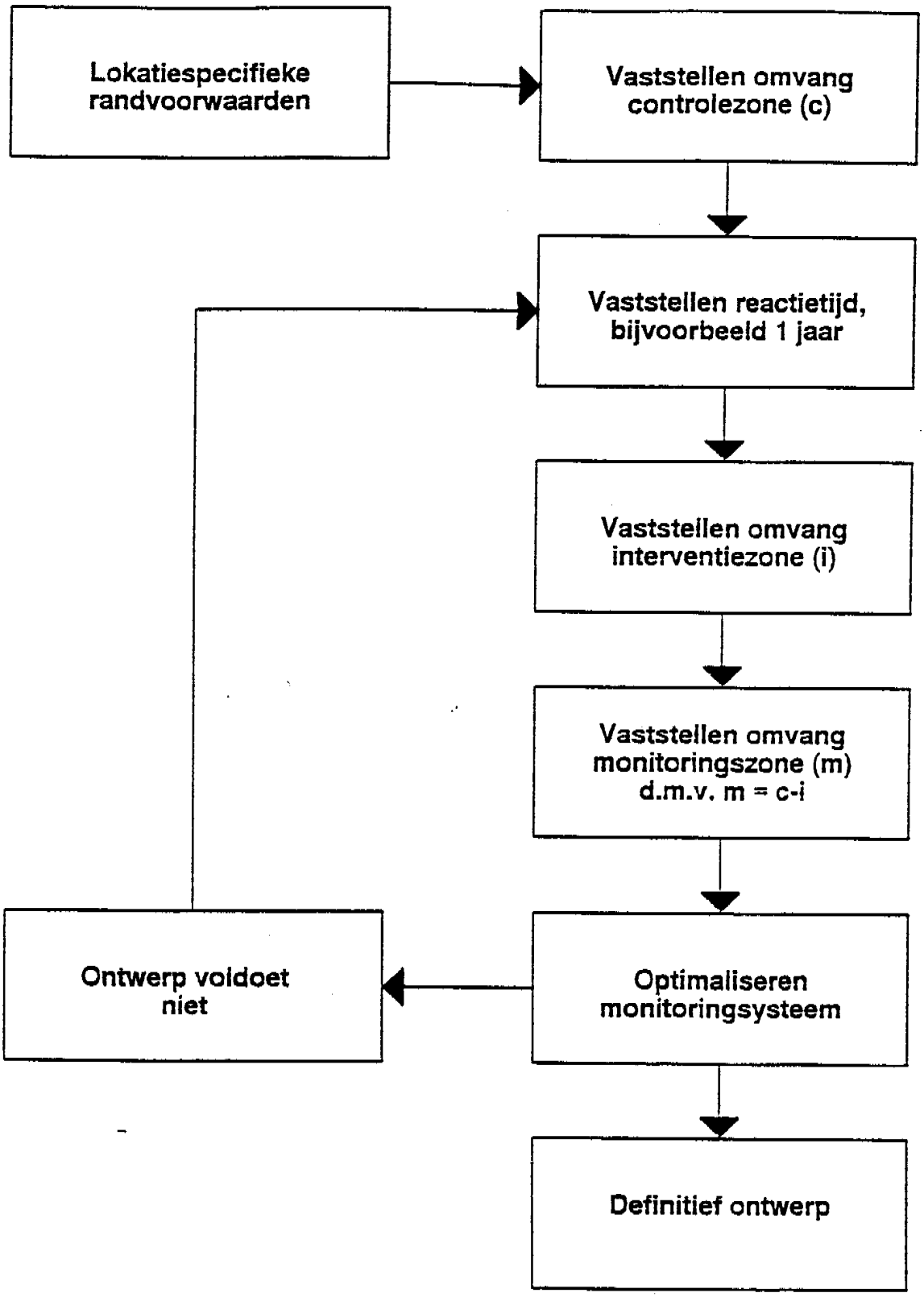
---

[1] De reactietijd is de tijd tussen het signaleren van de verontreiniging en het tijdstip dat saneringsof beheersingsmaatregelen operationeel zijn.

[2] Voor het vaststellen van de verspreidingssnelheid wordt uitgegaan van de meest conservatieve stof.



Schema 1 Ontwerp-procedure monitoringssysteem



Schema 2 Samenhang tussen controle-, interventie- en monitoringszone

Binnen de monitoringszone vindt optimalisatie plaats door middel van het variëren van de afstand tussen monitoringslijn en eventueel de monitoringsgrens. Aangezien de omvang van de controlezone een van te voren vastgesteld gegeven is (zie hieronder) kan de ligging van de monitoringsgrens ten opzichte van de stortplaats alleen toenemen indien de omvang van de interventiezone verkleind wordt. Dit kan alleen door in het beslismodel een kortere reactietijd vast te leggen. De reactietijd moet echter wel reëel blijven. In schema 2 staat de samenhang tussen het vaststellen van de drie onderscheiden zones schematisch weergegeven.

Uit de bespreking van de randvoorwaarden in bijlage II blijkt dat de lokatiespecifieke eigenschappen een belangrijke rol spelen bij het vaststellen van de omvang van de controlezone. Daarbij komt dat het oplossen van de ene randvoorwaarde vaak gevolgen heeft voor een andere randvoorwaarde. Om een cirkelredenering te voorkomen wordt voorgesteld om uit te gaan van een vaste omvang van de controlezone. Gedacht kan worden aan bijvoorbeeld 50 meter, afhankelijk van de geohydrologische situatie. Indien een stortplaatsexploitant zich niet kan vinden in de vooraf vastgelegde omvang kan, rekening houdend met het bovenstaande, een andere omvang van de controlezone vastgesteld worden. In schema 3 staat de procedure voor het bepalen van de omvang van de controlezone samengevat.

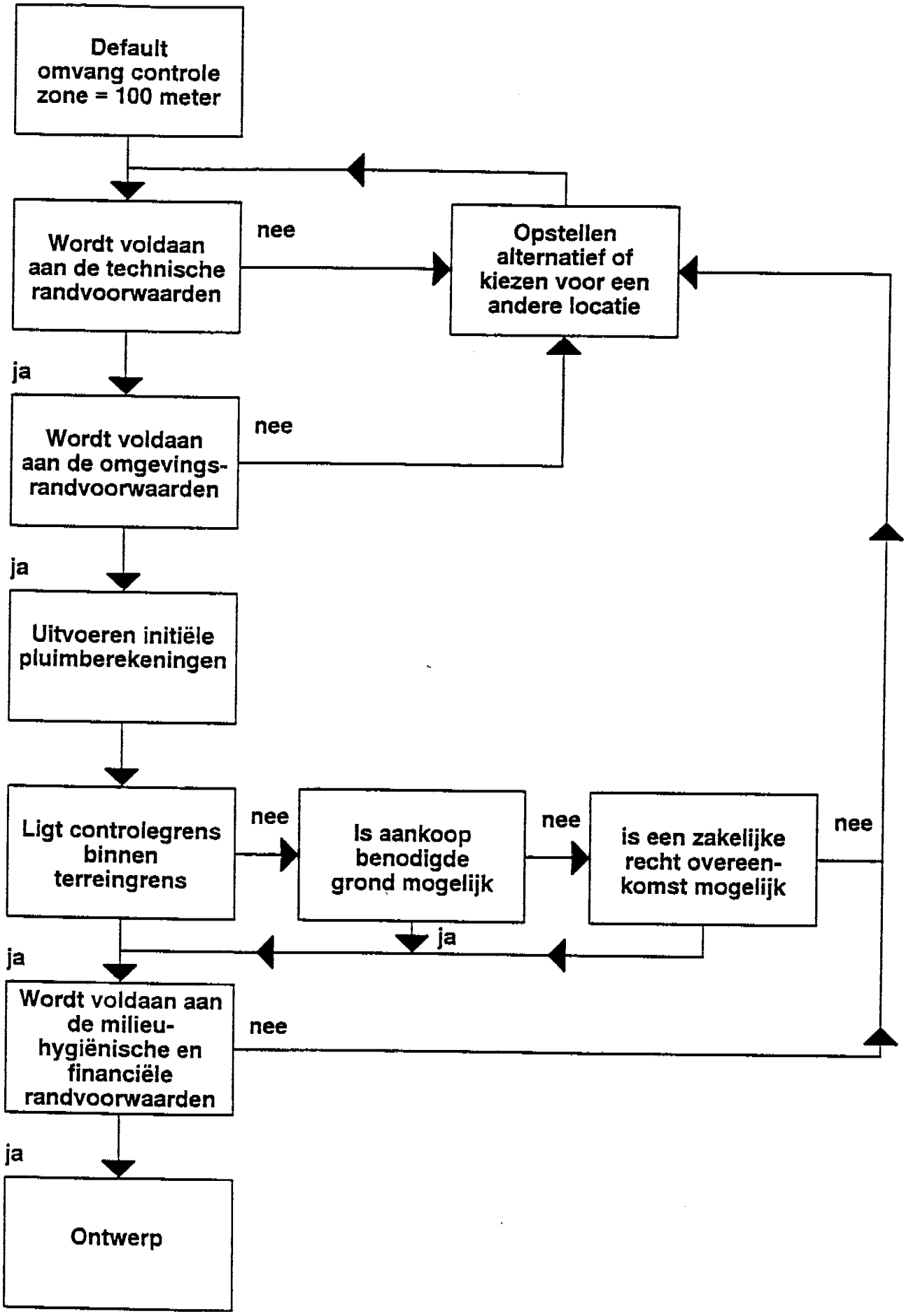
4.3 Vaststellen signaalwaarden en gidsstoffen

4.3.1 Signaalwaarde

De signaalwaarde is de referentiewaarde, waarmee de meetwaarden van het monitoringssysteem worden vergeleken, met als doel het kunnen vaststellen of sprake is van een beïnvloeding van de grondwaterkwaliteit ten gevolge van de stortplaats. Om tot de keuze van een signaalwaarde te komen is het noodzakelijk deze te koppelen aan het doel van het monitoringssysteem, namelijk het zo snel mogelijk detecteren van een aantasting van de milieukwaliteit in de omgeving van de stortplaats. Om deze reden wordt voor het vaststellen van de signaalwaarde niet uitgegaan van de interventiewaarden uit de Wet bodembescherming. Deze gaan namelijk uit van risico's en niet van het zo snel mogelijk waarnemen van veranderingen in de milieukwaliteit. Om hieraan te voldoen dienen de signaalwaarden van de te monitoren parameters zo laag mogelijk te zijn. Het zonder meer uitgaan van de technische haalbare detectiegrens voldoet echter niet. Behalve de detectiegrens spelen de ruis als gevolg van monstername en de van nature aanwezige fluctuaties eveneens een belangrijke rol bij het vaststellen van de signaalwaarde. De drie factoren die tezamen de signaalwaarde bepalen worden hieronder besproken.

Detectiegrens

Voor het vaststellen van de detectiegrenzen van de diverse parameters dient te worden aangesloten bij de bestaande NNI-normen. De in deze voorschriften genoemde detectiegrenzen kunnen worden beschouwd als technisch haalbaar. Voor de signaalwaarde wordt alleen dan uitgegaan van de detectiegrens indien de achtergrondwaarde in het gebied kleiner of gelijk is aan de detectiegrens. Indien



Schema 3 Ontwerpprocedure voor vaststellen omvang controlezone

deze gelijk is aan de detectiegrens dient rekening te worden gehouden met de fluctuaties in de concentratieniveaus (zie hierna).

Ruis ten gevolge van monstername

Elk meetresultaat zal in meer of mindere mate zijn beïnvloed door de monsterneming. De mate waarin beïnvloeding optreedt, is afhankelijk van de eigenschappen van de stof. Vluchtige stoffen zijn bijvoorbeeld zeer gevoelig voor beïnvloeding. Van belang is een gestandaardiseerde en gevalideerde monsternemingsprocedure, zodat de optredende ruis wordt beperkt en de herhaalbaarheid van de metingen wordt vergroot. Verder zal moeten worden bepaald met welke ranges in de praktijk rekening moet worden gehouden, afhankelijk van een aantal parameters.

In de definitieve procedure zal aandacht moeten worden besteed aan de wijze van monsterneming. Indien deze standaard conform relevante NNI-normen worden uitgevoerd binnen een procedureel kwaliteitsborgingssysteem wordt de herhaalbaarheid van de metingen vergroot. In bijlage V wordt kort ingegaan op de geldende normen voor monstername en analyse.

Fluctuaties in de achtergrondwaarden

Een methode om vast te stellen of een aangetroffen concentratie is toe te schrijven aan uittredend percolaat, is het vergelijken van meetgegevens van referentie-meetpunten. Wanneer deze afwijkend zijn ten opzichte van elkaar, kan sprake zijn van het falen van de voorzieningen. In de huidige praktijk wordt voor de referentiemeetpunten gebruik gemaakt van bovenstroomse meetpunten. Uit praktijkonderzoek en uit de literatuur (IWACO, 1993b; Christensen et.al., 1991; Van Ommen, 1991) is bekend dat zowel in de ruimte als in de tijd grote variaties in de concentraties kunnen optreden. Hoe meer waarnemingen van een meetpunt beschikbaar zijn hoe beter een uitspraak kan worden gedaan over de waarde van een bepaalde waarneming. Het duurt echter lang voordat een statistisch voldoende aantal waarnemingen is bereikt om boven- en benedenstroomse meet-punten met elkaar te kunnen vergelijken en een uitspraak over het gemiddelde en de standaarddeviatie te kunnen doen. Een aantal van 30 waarnemingen wordt als minimum beschouwd. Gezien het feit dat het monitoringssysteem als een early warning systeem moet fungeren, kan niet worden voorkomen dat het systeem een aantal malen een vals alarm zal geven. Een vals alarm wil zeggen dat een licht verhoogde waarde wordt gezien als een indicatie voor uittredend percolaat, terwijl in werkelijkheid sprake is van een statistische variatie in de meting. Een oplossing voor het zo veel mogelijk voorkomen van een vals alarm is om de beslissing voor het nemen van vervolgacties, bijvoorbeeld voor het uitvoeren van aanvullend onderzoek, te baseren op meer dan één parameter. Indien deze een consequent beeld laten zien is de kans op een vals alarm kleiner. Een andere mogelijkheid is om de signaalwaarde na verloop bij te stellen, rekening houdend met de bekende meetwaarden van de afgelopen periode. Om een eerder inzicht te krijgen in de statische variatie is het aan te bevelen om al tijdens de inrichtingsfase van een stortplaats peilbuizen -zowel boven- als benedenstrooms- te plaatsen en deze meer malen per jaar te monitoren. Op deze wijze wordt binnen een korte periode een gegevensbestand opgebouwd, waarmee bij het vaststellen van de signaalwaarde

rekening kan worden gehouden. De benedenstroomse peilbuizen vormen onderdeel van het in te richten monitoringssysteem.

Ook om andere redenen wordt aanbevolen enkele meetpunten bovenstrooms te plaatsen. Deze punten geven namelijk een beeld van eventueel veranderende omstandigheden -zowel geohydrologisch als milieuhygiënisch- rond de stortplaats.

Procedure voor vaststellen van signaalwaarde

In schema 4 is het beslisschema voor het vaststellen van de signaalwaarde opgenomen. Indien niet bekend is wat de standaarddeviatie in de achtergrondconcentraties is, kan ervan worden uitgegaan, dat de variatie circa 30 - 50 % kan bedragen (Christensen et.al., 1991). Dat wil zeggen dat de signaalwaarde moet worden vastgesteld op de gemiddeld bekende concentratie maal een factor 1,3 - 1,5. Voor de ruis ten gevolge van de monstername wordt aangenomen, dat deze is verdisconteerd in de ruis ten gevolge van de fluctuatie in de achtergrondconcentratie, omdat deze waarden eveneens het gevolg zijn van natuurlijke omstandigheden in combinatie met menselijk handelen tijdens de monstername.

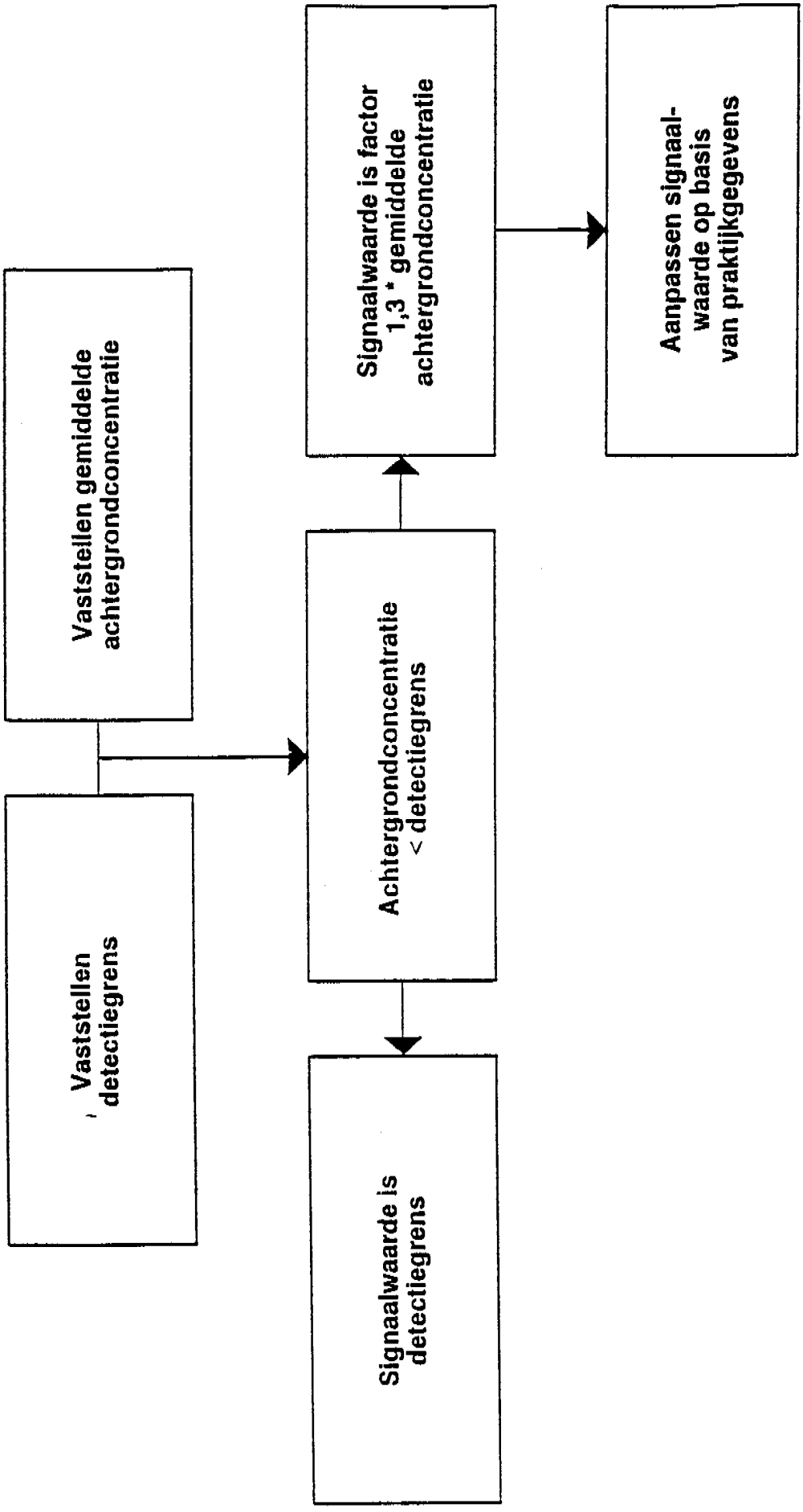
4.3.2 Gidsstoffen

De selectie van de juiste monitoringsparameters is een essentieel onderdeel van het ontwerp van het monitoringssysteem. De parameters moeten zo worden gekozen, dat ten opzichte van de achtergrondwaarde, zo snel mogelijk een verhoogde concentratie wordt waargenomen. Het ligt voor de hand om dan te kiezen voor xenobiotische parameters. Deze stoffen komen van nature in het grondwater niet voor en zijn daarom goed van het achtergrondniveau te onderscheiden. Nadeel van deze stoffen is dat het vaak organische parameters betreft, die onder natuurlijke omstandigheden goed afbreekbaar zijn en relatief veel vertragen ten opzichte van de grondwaterstroming. Dit, in combinatie met de grote verdunningsfactor in het grondwater, maakt dat deze pas bij grote hoeveelheden uittredend percolaat een significante toename van de concentraties laten zien (zie ook hoofdstuk 3).

De parameterselectie is afhankelijk van de onderstaande criteria:

- kenmerkend voor percolaat;
- mobiliteit;
- conservativiteit;
- onderscheidend vermogen ten opzichte van achtergrondconcentratie;
- spreiding in de achtergrondconcentraties.

Ten aanzien van het bovenstaande geldt: hoe kleiner de spreiding in de achtergrondconcentratie, hoe groter het contrast tussen percolaatconcentraties en het grondwater en hoe groter de mobiliteit hoe beter de component geschikt is voor het signaleren van uittredend percolaat.



Schema 4 Ontwerpprocedure vaststellen signaalwaarde

Onderstaand is een voorstel opgenomen voor parameters, die deel kunnen uitmaken van het analysepakket. De geselecteerde parameters zijn eenvoudig en goedkoop te bepalen. De keuze is mede gebaseerd op de literatuurgegevens (Van Ommen, 1990) en de kwaliteitsgegevens van het grondwater bij voormalige stortplaatsen (IWACO 1993b en 1995):

- elektrische geleiding;
- chloride;
- natrium;
- ammonium;
- calcium;
- mangaan;
- barium;
- aromaten.

De definitieve keuze voor het analysepakket is afhankelijk van de samenstelling van het percolaat en de van nature in het grondwater voorkomende parameters.

4.4 Geohydrologisch systeem en monitoren watervoerend pakket

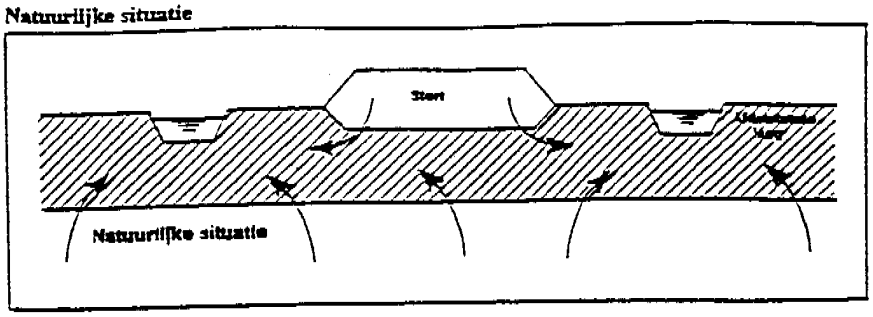
4.4.1 Identificatie watervoerende laag / lagen

De bodemopbouw en de geohydrologie zijn bepalend voor de mate van verspreiding van de potentiële emissies. Verspreiding van verontreiniging kan optreden in verticale en horizontale richting. Bij de inrichting van een monitoringsnetwerk wordt primair gekeken naar horizontale verspreiding buiten de begrenzingen van de stort. De verspreiding in verticale richting is met name van belang als op grotere diepte goed doorlatende lagen aanwezig zijn, waar vervolgens een sterke horizontale verspreiding kan optreden. Bij de inrichting van een monitoringssysteem is het daarom noodzakelijk de watervoerende laag/lagen te identificeren waarin horizontaal grote verspreiding op kan treden. Dit is de laag waar de filters van de meetpunten in geplaatst worden.

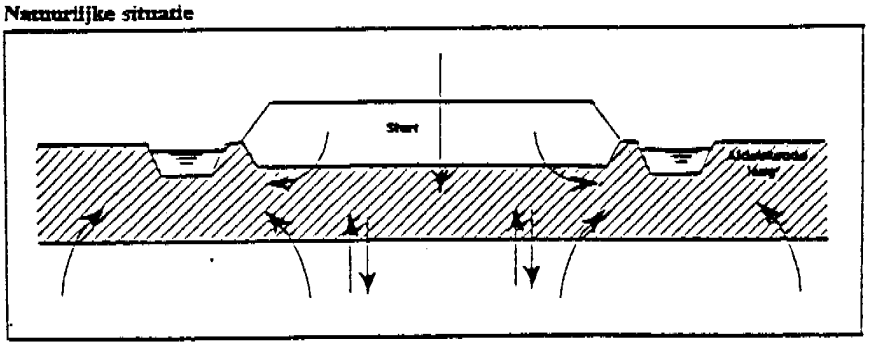
Voor het bepalen van de laag waarin filters moeten worden geplaatst, worden verschillende geohydrologische schematisaties gebruikt. Hiervoor is aangesloten bij de verspreidingskarakteristiek zoals deze is geschematiseerd in het kennisdocument Geohydrologische Isolatie (GEIS) (IWACO, 1994a). Hierin zijn de volgende vijf typen onderscheiden (zie ook figuur):

A kwel in een slecht doorlatende deklaag (absolute kwel, komt weinig voor). Monitoring vindt plaats in de deklaag;
B wisselend kwel en infiltratie in een slecht doorlatende deklaag. Monitoring vindt plaats in het watervoerend pakket onder de deklaag;
C infiltratie in een freatisch watervoerend pakket met een matige gebiedsstroming. Monitoring vindt plaats in het freatisch pakket. Daarnaast dient een stoftransportberekening te worden uitgevoerd om te bepalen of monitoring op grotere diepte nodig is;

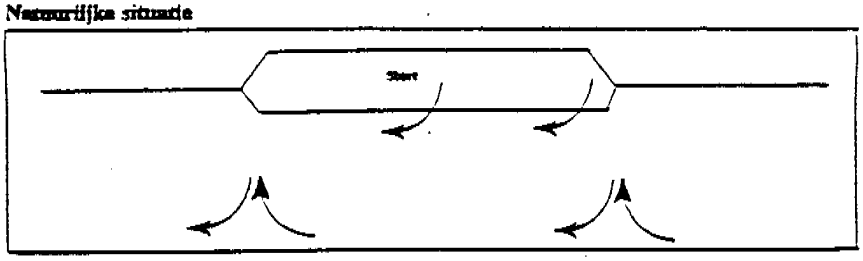
Situatie A: kwel en een deklaag



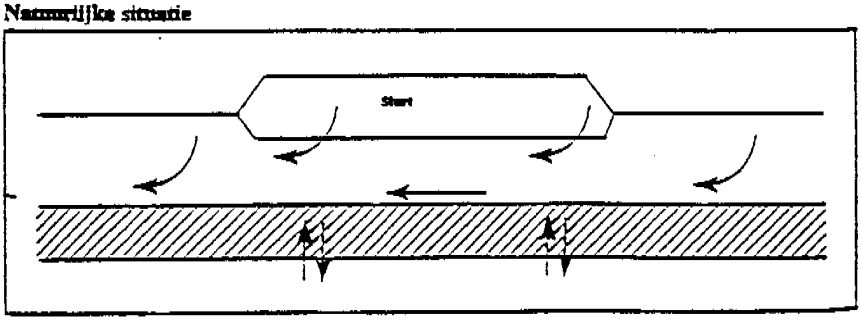
Situatie B: als situatie A met geringe kwel of grote afmetingen



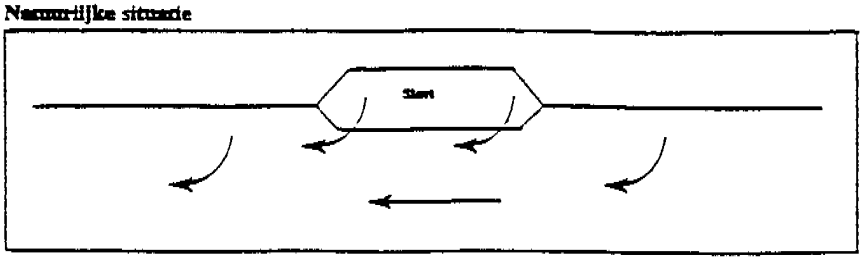
Situatie C: geen deklaag, kwel of infiltratie



Situatie D: scheidende laag op geringe diepte



Situatie E: inzijging en sterke gebiedsstroming



vijf geohydrologische schematisaties

D infiltratie in een watervoerend pakket met een scheidende laag op relatief geringe diepte. Monitoring vindt plaats in het eerste watervoerend pakket. Aan de hand van een stoftransportberekening dient onderzocht te worden of monitoring in het tweede watervoerend pakket zinvol is;

E infiltratie in watervoerend pakket met een sterke gebiedsstroming. Monitoring vindt plaats in het watervoerend pakket. Een stoftransportberekening wordt uitgevoerd voor de bepaling van de verticale filterstelling.

Afgezien van situatie A, en een enkele keer voor B, vindt monitoring plaats in de aangegeven watervoerende laag. In die situaties waar duidelijk sprake is van een slecht doorlatende deklaag onder de stort in combinatie met overwegend kwel, kan soms monitoring plaatsvinden met de controledrainage (zie ook § 6.2).

Overigens kan uit de geohydrologische beschouwing naar voren komen dat meerdere watervoerende lagen moeten worden gemonitoord. Vooral bij situaties C en E kan in de praktijk sprake zijn van afzonderlijk te onderscheiden pakketten. De situatie ter plaatse van stortplaats De Vlagheide (zie hoofdstuk 7) is een voorbeeld van situatie C waar zowel in het freatisch pakket als in het eerste watervoerend pakket verspreiding op kan treden.

In schema 5 is aangegeven op welke wijze de te monitoren laag vastgesteld wordt.

4.4.2 Verticale filterstelling

Bij de bepaling van de verticale filterstelling is het tevens van belang de potentiële verticale verspreiding te beschouwen. Deze is afhankelijk van vier factoren:

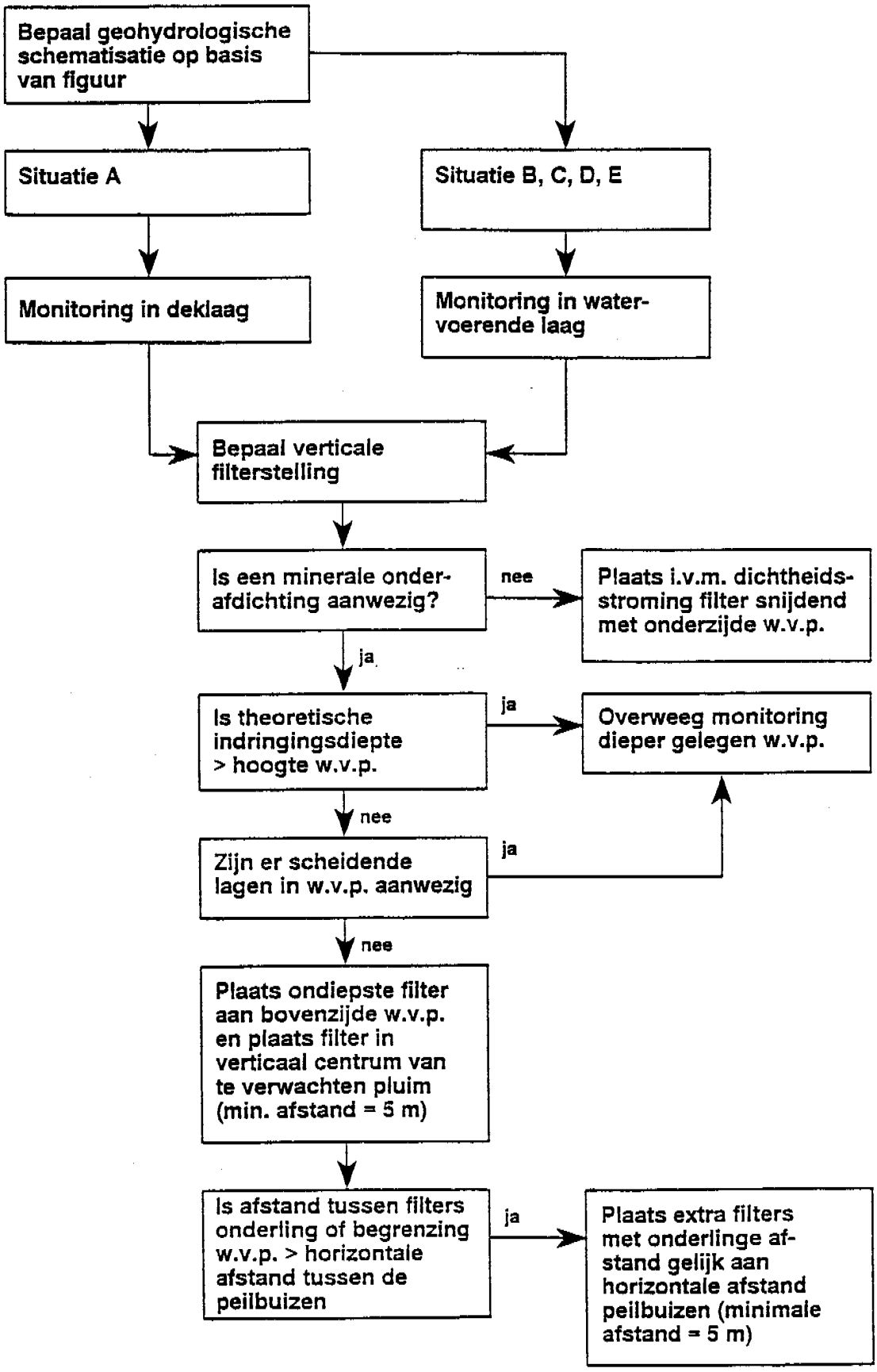
- dichtheidsstroming;
- aanwezigheid van scheidende lagen;
- theoretische indringingsdiepte;
- heterogeniteit.

Dichtheidsstroming

Dichtheidsstroming treedt op als een vloeistof of oplossing (bijvoorbeeld percolaat) een grotere dichtheid bezit dan water en heeft tot gevolg, dat deze vloeistof zich verticaal, onder de invloed van de zwaartekracht, relatief snel verplaatst. Bij stortplaatsen treedt dichtheidsstroming met name op als percolaat redelijk ongehinderd in de bodem kan stromen. Bij stortplaatsen zonder minerale onderafdichting is het daarom noodzaak rekening te houden met het fenomeen dichtheidsstroming. In dat geval moeten peilfilters snijdend met de onderzijde van het watervoerend pakket worden geplaatst, omdat een dergelijke zwaardere vloeistof zich vaak verzamelt op een minder doorlatende laag.

Theoretische indringingsdiepte

Behalve van dichtheidsstroming is de verticale penetratiegraad van verontreiniging afhankelijk van de theoretische indringingsdiepte. Deze indringingsdiepte wordt genoemd door Van Ommen (1990) en betreft de maximale penetratiediepte van een verontreiniging in een watervoerend pakket, veroorzaakt door diffusie,



Schema 5 Selectie geohydrologisch systeem en filterstelling

dispersie en infiltratie. Van belang is of de indringingsdiepte groter is dan de hoogte van het watervoerend pakket. In dat geval moet verspreiding naar diepere lagen worden meegenomen in het ontwerp van het monitoringsnetwerk.

Scheidende lagen

De verticale verspreiding wordt geremd door scheidende lagen. Afhankelijk van de weerstand van deze lagen en de opwaartse of neerwaartse stromingscomponent moet worden bepaald of verspreiding door deze laag mogelijk is, gelet op dichtheidsstroming en de indringingsdiepte.

Heterogeniteit

De verspreiding in de verticaal kan sterk wisselen. Uit bijvoorbeeld geleidbaarheidsonderingen komt in vrijwel alle situaties een zeer grillig patroon naar voren, dat binnen een traject van enkele meters grote wisselingen in concentraties laat zien. Dit fenomeen pleit voor grotere filterlengten. Alleen zo kan worden voorkomen, dat een concentratieverhoging over het hoofd wordt gezien. Christensen et.al. (1991) pleiten voor volkomen filterstelling, ofwel een doorlopend filter over de volledige hoogte van het watervoerend pakket. Deze methode heeft echter het nadeel dat geringe verhogingen of overschrijdingen van de signaalwaarde over een beperkt dieptetraject worden weggevaagd door een verdunningseffect. Voorgesteld wordt filterlengten te hanteren van circa 5 meter en de signaalwaarden hierop af te stemmen.

De onderlinge afstand van de filters in verticale richting moet worden beschouwd binnen de dimensies van het geselecteerde watervoerend pakket. Voorgesteld wordt een minimale onderlinge afstand van 5 meter te hanteren. Gegeven een filter aan de bovenzijde van het watervoerend pakket en een filter in het verwachte centrum van de pluim -het gaat om signalering en niet om afbakening- wordt voorgesteld de onderlinge ruimte tussen de filters maximaal gelijk te kiezen aan de horizontale afstand tussen de peilbuizen. Dit gelde voor het gehele watervoerend pakket.

In schema 5 is aangegeven op welke wijze de verticale filterstelling en de onderlinge afstand in de verticaal tussen de filters bepaald wordt.

4.5 Berekenen verontreinigingspluim

De verspreiding van een verontreinigingspluim is afhankelijk van de geohydrologie en de initiële emissie. Met behulp van pluimberekeningen kan voorspelling gemaakt worden van de vorm van een verontreinigingspluim op een willekeurig tijdstip na het optreden van de emissie.

Nadat een lek is ontstaan in de afdichtingsconstructies verplaatst de verontreiniging zich naar het grondwater. In het grondwater ontstaan verontreinigingspluimen. Met behulp van eenvoudige computermodellen kan de omvang van een pluim in de tijd worden gesimuleerd. In deze modellen wordt de omtrek van de pluim berekend, uitgaande van een stroomsnelheid, diffusie/dispersie en adsorptie-

eigenschappen. Meestal wordt de pluim berekend uitgaande van een puntbron in een watervoerend pakket.

In onderhavige studie zijn, met behulp van het programma PLUIM diverse pluim-modelleringen uitgevoerd. Hierbij is uitgegaan van reële, in de praktijk gemeten percolaatconcentraties als emissie en van reële hoeveelheden voor de lekstroom van minimaal 5 mm/jr (Stortbesluit) tot maximaal 400 mm/jr (neerslagoverschot). Op deze wijze wordt inzicht verkregen in de praktische uitvoerbaarheid van de in hoofdstuk 3 beschreven methodiek, waarbij uitgegaan wordt van diverse zones binnen het monitoringssysteem. Tevens wordt inzicht verkregen in de gevoeligheid en de gevolgen van het falen van de gehele voorziening. De berekeningen zijn uitgevoerd voor een tweetal representatieve stortparameters, namelijk chloride en benzeen. In bijlage III is een beschrijving van de gehanteerde invoergegevens en de berekeningsresultaten opgenomen.

Ook andere stoftransportprogramma's, die de in bijlage III beschreven eigenschappen bezitten kunnen worden toegepast. Deze programma's maken alle gebruik van dezelfde dispersievergelijking. Deze vergelijking is bepalend voor de breedte van de pluim. Vooral bij grote verschillen tussen bronsterkte en signaalwaarde kunnen afwijkingen optreden van de berekende en de werkelijke contouren. Dit aspect verdient bij nadere uitwerking meer aandacht.

Uit de resultaten van de berekeningen kan het volgende worden afgeleid:

Chloride

- Bij een lage bronemissie (een lekstroom van 5 mm/jr) ontstaat alleen een pluim bij een grondwatersnelheid van 1 m/jr. Bij grotere stromingssnelheden overheerst al snel het verdunningseffect en ontstaat geen meetbare pluim;
- Bij een grotere bronemissie (een lekstroom van 20 mm/jr) ontstaat ook bij 5 m/jr een (kleine) pluim;
- Bij de grootst beschouwde bronemissie (een overeenkomstig neerslagoverschot 400 mm/jr) is bij de grootst beschouwde grondwaterstromingssnelheid een duidelijk verdunningseffect waarneembaar;
- Alleen bij de grootste bronemissie ontstaan pluimen met een lengte groter dan 30 meter.

Benzeen

- Bij benzeen is niet of nauwelijks een verdunningseffect meetbaar op de omvang van de pluim, wel op de concentratie. Dit wordt veroorzaakt door de lage contourwaarde die is gekozen voor benzeen, die ook de oorzaak vormt voor het relatief geringe verschil in afmetingen van de pluimen bij wisselende bronemissies;
- Met name de afbraaksnelheid bepaalt de omvang van de pluim. Bij de gekozen standaard-waarde van 200 dagen voor de halfwaardetijd, blijkt al na 2 - 3 jaar sprake te zijn van een stabiele contour. De omvang is dan niet meer afhankelijk van de tijdsduur van de emissie, maar van de stromingssnelheid en de bronemissie;

- Bij een halfwaardetijd van 3 en 10 jaar is na 7 - 8 respectievelijk 45 - 50 jaar sprake van een stabiele pluim.

Algemeen

- Zowel voor chloride als benzeen worden na verloop van tijd stabiele pluimen berekend;
- De verhouding tussen de lengte en de breedte van de pluimen is globaal 3,5 : 1, hetgeen van belang is voor de bepaling van het monitoringsnetwerk (zie § 4.6).

4.6 Netwerkontwerp

In deze paragraaf wordt ingegaan op een methode waarmee de onderlinge afstand tussen meetpunten en de bemonsteringsfrequentie kan worden geoptimaliseerd. Er wordt gezocht naar een inrichting met minimale exploitatiekosten bij een maximale trefkans. Voor het bepalen van de monitoringsfrequentie en de onderlinge afstand tussen de peilbuizen zijn een tweetal vergelijkingen opgesteld, namelijk:

$$T_p = M / 2 * v$$

voor het bepalen van de monitoringsfrequentie en

$$L_1 = k * 0{,}5 * M$$

voor de onderlinge afstand van de peilbuizen en L_1, de pluimbreedte, als functie van de periode tussen de bemonsteringen, oftewel:

M	=	breedte monitoringszone	(m)
v	=	verplaatsingssnelheid front verontreinigingen	(m/jr)
T_p	=	periode tussen bemonsteringen	(jr)
L_1	=	onderlinge afstand van de meetpunten, waarbij L_1 gelijk is aan de pluimbreedte na een periode gelijk aan de leeftijd van de pluim op de helft van de monitoringszone	
k	=	een constante bepaald door pluimbreedte/pluimlengte	

De methode op basis waarvan deze vergelijkingen zijn afgeleid wordt in bijlage IV beschreven. Daarbij heeft een optimalisatie van de monitoringskosten centraal gestaan.

Afhankelijk van de exacte pluimvorm kan de ligging van de monitoringslijn worden gekozen. De ligging kan in de praktijk variëren tussen circa 0,1 * M en 0,25 * M. Ten gevolge van heterogeniteiten en voorkeursstromingen moet de monitoringslijn niet te dicht bij de stortplaats worden gekozen.

Op basis van het bovenstaande kan worden geconcludeerd dat:

- de zekerheid en efficiëntie van een monitoringssysteem niet zozeer moeten worden gezocht in een hoge bemonsteringsfrequentie maar in een hoge

netwerkdichtheid. In feite is een lijnbemonstering nog beter, maar moeilijker te realiseren;

- de gepresenteerde opzet leidt tot een monitoringssysteem met een relatief hoge netwerkdichtheid die direct afhankelijk is van de breedte van de monitoringszone. Hoe groter de monitoringszone, hoe groter de onderlinge afstand tussen de peilbuizen;

- aan de hoge netwerkdichtheid met relatief hoge investeringskosten hangt echter wel een laag prijskaartje voor de exploitatiekosten; de monitoringsfrequentie is laag terwijl de trefkans 100 % is en er kan worden ingegrepen voordat verspreiding buiten de bufferzone optreedt. De frequentie is afhankelijk van de monitoringszone en de verplaatsingssnelheid van het front.

4.7 Tijdstip eerste monitoring

Voordat de relatie wordt bekeken tussen monitoringslijn en -frequentie, moet een duidelijk onderscheid worden gemaakt tussen de eerste monitoringsronde en de daarna volgende.

In theorie hoeft de eerste monitoring pas plaats te vinden na de doorbraaktijd van de afdichting, de deklaag en de reistijd tot de monitoringslijn in het watervoerend pakket. De doorbraaktijd van de deklaag en de reistijd in het watervoerend pakket liggen vaak in de ordegrootte van enkele jaren. De doorbraaktijd van de isolatie of afdichting is sterk afhankelijk van de faalkarakteristiek van deze afdichting, maar kan voor een folie-bentoniet afdichting oplopen tot minimaal 25 jaar bij een lek van 1 - 5 mm/jr.

Na doorbraak van de afdichtingsconstructie bestaat geen verschil meer tussen de verschillende afdichtingsconstructies. Dit betekent dat een differentiatie van eisen te stellen aan de monitoringssystemen van stortplaatsen met een verschillend voorzieningenniveau hoofdzakelijk is terug te voeren op het theoretisch aanvangstijdstip van de eerste monitoringsronde.

Meer concreet, het tijdstip van de eerste monitoringsronde moet worden afgestemd op de faalkarakteristiek van de afdichting.

In de praktijk zal monitoring reeds eerder moeten plaatsvinden. De belangrijkste reden hiervoor is dat niet altijd gecontroleerd kan worden of de isolerende voorzieningen ook daadwerkelijk zodanig zijn aangelegd dat de gegarandeerde levensduur ook gehaald wordt. Bijvoorbeeld bij het aanbrengen van een enkelvoudige folie moet er maar op vertrouwd worden dat de lasnaad goed is aangebracht. In deze situatie zal het tijdstip van de eerste monitoring uitsluitend bepaald worden door de verblijftijd van een verontreiniging in de deklaag en de reistijd tot de monitoringslijn. Voor de bepaling van het tijdstip van de eerste monitoringsronde kan echter wel gecorrigeerd worden voor het type isolerende voorziening. Indien bijvoorbeeld twee of meer lagen folie aangelegd worden,

waarbij de lasnaden niet direct boven elkaar liggen kan wel uitgegaan worden van het theoretische aanvangstijdstip. Hetzelfde geldt voor voorzieningen van zand-bentoniet. Ook hier speelt de wijze waarop deze aangelegd is een beperkte rol ten opzichte van de te verwachtte levensduur. Daarnaast kan monitoring ook eerder plaatsvinden met het oog op het vastleggen van de nulsituatie.

4.8 Samenvatting

In dit hoofdstuk zijn de verschillende activiteiten besproken die onderdeel uitmaken van de ontwerpprocedure voor monitoringssystemen bij stortplaatsen. Daar waar nodig is ingegaan op de onderbouwing van de verschillende activiteiten en de uitwerking daarvan. Tevens zijn een aantal schema's gepresenteerd waarin de uit te voeren werkzaamheden vereenvoudigd weergegeven staan. Deze staan echter verspreid door de tekst. In bijlage VI zijn deze schema's daarom in de juiste volgorde nogmaals opgenomen.

5 Evaluatie monitoringsresultaten (beslismodel)

Nadat bij een stortplaats een monitoringssysteem is geïnstalleerd, is het van belang dat dit op de juiste wijze wordt geëxploiteerd en geëvalueerd. Daarnaast moet duidelijk zijn in welke situaties actie moet worden ondernomen. Dit laatste is zowel voor de stortexploitant als voor de vergunningverlenende instantie van belang. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen acties met betrekking tot het functioneren van het monitoringssysteem en acties naar aanleiding van de monitoringsresultaten.

Het functioneren van het monitoringssysteem kan aan de hand van een checklist worden getoetst, omvattende visuele inspectie, schoonpompen van de filters en dergelijke.

Het beslismodel, waarin wordt aangegeven bij welke monitoringsresultaten welke acties moeten worden ondernomen, is als een stroomschema weergegeven in schema 6.

De diverse onderdelen van het beslismodel worden hierna toegelicht:

0. de ontwerpprocedure van het monitoringssysteem is behandeld in hoofdstuk 4. Met het monitoringsprogramma wordt zowel de aanleg als de uitvoering van de periodieke bemonstering bedoeld;

1. de reguliere bemonstering volgens de vooraf vastgestelde meetfrequentie;

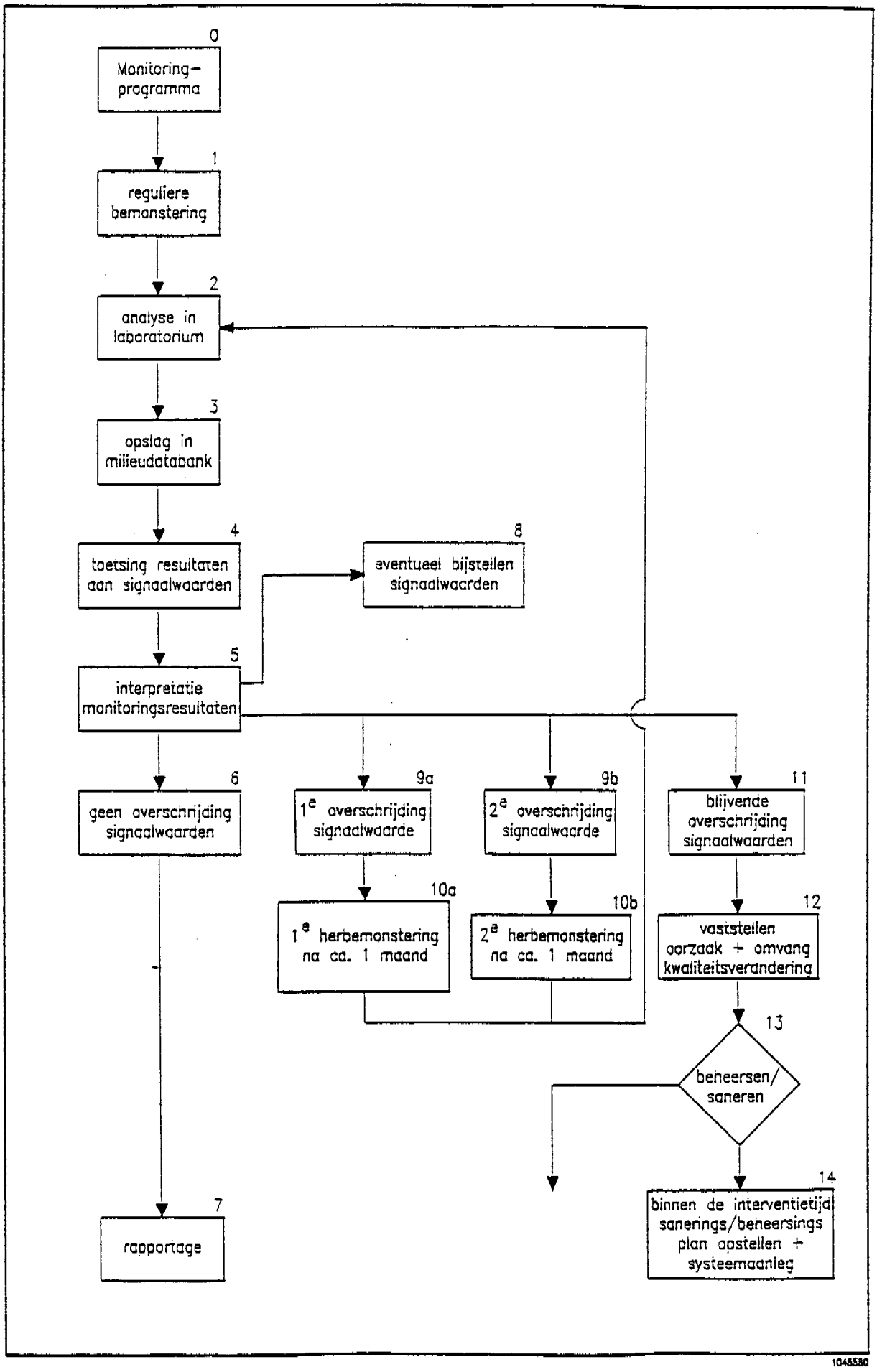
2. analyse van de grondwatermonsters op de vooraf vastgestelde parameters in een gecertificeerd laboratorium. In het geval dat stijghoogte- en/of debietsmetingen deel uitmaken van het monitoringsprogramma is ook een continue on-line meting mogelijk;

3. de resultaten van de laboratoriumanalyses en de eventuele on-line metingen worden bij voorkeur opgeslagen in een milieudatabank. Behalve deze resultaten is het ook aan te bevelen andere aan het monitoringsprogramma gerelateerde gegevens in een databank op te slaan. Gedacht kan worden aan de resultaten van de reguliere onderhoudsronden;

4. het vergelijken van de analyseresultaten met de signaalwaarde;

5. interpretatie van de verontreinigingssituatie impliceert niet alleen de beoordeling van het totaalbeeld van analyseresultaten van één monster, maar betekent tevens het vergelijken met andere resultaten uit dezelfde monitoringsronde en met resultaten uit het verleden;

6/7. indien geen overschrijdingen van de signaalwaarden geconstateerd worden, vindt rapportage van de resultaten plaats. Deze rapportage dient jaarlijks uitgebreid plaats te vinden en aan het bevoegd gezag aangeboden



Schema 6 Beslismodel

te worden. In de rapportage dient niet alleen toetsing aan de referentie- en/of signaalwaarden plaats te vinden maar tevens dient terugkoppeling plaats te vinden met voorgaande resultaten en met resultaten van nabij gelegen lokaties. De monitoring dient bovenal een dynamisch karakter te dragen. Bij tussenliggende monitoringsronden kan volstaan worden met een interne rapportage met daarin de belangrijkste conclusies en aanbevelingen. Van hier uit wordt vervolgens weer gestart met punt 1;

8. op basis van de gegevens betreffende de referentiemeetpunten, welke inzicht geven in de heersende achtergrondwaarden in het gebied, kunnen eventueel de hierop gebaseerde signaalwaarden aangepast worden. Dit kan alleen indien een statisch significante afwijking van de tot dan toe aangenomen gemiddelde waarde valt waar te nemen;

9/10. bij de eerste constatering van één of meer overschrijdingen van de signaalwaarden (9a) wordt, na overleg met de vergunningverlenende instantie, na één maand een herbemonstering uitgevoerd (10a) en vindt analyse plaats op die parameters die boven de signaalwaarde zijn aangetoond (2). Via 3, 4 en 5 worden de resultaten opnieuw beoordeeld. Bij een tweede overschrijding wordt nogmaals herbemonsterd volgens dezelfde procedure. Deze procedure wordt gevolgd om zeker te weten dat het een serieuze verontreiniging betreft en om één overschrijding van de signaalwaarde niet direct te laten resulteren in (veel geld kostende) beheersmaatregelen of, in het geval van lokaties met een beperkt meetnet, de intensivering van het monitoringsmeetnet;

11/12. als na een tweede bemonstering nog steeds een overschrijding van de signaalwaarde wordt geconstateerd (11), wordt binnen één maand een onderzoek gestart naar de herkomst en de omvang van de gemeten verontreinigingen (12);

13. in overleg met het bevoegd gezag wordt op basis van het onderzoek (12) de noodzaak tot saneren of beheersen van de lokatie vastgesteld;

14. onafhankelijk van de keuze saneren of beheersen dient binnen de periode, vastgelegd in de reactietijd[3] een beheers- of saneringsplan te worden gemaakt en dient de systeemaanleg plaats te vinden.

[3] zie § 3.3.

6 Afwijkende situaties

6.1 Geohydrologisch beheerste stortplaatsen

6.1.1 Algemeen

Stortplaatsen of delen daarvan die geohydrologisch worden beheerst, zoals Afvalberging Derde Merwedehaven of Stortplaats Nauernasche polder, zijn niet gelegen in een veld met een uniforme stroming. De in de voorgaande hoofdstukken gepresenteerde ontwerpprocedure is gebaseerd op een uniforme stroming en daarom is de ontwerpprocedure ongeschikt voor stortplaatsen waar sprake is van een geohydrologische isolatie. Monitoring bij dergelijke stortlokaties dient op een andere grondslag te worden gestoeld.

Als ervan wordt uitgegaan dat de geohydrologische isolatie (GI) tot stand is gekomen na een zorgvuldige studie van de grondwaterstroming ter plaatse, dan mag worden verondersteld dat de grondwaterverontreinigingen volledig worden beheerst. Zo moet de netto stroming naar de onttrekkingen toe groot genoeg zijn om verspreiding als gevolg van dispersie en diffusie tegen te gaan. Een goed functionerend GI-systeem voorkomt dat verspreiding van verontreiniging kan optreden. Verspreiding kan derhalve alleen optreden als falen optreedt van:

- het ontwerp;
- het functioneren van het GI-systeem.

In de hierna volgende paragrafen wordt aangegeven welke werkzaamheden nodig zijn om falen te voorkomen of te signaleren.

6.1.2 Ontwerp

Een deugdelijk GI-ontwerp betekent idealiter dat kwaliteitsmonitoring overbodig is tijdens functioneren van de GI. Geohydrologische Isolatie berust immers op het beïnvloeden van het convectieve transport dat kan worden gecontroleerd met behulp van stijghoogtemetingen.

Het ontwerp moet daartoe voldoen aan de volgende eisen:

- rekening houden met stoftransportprocessen zoals diffusie, dispersie en dichtheidsstroming. Processen als verdunning en retardatie spelen voor GI geen rol, een GI wordt opgezet voor onbepaalde tijd. De snelheid van verspreiding speelt dan geen rol;
- onderworpen zijn aan een gevoeligheidsanalyse ten aanzien van spreiding in de invoerparameters zoals doorlatendheid, afmetingen, fluctuaties in de grondwaterstroming enzovoort. Ook bij de meest ongunstige parameterkeuze moeten alle verontreinigingen zich netto naar de grondwateronttrekkingen toe begeven.

Tijdens de ontwerpfase wordt vastgelegd hoe het stijghoogtepatroon of het stromingsbeeld er in de optimale situatie uitziet. Gestreefd wordt naar een minimale onttrekking (kosten en invloed op omgeving) bij een volledige beheersing, zonder

dat dit ten koste gaat van de betrouwbaarheid. Het gemodelleerde stijghoogtepatroon vormt de toetsingsnorm bij zowel het opstarten van het systeem als de voortgaande controle op het functioneren van de GI.

Behalve zorgvuldigheid in het ontwerp moet bij de aanleg en het opstarten worden gecontroleerd of het GI-systeem ook daadwerkelijk functioneert zoals ontworpen. Tijdens deze implementatiefase moet worden gecontroleerd of de stijghoogten reageren op de ingrepen zoals is voorspeld met de modelberekeningen, oftewel de praktijk overeenkomt met de theorie.

In het Kennisdocument Geohydrologische Isolatie (IWACO, 1994), dat is opgesteld in opdracht van het ministerie van VROM, is uitgebreid ingegaan op het ontwerpproces, de implementatie van het systeem en de waarborging. In dat document is tevens aangegeven aan welke kwaliteitseisen de ontwerpinstrumenten (computermodellen) dienen te voldoen.

6.1.3 Kwaliteits- of stijghoogtemonitoring

Evenals het signaleren van falen bij een reguliere stortplaats met een kwaliteitsmonitoring, moet het falen van een GI bij een geohydrologisch beheerste stortplaats worden gesignaleerd met een monitoringssysteem. Voor beide wordt gestreefd naar een monitoringssysteem met een 'early warning' karakter. Bij reguliere stortplaatsen kan dit systeem worden opgezet met de in dit rapport gepresenteerde ontwerpprocedure. Een daarmee ontworpen systeem geeft echter pas een signaal als reeds verspreiding is opgetreden. Bij een geohydrologisch beheerste stortplaats kan in een nog eerder stadium falen worden vastgesteld met stijhoogtemonitoring. Indien een continue meting van stijghoogten plaatsvindt, met alarmmelding, dan wordt falen instantaan geconstateerd vóórdat sprake is van verspreiding. Indien bij een GI alleen kwaliteitsmonitoring wordt toegepast, is bij signalering reeds langere tijd sprake van falen.

Indien de stijghoogte monitoring van de GI voldoet aan de volgende eisen dan is het een effectief 'early warning' systeem, dat kwaliteitsmonitoring in theorie overbodig maakt:

- het netwerk van meetpunten geeft een representatief beeld van de stijghoogten over het te beheersen gebied, zowel in horizontale als verticale richting;
- in het controlesysteem is vastgelegd aan welke eisen het stromingsbeeld moet beantwoorden gezien de stoftransportprocessen, zodat direct een alarmsignaal kan worden afgegeven als het werkelijk stromingsbeeld daarvan in negatieve zin afwijkt en sprake kan zijn van falen.

Aspecten als bodemheterogeniteit en de dynamiek van de grondwaterstroming kunnen oorzaak zijn van plaatselijke afwijkingen van het gerealiseerde systeem ten opzichte van het ontwerp. Dit geldt zowel voor kwaliteitsmonitoring als voor stijghoogtemonitoring. Omdat stijghoogtemonitoring in feite een indirecte methode van monitoren betreft -een kwalitatieve beïnvloeding kwantitatief vaststellen-, zal bij het bevoegd gezag naar verwachting sprake zijn van weerstand tegen het achterwege laten van kwaliteitsmonitoring. In de praktijk zal door het bevoegd gezag een periodieke controle van de grondwaterkwaliteit gewenst blijven.

Onderbouwing van monitoring met alleen stijghoogtemetingen verdient nadere studie. Daarin dient te worden aangegeven op welke wijze een GI doelmatig en betrouwbaar is. Vooralsnog kan voor de beoordeling van afzonderlijke gevallen gebruik worden gemaakt van risico-analysetechnieken.

Een risico-analyse is opgebouwd uit drie stappen:

1. bepalen van de kans op falen van voorzieningen, zowel in de ontwerp- als in de uitvoeringsfase;
2. bepalen van de kans op verspreiding van verontreinigingen;
3. bepalen van de kans op functieverlies, bijvoorbeeld overschrijden kwaliteitsnormen.

Voor Afvalberging Derde Merwedehaven is een risico-analyse uitgevoerd met als doel het vergelijken van de faalkansen van een GI ten opzichte van een traditionele inrichtingsvariant met boven- en onderafdichtingsconstructies (Grondmechanica Delft, 1993).

Met een vergelijkbare methode kunnen ook GI-varianten met elkaar worden vergeleken die gebruik maken van verschillende methoden van monitoring.

6.1.4 Ontwerp van een netwerk voor stijhoogtemonitoring

Gegeven het specifieke karakter en het geringe aantal stortplaatsen met een GI, is het opzetten van een ontwerpprocedure voor een stijghoogtemonitoring niet doelmatig. Een algemene ontwerpprocedure heeft als nadeel dat voor specifieke situaties de optimale oplossing alleen wordt benaderd. Voor die stortplaatsen waar een (kostbare) GI wordt geïnstalleerd is een toegespitst ontwerp gerechtvaardigd. In algemene zin kan over een monitoringssysteem gebaseerd op stijghoogten het volgende worden opgemerkt:

- de stijghoogtemetingen zijn bij voorkeur continu, met signalering/alarmering;
- in tegenstelling tot de kwaliteitsmetingen worden de stijghoogtemetingen uitgevoerd in of in de directe omgeving van het te beheersen gebied. Hiervoor dienen meetpunten in zones op verschillende afstanden van de stort geplaatst te worden;
- stijghoogtemonitoring bij de geohydrologische systeemvarianten A, B en D (zie § 4.4) is vanwege het verticale karakter van deze systemen en dus de grotere stijghoogteverschillen, zekerder dan bij de varianten C en E. De dichtheid van meetpunten kan dienovereenkomstig verschillen.

Voorbeeld:

De beheersing bij De Vlagheide is overeenkomstig variant C en berust op het principe dat het intrekgebied van de onttrekkingen de stortplaats omsluit en sprake is van geleidelijk verlopende stijghoogten. Bij de Afvalverwerking Derde Merwedehaven, overeenkomstig variant D, is sprake van een 'afgesloten kuip' waarbij over de afsluitende wanden en bodem relatief grote stijghoogteverschillen kunnen worden waargenomen.

6.2 Stortplaatsen met controledrainage

6.2.1 Algemeen

De ontwerpprocedure heeft alleen betrekking op verticale monitoringsfilters buiten de stortplaats. In de richtlijn controlesystemen wordt een horizontaal controlesysteem voorgestaan onder het stortmateriaal en de onderafdichting. Een dergelijk systeem bevindt zich dichter bij het stortmateriaal en heeft een kortere signaleringstijd. Het stelt de beheerder in staat eerder te reageren en de lokatie van een eventuele lekkage vast te stellen.

Een horizontaal controlesysteem moet volledig los worden gezien van een verticaal systeem. Controledrains zijn brongericht en bevinden zich dan ook dicht bij de bron. Verticale peilfilters zijn alleen effectief op enige afstand van de stortplaats. Een eventuele verontreinigingspluim moet enige omvang hebben, wil voorkomen worden dat hij tussen twee monitoringspunten doorglipt. Een combinatie van deze systemen is weliswaar mogelijk, maar een verticaal systeem moet niet worden gezien als een aanvulling op een horizontaal systeem of omgekeerd. Een verticaal en een horizontaal systeem proberen elk op een verschillende wijze grip te krijgen op verspreiding en sluiten daarom slecht aan. Elk systeem afzonderlijk dient inzicht te verschaffen in een mogelijke verspreiding van verontreiniging.

Hierna wordt in een kort bestek aangegeven wat de voor- en nadelen zijn van een horizontale controledrainage. Allereerst worden de relevante gedeelten van de richtlijnen samengevat. Daarna wordt kort ingegaan op de effectiviteit van een controledrainage.

6.2.2 Richtlijn drainage- en controlesystemen

In de 'Richtlijn controlesystemen en drainagesystemen grondwater voor stort- en opslagplaatsen' van februari 1993 wordt onder meer ingegaan op de dimensionering van controlesystemen en aspecten van monstername. Hierover wordt in de richtlijn het volgende opgemerkt:

- voor de controle op de hoedanigheid van de bodem dient zowel een horizontaal als een verticaal controlesysteem te worden ingericht;
- aangezien op termijn het verloren gaan van het horizontale systeem aannemelijk is, zal bij optreden daarvan een verdichting van het verticale systeem nodig zijn;
- de drainafstand van een horizontaal systeem dient op basis van een signaleringstijd van 5 jaar op maximaal 5 meter te liggen. Indien uit een beschouwing blijkt dat de signaleringstijd langer dan 10 jaar is of de verdunning te groot om nog waarnemingen te doen, dan kan het treffen van bijzondere isolerende maatregelen nodig zijn;
- 1 tot 3 maal per jaar dient (zowel op een horizontaal als een verticaal systeem) afhankelijk van de grondwaterstromingssnelheid een beperkte analyse te worden uitgevoerd op een zevental parameters. Ter referentie dient 1 maal per 2 jaar een uitgebreide analyse plaats te vinden;
- overigens wordt opgemerkt dat horizontale controlesystemen, ondanks het feit dat ze falen sneller signaleren dan verticale systemen, kunnen falen bij een dik watervoerend pakket en een hoge dichtheid van het percolaat;

- in een situatie zonder natuurlijke grondwaterstroming kan bij een pakketdikte van 25 meter de signaleringstijd oplopen tot 100 jaar. Deze situaties moeten worden vermeden.

6.2.3 Effectiviteit van horizontale controledrainage

Ten aanzien van het nut van de horizontale controledrainage kunnen de volgende opmerkingen worden geplaatst:

- het functioneren, of beter het falen, van een controledrainage is sterk afhankelijk van de geohydrologische situatie onder de stortplaats. Al eerder in dit rapport werd opgemerkt dat bij een geohydrologische situatie met kwel in een deklaag een controledrainage meestal effectief zal zijn. In de overige situaties -en daarbij behoren ook situaties die voldoen aan de normen voor een referentiestortplaats- kan sprake zijn van infiltratie en dientengevolge van situaties waar de trefkans niet gelijk is aan 100 % of waar verdunning optreedt;
- een controledrainage meet niet de feitelijke grondwaterkwaliteit, maar meestal een meer of minder verdunde afspiegeling daarvan. Door de grote lengte van de controledrains -tot 600 meter!- is bij een lek van enkele meters sprake van aanzienlijke verdunning. In de bijlagen van de richtlijn worden verdunningsfactoren genoemd die een meervoud zijn van de factoren die optreden tussen signaalwaarden en percolaatconcentraties. Bij een verdunningsfactor 250 wordt bijvoorbeeld chloride -signaalwaarde 65 mg/l en percolaatconcentratie 1500 mg/l- al nauwelijks meer gedetecteerd. De kans op het niet signaleren van een lek met geringe afmetingen is daarom groot. Bij grotere verdunningsfactoren zullen systeemvreemde stoffen niet meer bruikbaar zijn omdat detectielimieten worden onderschreden;
- aangesloten kan worden bij de opmerkingen uit de richtlijn dat:
  - in de praktijk een controledrainage bruikbaar is in situaties zonder bovenafdichting en bij grote gebreken in de onderafdichting;
  - in gevallen waar lekkage pas na verloop van tijd optreedt is de detectiekans gering en bovendien de bedrijfszekerheid van het drainagesysteem fors gereduceerd, tenzij het systeem is vervangen;
- ook in situaties met kwel kan ten gevolge van een sterke kwelstroom naar de drains toe een (te) grote verdunning optreden;
- uit bijlage 1 van de richtlijn kan worden afgeleid dat de signaleringstijd afhankelijk is van de mate van afpomping voor bemonstering en de natuurlijke grondwaterstroming. Ook bij kleinere pakketdikten kan de signaleringstijd oplopen tot meer dan 30 jaar.

7 Case-study: stortplaats De Vlagheide

7.1 Introductie case-study

De ontwerpprocedure wordt getoetst in een case study. Hiermee wordt nagegaan of de uitgangspunten juist zijn gekozen, en of de opgezette ontwerpprocedure voor praktijkgevallen werkbare resultaten oplevert.

Voor deze case-study is gezocht naar een stortplaats zonder beheers- en monitoringssysteem, waarvan veel gegevens en een geohydrologische modelstudie beschikbaar zijn. Uit het oogpunt van tijd en budget is een afzonderlijke modelstudie voor deze case-study vermeden.

Aangezien dergelijke stortplaatsen met direct bruikbare gegevens niet beschikbaar waren, is gekozen voor een met geringe energie geschikt te maken praktijkvoorbeeld dat niet direct aan de gestelde eisen voldoet.

Gekozen is voor een geschematiseerde beschrijving van de regionale stortplaats De Vlagheide. Nadrukkelijk wordt opgemerkt dat deze stortplaats voorzien is van een monitoringsysteem én een grondwaterbeheerssysteem. Deze worden in de verdere uitwerking van de case-study buiten beschouwing gelaten.

De gegevens zoals gehanteerd zijn een momentopname en kunnen niet worden vertaald naar de huidige situatie op de lokatie. De gegevens met betrekking tot de kosten moeten worden gezien als een zeer globale indicatie voor een fictief monitoringssysteem.

7.2 Beschrijving stortplaats De Vlagheide

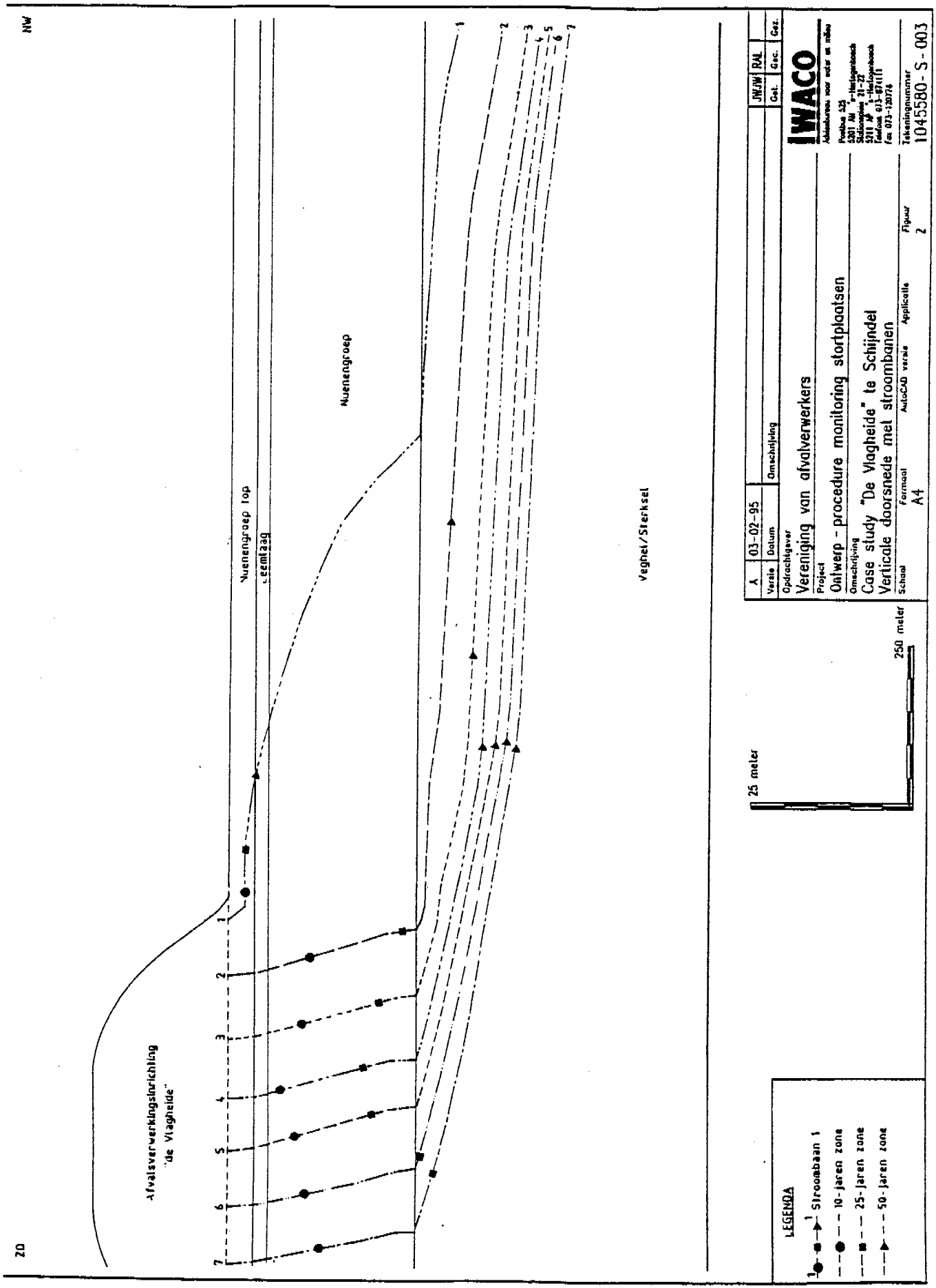
7.2.1 De afvalverwerkingsinrichitng

Algemeen

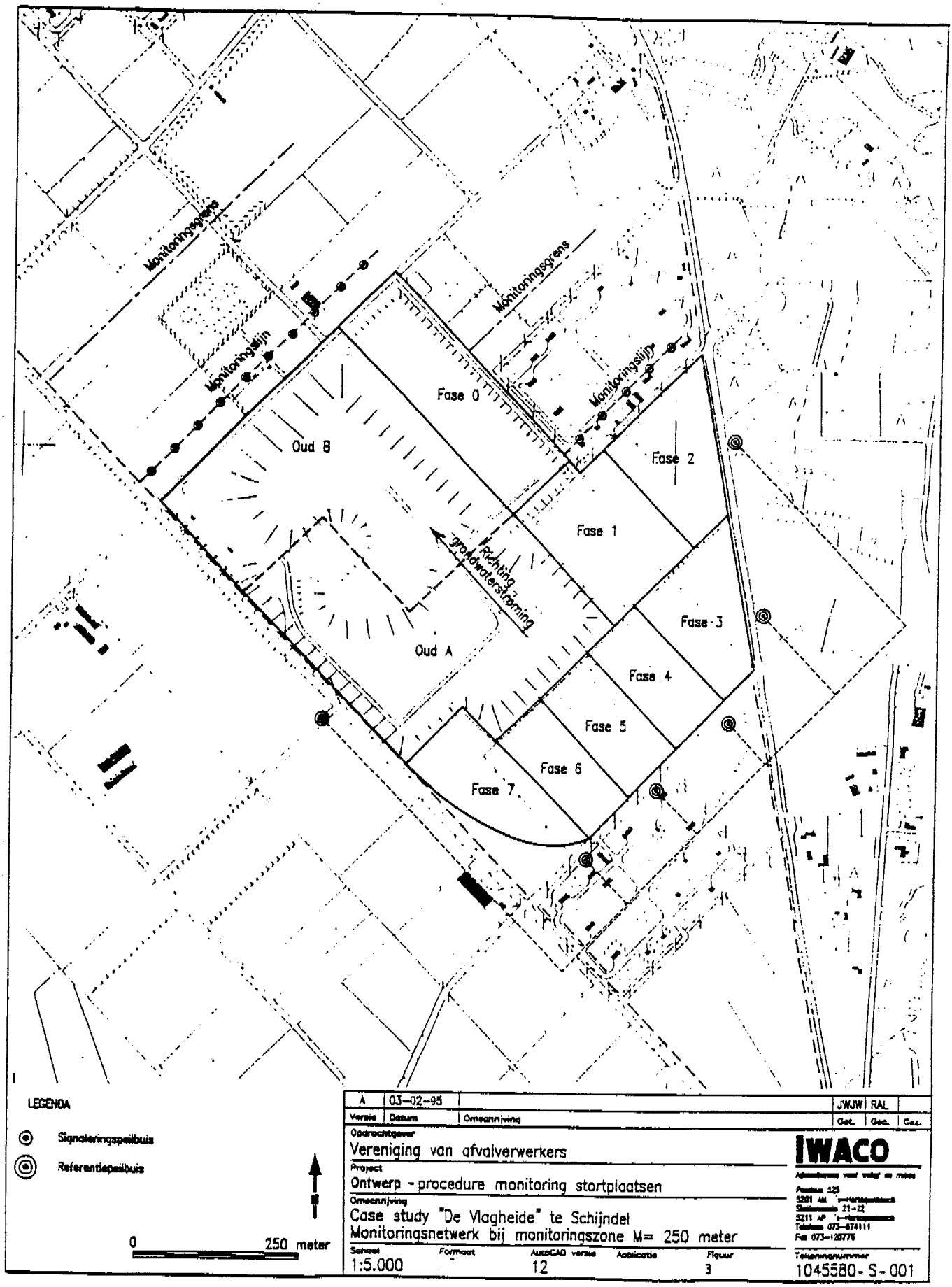
De Vlagheide is de regionale afvalverwerkingsinrichting van het Stadsgewest 's-Hertogenbosch. Het beheer van de afvalverwerkingsinrichting is sinds 1981 in handen van dit stadsgewest. De afvalverwerkingsinrichting ligt op een afstand van circa 2,5 km ten zuidoosten van de bebouwde kom van de gemeente Schijndel. De omgeving van de afvalverwerkingsinrichting bestaat voornamelijk uit agrarisch gebied.

Opbouw afvalverwerkingsinrichting

De afvalverwerkingsinrichting is globaal te verdelen in een oud en een nieuw deel. Het oude deel (zie figuur 3: compartimenten oud A en oud B) heeft een oppervlakte van circa 22 hectare. Momenteel vinden hier geen stortactiviteiten meer plaats. Inmiddels is aan de noordzijde van de stortplaats een grondwaterbeheersing in werking gesteld. Bij deze case study wordt de grondwaterbeheersing verder buiten beschouwing gelaten.



Figuur 2 Case-study 'De Vlagheide' te Schijndel, verticale doorsnede met stroombanen



Figuur 3 Case-study 'De Vlagheide' te Schijndel, Monitoringsnetwerk bij monitoringszone M = 250 meter

Het nieuwe deel (zie figuur 3: fase 0 t/m 7) heeft een oppervlakte van circa 18 hectare. Op het nieuwe deel wordt gestort volgens de Richtlijn Gecontroleerd Storten. Fase 0 en 1 zijn reeds volgestort en tijdelijk afgedicht.

Ringsloot / goot

De stortplaats is omgeven door een ringsloot of goot om het oppervlakkig afstromend water af te voeren. Bij het oude deel van de stortplaats ligt de ringsloot in een kleikist. Bij het nieuwe deel ligt de ringsloot ingebed in een folie. De gehele stortplaats wordt omgeven door een bentonietscherm tot in een leemlaag op circa 2-3 meter onder maaiveld (m-mv).

7.2.2 Bodemopbouw

De afvalverwerkingsinrichting De Vlagheide is gesitueerd in het noordoostelijk deel van de Centrale Slenk. De geschematiseerde bodemopbouw is weergegeven in figuur 2.

Vanaf het maaiveld tot een diepte van 25 tot 30 meter bestaat de bodem uit matig fijne tot matig grove zanden (Nuenen groep), waarin ondiepe leemlagen voorkomen in dikte variërend van circa 1 tot 5 meter.

Onder de zandafzettingen van de Nuenengroep bevinden zicht tot een diepte van circa 75 m-mv voornamelijk grove, fluviatiele zanden die min of meer grindhoudend kunnen zijn (Formaties van Sterksel en Veghel). Plaatselijk kunnen hierin kleilenzen voorkomen.

Vervolgens komen tot een diepte van circa 130 m-mv fijne zanden en kleilagen voor die tot de Formaties van Kedichem en Tegelen worden gerekend.

Tussen circa 130 en 270 m-mv bestaat de bodem voornamelijk uit grindrijke, grove zanden van Onder-Pleistocene en Pliocene ouderdom (Formaties van Tegelen en Oosterhout) waartussen kleilagen kunnen voorkomen.

Beneden een niveau van circa 270 m-mv bestaat de Formatie van Oosterhout uit slecht waterdoorlatende kleiige en slibhoudende zandafzettingen, de geohydrologische basis.

7.2.3 Regionale geohydrologische schematisatie

Deklaag (0 tot 25 m-mv)

Ter plaatse van de afvalverwerkingsinrichting vormen de afzettingen van de Nuenengroep de deklaag. De transmissiviteit (Kd-waarde) bedraagt 150 m^2/dag en de hydraulische weerstand in de deklaag is circa 300 dagen.

Eerste watervoerend pakket (25 tot 75 m-mv)

De zandafzettingen van de Formaties van Sterksel en Veghel vormen het eerste watervoerend pakket met een Kd-waarde van 1400 m^2/dag.

Eerste scheidende laag (75 tot 130 m-mv)
De eerste scheidende laag wordt gevormd door de fijne zanden en kleilagen van de Formaties van Kedichem en Tegelen. De hydraulische weerstand bedraagt circa 5700 dagen.

Tweede watervoerend pakket (130 tot 270 m-mv)
Het tweede watervoerend pakket, bestaande uit de afzettingen van de Formaties van Tegelen en Oosterhout, heeft een Kd-waarde van 1550 m^2/dag.

Geohydrologische basis (> 270 m-mv)
De basis van het geohydrologisch systeem wordt gevormd door de kleiige afzettingen van de Formatie van Oosterhout.

7.2.4 Lokale geohydrologische schematisatie

Uit boringen en geo-elektrische sonderingen is gebleken dat ter plaatse van De Vlagheide op een diepte van circa 3 m-mv een leemlaag aanwezig is. Uit stijghoogtemetingen blijkt dat deze leemlaag de ondiepe grondwaterstroming sterk beïnvloedt.

Vanwege de aanwezigheid van deze leemlaag ziet de lokale geohydrologische schematisatie er als volgt uit (zie figuur 2):

Ondiep grondwater (0 tot 3 m-mv)
Het ondiepe grondwater is het grondwater in de deklaag (Nuenengroep) dat zich boven de leemlaag bevindt. Het ondiepe grondwater (boven de leemlaag) stroomt waarschijnlijk in (noord)westelijke richting. Er zijn echter te weinig waarnemingen boven de leemlaag beschikbaar om een gedetailleerd beeld van de ondiepe grondwaterstroming te krijgen.

Leemlaag (3 tot 4 m-mv)
Ter plaatse van De Vlagheide bevindt zich op circa 3 m-mv een leemlaag met een dikte van circa 1 meter. Of de leemlaag onder de stortplaats geheel intact is gebleven is niet duidelijk. Blijkens geruchten zou de leemlaag onder het zuidelijk deel van de oude stortplaats (compartiment oud A) onderbroken zijn. In de leemlaag zal de grondwaterstroming voornamelijk verticaal gericht zijn.

Middeldiep grondwater (4 tot 25 m-mv)
Het middeldiepe grondwater bevindt zich in de deklaag (Nuenengroep) onder de leemlaag tot aan de Formaties van Sterksel en Veghel. Het middeldiepe grondwater (in de deklaag; onder de leemlaag) stroomt naar het noordwesten en volgt hiermee het regionale beeld. Op basis van een globale geohydrologische berekening stroomt het middeldiepe grondwater met een snelheid van circa 2 m/jr.

Diep grondwater (> 25 m-mv)
Het diepe grondwater komt overeen met het grondwater uit het eerste watervoerend pakket uit de regionale schematisatie. Het diepe grondwater volgt eveneens het regionale beeld en stroomt in noordwestelijke richting.

De stijghoogten in de diepe en middeldiepe filters zijn vrijwel gelijk. Hieruit kan worden geconcludeerd dat behalve de bovengenoemde leemlaag geen andere inhomogeniteiten de verticale grondwaterstroming in belangrijke mate beïnvloeden. Het middeldiepe en diepe grondwater zal zich voornamelijk horizontaal verplaatsen.

Bentonietscherm

De gehele stortplaats is omgeven door een bentonietscherm tot in de leemlaag op 2 m-mv Door de aanwezigheid van dit scherm kan het ondiepe grondwater onder de stort zich niet in horizontale richting naar de omgeving verspreiden. Dit heeft tot gevolg dat het intredend regenwater vrijwel allemaal via de leemlaag infiltreert naar het middeldiepe grondwater.

Opbolling grondwaterspiegel in stortplaats

Door de grote hoogte van de stortplaats -maximaal circa 23 meter boven oorspronkelijk maaiveld- zal de grondwaterspiegel in de stortplaats sterk opbollen. Over een afstand van circa 500 meter, de breedte oude stortplaats, kan deze opbolling enkele meters -mogelijk 5 tot 10 meter ten opzichte van oorspronkelijk maaiveld- bedragen. De opbolling van de grondwaterspiegel in de stortplaats zal de infiltratie van water via de leemlaag naar het middeldiepe grondwater versterken.

7.3 Uitgangspunten case-study

Bij het doorlopen van de ontwerpprocedure voor het praktijkvoorbeeld De Vlagheide zijn de volgende uitgangspunten gebruikt:

- de gegevens zoals weergegeven in de rapportage: 'uitwerking beheers-maatregelen stortplaats De Vlagheide' IWACO-rapport 332.0260 van februari 1992;
- een geohydrologische situatie zoals die zich voordoet zonder een beheers-systeem. Op dit moment is een beheerssysteem actief dat in deze case-study echter buiten beschouwing wordt gelaten;
- aangenomen is dat de onderzijde van de leemlaag (zie schematisering in figuur 2) fungeert als oorsprong van de verontreinigingspluimen;
- zowel in het Nuenenpakket als in het onderliggende watervoerend pakket moet een monitoringssysteem worden aangelegd. De verticale verspreiding door het Nuenenpakket naar het watervoerend pakket is gemodelleerd met een pluimprogramma;
- de ontwerpprocedure is uitgevoerd voor monitoringszones van 25, 50, 125 en 250 meter. Deze zones zijn gekozen op basis van de indeling van de omgeving van de stortplaats. Aan de stroomafwaartse zijde is bijvoorbeeld een aaneengesloten perceel met een breedte van 125 meter aanwezig.

7.4 Uitvoering case-study

7.4.1 Bepalen controlezone

Tijdens de case study zijn een viertal controlezones doorgerekend met respectievelijk een breedte van 25, 50, 125 en 250 meter. De breedte van de monitoringszone is gelijk gekozen aan de controlezone, hetgeen inhoudt dat de interventiezone gelijk

gesteld is aan 0. Bij de voorkomende lage grondwaterstromingssnelheden betekent dit dat de monitoringsgrens slechts licht wordt overschreden voordat interventiemaatregelen kunnen worden getroffen. Daarnaast is op grond van de in § 4.2 omschreven systematiek de breedte van de controlezone afgeleid. Hieronder is aangegeven tot welke breedte het doorlopen van de systematiek heeft geleid.

Afleiding controlezone

Omdat lokatiespecifieke omstandigheden een belangrijke rol spelen bij het vaststellen van de omvang van de controlezone is voorgesteld om in principe uit te gaan van een controlezone van 50 meter, tenzij op basis van lokatiespecifieke eisen een andere omvang gekozen wordt. Uitgaande van de controlezone van 50 meter is schema 3 doorlopen. Omdat in de case-study ook voor andere breedtes dan 50 meter is gerekend wordt tevens nagegaan of een controlezone van 125 meter haalbaar is. Hieronder wordt per onderdeel van het schema een korte toelichting gegeven.

Wordt voldaan aan de technische randvoorwaarden?

De stortplaats is gelegen in landelijk gebied en er zijn geen redenen om aan te nemen dat technische belemmeringen aanwezig zijn voor het installeren van de monitoringspunten.

Wordt voldaan aan de omgevingsvoorwaarden?

De stortplaats ligt niet in een grondwaterbeschermingsgebied, niet binnen het intrekgebied van industriële grondwateronttrekkingen en ook niet in de nabijheid van een woongebied. Aan de stroomafwaartse zijde, maar niet over de hele breedte van de controlezone (zie ook figuur 3), ligt een terrein van het Ministerie van Defensie. De afstand tussen de stort en dit terrein is minder dan 50 meter. Ondanks de aanwezigheid van het militaire terrein zijn dan ook geen redenen om aan te nemen dat omgevingsfactoren een belemmering zijn voor het installeren van een monitoringszone van 50 of 125 meter.

Ligt de controlegrens binnen de terreingrens?

De begrenzing van de stortactiviteiten bij De Vlagheide is min of meer gelijk aan de terreingrens. Daarbuiten is sprake van landbouwgebieden en een militair terrein. Aangenomen is dat om exploitatietechnische redenen het niet mogelijk is om de benodigde grond aan te kopen. Daarnaast is het niet waarschijnlijk dat het ministerie van Defensie zijn terrein zal verkopen. Gezien het feit dat ten gevolge van een eventuele verspreiding van verontreinigingen uit de stort geen sprake is van risico's voor de volksgezondheid en het ecosysteem zijn ook geen gebruiksbeperkingen te verwachten ten aanzien van het omringende landgebruik. Om die reden is aangenomen dat het mogelijk is een zakelijk recht overeenkomst te sluiten met de eigenaren van de grond aan de stroomafwaartse zijde.

Wordt voldaan aan de milieuhygiënische en financiële randvoorwaarden?

Indien een verontreiniging de grens van de controlezone bereikt dan wordt op basis van de bodemgesteldheid en de grondwaterstromingssnelheid verwacht dat deze te saneren is. Op basis van deze overweging is er geen reden om aan te nemen dat de milieuhygiënische randvoorwaarde een belemmering is voor het installeren van een controlezone van 50 of 125 meter.

Uitgaande van een maximaal aanvaardbare signaleringstijd van 15 jaar (zie de richtlijn onderafdichting en controledrainage) komen zowel een monitoringszone van 50 als van 125 meter in aanmerking.

Uitgaande van de overweging dat eventuele beheers- of saneringskosten niet te zwaar op het exploitatiebudget mogen drukken wordt als bovengrens een bedrag van *f* 500.000,= aangehouden. Op basis van de schattingen in § 7.3.7 zijn er geen redenen om aan te nemen dat de financiële randvoorwaarden een belemmering zijn voor het installeren van een monitoringszone van 50 of 125 meter.

Conclusie

Op basis van het bovenstaande wordt geconcludeerd dat controlezone van 50 en 125 meter haalbaar zijn.

7.4.2 Vaststellen gidsstoffen en signaalwaarden

Gidsstoffen

In het percolaat van De Vlagheide worden een aantal parameters in verhoogde concentraties aangetroffen. Het betreft onder andere zink, nikkel, tolueen, ethylbenzeen, xylenen, chloride, CZV, Kjeldahl-stikstof en fenolindex. Uitgaande van de criteria genoemd in § 4.3 is gekozen voor chloride, en aromaten. Deze parameters zijn gekozen vanwege onderstaande redenen:

- chloride:
  deze parameter wordt op alle meetpunten ruim verhoogd (variërend van 670 tot 2500 mg/l) ten opzichte van de achtergrondwaarden (circa 50 mg/l) aangetroffen. Daarnaast wordt chloride als een conservatieve en daarmee mobiele stof beschouwd;

- VAK:
  het betreft hier met name de stof tolueen. Desondanks is gekozen voor VAK totaal omdat het in de analysekosten niet veel uitmaakt of alleen tolueen of alle vier de parameters geanalyseerd worden. Tolueen wordt in zeer hoge concentraties in fase 2 en 3 aangetroffen (maximaal 2100 μg/l) en in mindere mate in het effluent (maximaal 49 μg/l). De aromaten zijn van de organische verbindingen de meer mobielere en daarnaast liggen de achtergrond-concentraties rond de detectielimiet;

- ammonium:
  deze stof maakt weliswaar geen deel uit van het analysepakket van het percolatiewater, maar wordt wel beschouwd als een goede tracer voor verontreinigingen uit stortplaatsen. Omdat in het percolaat verhoogde concentraties Kjeldahl stikstof (2700 mg/l) worden aangetroffen, kan worden aangenomen dat ook ammonium in verhoogde concentraties aanwezig zal zijn. Dit vermoeden dient echter eerst analytisch geverifieerd te worden.

Selectie signaalwaarden

De detectielimieten van chloride, ammonium en aromaten bedragen respectievelijk 5 mg/l, 0,01 mg/l en 0,2 μg/l. De achtergrondconcentratie van chloride bedraagt circa 50 mg/l, voor aromaten ligt deze rond de detectiegrens en voor ammonium

is deze niet bekend. Voor ammonium wordt daarom als achtergrondwaarde uitgegaan van de waarde uit het Landelijk Meetnet voor een vergelijkbaar gebied. Deze bedraagt 1 mg/l. Voor alle te monitoren parameters is de signaalwaarde vastgesteld op 1,3 * de achtergrondconcentratie. Dit geeft de onderstaande signaalwaarden:

- chloride 65 mg/l;
- ammonium 1,3 mg/l;
- aromaten 0,5 μg/l.

7.4.3 Geohydrologisch systeem en te monitoren pakketten

Algemeen

In § 7.2.2 is de geohydrologische situatie ter plaatse van stortplaats De Vlagheide reeds in algemene zin beschreven. Voor het ontwerp van het monitoringssysteem is een verdere schematisatie nodig. Eén of meer watervoerende pakketten waarin horizontale verspreiding op kan treden, moeten worden geïdentificeerd. In deze pakketten is de installatie van een monitoringsnetwerk noodzakelijk. Daarnaast dient de oorsprong van de verontreinigingspluimen te worden gedefinieerd.

Selectie systeem en pakketten

In figuur 2 is een doorsnede aangegeven van de stortplaats met daarin de stroombanen onder de stort en de te onderscheiden pakketten. Deze doorsnede is opgesteld tijdens de modelbouw voor het GI-systeem, dat inmiddels operatief is. De lokatie valt onder geohydrologisch systeem C, een bodem waar een echte slecht doorlatende deklaag ontbreekt en waar geen sprake is van een sterke gebiedsstroming. In dergelijke situaties kan het voorkomen dat in meerdere pakketten horizontale verspreiding optreedt. Uit de doorsnede blijkt dat bij deze lokatie verspreiding op kan treden in zowel het Nuenen pakket als in het Veghel/Sterksel pakket. Deze laatste is het regionale watervoerend pakket. Dit is een situatie die in de Centrale Slenk -grote delen van Noord-Brabant en Limburg- algemeen voorkomt.

In de doorsnede valt op dat onder de stortplaats sprake is van een sterke verticale stromingscomponent. Dit wordt veroorzaakt door een sterke opbolling van percolatiewater in het stort. De verblijftijd in het Nuenenpakket bedraagt desalniettemin 30 jaar of meer. Dit houdt in dat het ontwerp van een monitoringssysteem voor het watervoerend pakket alleen op de lange termijn zin heeft. Stortplaats De Vlagheide is begin zestiger jaren opgericht. Momenteel kan de verontreiniging zich in het watervoerend pakket bevinden en derhalve is de aanleg van een monitoringssysteem in zowel deklaag als watervoerend pakket zinvol. Voor een nieuwe stortplaats zou het tijdstip van eerste monitoring in het eerste watervoerend pakket op circa 30 jaar liggen en de inrichting van een monitoringssysteem in dit pakket kunnen worden uitgesteld.

Schematisering leemlaag en bentonietscherm

De leemlaag op 5 m-mv en het daarop aansluitende bentonietscherm worden beschouwd als een afgesloten kuip onder de gehele stortplaats. De bovengelegen stort is niet voorzien van een onderafdichting zoals omschreven in de richtlijnen. De begrenzing van de kuip wordt daarom gezien als startpunt van de verontreinigingspluim. Ten behoeve van de pluimberekening in het Nuenen-

pakket wordt de oorsprong van de pluim gekozen aan de onderzijde van de leemlaag ter plaatse van het bentonietscherm.

7.4.4 Pluim- en frequentieberekeningen

Pluimberekeningen

Uit de formules die zijn opgesteld voor de optimalisatie van de frequentie en het monitoringsnetwerk, blijkt dat ten behoeve van het monitoringsnetwerk pluimen moeten worden berekend met een lengte gelijk aan de helft van de monitoringszone (zie § 4.6). Bij het uitwerken is gekozen voor de volgende monitoringszones: 25, 50, 125 en 250 meter.

Dit betekent dat pluimen moeten worden berekend met lengten van 12,5, 25, 62,5 en 125 meter vanaf de rand van de stortplaats. Daarbij is sprake van twee pakketten waar horizontale verspreiding op kan treden.

In het Nuenenpakket worden pluimen gemodelleerd als gevolg van een puntbron onder de leemlaag. De pluimen in het watervoerend pakket ontstaan ten gevolge van een cirkelvormige bron op de overgang tussen deze twee pakketten. De diameter en de concentratie verdeling van deze cirkelvormige bron zijn eveneens bepaald met een pluimberekening. Uit deze berekening blijkt dat circa 75 % van de verontreiniging door een cirkel met een diameter van 5 meter stroomt. Voor de berekening van de horizontale verspreiding in het watervoerend pakket is in plaats van de gebruikelijke puntbron, gerekend met een bron van 5 meter breed. Geschematiseerd komt dit overeen met een strook van 5 meter die aan weerszijden begrensd wordt door de helft van een pluim die ontstaat wanneer uitgegaan wordt van een puntbron. Een verdere vereenvoudiging bestaat hieruit dat de oorsprong van deze pluimen ter hoogte van de rand van de stortplaats worden gekozen. Gezien het stroombanenpatroon in figuur 2 lijkt deze aanname gerechtvaardigd.

De volgende uitgangspunten zijn verder gehanteerd bij de pluimberekeningen:

- de volgende invoerconcentraties zijn afgeleid uit de percolaatgegevens van de stortplaats:
  - chloride 1500 mg/l (signaalwaarde monitoring 65 mg/l);
  - vluchtige aromatische koolwaterstoffen 500 μg/l (signaalwaarde 0,5 μg/l);
- de VAK zijn als som beschouwd met een retardatiefactor van 3, hetgeen voor benzeen overeenkomt met een organisch stofgehalte in het pakket van 0,5 %. Voor ethylbenzeen, tolueen en de xylenen is dit een nog ongunstiger aanname van 0,1 of 0,2 %. In de analysekosten maakt het gebruik van alle VAK niet of nauwelijks verschil, terwijl de betrouwbaarheid van het monitoringssysteem stijgt. De reistijd door de deklaag voor aromaten bedraagt 90 jaar. De retardatiefactoren zijn afgeleid uit (Lagas et.al., 1990);
- de pluim ontstaat als gevolg van een puntbron. De volumestroom van de puntemissie is gesteld op 1,5 m^3/dag. Dit komt overeen met een stroom van 50 mm/jr over een oppervlak van 100 x 100 m^2. Op de stort is een kleilaag aanwezig van 20 cm, die infiltratie-remmend werkt en naar verwachting een percolaat tot gevolg heeft van 50 mm/jr. Het oppervlak is gekozen naar aanleiding van de schaalgrootte van de stort en de schematisatie van de

leemlaag. Binnen de 'kuip' is sprake van een opbolling die zich uitstrekt over een nog groter oppervlak;
- de dikte van het Nuenenpakket en het gedeelte van het watervoerend pakket waarin een pluim ontstaat zijn aangenomen op 20 meter (zie figuur 2);
- de dispersie blijkt maatgevend voor de pluimbreedte. Dispersie is een fenomeen dat nog niet exact kan worden gemodelleerd. Met name bij grote verschillen tussen de bronconcentratie en de signaalwaarde wordt te veel 'verstrooiing' berekend en treden afwijkingen op in de begrenzingen van de pluimen. De pluimen zijn langer en breder, met andere woorden de monitoringsfrequentie wordt te hoog berekend en de netwerkdichtheid te laag. Voor een definitieve invulling van een ontwerpprocedure is aanvullend onderzoek gewenst naar de pluimmodellering.

De dispersielengte is in deze studie aangenomen op:

$$L_{disp} = 0{,}32 * \text{pluimlengte}^{0{,}83}$$

De resultaten van de pluimberekeningen zijn aangegeven in onderstaande tabel.

Tabel 1 Resultaten pluimberekeningen (verspreidingsbreedte in meter en looptijd[4] in jaar)

Breedte monitoringszone: (=2 * pluimlengte)	Verspreiding in Nuenen pakket (deklaag)		Verspreiding in watervoerend pakket	
	chloride	VAK	chloride	VAK
25 m (pluimlengte 12,5 m)				
• pluimbreedte (m)	8	8	13	13
• looptijd (jr)	1,5	2,5	30,5	91
50 m (pluimlengte 25 m)				
• pluimbreedte (m)	13	14	16	19
• looptijd (jr)	3	5	31	92
125 m (pluimlengte 62,5 m)				
• pluimbreedte (m)	30	33	29	31
• looptijd (jr)	11	18	34	95
250 m (pluimlengte 125 m)				
• pluimbreedte (m)	56	64	49	69
• looptijd (jr)	27	43	41	104

N.B. Opgemerkt moet worden dat de pluimberekening voor de monitoringszones van 25 en 50 meter voor het watervoerend pakket een erg grove benadering zijn van de werkelijkheid. De verticale schaal (en verspreiding) en de oorsprong van de pluimen gaan dan een grote rol spelen.

[4] De looptijd is de periode die het verontreinigingsfront nodig heeft om een afstand gelijk aan de helft van de monitoringszone te bereiken.

Uit deze tabel kan direct worden afgeleid dat bij de huidige leeftijd van de stortplaats monitoring van aromaten in het watervoerend pakket vooralsnog weinig zinvol is.

Monitoringsfrequentie

De periode tussen twee monitoringsronden T_p is gelijk aan M/2 * v, waarbij M de breedte van de monitoringszone is en v de verplaatsingssnelheid van het verontreinigingsfront. De breedte van de monitoringszone wordt gekozen de verplaatsingssnelheid van het verontreinigingsfront kan op twee manieren worden bepaald. Een eenvoudige bepaling is mogelijk op basis van de Darcy-snelheid en de theoretische retardatiefactoren. Het effect van dispersie en verdunning wordt dan niet in rekening gebracht. Correcter is een bepaling met behulp van de berekende pluimen. Door de lengte van de pluim te delen door de looptijd is een nauwkeuriger bepaling van de verplaatsingssnelheid mogelijk. Bij grotere pluimlengten gaan verdunning en onderscheiding ten aanzien van een achtergrondwaarde een rol spelen. De te bepalen monitoringsperiode heeft men name betrekking op de verspreiding tussen monitoringslijn en monitoringsgrens (zie figuur 1). Door de pluimlengte te nemen die gelijk is aan de helft van de monitoringszone en de bijbehorende leeftijd, wordt een worst case benadering gekozen.

Indien de monitoringsperiode wordt bepaald met behulp van de pluimberekening, dan is de monitoringsperiode gelijk aan de leeftijd van de pluim bij het bereiken van de helft van de monitoringszone (0,5 M).

Bijvoorbeeld: de monitoringszone is 125 meter. In het watervoerend pakket is de verplaatsingssnelheid 62,5/4 = 15,6 m/jr. De monitoringsfrequentie bedraagt dan 1 maal per 11 jaar.

In voorgaande tabel kan de periode tussen twee monitoringsronden derhalve reeds worden teruggevonden. In onderstaande tabel zijn de bemonsteringsfrequenties (in aantal/jaar) gegeven die zijn afgeleid uit de berekende pluimen.

Tabel 2 Bemonsteringsfrequenties in aantal/jaar

Breedte monitoringszone:	Nuenen pakket (deklaag)		Watervoerend pakket	
	chloride	VAK	chloride	VAK
25 m	0,7	0,4	2	1
50 m	0,33	0,2	1	0,5
125 m	0,1	0,04	0,25	0,2
250 m	0,04	0,02	0,1	0,07

N.B. In de huidige Richtlijn drainage- en controlesystemen staat een maximale monitoringsperiode aangegeven -onder andere voor referentiemetingen- van 1 maal per 2 jaar, hetgeen overeenkomt met een frequentie van 1. Naar verwachting zal deze periode in de praktijk worden gehanteerd.

Uit deze tabel kan worden afgelezen, dat alleen in het watervoerend pakket meer dan 1 maal per jaar behoeft te worden gemonitoord. Bij bijvoorbeeld een monitoringszone van 50 meter moet 1 maal per jaar worden gemonitoord in het

watervoerend pakket en 1 maal per 3 jaar in de deklaag van het Nuenenpakket. Zoals al aangegeven bij tabel 2 wordt echter verwacht dat een monitoringsfrequentie van 1 maal per jaar, overeenkomstig de richtlijnen, zal worden gehanteerd als praktische bovengrens.

7.4.5 Netwerkontwerp

Het monitoringsnetwerk bestaat uit de signaleringspeilbuizen aan stroomafwaartse zijde en de referentiepeilbuizen aan de bovenstroomse zijde.

Filterstelling

De filterstelling is voor de gepresenteerde opzet onafhankelijk van het horizontale netwerk en wordt voor de signalerings- en referentiepeilbuizen gelijk gekozen. Dit gebeurt op basis van het gestelde in § 4.4 (filterstelling). Uitgaande van de stroombanen in figuur 2 en de watervoerende pakketten van 2 x 20 meter liggen de volgende filterstellingen voor de hand: van 10 tot 15 m-mv en van 30 tot 35 m-mv.

Referentiebuizen

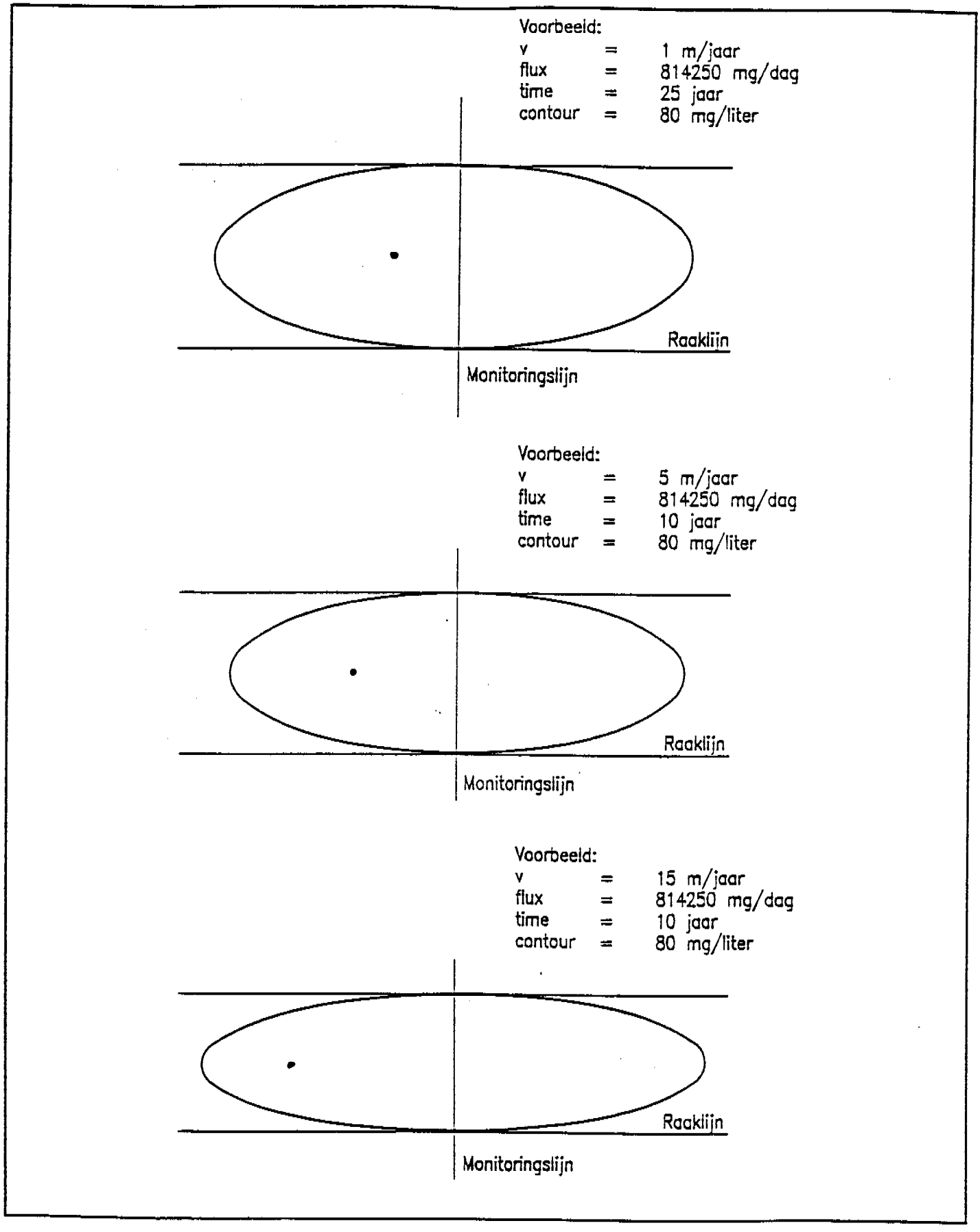
Bij de gegeven afmetingen van de stortplaats, een bovenstroomse zijde met een lengte van circa 750 meter wordt een onderlinge afstand voorgesteld van 150 meter, te meten loodrecht op de grondwaterstromingsrichting. Ten aanzien van het early warning karakter van het monitoringssysteem is de exacte lokatie van deze peilbuizen minder relevant. De waarde van 150 meter is gebaseerd op literatuurgegevens (Christensen et. al., 1991). Voorgesteld wordt om voor de afstand tot de stortplaats uit te gaan van een afstand gelijk aan de monitoringslijn, met een minimum van 10 meter.

Signaleringspeilbuizen

De signaleringspeilbuizen liggen op de monitoringslijn op een onderlinge afstand gelijk aan de berekende pluimbreedte.

Monitoringslijn

De pluimvorm en dus ligging van de monitoringslijn blijken vrijwel onafhankelijk te zijn van de aard van de verontreinigende stof (zie tabel 1). De monitoringslijn moet bij voorkeur worden gekozen ter plaatse van het breedste punt van de pluim. Dit is bij het raakpunt van de contour met de raaklijn parallel aan de lengteas van de pluim, hetgeen afhankelijk is van met name de stroomsnelheid (zie figuur 4). In de praktijk zal de monitoringslijn zich bevinden tussen 0,1 * M en 0,25 * M (M = breedte monitoringszone = 2 * pluimlengte vanaf bron). Bij De Vlagheide ligt de monitoringslijn in het Nuenenpakket op circa 0,1 * M en in het watervoerend pakket op circa 0,15 * M (v = respectievelijk 2 en 6 m/jr). Voor de praktische uitvoering is één monitoringslijn gewenst met -zo mogelijk- gelijkvallende monitoringspunten. Voorgesteld wordt een monitoringslijn op circa 0,15 * M. In onderstaande tabel zijn de afstanden tussen de stortplaats en de gekozen monitoringslijnen weergegeven.



Figuur 4 Case-study 'De Vlagheide' te Schijndel, Voorbeelden ligging monitoringslijnen

Tabel 3 Afstand tussen stortplaats en monitoringslijnen (meter)

	Breedte monitoringszone (m)			
	25	50	125	250
Ligging monitoringslijn (m vanaf stort)	4	8	19	37,5

Ten gevolge van voorkeursstromingen en heterogeniteiten is een monitoringslijn op minder dan 10 meter van de stortplaats af te raden.

Afstand monitoringspunten op monitoringslijn

De onderlinge afstand van de monitoringspunten op de monitoringslijn is in principe gelijk aan de pluimbreedte. Een maat die voor alle verontreinigende stoffen en voor beide geïdentificeerde watervoerende lagen geldt is praktisch. Uit tabel 1 blijkt dat de spreiding in de pluimbreedten gering is. Chloride in het Nuenenpakket is maatgevend. Dit leidt tot de volgende afstanden en aantallen peilbuizen, uitgaande van een peilfilter per pakket en een lengte van de monitoringslijn van 750 meter.

Tabel 4 Afstand tussen monitoringspunten (m) en aantallen

	Breedte monitoringszone (m)			
	25	50	125	250
Onderlinge afstand monitoringspunten (m)	8	13	30	50
Aantal peilfilters (2 filters per monitoringspunt)	188	115	50	30

In figuur 3 is het netwerk aangegeven bij een monitoringszone van 250 meter. Uit deze figuur blijkt dat het fysieke deel van het monitoringssysteem (de peilbuizen) relatief dicht tegen de stortplaats aan ligt. De virtuele elementen, zoals monitorings- en controlegrenzen, liggen beduidend verder verwijderd.

7.4.6 Tijdstip eerste monitroing

Uit de leeftijd van de pluimen (tabel 1) volgt dat het tijdstip van eerste monitoring voor beide pakketten en alle monitoringszones reeds is aangebroken. De stortplaats stamt uit het begin van de zestiger jaren. Alleen de monitoring in het eerste watervoerend pakket van componenten met een retardatie van 1,5 of meer heeft vooralsnog geen zin.

7.4.7 Kosten monitoringssysteem

De kosten van het monitoringssysteem zijn opgebouwd uit investerings- en exploitatiekosten. De hierna genoemde kosten zijn indicatief geschat.

De investeringskosten van het monitoringssysteem worden gelijk gesteld aan de totaal geïnstalleerde peilbuislengte (35 meter per peilbuis) vermenigvuldigd met een eenheidsprijs van *f* 250,=.

De exploitatiekosten zijn afhankelijk van het aantal peilfilters, de bemonsteringskosten, het analysepakket en de bemonsteringsfrequentie. Het aantal filters en de frequentie volgen uit de ontwerpprocedure en zijn opgenomen in respectievelijk tabel 2 en 4.

Over de kosten voor bemonstering en analyses is het volgende te melden:

- Per peilfilter wordt *f* 100,= gerekend voor bemonstering. Dit omvat schoonpompen van een diep filter, het nemen van een grondwatermonster en het meten van pH, geleidbaarheid en temperatuur;
- Het analysepakket bestaat uit chloride en VAK, waarbij VAK even vaak wordt bepaald als chloride. Het verschil in de bemonsteringsperioden van chloride en VAK bedraagt geen hele factor (minder dan 2), zodat ze afzonderlijk zouden moeten worden bemonsterd. Dit werkt kostenverhogend. Daarom wordt voorgesteld telkens het gehele pakket te analyseren. De selectie van een tweede anorganische component, bijvoorbeeld ammonium, is wenselijk. De gemiddelde kosten van een analysepakket bestaande uit chloride, ammonium en VAK bedragen circa *f* 200,=.

Voor elk peilfilter wordt derhalve een prijs van *f* 300,= gehanteerd. De exploitatiekosten worden berekend door de frequentie te vermenigvuldigen met het aantal peilfilters en de kosten per filter. De minimaal gehanteerde frequentie is aangenomen op 1 maal per 2 jaar, overeenkomstig de RDS (VROM, 1993), met name geschikt voor de monitoringszone met een breedte van 125 en 250 meter. Dit is ook een in de praktijk te hanteren frequentie.

In tabel 5 is een overzicht gegeven van de kosten voor de gekozen monitoringszones.

Tabel 5 Investerings- en exploitatiekosten monitoringssysteem (exclusief onderhoud en vervanging)

	Breedte monitoringszone (m)			
	25	50	125	250
Investeringskosten (in *f*)	875.000,=	560.000,=	271.250,=	183.750,=
Exploitatiekosten (in *f*/jr)	78.000,=	28.800,=	9.300,=	6.300,=
Gekapitaliseerde kosten (1000 jr, 4 %) (exclusief onderhoud en vervanging)	2.825.000,=	1.280.000,=	503.750,=	341.250,=

Monitorings- versus saneringskosten

Uit de tabel met monitoringskosten blijkt dat de kosten van het monitoringssysteem sterk afnemen met het toenemen van de monitoringszone. Omdat ook binnen de grootste monitoringszone geen stabiele verontreinigingspluimen ontstaan en altijd sprake is van een groter wordende verontreinigingsomvang, kan een (ruwe) vergelijking worden gemaakt met de saneringskosten.

In het theoretische geval dat één pluim ontstaat in een van de twee pakketten, bedraagt het maximaal verontreinigd volume grondwater bij benadering:

volume = monitoringszone * onderlinge afstand peilbuizen * dikte pakket * porositeit

ofwel

$V = M * L_1 * D / 3$

Als daarnaast wordt aangenomen dat sprake is van een gemiddeld concentratieniveau -van percolaat tot signaalwaarde-, een benodigde doorspoelfactor van 2 - 3 en het verdelen van de installatiekosten over het volume te reinigen grondwater, dan wordt de eenheidsprijs voor het saneren van het grondwater geschat op circa *f* 20,=/m³. De saneringskosten worden vervolgens geraamd door het volume met de eenheidsprijs per m³ te vermenigvuldigen. Omdat bij geringere volumes het aandeel voor de installatiekosten relatief hoger is, vallen de berekende saneringskosten voor de kleinere monitoringszones laag uit.

In de onderstaande tabel is deze berekening uitgevoerd voor de vier monitoringszones.

Tabel 6 Ruwe schatting saneringskosten

	Breedte monitoringszone (m)			
	25	50	125	250
Onderlinge afstand monitoringspunten (m)	8,=	13,=	30,=	50,=
Verontreinigd volume grondwater (m³)	1.333,=	4.333,=	25.000,=	83.333,=
Kosten voor sanering (*f*)	26.700,=	86.700,=	500.000,=	1.666.700,=

N.B. Aan deze getallen kan geen absolute waarde worden toegekend en gelden alleen voor één pluim!

Alhoewel de berekende kosten niet meer dan een indicatie geven van de werkelijke kosten, kan met deze getallen een monitoringszone worden gezocht waar een minimum optreedt van monitorings- en saneringskosten als sprake is van één enkele pluim. Bij een kleine monitoringszone zijn de monitoringskosten hoog en de saneringskosten laag. Bij een grote monitoringszone is dit omgekeerd. Uit de globale cijfers kan worden afgeleid dat voor stortplaats De Vlagheide de optimale monitoringszone circa 100 meter breed is.

Indien meer pluimen tegelijkertijd optreden zijn de saneringskosten hoger. De saneringskosten zijn beduidend lager als de pluim niet precies tussen twee peilbuizen, maar precies in het verlengde van een monitoringspeilbuis ontstaat.

Tabel 7 Samenhang tussen breedte monitoringszone en monitorings- en saneringskosten

	Breedte monitoringszone (m)			
	25	50	125	250
Ligging monitoringslijn (m vanaf stort)	4	8	19	37,5
Onderlinge afstand monitoringspunten (m)	8	13	30	50
Aantal peilfilters (2 per monitoringspunt)	188	115	50	30
Investeringskosten (in *f*)	875.006	560.000	271.250	183.750
Exploitatiekosten (in *f*/jr)	78.000	28.800	9.300	6.300
Gekapitaliseerde kosten (*f*)	2.825.000	1.280.000	503.750	341.250
Geschatte saneringskosten (*f*)	26.700	86.700	500.000	1.666.700

De consequenties van de keuze van de breedte van de monitoringszone voor de monitorings- en saneringskosten zijn samengevat in tabel 7. Tabel 7 is een samenvatting van tabel 3, 4, 5 en 6.

7.5 Conclusies case-study

De volgende conclusies worden getrokken naar aanleiding van de case study:

- de opgezette ontwerpprocedure is goed toepasbaar voor een situatie zoals deze zich voordoet bij stortplaats De Vlagheide zonder grondwateronttrekkingen. In werkelijkheid is bij De Vlagheide namelijk een beheerssysteem actief, waardoor de ontwerpprocedure niet toepasbaar is;

- de controledrainage van De Vlagheide is niet overal aanwezig. In andere delen ontbreekt de percolaatdrainage. Een controledrainage heeft tot doel een vroegtijdige signalering en ook lokalisering van het falen van de afdichtingen. Bij de gegeven lengte van de controledrainage, het onderscheid tussen percolaat- en achtergrondconcentraties en de levensduur/betrouwbaarheid van de drainage, is een controledrainage slechts ten dele effectief. Een monitoringssysteem met peilbuizen is noodzakelijk om het ontbreken en tekortkomen van de controledrainage te ondervangen;

- een monitoringszone van circa 100 meter breed verdient de voorkeur op basis van een globale vergelijking tussen monitorings- en saneringskosten, heeft een gunstige ligging van de monitoringslijn op circa 15 meter van de stortplaats en heeft een onderlinge peilbuisafstand van ongeveer 25 meter, wat overeenkomt met de waarde uit de richtlijn drainagesystemen en controlesystemen;

- bij kleine monitoringszones is het monitoringssysteem gevoelig voor heterogeniteiten en voorkeursstromingen. Peilbuizen op korte afstand van de stortplaats (< 10 meter) moeten worden vermeden;

- de berekende pluimen worden in theorie niet stabiel binnen de maximaal gekozen monitoringszone; sprake zal zijn van een voortgaande verspreiding. Indien de grondwaterstroming niet wordt beïnvloedt, zal in theorie geen

beheersingssituatie ontstaan. In praktijk kan dit niettemin het geval zijn ten gevolge van verdunning, adsorptie en afwijkende bronconcentraties. Bij een voortgaande verspreiding is een vergelijking tussen monitorings- en saneringskosten mogelijk;

- het gebruik van monitoringsparameters die niet of nauwelijks retarderen verdienen sterk de voorkeur. De analyse op parameters die wel retardatie ondervinden is in het kader van een tijdige signalering weinig zinvol;

- de identificatie van watervoerende pakketten kan in de praktijk complex blijken;

- de berekende monitoringsfrequenties zijn veelal lager dan 1 maal per 2 jaar. De huidige richtlijnen geven aan dat dit een minimaal te hanteren frequentie is. Ook met het oog op onderhoud is een lagere frequentie niet wenselijk.

- de gebruikte beschrijving van de dispersie is minder geschikt voor toepassing binnen de ontwerpprocedure. Deze beschrijving wordt echter algemeen toegepast bij de stoftransportmodellering. De ontwikkeling van een geschiktere beschrijving moet worden gestimuleerd.

8 Discussie en gevolgen voor concept-procedure

8.1 Discussie

8.1.1 Monitoringsinspanning

Bij aanvang van deze studie is er van uit gegaan dat de aard van het voorzieningenniveau van invloed zou zijn op het ontwerp van monitoringssysteem. Gaandeweg de studie bleek echter dat de aard van het voorzieningenniveau niet bepalend was voor het ontwerp van het monitoringssysteem. Sterker nog, bij een laag voorzieningenniveau is sprake van een grotere emissie en dus van omvangrijkere pluimen en daardoor een grotere trefzekerheid van het monitoringssysteem. Het omgekeerde geldt ook. Bij een hoog voorzieningenniveau zal slechts sprake zijn van kleine emissies. De detectie van dergelijke emissies vereist een zeer intensief monitoringssysteem. Op het moment dat een verontreiniging moet worden waargenomen is het niet meer van belang of deze afkomstig is van een stortplaats met zeer goede isolerende voorzieningen of dat deze zeer matig van kwaliteit zijn. In beide gevallen is, door welke oorzaak dan ook, sprake van een emissie.

8.1.2 Nut voorzieningenniveau

Uit de pluimberekeningen komt duidelijk naar voren dat de kans dat verontreinigingen binnen de controlezone blijven, afhankelijk is van de emissie en dus van de kwaliteit van de afdichtingsconstructie. Het nut van het voorzieningenniveau moet vooral worden gezien in de beperking van de emissie naar de bodem en als gevolg daarvan beperking van de kans op ontoelaatbare verspreiding buiten de controlezone. Het monitoringssysteem is in die zin onderdeel van het voorzieningenniveau, omdat het een eventuele verspreiding zal signaleren. In een eventuele kosten/baten analyse van de aanleg van voorzieningen moet daarom een afweging worden gemaakt tussen de kosten van de gehele inrichting (inclusief monitoringssysteem) tegen de te verwachten saneringskosten en niet tussen het voorzieningenniveau enerzijds en de monitoringsinspanning anderzijds.

Omdat de ontwerpprocedure uitgaat van het ontstaan van verontreinigingspluimen als basis voor het ontwerp, is het wel van belang om inzicht te hebben in de omvang van een eventuele emissie. In de onderhavige studie is gerekend met een emissie gebaseerd op een geschatte lekstroom. Indien de ontwerpprocedure in de praktijk toegepast gaat worden dient in principe per type voorziening of combinatie van voorzieningen een waarde voor de te verwachten lekstroom bekend te zijn.

8.1.3 Monitoringszone

De maximale ligging van de monitoringszone is afhankelijk van de lokatie-specifieke randvoorwaarden zoals genoemd in schema 3. Dit zijn onder andere randvoorwaarden van technische, milieuhygiënische en juridische aard. Daarnaast kan een maximale signaleringstijd als randvoorwaarde worden gehanteerd.

In de Richtlijn drainage- en controlesystemen wordt bijvoorbeeld uitgegaan van 15 jaar als maximale signaleringstijd. Ondanks deze randvoorwaarden leidt dit niet tot een concreet maximum voor de monitoringszone. Daarvoor kan in individuele gevallen de monitoringszone erg groot worden, bijvoorbeeld in gebieden met een relatief hoge grondwaterstromingssnelheid.

Voorgesteld wordt 100 meter als maximum te hanteren voor de monitoringszone. Deze maat valt in het algemeen binnen de dimensies van de stortplaats, laat voor het praktijkvoorbeeld (De Vlagheide) een gunstige verhouding zien tussen monitorings- en saneringskosten en sluit in de meest voorkomende situaties goed aan bij de maximale signaleringstijd van 15 jaar.

8.1.4 Monitoringsfrequentie

De ontwerpprocedure is gebaseerd op een optimalisatie tussen de dichtheid van het netwerk en de monitoringsfrequentie. Het blijkt dat sprake is van optimalisatie indien voor het tijdstip van signalering uitgegaan wordt van een afstand gelijk aan de helft van de monitoringszone. Uit het praktijkvoorbeeld van De Vlagheide bleek dat dit uitgangspunt leidt tot een monitoringsfrequentie die in veel gevallen lager ligt dan de tot nu toe gebruikelijke 1 maal per jaar en zelfs lager dan de minimum frequentie van 1 maal per 2 jaar. Hoewel deze monitoringsfrequentie onderbouwd is, is deze lage frequentie weinig praktisch en kan verwacht worden dat het bevoegd gezag hiermee niet accoord zal willen gaan. Ook uit het oogpunt van onderhoud is een bemonsteringsfrequentie van maximaal 1 maal per 2 jaar een meer voor de hand liggende maat.

8.2 Gevolgen voor ontwerpprocedure

8.2.1 Uitgangspunten

Uit de discussie naar aanleiding van de case study komt naar voren dat behoefte bestaat aan richtinggevende uitgangspunten. De in hoofdstuk 4 gepresenteerde methodiek laat nog te veel mogelijkheden open en leidt niet tot een eenduidig en reproduceerbaar monitoringssysteem.

In de vorige paragraaf zijn hiertoe ondermeer al de volgende uitgangspunten aangedragen:

- de maximale breedte van de monitoringszone wordt voorgesteld op 100 meter;
- de bijbehorende signaleringstijd mag maximaal 15 jaar bedragen;
- de minimale monitoringsfrequentie is 1 maal per twee jaar;
- de interventie zone wordt vooralsnog gelijk gesteld aan 0 meter.

Met behulp van deze uitgangspunten kan de ontwerp-methodiek worden aangepast. De definitieve methodiek wordt de ontwerpprocedure monitoring.

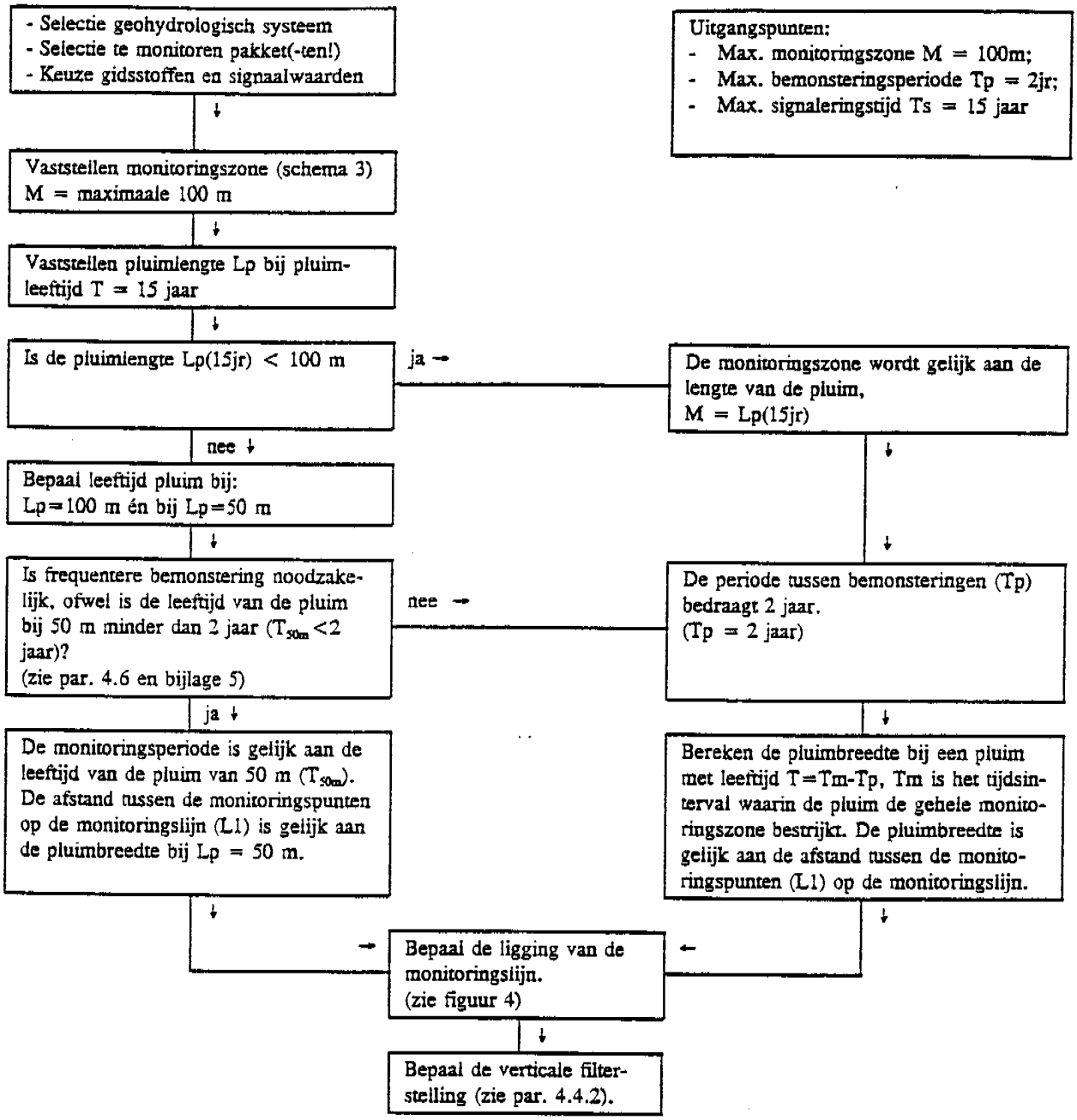
8.2.2 De aangepaste ontwerpprocedure

In schema 7 wordt de aangepaste procedure gepresenteerd. In de aangepaste ontwerpprocedure wordt primair uitgegaan van een maximale monitoringszone van 100 meter, een minimale bemonsteringsfrequentie en een maximale signaleringstijd.

Aan de hand van de maximale signaleringstijd kan worden vastgesteld of de monitoringszone wellicht kleiner moet zijn dan 100 meter. Dit is zo als 15 jaar na het ontstaan van een verontreiniging de default gekozen zone van 100 meter niet wordt overschreden.
Als de verontreiniging zich binnen de maximaal toegestane periode tussen twee bemonsteringen verspreidt over meer dan de helft van de monitoringszone, is een frequentere bemonstering noodzakelijk.

Indien de frequentie niet wordt verhoogd, kan in dat geval een verontreiniging die tijdens bemonstering nog net niet op de monitoringslijn is aangekomen, zich binnen een monitoringsperiode (T_p) verspreiden tot buiten de monitoringszone.

Het monitoringsnetwerk wordt vervolgens in alle gevallen bepaald door de verontreinigingspluim te berekenen op een tijdstip T_p vóór het bereiken van de monitoringsgrens (zie figuur 1). De breedte van deze pluim is gelijk aan de afstand tussen de monitoringspunten. De ligging van de monitoringslijn kan worden bepaald door een raaklijn te bepalen evenwijdig aan de lengte-as van de pluim (zie figuur 4).



Indien meer dan één watervoerend pakket is geselecteerd, moet deze procedure worden herhaald voor de overige watervoerende pakketten.

Schema 7 Aangepaste ontwerpprocedure monitoring

9 Conclusies

De volgende conclusies kunnen worden geformuleerd:

- de zekerheid en efficiëntie van een monitoringssysteem moeten niet zozeer worden gezocht in een hoge bemonsteringsfrequentie alswel in een hoge netwerkdichtheid;

- Een eenduidige en reproduceerbare ontwerp-procedure is alleen mogelijk als uitgangspunten worden gekozen voor de maximale monitoringszone, -periode en signaleringstijd. Een maximale monitoringszone van 100 meter, een maximale periode van 2 jaar en een maximale signaleringstijd van 15 jaar worden vooralsnog gezien als geschikte uitgangspunten, die kunnen leiden tot een kosteneffectief en betrouwbaar monitoringssysteem.

- de ontwerpprocedure leidt tot een monitoringssysteem met een relatief hoge netwerkdichtheid die direct afhankelijk is van de breedte van de monitoringszone. Hoe groter de monitoringszone, hoe groter de onderlinge afstand tussen de peilbuizen. De effectiviteit van een dergelijk systeem wordt meer gezocht in een sluitend (en dus dichter) peilbuizennetwerk dan in een uitgebreid en vaak uitgevoerd analysepakket;

- het gebruik van monitoringsparameters die niet of nauwelijks retarderen verdient de voorkeur. Het gebruik van parameters die wel retarderen is in het kader van een tijdige signalering weinig effectief en werkt in de meeste gevallen onnodig kostenverhogend;

- ten gevolge van verdunnings- en afbraakprocessen worden in veel gevallen voor representatieve stortparameters na verloop van tijd stabiele verontreinigingspluimen berekend. Het is zaak het monitoringssysteem zo te ontwerpen, dat deze stabiele contouren binnen de monitoringszone vallen. In dat geval is sprake van een stabiel IBC-situatie;

- het voorzieningenniveau heeft geen invloed op het netwerkontwerp. De meerwaarde van het voorzieningenniveau moet gezocht worden in een vermindering van het risico dat op termijn sanerings- of beheersmaatregelen genomen moeten worden;

- bij kleine monitoringszones is het monitoringssysteem gevoelig voor heterogeniteiten en voorkeursstromingen. Peilbuizen op korte afstand (< 10 meter) van de stortplaats moeten worden vermeden;

- vergelijking van het monitoringssysteem ontworpen op basis van de in deze studie opgestelde ontwerpprocedure met de Richtlijn drainage- en controlesystemen grondwater voor stort- en opslagplaatsen laat zien dat deze op een aantal punten afwijken:
  - het analysepakket kan worden beperkt tot een beperkt aantal (conservatieve) monitoringsparameters. In de ontwerpprocedure wordt

onderbouwd waarom met een beperkt pakket toch een grote betrouwbaarheid bereikt wordt;
  - als gevolg van de meestal trage grondwaterstromingssnelheid kan de analysefrequentie in veel gevallen worden teruggedrongen tot 1 x per jaar of minder. In de richtlijn wordt zondermeer uitgegaan van een frequentie van 1 maal per jaar. Een onderbouwing van deze aanbevolen frequentie wordt niet gegeven;
  - een grote netwerkdichtheid verdient de voorkeur boven een uitgebreid analysepakket. In de richtlijn wordt de netwerkdichtheid niet onderbouwd;
  - de ontwerpprocedure gaat uit van een keuze voor de afstand tussen monitoringslijn en bron. Deze afstand is mede bepalend voor de dichtheid en de frequentie van het monitoringssysteem. In de richtlijn wordt niet expliciet ingegaan op de plaatsing van de monitoringspeilbuizen ten opzichte van de bron en de consequenties van een dergelijke keuze;
  - in de richtlijn wordt aangenomen dat naast de controledrainage (horizontaal systeem) altijd een verticaal systeem noodzakelijk is om het falen van de controledrainage te kunnen signaleren, omdat een horizontale controledrainage niet onder alle omstandigheden effectief is. Geconcludeerd wordt dat een horizontaal en een verticaal systeem niet in alle gevallen aanvullend zullen zijn. Ze dienen elk afzonderlijk effectief te zijn;

- geohydrologisch beheerste stortplaatsen kunnen met behulp van stijghoogtemonitoring worden gemonitoord, mits het ontwerp betrouwbaar is;

- filterlengten van circa 5 meter verdienen de voorkeur om het risico van falen van het monitoringssysteem als gevolg van heterogeniteiten te vermijden;

- de verticale filterstelling moet altijd worden gebaseerd op een geohydrologische systeemanalyse;

- de netwerkdichtheid is direct afhankelijk van de pluimbreedte. De pluimbreedte is direct afhankelijk van de ingevoerde dispersiviteit. Voor toepassing van stoftransportmodellen voor pluimberekeningen bij het ontwerp van monitoringssystemen treden afwijkingen op als gevolg van de algemeen gehanteerde dispersievergelijkingen.

10 Aanbevelingen

De volgende aanbevelingen worden gedaan:

- de in onderhavige studie opgestelde concept-richtlijnen te toetsen bij het bevoegd gezag. Overwogen kan worden hiervoor een aparte (verkorte) discussienotitie op te stellen;

- verdere uitwerking en onderbouwing van de keuze tussen de aanleg van een horizontaal en een verticaal controlesysteem;

- het uitvoeren van een kosten/batenanalyse van een monitoringssysteem uitgaande van de Richtlijn drainage- en controlesystemen en de hier gepresenteerde concept-richtlijnen. Op deze wijze wordt het (milieu)rendement van de voorgestelde concept-richtlijnen geëxpliciteerd;

- het verder uitwerking van richtlijnen voor de monitoring van geohydrologisch beheerste stortplaatsen;

- het verkrijgen van een beter inzicht in de te verwachte emissie na falen van de voorzieningen. De omvang van de emissie moet gerelateerd worden aan de aard van de voorziening.

Literatuurlijst

1 Boels, D., P. Groenendijk, A.G. Hengeveld en N.M. Nass, **Verspreiding van stoffen uit afvalstortterreinen in relatie tot de kwaliteit van de afdichtingen**
ISSN 0927-4499, Rapport 246
DLO-Staring Centrum, Wageningen (1993a)

2 Boels, D., **Studie naar onderafdichtingsconstructies voor afval en reststofbergingen**
ISSN 0927-4499, Rapport 247
DLO-Staring Centrum, Wageningen (1993b)

3 Christensen, T.H., P. Kjeldsen en P.L. Berg, **Monitoring of groundwater at sanitary landfills**
Proceedings Sardinia 1991, p. 1197-1212
CISA - Environmental Sanitary Engineering Centre, Cagliari 1991

4 Grondmechanica Delft, **Risico-analyse bergingslokaties**
in opdracht van Provinciaal Afvalverwijderingsbedrijf Zuid-Holland N.V.
rapport CO-340160/12
Grondmechanica, Delft 1993

5 Grondmechanica Delft, **Kennisdocument monitoring van lokale bodembedreigende activiteiten**
in opdracht van Ministerie van VROM-DGM
rapport CO-343680/39
Grondmechanica, Delft 1994

6 IWACO, **Uitwerking beheersmaatregelen stortplaats De Vlagheide**
in opdracht van Stadsgewest 's-Hertogenbosch
IWACO rapport 332.0260
IWACO B.V., 's-Hertogenbosch 1992

7 IWACO, **Evaluatie nazorg voormalige stortplaatsen Utrecht**
in opdracht van de provincie Utrecht, Dienst Water en Milieu
IWACO B.V., 's-Hertogenbosch 1993a

8 IWACO, **Studie naar de Financiële Omvang van Nazorg voormalige Stortplaatsen (FONS)**
in opdracht van het Ministerie van VROM-DGM
IWACO B.V., 's-Hertogenbosch 1993b

9 IWACO, **Kennisdocument Geohydrologische Isolatie voor bodembescherming**
in opdracht van het Ministerie van VROM-DGM
IWACO rapport 332.7400
IWACO B.V., 's-Hertogenbosch 1994a

10 IWACO, **Ontwerp concept-richtlijnen monitoring IBC-stortplaatsen** notitie fase 1 + 2
in opdracht van Vereniging van Afvalverwerkers
projectnummer 10.4558.0, juni 1994
IWACO B.V., 's-Hertogenbosch 1994b

11 IWACO, **Concept-procedure monitoring stortplaatsen** notitie fase 3
in opdracht van Vereniging van Afvalverwerkers
projectnummer 10.4558.0, september 1994
IWACO B.V., 's-Hertogenbosch 1994c

12 IWACO, **Concept-procedure monitoring stortplaatsen** notitie fase 4
in opdracht van Vereniging van Afvalverwerkers
projectnummer 10.4558.0, 29 november 1994
IWACO B.V., 's-Hertogenbosch 1994d

13 IWACO, **Nazorgplan voormalige stortplaats Mastwijk**
in opdracht van de provincie Utrecht, Dienst Water en Milieu
IWACO B.V., 's-Hertogenbosch 1995

14 Lagas, P., H. Snelting en R. van den Berg, **Verspreiding van stoffen bij bodemverontreiniging**
RIVM rapport nr. 725201002
Rijksinstituut voor de Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Bilthoven 1990

15 Munters, W.H. en P.B.M. Stortelder, **Milieu-effectrapport berging baggerspecie** aanvulling april 1993
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat en Directoraat-Generaal Millieubeheer, 's-Gravenhage 1993

16 Ommen, H. van, **Lange termijn beïnvloeding van grondwaterkwaliteit bij berging van baggerspecie onder (grond)water**
H2O (23), nr. 4, p. 107-109, 1990

17 SDU, **Richtlijn verwijdering baggerspecie**
Tweede Kamer, vergaderjaar 1993-1994, 23 450, nr. 1
SDU Uitgeverij, 's-Gravenhage 1993

18 VROM, **Richtlijn gecontroleerd storten** Uitvoeringsvoorschrift CIV-5
Afvalstoffenwet - Wetgeving inzake afvalstoffen
Uitgever Koninklijk Vermande BV, Lelystad 1985

19 VROM, **Richtlijn drainagesystemen en controlesystemen grondwater voor stort- en opslagplaatsen**
Publikatiereeks bodembescherming nummer 1993/1, VROM 93647/h/12-93
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Directoraat Generaal Milieubeheer, 's-Gravenhage 1993

BIJLAGEN

Bijlage I	Inventarisatie regelgeving
Bijlage II	Overzicht mogelijkheden ingeval controlezone buiten terreingrens
Bijlage III	PLUIM-berekeningen: beschrijving en resultaten
Bijlage IV	Optimalisatie monitoringslijn en -frequentie
Bijlage V	Overzicht normen voor monstername en analyse
Bijlage VI	Schema's behorende bij ontwerpprocedure
Bijlage VII	Samenstelling Begeleidingscommissie

Bijlage I Inventarisatie regelgeving

1 Inventarisatie regelgeving stortplaatsen

1.1 Inleiding

De overheid stelt regels aan monitoringsinspanning bij de opslag van afvalstoffen in stort- en opslagplaatsen. De Wet bodembescherming vormt hiertoe het wettelijk kader. De regels worden vastgelegd in besluiten, aangevuld met richtlijnen. De verzameling van randvoorwaarden gesteld door de centrale overheid is het richtsnoer voor het bevoegd gezag om invulling te geven aan de vergunningsvoorschriften. Voor vergunningverlening in het kader van de voormalige Afvalstoffenwet (Aw-vergunning) en de huidige Wet milieubeheer is de provincie het Bevoegde Gezag voor afvalverwerkingsinrichtingen. Het Bevoegd Gezag stelt voorschriften op met het Stortbesluit en de richtlijnen als toetsingskader. In figuur 1 wordt een overzicht gegeven van de verschillende niveaus van regelgeving.

De hoofdlijnen van de kennis die aan bovenstaande regelgeving ten grondslag ligt is in de Leidraad Storten (1993) gebundeld en geordend. Het document dient als achtergrondinformatie en is richtinggevend voor betrokkenen. Aangezien de inhoud van de Leidraad Storten is opgebouwd uit bestaande informatie die als basis heeft gediend voor de regelgeving, wordt de inhoud van de Leidraad Storten niet als informatiebron voor onderhavige studie aangewend.

Figuur 1 Regelgeving opslag afvalstoffen in stort- en opslagplaatsen

KADERWET	Wet bodembescherming Wet milieubeheer
AMvB	Stortbesluit bodembescherming / uitvoeringsregeling
RICHTLIJN (1)	Richtlijn voor dichte eindafwerking op afval- en reststoffenbergingen
RICHTLIJN (2)	Richtlijn drainagesystemen en controlesystemen grondwater voor stort- en opslagplaatsen
RICHTLIJN (3)	Richtlijn onderafdichtingsconstructies voor stort- en opslagplaatsen
RICHTLIJN (4)	Richlijnen voor baggerspeciestortplaatsen, 1993-1994
VERGUNNINGEN	Afvalstoffenwet (tot 1 maart 1993) Wet milieubeheer vergunning (vanaf 1 maart 1993)

Voor het identificeren van de monitoringsinspanning die door de regelgeving opgelegd danwel voorgeschreven wordt, is de gevraagde monitoringsinspanning uit

bovenstaande documenten geïnventariseerd. Hierbij wordt opgemerkt dat de inventarisatie van de vergunningen is beperkt tot een drietal vergunningen.

1.2 Regelgeving

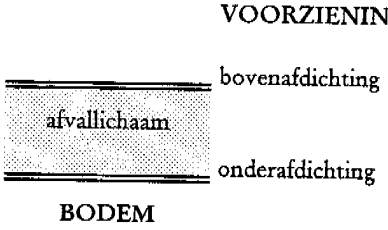
1.2.1 Inleiding

Monitoring omvat een inspanning ten aanzien van alle compartimenten. Bij onderhavig onderzoek wordt de beïnvloeding van bodemkwaliteit als uitgangspunt genomen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen primair twee invalshoeken, zie ook figuur 2:

- monitoring functionaliteit voorzieningen:
  - bovenafdichting: beheersing grensvlak atmosfeer/stortlichaam;
  - onderafdichting: beheersing grensvlak bodem/stortlichaam;
- monitoring (kwaliteit) bodem:
  - grond: potentiële invloedssfeer stortlichaam;
  - grondwater: potentiële invloedssfeer stortlichaam.

Hoewel buiten de directe afbakening van het project worden de overige aspecten ten aanzien van de beheersing van de omgeving (bijvoorbeeld beïnvloeding atmosfeer) ook in de inventarisatie meegenomen.

Figuur 2 Primaire invalshoeken



Bij de inventarisatie van de regelgeving ten aanzien van de opslag van afvalstoffen is verder onderscheid gemaakt in twee bestuurlijke niveaus:

- centrale overheid: algemene regels en voorwaarden voor vergunningverlener;
- provinciale overheid: vergunningverlener (regels voor vergunning aanvrager).

1.2.2 Centrale overheid

Wet bodembescherming (WBB)

Het bodembeschermingsbeleid ten aanzien van lokale verontreinigingsbronnen is erop gericht de belasting van het milieu door afvalstoffen zoveel mogelijk te beperken. Het uitgangspunt hierbij is het behoud van de functies en de kwaliteit van de bodem. Eén en ander is vastgelegd in de Wet bodembescherming (1 januari 1987). Een deel van de invulling van de Wet bodembescherming geschiedt door middel van Algemene Maatregelen van Bestuur (AMvB's).

Stortbesluit bodembescherming (SB)

Regels inzake het storten van afvalstoffen zijn vastgelegd in een AMvB, het Stortbesluit bodembescherming genaamd (1 maart 1993). De voorwaarden ten aanzien van monitoring in het Stortbesluit richten zich op bodembescherming. Hiertoe worden regels gesteld aan de monitoringsinspanning van de milieu-compartimenten bodem en grondwater. Tevens wordt regels verbonden aan de controle van de functionaliteit van de voorzieningen. In schema 1 wordt een overzicht gegeven van de monitoringsregels zoals geformuleerd in de artikelen van het besluit.

Uitvoeringsregeling Stortbesluit bodembescherming (UR)

In de uitvoeringsregeling (23 februari 1993) wordt nadere invulling gegeven aan een aantal artikelen van het Stortbesluit. In hoofdstuk 5 van de uitvoeringsregeling getiteld 'Inspectie van de bodembeschermende voorzieningen en onderzoek naar de hoedanigheden van de bodem', wordt de monitoringsinspanning ten aanzien van de bescherming van de bodem aan regels gebonden. In schema 2 wordt een overzicht gegeven van de opgelegde monitoringsinspanning. In de Uitvoerings-regeling wordt verwezen naar een set van Richtlijnen die hieronder wordt besproken.

Richtlijn onderafdichtingsconstructies voor stort- en opslagplaatsen (ROC))

De onderafdichting vormt voor de korte maar mogelijk ook voor de langere termijn een essentieel onderdeel van het isolatiesysteem. De richtlijn (1993) beoogt een technische ondersteuning te bieden aan de vergunningverlenende instanties. Het heeft de status van Richtlijn in het kader van het Stortbesluit en de Uitvoerings-regeling. De Richtlijn zal in de vergunningverlening betrokken worden om te komen tot een verantwoord ontwerp van een onderafdichting van stort- en opslagplaatsen. In schema 3 wordt een overzicht gegeven van de monitoringsinspanning zoals geformuleerd in de richtlijn.

Richtlijn drainagesystemen en controlesystemen grondwater voor stort- en opslagplaatsen (RDS)

De richtlijn (1993) geeft nadere regels in aanvulling op het algemeen toetsingskader. De richtlijn behandelt onder andere de volgende aspecten:

- bepaling ligging ten opzichte van grondwater;
- ontwerp afvoer percolaat;
- dimensionering controlesystemen en monstername;
- afvoer oppervlakkig afstromende water.

In schema 4 wordt een overzicht gegeven van de monitoringsinspanning zoals geformuleerd in onderhavige richtlijn.

Richtlijn voor dichte eindafwerking op afval- en reststofbergingen (RDE)

Een eindafwerking is een essentieel constructie-onderdeel dat in belangrijke mate bijdraagt aan de beheersbaarheid van een stortplaats als lokale verontreinigings-bron. De richtlijn (1992) beoogt een technische ondersteuning te bieden aan vergunningverlenende instanties. Het heeft de status van handleiding in het kader van het Stortbesluit. In schema 5 wordt een overzicht gegeven van de monitoringsinspanning zoals geformuleerd in onderhavige richtlijn.

Richtlijnen voor baggerspeciestortplaatsen (kamerstuk 23 450, 1993/1994)
De richtlijnen geven in de vorm van doelvoorschriften wat de maximale belasting van de bodem -inclusief grondwater- mag zijn. Met het hanteren van landelijke richtlijnen wordt beoogd te komen tot vergelijkbare mate van milieubescherming bij nieuwe stortlokaties in Nederland. De richtlijnen voor lokale omstandigheden zijn van belang voor de selectie van lokaties. Als laatste stap in het besluitvormingsproces zal het bevoegd gezag bij vergunningverlening toetsen of aan de richtlijnen is voldaan.

De richtlijnen zijn gebaseerd op de volgende uitgangspunten:
- minimaliseren emissies door IBC voorzieningen;
- inherente veiligheid, garantie minimalisatie van emissies voor lange termijn;
- minimaliseren van de gevolgen van restemissies door een lokatiekeuze waarbij het gebied van beïnvloeding minimaal is.

In schema 6 is een overzicht opgenomen van het in de richtlijn opgenomen monitoringsonderzoek.

1.2.3 Regelgeving provinciale overheid

De vergunningverlenende overheid maakt de vertaalslag van regels opgelegd door de centrale overheid naar voorschriften als randvoorwaarden voor het uitvoeren van bepaalde activiteiten. Om inzicht te verkrijgen in de wijze waarop het bevoegd gezag deze vertaalslag maakt zijn een aantal vergunningen (voorschriften) geïnventariseerd op de voorgeschreven monitoringsinspanning. De vergunningen zijn geselecteerd op geografische spreiding (bevoegd gezag) op tijdstip van verlening en op beschikbaarheid voorschrifteksten. In de schema's 7, 8 en 9 is een overzicht opgenomen van de monitoringsinspanning zoals voorgeschreven in de volgende vergunningen:
- Aw vergunning, CV de Ledigheid Stortplaats Ullerberg, 13 februari 1989;
- Aw vergunning, AVM, PROAV, 15 januari 1992;
- Aw vergunning, De Vlagheide, 17 september 1993.

1.2.4 Confrontatie regelgeving centraal en provinciaal

Door een analyse van de vertaalslag van centrale regels en de provinciale vergunningen ontstaat een beeld van de aanpak door het bevoegd gezag, anders gezegd hoe vult het bevoegd gezag de ruimte die in de centrale regelgeving gegeven wordt in voor een concrete bedrijfsmatige activiteit. Welke argumenten of overwegingen spelen hierbij een rol.

In schema 10 wordt een overzicht gegeven van de confrontatie van de regels in het Stortbesluit bodembescherming en bijbehorende uitvoeringsregeling versus de Aw-vergunning van De Vlagheide (17 september 1993). De confrontatie geeft het volgende beeld:

Stortgas
- voorschriften conform regels;

Percolaat
- de tweedeling *beperkt*[1] en *uitgebreid*[2] onderzoek met bijbehorende frequenties wordt niet gevolgd;
  - hoge frequentie 2 maal per jaar;
  - uitgebreide analyses (*beperkt* + *uitgebreid* pakket);

Controledrainage
- de tweedeling *beperkt* en *uitgebreid* onderzoek met bijbehorende frequenties wordt niet gevolgd;
  - hoge frequentie 2 maal per jaar;
  - uitgebreide analyses (*beperkt* + *uitgebreid* pakket);

Grondwaterkwaliteit
- de tweedeling *beperkt* en *uitgebreid* onderzoek met bijbehorende frequenties wordt niet gevolgd;
  - hoge frequentie 2 maal per jaar;
  - uitgebreide analyses (*beperkt* + *uitgebreid* pakket + CN);
  - aantal monsterpunten circa 30;

Bodemkwaliteit
- voorschriften conform regels

Grondwaterstand
- de regel minimaal 2 peilbuizen (boven en benedenstrooms) wordt vertaald in peilbuizen rondom stort (aantal circa 30)
- meetfrequentie conform regels.

noot 1: *beperkt*: frequentie 1/2/3 maal per jr + beperkt analysepakket (bijvoorbeeld geen zware metalen)
noot 2: *uitgebreid*: frequentie 1 maal per 2 jaar + uitgebreid analysepakket (wel zware metalen)

In de gekozen voorschriften is het monitoringsonderzoek gestandaardiseerd. De frequentie is integraal op maximaal gesteld (behorend bij *beperkt* onderzoek) en het analyse pakket is *uitgebreid*. Hierdoor wordt ieder halfjaar een uitgebreide analyse voorgeschreven terwijl de regels twee maal per jaar *beperkt* en 1 maal per 2 jaar *uitgebreid* voorschrijven. In de praktijk betekent een en ander dat ten aanzien van bijvoorbeeld zware metalen (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg, As) 2 maal per jaar (160 analyses per monsterpunt -meer dan 30- in tien jaar) in plaats van één maal per twee jaar (40 analyses per monsterpunt -meer dan 30- in 10 jaar) geanalyseerd worden in percolaat, controledrains en grondwater.

1.3 Evaluatie

Bovenstaande verkenning heeft geleid tot een aantal aandachtspunten van belang in het verdere onderzoek. De aandachtspunten bevestigen grotendeels de uitgangspunten van de offerte.

- VVAV-*richtlijn monitoring*: het kader van de regels van het monitorings-onderzoek wordt gevormd door de Wet bodembescherming en het Stortbesluit bodembescherming. Dit kader wordt ingevuld door de richtlijnen. Deze richtlijnen geven geen inhoud aan en onderbouwing van een aantal relevante monitoringsaspecten. Voorgesteld wordt om de VVAV-richtlijn-monitoring in

te steken op het niveau van de bestaande richtlijnen, zoals RDE, RDC, ROC met een toetsing aan het wettelijk kader, namelijk de Wet bodembescherming, Stortbesluit bodembescherming en Uitvoeringsregeling Stortbesluit (zie figuur). Bij uitvoering van het monitoringsonderzoek conform de VVAV-richtlijn monitoring dient gewaarborgd te worden dat voldaan wordt aan de regels in het kader;

- *omgeving*: gevoeligheid objecten in omgeving is geen criterium bij het vaststellen monitoringsinspanning;
- *analysepakket*: indicatoren/signaalparameters worden niet optimaal gebruikt;
- *controledrainage*: voor de inrichting van een controle drainage systeem is in de RDC-richtlijn een verkenning beschikbaar. De verkenning leidt op basis van samenstelling percolaat, verdunning en detecteerbaarheid tot de conclusie dat de effectiviteit van het systeem per signaalparameter bepaald dient te worden door modelberekeningen. Het is niet duidelijk waarop (criteria?) de effectiviteit getoetst zal worden;
- *peilbuizen*: aantal groot zonder onderbouwing;
- *monitoringsintensiteit*: de overwegingen/onderbouwing achter een maximalisatie en standaardisatie van het monitoringsonderzoek (De Vlagheide) zijn niet duidelijk;
- *risico*: relatie monitoring en risico wordt niet gelegd;
- *strategie*: gefaseerde strategie ontbreekt (hoe moet gehandeld worden na bijvoorbeeld een overschrijding van signaalwaarde?).

2 Inventarisatie regelgeving andere bedrijfstakken en bevoegd gezag

In deze paragraaf wordt aangegeven hoe in andere bedrijfstakken en bij overheden omgegaan wordt met monitoring van bodembedreigende activiteiten. In de praktijk blijkt monitoring bij weinig bedrijfstakken zodanig uitgewerkt te zijn dat gesproken kan worden van een systematische aanpak van monitoring van bodembedreigende activiteiten. Hieronder wordt per bedrijfstak of bevoegd gezag aangegeven op welke wijze monitoring plaatsvindt of welke plaats deze binnen de regelgeving inneemt.

2.1 Ondergrondse opslagtanks

Sinds 15 januari 1993 is het Besluit met betrekking tot het opslaan van vloeistoffen in ondergrondse tanks (Besluit opslaan in ondergrondse tanks) van kracht. Dit besluit is niet van toepassing voor ondergrondse tanks indien deze zich bevinden binnen een inrichting bestemd voor de directe verkoop aan derden van benzine of dieselolie. De regels en voorschriften van het besluit geven een algemeen beschermingsniveau voor de bodem in het gehele land. In bodem- en grondwater-

beschermingsgebieden kunnen aanvullende voorschriften noodzakelijk zijn ten einde aldaar het bijzondere beschermingsniveau te realiseren.

Ten aanzien van het kunnen signaleren van bodemverontreiniging zijn de onderstaande voorschriften opgesteld:

- per groep van drie ondergrondse tanks en per separate tank, minimaal één peilbuis;
- minimaal één peilbuis stroomafwaarts van het tankstation;
- minimaal 1 maal per jaar, of vaker indien de omstandigheden daartoe aanleiding geven, bemonstering van de peilbuizen en analyse van de grondwatermonsters;
- een tank ligt separaat van andere tanks als deze meer dan 10 meter van de andere tanks is gelegen;
- de filters reiken 0,5 meter boven en onder respectievelijk de hoogste en gemiddelde grondwaterstand.

2.2 Tankstations

Sinds 20 januari 1994 is het Besluit Tankstations van kracht. Dit besluit handelt onder meer over de aanpak en preventie van bodemverontreiniging bij tankstations voor het wegverkeer. Het doel van monitoring bij tankstations valt te omschrijven als 'het vroegtijdig vaststellen van lekkages uit ondergronds tanks, door regelmatige bemonstering en analyse van grond, grondwater en/of bodemlucht'. In het Besluit Tankstations zijn voorschriften opgenomen over de wijze waarop monitoring dient plaats te vinden. Bij het opstellen van deze voorschriften is aangesloten bij de in het Besluit opslaan in ondergrondse tanks (BOOT-besluit) opgestelde voorschriften ten aanzien van monitoring. Het analysepakket voor de monitoring van tankstations is vastgesteld op minerale olie en BTEX (benzeen, tolueen, ethylbenzeen en xylenen).

2.3 Provincie Noord-Holland

In de nota 'Bodembescherming op bedrijfsterreinen' van de provincie Noord-Holland wordt ingegaan op bodembeschermende voorschriften. Deze bodembeschermende voorschriften zijn van toepassing indien sprake is van een oprichtings-, een revisie- of een wijzigingsvergunning krachtens de Hinderwet, de Afvalstoffenwet of de Verordening Grondwaterbeschermingsgebieden. De bodembeschermende voorschriften hebben betrekking op het vastleggen van de 'nul-situatie', het bewaken van de kwaliteit van bodem en grondwater gedurende de periode dat de bedrijfsactiviteit plaats heeft en bij afsluiting van de bedrijfsactiviteit en op de controle van de getroffen bodembeschermende maatregelen. Het doel van de monitoringsactiviteiten is, afhankelijk van de beginsituatie van een bedrijfsterrein, het constateren van een verontreiniging of het vaststellen van een trend.

Onderstaand is een overzicht opgenomen van de voorschriften die betrekking hebben op de monitoring van een bedrijfsterrein:

- binnen de inrichting moeten peilbuizen zijn aangebracht overeenkomstig de door de Directeur van de Dienst Water en Milieu te geven aanwijzingen betreffende aantal, plaats, diepte en soort;

- door of vanwege vergunninghoud(st)er dienen ten minste ... maal per jaar met behulp van de in het voorgaande voorschrift genoemde peilbuizen de grondwaterstanden te worden gemeten en monsters van het grondwater te worden genomen en geanalyseerd. Plaats en diepte van bemonstering, de wijze van bemonstering, de te onderzoeken verbindingen in de monsters en de te gebruiken analysemethode(n) dienen in overleg met de Directeur van de Dienst Water en Milieu te worden bepaald. Eerder genoemde directeur kan aan de rapportage hiervan nadere eisen stellen;
- de resultaten van de in de voorschriften bedoelde metingen en/of analyses, inclusief de aan deze gegevens te ontlenen conclusies, moeten binnen drie maanden na meting en/of monstername worden overgelegd aan de Directeur van de Dienst Water en Milieu.

Uit het bovenstaande blijkt dat het raamwerk aanwezig is maar de detailinvulling nog ontbreekt. In de praktijk doet het adviesbureau van een vergunningsplichtige inrichting een voorstel voor het monitoringssysteem, waarna de Provincie dit voorstel al of niet goed zal keuren. In de provincie Noord-Holland is dus geen sprake van een gestandaardiseerde opzet voor de monitoring van de bedrijfsterreinen.

2.4 Provincie Zuid-Holland

Vergelijkbaar met de provincie Noord-Holland wil ook de provincie Zuid-Holland milieuhygiënische voorschriften ter voorkoming van belasting van het milieu koppelen aan de vergunningen in het kader van de wet Milieubeheer. Het aanbrengen van bodembeschermende maatregelen is hier een voorbeeld van. Er is echter geen controle op de invloed van de bedrijfsactiviteit op de grond- en grondwaterkwaliteit. Een monitoringssysteem kan hiervoor de benodigde gegevens verschaffen. Op basis van de monitoringsresultaten kan controle plaatsvinden op naleving en kwaliteit van de voorschriften. Bovendien zijn meer gegevens gewenst in geval van een aansprakelijkheidskwestie bij een sanering. Om hiervoor genoemde redenen wil de provincie Zuid-Holland richtlijnen ontwerpen voor de grondwatermonitoring van bedrijfsterreinen. Het accent van de grondwatermonitoring ligt op het tijdig signaleren van ontoelaatbare emissies naar het grondwater en daarmee op nieuwe bedrijfsterreinen (preventief systeem).

De provincie Zuid-Holland heeft IWACO B.V. opdracht verleend voor het opstellen van een ontwerpmethodiek om te komen tot richtlijnen voor standaard-monitoringssystemen. Bij het opstellen van de ontwerpmethodiek is als uitgangspunt genomen dat monitoring in principe brongericht dient te zijn. Verspreiding van verontreinigingen -tot buiten de terreingrenzen- is ongewenst. Voor de invulling van standaard monitoringssystemen wordt echter uitgegaan van situering van de monitoringspunten op circa 10 meter afstand van de potentiële bron. Plaatsing van de monitoringspunten direct naast de bron bleek praktisch niet uitvoerbaar vanwege de grote dichtheid van het meetnet en de hoge bemonsteringsfrequentie.

Daarnaast is in mei 1990 de nota 'Beleid monitoring, tijdelijke beveiligingsmaatregelen en nazorg' verschenen. Deze nota verwoordt het gezamenlijk beleid van de provincie Zuid-Holland, de gemeente Den Haag en de gemeente Rotterdam ten

aanzien van monitoring, tijdelijke beveiligingsmaatregelen en nazorg bij de aanpak van gevallen van bodemverontreiniging, in het kader van de IBS en in het kader van andere wetgeving (vrijwillige sanering). In deze nota wordt aangegeven wanneer een monitoringsprogramma noodzakelijk is en wanneer niet, de organisatorische aspecten en de evaluatie van het monitoringsprogramma. Daarnaast wordt ingegaan op de inhoud van het monitoringsprogramma. Hierin wordt wel aangegeven welke zaken het monitoringsprogramma dient te omvatten, zoals situering peilbuizen, meetfrequentie en signaalwaarde. Een kwantitatieve invulling of randvoorwaarden waaraan het monitoringsprogramma moet voldoen ontbreken echter.

2.5 Nederlandse Aardolie Maatschappij

De NAM is bezig de strategie voor de aanpak van bodemverontreiniging opnieuw te formuleren vanuit het perspectief van bodembeheer als integraal onderdeel van haar milieuzorgsysteem. Het daarvoor benodigde organisatorisch kader is uitgewerkt in het raamplan Bodem (Veltkamp, 1992). Vanuit gedetailleerde risico-evaluaties worden de prioriteiten, maatregelenscenario's en operationele saneringscriteria afgeleid. Monitoring maakt onderdeel uit van het raamplan. Momenteel is de NAM bezig om op basis van een uniforme monitoringsstrategie standaard-monitoringssystemen te ontwerpen en in te richten voor haar olie- en gaswinningslokaties in Nederland. Het monitoringssysteem is bedoeld voor het volgen van de verontreiniging op die lokaties die al verontreinigd zijn en voor het bepalen van de emissies naar de bodem. Tevens moet het op basis van het monitoringssysteem mogelijk zijn te bepalen of en wanneer curatieve maatregelen noodzakelijk zijn.

2.6 Ministerie van VROM

In 1994 is in opdracht van het Ministerie van VROM het kennisdocument monitoring opgesteld (Grondmechanica Delft, 1994). Het kennisdocument bevat een overzicht van de huidige expertise op het gebied van monitoring. Het streven van VROM is om op termijn richtlijnen voor monitoring op te stellen. Deze richtlijnen maken onderdeel uit van het plan bodembeschermende voorzieningen. In dit plan wordt naast monitoring ook aandacht besteed aan bodembeschermende voorzieningen en bedrijfsrioleringen.

2.7 Conclusie

Uit het bovenstaande blijkt dat in de andere bedrijfstakken of bij het bevoegd gezag de ontwikkeling van richtlijnen voor monitoring nog op een laag pitje staat. In de meeste gevallen is slechts sprake van een kwalitatieve omschrijving van het monitoringsprogramma. Het monitoringsprogramma wordt veelal door een adviesbureau kwantitatief ingevuld, waarna het bevoegd gezag daaraan zijn goedkeuring geeft.

Schema 1 Stortbesluit bodembescherming, 20 januari 1993

ONDERWERP	ACTIE	TOELICHTING	BRON
BOVENAFDICHTING			
ONDERAFDICHTING			
BODEM			
Horizontaal controlesysteem grondwater	horizontale drainagebuizen onder gemiddeld laagste grondwaterstand met de mogelijkheid tot monstername voor elke buis	deugdelijk controlesysteem	art. 8.1.a.1/b
Verticaal controlesysteem grondwater (indien horizontaal niet mogelijk)	boven- en benedenstrooms minimaal één in het grondwater aangebrachte grondwaterbemonsteringsbuis met de mogelijkheid tot monstername voor elke buis	deugdelijk controlesysteem	art. 8.1a2/b
Verticaal controlesysteem grondwater (indien horizontaal niet mogelijk)	• benedenstrooms minimaal twee grondwaterbemonsteringsbuizen • bovenstrooms minimaal één grondwaterbemonsteringsbuis	voorwaarde is een vergelijkbaar beschermingsniveau	art. 8..2a/b
Grondwaterstand	• voor het storten en vervolgens om de twee jaar grondwaterstand opnemen	controleren of aan voorwaarde van 0,7 meter (GHG-afvalstoffen) wordt voldaan	art. 9.1a/10.1.a1
Zettingen	• voor het storten en vervolgens om de twee jaar zetting opnemen	controleren of aan voorwaarde van 0,7 meter (GHG-afvalstoffen) wordt voldaan	art. 9.1a/10.1.a1
Bodem	onderzoek naar hoedanigheid bodem: • voor het storten • en vervolgens om de twee jaar • direct na aanbrengen bovenafdichting	• bodem onder de stortplaats • minister kan nadere regels stellen ten aanzien van onderzoek	art. 9.1c/9.2 art. 10.1a3/10.2
ALGEMEEN			
Voorzieningen	inspectie/keuring voorzieningen ter bescherming bodem: • voor het storten • en vervolgens om de twee jaar • direct na aanbrengen bovenafdichting	• minister kan nadere regels stellen ten aanzien van onderzoek	art. 9.1b/10.1a2/ art. 10.2
Extra onderzoek	in belang bescherming bodem opleggen van het verrichten van onderzoek	verplichting door bevoegd gezag	art. 15
Geldigheid	voorschriften art. 5, 9, 10, 11 geldig tot drie jaar na verlopen vergunning		

Schema 2 Uitvoeringsregeling Stortbesluit bodembescherming (23 februari 1993)

ONDERWERP	TYPE MONITORING	TOELICHTING	FREQUENTIE (per jaar)	ANALYSE-PAKKET	BRON
BOVENAFDICHTING					
Stortgas	controleren	conform H13, RDE	2		6.1
Percolaat	inspecteren	uittredend percolaat op talud (H13, RDE)	2		6.2
Teen	meten	EC meting grondwater bij teenconstructie (H13, RDE)	?		6.3
Drainage	controleren	op functioneren	2		8.1
Drainage	onderhouden	doorspuiten	1		8.2
Zakking	controleren	conform RDE	0,5		7.1
ONDERAFDICHTNG					
Drainage	controleren	op functioneren	2		8.1
Drainage	onderhouden	doorspuiten	1		8.2
Percolaat	meten	frequentie afhankelijk van stroomsnelheid: • 0 - 5 m/jr • 5 - 30 m/jr • > 30 m/jr	 1 2 3	I	10.2
Percolaat	meten	periodieke analyses uitgebreid pakket	0,5 + nulonderzoek	II	11.2
BODEM					
Controledrainage	controleren	op functioneren	2		8.1
Controledrainage	onderhouden	doorspuitten	1		8.2
Controledrainage	meten	stroomsnelheid: • 0 - 5 m/jr • 5 - 30 m/jr • > 30 m/jr	1 2 3	I	10.2
Controledrainage	meten	periodieke analyses uitgebreid pakket	0,5 + nulonderzoek	II	11.2
Grondwaterbuizen	meten	stroomsnelheid: • 0 - 5 m/jr • 5 - 30 m/jr • > 30 m/jr	1 2 3	I	10.2
Grondwaterbuizen	meten	periodieke analyses uitgebreid pakket	0,5 + nulonderzoek	II	11.2
Grondwaterstroming	meten	geohydrologisch nulonderzoek	-	-	3.3
Grondwaterbuizen	meten	grondwaterstand	24	-	3.1

ONDERWERP	TYPE MONITORING	TOELICHTING	FREQUENTIE (per jaar)	ANALYSE-PAKKET	BRON
ALGEMEEN					
Voorzieningen	controle	technische staat	0,5 (H15 RDE)		9.1
Analyse-pakket	meten	beperken analysepakket indien aangetoond kan worden dat stoffen op grond van samenstelling afvalstoffen niet voor kunnen komen			12

Schema 3 Richtlijn onderafdichtingsconstructies voor stort- en opslagplaatsen (1993)

ONDERWERP	TYPE MONITORING	TOELICHTING	FREQUENTIE (per jaar)	ANALYSEPAKKET	BRON
BOVENAFDICHTING					
Stortgas	meten	gasmeting afwerklaag / drains	1		tabel 11.1
Drainage	controleren		2		
Stortgas	onderhouden	aanzuiger / condensafvang	6		
Stortgas	controleren	buizennet (bij zakking waterslot opheffen)	2		
Stortgas	onderhouden	fakkel; vlam reinigen	52		
Stortgas	controleren	gasbronnen	6		
Regenwater	controleren	afvoersysteem	2		
Zetting	meten	vaste zakbakens / waterpassen	1		
ONDERAFDICHTING					
Percolaat	controleren	in schachten	2		tabel 11.1
Percolaat	controleren	verzamel- + afvoersysteem	2		
Percolaat	onderhouden	doorspuiten	1 of 2		
Stortkade	controleren	afdichtende laag (zettingen)	1		
Stortkade	meten	doorvoeringen gassysteem gasmeting	1		
BODEM					
Drains	controleren		2		tabel 11.1
Controledrains	controleren	verzamelleiding	1		
Controledrains	onderhouden	drains / doorspuiten	1 * per 3 of 5 jaar		
Controledrains	onderhouden	pompput / persleiding	1		
Controledrains	onderhouden	lozingspunt	2		
Grondwaterbuizen	controleren / meten	achter doorvoeringen bemonstering beperkt (kan later vervallen)	2		
Grondwaterbuizen	controleren / meten	bemonstering uitgebreid	1		
ALGEMEEN					
Voorzieningen	controleren	technische staat	1		tabel 11.1

Schema 4 Richtlijn drainagesystemen en controlesystemen grondwater voor stort- en opslagplaatsen (1993)

ONDERWERP	TYPE MONITORING	TOELICHTING	FREQUENTIE (per jaar)	ANALYSEPAKKET	BRON
BOVENAFDICHTING					
ONDERAFDICHTING					
Percolaat	meten	gaschromotografisch-massasspectrometrisch onderzoek (zie Uitv Stortbesluit art 11)	1	aromaten scan	blz 32
Percolaat	meten	niet eenduidig aangegeven, waarschijnlijk beperkte analyse (zie BODEM)	1 à 3	niet duidelijk, zie toelichting	blz 32
BODEM					
HORIZONTAAL CONTROLESYSTEEM					
Drains	meten	gaschromotografisch-massasspectrometrisch onderzoek (zie Uitv Stortbesluit art 11)	1	aromaten scan	blz 32
Drains	meten	uitgebreide analyse als referentie	voor ingebruikname stort tweejaarlijks	signaalparameters (zie uitvoeringsregeling Stortbesluit art 12)	blz 32
Drains	meten	beperkte analyse (elke drain); frequentie afhankelijk van grondwaterstroming	1 à 3	pH; EC; CZV; min olie; VOX; Cl; N-Kj/NH_3	
VERTICAAL CONTROLESYSTEEM					
Controlevoorzieningen	meten	niet eenduidig aangegeven, waarschijnlijk beperkte analyse, frequentie afhankelijk van grondwaterstroming	1 à 3	niet duidelijk, zie toelichting	blz 32
Controlevoorzieningen	meten	gaschromotografisch-massasspectrometrisch onderzoek (zie Uitv Stortbesluit art 11)	1	aromaten scan	blz 32
Putfilters	meten	zie art 11 uitvoeringsregeling	1 à 3	?	blz 37
Putfilters	bemalen	maximale signaleringstijd 15 jaar op basis van schematische berekeningen, bv met FLOP van RIVM	2	?	blz 39
ALGEMEEN					
Aanpassingen frequentie & aard bemonstering	meten	op basis van modelberekeningen van de verspreiding van infiltrerende stoffen in de tijd kan het BG een andere frequentie een aard van bemonstering voorschrijven	?		blz 33

Schema 5 Richtlijnen voor dichte eindafwerking op afval- en reststoffenbergingen (1991)

ONDERWERP	TYPE MONITORING	TOELICHTING	FREQUENTIE (per jaar)	ANALYSEPAKKET	BRON
BOVENAFDICHTING					
Stortgas	meten	gasmeting afwerklaag / drains	1		
Drainage	controleren		2		
Stortgas	onderhouden	aanzuiger / condensafvang	6		
Stortgas	controleren	buizennet (bij zakking waterslot opheffen)	2		
Stortgas	onderhouden	fakkel; vlam reinigen	52		
Stortgas	controleren	gasbronnen	6		
Regenwater	controleren	afvoersysteem	2		
Teelaardelaag	controleren	grasmat	1		
Beplanting	controleren	vegetatie	0,5		
Drainagelaag	controleren	drainagestelsel afvoer	2		
Drainagelaag	onderhouden	doorspuiten drainagestelsel	0,5 - 0,25		
Zandbentonietlaag	meten	gasmeting (dichting / doorvoeringen)	1		
Folie	meten / controleren	aansluitingen overige afdichtingen / doorvoeringen	1		
Steunlaag	controleren	afvoer	1		
Zetting	meten	vaste zakbakens	1		
ONDERAFDICHTING					
Percolaat	controleren	in schachten	2		
Percolaat	controleren	verzamel + afvoersysteem	2		
Percolaat	onderhouden	doorspuiten	1 of 2		
Stortkade	controleren	afdichtende laag (zettingen)	1		
Stortkade	meten	doorvoeringen gassysteem gasmeting	1		

ONDERWERP	TYPE MONITORING	TOELICHTING	FREQUENTIE (per jaar)	ANALYSEPAKKET	BRON
BODEM					
Drains	controleren		2		
Controledrains	controleren	verzamelleiding	1		
Controledrains	onderhouden	drains / doorspuiten	0,33 à 0,2		
Controledrains	onderhouden	pompput / persleiding	1		
Controledrains	onderhouden	lozingspunt	2		
Grondwaterbuizen	controleren ? meten	achter doorvoeringen bemonstering beperkt (kan later vervallen)	2		
Grondwaterbuizen	controleren ? meten	bemonstering uitgebreid	1		
ALGEMEEN					
Voorzieningen	controleren	technische staat	1		

Schema 6 Richtlijnen voor baggerspeciestortplaatsen

ONDERWERP	TYPE MONITORING	TOELICHTING	FREQUENTIE (per jaar)	ANALYSEPAKKET	BRON
		BOVENAFDICHTNG			
Deugdelijkheid	controleren	?	?	?	
Goede werking	controleren	?	?	?	
		ONDERAFDICHTING			
Poriënwater	meten	toetsing aan streefwaarden (µg/l)	?nulmeting	?	
Deugdelijkheid	controleren	?	?	?	
Goede werking	controleren	?	?	?	
		BODEM			
Flux	meten / bepalen	toetsing aan maximale flux (g/ha/jr) • organische stoffen ≈ 200 mm vloeistoftransport van grondwaterkwaliteit streefwaarde • zware metalen ≈ 10 % van marginale bodembelasting (bouwstoffenbesluit) • indien maximale flux niet haalbaar dan ALARA-optie onderzoeken	nulmeting?	?	
Verspreiding verontreinigen	controleren	bodem en grondwater	?	?	
		ALGEMEEN			

Schema 7 Monitoring stortplaatsen

Stortplaats: Ullerberg, Ermelo	Acceptatie Afvalstoffen: HA / BA / GH / BSA	Vergunningverlener: Provincie Gelderland
Milieucoördinator	Vergunningtype: Aw Datum afgifte 13 - 02 - 1989	Vergunninghouder: CV de Ledigheid
Opmerkingen: ontwerp-beschikking		

ONDERWERP	VOORWAARDEN, NORMEN, RICHTLIJNEN	MONITORING REALISATIEFASE	MONITORING EXPLOITATIEFASE	FREQUENTIE (per jaar)	MONITORING NAZORGFASE
BOVENAFDICHTING					
Stortgas • onttrekkingssysteem		bestek ter goedkeuring GS			
Bovenafdichting		bestek ter goedkeuring GS			
Ringsloot		bestek ter goedkeuring GS			
ONDERAFDICHTING					
Onderafdichting	• protocol voor het toepassen van afdichtingsfolie ten behoeve van Bodembescherming 39 reeks BB • waarborgverklaring garantie 10 jaar	zie protocol	nvt		nvt
Percolaat • drainagesysteem	voorwaarden in vergunningtekst (in voorsschrifttekst wordt aangegeven dat een plan van maatregelen opgesteld dient te worden)		• jaarlijks doorspuiten • bij aanwezigheid ijzerverbindingen doorspuiten met SO_2 • jaarlijkse bemonstering • analysepakket: TOC, COD, HCO_3, Cl, pH, EC	1	jaarlijkse inspectie tot 10 jaar na afwerking

ONDERWERP	VOORWAARDEN, NORMEN, RICHTLIJNEN	MONITORING REALISATIEFASE	MONITORING EXPLOITATIEFASE	FREQUENTIE (per jaar)	MONITORING NAZORGFASE
BODEM					
Bodemkwaliteit • monstername?					
Grondwaterkwaliteit • controledrains					
Grondwaterkwaliteit • peilbuizen (7)			• halfjaarlijks bemonstering • analysepakket: TOC. COD, HCO_3, Cl, pH, EC, PAK, Ag, Zn, EOCL, Pb • eventueel aanvullende analyses: Cu, Cd, Hg, Sb, Cr, Ni, V	2	Tot tien jaar na afwerking: • halfjaarlijks bemonstering • analysepakket: TOC. COD, HCO_3, Cl, pH, EC, PAK, Ag, Zn, EOCL, Pb • eventueel aanvullende analyses: Cu, Cd, Hg, Sb, Cr, Ni, V
Grondwaterstand • peilbuizen			halfjaarlijkse grondwaterstand meten (28 april en 14 oktober)	2	
ALGEMEEN					
Stortgas			jaarlijkse metingen op voor de omgeving gevaarlijke, schadelijke en hinderlijke gasuittreding of ongewenste effecten	1	tot tien jaar na afwerking: jaarlijkse metingen op voor de omgeving gevaarlijke, schadelijke en hinderlijke gasuittreding of ongewenste effecten
Zettingen					tot tien jaar na afwerking: jaarlijkse inspectie op verzakking, grondverschuiving

Schema 8 Monitoring stortplaatsen

Stortplaats: AVM Dordrecht	Acceptatie Afvalstoffen: BA / GH / BSA	Vergunningverlener: Provincie Zuid-Holland
Milieucoördinator: Alex Alblas	Vergunningtype: Aw Datum afgifte: 15 - 01 - 1992	Vergunninghouder: PROAV
Opmerkingen: Bodembescherming door geohydrologische isolatie		

ONDERWERP	VOORWAARDEN, NORMEN, RICHTLIJNEN	MONITORING REALISATIEFASE	MONITORING EXPLOITATIEFASE	FREQUENTIE (per jaar)	MONITORING NAZORGFASE
BOVENAFDICHTING					
Stortgas			bij blijvende ongewenste gasuittreding dienen voorzieningen getroffen te worden, ter goedkeuring GS		
Ringsloot					
Bovenafdichting	Doorlatendheid max 20 mm/jr				
ONDERAFDICHTING					
Hydrologisch beheerssysteem		toezicht extern deskundige			opnemen in nazorgplan: • wijze en frequentie van onderhoud • controle schade aan afdichting jaarlijks
Percolaatkwaliteit • zooldrainage			min. olie, naftal, PAK, Cr, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Hg, Pb	12	opnemen in nazorgplan
Percolaatkwaliteit • eerste watervoerend pakket			CZV, BZV, CN, Nt, Pt, Ph, min.olie, aromaten, PCB, PAK, naftal, EOCl, Cr, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Cd, Hg, Pb jaarlijks: Cl	6	opnemen in nazorgplan
Percolaatkwaliteit • eerste watervoerend pakket per put			Ph, min. olie, naftal, PAK, PCB, Cr, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Hg, Pb, Mo	12	opnemen in nazorgplan
Percolaatkwaliteit • zooldrainage			debietmeting	365	opnemen in nazorgplan

ONDERWERP	VOORWAARDEN, NORMEN, RICHTLIJNEN	MONITORING REALISATIEFASE	MONITORING EXPLOITATIEFASE	FREQUENTIE (per jaar)	MONITORING NAZORGFASE
Percolaatkwaliteit • eerste watervoerend pakket			debietmeting	365	opnemen in nazorgplan
Percolaatkwaliteit • eerste watervoerend pakket per put			debietmeting	365	opnemen in nazorgplan
BODEM					
Bodemkwaliteit					
Grondwaterkwaliteit • controledrains		vastleggen nulsituatie • VNG-pakket; metalen; PAK; olie			
Grondwaterkwaliteit • peilbuizen		vastleggen nulsituatie	Ca, Mg, Ph, H_2SO2_4, HCl, fenol, benzeen, NH_4, SO_4	1	nazorgplan • grondwaterkwaliteit: wijze, frequentie, analysepakket
Grondwaterkwaliteit • tweede watervoerend pakket		vastleggen nulsituatie	?	1	
Grondwaterstand • peilbuizen		vastleggen nulsituatie		12	
ALGEMEEN					
Inrichting			controle op aanwezigheid ongedierte	52	nazorgplan: terreincontrole, aanwezigheid ongedierte, beplanting • jaarlijks
beheerssysteem • bemalingsproef			grootschalige bemalingsproef nadat schermwand is gesloten		nazorgplan: jaarlijkse controle ont- en afwatering
neerslag • neerslagmeting			dagelijks	365	

ONDERWERP	VOORWAARDEN, NORMEN, RICHTLIJNEN	MONITORING REALISATIEFASE	MONITORING EXPLOITATIEFASE	FREQUENTIE (per jaar)	MONITORING NAZORGFASE
stortgas			• controle op de voor de voor de omgeving gevaarlijke, schadelijke en hinderlijke gasuittreding en op anderszins ongewenste effecten van gasontwikkeling	2	jaarlijkse inspectie gasontwikkeling
zettingen • zakbakens (230)			• opnemen meetbouten • inspectie verzakkingen, grondverschuivingen	6 1	nazorgplan: controle verzakkingen
zettingen • slangen (190)			• zettingslangen opnemen	4	
zettingen • meetbouten (66)			• meetbouten opnemen	4	

Schema 9 Monitoring stortplaatsen

Stortplaats: De Vlagheide, Schijndel	Acceptatie Afvalstoffen: HA / BA / GH / BSA	Vergunningverlener: Provincie Noord-Brabant
Milieucoördinator: E. Matla	Vergunningtype:Aw Datum afgifte: 17 - 09 - 1993	Vergunninghouder: Stadsgewest 's-Hertogenbosch
Opmerkingen:		

ONDERWERP	VOORWAARDEN, NORMEN, RICHTLIJNEN	MONITORING REALISATIEFASE	MONITORING EXPLOITATIEFASE (tot tien jaar na van kracht worden vergunning)	FREQUENTIE (per jaar)	MONITORING NAZORGFASE
BOVENAFDICHTING					
Stortgas • onttrekkingssysteem		• ontwerp goedkeuring GS	verticale gasontwikkelingsbuizen optrekken, gelijktijdig opbouw stortlichaam		Opnemen in nazorgplan • aard / soort voorzieningen • frequentie inspectie / onderhoud
Ringsloot	• aansluiten onderafdichting (vloeistofdicht)	• keuring voorziening door kundige keuringsinstantie • bestek ter goedkeuring GS			na aanbrengen bovenafdichting waterkwaliteit afstromend regenwater in ringsloot onderzocht: • analysepakket & frequentie in overleg met waterkwaliteitsbeheerder • halfjaarlijks controle dichtheid (EC meting drainagewater bovenafdichting) • jaarlijkse visuele inspectie (wasdom vegetatie, ongelijkmatige zettingen, ontwatering, geur, erosiekenmerken) • jaarlijks gasmetingen bij doorvoeringen afdichtende laag

ONDERWERP	VOORWAARDEN, NORMEN, RICHTLIJNEN	MONITORING REALISATIEFASE	MONITORING EXPLOITATIEFASE (tot tien jaar na van kracht worden vergunning)	FREQUENTIE (per jaar)	MONITORING NAZORGFASE
Bovenafdichting	• richtlijn voor de dichte eindafwerking op afval- en reststoffenbergingen, VROM 1991	• bestek ter goedkeuring GS			waarnemingsprogramma (onderdeel nazorgplan) parameters jaarlijks gemeten ter controle werking bovenafdichting en bijbehorende voorzieningen
ONDERAFDICHTING					
Onderafdichting • minerale laag	• Richtlijn onderafdichtings-constructies, VROM 1993 • bestek ter goedkeuring GS	Keuring voorziening door kundige keuringsinstantie			opnemen in nazorgplan • aard / soort voorzieningen • frequentie inspectie / onderhoud
Onderafdichting • kunststoflaag	• Richtlijn geomembranen, VROM 1991 • bestek ter goedkeuring GS	Keuring voorziening door kundige keuringsinstantie			opnemen in nazorgplan • aard / soort voorzieningen • frequentie inspectie / onderhoud
Percolaat • drainagesysteem	• Richtlijn drainagesystemen grondwater voor stort- en opslagplaatsen, VROM 1993		• halfjaarlijks doorspuiten tot twee jaar na gereedkomen bovenafdichting • halfjaarlijks bemonsteren + analyseren (pH, EC, CZV, Kj-N, min. olie, Cl, SO_4, fenol, aromaten, VOX, EOCl, zware metalen	2 2	jaarlijks doorspuiten (in overleg GS)
BODEM					
Bodemkwaliteit, monstername?	• Nederlandse Voornorm nr 5740 1991 • Voorlopige praktijkrichtlijnen, VROM 1986	• vastleggen in nulonderzoek • goedkeuring GS			

ONDERWERP	VOORWAARDEN, NORMEN, RICHTLIJNEN	MONITORING REALISATIEFASE	MONITORING EXPLOITATIEFASE (tot tien jaar na van kracht worden vergunning)	FREQUENTIE (per jaar)	MONITORING NAZORGFASE
Grondwaterkwaliteit, controledrains	• Richtlijn drainagesystemen en controlesystemen grondwater voor stort- en opslagplaatsen, VROM 1993 • dimensionering afgestemd op beheersbemaling	vastleggen nulsituatie: • monstername uit (alle) controledrains voordat gestort wordt; • analyse: pH, EC, CZV, kj-N, min. olie, Cl, SO_4, fenol, aromaten, EOCl, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg, As, VOX, CN	• monstername halfjaarlijks alle controledrains (GS kan frequentie verhogen); • analyse: pH, EC, CZV, kj-N, min. olie, Cl, SO_4, fenol, aromaten, EOCl, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg, As, VOX, CN • aanvullende eisen door GS mogelijk	2	opnemen in nazorgplan
Grondwaterkwaliteit, peilbuizen	• rondom de gehele stort (in overleg met GS) • filter 1 - 2 meter, d > 25 mm, PVC-dop, plaatsing onder GLG • naar aanleiding van analyseresultaten aanvullende eisen, wijziging frequentie mogelijk door GS	vastleggen nulsituatie: • monstername uit (alle) peilbuizen voordat gestort wordt; • analyse: pH, EC, CZV, kj-N, min. olie, Cl, SO_4, fenol, aromaten, EOCl, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg, As, VOX, CN	• monstername halfjaarlijks alle peilbuizen (GS kan frequentie verhogen); • analyse: pH, EC, CZV, kj-N, min. olie, Cl, SO_4, fenol, aromaten, EOCl, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg, As, VOX, CN • aanvullende eisen door GS mogelijk	2	opnemen in nazorgplan
Grondwaterstand, peilbuizen	• zie grondwaterkwaliteit		tweewekelijks (14 + 28e van de maand) grondwaterstand meten	26	opnemen in nazorgplan
ALGEMEEN					
Stortgas	• emissienormen: NER, BEES (Besluit emissie-eisen stookinstallatie)		• halfjaarlijks metingen op voor de omgeving gevaarlijke, schadelijke en hinderlijke gasuittreding of ongewenste effecten	2	opnemen in nazorgplan
Zettingen, zakbakens	• bovenafdichting zo snel als technisch mogelijk	• zettingsonderzoek (is de aanleg van voorzieningen verantwoord)	• zakbakens (raster 50 * 50 meter) plaatsen op gedeelte op eindhoogte • inmeten per kwartaal	4	opnemen in nazorgplan

Schema 10 De inhoud van de voorschriften van Aw-vergunning van De Vlagheide is vergeleken met de eisen gesteld in het Stortbesluit (SB) en bijbehorende uitvoeringsregeling (UR). Onderstaand worden overeenkomsten en met name de verschillen kort toegelicht.

ONDERWERP	SB / UR	Aw DE VLAGHEIDE	TOELICHTING
STORTGAS			
• controlefrequentie	2	2	conform
DRAINAGE			
• doorspuitfrequentie	> 1	2	conform
PERCOLAAT			
• frequentie bemonstering (beperkt)	1 / 2 / 3	2	• stroming 5 - 30 m/jr? • extra analyses: . fenol . CN • frequentie hoger (2 ipv 5): . zw metalen . SO_4^{2-} • frequentie hoger (2 ipv 1): . aromaten • niet opgenomen analyses: . PAK
• analysepakket (beperkt)	pH, EC, CZV, min. olie, VOX, Cl, N-Kj/NH_3	pH, EC, CZV, Cl, SO_4, min. olie, N-Kj, fenolindex, aromaten, EOCl, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg, As, VOX, CN (alleen voor grondwater)	
• frequentie bemonstering (uitgebreid)	0,5		
• analysepakket (uitgebreid)	Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg, As, Cl, SO_4, pH, EC, VOX, min. olie, PAK		
• frequentie bemonstering (GC-MS)	1		
GRONDWATERKWALITEIT (peilbuizen / controledrains)			
• aantal peilbuizen	benedenstrooms minimaal 2, bovenstrooms minimaal 1	rondom de hele stort	ca 25
• frequentie bemonstering (beperkt)	1 / 2 / 3	2	
• analysepakket (beperkt)	pH, EC, CZV, min. olie, VOX, Cl, N-Kj/NH_3	zie percolaat	
• frequentie bemonstering (uitgebreid)	0,5	2	
• analysepakket (uitgebreid)	Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg, As, Cl, SO_4, pH, EC, VOX, min. olie, PAK	zie percolaat	
• frequentie bemonstering (GC-MS)	1	1	
GRONDWATERSTAND			
• aantal peilbuizen	benedenstrooms minimaal 2, bovenstrooms minimaal 1	rondom stort	ca 25
• meetfrequentie	twee maal per maand (24)	tweewekelijks (26)	

Bijlage II Overzicht mogelijkheden ingeval controlezone buiten terreingrens

1 Omgevingsfactoren

Het gebruik van de omgeving is een randvoorwaarde voor het vaststellen van de omvang van de controlezone, omdat binnen een aantal gebiedsfuncties geen bodemverontreinigende activiteiten toegestaan of gewenst zijn. Voorbeelden van dergelijke gebieden zijn:

1. grondwaterbeschermingsgebieden;
2. intrekgebieden van industriële grondwateronttrekkingen (ten behoeve van de voedings- en genotmiddelen industrie);
3. woongebieden.

Ad 1.

Binnen de 25-jaarszone wordt geen verontreiniging of een mogelijke verontreiniging op termijn van het grondwater geaccepteerd. De ligging van een stortplaats ten opzichte van de grens van een grondwaterbeschermingsgebied is daardoor bepalend voor de omvang van de controlezone;

Ad 2.

Bij grondwateronttrekking ten behoeve van de voedings- en genotmiddelenindustrie is het ongewenst als de kwaliteit van het grondwater aangetast wordt. Dit impliceert dat de uiterste grens van een tijdelijke verontreiniging bepaald wordt door de grens van het invloedsgebied van de industriële onttrekking. Ook bij de dimensionering van eventuele toekomstige beheerssystemen moet rekening gehouden worden met de invloed van het beheerssysteem op de stroombanen ten gevolge van de industriële onttrekking.

Ad 3.

Woongebieden worden gerekend tot kwetsbare gebieden vanuit het oogpunt van risico's. Verontreiniging van het grondwater onder deze gebieden dient daarom voorkomen te worden. De afstand tussen de stort en woonbebouwing is daardoor bepalend voor de maximale omvang van de controlezone. Binnen de Europese regelgeving is tevens vastgelegd dat stortplaatsen op minimaal 250 meter afstand van bebouwing gesitueerd moeten zijn. Uitgaande van deze richtlijn kan de controlezone dus maximaal 250 meter groot zijn.

2 Technische randvoorwaarden

In sommige situaties is het denkbaar dat geplande monitoringspunten fysiek niet uitgevoerd kunnen worden. Te denken valt aan:

- stortplaatsen grenzend aan oppervlaktewater;
- bereikbaarheid van de lokatie met behulp van boorwagens;
- de aanwezigheid van infrastructuur (bijvoorbeeld snelwegen, ondergrondse leidingsystemen enzovoort);
- het ontbreken van toestemming om monitoringspunten te plaatsen op de geplande lokaties (zie ook § 4.2);
- de aanwezigheid van bebouwing (zie ook § 4.2).

Indien het fysiek niet kunnen aanleggen van of meten op de monitoringspunten het ontwerp van het monitoringsnetwerk beïnvloed dient de omvang van de controlezone hierop afgestemd te worden.

3 Juridische en beleidsmatige randvoorwaarden

In principe zal de stortplaatsexploitant streven naar het binnen de terreingrens houden van eventuele verontreinigingen. De voordelen van het binnen de terreingrens houden van een eventuele verontreiniging zijn:

- kostenaspect, namelijk op eigen terrein kan volstaan worden met een beheersing van de verontreiniging terwijl buiten de terreingrens de multifunctionaliteit van de bodem op termijn hersteld zal moeten worden. Dit brengt hogere kosten met zich mee;
- geen juridische aansprakelijkheid ten opzichte van de eigenaren van de omringende percelen;
- bodemkwaliteitsgegevens hoeven niet aan de eigenaren van de omringende grond ter inzage gegeven te worden.

In een aantal gevallen is het situeren van de gehele controlezone binnen de terreingrens niet haalbaar, bijvoorbeeld bij stortplaatsen waarbij de rand van het stortlichaam direct langs de terreingrens ligt. Ook financiële en milieuhygiënische overwegingen kunnen ten grondslag liggen aan de overweging om de controlezone (gedeeltelijk) buiten de terreingrens te situeren.

Uit een korte inventarisatieronde bij een aantal bestaande stortplaatsen blijkt dat de beschikbare ruimte voor een controlezone kan variëren tussen 0 en 80 meter. In een aantal gevallen is het dus niet mogelijk om de controlezone binnen de terreingrens te situeren. Indien het uitgaande van het bestaande terreinoppervlak van een stortplaats niet mogelijk is om de controlezone binnen de terreingrens te situeren worden meerdere mogelijkheden onderscheiden. Hieronder worden deze toegelicht.

Aankoop grond

Een mogelijkheid om de controlezone binnen de eigen terreingrens te houden is het aankopen van grond ter plaatse van de toekomstige controlezone. Randvoorwaarden hiervoor zijn dat de aankoop van grond haalbaar is vanuit de exploitatie van de stortplaats en dat de eigenaar van de grond bereid is deze te verkopen.

Het nadeel van de aankoop van grond is dat geld uitgegeven wordt zonder dat daar een direct rendement tegenover staat. Op dit aspect wordt later in deze paragraaf nog aandacht besteed.

Privaatrechtelijke en zakelijk recht overeenkomsten

Een andere mogelijkheid is om met de eigenaar van de grond een privaatrechtelijke overeenkomst te sluiten waarbij de stortplaatsexploitant zich verplicht eventuele (grondwater)verontreinigingen te saneren. In deze overeenkomst dient vastgelegd te worden tot welke terugsaneerwaarde een eventuele sanering uitgevoerd dient te worden en binnen welke periode de sanering beëindig moet zijn. Bij deze optie wordt ervan uit gegaan dat de meetpunten van het monitoringssysteem op het

eigen terrein gesitueerd zijn. Indien hiervoor geen mogelijkheid bestaat kan eventueel een zakelijk recht overeenkomst gesloten worden.

In een zakelijk recht overeenkomst dient dan het volgende geregeld te worden:

- het plaatsen van de monitoringspeilbuizen;
- het onderhoud en het bemonsteren van peilbuizen;
- het recht van overpad;
- het treffen van potentiële sanerings- en/of beheersingsmaatregelen bij geconstateerde verspreiding van verontreiniging;
- mogelijke beperkingen ten aanzien van het gebruik van de controlezone, bijvoorbeeld ten aanzien van de teelt van bepaalde gewassen, oppompen en gebruiken van grondwater;
- behoefte van de eigenaar of plicht van de stortplaatsexploitant om informatie te verschaffen over de kwaliteitsgegevens van het monitoringssysteem;
- vergoedingen (zakelijk rechtvergoeding, entreegeld, structuur/gewasschade bij plaatsen van monitoringspeilbuizen en bij geconstateerde verontreiniging).

Indien het niet mogelijk is om tot een overeenkomst met de betrokken eigenaar te komen dient onderzocht te worden of een gedoogplicht in het kader van de Belemmeringenwet Privaatrecht opgelegd kan worden.

Rendement van aangekochte grond

Zoals eerder is aangegeven is de aankoop van grond een mogelijkheid om (een gedeelte van) de controlezone binnen de terreingrens te situeren. Het nadeel hiervan is dat deze grond weinig financieel rendement oplevert. Hieronder worden een aantal opties uitgewerkt waarbij deze grond wellicht rendabel gemaakt kan worden. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen bestaande en nieuwe stortplaatsen.

Bij het ontwerp en de inrichting van nieuwe stortplaatsen kan al in een vroeg stadium rekening gehouden worden met het benodigde grondoppervlak voor een controlezone. Immers het ontwerp van een monitoringssysteem maakt deel uit van het ontwerp en de inrichting van een stortplaats. Op het terrein van een stortplaats zijn altijd lokaties ingeruimd voor aan het daadwerkelijke storten gerelateerde functies. Gedacht wordt aan de weegbrug, de aan- en afvoerwegen, de kantoren, de zuivering en eventuele sorteerhallen. Door deze functies te situeren op het gebied waar de controlezone in de toekomst komt wordt efficiënt met het toch beschikbare oppervlak omgesprongen.

Eenzelfde gedachtengang is in principe ook mogelijk bij bestaande stortplaatsen. Overwogen kan worden om de activiteiten bij de bestaande stortplaatsen uit te breiden, bijvoorbeeld met een puinbreekinstallatie of een composteerinrichting. De inrichting van deze installatie kan dan plaatsvinden op het ten behoeve van de situering van een controlezone aangekochte terrein.

Indien om bedrijfseconomische redenen het niet haalbaar is om ter plaatse van de controlezone nieuwe activiteiten op te starten zijn er nog een aantal mogelijkheden. Te denken valt aan de verhuur van de grond, voor onder andere agrarische doeleinden, of het zelf inrichten van een produktiebos. Voorafgaand aan deze activiteiten kan met behulp van een risico-evaluatie vastgesteld worden dat geen risico's verbonden zijn aan het voorgenomen gebruik in relatie tot een eventueel toekomstige verontreiniging. Verwacht mag worden dat in de meeste

gevallen de verontreiniging zich dieper dan de actuele contactzone of maximale bewortelingsdiepte bevindt. Hierdoor is geen sprake van een risico ten gevolge van het gebruik van de grond.

4 Milieuhygiënische en financiële aspecten

De milieuhygiënische randvoorwaarde voor de omvang van de controlezone is dat een eventuele verontreiniging die de controlegrens heeft bereikt (de worst case situatie) nog te saneren is. Indien dit niet mogelijk is kan niet voldaan worden aan de juridische randvoorwaarden zoals vastgelegd in de privaatrechtelijke overeenkomst (zie hoofdstuk 3) of de doelstelling van het monitoringssysteem. De haalbaarheid van een sanering binnen de in de privaatrechtelijke overeenkomst vastgelegde tijdstermijn en tot de vastgestelde terugsaneerwaarde kan bepaald worden aan de hand van een geohydrologische model in combinatie met een stoftransportmodel. Het nadeel hiervan is dat dit veel tijd kost en daardoor duur is. Een alternatief hiervoor zou het opstellen van vuistregels kunnen zijn. Op basis hiervan kan snel een inschatting gemaakt worden van de haalbaarheid van de sanering. Nadeel van vuistregels is dat deze minder betrouwbaar zijn dan een model.

Een ander aspect dat de keuze voor de omvang van een controlezone beïnvloed zijn de kosten verbonden aan een eventuele sanering/beheersing van een toekomstige verontreiniging. De kosten hangen sterk samen met het verontreinigd volume en het te onttrekken debiet. Hoe groter het debiet en het volume hoe hoger de kosten zullen zijn. Ook voor de berekening van de globale kosten van een saneringss- of beheerssysteem kunnen vuistregels voor worden op gesteld. Hierbij kunnen de rekenregels zoals opgesteld in het project 'Nazorg van gesloten stortplaatsen' (IWACO, 1993) als basis dienen.

Om te voorkomen dat de toekomstige saneringss- of beheerskosten onbeheersbaar worden dient een maximum aan de omvang van de controlezone gesteld te worden. Dit maximum wordt op twee manieren bepaald:

1. door middel van het instellen van een maximale signaleringstijd en
2. door het vaststellen van de eis dat de saneringss/beheerskosten geen onaanvaardbare belasting voor het exploitatiebudget van een stortplaats mag zijn.

Literatuur

1 Veltkamp, A.G. en P.S.H. Ouboter, **Naar een systematische aanpak van bodemverontreiniging**
Bodem, nummer 1, pagina 34 - 37 (1992)

Bijlage III PLUIM-berekeningen: beschrijving en resultaten

1 De pluimmodellering

Het programma PLUIM is gebruikt voor de berekening van de verspreiding van percolaat vanuit een stortplaats. Het programma kent de volgende invoer-parameters:

- snelheid van het grondwater (Darcy) (m/dag);
- aquifer dikte (m);
- porositeit (vol. %);
- influx van de verontreiniging (mg/dag);
- retardatie (-);
- dispersiviteit (longitudinaal, transversale) (m);
- afbraak (1/dag);
- achtergrondconcentratie (μg/l);
- tijdstap (dagen).

Uit bovenstaand overzicht blijkt dat de influx van de verontreiniging, ofwel de emissie uit de stortplaats, mede bepalend is voor de omvang van de verontreinigings-pluim.

In de praktijk treedt vrijwel altijd een verbreding op van de bron in het watervoerend pakket ten gevolge van een slecht doorlatende deklaag. Aangenomen wordt dat in de deklaag verticaal transport optreedt, onderhevig aan diffusie en dispersie. De oorsprong van de pluim in het watervoerend pakket is daarom niet een punt, maar een cirkel waarbinnen sprake is van een normale verdeling van de concentratie (aan de rand beginnend bij de signaalwaarde). Het vaststellen van een op deze wijze ontstane verontreinigingspluim moet nog theoretisch opgelost worden.

In alle gevallen wordt uitgegaan van een puntbron op het scheidingsvlak verzadigde en onverzadigde zone. Voor constructies waarbij een drainerende laag onder de afdichtingsconstructies en boven de deklaag is aangebracht, is dit een zeer ongunstige aanname.

Verder kan worden opgemerkt dat in de praktijk ten gevolge van seizoenswisselingen in de grondwaterstroming de pluimbreedte altijd groter zal zijn dan in theorie berekend.

In het vervolg van deze bijlage wordt uitgegaan van een puntbron in het watervoerend pakket, hetgeen een worst case benadering is.

2 Invoergegevens

De pluimberekeningen zijn uitgevoerd met gemiddelde waarden voor:

- de percolaatconcentraties van een tweetal representatieve stortparameters. Gekozen is voor chloride en benzeen. Chloride breekt niet af en verplaatst zich nagenoeg gelijk met het grondwater. Benzeen is één van de meest mobiele

organische verbindingen. Met benzeen wordt de invloed van afbraak beschouwd;
- hoogte watervoerende pakket (20 meter);
- porositeit;
- achtergrondwaarden.

De volgende parameters zijn gevarieerd:
- stroomsnelheid. De stroomsnelheid is lokatiespecifiek en speelt een rol bij de horizontale verspreiding. Met name het verdunningseffect is beschouwd;
- de emissie. De bronemissie is bepaald met gemiddelde percolaatconcentraties (Boels et.al., 1993) en variërend advectief transport. Het advectief transport is bepaald overeenkomstig (Boels et.al., 1993) en bedraagt respectievelijk 5, 20 en 400 mm/jr. Deze waarden komen overeen met de maximale lek door een combinatie-afdichting, een minerale afdichting of het neerslagoverschot. Deze flux is genomen over een oppervlakte van 1.000 m^2 en geconcentreerd tot een puntbron. Dit komt overeen met één klein gat in een onderafdichting van 33 x 33 meter.

Toelichting:

- de gehanteerde puntbron kan worden voorgesteld als de (punt-)afvoer van een stortoppervlak van 33 x 33 meter, waarbij de aanvoer wordt bepaald afhankelijk van de kwaliteit van de afdichtingen: 5, 20 of 400 mm/jaar.

- de gehanteerde stromingssnelheden en dikte van het watervoerend pakket zijn gesteld op in Nederland vaak voorkomende waarden.

Pluimen zijn berekend voor variërende percolaatconcentraties bij verschillende stromingssnelheden in het grondwater. Het modelgebied bestaat uit een homogeen zandpakket met een grootte van 200 (x-richting) bij 100 meter (y-richting). In tabel 1 zijn de gegevens weergegeven waarmee de berekeningen zijn uitgevoerd.

Tabel 1 Parameterwaarden

Type	Parameter	Waarde		Eenheid
		Chloride	Benzeen	
Geohydrologische gegevens	Dikte	20	20	m
	Porositeit	0.33	0.33	m^3/m^3
	Grondwatersnelheid	0.0027 0.014 0.041 0.137	0.0027 0.014 0.041 0.137	m/d
	Longitudinale dispersie	15	15	m
	Transversale dispersie	2	2	m
Bron	Bronemissie[1]	10180 40710 814250	14 57 11400	mg/d
	Afbraak	0	0.005	1/d
	Retardatiefactor[2]	1	3.72	-
	Achtergrondconcentratie[3]	40000	0	mg/m^3

Toelichting:

1 Voor de bepaling van de bronemissie is uitgegaan van gemiddelde percolaatconcentraties van chloride (743 mg/l) en benzeen (1042 µg/l). De volumes zijn bepaald op de infiltratiesnelheden van 5, 20 en 400 mm/jr bij een oppervlakte van 1000 m^2. Percolaatconcentratie maal infiltrerend volume levert de bronemissie.

2 De retardatiefactor voor benzeen is berekend voor een organisch stofgehalte van (0,5 %).

3 De achtergrondconcentratie voor chloride is bepaald op basis van gegevens van het landelijk meetnet grondwaterkwaliteit (RIVM).

Om de variërende parameterwaarden bronemissie en stromingssnelheid weer te geven is een codering gebruikt. In tabel 2 staat deze codering weergegeven.

Tabel 2 Codering parameters

Code	Bronemissie (in mg/d)		Stromingssnelheid (in m/d en m/jr)	
	Chloride	Benzeen		
1	10180	14	0.0027	1
2	40710	57	0.014	5
3	814250	11400	0.041	15
4			0.137	50

De naamgeving op basis van tabel 2 is als volgt. Het eerste cijfer staat voor de bronemissie, het tweede voor de stromingssnelheid. Bijvoorbeeld:

chlor11.dat: pluim chloride bij bronemissie 10180 (mg/d) en stromingssnelheid 0.0027 (m/d)

chlor12.dat: pluim chloride bij bronemissie 10180 (mg/d) en stromingssnelheid 0.014 (m/d)

chlor21.dat: pluim chloride bij bronemissie 40710 (mg/d) en stromingssnelheid 0.0027 (m/d) enzovoort

3 Resultaten

De grootte van de verschillende pluimen is voor een aantal tijden doorgerekend. De contouren voor de signaalwaarden zijn voor chloride 80 mg/l (2 * achtergrondwaarde) en benzeen 0.2 μg/l (streefwaarde Wet bodembescherming). In de tabellen 3 en 4 worden de maximale lengtes in x- en y-richting van deze pluimen weergegeven. Tevens is aangegeven of de ingestelde parameters een plot is gemaakt.

Tabel 3 Verspreidingsgegevens chloride

File	Tijd				
	1825 (d) 5 (jr)	3650 (d) 10 (jr)	9125 (d) 10 (jr)	18250 (d) 50 (jr)	36500 (d) 100 (jr)
chlor11.dat	-	8;4;nee	-	12;4;nee	16;6;ja
chlor12.dat	-	0;0;nee	-	-	0;0;nee
(45 mg/l)	-	-	-	-	32;8;ja
chlor13.dat	-	-	-	-	0;0;nee
(45 mg/l)	-	-	-	-	3;3;ja
chlor14.dat	-	0;0;nee	-	-	0;0;nee
(45 mg/l)	-	-	-	-	0;0;nee
chlor21.dat	-	12;6;nee	18;6;nee	24;8;nee	28;8;ja
chlor22.dat	-	8;4;nee	10;4;nee	12;5;nee	14;5;nee
chlor23.dat	-	0;0;nee	-	-	0;0;nee
(45 mg/l)	-	-	-	-	54;12;ja
chlor24.dat	-	0;0;nee	-	-	0;0;nee
(45 mg/l)	-	-	-	-	8;4;nee
chlor31.dat	64;18;nee	88;24;ja	136;40;ja	192;56;nee	-
chlor32.dat	92;26;nee	132;36;ja	loopt uit	beeld	-
chlor33.dat	98;24;nee	144;29;ja	loopt uit	beeld	-
chlor34.dat	32;8;ja	32;8;ja	32;8;ja	32;8;ja	32;8;ja

[1] De contour is bepaald voor een concentratie van 45 mg/l bij een achtergrondconcentratie van 40 mg/l.

Tabel 4 Verspreidingsgegevens benzeen

File	Tijd				
	1825 (d) 5 (jr)	3650 (d) 10 (jr)	9125 (d) 10 (jr)	18250 (d) 50 (jr)	36500 (d) 100 (jr)
benz11.dat	-	16;6;nee	-	16;6;nee	16;6;ja
benz12.dag	24;8;nee	24;8;nee	24;8;nee	-	24;8;nee
benz13.dat	28;8;nee	28;8;nee	28;8;nee	28;8;nee	28;8;nee
benz14.dat	26;7;nee	26;7;nee	26;7;nee	26;7;nee	26;7;nee
benz21.dat	21;8;nee	21;8;ja	-	-	21;8;nee
benz22.dat	-	33;10;ja	-	-	33;10;nee
benz23.dat	-	44;13;nee	-	-	44;13;nee
benz24.dat	-	52;15;nee	-	-	52;15;nee
benz31.dat	40;12;nee	40;12;nee	-	-	40;12;nee
benz32.dat	76;22;nee	76;22;ja	-	-	76;22;nee
benz33.dat	116;34;nee	116;34;nee	-	-	-
benz34.dat	-	176;52;ja	-	-	-

4 Conclusies

Uit de resultaten kan een aantal conclusies worden getrokken.

1. Bij chloride met een lage emissie (10180 mg/dag) blijkt dat onder invloed van de stromingssnelheid verdunning optreedt. Bij een lage stromingssnelheid (0,0027 m/dag) ontstaat bij deze emissie een kleine pluim. Bij een grotere stromingssnelheid (vanaf 0,014 m/dag) verdwijnt deze pluim ten gevolge van verdunning.
2. Bij chloride met een hoge emissie (814250 mg/dag) is de stromingssnelheid pas vanaf 0,041 m/dag de beperkende factor op de grootte van de pluim. Vanaf de stromingssnelheid 0,0027 m/dag tot de stromingssnelheid 0,041 m/dag wordt de pluim groter. Wanneer de stromingssnelheid nog groter wordt treedt weer verdunning op.
3. De contouren van benzeen zijn bij oplopende tijden allen gelijk. Dit wordt veroorzaakt door de ingestelde afbraaksnelheid. Bij de ingestelde afbraaksnelheid van 0,005 1/dag -een halfwaardetijd van 210 dagen- heeft zich al een stabiel plafond met een maximale concentratie ingesteld. De tijdsduur van de emissie is daarmee niet bepalend voor de grootte van de pluim. Waarschijnlijk ligt het tijdstip waarop zich deze stabiele contour instelt op circa 2 - 3 jaar.

Bij kleinere afbraaksnelheid ligt het tijdstip waarop zich dit plafond instelt hoger. De bijbehorende contouren zijn groter. De volgende tijden zijn globaal bepaald.

Halfwaardetijd (jr)	Tijdstip instellen stabiele contour (jr)
1	2 - 3
3	7 - 8
10	45 - 50

Aan het einde van deze bijlage zijn de resultaten van een aantal berekeningen grafisch weergegeven.

Literatuur

1 Boels, D., P. Groenendijk, A.G. Hengeveld en N.M. Nass, **Verspreiding van stoffen uit afvalstortterreinen in relatie tot de kwaliteit van de afdichtingen** ISSN 0927-4499, Rapport 246
DLO-Staring Centrum, Wageningen 1993

2 RIVM, **Landelijk meetnet grondwaterkwaliteit** analyseresultaten bemonstering 1991, Provincie Noord-Brabant
RIVM deelrapport nr. 728517084
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Bilthoven 1992

chlor11.dat:

v	=	1 m/j
flux	=	10180 mg/dag
time	=	100 jaar
contour	=	80 mg/l

NIET OP SCHAAL

chlor12.dat:

v	=	5 m/j
flux	=	10180 mg/dag
time	=	100 jaar
contour	=	45 mg/l

NIET OP SCHAAL

chlor13.dat:

v	=	15 m/j
flux	=	10180 mg/dag
time	=	100 jaar
contour	=	45 mg/l

NIET OP SCHAAL

chlor21.dat:

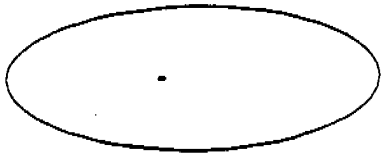
v	=	1 m/j
flux	=	40710 mg/dag
time	=	100 jaar
contour	=	80 mg/l

NIET OP SCHAAL

chlor23.dat:

v	=	15 m/j
flux	=	40710 mg/dag
time	=	100 jaar
contour	=	45 mg/l

NIET OP SCHAAL



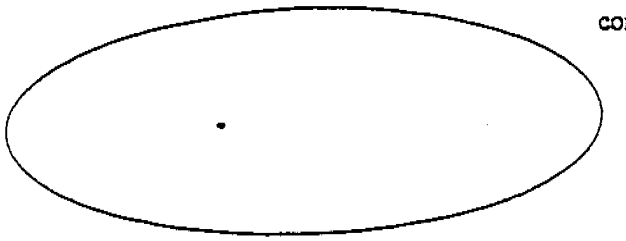
chlor31.dat:

v	=	1 m/j
flux	=	814250 mg/dag
time	=	10 jaar
contour	=	80 mg/l

NIET OP SCHAAL

chlor31.dat:

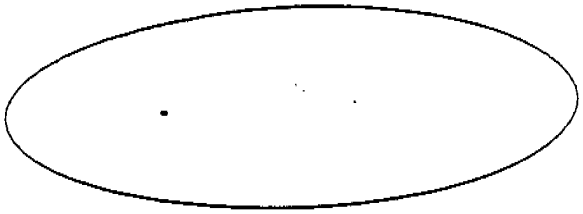
v	=	1 m/j
flux	=	814250 mg/dag
time	=	25 jaar
contour	=	80 mg/l



NIET OP SCHAAL

chlor32.dat:

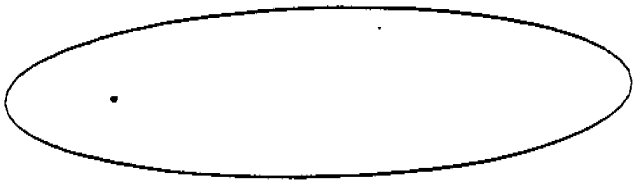
v	=	5 m/j
flux	=	814250 mg/dag
time	=	10 jaar
contour	=	80 mg/l



NIET OP SCHAAL

chlor33dat:

v	=	15 m/j
flux	=	814250 mg/dag
time	=	10 jaar
contour	=	80 mg/l



NIET OP SCHAAL

chlor34dat:

v	=	50 m/j
flux	=	814250 mg/dag
time	=	5 jaar
contour	=	80 mg/l

NIET OP SCHAAL

chlor34dat:

v	=	50 m/j
flux	=	814250 mg/dag
time	=	10 jaar
contour	=	80 mg/l

NIET OP SCHAAL

benz11.dat

v	=	1 m/jaar
flux	=	14 mg/dag
time	=	100 jaar
contour	=	0,2 µg/l

NIET OP SCHAAL

benz21.dat

v	=	1 m/jaar
flux	=	57 mg/dag
time	=	10 jaar
contour	=	0,2 µg/l

NIET OP SCHAAL

benz22.dat

v	=	5 m/jaar
flux	=	57 mg/dag
time	=	10 jaar
contour	=	0,2 µg/l

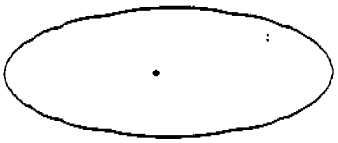
NIET OP SCHAAL

benz31.dat

v	=	1 m/jaar
flux	=	11.400 mg/dag
time	=	10 jaar
contour	=	0,2 µg/l

NIET OP SCHAAL

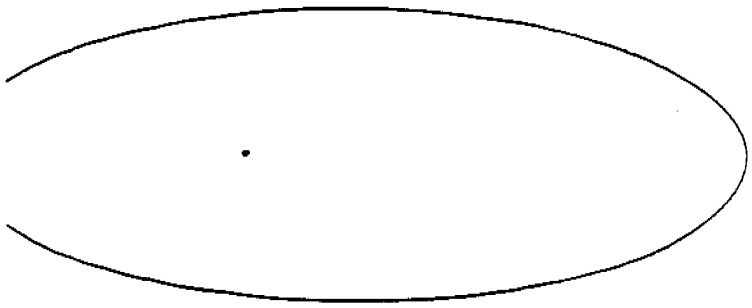
benz32.dat



v	=	5 m/jaar
flux	=	11.400 mg/dag
time	=	10 jaar
contour	=	0,2 µg/l

NIET OP SCHAAL

benz34.dat



v	=	50 m/jaar
flux	=	11.400 mg/dag
time	=	10 jaar
contour	=	0,2 µg/l

NIET OP SCHAAL

Bijlage IV Optimalisatie monitoringslijn en -frequentie

Voor een pluimlengte gelijk aan de helft van de monitoringszone, kan de onderlinge afstand L_1 tussen twee peilbuizen, zoals weergegeven in figuur 1 (hoofdstuk 3) worden benaderd met:

$L_1 = k * \text{Pluimlengte}$ of
$L_1 = k * \{M - v * T_p\}$

waarbij:

M	=	breedte monitoringszone	(m)
v	=	verplaatsingssnelheid front verontreinigingen	(m/jr)
T_p	=	periode tussen bemonsteringen	(jr)

waarbij er van wordt uitgegaan dat in het bereik van 0,25 tot 0,5 maal de monitoringszone de pluimbreedte lineair afhankelijk mag worden gesteld van de pluimlengte (= de constante k). De verplaatsingssnelheid wordt bepaald met behulp van pluimberekeningen voor hetzelfde interval. Hierdoor worden effecten als afbraak en verdunning meegenomen.

De kosten van monitoring voor de stortplaatszijde D_1 bedragen vervolgens per jaar (als functie van T_p):

$$K_m(T_p) = C * A / T_p = C * \{D_1 / L_1\} / T_p$$

waarbij:

K_m	=	kosten monitoring per jaar	(*f*/jr)
C	=	kosten bemonstering en analyse 1 peilbuis	(*f*)
A	=	aantal peilbuizen op zijde D_1	(-)

ofwel:

$$K_m(T_p) = C * \{D_1 / (k * [M - v * T_p])\} * T_p =$$

$$C * D_1 / \{k * M * T_p - k * v * T_p^2\}$$

K_m is minimaal als de noemer maximaal is, ofwel als de afgeleide van $k * M * T_p - k * v * T_p^2$ gelijk is aan nul.

Dus $M - 2 * v * T_p = 0$

De monitoringsfrequentie bedraagt dan:

$$T_p = M / 2 * v$$

De onderlinge afstand van de peilbuizen wordt dan:

$$L_1 = k * 0{,}5 * M$$

Bijlage V Overzicht normen voor monstername en analyse

De richtlijnen voor monitoring hebben betrekking op het monitoren van de verzadigde zone. Hiervoor is in principe een peilbuis het meest geschikt. Wanneer de plaats van het meetpunt bepaald is, kunnen de meetpunten worden geïnstalleerd op de lokatie. Een aantal richtlijnen waaraan de meetpunten moeten voldoen zijn:

- plaatsen van peilbuizen conform NEN 5741 en NEN 5766;
- duurzaam afwerken van de peilbuizen met een straatpot of beschermkap, afhankelijk van de ligging van het punt;
- duidelijk nummering aangeven, eventueel aanvullend een waarschuwingspaaltje plaatsen;
- inmeten meetpunten aan de hand van het landelijk coördinatenstelsel;
- filterstelling, ondiepe filters 1 meter beneden grondwaterspiegel, zoveel mogelijk in de zandige ophooglaag. De lengte van het peilfilter bedraagt 1 meter. Bij diepere peilbuizen wordt in principe een langere filterlengte aangehouden. Voorgesteld wordt uit te gaan van een lengte van 5 meter.

Het plaatsen van peilbuizen en het nemen van grondwatermonsters wordt uitgevoerd conform de onderstaande normen:

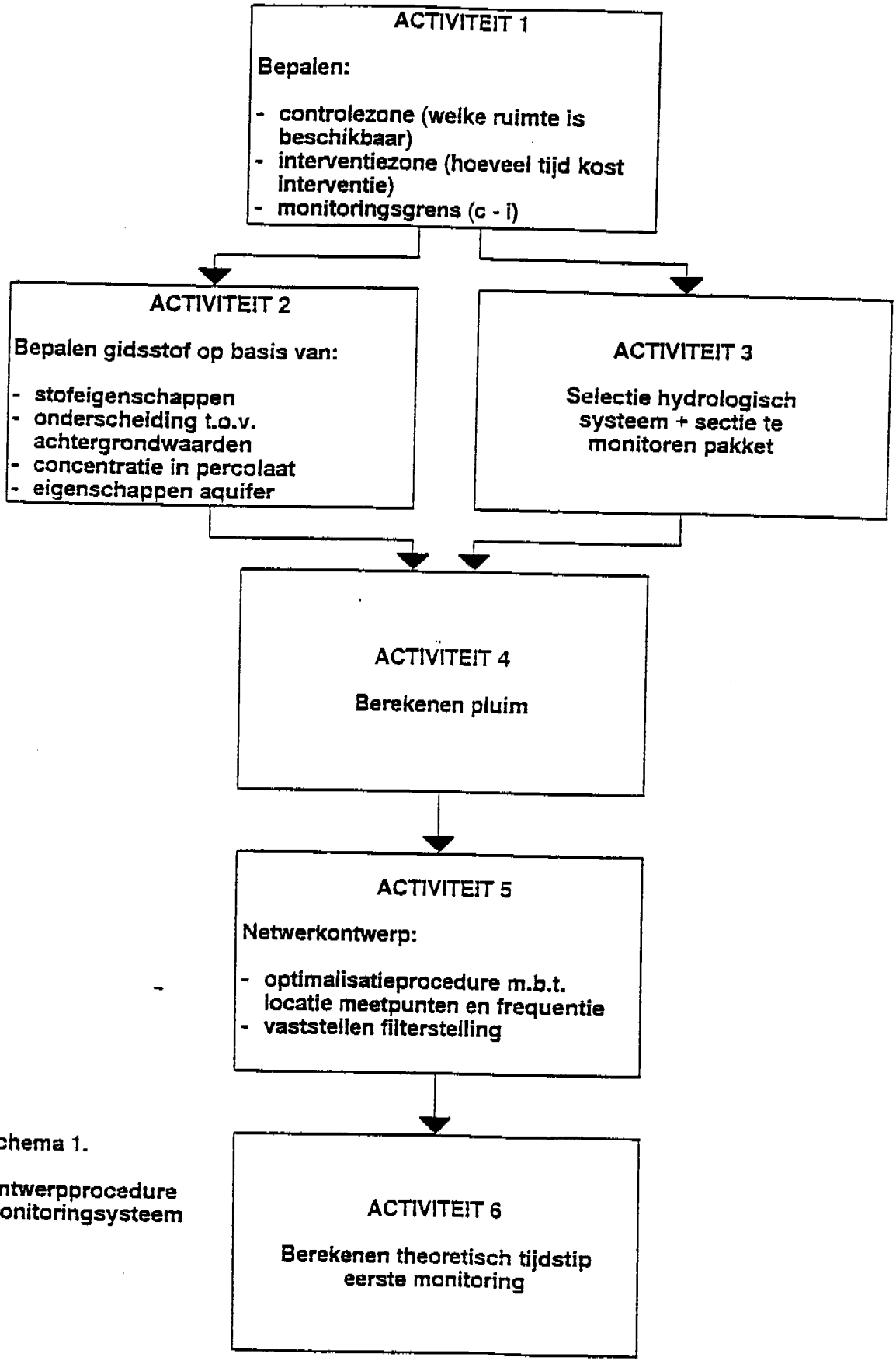
- NEN 5741: Bodem - Boorsystemen en monsternemingstoestellen voor grond, sediment en grondwater;
- NEN 5744: Bodem - Monsterneming van grondwater ten behoeve van de bepaling van metalen, anorganische verbindingen, matig-vluchtige organische verbindingen en fysisch-chemische bodemkenmerken;
- NEN 5745: Bodem - Monsterneming van grondwater ten behoeve van vluchtige verbindingen;
- NEN 5746: Bodem - Richtlijnen voor de conservering en behandeling van grondwatermonsters;
- NEN 5766: Bodem - Plaatsing van peilbuizen en bepaling van stijghoogten van grondwater in de verzadigde zone.

De monsterconservering, monstervoorbehandeling en analyse van de grondwater-monsters wordt uitgevoerd conform de onderstaande normen:

- Monsterconservering en monstervoorbehandeling: NEN 5751, NVN 5730, NPR 6601;
- Analyse van metalen en anorganische stoffen in grondwater: NEN 6439, NEN 6430, NVN 6432, NEN 6443, NEN 6444, NEN 6448, NEN 6451, NEN 6452, NEN 6453, NEN 6456, NVN 6457, NEN 6458;
- Analyse van organische stoffen in grondwater: NEN 5732, NEN 6402, NEN 6406, NEN 6524, NEN 6675.

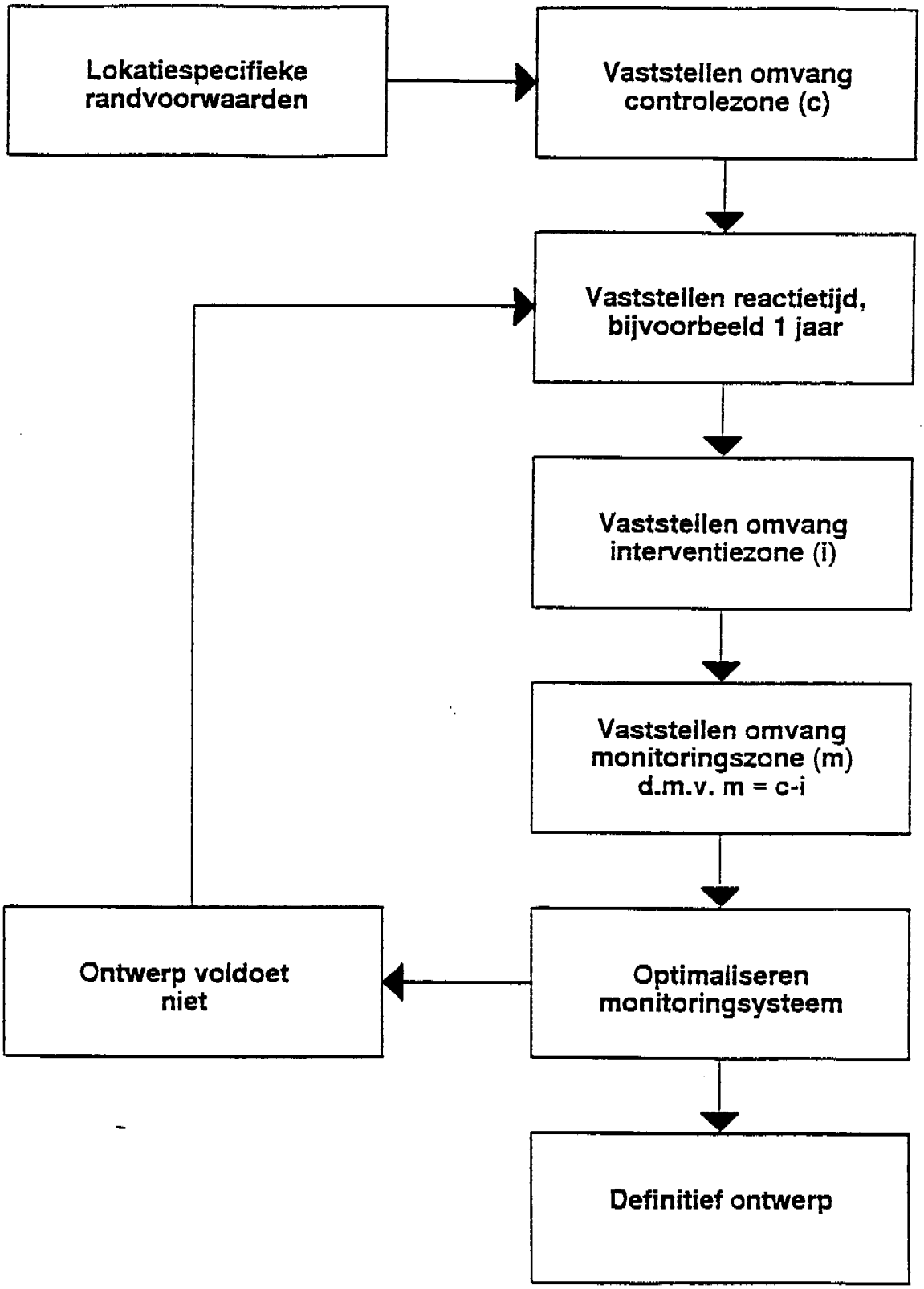
Voor het analyseren van de diverse parameters dient te worden aangesloten bij de daarvoor geldende NNI en/of A-VPR normen.

Bijlage VI Schema's behorende bij ontwerpprocedure

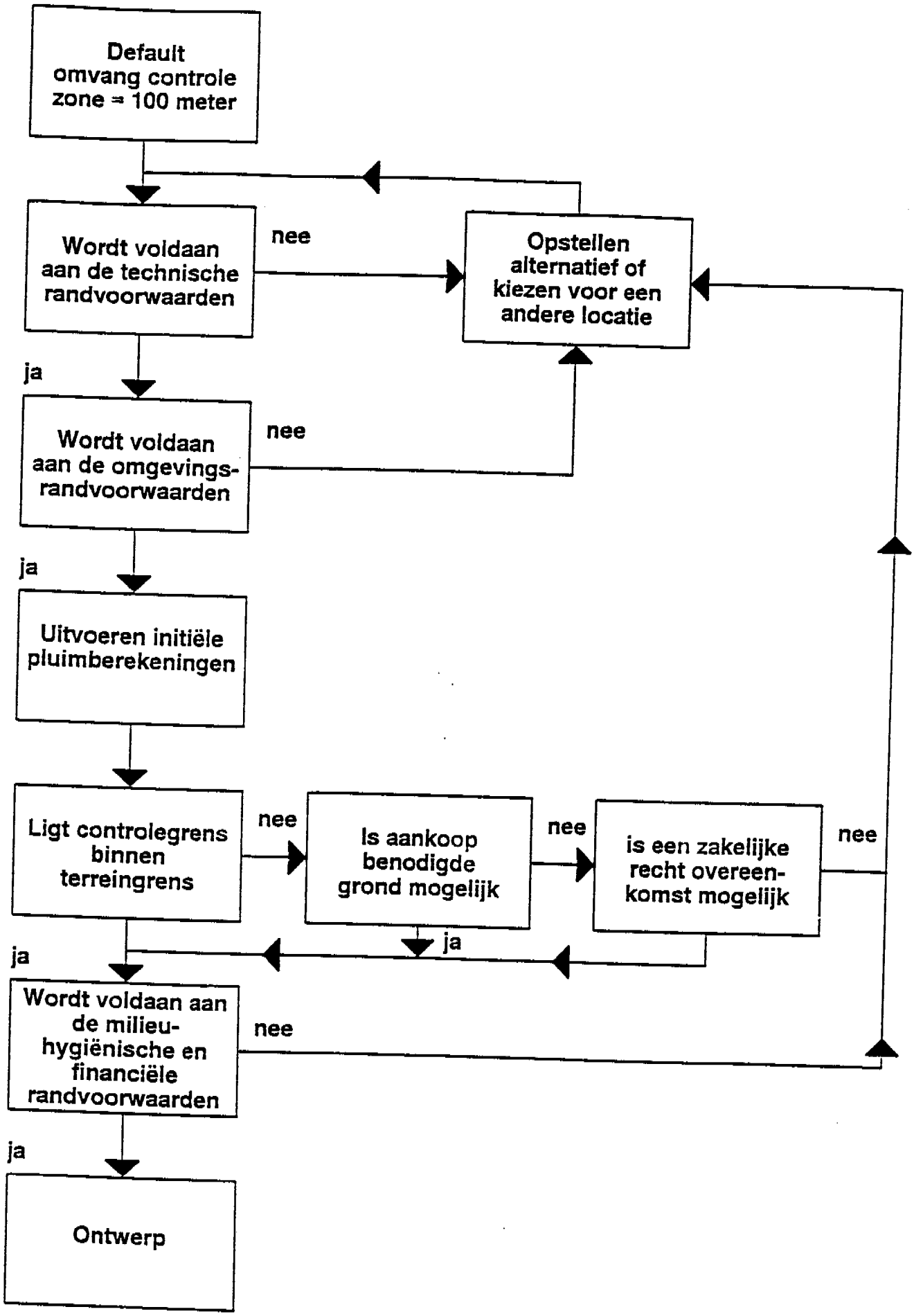


Schema 1.

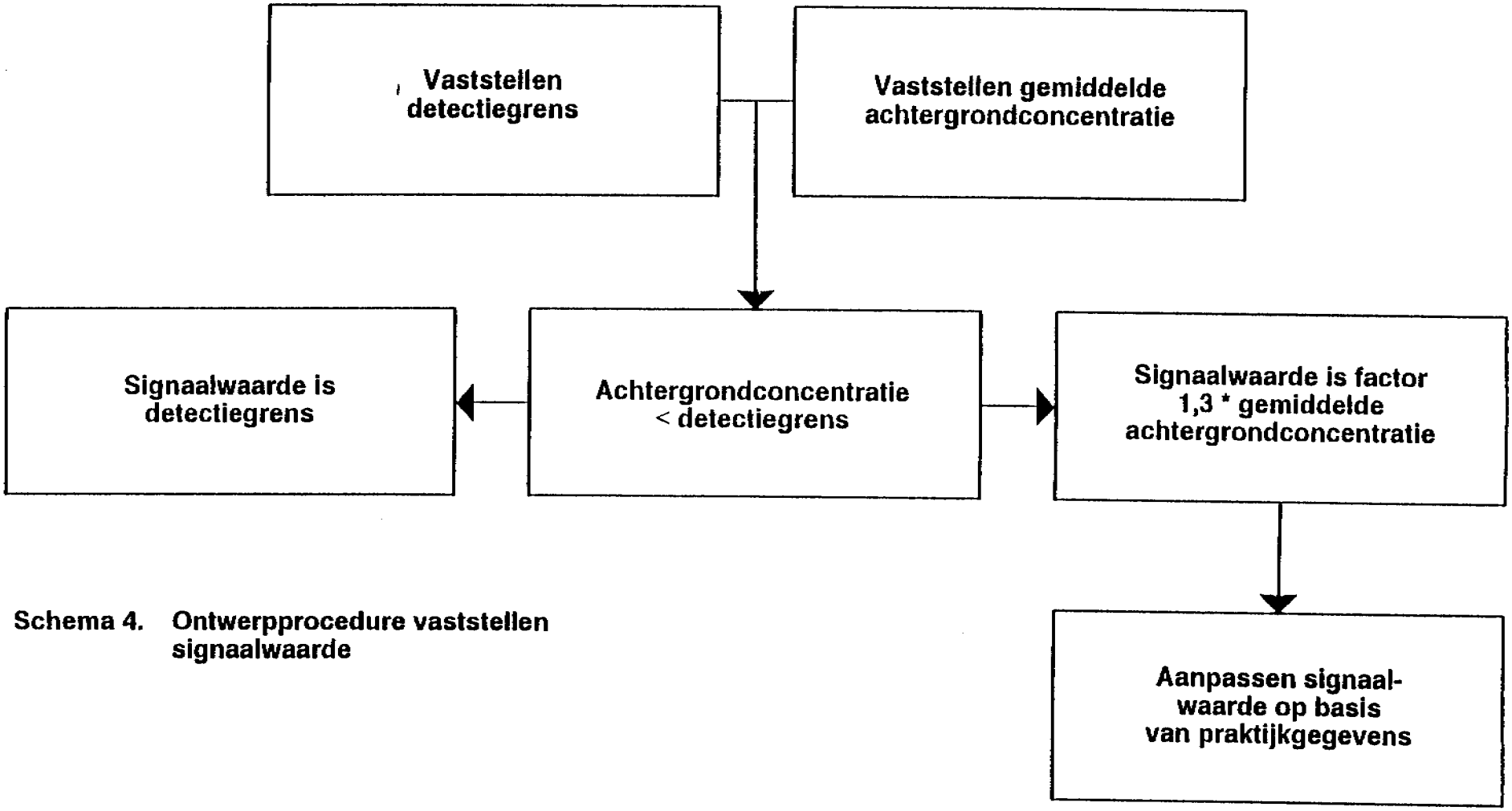
Ontwerpprocedure monitoringsysteem



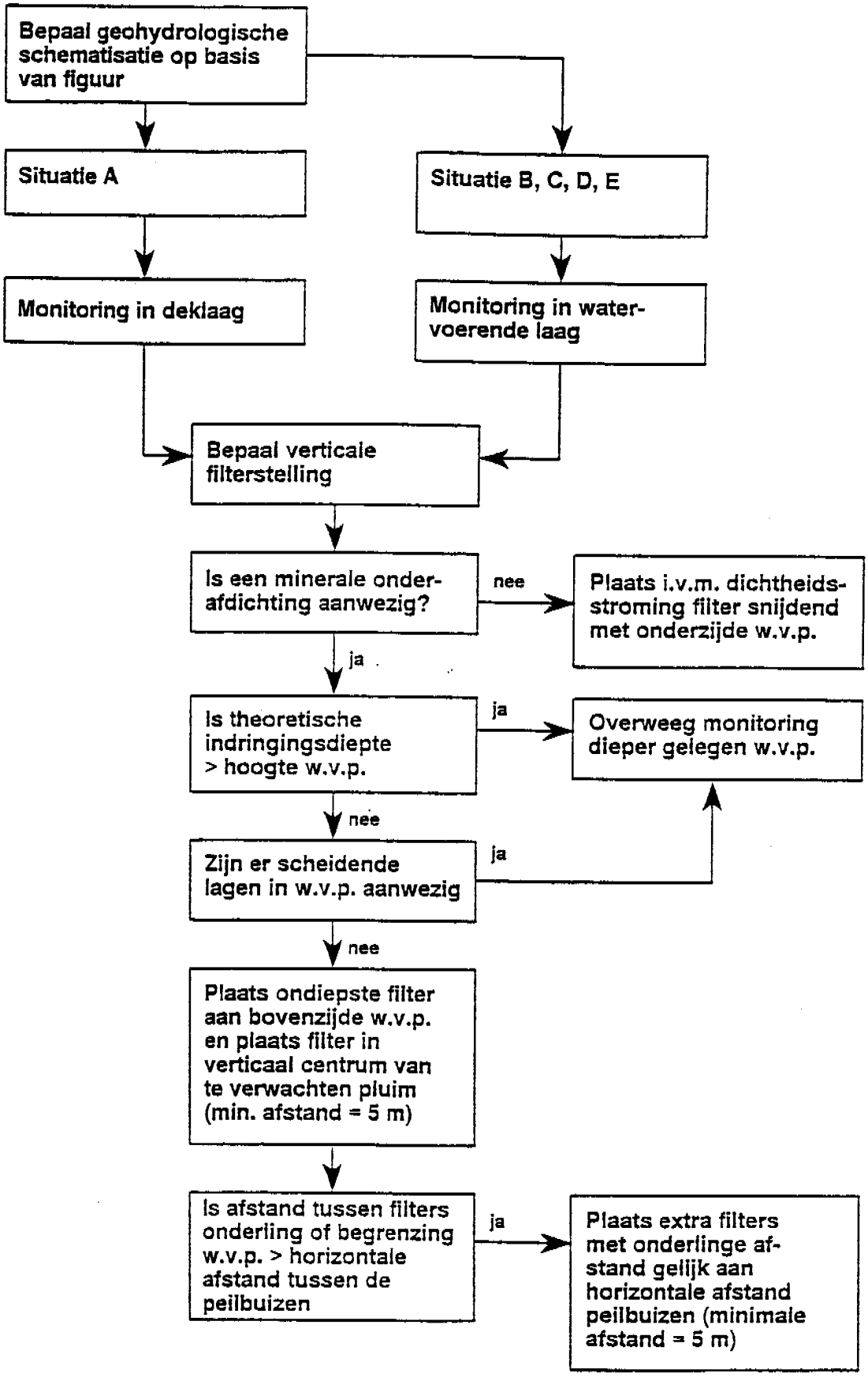
Schema 2. Samenhang tussen controle-, interventie- en monitoringszone



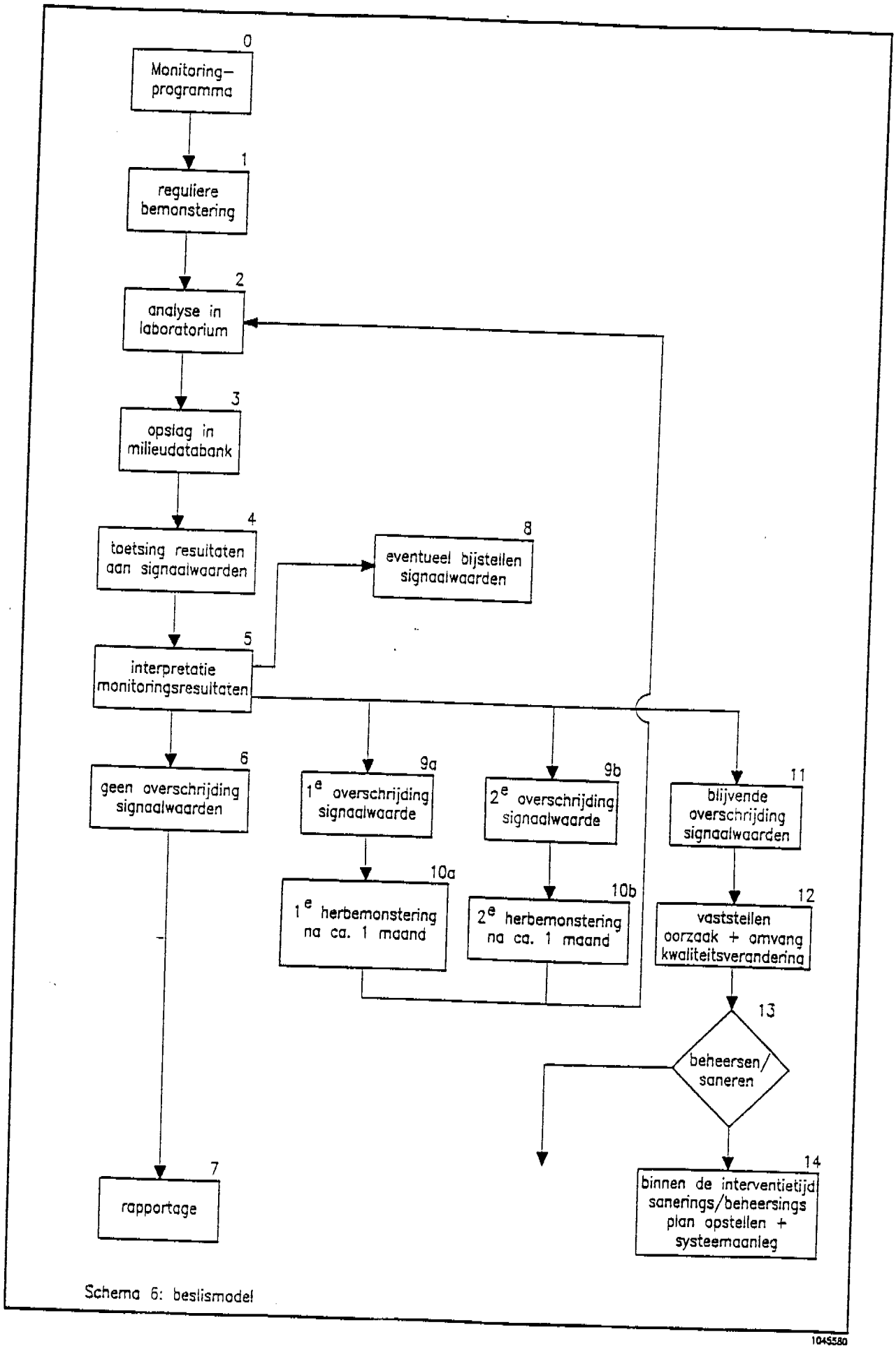
Schema 3. Ontwerpprocedure voor vaststellen omvang controlezone



Schema 4. Ontwerpprocedure vaststellen signaalwaarde



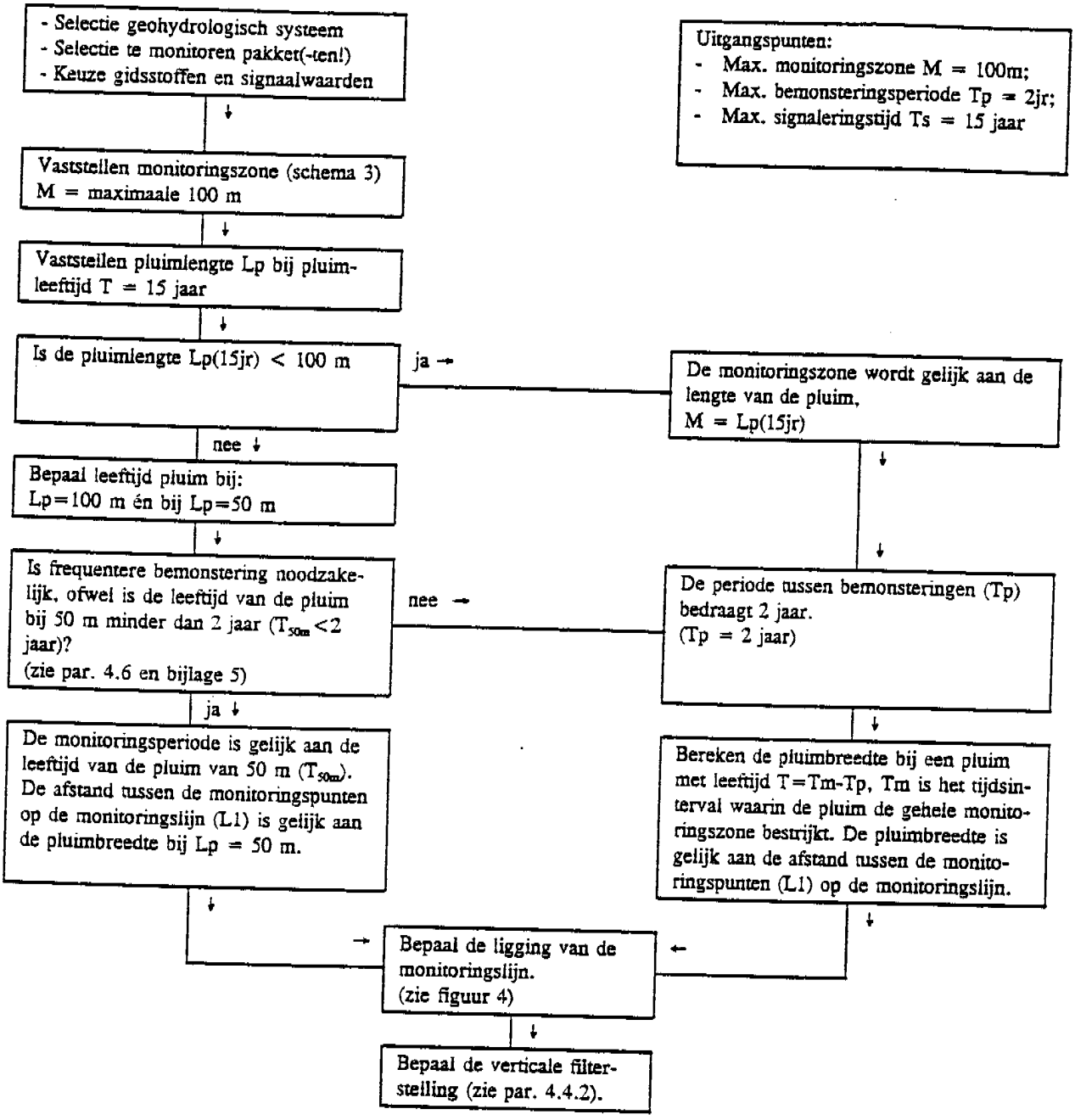
Schema 5. Selectie geohydrologisch systeem en filterstelling



Schema 6: beslismodel

1045580

Schema 7: Aangepaste ontwerpprocedure monitoring



Indien meer dan één watervoerend pakket is geselecteerd, moet deze procedure worden herhaald voor de overige watervoerende pakketten.

Bijlage VII Samenstelling Begeleidingscommissie

De Begeleidingscommissie was als volgt samengesteld:

- ing. A.H. Krom (voorzitter, NV Afvalzorg Noord-Holland)
- ing. J.T. Coppens (Stadsgewest 's-Hertogenbosch)
- ing. P.A. Koers (Afvalverwerkingsinrichting Merwedehaven v.o.f.)
- drs. B. Kok (secretaris, Vereniging van Afvalverwerkers)

De heer ing. P.A. Ruardi (ministerie van VROM) was vanaf december 1994 agendalid.

Het onderzoek is uitgevoerd door mevrouw drs. I. Canter Cremers en de heer ir. H. Slenders (IWACO).