

AANPASSING IPO-CHECKLIST BEOORDELING NAZORGPLANNEN

Deelonderzoek A1

IPO projectgroep AF4a

EINDRAPPORT

FEBRUARI 2003

AANPASSING IPO-CHECKLIST BEOORDELING NAZORGPLANNEN

Deelonderzoek A1

IPO projectgroep AF4a

EINDRAPPORT

Opgesteld : ing. A.A.M. Boerboom/ing. H. van der Meijden

Goedgekeurd : ing. A.A.M. Boerboom Paraaf:

INHOUDSOPGAVE

blz.

1.	INLEIDING EN DOELSTELLING	1
1.1	Inleiding	1
1.2	Doelstelling	2
1.3	Leeswijzer	2
2.	VRAAGSTELLING EN ONDERZOEKSOPZET	3
2.1	Vraagstelling	3
2.2	Onderverdeling op onderwerp	4
2.3	Onderzoeksopzet	5
3.	BOVENAFDICHTING	7
3.1	Inleiding	7
3.2	Huidige situatie	7
3.3	Literatuur en ervaringsgegevens	9
3.3.1	Literatuur	9
3.3.2	Ervaringsgegevens	13
3.4	Antwoorden op de vragen	14
3.4.1	Beschadiging zandbentonietlaag	14
3.4.2	Kosten reparatie zandbentonietlaag	15
3.4.3	Alternatieven	17
3.4.4	Hemelwaterdrainage	20
3.5	Leemten in kennis	22
3.6	Conclusies en aanbevelingen	23
4.	DRAINAGESYSTEMEN	25
4.1	Inleiding	25
4.2	Huidige situatie	25
4.3	Literatuur en ervaringsgegevens	26
4.3.1	Literatuur	26
4.3.2	Ervaringsgegevens	31
4.4	Antwoorden op de vragen	32
4.4.1	Beïnvloeding waterkwaliteit in controledrains	32
4.4.2	Controledrains	33
4.4.3	Percolaatdrains	35
4.4.4	Hemelwaterdrains	37
4.4.5	Alternatieve onderhoudsmethoden voor drainagesystemen	39
4.5	Leemten in kennis	40
4.6	Conclusies en aanbevelingen	40

VERVOLG INHOUDSOPGAVE

5.	BEMONSTERING EN ANALYSE	41
5.1	Inleiding	41
5.2	Huidige situatie	41
5.3	Literatuur en ervaringsgegevens	44
5.3.1	Literatuur	44
5.3.2	Ervaringsgegevens	44
5.4	Antwoorden op de vragen	45
5.4.1	Monitoringsdoelstellingen en monitoringsstrategie	45
5.4.2	Onderscheid in verschillende stortcompartimenten	46
5.4.3	Onderscheid in de hoeveelheid beschikbare meetresultaten per stortcompartiment	47
5.4.4	Procesgerichte monitoring	47
5.4.5	Brongerichte monitoring	49
5.4.6	Omgevingsgerichte monitoring	50
5.4.7	Monitoring hemelwaterkwaliteit	52
5.5	Leemten in kennis	53
5.6	Conclusies en aanbevelingen	54
6.	GASONTTREKKING	56
6.1	Inleiding	56
6.2	Huidige situatie	57
6.3	Literatuur en ervaringsgegevens	57
6.3.1	Literatuur	57
6.3.2	Ervaringsgegevens	58
6.4	Antwoorden op de vragen	58
6.5	Leemten in kennis	59
6.6	Conclusies en aanbevelingen	59
7.	ALGEMENE AANBEVELINGEN	60
8.	LITERATUUR	61
9.	TERMEN EN DEFINITIES	64
10.	SAMENSTELLING IPO WERKGROEP BENTIN EN BEGELEIDING-COMMISSIE	68

BIJLAGEN

1. Vragenformulier interview stortplaatsexploitanten
2. Beknopte samenvatting resultaten interviews
3. Bijlage III van de Richtlijn 1999/31/EG van de Raad van 26 april 1999 betreffende het storten van afvalstoffen
4. Analysepakketten IPO-nazorg (standaard)
5. Overzicht aanbevolen kentallen inspectie, onderhoud en monitoring

1. INLEIDING EN DOELSTELLING

1.1 Inleiding

Op grond van de Leemtetwet bodembescherming dienen de exploitanten van stortplaatsen waar na 1 september 1996 nog afval is of zal worden gestort een nazorgplan op te stellen. Het plan dient ter goedkeuring te worden voorgelegd aan het College van Gedeputeerde Staten van de provincie waarin de stortplaats is gelegen.

Bij de beoordeling van het plan hanteert de provincie de zogenaamde IPO-checklist als leidraad. Tijdens besprekingen van ingediende nazorgplannen en de inspraakprocedures die het plan moet doorlopen, is geconstateerd dat er over de technische inhoud en onderbouwing van de diverse parameters uit de huidige IPO-checklist verschillende inzichten bestaan. De technische werkgroep BENTIN (geformeerd door het IPO) heeft tot taak om de inhoud van de IPO-checklist te evalueren. Daartoe worden meerdere deelonderzoeken uitgevoerd. In tabel 1.1 zijn de deelonderzoeken weergegeven.

Tabel 1.1: Overzicht deelonderzoeken

Deelonderzoek	Beschrijving
A1	Technische onderbouwing onderhoud/inspectie/monitoring
A2	Vervanging bovenafdichting
A3	Resterende technische aspecten
B	Financiële aspecten (rente en inflatie)
C	Uitwerken risico-opslag
D	Software-ontwikkeling nazorgrekenmodel en kwaliteitskeur rekenmodel

De werkgroep heeft de belangrijkste discussiepunten over de checklist geïnventariseerd en de punten die een nadere beschouwing en/of onderzoek vergen geselecteerd. Daarbij zijn een aantal concrete vragen geformuleerd.

De gestelde vragen hebben in hoofdzaak betrekking op het onderhoud en de reparatie van de bovenafdichting, van de verschillende drainagesystemen en van het stortgasonttrekkingssysteem. Daarnaast worden vragen gesteld over de frequentie van monitoring en de te analyseren parameters.

HASKONING/IWACO heeft opdracht gekregen een antwoord op de gestelde vragen (zie hoofdstuk 2) te geven. Vragen met betrekking tot bijvoorbeeld de vervangingstermijn van afdichtingslagen zijn niet in de onderzoeksopdracht van HASKONING/IWACO opgenomen, maar worden in deelonderzoek A2 beantwoord.

Conform de offerte-aanvraag is bij de beantwoording van de vragen:

- voor zover relevant een relatie gelegd met hetgeen is opgenomen in ondermeer het Stortbesluit bodembescherming, de Uitvoeringsregeling Stortbesluit bodembescherming, de Richtlijn Dichte Eindafwerking, de Richtlijn Drainage- en controlesystemen, de Leidraad Storten en de Richtlijn 1999/31/EG van de betreffende het storten van afvalstoffen;
- er vanuit gegaan dat uit te voeren werkzaamheden aan aannemers en ingenieursbureaus zullen worden uitbesteed;
- indien aan de orde, de mate van onzekerheid van een antwoord aangegeven.

1.2 **Doelstelling**

Doel van het deelonderzoek A1 is om een goed onderbouwd antwoord op de gestelde vragen te formuleren.

1.3 **Leeswijzer**

Het rapport is gebaseerd op de vragen die gesteld zijn. De vragen zijn in hoofdstuk 2 weergegeven. In hoofdstuk 2 is tevens de onderzoeksopzet beschreven. Vanwege een geïntegreerde benadering zijn de vragen per categorie ingedeeld, en in de navolgende hoofdstukken ook per categorie behandeld. Dit betreft de hoofdstukken:

3. bovenafdichting;
4. controle-, percolaat- en hemelwaterdrains;
5. bemonstering en analyse;
6. de gasonttrekking.

Per hoofdstuk worden conclusies en aanbevelingen gegeven. Hoofdstuk 7 bevat aanvullend daarop enige algemene aanbevelingen.

2. VRAAGSTELLING EN ONDERZOEKSOPZET

2.1 Vraagstelling

Door de werkgroep BENTIN (zie hoofdstuk 10) zijn in de voorbereidingsfase concrete vragen geformuleerd. Onderstaand zijn de afzonderlijke vragen weergegeven.

- a. in hoeverre is het noodzakelijk om rekening te houden met het moeten uitvoeren van reparaties aan de minerale zandbentonietlaag van een bovenafdichting?; binnen welke termijn na aanleg valt dit het meest te verwachten; welke kosten zijn er verbonden aan dergelijke reparaties? Licht het in de rede ook voor andere onderdelen van de bovenafdichting rekening te houden met het moeten uitvoeren van reparaties?;
- b. hoe luidt het antwoord op de vragen als genoemd onder a. voor de gangbare alternatieven van een zandbentonietlaag, te weten vormzand/bentoniet, trisoplast, vormzand/trisoplast, bentonietmatten en hydrostab?;
- c. is het, zoals in reacties wordt gesteld, verantwoord om de termijn gedurende welke de percolaatdrains, controledrains en hemelwaterdrains moeten worden doorgespoten te beperken? Zo ja, welke factoren zijn hiervoor bepalend en welke termijn is dan nog verantwoord?;
- d. is het, zoals in reacties wordt gesteld, verantwoord om uit te gaan van een beperktere doorspuitfrequentie, danwel het doorspuiten in delen, van de percolaatdrains, controledrains en hemelwaterdrains? Zo ja, welke zijn daarvan de (mogelijke) gevolgen; welke factoren zijn hierbij bepalend en welke frequentie respectievelijk welk percentage is dan nog verantwoord?;
- e. is er, zoals in reacties wordt gesteld, sprake van een effect(en) als gevolg van het doorspuiten van de controledrainage op de resultaten van de monitoring (verstoring/beïnvloeding?) van de grondwaterkwaliteit middels deze controledrains; indien effect(en) is te verwachten zijn die dan dusdanig dat zou moeten worden overwogen om de doorspuitfrequentie te beperken c.q. voor een bepaalde periode uit te stellen?;
- f. zijn er, bijvoorbeeld in relatie tot de vraagstelling onder punt e, mogelijk alternatieve onderhoudsmethoden voorhanden die minimaal evengoed voldoen als het doorspuiten van drains? Zo ja, welke zijn dat en hebben die invloed op de werking en de levensduur van drains? Zijn er daardoor effecten op de resultaten van de monitoring te verwachten en zo ja welke zijn dan de consequenties voor het uitvoeren van de monitoring?;

- g. is het, zoals in reacties wordt gesteld, verantwoord om de frequentie van monitoren van peilbuizen, controledrainage en percolaatdrainage of het analysepakket zoals opgenomen in de Uitvoeringsregeling Stortbesluit in de nazorgfase te beperken? Zo ja, aan welke alternatieven kan bij een eventuele beperking worden gedacht en welke criteria moeten worden gehandhaafd bij het alsdan beoordelen van voorstellen tot het eventueel beperken van de frequentie of het analysepakket opdat adequate monitoring gewaarborgd blijft?;
- h. wat kan redelijkerwijs als te verwachten levensduur (na aanleg) voor controledrainage en percolaatdrainage (HDPE, PP, PVC) worden gehanteerd?;
- i. welk effect is te verwachten indien de percolaatdrainage na kortere of langere tijd na afdekking van een stortplaats niet meer functioneert? Indien effect(en) is te verwachten welke noodzaak bestaat er dan en welke mogelijkheden zijn er desgewenst voor het treffen van nadere maatregelen en wat zijn de te verwachten kosten daarvan?;
- j. heeft het de voorkeur om de kwaliteit van het water in de hemelwaterdrainage op een aantal plaatsen in het veld of slechts in een eindput te bepalen? Welke criteria zijn hierbij bepalend, hoeveel monsters en met welke frequentie moeten worden genomen en welk analysepakket moet worden gehanteerd?;
- k. is de levensduur van de momenteel onder de bovenafdichting toegepaste gasdrains danwel gasdrainagematten toereikend voor de periode waarvoor ze moeten functioneren (maximaal zo'n 30 jaar)?;
- l. wat kan redelijkerwijs als te verwachten levensduur (na aanleg) van drainagematten (zowel geotextielen als Droptec) worden gehanteerd, zonder dat dit ten koste gaat van het gelijkwaardig functioneren aan het standaard-hemelwaterdrainagestelsel zoals beschreven in de Richtlijn Dichte Eindafwerking?

2.2 Onderverdeling op onderwerp

Voor het onderbouwen van de verschillende antwoorden zijn de vragen opgedeeld in de volgende categorieën:

1. vragen m.b.t. de bovenafdichting (vragen a, b en l);
2. vragen m.b.t. de hemelwater-, controle- en percolaatdrains (vragen c, d, e, f, h en i);
3. vragen m.b.t. de bemonstering en analyse (vragen g en j);
4. vragen m.b.t. de gasonttrekking (vraag k).

2.3 Onderzoeksopzet

Voor het deelonderzoek A1 is bij de start van het project de volgende opzet voorgesteld:

- uitvoeren literatuuronderzoek;
- interviews met exploitanten en eventuele experts;
- beantwoording van de vragen van de IPO werkgroep BENTIN;
- voorleggen van de antwoorden aan een 'praktijk' klankbordgroep;
- rapportage en voorstel (aangepaste) onderdelen checklist nazorg.

Vooraf was de verwachting dat de gestelde vragen niet met een eenduidig antwoord kunnen worden afgedaan. Een antwoord zal derhalve bestaan uit een benadering, waarvan de achterliggende argumentatie van groot belang is. De argumenten zijn primair ontleend aan de eigen ervaring van HASKONING en IWACO met stortplaatsen. Aanvullend daarop is informatie verzameld via interviews met:

- exploitanten van stortplaatsen (ervaringsgegevens);
- nazorgspecialisten van provincies (kennis nazorg en regelgeving);
- leveranciers van materialen en systemen (productonderzoek en -informatie);
- specialistische bedrijven die stortplaatsen hebben aangelegd en/of ondersteuning leveren bij de onderhoudswerkzaamheden bij stortplaatsen.

Aan de hand van een uitgebreide vragenlijst zijn interviews uitgevoerd bij exploitanten van stortplaatsen. Telefonische vragen en informatie is verzameld bij enkele leveranciers en bedrijven.

Parallel aan de interviews is gebruik gemaakt van informatie verkregen uit literatuuronderzoek. Het betreft rapporten die in bezit zijn van IPO, leden van de werkgroep BENTIN, HASKONING en IWACO en literatuur die via het bedrijfsinformatiecentrum van HASKONING over deze onderwerpen is verzameld.

Relevante wet- en regelgeving is eveneens bij de beantwoording van de vragen toegepast; in het bijzonder de Richtlijn 1999/31/EG van de Raad van 26 april 1999 betreffende het storten van afvalstoffen. De richtlijn bevat bepalingen voor de nazorgperiode. Het Stortbesluit en de Uitvoeringsregeling zullen in 2002 aan de hand van de EG Richtlijn worden gewijzigd.

Bij de nadere uitwerking van de vraagstelling en de verzamelde gegevens is gebleken dat een verschil moet worden gemaakt in een modelstort¹ en stortplaatsen die op onderdelen afwijken van het Stortbesluit en de daarbij behorende richtlijnen.

¹ Onder modelstort wordt in deze rapportage verstaan een stortplaats die conform de richtlijnen van het Stortbesluit is aangelegd.

Een aantal stortplaatsen is namelijk voor de inwerkingtreding van het Stortbesluit aangelegd, en hebben vaak een (deels) ander voorzieningenniveau. Voorbeelden hiervan zijn afwijkende controlevoorzieningen en bijvoorbeeld de toepassing van grondwaterbeheerssystemen.

Gelet op het feit dat er vaak sprake is van afwijkende voorzieningen, is een locatiespecifieke benadering noodzakelijk. Een 'standaard' toepassing van algemene regels is immers niet effectief en/of efficiënt.

Daar waar mogelijk is in deze rapportage een locatiespecifieke benaderingswijze gehanteerd die toepasbaar is op alle stortplaatsen. Basis voor deze benaderingswijze is een beoordeling van alle gegevens uit de exploitatiefase, voorafgaand aan de overdracht van de nazorg. Op basis van deze gegevens kan een afgemeten nazorgplan worden opgesteld.

3. BOVENAFDICHTING

3.1 Inleiding

De bovenafdichting moet worden aangelegd conform de 'Richtlijn voor dichte eindafwerking op afval en reststofbergingen' [VROM 1991-1] (verder RDE genoemd). Door diverse oorzaken is het mogelijk dat er schade kan optreden aan de bovenafdichting. Reparaties zijn dan noodzakelijk. Dit hoofdstuk beschrijft de oorzaken en de mate waarin schade aan de minerale afdichtingslaag kan optreden, het herstel van schade en de kosten van dit herstel. Uitgangspunt is een constructie bestaande uit een waterkerende laag (zandbentoniet en HDPE-folie), hemelwaterdrainage en een toplaag van grond. Tevens wordt aandacht besteed aan de alternatieve materialen voor de zandbentoniet-afdichting.

Verder wordt aandacht besteed aan de verwachte levensduur van drainagematten, die als alternatief voor het standaard-hemelwaterdrainagestelsel kunnen worden toegepast.

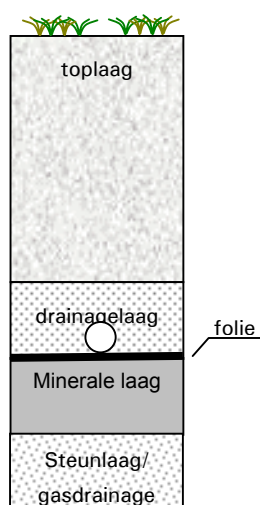
3.2 Huidige situatie

Wet- en regelgeving

Stortbesluit

In het Stortbesluit is bepaald dat zo spoedig als technisch mogelijk, maar uiterlijk binnen een termijn die niet langer is dan dertig jaar na aanleg van de onderafdichting een bovenafdichting aangelegd dient te zijn. De (standaard) bovenafdichting conform de RDE is weergegeven in figuur 3.1. Figuur 3.2 toont de aanleg van een afdichtingslaag.

Figuur 3.1: Principe standaard bovenafdichting (niet op schaal)



In de huidige IPO-checklist zijn een aantal instrumenten opgenomen om de functionaliteit van de bovenafdichting te controleren.

De functionaliteit van de bovenafdichting wordt tijdens de nazorgfase gecontroleerd door inspectie van de laagdikte van de deklaag, het uitvoeren van visuele inspecties en gasmetingen. Verder vindt indirecte controle plaats, onder andere door monitoring van de kwaliteit van grondwater en oppervlaktewater. Onderhoud vindt plaats door algemeen terreinbeheer (vegetatie) en het doorspuiten van de hemelwaterdrainage.

Figuur 3.2: Aanleg afdichtingslaag (minerale laag en folie)



EG-Richtlijn

Bijlage 3 van de EG-Richtlijn beschrijft de controleprocedures die minimaal moeten worden uitgevoerd. In de EG-Richtlijn worden geen directe controles van de afdichtingslagen in de nazorgfase voorgeschreven. Wel dient het inklinkingsgedrag van het afvalpakket in de nazorgfase door middel van 'jaarlijkse aflezing' te worden bepaald.

Verder wordt aanbevolen om meteorologische gegevens te verzamelen 'indien lidstaten besluiten dat waterbalansen een doelmatig instrument zijn om na te gaan of zich in de stortplaats percolaat opbouwt en of de stortplaats lekt'. De gegevens kunnen worden verzameld door meting op het stort of via het dichtstbijzijnde meteorologische station. Dit geldt dan voor de exploitatie- en nazorgperiode (zie bijlage 3). In het Stortbesluit bodembescherming en aanverwante richtlijnen is tot heden geen verplichting opgenomen tot het bijhouden van de waterbalans in de nazorgfase.

IPO-checklist

In de wet- en regelgeving zijn geen vervangingstermijnen vastgelegd. De vervangingsperiode voor een combinatie-afdichting van zandbentoniet en een folie is in de IPO-checklist vastgesteld op vijftig jaar [DHV 1997-2].

Er is in de bestaande IPO-checklist geen inschatting gemaakt van het risico dat reparaties noodzakelijk zijn. De kosten van reparaties zijn niet gekwantificeerd.

Praktijk

In de praktijk blijkt dat voor de bovenafdichting alternatieve materialen worden toegepast. Dit betreft vooral de afdichtingslaag (bentonietmat, kleimineraal-polymer mengsel, tertiaire klei, reststoffen) en de drainagelaag (drainagemat). Voorwaarde is dat deze voor wat betreft het beschermingsniveau gelijkwaardig zijn aan de 'standaard' bovenafdichting. Er is nog geen ervaring met *langdurige* nazorg van bovenafdichting op gesloten stortplaatsen.

3.3 Literatuur en ervaringsgegevens

3.3.1 Literatuur

Schade aan een afdichtingslaag kan ontstaan door verouderingsprocessen, door schadeveroorzakende factoren tijdens de voorbereidings- en uitvoeringsfase of door invloeden van buitenaf na aanleg van de afdichtingslaag. Schade door verouderingsprocessen is gerelateerd aan de levensduur van afdichtingsmaterialen. De levensduur van afdichtingsmaterialen wordt in Deelonderzoek A2 'Vervanging bovenafdichting' nader belicht [Boels, e.a.]. In dit rapport wordt enkel ingegaan op herstel van (locale) schades die een gevolg zijn van overige schadeveroorzakende factoren. Tussentijdse reparaties van schades door veroudering worden niet beschouwd; aangenomen wordt dat veroudering bij gelijkblijvende omstandigheden evenwichtig over de gehele afdichtingslaag plaatsvindt.

Schadefactoren in relatie tot de voorbereiding en de uitvoering

In de literatuur en ervaringsprojecten geïdentificeerde potentiële schadefactoren in relatie tot de voorbereiding en de uitvoering zijn:

- *schade door zetting(sverschillen)*. Door de afdichtingslaag aan te leggen op afval dat nog onvoldoende of ongelijkmatig verdicht is, of door de afdichtingslaag te vroeg aan te leggen, kunnen locale zettingsverschillen leiden tot schade. Een bovenafdichting kan optimaal aangelegd worden als het zetting- en klinkgedrag stabiel is, waarbij de nog te verwachten verschilzetting voldoende klein is. Verzadigde afdichtingsmaterialen op basis van bentoniet (zandbentoniet, Trisoplast, bentonietmatten) kunnen zonder functieverlies een rek tot circa 10% weerstaan [Boels, 1998]. In stortplaatsen kan door verschilzettingen een rek optreden in de orde grootte van 2 tot 5 %. In incidentele gevallen kan de rek groter zijn;
- *waterhuishouding*. Bij een onjuiste waterhuishouding tijdens de exploitatie is het mogelijk dat er een te hoge schijngrondwaterstand in het stort ontstaat. Dit kan leiden tot een te grote (water)druk in de taluds, dat instabiliteit van taluds, met afschuiving van taluds en uittreding van water tot gevolg kan hebben. Alleen tijdens de afwerking van het stort en de eerste jaren daarna is de kans aanwezig dat deze vorm van schade optreedt.
Door aanwezigheid van de bovenafdichting neemt de kans op locale waterophoping snel af;

- *stortgasontwikkeling (druk)*. Het stortgasonttrekkingsstelsel bepaalt in welke mate het geproduceerde stortgas uit de stortplaats verwijderd wordt. Bij onvoldoende onttrekking van het stortgas kan een te grote ophoping en mogelijk opbolling en scheuring van de bovenafdichting optreden. Omdat op de bovenafdichting een afdeklaag (gronddruk) aanwezig is, dient een zeer sterke overdruk te ontstaan voordat schade kan optreden. Dit is bij een volgens de RDE aangelegde bovenafdichting nauwelijks mogelijk. Bij een combinatie van factoren kan de drukopbouw onder de afdichtingslaag wel schade veroorzaken. Bijvoorbeeld tijdens de aanleg, zolang er nog onvoldoende gronddruk aanwezig is, of bij erosie van de afdeklaag. De gasdruk kan dan zo groot zijn dat de folie ter plaatse van diepe erosiegeulen gaat opbollen en/of de minerale afdichting beschadigd kan worden;
- *schade door ontwerpfouten*. Door tijdens de ontwerpfasen onvoldoende rekening te houden met stortcondities, materiaaleigenschappen, etc. kan schade aan afdichtingslagen ontstaan. De ontwerpdoorlatendheid (voorgeschreven bij aanleg) is vaak scherper gesteld om bij eventuele afwijking tijdens de uitvoering te voorkomen dat niet aan de gestelde (minimum)eisen wordt voldaan. Uit ervaring blijkt dat de in de uitvoering gerealiseerde doorlatendheid vaak ruimschoots voldoet aan de eisen van de RDE. De geometrie van een stort en de bovenafdichting dienen zo gedimensioneerd te zijn dat afschuivingen en verschilzetting geminimaliseerd worden;
- *schade door onzorgvuldig handelen tijdens de aanleg*. Bij de aanleg van bovenafdichtingen moet worden gewerkt volgens een kwaliteitsplan, waarbij kwaliteitscontroles tijdens de voorbereidingsfase (proefvak) en uitvoeringsfase worden uitgevoerd. Is er sprake van onvoldoende kwaliteitscontrole, dan kan dat leiden tot problemen in de nazorgfase.

In het uitvoeringsplan moet aandacht worden besteed aan de belastingen die tijdens de uitvoering op de afdichtingslaag kunnen ontstaan, bijvoorbeeld ten gevolge van grondverzetmachines en grondtransport. Verder dient het werkterrein ontoegankelijk te zijn, om schade door vandalisme te voorkomen. Afdichtingsmaterialen moeten tijdens opslag en verwerking worden beschermd tegen weersinvloeden. UV-straling kan het verouderingsproces van kunststoffen (geomembraan, geotextiel) versnellen, en minerale materialen (klei, bentoniet) kunnen in opslag (een deel van) de functies verliezen door verzaaging, uitdroging of vorst/dooi werking.

Invloeden van buitenaf na aanleg

- *Schade door uitdroging*: [Koerner e.a.] en [Hull e.a.] beschrijven het uitdrogingsproces dat optreedt bij *enkelvoudige* afdichtingen. Het herstellend vermogen van klei en bentoniethoudende materialen is zodanig dat droogtescheurtjes veelal worden hersteld zodra ze weer bevochtigd worden. Het herstellend vermogen van bentoniethoudende lagen bij uitdroging/bevochtiging wordt groter ingeschat dan het herstellend vermogen van klei. De herstelde scheurtjes kunnen wel de gemiddelde doorlatendheid (in geringe mate) vergroten.
- De hersteltijd van bentonietmatten [Hull e.a.] na verdroging bedraagt enkele uren, zodat in deze hersteltijd de doorlatendheid groot is. Door toepassing

- van een folie op de minerale laag wordt uitdroging overigens doelmatig tegengegaan
- *Schade door vorst*: Literatuur over de effecten van vorst/dooi cycli is verzameld en beschreven door [Hull e.a.] voor zandbentonietmengels, bentonietmatten en natuurlijke klei-afdichtingen. Alleen natuurlijke klei-afdichtingen hebben een slecht herstellend vermogen bij vorst/dooi werking. Vooral hoge vochtgehalten versterken dit effect. [Boels, e.a.] concludeert dat effecten van herhaaldelijk bevriezen en dooien onder bepaalde omstandigheden aggregaatvorming in minerale afdichtingen in de hand kunnen werken waardoor de doorlatendheid toeneemt. Door toepassing van een afdeklaag van tenminste een meter is de invloed van vorst in het Nederlandse klimaat op de minerale afdichtingslagen verwaarloosbaar. Echter de invloed van vorst/dooi werking verdient aandacht tijdens de uitvoeringsfase. Een juiste uitvoeringsplanning en tijdige bescherming van toegepaste materialen tegen bevriezing voorkomen nadelige beïnvloeding.
 - *Erosie*: Erosie ontstaat door afstroming van hemelwater (of sneeuwsmeltwater) of door windinvloeden. Afstroming vormt in het Nederlandse klimaat de belangrijkste risicofactor. Bij een slechte bodemstructuur of onvoldoende doorworteling van de bodem kan door afstroming erosie op taluds optreden. Erosieschade is eenvoudig waar te nemen (periodieke inspectie en luchtfoto's) en snel te herstellen. Indien herstel wordt verwaarloosd, wordt de afdichtingslaag blootgesteld aan weersinvloeden (UV-straling, uitdroging en vorst/dooi werking).
 - *Instabiliteit op taluds*: door ontwerpfouten en/of door ophoping van water op taluds kunnen afschuifvlakken ontstaan, waardoor de deklaag instabiel wordt en kan gaan afschuiven. Drainagesystemen zijn ervoor ontworpen om water vanaf de taluds af te voeren, zodat geen overmatige ophoping van water kan ontstaan. Indien de drainage niet optimaal functioneert, kan zodoende schade aan de deklaag (en drainagelaag) ontstaan. Hierdoor kunnen de afdichtingslagen worden blootgesteld aan weersinvloeden. Regelmatige inspectie en onderhoud van de hemelwaterdrainage voorkomt ophoping van water (zie hoofdstuk 4).
 - *Menselijk handelen*. Nadat een stortplaats is voorzien van een bovenafdichting krijgt de stortplaats een nabestemming. Afhankelijk van de nabestemming kan het gebruik intensief zijn. Dit intensieve gebruik moet verbonden zijn met gedragsregels, waardoor het risico op beschadigingen geminimaliseerd wordt. Gebruiksbeperkingen dienen altijd te worden vastgelegd, vooral als het beheer/gebruik door derden plaatsvindt.
 - *Externe belasting*; Bij bebouwing (opslag, gebouwen, infrastructuur) ontstaat er externe belasting van de bovenafdichting. Deze belasting kan verschildetting en uiteindelijk beschadiging veroorzaken.
 - *Schade door wortelgroei*. Schade door wortelgroei kan optreden indien er een dunne afdeklaag aanwezig is, die niet is afgestemd op de (potentiële) vegetatie-ontwikkeling. Een dikte van minimaal 0,8 meter is noodzakelijk om de nadelige effecten van wortelgroei te minimaliseren. Bij boomvormers moeten dikkere deklagen worden aangebracht.
Uit literatuur [Dobson e.a. 1993, Dobson e.a., 1995] blijkt dat de groeiomstandigheden, bodemopbouw (verdichtingsgraad), vochtthuishouding en vegetatietype maatgevend zijn voor de wortelgroei in een deklaag en de on-

derliggende lagen. Het blijkt dat een minerale afdichtingslaag een barrière vormt voor wortelgroei door de grote dichtheid, geringe doorlatendheid en slechte beluchting.

- Voor boomwortels geldt deze conclusie indien sprake is van een grondlaag op de (enkelvoudige) minerale laag van ten minste 1,5 meter. Wortelingroei in een minerale afdichtingslaag is alleen mogelijk zodra sprake is van een geringe indringingsweerstand en/of via preferente toegang (bijvoorbeeld scheuren). Bij onderzoek naar wortelingroei in drainagematten [Degenbeck] is geconstateerd dat wortelingroei door de drainagemat in de bovenste centimeters van een (enkelvoudige, relatief droge) minerale afdichtingslaag plaatsvond. Dit betrof diepwortelende kruiden (o.a. akkerdistel en ridderzuring) bij een laagdikte van 1 tot 1,5 meter. Overigens bleek in de relatief droge minerale laag (waar ingroei werd geconstateerd) scheurvorming voor te komen, hetgeen in een goed aangelegde minerale afdichting niet het geval mag zijn.
- Wortelingroei in een HDPE-folie of (zwaar type) geotextiel is niet mogelijk. De kans dat bij een combinatie-afdichting (folie en minerale afdichting) schade aan de minerale afdichtingslaag optreedt door wortelgroei, is derhalve nagenoeg nihil. Wortelgroei kan wel de werking van drainagesystemen op de afdichtingslaag beïnvloeden (Zie ook paragraaf 3.4.4).
- *Fauna*. Afhankelijk van de nabestemming ontstaat er een bepaald faunabestand. Dit is een risicofactor die beschadiging kan geven aan de bovenafdichting. Vee kan door loop- en leefgedrag erosie op taluds etc veroorzaken (zie erosie). Dieren kunnen door graafwerkzaamheden de bovenafdichting beschadigen. De grote verdichtingsgraad van minerale lagen beperkt graafactiviteiten [Hull e.a.]. Toepassing van geosynthetische componenten in een bovenafdichting (worteldoeken, PE-folie) en schraal zand ontmoedigt graafactiviteiten. De verwachting is dat de grofzandige fractie in zandbentonietmengsels graafactiviteiten ook verminderd [Hull e.a.]. Voor zover graafactiviteiten optreden, hetgeen vooraf niet te bepalen is, is het herstellend vermogen van zandbentonietlagen en bentonietmatten is in het algemeen groter dan die van kleilagen. Herstel treedt op afhankelijk van de grootte van de graafschade.

Tijdstip van optreden van schade

Schade tijdens de aanleg is geen onderwerp van de nazorg, maar kan daar uiteindelijk wel (sterke) invloed op hebben. Bijvoorbeeld de versnelde veroudering van kunststoffen door UV-straling. Zettingsschade en schade door erosie kunnen met name ontstaan in de eerste jaren na aanleg van de bovenafdichting. Dit geldt ook voor ophoping van stortgas onder de bovenafdichting. De kans op schade door uitdroging en vorst/dooi werking zijn bij de 'standaard' bovenafdichtingen verwaarloosbaar. Schade door gebruik kan optreden zodra de stortplaats is vrijgegeven voor de nabestemming.

Op langere termijn kan door verminderde werking van drainagesystemen (instabiliteit deklaag) en door verouderingsprocessen de kans op schade groter worden. Kunststoffen worden door veroudering brosser en zijn minder goed in staat om krachten op te kunnen vangen. Risicofactoren die bij verouderde kunststoffen kunnen leiden tot schade, moeten vooral worden gevonden in de groep van

externe beïnvloeding, zoals bijvoorbeeld externe belasting. Bij schade aan de folie wordt een minerale laag zwaarder belast en in toenemende mate blootgesteld aan invloeden van buitenaf. Bij het gebruik van het stortterrein dienen er gebruiksregels/-beperkingen te worden opgesteld om ook schade op de lange termijn te voorkomen.

Samenvattend kan worden gesteld dat, indien er wordt voldaan aan ontwerp- en uitvoeringscriteria, de kans zeer klein is dat een minerale laag beschadigd raakt. Zorgvuldige inspectie en snel herstel (van bijvoorbeeld erosieschade) beperkt de gevolgen in aanzienlijke mate.

3.3.2 Ervaringsgegevens

In de praktijk zijn er reeds diverse stortplaatsen afgewerkt conform het Stortbesluit. Daarnaast is er ervaring met de aanleg en nazorg van (enkelvoudige) bovenafdichtingen op stortplaatsen. In de interviews is ingegaan op het in de praktijk voorkomen van beschadigingen en reparaties aan enkelvoudige afdichting en combinatie-afdichtingen.

Er zijn slechts enkele gevallen bekend waarbij in de nazorgfase schade aan de bovenafdichting is geconstateerd. We noemen hierbij als voorbeeld de stortplaats Zuringspeel te Limburg. Hier is in de eerste jaren na aanleg van de bovenafdichting bij een visuele inspectie geconstateerd dat er (lokaal) vegetatieschade zichtbaar was. Nader onderzoek wees uit dat de *enkelvoudige* afdichtingslaag van zandbentoniet een kleine scheur vertoonde over een lengte van enige tientallen meters. De vermoedelijke oorzaak van de scheurvorming is ongelijkmatige zetting tussen twee stortdelen, waarbij het jongste deel kort voor aanleg van de afdichtingslaag op eindhoogte is gebracht, en vermoedelijk vrij veel organisch afval bevatte. In dit geval is sprake van een onverwachte verschilzetting, in relatie tot het tijdstip van aanbrengen van de bovenafdichting. De schade is hersteld door de bestaande afdichtingslaag voor te bewerken en een nieuwe laag zandbentoniet over de oude laag aan te brengen. Het zandbentoniet is van elders in gemengde vorm aangevoerd. Gegevens over de exacte herstelkosten zijn niet meer beschikbaar.

Tijdens de interviews bleek dat er op desbetreffende locaties nog geen ervaringsgegevens beschikbaar zijn die inzicht geven op schades aan combinatielagen. Uit niet nader gespecificeerde mondelinge informatie is bekend dat in binnen- en buitenland afschuivingen (folie) zijn opgetreden (materiaalkeuze-, ontwerp- en/of uitvoeringsfouten). Geconcludeerd kan worden dat in ieder geval in de eerste jaren na aanleg schades kunnen optreden.

Voor herstel dient derhalve een geldbedrag te worden gereserveerd. Voor schades op de lange termijn kunnen op basis van de (relatief kortdurende) ervaringsgegevens nog geen conclusies worden getrokken.

3.4 Antwoorden op de vragen

3.4.1 Beschadiging zandbentonietlaag

De kans op het uitvoeren van reparaties aan een zandbentonietlaag wordt bepaald door:

- ontwerp, aanleg en gebruik van de bovenafdichting;
- kans op beschadiging door slecht functionerende drains (afschuiving deklaag), etc.

Zodra wordt uitgegaan van de ontwerpomstandigheden zoals beschreven in de RDE is de kans dat schade optreedt aan een zandbentonietlaag uiterst klein. Er is immers rekening gehouden met zetting, bescherming tegen verdroging, vorstvorming, wortelgroei, e.d. Ook wordt rekening gehouden met het tijdstip van aanleg; pas zodra de te verwachten verschilzettingen [VROM 1993-2] minder zullen zijn dan 20 cm (verticaal) per meter (horizontaal) zal tot aanleg worden overgegaan. Uit de praktijk blijkt overigens dat dit een punt is waarmee rekening moet worden gehouden (zie paragraaf 3.3.2).

De folie en bovengrond (deklaag) beschermen de zandbentonietlaag tegen invloeden van buitenaf.

Indien er reparaties uitgevoerd dienen te worden zal dit vooral voorkomen in de eerste tien tot vijftien jaar van de nazorgperiode, indien de bovenafdichting relatief kort na sluiting wordt aangebracht. In deze periode is de stortplaats nog actief (stortgasvorming, afname van percolaat en zetting). Tevens is de deklaag in de eerste jaren na aanleg nog vrijwel onbeschermd tegen bijvoorbeeld erosie.

Zowel bij erosie als bij afschuiving (bij slecht functionerende afwatering op langere termijn) is er geen directe kans op schade aan de zandbentonietlaag, mits dit tijdig wordt waargenomen en maatregelen worden getroffen om blootstelling aan externe omstandigheden en gasdruk (in eerste jaren na aanleg) te voorkomen. Ook na vervanging van de bovenafdichting is er opnieuw een kans aanwezig dat schade optreedt, hoewel de kans op schade door processen in het stort dan verwaarloosbaar is.

Samenvattend kan worden gesteld dat de kans op beschadiging van een zandbentonietlaag zeer gering is. De kans is niet te kwantificeren, aangezien veel (locale) factoren een rol spelen, en er weinig ervaringsgegevens zijn. Derhalve wordt voorgesteld een aanname voor de herstellkosten toe te passen, die onderstaand wordt uitgewerkt.

Indien schade van de zandbentonietlaag is ontstaan, dient dit te worden hersteld. Gelet op de gevolgen van het slecht functioneren van de bovenafdichting is het noodzakelijk dat de reparaties op korte termijn uitgevoerd worden. Bij optimale omstandigheden zijn reparaties in de nazorgperiode niet noodzakelijk. In diverse nazorgplannen worden reparaties wel meegenomen. Dit varieert per geval, en is vaak een expert inschatting van het betrokken adviesbureau. *Voorbeelden* (uit bestaande nazorgplannen) zijn:

- jaarlijks één reparatie in de eerste tien jaar, en daarna één reparatie per tien jaar;
- één reparatie per tien jaar van een bepaald percentage van het oppervlakte;
- jaarlijks herstel van 0,1 % van de afdichtende laag.

In het algemeen kan in een nazorgplan een onderscheid worden gemaakt in kleine, lokale reparaties ter grootte van $\pm 100 \text{ m}^2$ (bijvoorbeeld plaatselijke lekkage) en de grotere herstelreparaties bij grotere calamiteiten (bijvoorbeeld afschuiving). Bij kleine, lokale reparaties wordt in het algemeen de infrastructuur niet aangetast. Deze reparaties hebben een korte doorlooptijd, zijn niet kapitaal intensief maar kennen wel relatief hoge eenheidsprijzen door inefficiënte inzet van personeel en machines. Grote reparaties hebben betrekking op vaak een volledig herstel van een gedeelte van de bovenafdichting. De uitvoering ervan is langdurig, kapitaalintensief en kent door de schaalgrootte een efficiënter gebruik van middelen.

De kans dat kleine reparaties nodig zijn, wordt op basis van bovenstaande gegevens groter ingeschat dan de kans op grote herstelreparaties. Bij de berekening van de kosten (zie paragraaf 3.4.2) is derhalve gerekend met een verhouding kleine/grote reparaties van 2:1. De grootte van het reparatie-oppervlak (100 m^2 respectievelijk 1.000 m^2) is gekozen op basis van een praktisch en uitvoeringstechnisch haalbare maatvoering (voor het goed bereiken en herstellen van een beschadigde laag dient immers voldoende ruim te worden ontgraven).

3.4.2 Kosten reparatie zandbentonietlaag

Gelet op de conclusies van 3.4.1 is het aan te bevelen om uit voorzorg kosten op te nemen voor reparaties aan de zandbentonietlaag. Aanbevolen wordt een onderhoudsprogramma op te stellen voor de eerste 15 jaar van de nazorg ten aanzien van reparaties aan de minerale afdichtingslaag, afgestemd op de lokale omstandigheden (storthistorie, aanlegfase, kwaliteitscontrole tijdens aanleg).

Voorgesteld wordt voor het bepalen van de onderhoudskosten uit te gaan van gemiddeld één reparatie per drie jaar, met een omvang van 0,1% van de totale oppervlakte (overeenkomend met 10 m^2 per hectare) voor kwalitatief optimaal aangelegde afdichtingslagen. Dit voorstel is gebaseerd op het gegeven dat nimmer volledig kan worden uitgesloten dat schade optreedt.

Er zal ondanks kwalitatief goed werk en intensief toezicht een kans zijn dat door bijvoorbeeld uitvoeringsaspecten of slechte weersomstandigheden lokaal geen goede bovenafdichting wordt aangelegd.

Is sprake van bovenafdichtingen die onder overwegend slechte weersomstandigheden (bijvoorbeeld periode van veel neerslag of droogte) of andere bijzondere omstandigheden (steilere taluds dan vermeld in RDE, zettingsgevoelig afval in combinatie met een te vroege aanleg, etc.) zijn aangelegd, dan dient met een hoger percentage (0,2 tot 0,5% van het oppervlak) voor reparatiekosten te worden gerekend.

Om een zandbentonietlaag te kunnen repareren dienen delen van de bovenafdichting te worden verwijderd, en later weer te worden teruggeplaatst. Daarbij zal rekening moeten worden gehouden met kosten van in depot zetten, aanvoer van nieuw materiaal (bijvoorbeeld drainagezand) en herstel van lasverbindingen. Aangezien bij kleine reparaties zandbentoniet (gemengd) aangevoerd moet worden, zijn de kosten hiervan sterk afhankelijk van de afstand tot de menginstallatie. De kosten van herstel worden bij kleine reparaties ($\pm 100 \text{ m}^2$) geraamd op circa f 160,-- per m^2 . De kosten van herstel worden bij reparaties met een groter oppervlak ($\pm 1000 \text{ m}^2$) geraamd op circa f 100,-- per m^2 . Omdat de kans groter is dat meerdere kleine reparaties moeten worden uitgevoerd, wordt als gemiddelde prijs (bij een verhouding 2:1) uitgegaan van f 140,-- per m^2 . Genoemde prijzen zijn prijspeil medio 2000, exclusief BTW, inclusief aannemersopslagen, inclusief voorbereidings- en toezichtkosten.

Bij grote transportafstanden voor de aanvoer van zandbentoniet kunnen de kosten worden beperkt door toepassing van prefab materiaal, zoals bentonietmatten.

Rekenvoorbeeld

*Reparatie van een bovenafdichting zal bijvoorbeeld bij een kwalitatief goede bovenafdichting met een oppervlakte van 25 ha leiden tot: $0,1\% \times 250.000 \text{ m}^2 = 250 \text{ m}^2 * f 140,00 = f 35.000,--$ per drie jaar gedurende vijftien jaar. Bij een effectieve rente van 3,5 % bedraagt de reservering (contante waarde) dan f 130.000,-- (afgerond, exclusief BTW).*

Overigens vormen kosten van schade ten gevolge van externe belasting (bijvoorbeeld de aanleg van een recreatievoorziening) in principe geen onderdeel van de nazorgkosten. Deze kosten dienen als risicopost bij de aanleg van de desbetreffende voorziening te worden beschouwd, mits als zodanig gedefinieerd in de gebruiksregels/-beperkingen. Hierbij ligt de verantwoordelijkheid van het opstellen van de gebruiksregels bij de nazorgorganisatie. De financiële risico's dienen in een gebruiksovereenkomst te worden afgedekt.

3.4.3 Alternatieven

Er zijn alternatieve minerale afdichtingsmaterialen beschikbaar die in de bovenafdichting toepasbaar zijn:

- vormzand/bentoniet;
- trisoplast;
- vormzand/trisoplast;
- bentonietmat;
- hydrostab.

Het uitgangspunt dat wordt gehanteerd is dat alternatieve afdichtingsmaterialen alleen toegepast worden zodra aangetoond is dat deze ten minste gelijkwaardig zijn aan een zandbentonietlaag conform de RDE. Dit houdt in dat alternatieve afdichtingsmaterialen in beginsel ook ten minste gelijkwaardig zijn voor wat betreft de kans op schade. Enkel de kosten van herstel kunnen anders zijn door de toepassing van alternatieve materialen. Het herstellend vermogen van alternatieve afdichtingslagen bij schades kan afwijken van zandbentoniet, bijvoorbeeld door afwijkende zweieigenschappen. Uitgaande van het feit dat schades in ieder geval moeten worden gerepareerd, blijft de noodzaak tot schadeherstel ten opzichte van zandbentoniet onveranderd.

Vormzand-bentoniet

Bij vormzand-bentoniet wordt (een deel van) het oorspronkelijke zand door vormzand vervangen. Vormzand is een restproduct uit de metaalindustrie. Voordeel bij de toepassing van vormzand is dat deze reeds een bepaald percentage bentoniet bevat. Indien de kwaliteit van vormzand voldoet aan de gestelde eisen voor zand is vormzand een acceptabele variant.

De zwelcapaciteit van het bentoniet dat in vormzand aanwezig is, dient per partij op representatieve wijze te worden bepaald. Aan de hand hiervan dient het gehalte aan bentoniet dat wordt toegevoegd te worden vastgesteld.

Bij de toepassing van vormzand dient aandacht te worden besteed aan de chemische en fysische samenstelling van het vormzand, om te voorkomen dat er ongewenste stoffen in aanwezig zijn die de duurzaamheid van de laag kunnen beïnvloeden. De gehele keten van vormzandproductie tot verwerking moet derhalve in de kwaliteitscontrole van de aanlegfase worden meegenomen.

Aanbevolen wordt een onderhoudsprogramma op te stellen voor de eerste 15 jaar van de nazorg ten aanzien van reparaties aan de minerale afdichtingslaag, afgestemd op de lokale omstandigheden (storthistorie, aanlegfase, kwaliteitscontrole tijdens aanleg). Voorgesteld wordt voor het bepalen van de onderhoudskosten uit te gaan van gemiddeld één reparatie per drie jaar, met een omvang van 0,1% van de totale oppervlakte (overeenkomend met 10 m² per hectare) voor kwalitatief optimaal aangelegde afdichtingslagen. De kosten van herstel worden gelijkgesteld aan reparatie van een zandbentonietlaag, mits bij oplevering is voldaan aan de bestekseisen.

Trisoplast

Trisoplast is een mengsel van een kleimineraal, een polymeer en toeslagmateriaal. Als kleimineraal is een natrium verrijkte bentoniet gebruikt. Als toeslagmateriaal wordt rivierzand gebruikt.

Trisoplast heeft goede zelfherstellende eigenschappen. Doordat de laag dunner is dan zandbentoniet, worden tijdens de aanleg strenge eisen gesteld aan het verwerkingsproces (vlakke, draagkrachtige onderbaan, nauwkeurige verdichting en diktemeting, etc.). De schadegevoeligheid bij toepassing in een combinatie-laag zal naar verwachting gelijk zijn aan die van zandbentoniet, hoewel ervaringscijfers niet voorhanden zijn. [Boels, 1998] en [Weitz, e.a.] geven aan dat de relatieve (nadelige) invloed van ongelijkmatige zetting bij Trisoplast enigszins geringer is dan bij zandbentoniet.

Aanbevolen wordt een onderhoudsprogramma op te stellen voor de eerste 15 jaar van de nazorg ten aanzien van reparaties aan de minerale afdichtingslaag, afgestemd op de lokale omstandigheden (storthistorie, aanlegfase, kwaliteitscontrole tijdens aanleg). Voorgesteld wordt voor het bepalen van de onderhoudskosten uit te gaan van gemiddeld één reparatie per drie jaar, met een omvang van 0,1% van de totale oppervlakte (overeenkomend met 10 m² per hectare) voor kwalitatief optimaal aangelegde afdichtingslagen.

De kosten van herstel worden bij kleine reparaties (± 100 m²) geraamd op circa f 140,- per m². De kosten van herstel worden bij reparaties met een groter oppervlak (± 1000 m²) geraamd op circa f 90,- per m². Omdat de kans groter is dat meerdere kleine reparaties moeten worden uitgevoerd, wordt als gemiddelde prijs (bij een verhouding 2:1) uitgegaan van f 125,- per m². Genoemde prijzen zijn prijspeil medio 2000, exclusief BTW, inclusief aannemersopslagen, inclusief voorbereidings- en toezichtkosten.

Vormzand-trisoplast

Vormzand-trisoplast is een variant op trisoplast, waarbij vormzand met een bepaald percentage bentoniet wordt gehanteerd (zie vormzand-bentoniet). Toepassing van vormzand bij reparaties is alleen mogelijk indien vormzand beschikbaar is. Het ligt echter voor de hand om bij reparaties uit te gaan 'normaal' Trisoplast-materiaal. Aangezien reparaties op dezelfde wijze als bij Trisoplast plaats zullen vinden, zijn de berekeningswijze en de kosten daarvan gelijk.

Bentonietmat

De prefab bentoniet-afdichtingsmat maakt vooral gebruik van de zweleigenschappen van de bentoniet. Bij bentonietmatten wordt gebruik gemaakt van twee type materialen: vliezen (geotextiel) waartussen bentonietpoeder is aangebracht. De geotextielen worden mechanisch (kunststofdraden) aan elkaar verbonden. Aansluiting van de rollen geschiedt door overlap.

Om gebruik te maken van het zwelvermogen van de bentoniet moeten de maten 'onder druk staan'. Dat wil zeggen dat er direct na het aanbrengen een behoorlijke grondlaag als bovenbelasting moet worden opgebracht, zodat het zwellende bentoniet opgesloten wordt. Bij de uitvoering dient er rekening mee te worden gehouden dat de bentonietmat droog wordt aangebracht.

Uitgangspunt is dat de schadegevoeligheid bij toepassing in een combinatielaag gelijk is aan die van zandbentoniet, hoewel ervaringscijfers niet voorhanden zijn. Derhalve wordt voor reparatiekosten uitgegaan van dezelfde frequentie en omvang als bij de zandbentonietlaag.

Aanbevolen wordt een onderhoudsprogramma op te stellen voor de eerste 15 jaar van de nazorg ten aanzien van reparaties aan de minerale afdichtingslaag, afgestemd op de lokale omstandigheden (storthistorie, aanlegfase, kwaliteitscontrole tijdens aanleg). Voorgesteld wordt voor het bepalen van de onderhoudskosten uit te gaan van gemiddeld één reparatie per drie jaar, met een omvang van 0,1% van de totale oppervlakte (overeenkomend met 10 m² per hectare) voor kwalitatief optimaal aangelegde afdichtingslagen.

De kosten van herstel worden bij kleine reparaties (± 100 m²) geraamd op circa f 125,- per m². De kosten van herstel worden bij reparaties met een groter oppervlak (± 1000 m²) geraamd op circa f 75,- per m². Omdat de kans groter is dat meerdere kleine reparaties moeten worden uitgevoerd, wordt als gemiddelde prijs (bij een verhouding 2:1) uitgegaan van f 110,- per m². Genoemde prijzen zijn prijspeil medio 2000, exclusief BTW, inclusief aannemersopslagen, inclusief voorbereidings- en toezichtkosten.

Hydrostab

Hydrostab is de geregistreerde merknaam van een product waarin met behulp van waterglas reststoffen worden geïmmobiliseerd. Waterglas is een verzamelnaam van in water oplosbare natriumsilicaten (of kaliumsilicaten). Bij immobilisatie treedt sol-/gelvorming op doordat de natriumsilicaten reageren met poriënwater en de daarin aanwezige reactanten. Door de opvulling van de poriën als gevolg van de sol-/gelvorming ontstaat een product met een zeer geringe waterdoorlatendheid. Een voorwaarde voor een lage waterdoorlatendheid is dat het mengsel een gegradeerde korrelverdeling heeft waarbij het poriënvolume zo klein mogelijk is. De grondstoffen die worden toegepast zijn een korrelfractie (zoals zeefzanden), een slibfractie (zoals zuiveringsslibben), een fractie aan vulstoffen (zoals vliegassen) en waterglas.

Hydrostab kan in geringe mate rek weerstaan. Bij Hydrostab wordt een geotextiel toegepast om scheurvorming te kunnen beperken. Uitgangspunt is dat de schadegevoeligheid bij toepassing in een combinatielaag gelijk is aan die van zandbentoniet, hoewel ervaringscijfers niet voorhanden zijn. Derhalve wordt voor reparatiekosten uitgegaan van dezelfde frequentie en omvang als bij de zandbentonietlaag.

Aanbevolen wordt een onderhoudsprogramma op te stellen voor de eerste 15 jaar van de nazorg ten aanzien van reparaties aan de minerale afdichtingslaag, afgestemd op de lokale omstandigheden (storthistorie, aanlegfase, kwaliteitscontrole tijdens aanleg). Voorgesteld wordt voor het bepalen van de onderhoudskosten uit te gaan van gemiddeld één reparatie per drie jaar, met een omvang van 0,1% van de totale oppervlakte (overeenkomend met 10 m² per hectare) voor kwalitatief optimaal aangelegde afdichtingslagen.

De kosten van herstel worden bij kleine reparaties ($\pm 100 \text{ m}^2$) geraamd op circa f 145,- per m². De kosten van herstel worden bij reparaties met een groter oppervlak ($\pm 1000 \text{ m}^2$) geraamd op circa f 90,- per m². Omdat de kans groter is dat meerdere kleine reparaties moeten worden uitgevoerd, wordt als gemiddelde prijs (bij een verhouding 2:1) uitgegaan van f 130,- per m². Genoemde prijzen zijn prijspeil medio 2000, exclusief BTW, inclusief aannemersopslagen, inclusief voorbereidings- en toezichtkosten. Er dient overigens rekening te worden gehouden met de invloed van toekomstige wijzigingen in het 'prijsvoordeel' dat nu optreedt door toepassing van afvalstoffen.

3.4.4 Hemelwaterdrainage

De hemelwaterdrainage zoals beschreven in de RDE bestaat uit een laag drainagezand en een aantal drains. Het hemelwater stroomt via het zand naar de drains. De drains voeren het water af. Een drainagemat wordt voor wat betreft functioneren beschouwd als een volwaardig alternatief voor de hemelwaterdrainage conform de RDE.

Een drainagemat neemt de functies van het drainagezand en de drains over en voert water over de gehele breedte van de mat af naar een verzamelbuis aan het einde van een helling (dakprofiel of talud).

In de RDE geldt voor de drainagezandlaag een k-waarde van 2,5 m/d. Het ontwateringscriterium voor de binnen de drainagelaag ingerichte drains bedraagt 10 mm per dag. Vertaling van deze eisen naar de transmissiviteitswaarde T (=kD) betekent:

$$k = 2,5 \text{ m/d bij laagdikte } D = 0,3 \text{ meter: } T = 0,0087 \text{ l/m/s} \\ (\text{afgerond } 0,01 \text{ l/m/s of } 1 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s})$$

Opgemerkt wordt dat deze T-waarde maatgevend is voor de grondwaterstroming Q binnen de drainagelaag en niet de drains zelf met een afvoercapaciteit van 10 mm/d. Immers geldt voor het afvoerdebiet per eenheid van breedte binnen de drainagelaag $Q = T * i$ met $i =$ verhang van de grondwaterspiegel.

Het waterafvoerend vermogen varieert van 0,2–0,8 l/m/s. (afhankelijk van het materiaaltipe en de hydraulische gradiënt). Geconcludeerd wordt dat een drainagemat voldoende drainerend vermogen heeft om als alternatief voor drainagezand te kunnen dienen. Een drainagemat dient aan meer ontwerpeisen te voldoen, bijvoorbeeld de sterkte-eis (i.v.m. taludstabiliteit).

Voorafgaand aan de aanleg dient uiteraard te worden getoetst of de drainagemat voldoet aan de ontwerpeisen.

Herstel van een drainagemat wordt is nodig indien de functionaliteit van de mat ter plaatse niet meer opgevangen kan worden door de omgeving. Dit betekent dat er niet per beschadiging herstel gepleegd hoeft te worden, maar bij uitval van de functionaliteit over een groter oppervlak. In de traditionele hemelwaterdrainage kan bij beschadiging van een drain de functionaliteit van die drain 100% dalen en is herstel direct noodzakelijk, aangezien de zandlaag slechts ten dele de afvoerfunctie van de drain kan vervangen.

Wortelingroei

In het algemeen geldt dat bij wortelgroei de doorlatendheid (transmissiviteit) van drainagematten af zal nemen. Uit onderzoek [Degenbeck], dat is uitgevoerd op drie stortplaatsen met één type drainagemat (Enkadrain ST) blijkt echter dat de doorlatendheid ondanks worteldoorgroei (5 tot 6 jaar na aanleg) gemiddeld een factor 13 tot 23 groter is dan de (Duitse) norm.

De wortelingroei is afhankelijk van de bodemopbouw van de toplaag en het type geotextiel aan de bovenzijde van de drainagemat, en is dus afhankelijk van de materiaalkeuze, hoewel de vegetatietypen sterk bepalend zijn voor de uiteindelijke ingroei. Van kruiden die wortelingroei veroorzaken, zijn akkerdistel en ridderzuring de meest belangrijke (ze kunnen in een normale bodem worteldiepten van 3 respectievelijk 2 meter bereiken) [Degenbeck].

Indien sprake is van bomengroei op stortplaatsen, dient rekening te worden gehouden met de bodemsamenstelling en laagdikte van de toplaag. Uit literatuur is bekend dat ca. 90% en meer van de wortels van bomen aanwezig is in de bovenste meter. Ondanks het feit dat onder bepaalde omstandigheden sommige wortels tot enkele meters diepte kunnen groeien, is dit meer uitzondering dan regel [Dobson e.a. 1993]. Wortelgroei van bomen wordt geremd door anaërobe zones (weinig zuurstof, overmaat CO₂) en sterk verdichte grondlagen (> 1,8 ton/m³). Indringing van wortels door folie is niet mogelijk. Wortelgroei in een sterk verdichte afdichtingslaag (> 1,8 ton/m³) is vrijwel onmogelijk; wortels zullen op het grensvlak van grond en afdichtingslaag parallel aan het grensvlak verder groeien [DETR 2000]. Opgemerkt moet worden dat wortels van boomsoorten die tolerant zijn voor anaërobe omstandigheden (o.a. els), in mindere mate worden geremd door zuurstoftekort. Dit betekent dat de kans bestaat dat boomwortels in drainagemateriaal ingroeien. Een losse bovenlaag met daaronder een laag met grotere dichtheid remt diepe wortelgroei [Dobson 1993].

Vertaald naar de Nederlandse norm is de doorlatendheid van de onderzochte drainagemat [Degenbeck] tenminste een factor 60 groter (afhankelijk van de hydraulische gradiënt). Wortelingroei is overigens niet de enige factor die de doorlatendheid beïnvloed. De dikte van de drainagemat is bepalend, en dient voor ieder type mat bij diverse belastingen getest te zijn. Bij aanleg moet overmatige belasting worden voorkomen.

Bij genoemd onderzoek is geen sprake geweest van een zodanige verstopping dat de doorlatendheid sterk nadelig zou worden beïnvloed.

Bij de soortkeuze en beheer van vegetatie dient rekening te worden gehouden met wortelingroei. Door regelmatig onderhoud van beplantingen wordt wortelgroei beperkt. Op deze wijze zijn drainagematten langdurig functioneel, en is (locale) vervanging vanwege wortelingroei niet noodzakelijk.

Levensduur

De levensduur van het materiaal is in de praktijk beproefd door of in opdracht van diverse leveranciers en instanties (o.a. [Berkhout]). Onderzoek en beproevingen laten zien dat de dikte en daarmee ook de transmissiviteit in de eerste tien tot vijftien jaar in geringe mate afneemt.

De levensduur van geokunststoffen in drainagematten is nader beschreven in [Boels, e.a.]. Bij een juiste materiaalkeuze en materiaalsamenstelling is een levensduur van 100 jaar haalbaar. Specifieke materiaalsoorten en combinaties (PET kunststof in contact met bentonietafdichting) geven aanleiding tot een kortere levensduur. Onzekerheid over de levensduur is onder andere een gevolg van het feit dat geotextielen (PE-draden, PE-schuim) een groter specifiek oppervlak hebben dan bijvoorbeeld folies, en zodoende meer worden blootgesteld aan de (overigens niet agressieve) omgeving in een bovenafdichting. Door afname van anti-oxidanten worden kunststoffen na verloop van tijd brosser [Koerner e.a.]. Dit wordt gesimuleerd door middel van thermische oxidatie. Onderzoeksgegevens van beproeving van thermische oxidatie van drainagematten zijn in beperkte mate bekend [Boels, e.a.]. Verder zijn totnogtoe gehanteerde proeven voor kunststoffen (bijvoorbeeld folies) er op gericht om de minimale vereiste levensduur te kunnen garanderen. Voor vaststelling van de nazorg zouden proeven er juist op gericht moeten zijn om de levensduur te kunnen voorspellen tot het moment dat het product niet meer functioneert.

Bekend is dat diverse typen drainagematten een ontwerpcapaciteit hebben die vaak vele malen groter is dan vereist. Het is aannemelijk dat ook bij afname van de levensduurbepalende eigenschappen nog gedurende een zekere periode zal worden voldaan aan de ontwerpcapaciteit. Gelet op de overdimensionering kan worden gesteld dat drainagematten ook op langere termijn gelijkwaardig zijn aan een 'standaard' drainagelaag. Meer gedetailleerde uitspraken over de levensduur worden gegeven in [Boels, e.a.].

3.5 Leemten in kennis

Voor wat betreft de gevoeligheid van verschillende afdichtingslagen voor reparaties dient te worden geconstateerd dat ervaringsgegevens vrijwel geheel ontbreken. Het is bekend dat afdichtingsmaterialen aan ontwikkeling onderhevig zijn, en dat diverse materiaalsoorten pas sinds korte tijd (5 tot 10 jaar) worden toegepast.

Er zijn vele onderzoeken op laboratorium- en praktijkschaal uitgevoerd naar ontwerpeisen maar in mindere mate naar duurzaamheid.

Van een aantal typen drainagematten zijn gegevens van verouderingsproeven beschikbaar [Boels, e.a.]. Op basis van de samenstelling van toegepaste kunststoffen kunnen bepaalde aannamen worden gedaan; verouderingsproeven zijn echter nodig om meer zekerheid te bieden. Er dient specifiek aandacht te worden besteed aan de relatief dunne materialen (PE-draden, PE-schuim) met een groot contactoppervlak.

3.6 Conclusies en aanbevelingen

Bij enkelvoudige afdichtingen zijn in enkele gevallen schades opgetreden. Er is geen uitgebreide ervaring met het optreden van schade aan combinatieafdichtingen binnen een korte termijn na aanleg. Lange duur ervaringsgegevens zijn niet beschikbaar. Na beschouwing van schadeveroorzakende factoren en de kans op het optreden daarvan, wordt geconcludeerd dat uit voorzorg in de eerste vijftien jaar van de nazorgfase rekening moet worden gehouden met eventuele schade.

Voorgesteld wordt voor het bepalen van de onderhoudskosten uit te gaan van gemiddeld één reparatie per drie jaar, met een omvang van 0,1% van de totale oppervlakte (overeenkomend met 10 m² per hectare) voor kwalitatief optimaal aangelegde afdichtingslagen. Is sprake van bovenafdichtingen die onder slechte weersomstandigheden of andere bijzondere omstandigheden (steile taluds, zettingsgevoelig afval, etc.) zijn aangelegd, dan dient uit voorzorg met een hoger percentage (0,2 tot 0,5% van het oppervlak) voor reparatiekosten te worden gerekend.

In het algemeen geldt dat de hydraulische capaciteit van drainagematten veel groter is dan de voorgeschreven ontwerpcapaciteit. De invloed van wortelingsgroei is bij een goed beheer van de vegetatie verwaarloosbaar. Gedurende de looptijd worden geen reparaties aan de drainagemat noodzakelijk geacht. De levensduur van drainagematten is afhankelijk van de grondstoffen waaruit deze zijn gemaakt [Boels, .e.a.]. Controle op veroudering en het functioneren tijdens de nazorg is noodzakelijk.

Deze controle kan bestaan uit het eens per 10 jaar steekproefsgewijs inspecteren door het blootleggen van de bovenafdichting bij kritieke delen van de bovenafdichting. Kritieke delen zijn plaatsen met lasverbindingen (folie) waar de verschilzettingen het grootst zijn.

Op basis van bovenstaande conclusies wordt aanbevolen in het nazorgmodel vooralsnog de volgende frequenties voor schadeherstel van de afdichtingslaag en drainagemat te hanteren.

Tabel 3.1: Aanbevolen frequentie voor schadeherstel van de afdichtingslaag en drainagemat

Voorziening	Frequentie	Doorlooptijd	Omvang schadeherstel (uitgedrukt in % van oppervlakte van bovenafdichting)
Afdichtingslaag aangelegd onder optimale omstandigheden	1 x per 3 jaar	0 – 15 jaar na acceptatie van opleveringsprotocol door bevoegd gezag 0 – 15 jaar na vervanging ¹	0,1 % < 0,1 %
Afdichtingslaag aangelegd onder aantoonbaar slechte of onvoorziene omstandigheden ¹	1 x per 3 jaar	0 – 15 jaar na eindinspectie	0,2 - 0,5 %
Drainagemat	NVT	NVT	NVT

¹ Omdat de aanlegomstandigheden van toekomstige vervangingen niet bekend zijn, wordt ervan uitgegaan dat aanleg (met dan beschikbare kennis en ervaring) onder optimale omstandigheden zal plaatsvinden. Uit het evaluatierapport van de aanleg van de bovenafdichting moet blijken of slechte of onvoorziene omstandigheden zijn opgetreden. (Te denken valt aan: hevige neerslag in uitvoeringsperiode, etc.)

4. DRAINAGESYSTEMEN

4.1 Inleiding

Onder drainagesystemen worden verstaan de controle-, percolaat- en hemelwaterdrainage. De drainagesystemen worden aangelegd ten behoeve van de controle op de lekdichtheid van de onderafdichting, de afvoer van percolaat en de afvoer van hemelwater. De controledrainage en de percolaatdrainage zijn niet of nauwelijks vervangbaar. Drainagesystemen zijn alleen bereikbaar door middel van de doorspuitpunten en inspectieputten.

De levensduur van de drainagesystemen is maatgevend voor de gebruiksduur. Het op de juiste manier onderhouden van het drainagesysteem is daarvoor van groot belang. Bij het correct onderhouden van het drainagesysteem wordt de gebruiksduur van het drainagesysteem verlengd. In dit hoofdstuk wordt antwoord gegeven op vragen met betrekking tot de levensduur, het optimale onderhoudsregime en het effect van het onderhoud op de omgeving. Paragraaf 4.2 beschrijft in het kort de huidige regelgeving. Vanuit de literatuur en ervaring (paragraaf 4.3) op dit gebied wordt het algemene onderhoud van drainagesystemen behandeld waarbij zoveel mogelijk gekeken wordt naar de aspecten die bepalend zijn voor het onderhoudsregime. In paragraaf 4.4 wordt antwoord gegeven op de door IPO gestelde vragen.

4.2 Huidige situatie

Wet- en regelgeving

Stortbesluit

Voor drainagesystemen wordt in de Uitvoeringsregeling Stortbesluit voorgescreven dat deze elke zes maanden worden gecontroleerd, en dat de drains tenminste één keer per jaar worden doorgespoten teneinde een goede werking te waarborgen. De doorspuitfrequentie wordt daarbij door de vergunninghouder proefondervindelijk bepaald. Controle vindt plaats door waarneming van vloeistofstroming ter plaatse van schachten, inspectieputten of verzamelleidingen.

In de toelichting van de Uitvoeringsregeling Stortbesluit is aangegeven dat inspectie er op gericht is dat de bodembeschermende voorzieningen zo lang mogelijk kunnen functioneren. Controle is bedoeld voor het waarnemen van (veranderingen in) de werking van de voorzieningen, inspectie van de technische staat en het vaststellen van de resterende levensduur.

EG-Richtlijn

Bijlage 3 van de EG-Richtlijn beschrijft de controleprocedures die minimaal moeten worden uitgevoerd. In deze bijlage van de EG-Richtlijn worden geen kentallen gegeven voor inspectie en onderhoud van drainagesystemen in de nazorgfase. In paragraaf 3 van de bijlage wordt wel aangegeven dat voor controle van percolaat en water een monster moet worden genomen dat representatief is voor de gemiddelde samenstelling.

Hieruit kan worden afgeleid, hoewel echter niet specifiek beschreven, dat systemen goed moeten worden onderhouden om de representativiteit van monsters te waarborgen.

IPO-checklist

Tabel 4.1 geeft een overzicht van de onderhoudsperiode en de doorspuitfrequentie in de nazorgfase, zoals in het huidige nazorgmodel [DHV 1997-2] worden gehanteerd.

Tabel 4.1: Drainagesystemen huidige IPO-checklist

Voorziening	Onderhoudsperiode	Doorspuitfrequentie	Vervanging
Controledrainage	40 jaar	Gemiddeld 1 x per 10 jaar (benadering)	Nvt
Percolaatdrainage	40 jaar	1 x per jaar	Nvt
Hemelwaterdrainage	Eeuwigdurend	Gemiddeld 1 x per 10 jaar (benadering)	Na 25 jaar

Bij het vaststellen van de begindatum van de onderhoudsperiode is er soms sprake van discussies: is de begindatum bij aanvang bij aanleg, oplevering of eindinspectie? Zolang drainages mogelijk nog functioneren en dat nalevering van percolaat waarschijnlijk is, dient onderhoud en inspectie plaats te vinden. Strikte naleving van de onderhoudsperiode van het huidige nazorgmodel is derhalve niet reëel indien sprake is van een kortere levensduurverwachting (vast te stellen in exploitatieperiode).

Praktijk

In de praktijk is er reeds ervaring opgedaan met het beheer van drainagesystemen. In de interviews is ingegaan op praktische aspecten en ervaring met inspectie en onderhoud van drainagesystemen (zie paragraaf 4.3.2).

4.3 Literatuur en ervaringsgegevens

4.3.1 Literatuur

Het onderhouden van drainages is bedoeld om de drainage gedurende de levensduur in stand te houden voor de functie waarvoor ze ontworpen zijn (gebruiksduur). Redenen om drains door te spuiten zijn:

- preventief, ter voorkoming van storingen;
- als controlemaatregel op de werking van drains;
- curatief, ter verhelping van storingen.

Storingen in het functioneren van drainagebuizen kunnen worden veroorzaakt door:

1. *Afzettingen in de drains*. Dit betreft bijvoorbeeld ijzerafzetting in ijzerrijke gronden (onder aërobe omstandigheden). Bij percolaatdrains kunnen afzetting ontstaan door biologische of chemische processen in relatie tot de samenstelling van het afval;
2. *Afzettingen rondom de drains*. Bij stortplaatsen voor zowel mono-, als multideponieën komt het voor dat verkorsting optreedt in de drainagelaag en het grindpakket rondom de drains. Door chemische processen of door biologische activiteit kunnen afzettingen ontstaan ('slijmvorming').
3. *Wortelingroei*; wortelgroei ontstaat bij onvoorziene groei van diepwortelende planten en bomen. Tengevolge van sterke wortelgroei is beschadiging mogelijk, of wordt de watervoerende functie verstoord.
4. *Dichtslibben* van drains met fijne deeltjes (slib) of een fijne zandfractie. Dit is vooral het gevolg van toepassing van te grove omhullingsmaterialen in relatie tot korrelgrootte en sleufbreedtes, of omhullingsmaterialen die verteren (kokosomhulling). Het dichtslibben van percolaatdrains komt in de praktijk vrijwel niet voor doordat de fijne deeltjes reeds in het afval worden afgevangen. In de controledrainage is het mogelijk dat door fijn zand dichtslibbing ontstaat.
5. *Mechanische schade*, veroorzaakt door:
 - onvoorzichtig handelen tijdens of direct na de aanleg;
 - door (verschil)zetting;
 - door te grote belasting;
 - door verkeerde onderhoudsmaatregelen;
6. *Degradatie van het materiaal*: Percolaatdrains staan bloot aan chemische invloeden. Hierdoor wordt het verouderingsproces versneld. De effecten zijn echter minimaal in het geval van PE drains. Andere materialen (bijvoorbeeld PVC) kunnen relatief snel verouderen.

In tabel 4.2 is per type drainage aangegeven welke storingen in het algemeen kunnen optreden. Daarbij is ervan uitgegaan dat bij het ontwerp rekening is gehouden met elementaire uitgangspunten, zoals de afstemming van het omhullingsmateriaal op de bodemgesteldheid en de ligging van de controledrainage onder de GLG.

Tabel 4.2: Gevoeligheid voor storingen

	Controledrain	Percolaatdrain	Hemelwaterdrain
Afzetting in drainage	- *	+	O (ijzerafzetting)
Afzetting rondom drainage	- *	+	-
Wortelingroei	-	-	+
Dichtslibben	O	O	+
Mechanische schade	+	+	-
Veroudering	O	O/+	O

Gevoeligheid: - = klein, O = neutraal, + = groot

* Afhankelijk van aanlegdiepte (onder of boven GLG)

Uit de tabel blijkt dat vooral de percolaatdrains gevoelig zijn voor afzettingen rondom en in de drain. Veel literatuur is beschikbaar over verkorsting die kan optreden. Verwezen wordt naar [VVAV 1996] en [Turk].

De volgende maatregelen voor inspectie kunnen worden onderscheiden:

1. afvoer (vloeistofstroming);
2. doorsteken (glasfiber staaf, eventueel met opsporingszender);
3. camera-inspectie;
4. meting hoogteligging en/of drukk niveau;
5. opgraven van drainageleiding (hemelwaterdrainage).

Ad.1 Afvoer

Het vaststellen van de werking van drains kan op eenvoudige wijze worden uitgevoerd door controle op vloeistofstroming vanuit drains naar schachten, inspectieputten of verzamelleidingen. Daarbij kan als referentie een vergelijking worden gemaakt met naastgelegen drains of waarnemingen bij eerdere inspecties. Tijdens de exploitatieperiode dienen reeds inspecties te worden uitgevoerd (halfjaarlijks). Dezelfde methodiek (locatiespecifiek) kan worden aangehouden in de nazorgfase.

Ad.2 Doorsteken

Deze methode is goed geschikt ter controle op mechanische schade direct na aanleg en tijdens de nazorgfase. Bij het doorsteken wordt een glasfiber staaf met doorsteekkop (eventueel met opsporingszender) met geringe kracht in de drain gebracht. Voordeel van deze methode is dat negatieve invloeden van doorspuiten (aantasting structuur drainkoffer en omliggende grond) wordt voorkomen.

Ad.3 Camera-inspectie

In het rapport 'percolaatdrainagesystemen in stortplaatsen' [VVAV 1996] zijn de ervaringen met percolaatdrainage geëvalueerd. Voor wat betreft inspectie is geconcludeerd dat camera-inspectie leidt tot een vroegtijdige onderkenning van schade aan ondergrondse delen van het systeem en dat camera-inspectie informatie geeft over de effectiviteit van reiniging. Camera-inspectie kan plaatsvinden in drains met en zonder vloeistof. Indien vloeistof aanwezig is, dient omzichtig gewerkt te worden om geen vertroebeling te veroorzaken. Camera-inspecties kunnen worden uitgevoerd met camera's met een doorsnede van 60 tot 130 mm (vanaf een inwendige diameter van circa \varnothing 80 mm). Moeilijkheden kunnen optreden bij de bereikbaarheid (te scherpe bochten/knikken, afsluiters, moffen en lasverbindingen). Camera's voor percolaatdrains dienen beveiligd te zijn tegen explosierisico, aangezien stortgas in het drainagesysteem kan worden aangetroffen.

Ad.4 Metingen hoogteligging

De hoogteligging van drains kan worden gemeten met een inclinometer (hoekmeetapparatuur) waarmee onderlinge hoogteverschillen kunnen worden berekend, of met behulp van druksondes die drukverschillen kunnen meten. Grote afwijkingen in hoogte kunnen duiden op onacceptabele zettingsverschillen die schade tot gevolg kunnen hebben.

Ad.5 Opgraven drains

Hemelwaterdrainagesystemen in de bovenafdichting zijn aangebracht op een diepte van 0,8 tot 1,5 meter beneden het maaiveldniveau. Zodra een drain slecht werkt, en globaal is gelokaliseerd waar de drain is beschadigd/verstopt, kan de drain eenvoudig worden blootgelegd, gecontroleerd en/of hersteld.

De kans op storingen kan worden verkleind door goed onderhoud. De frequentie van onderhoud en de onderhoudsmethodiek worden bepaald door de gesteldheid van de omgeving (bodempopbouw rondom drain), het type drainagesysteem en de te eventueel te verwachten storingen. In de volgende paragrafen is per drainagetype een verdere toelichting gegeven. In het algemeen geldt dat onderhoud alleen gedaan moet worden wanneer het nodig is om verslechtering van de werking te voorkomen of op te heffen, en het geen negatief gevolg heeft (bijvoorbeeld inzanding) [Van Zeijts 2000-1]. Maatregelen voor onderhoud zijn:

6. *doorsteken (glasfiber staaf, eventueel met opsporingszender);*
7. *doorspuiten (lage druk, middelhoge druk, hoge druk);*
8. *frezen (verwijdering van obstakels door een draaiende freeskop);*
9. *herstel door (gedeeltelijke) vervanging.*

Ad. 6 Doorsteken

De doorsteekmethode is vooral geschikt als inspectiemethode en is enkel geschikt als onderhoudsmethode om obstakels (zandopeenhoping, wortelresten, etc.) los te maken. Bij het doorsteken wordt een glasfiber staaf met doorsteekkop (eventueel met opsporingszender) in de drain gebracht. Voordeel van deze methode is dat negatieve invloeden van doorspuiten wordt voorkomen. Nadeel is dat alleen obstakels in de leiding worden losgemaakt, en eventuele korstvorming in drainopeningen en drainkoffer niet worden verwijderd.

Ad. 7 Doorspuiten

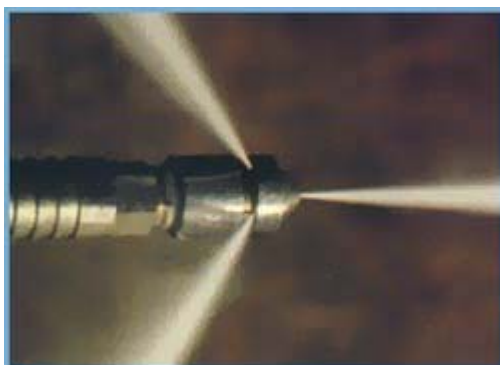
In [Cultuurtechnisch vademecum] wordt aangegeven dat doorspuiten van (landbouw)drains sterk afhankelijk is van de omstandigheden en het bodemgebruik. In het algemeen wordt geadviseerd om het eerste jaar na aanleg door te spuiten en afhankelijk van het functioneren van de drain en de omvang van de inspoeling om de drie à tien jaar. Bij ijzerafzetting en wortelgroei (bos, windsingels) een keer per één of twee jaar.

In de land- en tuinbouw vinden (terugkerende) discussies plaats over onderhoudsmethoden en frequenties van onderhoud (o.a. [Hanse], [Hout], [Huinink], [Jonkheer], [Meer-Van Oeveren L. Van der] en [Zemstra]). Telkens komt terug dat de onderhoudsmethode en frequentie worden beïnvloed door de lokale omstandigheden. Een eenduidig antwoord op de vraag welke methode respectievelijk frequentie in het algemeen optimaal is, is derhalve niet te geven.

In het algemeen geldt dat doorspuiten alleen nodig is als een verslechtering van de werking van drains is opgetreden of wordt verwacht [Van Zeijts, 2001-1].

In 'percolaatdrainagesystemen in stortplaatsen' [VVAV 1996] zijn de ervaringen met percolaatdrainage geëvalueerd. Voor wat betreft inspectie en onderhoud is geconcludeerd dat doorspuiten van percolaatdrains met hoge druk over het algemeen tot goede resultaten leidt, en dat van een doorspuitfrequentie met een extra veiligheidsmarge een preventieve werking uitgaat.

Fig. 4.1: Doorspuitkop (foto: Interclean, NZ)



Ad. 8 Frezen

'Vaste' verstoppingen of niet verwijderde lasresten (spiegellassen) van (drain)leidingen kunnen worden verwijderd door een frees toe te passen, met een iets kleinere diameter dan de leiding, die wordt aangedreven door waterdruk. De restanten van het frezen kunnen door een spuit-/zuigwagen worden verwijderd.

Ad. 9 Vervanging

Ondiepe leidingen (bijvoorbeeld hemelwaterdrains) kunnen eenvoudig worden vervanging door de leiding vrij te graven en te vervangen.

Drainageleidingen voor percolaat en controledrains kunnen eveneens worden vervangen. De Duitse vereniging van bedrijven die sleufloze technieken toepassen [GSTT] geeft aan dat door middel van verschillende sleufloze technieken (relining, berstlining, etc.) op stortplaatsen reeds beschadigde percolaatdrainageleidingen zijn vervangen, met maximale lengten van 120 tot 250 meter. In hoeverre de drainageleidingen daarna weer optimaal functioneren, is niet beschreven (Bekend is dat soms boortechnieken worden toegepast die een nadelige werking kunnen hebben op de drainagecapaciteit). Er bestaat een risico dat afdichtingslagen beschadigd worden. Vervanging van percolaatleidingen en controledrains is dan ook alleen te overwegen indien dit vanuit technisch oogpunt strikt noodzakelijk is, en beschadiging van bodembeschermende voorzieningen is uitgesloten.

4.3.2 Ervaringsgegevens

De doorspuitfrequentie van drains varieert eveneens, afhankelijk van de verguningsvoorschriften, materiaaltypen en het beleid van de exploitant. Een samenvatting van ervaringsgegevens is weergegeven in bijlage 2. Onderstaand zijn per drainagesysteem een aantal hoofdpunten weergegeven.

Controledrains

Uit interviews is gebleken dat de toegepaste materialen en ligging van controledrains ten opzichte van het grondwaterniveau in de loop van de tijd door voortschrijdend inzicht en ontwikkeling van richtlijnen veranderd zijn. In enkele gevallen ligt een deel van de controledrainage boven de GLG, zodat de drains periodiek droog staan. Bij recentere aangelegde controledrains liggen de drains continue onder het grondwater.

Doorspuiten van controledrains vindt soms plaats (met een frequentie van 1x per jaar tot 1x per 10 jaar), in andere gevallen worden controledrains enkel geïnspecteerd. Onderhoud vindt plaats door middel van doorspuiten. Inspectie vindt plaats door visuele controle en incidenteel door camera-inspectie.

Uit de praktijk blijkt dat drains als zodanig goed functioneren met weinig onderhoud. In afvoerende drains kunnen door oxidatie ijzerafzettingen ontstaan. Deze dienen in dat geval regelmatig te worden doorgespoten.

Schade bij controledrains is/wordt met name veroorzaakt door deformatie, waarschijnlijk ten gevolge van een te grote bovenbelasting. Van belang is om drains en uitstroomvoorzieningen goed te markeren, om terugzoeken te vereenvoudigen en schade te voorkomen.

Percolaatdrains

Uit interviews is gebleken dat het type percolaatdrainage per (deel)locatie varieert. De aansluiting van de drainagesystemen langs de randen van het stort verschilt ook per (deel)locatie.

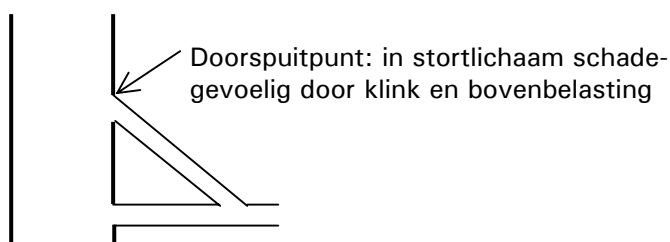
Doorspuiten van percolaatdrains vindt meestal 1 x per jaar plaats. Soms worden de drains 1x per twee jaar doorgespoten. Onderhoud vindt plaats door middel van doorspuiten onder hoge druk. Bij het doorspuiten wordt het vrijkomend materiaal meestal afgevoerd. Inspectie vindt plaats door visuele controle (afvoer van (verzamel)drains naar pompput) en incidenteel door camera-inspectie. In een aantal gevallen worden waterstanden in het stort gemeten om daarmee de effectiviteit van percolaatdrainage te kunnen beoordelen.

Uit de praktijk blijkt dat de percolaatdrains bij frequent (1x per jaar) onderhoud goed functioneren. Schade bij percolaatdrains is/wordt met name veroorzaakt door deformatie, waarschijnlijk ten gevolge van een te grote bovenbelasting.

Dit geldt vooral voor PVC drains en vroeg aangelegde PE drains. Indien starre verbindingen zijn toegepast bij de aanleg (bijvoorbeeld spiegellassen), kunnen door rek scheuren ontstaan.

Y-vormige doorspuitleidingen (vanuit put naar drain, zie figuur 4.2) zijn gevoelig voor schade omdat afval er boven op drukt. Onderhoud kan dan alleen plaatsvinden via de onderste invoer in de pompput.

Figuur 4.2: Doorspuitpunt



Hemelwaterdrains

De hemelwaterdrainage in de bovenlaag bestaat in het algemeen uit PVC of PP ribbeldrains (landbouwdrains). Verder worden drainagematten toegepast. De afvoer van drainagematten vindt plaats met drainagebuizen (op talud en bovenvlak), en/of met verzameldrains in de teen van het talud. Het aantal afvoerdrains varieert, en is mede afhankelijk van de afwateringseenheden en de afvoercapaciteit van de drainagemat.

Pas aangelegde drainagebuizen vertonen schade, vooral omdat bij de aanleg onzorgvuldig met de drains is gewerkt. Schades die (vaak bij oplevering) worden geconstateerd, zijn: platgereden drains, verstopping als gevolg van inspoeling van zand en vuil in drains. Deze schades zijn eenvoudig te constateren door middel van doorsteken.

In het algemeen zijn stortplaatsexploitanten van mening dat extensief beheer voldoende is. Controle vindt visueel plaats, op afvoer van water via de afvoerleidingen/uitstroomopeningen. Incidenteel wordt camera-inspectie toegepast. De toegepaste drainagematten functioneren goed, er zijn geen 'natte' plekken op de stortplaatsen geconstateerd.

4.4 Antwoorden op de vragen

4.4.1 Beïnvloeding waterkwaliteit in controledrains

Bij het doorspuiten van controledrains wordt water in de drainagestrengen gepompt om de drains te reinigen. Door het inbrengen van 'vreemd' water zal de grondwatersamenstelling in de directe omgeving van de drainagestrengen worden beïnvloed. De volgende effecten kunnen daardoor optreden:

- verdunning van eventueel aanwezige verontreinigingen in het grondwater;
- verdringing van grondwater door doorspuitwater;

- verontreiniging van het grondwater als gevolg van eventueel aanwezige verontreiniging in het doorspuitwater;
- wijziging van de kwaliteit door chemische processen (bijvoorbeeld neerslag door inbrengen van zuurstofrijk water).

Door deze effecten kunnen de resultaten van de monitoring worden beïnvloed. De mate waarin bovengenoemde effecten op kunnen treden is afhankelijk van de volgende factoren:

- de kwaliteit van het doorspuitwater;
- de hoeveelheid water die wordt gebruikt tijdens het doorspuiten;
- het geohydrologische systeem waarin de controledrainage is gelegen;
- de tijdsduur tussen het doorspuiten en de monsternamen;
- het gehanteerde debiet en tijdsduur bij afpompen voorafgaande aan de monsternamen;
- de wijze van monsternamen (bemonsteringstechniek).

De effecten op de resultaten van de monitoring kunnen worden geminimaliseerd door het tijdstip van bemonstering en doorspuiten goed op elkaar af te stemmen. Indien direct na het doorspuiten wordt bemonsterd zal het effect het grootst zijn. De mate van het effect is afhankelijk van de snelheid waarmee verversing van het grondwater plaatsvindt (afhankelijk van het locatiespecifieke geohydrologische systeem waarin de controledrainage is gelegen). Het effect is het geringst indien juist direct na bemonstering wordt doorgespoten. Een effect op de monitoringsresultaten is echter nog steeds mogelijk als gevolg van de voorgaande doorspuitronde. Uit interviews blijkt dat bij geen van de stortlocaties een concreet plan is opgesteld en dat er met name ad hoc en door verschillende instanties werkzaamheden worden uitgevoerd.

Aanbevolen wordt dan ook om een locatiespecifiek doorspuit- en bemonsteringsplan op te stellen voor de betreffende locatie, zodat altijd op dezelfde wijze kan worden doorgespoten/bemonsterd ongeacht degene die de werkzaamheden uitvoert. Hierdoor blijft onderlinge vergelijking van monitoringsresultaten mogelijk. Door middel van EC-metingen (elektrische geleidbaarheid) tijdens het afpompen van drains kan worden gecontroleerd wanneer een stabiele grondwatersamenstelling wordt bereikt. Nadeel is dat een aanwezige lekkage niet wordt waargenomen omdat de EC (en andere meetresultaten) afnemen naarmate verdunning met toestromend (schoon) grondwater optreedt. Zodoende kan een verhoogde EC-waarde tijdens het afpompen worden beoordeeld als verontreiniging ten gevolge van drainage-onderhoud, terwijl in werkelijkheid sprake is van een lekkage.

4.4.2 Controledrains

Volgens de Uitvoeringsregeling Stortbesluit moeten de drainagebuizen tijdens de exploitatieperiode regelmatig en ten minste één keer per jaar worden doorgespoten. De uitvoeringsregeling is niet van toepassing voor de nazorgperiode.

De huidige IPO-checklist gaat ervan uit dat onderhoud ad hoc plaatsvindt als er sprake blijkt zijn van (onregelmatig voorkomend) verminderd functioneren. Als benadering is aangenomen dat onderhoud gemiddeld één keer per tien jaar nodig is.

In het algemeen geldt (enkele uitzonderingen bij oude stortplaatsen daar gelaten) dat de controledrains het gehele jaar onder water staan. Afzettingen door oxidatie treden dan vrijwel niet op, uitgezonderd processen die met zuurstof in het grondwater plaatsvinden. Wortelingroei is niet mogelijk. De kans op dichtslibbing is gering, aangezien de drains in het algemeen niet afvoeren. Mechanische schade als gevolg van de bovenbelasting is bij oudere typen drains (o.a. PVC) mogelijk. Herstel is technisch mogelijk, maar zal zeer duur zijn.

Onderhoud kan de gebruiksduur van controledrains verlengen, voor zover sprake is van afzettingen of dichtslibbing. De levensduur van gecertificeerde PVC drains (met kunststof omhulling) en gecertificeerde PE drains bedraagt in grondwater onder normale omstandigheden (lage temperatuur, geen overschrijding gronddruk, niet agressief milieu) meer dan vijftig jaar [Boels, e.a.]. Dit betreft de levensduur op basis van veroudering. Als tijdens het ontwerpproces echter onvoldoende rekening is gehouden met de belasting op de drains, kan de gebruiksduur (veel) korter zijn.

De benadering van een gemiddelde onderhoudsfrequentie van één keer per tien jaar in de nazorgfase kan worden gehandhaafd, tenzij al tijdens de exploitatieperiode is gebleken dat een kortere onderhoudstermijn noodzakelijk is. Aanbevolen wordt om, naast visuele inspecties op waterafvoer, in de tussenliggende periode steekproefsgewijs enkele drains door middel van camera-inspectie te controleren om de onderhoudstaat van de controledrainage vast te stellen. Dit is alleen mogelijk bij drains met voldoende toegankelijkheid.

Daarnaast moet bij controledrainagesystemen die voorzien zijn van waterafvoer of pompputten jaarlijks controle op de waterafvoer plaatsvinden. Deze controle kan worden uitgevoerd door middel van visuele waarneming (afvoer onder vrij verval) en registratie van debiet tijdens het afpompen van drains.

Tabel 4.3: Aanbevolen inspectie controledrainagesysteem

Voorziening	Frequentie	Doorlooptijd	Opmerkingen
Controledrainage	Jaarlijks	50 jaar na aanleg	Visuele inspectie afvoer
Controledrainage	1 x per vijf jaar	50 jaar na aanleg	Steekproefsgewijze camera-inspectie en/of door middel van doorsteken (indien camera-inspectie niet mogelijk)

Tabel 4.4: Aanbevolen onderhoud controledrainagesysteem

Voorziening	Frequentie	Doorlooptijd	Methode
Controledrainage	Gemiddeld 1 x per 10 jaar	50 jaar na aanleg	Doorspuiten (afstemmen met tijdstip van monitoring)

4.4.3 Percolaatdrains

Korte en middellange termijn

De huidige IPO-checklist gaat eveneens uit van een doorspuitfrequentie van één keer per jaar. Uit interviews is gebleken dat de doorspuitfrequentie varieert, afhankelijk van de vergunningsvoorschriften en het beleid van de exploitant. Afzettingen en dichtslibbing treden op, afhankelijk van het type drain (en omhulding), samenstelling van het type afval en lokale omstandigheden, zie ook [VVAV 1996].

Voor zover sprake is van afzettingen of dichtslibbing, kan onderhoud de functionele gebruiksduur van percolaatdrains verlengen. Mechanische schade als gevolg van de bovenbelasting is mogelijk. Mede door de hoge temperatuur in het stortlichaam kan het verouderingsproces sneller optreden [TNO]. Onderhoud of herstel na schade is technisch mogelijk, maar relatief kostbaar.

De onderhoudsfrequentie van één keer per jaar in de nazorgfase dient te worden gehandhaafd zolang percolaat wordt nageleverd, tenzij tijdens de exploitatieperiode is gebleken dat een hogere frequentie noodzakelijk is.

De periode waarin intensief onderhoud plaatsvindt is gelijk aan de periode van 'uitdroging' van het stortlichaam. Na eindafwerking van de stortplaats neemt de hoeveelheid percolaat af. De afnamesnelheid van percolaatvorming is niet bekend, en ervaringsgegevens zijn onvoldoende gedocumenteerd om hierover uitspraken te kunnen doen. In deelonderzoek A3 zal een modelmatige benadering worden gegeven. De hoeveelheid percolaat die in de nazorgfase wordt gevormd (theoretisch maximaal 5 mm/jr = 50 m³/ha/jaar) moet worden afgevoerd. De afvoercapaciteit van drainagesystemen is gedimensioneerd op veel grotere hoeveelheden percolaat, zodat ondanks eventuele verslechtering van het drainagestelsel de afvoercapaciteit langdurig gewaarborgd blijft.

Aanbevolen wordt frequent onderhoud (één keer per jaar) van het drainagesysteem uit te voeren gedurende de eerste periode na het aanbrengen van de bovenafdichting. Daarna kan worden volstaan met een frequentie van één keer per twee jaar de helft van de drainagebuizen (afwisselend om de twee jaar), zodat alle drains eens per vier jaar worden doorgespoten. Afhankelijk van de afvoer van percolaat kan worden besloten om de frequentie verder af te bouwen. Een en ander zal worden gebaseerd op de bevindingen van Deelonderzoek A3 inzake de 'leegloop' van stortplaatsen na aanleg van de bovenafdichting.

Lange termijn

In de Nota van Toelichting van het Stortbesluit bodembescherming wordt ervan uitgegaan dat de onderafdichting met name tijdens de exploitatieduur voorkomt dat percolaat in de bodem geraakt.

Daarnaast wordt vermeld dat, omdat een onderafdichting op de langere termijn (enkele tientallen jaren) minder goed zal gaan functioneren, het noodzakelijk is dat het zwaartepunt van beheer dan wordt verlegd van de onderafdichting naar de bovenafdichting.

Zodra het einde van de functionele gebruiksduur van de percolaatdrainage wordt benaderd, zal op basis van de dan verzamelde data (percolaatvorming, waterstanden in rand stortlichaam, etc.) kunnen worden beoordeeld of aanvullende maatregelen moeten worden getroffen. Maatregelen kunnen noodzakelijk zijn indien een percolaatoverschot leidt tot verontreiniging van de bodem (lekage), of de stabiliteit van het stortlichaam nadelig wordt beïnvloed (risico op afschuiving). In theorie laat de bovenafdichting een geringe hoeveelheid water door, en zal de onderafdichting minder goed functioneren.

De doorlatendheid van een onderafdichting zal echter gering zijn, ook daar kan immers korstvorming en dichtslibbing optreden. Een overschot aan percolaat is dan theoretisch mogelijk. Er zijn voor zover bekend nog geen ervaringsgegevens voor de langere termijn beschikbaar, die deze stelling kunnen onderbouwen.

Rekenvoorbeeld ophoping percolaat na 30 jaar:

Betreft: stortplaats met bovenafdichting. De bovenafdichting laat per jaar maximaal 5 mm door. Indien de onderafdichting ook ten minste 5 mm per jaar doorlaat, is er geen reden om aan te nemen dat percolaatafvoer eeuwigdurend noodzakelijk is. Wordt er geen water vastgehouden in het afval, functioneert de percolaatdrainage niet meer en is de onderafdichting volledig ondoorlatend, dan zal bij een porositeit van het afval van 30% de waterstand in het stortlichaam jaarlijks met $5/0,3 \approx 17$ mm toenemen. Na dertig jaar is de toename maximaal 0,5 meter.

Bedraagt de percolaatvorming bijvoorbeeld 20 mm jaar, dan is er na dertig jaar sprake van een toename van de waterstand van 2 meter.

Mocht er sprake zijn van ophoping van percolaat, dan kunnen maatregelen bestaan uit:

1. vaststelling van de mate van ophoping;
2. vervanging van percolaatdrains, -verzameldrains en -leidingen;
3. nieuwe voorzieningen om afvoer van percolaat mogelijk te maken.

De mate van ophoping kan worden vastgesteld door waterstanden in het stort te meten, bijvoorbeeld via peilbuizen. Daarbij moet aandacht worden besteed aan eventuele van schijnwaterspiegels die de waarnemingen kunnen beïnvloeden.

Vervanging van (delen van) het drainagesysteem is technisch mogelijk, maar relatief kostbaar, en er is geen garantie dat de nieuwe percolaatdrains optimaal zullen functioneren.

Nieuwe voorzieningen kunnen bestaan uit vernieuwde teenconstructies in combinatie met een ringleiding langs een stortplaats die geheel of grotendeels boven het maaiveld is gelegen. Stortplaatsen die gedeeltelijk of grotendeels (groeven) onder maaiveld zijn gelegen, moeten worden voorzien van pompputten om opvang en afvoer van percolaat mogelijk te maken.

De kosten van dit soort maatregelen bestaan uit investeringskosten en exploitatiekosten. De kosten kunnen variëren van enkele tienduizenden gulden bij eenvoudige maatregelen (doorvoeren in folie en afvoerleidingen onder vrij verval) tot vele tonnen (verticale schachten, pompsystemen en afvoerleidingen). Een reële, gemiddelde inschatting voor een 'standaard' stortplaats is niet mogelijk, en ook niet zinvol omdat elke stortplaats locatiespecifiek moet worden beoordeeld.

Tabel 4.5: Aanbevolen inspectie percolaatdrainagesysteem

Voorziening	Frequentie	Doorlooptijd	Opmerkingen
Percolaatdrainage	1x per jaar	Van aanvang nazorg tot x ¹ jaar na aanbrengen bovenafdichting	Steekproefsgewijze camera-inspectie ²
	1x per jaar	Van x + 1 jaar na aanbrengen bovenafdichting tot 50 jaar na aanleg	Steekproefsgewijze camera-inspectie en/of door middel van doorsteken (indien camera-inspectie niet mogelijk) ¹
Waterstandmetingen in stort			Indien ophoping van water kan worden verwacht

¹ Op basis van Deelonderzoek A3 nader te bepalen

² Af te stemmen op onderhoud (doorspuiten)

Tabel 4.6: Aanbevolen onderhoud percolaatdrainagesysteem

Voorziening	Frequentie	Doorlooptijd	Methode
Percolaatdrainage	Gemiddeld 1 x per jaar	Van aanvang nazorg tot x ¹ jaar na aanbrengen bovenafdichting	Doorspuiten alle drains
	Gemiddeld 1 x per 2 jaar	Van x + 1 jaar na aanbrengen bovenafdichting tot 50 jaar na aanleg	Doorspuiten verzamel drains en 50% overige drains

4.4.4 Hemelwaterdrains

Drains moeten direct na aanleg worden doorgestoken², om te controleren of tijdens de aanleg geen beschadiging is opgetreden. Zodoende kan worden gecontroleerd of schade tijdens de aanleg is ontstaan. Deze controle vindt derhalve plaats voorafgaand aan de eindinspectie.

² Doorspuiten direct na aanleg vergroot de kans op inspoeling van zanddeeltjes, en moet derhalve worden vermeden.

De werking van drains kan goed worden gecontroleerd door de afvoer van drains na een fikse regenbui te beoordelen, ter plaatse van de uitmonding in lozingspunten en doorspuitputten. Natte plekken op het bovenvlak en taluds (ook uittredend water op taluds) kunnen wijzen op het slecht functioneren van het drainagesysteem.

De frequentie van onderhoud volgens de huidige IPO-checklist (één keer per tien jaar) is gering, aangezien de bodemstructuur in de eerste jaren na aanleg slecht is (kans op dichtslibbing) en er bij slecht functionerende drains op taluds het risico van erosie en/of afschuiving ontstaat.

Figuur 4.3: Erosie door extreme neerslag tijdens aanleg bovenafdichting



Aanbevolen wordt om de werking van het drainagesysteem in de eerste tien jaar na aanleg jaarlijks te inspecteren, door na regenval te controleren of water wordt afgevoerd. De frequentie van onderhoud (doorspuiten onder lage druk) op steile taluds (1:3 tot 1:5) dient in deze periode (eerste tien jaar) uit voorzorg één keer per twee jaar te zijn. Aangezien niet alle delen van de taluds evenveel regenwater krijgen te verwerken (afhankelijk van taludlengte), wordt voorgesteld 50% van de drains per keer (eens per twee jaar) door te steken. Tijdens de inspectie dient een keuze te worden gemaakt welk deel van de drains worden doorgestoken/doorgespoten.

Op vlakke taluds (1:5 en vlakker) op het bovenvlak is een frequentie van doorspuiten één keer per vijf jaar voldoende, aangezien de kans op afschuiving gering is.

Na de eerste periode van tien jaar (na aanleg van de bovenafdichting) kan de onderhoudsfrequentie worden verminderd. Bijvoorbeeld eens per tien jaar. Uiteraard dient de visuele inspectie ook jaarlijks plaats te vinden. Onderhoud en inspectie gelden zowel voor de afvoerdrains als ook de verzameldrains.

Tabel 4.7: Aanbevolen inspectie hemelwaterdrainagesysteem

Voorziening	Frequentie	Doorlooptijd	Opmerkingen
Hemelwaterdrainage	1 x per jaar	Eeuwigdurend	Periodieke visuele controle op afvoer water, aangevuld met steekproefsgewijze camera-inspectie
Hemelwaterdrainage	1 x per 2 jaar	Eeuwigdurend	camera-inspectie enkele (maatgevende) drains

Tabel 4.8: Aanbevolen onderhoud hemelwaterdrainagesysteem

Voorziening	Frequentie	Doorlooptijd	Methode
Hemelwaterdrainage op taluds	1 x per 2 jaar	0 - 10 jaar na aanleg	Doorspuiten 50% van de drains
Hemelwaterdrainage op taluds	1 x per 10 jaar	10 jaar na aanleg tot vervanging drainagesysteem of vervanging bovenafdichting ¹	Doorspuiten Alle drains
Hemelwaterdrainage op vlak deel (1:5 en vlakker)	1 x per 5 jaar	0 - 10 jaar na aanleg	Doorspuiten Alle drains
Hemelwaterdrainage op vlak deel (1:5 en vlakker)	Gemiddeld 1 x per 10 jaar	10 jaar na aanleg tot vervanging drainagesysteem of vervanging bovenafdichting ¹	Doorspuiten Alle drains

¹ Daarna begin nieuwe onderhoudscyclus

4.4.5 Alternatieve onderhoudsmethoden voor drainagesystemen

Er zijn alternatieve onderhoudsmethoden mogelijk, maar of deze gelijkwaardig zijn aan het doorspuiten van drains is de vraag. De volgende alternatieve onderhoudstechnieken en combinaties van technieken zijn mogelijk:

- zonder hulpstoffen (borstelen, schoonpompen);
- met hulpstoffen (doorspuiten, chemisch reinigen, persluchtinjectie).

Randvoorwaarden voor de toepassing van alternatieve technieken zijn:

- toegankelijkheid van het drainagesysteem;
- voldoende inzicht in de verstoppingsoorzaak, -plaats en effectiviteit van de techniek;
- minimale aantasting van het drainagesysteem (drainagebuis, omhulling en omstorting);
- minimale beïnvloeding van monitoring (tijdstip, kwaliteit en invloed hulpstoffen).

De methode van doorspuiten in combinatie met schoonpompen wordt in de Nederlandse situatie toegepast. In het algemeen kon worden gesteld dat alternatieve technieken op stortplaatsen (nog) niet worden toegepast. Redenen hiervoor zijn de onbekendheid, toepasbaarheid en beschikbaarheid van deze technieken. Bij locatiespecifieke omstandigheden en vooral reparatie, kan door toepassing van alternatieve technieken de functionaliteit van drains worden hersteld. De onderhoudstechnieken zonder hulpstoffen (borstelen, schoonpompen) liggen het meest voor de hand, technieken met hulpstoffen (doorspuiten, chemisch reinigen, persluchtinjectie) kunnen noodzakelijk zijn in incidentele gevallen. Bij stortplaatsbeheerders zijn voor zover bekend geen ervaringsgegevens voorhanden.

4.5 Leemten in kennis

Er is veel informatie beschikbaar over de toepassing, beheer en onderhoud van drains. Ondanks deze hoeveelheid informatie zijn er voortdurende discussies over het nut van drainage-onderhoud, en het effect daarvan op de gebruiksduur. Door uitwisseling van kennis en ervaringen (zowel algemeen als locatie-specifiek) kan in de toekomst een verbeterd inzicht worden verkregen.

Aandachtspunten daarbij zijn:

- afvoer van losgespoten materiaal in controledrains;
- beheer en onderhoud van percolaatdrainage;
- levensduur van percolaatdrainage;
- levensduur en werkingsduur van drainagematten;
- noodzaak van drainage-afvoerbuizen voor hemelwater op taluds.

4.6 Conclusies en aanbevelingen

Algemeen geldende uitgangspunten hebben geleid tot de hierboven voorgestelde inspectie- en onderhoudssystematiek, die als uitgangspunt voor de nazorg kan worden gehanteerd. Echter, locatiespecifieke en type-afhankelijke aspecten spelen een grote rol bij beheer en onderhoud van drainagesystemen. De effecten van onderhoud op de resultaten van de monitoring kunnen worden beperkt door het tijdstip van bemonstering en doorspuiten goed op elkaar af te stemmen.

5. BEMONSTERING EN ANALYSE

5.1 Inleiding

Een belangrijk onderdeel in de nazorg is de monitoring van grondwater, oppervlaktewater, percolaat en hemelwater. De monitoring vindt plaats met behulp van voorzieningen zoals percolaatdrainage, controledrainage, hemelwaterdrainage, sloten en waarnemingsputten (al dan niet uitgerust met meerdere peilfilters). Deze voorzieningen zijn voor/tijdens de exploitatiefase aangelegd in het kader van het Stortbesluit. In hoofdstuk 4 zijn het onderhoud, mogelijke alternatieven en de levensduur van een aantal voorzieningen behandeld. In dit hoofdstuk wordt de monitoring van de waterkwaliteit behandeld.

Dit hoofdstuk geeft een handreiking voor het vaststellen van de noodzakelijke monitoring in de nazorgfase. Indien op het moment van de sluitingsverklaring voor de stortlocatie reeds een goedgekeurd monitoringsplan (betreffende de nazorgfase) aanwezig is, dan zal dit monitoringsplan de basis kunnen zijn voor het bepalen van het doelvermogen.

5.2 Huidige situatie

Wet- en regelgeving

Stortbesluit

De huidige wet- en regelgeving met betrekking tot de monitoring tijdens de exploitatieperiode is vastgelegd in het Stortbesluit en de daarbij behorende richtlijnen. In de Uitvoeringsregeling Stortbesluit zijn voorschriften opgenomen voor de frequentie van bemonstering en analyse van water uit peilbuizen, controledrainage en percolaatdrainage. De frequentie is afhankelijk van de grondwaterstromingssnelheid. Bij hoge grondwatersnelheden (groter dan 30 meter per jaar) dient 3x per jaar te worden bemonsterd en bij lage grondwatersnelheden (kleiner dan 5 meter per jaar) is 1x per jaar voldoende. Bij snelheden tussen 5 en 30 meter per jaar is de bemonsteringsfrequentie 2x per jaar. Het voorgeschreven analysepakket betreft:

- PH;
- EC;
- CZV;
- minerale olie;
- VOX, chloride;
- N-Kj of NH₃;
- 1x/jaar GCMS.

In artikel 10 van het Stortbesluit wordt het grondwateronderzoek beschreven dat dient plaats te vinden voorafgaande aan de eerste keer dat wordt gestort (een soort nulsituatie-onderzoek). Tijdens dit onderzoek dienen de zelfde bemonsteringspunten te worden bemonsterd. Het onderzoek dient 1x per 2 jaar te worden herhaald.

Het gehanteerde analysepakket betreft:

- zware metalen: cadmium, chroom, koper, nikkel, lood, zink, kwik, arseen;
- chloride;
- sulfaat;
- zuurgraad;
- EC;
- VOX;
- minerale olie;
- PAK.

EG-richtlijn

In bijlage III van de EG-richtlijn zijn controle- en toezichtsprocedures opgenomen voor zowel de exploitatie- als nazorgfase. Daarbij zijn de onderstaande frequenties van bemonstering, analyse en niveaumetingen voorgeschreven:

Tabel 5.1: Bemonstering, analyse en niveaumetingen van waterstromen in de nazorgfase conform de EG-richtlijn

	Exploitatiefase	Nazorgfase
Hoeveelheid percolaat	Maandelijks	Halfjaarlijks
Samenstelling percolaat	Driemaandelijks	Halfjaarlijks
Hoeveelheid en samenstelling oppervlaktewater	Driemaandelijks	Halfjaarlijks
Niveau van het grondwater	Halfjaarlijks	Halfjaarlijks
Samenstelling grondwater	Stortplaatsspecifieke frequentie	Stortplaatsspecifieke frequentie

De te meten parameters en de te analyseren stoffen zijn niet specifiek voorgeschreven. Daarvoor zijn de volgende voorschriften van toepassing:

- de te meten parameters en de te analyseren stoffen in het percolaat variëren naar gelang de samenstelling van het gestorte afval. Deze moeten de uitloogkarakteristieken weerspiegelen, en moeten zijn gedetailleerd in de vergunning;
- de te meten parameters en de te analyseren stoffen in het grondwater worden afgeleid uit de samenstelling van het percolaat en de grondwaterkwaliteit in het gebied (rekening houdend met mobiliteit in grondwaterzone).

Het bepaalde in de EG-richtlijn is via een herziening van het Stortbesluit geïmplementeerd in de Nederlandse wetgeving (gepubliceerd in Staatsblad 336 d.d. 12 juli 2001).

Met betrekking tot de frequentie zijn de volgende voorschriften uit de EG-richtlijn relevant:

- de frequentie van onderzoek naar de samenstelling grondwater wordt bepaald op basis van de kennis en beoordeling van de snelheid van de grondwaterstroming;

- indien een interventiepunt wordt bereikt is verificatie nodig door herhaling van dezelfde monsterneming. Het gewijzigde Stortbesluit stelt dat wanneer het interventiepunt bevestigd wordt het ingevolge artikel 9 opgestelde urgentieplan op hoofdlijnen in werking treedt en een verdere uitwerking daarvan (conform artikel 9a) plaatsvindt. Het interventiepunt moet worden bepaald met inachtneming van locatiespecifieke omstandigheden en wordt waar mogelijk in de vergunning vermeld;
- als de evaluatie van de gegevens aangeeft dat langere tussenpozen even effectief zijn, kunnen deze tussenpozen tijdens de nazorgfase worden aangepast. Voor percolaten wordt de geleidbaarheid minstens eenmaal per jaar bepaald;
- de frequentie van het meten van het niveau van het grondwater wordt verhoogd in geval van veranderende grondwaterniveaus.

Voor de volledige tekst van de EG-richtlijn wordt verwezen naar bijlage 3.

IPO-checklist

In het huidige IPO-nazorgmodel [DHV 1997-2] zijn de volgende kentallen gebruikt bij het vaststellen van de monitoring. De standaard analysepakketten zijn weergegeven in bijlage 4.

Tabel 5.2: Kentallen huidige IPO-checklist

	Frequentie	Doorlooptijd	Analysepakket basisstortplaats
Percolaatdrainage	2x/jaar	40 jaar	'standaard' pakket voor percolaat
Hemelwaterdrainage	2x/jaar	Eeuwig	'standaard' pakket voor hemelwater
Controledrainage	1-3x/jaar	40 jaar	'standaard' pakket voor grondwater
Effluent Percolaatzuiverings- installatie	7x/jaar	15 jaar	'standaard' pakket voor percolaat, BZV en CZV
Peilbuizen	1-3x/jaar	Eeuwig	'standaard' pakket voor grondwater
Grondwaterstanden	2x/maand 1x/kwartaal	5 jaar na 5 jaar, eeuwig	n.v.t.

Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren (Wvo)

Tijdens de exploitatieperiode zijn de stortplaatsen gebonden aan de voorschriften uit de Wvo-vergunning. In deze vergunning staan voor het te lozen water bemonsteringsfrequenties en analysepakketten opgenomen.

De voorschriften hebben betrekking op de te lozen waterstromen zoals percolaat, effluent van de PWZI en hemelwaterafvoer. Voor zover bekend wordt in de meeste gevallen een meetfrequentie van 1 x per maand gehanteerd³.

³ In voorkomende gevallen wordt een hogere frequentie gehanteerd. Bijvoorbeeld bij een sterk fluctuerende kwaliteit, om zodoende een beter inzicht te krijgen in de effluentkwaliteit, en ten behoeve van lozingsheffingen.

Het analysepakket bestaat o.a. uit pH, EC, CZV, chloride, N_{Kj}/NH_4 , zware metalen, minerale olie, aromaten en PAK.

Praktijk

In de praktijk worden op basis van het Stortbesluit voorschriften opgenomen in de Wm-vergunning van de stortplaats. Veelal wordt voorgeschreven dat alle waarnemingspunten met een vaste frequentie en vast analysepakket worden onderzocht. In de meeste gevallen is in het voorschrift opgenomen dat kan worden afgeweken in overleg met het bevoegd gezag. In de praktijk komt het er meestal op neer dat alle waarnemingspunten uitgebreid worden onderzocht. In een aantal gevallen ontbreekt een goed onderbouwde monitoringsstrategie.

Onderzoek van waterstromen in het kader van de Wvo-vergunning vindt meestal parallel plaats aan de onderzoeken in het kader van de Wm-vergunning. Afstemming van beide vergunningen op het gebied van analyse en bemonstering vindt veelal niet plaats.

5.3 Literatuur en ervaringsgegevens

5.3.1 Literatuur

In de Ontwerp-procedure Grondwatermonitoring [VVAV 1995] staat beschreven dat het ontwerp van een monitoringssysteem wordt bepaald door de locatie en het aantal meetpunten, de meetfrequentie en de te analyseren parameters. Deze drie aspecten kunnen niet los van elkaar worden beschouwd. Tevens wordt kort ingegaan op het verschil tussen omgevingsgerichte en brongerichte monitoring. Kortweg komt het er op neer dat er een monitoringsstrategie dient te worden opgesteld gebaseerd op locatiespecifieke uitgangspunten en randvoorwaarden. In de ontwerpprocedure wordt het ontwerp van een brongericht monitoringssysteem met meetpunten op enige afstand behandeld. Het doel van een dergelijk monitoringssysteem is het signaleren van het falen van IBC-voorzieningen. Afgeleide doelstellingen zoals het verkrijgen van inzicht in de kwaliteit van het percolaat of het tijdig signaleren van geohydrologische wijzigingen komen in deze procedure in mindere mate aan de orde.

Naast bovengenoemde ontwerpprocedure is ook de ontwerpmethodiek geohydrologisch beheerste stortplaatsen [IWACO 1995, VVAV 1997] relevant. Hierin staat beschreven hoe kan worden omgegaan met de monitoring van stortplaatsen waarbij een geohydrologische beheersing aanwezig is.

5.3.2 Ervaringsgegevens

Tijdens de exploitatieperiode wordt in veel gevallen bemonsterd en geanalyseerd conform de voorschriften uit de Wm-vergunning (vaste bemonsteringsfrequentie voor alle meetpunten en analyse op een vast analysepakket). Een locatiespecifiek monitoringsplan met een onderbouwde monitoringsstrategie ontbreekt in meerdere gevallen. In veel nazorgplannen wordt de monitoring tijdens de nazorgperiode op een zelfde wijze behandeld als tijdens de exploitatieperiode. Het gewijzigde Stortbesluit gaat daar verder op in.

In enkele gevallen is gebruik gemaakt van de relevante ontwerpprocedures (grondwatermonitoring en geohydrologische isolatie). Bij het opstellen van de monitoringsplannen van de betreffende locaties zijn de ontwerpprocedure monitoring stortplaatsen en de ontwerpmethodiek geohydrologisch beheerste stortplaatsen [IWACO 1995] toegepast. In de monitoringsplannen werden drie controleniveaus onderscheiden: de eerste, tweede en derde controlelijn. De eerste controlelijn heeft betrekking op het geohydrologisch beheerssysteem, de tweede lijn is gericht op het meten van de geohydrologische invloed van het beheerssysteem (stijghoogtes en peilen). De derde lijn bestaat uit metingen naar de kwaliteit van het grondwater buiten de stortplaats.

5.4 Antwoorden op de vragen

5.4.1 Monitoringsdoelstellingen en monitoringsstrategie

Alvorens verder wordt ingegaan op de beantwoording van de gestelde vragen worden de verschillende monitoringsdoelstellingen beschreven. Op basis van deze monitoringsdoelstellingen wordt een monitoringsstrategie voorgesteld. Deze monitoringsstrategie wordt vervolgens gebruikt bij de beantwoording van de vragen.

Monitoringsdoelstellingen

Op basis van de verschillende nazorgvoorzieningen worden de volgende activiteiten onderscheiden.

- monitoring van de percolaatkwaliteit;
- monitoring van het grondwater in de controledrainage;
- monitoring van het grondwater in waarnemingsputten (peilbuizen);
- monitoring van het hemelwater (boven de bovenafdichting);
- monitoring van het oppervlaktewater in bijvoorbeeld ringsloten.

Voor elke activiteit zijn hieronder de monitoringsdoelstellingen geformuleerd.

Doelstellingen monitoring van de percolaatkwaliteit:

- vaststelling van de percolaatsamenstelling, o.a. voor vergelijking met grondwatersamenstelling (gericht op samenstelling van het analysepakket voor grondwatermonitoring);
- volgen van de processen in de stortplaats;
- bepalen influentsamenstelling van de percolatuivering (indien aanwezig) voor sturing van het zuiveringsproces;
- bestuderen of wordt voldaan aan de lozingsseisen uit de Wvo-vergunning.

Doelstelling monitoring van het grondwater in de controledrainage:

- het verifiëren van de vloeistofdichtheid van de onderafdichting.

Doelstelling monitoring van het grondwater in waarnemingsputten (peilbuizen):

- het verifiëren van de vloeistofdichtheid van de onderafdichting;
- controleren of er een beïnvloeding van de grondwaterkwaliteit in de omgeving plaatsvindt;

- het verifiëren of er een wijziging in de geohydrologische situatie plaatsvindt (o.a. door het volgen van de grondwaterstanden);
- het verifiëren of de geohydrologische beheersmaatregelen voldoen.

Doelstelling monitoring van het hemelwater (boven de bovenafdichting)

- bestuderen of wordt voldaan aan de lozingeisen uit de Wvo-vergunning;
- controle dichtheid bovenafdichting.

Doelstelling monitoring van het oppervlaktewater in bijvoorbeeld ringsloten:

- het verifiëren of er een beïnvloeding van de oppervlaktewaterkwaliteit plaatsvindt als gevolg van de aanwezigheid van de stortplaats;
- het verifiëren of er een wijziging in de geohydrologische situatie plaatsvindt
- het verifiëren of de geohydrologische beheersmaatregelen voldoen.

Monitoringsstrategie

Gebaseerd op processen in de stortplaats, emissie uit de stortplaats en verspreiding naar de omgeving, kan onderscheid gemaakt worden in de volgende monitoringsactiviteiten:

- *procesgerichte monitoring* die bedoeld is om de processen in de stortplaats te bestuderen. Deze monitoring vindt plaats door middel van bemonstering en analyse van percolaat en het meten van de debieten van de verschillende waterstromen;
- *brongerichte monitoring* die bedoeld is om een eventuele uittreding van verontreinigingen uit de stortplaats te controleren. Deze monitoring vindt plaats in controledrainage en/of waarnemingsputten op de grens van de stortlocatie, eventueel in het nabijgelegen oppervlaktewater en hemelwaterdrainage;
- *omgevinggerichte monitoring* die bedoeld is om een eventueel uitgetreden verontreiniging te detecteren en te volgen in de omgeving. Deze monitoring vindt plaats in de waarnemingsputten op enige afstand van de stortlocatie en in het oppervlaktewater op enige afstand van de stortplaats. De omgevingsgerichte monitoring kan tevens worden gebruikt voor het verifiëren van de werking van eventueel aanwezige geohydrologische beheersmaatregelen.

Bij een onderverdeling in bovengenoemde monitoringsactiviteiten kan per onderdeel een strategie worden geformuleerd.

5.4.2 Onderscheid in verschillende stortcompartimenten

De stortplaatsen in Nederland bestaan vaak uit meerdere stortcompartimenten. Als gevolg van technische en beleidsmatige ontwikkelingen is de inrichting van de stortcompartimenten in de loop van de exploitatieperiode veelal gewijzigd. In veel gevallen zijn de verschillende compartimenten uitgerust met verschillende voorzieningen. Oudere compartimenten zijn bijvoorbeeld niet voorzien van een onderafdichting (geen controledrainage), maar zijn later voorzien van een geohydrologische beheersing.

Voor de monitoringsactiviteiten in zowel de exploitatie als de nazorgperiode is het onderscheid in compartimenten en bijbehorende voorzieningen van belang.

5.4.3 Onderscheid in de hoeveelheid beschikbare meetresultaten per stortcompartiment

Bij een stortlocatie is er vaak sprake van stortcompartimenten met verschillende leeftijden. Bij de oudere stortcompartimenten heeft een langere tijd monitoring plaatsgevonden en is een grote hoeveelheid monitoringsresultaten beschikbaar. Bij jongere stortcompartimenten is de hoeveelheid beschikbare gegevens beperkt. Bij stortcompartimenten met een grote hoeveelheid meetresultaten is het inzicht in processen groter en kan op basis van een evaluatie van de gegevens op een betrouwbare en goed onderbouwde wijze worden afgeweken van standaardfrequenties en standaardparametersets. Bij locaties met een beperkte hoeveelheid meetresultaten is een goed onderbouwde afwijking minder goed te maken.

In de ontwerpprocedure monitoring stortplaatsen [VVAV 1995] wordt aangegeven dat hoe meer waarnemingen van een meetpunt beschikbaar zijn hoe beter een uitspraak kan worden gedaan over de waarde van een bepaalde waarneming. Om meetresultaten per meetpunt goed te kunnen vergelijken wordt een minimum van 30 waarnemingen statistisch als voldoende beschouwd.

5.4.4 Procesgerichte monitoring

Percolaat

De procesgerichte monitoring is onder andere bedoeld om de processen in de stortplaats te bestuderen. Dit kan gebeuren door middel van periodieke bemonstering, analyse van het percolaat en door het uitvoeren van debietmetingen. De kwaliteit en hoeveelheid percolaat kan variëren in de tijd. De hoeveelheid percolaat zal na verloop van tijd afnemen. Na de aanleg van de bovenafdichting zal de hoeveelheid percolaat beperkt zijn. Het tijdstip waarop geen percolaat meer kan worden bemonsterd geleverd is afhankelijk van de hoeveelheid water in de stortplaats.

Op basis van een indicatieve hydrologische berekening kan een inschatting worden gemaakt van het tijdstip waarop nauwelijks nog percolaat kan worden bemonsterd. De kwaliteit van het percolaat wijzigt in de tijd. De variaties zullen het grootst zijn tijdens en direct na het storten van het afval. Naar verwachting zijn de variaties in de nazorgperiode (na aanleg bovenafdichting) beperkt. Op basis van het bovenstaande wordt voor de procesgerichte monitoring de volgende strategie voorgesteld:

Bemonsteringsfrequentie

Tijdens de exploitatieperiode wordt (conform de Wvo-vergunning) een bemonsteringsfrequentie van 12x per jaar (maandelijks) gehanteerd. Deze frequentie kan tijdens de nazorgperiode naar verwachting worden teruggebracht. Dit is met name afhankelijk van de resultaten van de procesgerichte monitoring tijdens de exploitatie. Indien er sprake is van een stabiele percolaatkwaliteit kan (in overleg met de waterbeheerder) de frequentie terug worden gebracht. Voorgesteld wordt om standaard minimaal 2x per jaar (conform EG-richtlijn) de percolaatkwaliteit te bepalen.

Analysepakket

Percolaat kan een grote variëteit aan verontreinigingen bevatten. De kwaliteit van het percolaat zal met name worden bepaald door het soort afval dat is gestort en de leeftijd van het stortcompartiment. Voorgesteld wordt om het analysepakket WVO toe te passen (zie bijlage 5). Indien er aanleiding voor bestaat (bepaald soort afval, resultaten monitoring uit het verleden) kan het analysepakket worden aangepast.

Debietmeting

De hoeveelheid vrijkomend percolaat kan (per compartiment) continu worden gemeten en geregistreerd.

Tijdsduur

De procesgerichte monitoring m.b.t. het percolaat dient te worden voortgezet tot dat er geen of nauwelijks percolaat meer wordt gevormd. Een vaste tijdsduur voor alle stortlocaties is niet te geven. Voorgesteld wordt om de tijdsduur per locatie te bepalen aan de hand van een indicatieve hydrologische berekening (berekening leeglooptijd stortplaats). In deelonderzoek A3 is de percolaatafname modelmatig bepaald. De 'leeglooptijd' is afhankelijk gesteld van de stortdikte. Vooralsnog dient te worden uitgegaan van een minimale leeglooptijd van 8 jaar bij stortdiktes tot 10 meter en 21 jaar bij stortdiktes van 20-30 meter.

Aantal bemonsteringspunten

De kwaliteit van het percolaat zal met name afhankelijk zijn van het soort afval dat is gestort en de leeftijd van het stortcompartiment. Daarom wordt voorgesteld om per stortcompartiment (met vergelijkbare leeftijd en stortmateriaal) minimaal 1 bemonsteringspunt te hanteren. Het totaal aantal meetpunten is dus afhankelijk van het aantal verschillende stortcompartimenten. Tevens dient rekening te worden gehouden met de bemonstering van lozingspunten.

Overige waterstromen

Bij een stortlocatie kunnen naast percolaat ook andere proceswaterstromen voorkomen. Hierbij moet worden gedacht aan:

- water afkomstig uit (grondwater)onttrekkingssystemen (onttrekkingsputten, ringdrainages e.d.);
- effluent van een percolatuivering.

Het aantal bemonsteringspunten, de bemonsteringsfrequentie, het analysepakket en de tijdsduur zijn sterk afhankelijk van het soort proces dat geïmplementeerd dient te worden, de beschikbare systemen en de hoeveelheid reeds beschikbare meetresultaten. Voor elke stortlocatie dient per waterstroom een monitoringsstrategie te worden vastgelegd. Bij het bepalen van de monitoringsstrategie dient rekening te worden gehouden met de voorschriften uit de Wvo-vergunning. Vooralsnog wordt op basis van de Wvo voorgesteld om 1x per maand te bemonsteren en te analyseren op het Wvo-pakket (zie bijlage 5).

Afwijkingen van deze standaard monitoringsstrategie kan plaatsvinden op basis van een betrouwbare onderbouwing (gebaseerd op statistisch voldoende meetresultaten uit het verleden). Overleg met bevoegd gezag in het kader van de Wvo is hierbij noodzakelijk.

5.4.5 Brongerichte monitoring

Brongerichte monitoring is bedoeld om een eventuele uittreding van verontreinigingen uit de stortplaats te controleren. De uittreding van verontreinigingen kan plaatsvinden door een lekkage in de onderafdichting of door emissie vanuit een stortcompartiment waar een onderafdichting ontbreekt. De controle van een eventuele uittreding kan plaatsvinden door bemonstering en analyse van water uit de controledrainage (onder de onderafdichting), waarnemingsputten aan de rand van een stortplaats of oppervlaktewater grenzend aan de stortplaats (ringloot). Een stortplaats wordt beschouwd als een slecht voorspelbare potentiële verontreinigingsbron⁴ vanwege zijn heterogeniteit. Het blijft onduidelijk of en wanneer verontreinigende stoffen uittreden. Hierdoor is het noodzakelijk om de brongerichte monitoring eeuwigdurend te laten plaatsvinden. Omdat de locatie van uittreding niet vaststaat zal de brongerichte monitoring het meest intensief moeten worden uitgevoerd. Bemonstering van water uit de controledrainage zal na verloop van tijd niet meer mogelijk zijn omdat de levensduur van de controledrainage is beëindigd en deze niet meer kan worden vervangen. Waarnemingsputten kunnen altijd worden vervangen en bemonsterd.

Een nuancering van het begrip potentiële verontreinigingsbron is op zijn plaats. De stortplaats zal gedurende de exploitatie- en nazorgfase intensief worden gemonitord. Op basis van deze gegevens kunnen trends worden herkend en beoordeeld. Tevens wordt landelijk ervaring opgedaan met monitoring van stortplaatsen, hetgeen bijdraagt tot kennisontwikkeling.

Op basis van locatiespecifieke waarnemingen en verbeterde kennis kan in de nazorgfase de monitoring worden bijgesteld.

Bemonsteringsfrequentie

Voorgesteld wordt om de bemonsteringsfrequentie van de brongerichte bemonsteringspunten afhankelijk te stellen van de grondwaterstromingssnelheid van het freatisch grondwater. Vergelijkbaar met het Stortbesluit komt dit neer op een bemonsteringsfrequentie van 1x per jaar bij een snelheid van 0-5 meter per jaar, 2x per jaar bij een snelheid van 5-30 meter per jaar en 3x per jaar bij een snelheid van meer dan 30 meter per jaar. Afwijkingen van deze standaardfrequenties kunnen plaatsvinden op basis van een betrouwbare onderbouwing (gebaseerd op statistisch voldoende meetresultaten uit het verleden).

⁴ Onderzoek bij oude stortplaatsen (NAVOS, NA onderzoek) toont weliswaar aan dat er sprake is van 'natural attenuation' (vastlegging en afbraak van bepaalde verontreinigingen) in bepaalde typen grondwater, maar de daarmee opgedane kennis is (nog) onvoldoende om conclusies te trekken voor bestaande stortplaatsen.

Indien oppervlaktewater aanwezig is, is een bemonsteringsfrequentie conform de EG-richtlijn voldoende (halfjaarlijks).

Analysepakket

Aangezien het onduidelijk is welke stoffen een stortplaats kunnen uittreden wordt voorgesteld om in de nazorgfase minimaal 1x per jaar een uitgebreid grondwateranalysepakket toe te passen (pakket "grondwater bron" zie bijlage 5). Tijdens de overige bemonsteringsronden kan worden volstaan met een beperkt grondwateranalysepakket (= een selectie uit het pakket "grondwater bron"). De selectie wordt bepaald door de meetresultaten uit het verleden. Voor de nazorgkosten kan worden uitgegaan van 50% van de kosten van een uitgebreid pakket.

Tijdsduur

Vanwege het (vooral nog) slecht voorspelbare karakter van een stortplaats wordt het noodzakelijk geacht om de brongerichte monitoring eeuwigdurend te laten plaatsvinden. Afwijkingen van deze tijdsduur kunnen (gebaseerd op meetresultaten uit het verleden) plaatsvinden.

Aantal bemonsteringspunten

Aangezien het onduidelijk is op welke locatie een uittreding van verontreinigingen plaats kan vinden wordt voorgesteld om vanaf aanvang van de nazorg minimaal 1x per jaar alle brongerichte waarnemingspunten te bemonsteren. Tijdens de overige bemonsteringsronden in het betreffende jaar kan worden volstaan met een selectie (bijvoorbeeld 50%) van waarnemingspunten (betrouwbare selectie op basis van kennis/meetresultaten uit het verleden). Voor de nazorgkosten kan voornamelijk worden uitgegaan van 50% van het aantal waarnemingspunten.

Referentieputten

Het grondwater in de putten stroomopwaarts van de stortplaats (de referentieputten) wordt niet door de stortplaats beïnvloed. Aan de hand van monsternamen en analyse van het grondwater uit de referentieputten kan inzicht worden verkregen in de kwaliteit van het instromend grondwater. Voornamelijk wordt een bemonsteringsfrequentie van 1 keer per jaar en het uitgebreide analysepakket "grondwater bron" op alle referentieputten voorgesteld.

5.4.6 Omgevingsgerichte monitoring

Omgevingsgerichte monitoring is bedoeld om een eventueel uitgetreden verontreiniging te volgen in de omgeving. Deze monitoring vindt plaats in de waarnemingsputten op enige afstand van de stortlocatie. Gelijktijdig kan de werking van eventuele beheersmaatregelen (effecten van de maatregel) worden bestudeerd door middel van kwaliteitsmetingen en stijghoogtemetingen.

Er wordt van uitgegaan dat de brongerichte monitoring niet met een 100% trefkans kan worden uitgevoerd, omdat dan een zeer dicht monitoringsnetwerk noodzakelijk is. De omgevingsgerichte monitoring kan eventueel uitgetreden verontreinigingen (die niet zijn gesignaleerd tijdens de brongerichte monitoring) alsnog detecteren. De omgevingsgerichte monitoring wordt uitgevoerd met waarnemingspunten op enige afstand van de rand van de stortplaats. Het tijdstip waarop een bepaalde verontreiniging de omgevingsgerichte monitoringspunten kan bereiken is afhankelijk van de afstand tot de stortplaats, de grondwatersnelheid en het stofgedrag kan de betreffende verontreiniging.

Voorbeeld

*De omgevingsgerichte monitoringspunten bevinden zich op 100 meter afstand tot de stortplaats. De grondwatersnelheid is 10 meter per jaar en het betreft de stof X met een retardatiefactor van 10. De stof X kan hooguit na 100 jaar de monitoringspunten bereiken ($100\text{meter}/10\text{meter/jaar} * 10$). Het is dus niet zinvol om de eerste 100 jaar (na storten) op stof X te onderzoeken omdat deze stof toch nog niet vanuit de stortplaats in de omgevingsgerichte monitoringsput terecht kan komen. Een stof met retardatiefactor 1 (mobiele stof) kan in dit voorbeeld al na 10 jaar de betreffende put bereiken.*

Tijdens de nazorgperiode zal voor wat betreft de omgevinggerichte monitoring in eerste instantie aandacht moeten worden besteed aan de conservatieve en mobiele stoffen. Vooralnog wordt voorgesteld om als standaard de volgende stoffen in het mobiele grondwaterpakket opgenomen:

- pH en EC;
- chloride;
- sulfaat;
- ammonium en/of stikstof-Kjeldahl;
- vluchtige aromatische koolwaterstoffen;
- vluchtige gehalogeneerde koolwaterstoffen;
- eventueel overige stortplaats specifieke stoffen.

Op basis van het bovenstaande wordt met betrekking tot de omgevingsgerichte monitoring de onderstaande monitoringsstrategie voorgesteld.

Tijdstip start omgevingsgerichte monitoring

Het starttijdstip van de omgevingsgerichte monitoring wordt bepaald door de afstand van de waarnemingspunten tot de stortplaats, de grondwatersnelheid, het stofgedrag en het tijdstip waarop is gestart met storten. Als standaard wordt er van uit gegaan dat bij de aanvang van de nazorg reeds is gestart met de omgevingsgerichte monitoring. Is op basis van een modelbenadering besloten om op een later tijdstip met omgevingsgerichte monitoring te beginnen, dan zal monitoring met een nader te bepalen frequentie (afhankelijk van de omstandigheden) nodig zijn om tijdens de 'wachtperiode' de modelresultaten te verifiëren.

Bemonsteringsfrequentie

Voorgesteld wordt om na het starttijdstip de omgevingsgerichte waarnemingspunten periodiek te bemonsteren conform de bemonsteringsfrequentie van de brongerichte monitoring. Ofwel afhankelijk van de grondwatersnelheid (frequentie van 1x per jaar bij een snelheid van 0-5 meter per jaar, 2x per jaar bij een snelheid van 5-30 meter per jaar en 3x per jaar bij een snelheid van meer dan 30 meter per jaar). Afwijkingen van deze standaardfrequenties kunnen plaatsvinden op basis van een betrouwbare onderbouwing (gebaseerd op de meetresultaten uit het verleden). De ontwerpprocedure monitoring stortplaatsen [VVAV 1995] kan hierbij als onderbouwende richtlijn worden gehanteerd.

Frequentie stijghoogtemetingen

Voorgesteld wordt om in de nazorgfase te volstaan met een minimale frequentie van 2 maal per jaar (conform EG-richtlijn). Bij stortplaatsen uitgerust met een geohydrologische isolatie wordt een hogere frequentie (2 maal per maand of 24 keer per jaar) voorgesteld.

Analysepakket

Voorgesteld wordt om de grondwatermonsters te analyseren op stoffen die de omgevingsgerichte waarnemingspunten ook daadwerkelijk hebben kunnen bereiken. Als standaard wordt het mobiele grondwaterpakket voorgesteld (zie bijlage 5). Voorgesteld wordt om 1x per jaar het mobiele grondwaterpakket toe te passen en de overige bemonsteringsronden een selectie uit dit pakket. De selectie wordt bepaald door meetresultaten uit het verleden en uit de meetresultaten van de brongerichte monitoring. Het daadwerkelijke analysepakket dient locatie-specifiek te worden ingevuld.

Tijdsduur

Nadat is gestart met de omgevingsgerichte monitoring zal deze eeuwigdurend moeten plaatsvinden (zie brongerichte monitoring), tenzij er onderbouwde aanwijzingen zijn om af te wijken.

Aantal bemonsteringspunten

Voorgesteld wordt om alle omgevingsgerichte waarnemingspunten te bemonsteren, tenzij er onderbouwde aanwijzingen zijn om af te wijken.

5.4.7 Monitoring hemelwaterkwaliteit

De monitoring van de kwaliteit van het hemelwater heeft twee doelstellingen. Ten eerste om te verifiëren of wordt voldaan aan de gestelde lozingseisen en ten tweede om de dichtheid van de bovenafdichting te verifiëren.

Voor de eerste doelstelling is het voldoende om watermonsters te nemen uit de eindput (ofwel lozingspunt) en de hoeveelheid hemelwater te bepalen (zowel een Wvo-eis als van belang voor het opstellen van een waterbalans). Bemonstering en analyse vindt plaats conform de Wvo-vergunning. Voor de tweede doelstelling geldt dat hoe meer meetpunten er zijn, hoe beter de dichtheid van de bovenafdichting is te beoordelen.

Er is dan namelijk minder kans op verdunning. Leckage van percolaat door een afdichting kan vooral optreden langs de rand van de stortplaats ter plaatse van de teenconstructie [VROM 1991-2].

Bemonstering nadat de eerste neerslag (na een droge periode) is gevallen lijkt het meest zinvol. Eventuele verdunningseffecten zijn dan het minst aanwezig. Voor verkenning van eventuele lekkage is het voldoende om een geschikte tracer te hanteren (bijvoorbeeld het geleidingsvermogen en pH; pakket hemelwater basis, zie bijlage 5). Blijkt er sprake van verhoging van het geleidingsvermogen (of twijfel over de gemeten waarden), dient het hemelwaterpakket (zie bijlage 5) toegepast te worden.

Een vaste frequentie kan niet bij voorbaat worden gegeven. Vanuit de EG-richtlijn wordt voor monitoring van het oppervlaktewater minimaal tweemaal per jaar voorgeschreven. De EG-richtlijn geeft geen meetfrequentie voor de kwaliteit van afstromend hemelwater. Voor controle van het hemelwater wordt evenwel voorgesteld dezelfde meetfrequentie te hanteren. Dit zal de interpretatie van meetwaarden (correlatie hemelwaterkwaliteit en oppervlaktewater) bevorderen. Het verdient tevens aanbeveling om tijdens de metingen tevens met behulp van een stortgasanalyzer na te gaan of stortgascomponenten (methaan en kooldioxide) in het hemelwaterdrainagesysteem meetbaar is (ter indicatie van lekkage van de bovenafdichting).

Voorstel bemonstering en analyse hemelwater

Bemonsteringsfrequentie en debietmeting: 2x per jaar

Aantal meetpunten: minimaal 1 per lozingspunt

Analysepakket:

- hemelwater basis (pH en Ec; zie bijlage 5);
- indien verhoogde meetwaarde overstappen op pakket "hemelwater" (zie bijlage 5).

5.5 Leemten in kennis

Tijdens monitoring bij stortplaatsen is gebleken dat het moeilijk is om bij controledrains vast te stellen op welke wijze het water komt toestromen: gelijkmatig via de gehele drainlengte, lokaal ter plaatse van de onttrekking (aanzuigzijde bemonsteringsslang) en/of via preferente stroombanen in de bodem?

Duidelijk is dat van gelijkmatige toestroming veelal geen sprake zal zijn. Dit betekent dat verdunningsprocessen een grote rol kunnen spelen, en het moeilijk is om een eventuele lekkage te detecteren en te localiseren. Om de interpretatie van meetresultaten te bevorderen, is het noodzakelijk om telkens op dezelfde wijze de bemonstering uit te voeren. Zodoende kan een verband worden gelegd met de resultaten van voorgaande metingen. Dit verhoogt de kans dat verschillen in samenstelling kunnen worden waargenomen. Een monsternameprotocol is de aangewezen methode om de monsternamekwaliteit te waarborgen.

De kans dat een lekkage niet wordt waargenomen, blijft echter mogelijk. De vraag is dan ook of een frequent uitgevoerde, uitgebreide analyse (met o.a. minder mobiele stoffen) in controledrains noodzakelijk is. Vooral minder mobiele stoffen kunnen door verdunning pas laat worden gedetecteerd.

Processen in het stort zullen na het aanbrengen van een bovenafdichting naar een evenwichtssituatie toegaan. De kwantiteit van percolaat neemt af, en de samenstelling van het resterende percolaat kan na verloop van tijd stabiel worden. Er is onvoldoende lange duur ervaring om een inschatting te maken van het verloop van processen. Regelmatige, gestructureerde en gedocumenteerde metingen kunnen in de toekomst hierin nader inzicht geven. Opgedane kennis en ervaring kan aanleiding geven tot bijstelling van het monitoringsplan.

5.6 Conclusies en aanbevelingen

Uit het bovenstaande blijkt dat de monitoring van waterkwaliteit een locatiespecifieke aanpak behoeft. Aanbevolen wordt om per stortlocatie in eerste instantie de eerder genoemde onderzoeken (WM en WVO) op elkaar af te stemmen. Bij voorkeur geschiedt dit al in de exploitatiefase. Om een adequate monitoring te waarborgen, wordt aanbevolen om reeds in de exploitatiefase een monitoringsplan (voor zover niet beschikbaar) op te stellen waarin de frequentie van onderzoek per waarnemingspunt en per stof worden beschreven. Dit monitoringsplan moet tijdens het opstellen van het nazorgplan worden geëvalueerd.

In onderstaande tabel zijn de (standaard) aanbevolen frequenties, analysepakketten en doorlooptijden weergegeven. Op basis van de beschikbare monitoringsresultaten kan het monitoringsplan worden aangepast, en kunnen de locatiespecifieke kosten worden ingeschat.

	Frequentie			Opmerking	Tijdsduur	Analysepakket	Aantal meetpunten
	Peilen	Debiet	Kwaliteit				
PROCESGERICHTE MONITORING						(1)	
Percolaatwater	-	continu	2-12x per jaar	afhankelijk van WVO-vergunning	leveringsduur percolaat (8-21 jaar)	WVO	1 per compartiment + 1 lozingspunt
Onttrekkingswater lozingspunt	-	continu	12x per jaar	afhankelijk van WVO-vergunning	onttrekkingsduur	WVO	1 per lozingspunt
Onttrekkingswater onttrekkingsbron	-	continu	12x per jaar	afhankelijk van WM-vergunning	onttrekkingsduur	WVO	1 per onttrekkingsbron
Effluent percolaatwaterzuivering	-	continu	12x per jaar	afhankelijk van WVO-vergunning	zuiveringsduur	WVO	1 per zuivering
Overige waterstromen	-	continu	12x per jaar	afhankelijk van WVO-vergunning	levensduur	WVO	1 per waterstroom
BRONGERICHTE MONITORING							
Grondwater controledrainage	2x per jaar (2)	-	1 per jaar	-	levensduur controledrainage	grondwaterbron	alle strengen
Grondwater controledrainage	2x per jaar (2)	-	0-2x per jaar	afhankelijk van grondwatersnelheid	levensduur controledrainage	selectie uit grondwater bron	selectie uit alle strengen (bv 50%)
Grondwater putten direct grenzend aan stortplaats	2x per jaar (2)	-	1 per jaar	-	eeuwigdurend	grondwaterbron	alle filters
Grondwater putten direct grenzend aan stortplaats	2x per jaar (2)	-	0-2x per jaar	afhankelijk van grondwatersnelheid	eeuwigdurend	selectie uit grondwater bron	selectie uit alle filters (bv 50%)
Grondwater referentieputten	2x per jaar (2)	-	1x per jaar	-	eeuwigdurend	grondwater bron	alle referentiefilters
Oppervlaktewater direct grenzend aan stortplaats	2x per jaar (2)	-	2x per jaar	-	eeuwigdurend	grondwater bron	afhankelijk waterhuishouding
Hemelwater	-	2x per jaar	2-12x per jaar	afhankelijk van WVO-vergunning	eeuwigdurend	hemelwater basis	minimaal 1 lozingspunt + 1 per vak/compartiment
Hemelwater	-	-	indien aanleiding	-	-	hemelwater	indien aanleiding bestaat
OMGEVINGSGERICHT MONITORING							
Grondwater putten op enige afstand van de stortplaats	2x per jaar (2)	-	1x per jaar	-	eeuwigdurend	grondwater mobiel	alle filters
Grondwater putten op enige afstand van de stortplaats	2x per jaar (2)	-	0-2x per jaar	afhankelijk van grondwatersnelheid	eeuwigdurend	selectie uit grondwater mobiel	selectie uit alle filters (bv 50%)
Oppervlaktewater op enige afstand van de stortplaats	2x per jaar (2)	-	2x per jaar	-	eeuwigdurend	grondwater mobiel	afhankelijk waterhuishouding

(1) Op basis van locatiespecifieke omstandigheden en/of beschikbare meetresultaten kan het analysepakket en/of de meetfrequentie worden gewijzigd.

De voorkeur gaat uit naar het gebruik van tracers afgewisseld met uitgebreide analysepakketten.

(2) Bij stortplaatsen uitgerust met een geohydrologische isolatie wordt een frequentie van 2x per maand (24x per jaar) voorgesteld.

Tabel 5.4 Monitoring tijdens de nazorgfase

6. GASONTTREKING

6.1 Inleiding

Stortgasonttrekking vindt veelal plaats via een (verticaal) onttrekkingsstelsel dat tijdens of direct na de exploitatiefase in gebruik wordt genomen. In de afdichtingsconstructie wordt een gasdoorlatende laag aangebracht om overdruk van stortgas te voorkomen. Stortgas dat niet via het onttrekkingsstelsel wordt opgevangen, zal via gasdrains in de gasdoorlatende laag worden opgevangen en afgevoerd. In de RDE wordt uitgegaan van een steunlaag van gasdoorlatend materiaal met daarin een afvoersysteem van drainagebuizen. Als alternatief kan in specifieke gevallen een gasdrainagemat worden toegepast.

Gasdrains

Bij het ontwerp dient voor gasdrains materiaal te worden toegepast dat bestendig is tegen de invloeden van stortgas en hoge temperaturen. In verticale gasbronnen en percolaatsystemen wordt vrijwel zonder uitzondering HDPE toegepast, aangezien dit materiaal bestand is tegen de omstandigheden in een stortlichaam. Toepassing van soortgelijke HDPE drainagebuizen voor afvoer van stortgas onder een bovenafdichting wordt derhalve beschouwd als een duurzame techniek.

Enige beperking van het materiaal is dat bij hoge temperaturen de sterkte van het materiaal afneemt. In de Leidraad Storten wordt een vervormingstemperatuur van 135 °C genoemd, maar in het ontwerpstadium dient bij een temperatuur boven de 35 °C rekening te worden gehouden met afname van de sterkte.

Gasdrainagemat

Gasdrainagematten zijn zeer goed gasdoorlatend, en vanuit dat oogpunt geschikt voor toepassing in een bovenafdichting. De toepassing is echter aan restricties verbonden. In de huidige situatie wordt vooral aan de (minerale) steunlaag in een bovenafdichting de functie van gasafvoer toegekend. Echter de steunlaag is vooral noodzakelijk als 'klankbord' voor het verdichten van een minerale afdichtingslaag. Een drainagemat verstoort de klankbordfunctie, en zal bij verdichting een (groot) deel van de functionele eigenschappen verliezen.

Dit houdt in dat een drainagemat alleen kan worden toegepast indien de klankbordfunctie van de steunlaag kan worden gewaarborgd en de functionele eigenschappen van de drainagemat aan de eisen blijven voldoen. Een drainagemat kan derhalve alleen worden toegepast in bovenafdichtingen met een (enkelvoudige) folie, of die een minerale laag hebben die niet zal worden verdicht, zoals een bentonietmat. Bij ontwerp en toepassing dient overigens aangetoond te worden dat de werking van een bentonietmat niet nadelig wordt beïnvloed door de drainagemat (uitdroging en/of gebrek aan 'opsluiting' bij zwelling van het bentoniet (zie paragraaf 3.4.3)).

6.2 Huidige situatie

Wet- en regelgeving

Stortbesluit

In het Stortbesluit is vastgelegd dat bij stortplaatsen in de exploitatie voorzieningen moeten worden getroffen om emissie van stortgas te voorkomen. Nader details over beheer en onderhoud ontbreken, hiervoor dienen bepalingen in de vergunning te worden opgenomen.

IPO-checklist

In de IPO-checklist is ervan uitgegaan dat eens per twee maanden het stortgasonttrekkingssysteem wordt geïnspecteerd, waarbij is verondersteld dat één persoon er een halve dag voor nodig heeft.

EG-Richtlijn

Bijlage 3 van de EG-Richtlijn beschrijft de controleprocedures die minimaal moeten worden uitgevoerd. In de bijlage 3 van de EG-Richtlijn wordt aangegeven dat de potentiële gasuitstoot en atmosferische druk tijdens de nazorgfase halfjaarlijks moeten worden gemeten. De gascontrole moet representatief zijn voor elk gedeelte van de stortplaats. De doelmatigheid van het gasopvangsysteem moet regelmatig worden gecontroleerd. Het begrip 'regelmatig' is hierbij niet nader gedefinieerd.

Praktijk

Stortgasonttrekking vindt voornamelijk plaats via bronnen in het stortlichaam. In de praktijk is in geringe mate ervaring met het beheer van gasonttrekking onder een bovenafdichting. Horizontale systemen ten behoeve van stortgasonttrekking worden ingeregeld op basis van meetwaarden (gaskwaliteit en gashoeveelheid). Uit de interviews is gebleken dat er geen specifieke inspectie plaatsvindt en dat onderhoud alleen zal worden uitgevoerd indien tijdens de onttrekking gebreken worden geconstateerd.

6.3 Literatuur en ervaringsgegevens

6.3.1 Literatuur

Literatuur betreffende de toepassing van drainagematten voor afvoer van stortgas onder een bovenafdichtingen zijn schaars. Er zijn geen gegevens bekend over inspectie en onderhoud van stortgasonttrekkingsystemen in de bovenafdichting. Wel is bij enkele proefvelden de gasdoorlatendheid gemeten. De resultaten toonden aan dat drainagematten voldoende doorlatend zijn voor gas. Het debiet is afhankelijk van type mat, laagdikte en drukverschil.

6.3.2 Ervaringsgegevens

Uit de interviews bleek bij de stortplaatsen waar al een (deel van de) bovenafdichting is gerealiseerd dat:

- bij twee locaties geen inspectie en geen onderhoud aan horizontale gasdrains plaatsvindt;
- bij een locatie niet bekend is of onderhoud/inspectie aan horizontale gasdrains plaatsvindt;
- bij een locatie alleen een verticaal onttrekkingsstelsel aanwezig is. Hierbij vindt inspectie plaats via de bronkisten.

Ervaringsgegevens van lange duur gedrag van drainagematten **in contact met** een stortlichaam zijn niet beschikbaar. Per materiaaltype zouden gegevens van een verouderingsproef beschikbaar moeten zijn, maar dit wordt veelal niet vereist. Praktijktesten en laboratoriumtesten worden uitgevoerd, maar zijn vooral gericht op de toepassing als hemelwaterdrainage. In theorie zijn kunststoffen op lange duur onderhevig aan veroudering (zie ook paragraaf 3.4.4). De omstandigheden onder de afdichtingslaag (hogere temperatuur, chemische componenten) kunnen een bijdrage leveren aan het verouderingsproces. Door het grote specifieke oppervlak van geotextielen (filtervlies) en het vulmateriaal (PE draden of PE schuim) kan veroudering sneller optreden. De mate waarin is voornamelijk echter niet voldoende bekend.

6.4 **Antwoorden op de vragen**

De stortgasvorming neemt af zodra de exploitatie van een stortplaats wordt beëindigd, of eerder indien in het gestorte afval geen organische fracties meer aanwezig zijn. Vrij algemeen wordt aangenomen dat de stortgas wordt gevormd, ten minste 25 tot 30 jaar na beëindiging van de exploitatieperiode.

Gasdrains

Gasdrains die worden toegepast zijn gemaakt van HDPE. Aangevoerd is dat HDPE-buizen langdurig bestand zijn tegen de processen in een stortlichaam. Voor de verwachte gebruiksduur is toepassing verantwoord.

Gasdrainagemat

Vooraf in de eerste jaren na beëindiging van een exploitatieperiode kan veel gas worden gevormd. De afvoercapaciteit van een gasdrainagemat moet op het maximale debiet worden afgestemd, met inachtneming van toepassing van overige stortgasonttrekkingsvoorzieningen. Dit betekent dat na verloop van jaren de gasdrainagemat een overcapaciteit zal hebben. Indien afname van de functionele eigenschappen door veroudering plaatsvindt, zal dit een traag proces zijn. De verwachting is derhalve dat een gasdrainagemat in het algemeen zal voldoen gedurende de periode van stortgasvorming (in de vraagstelling is uitgegaan van 30 jaar na aanleg van de bovenafdichting), hoewel dit in verband met de onzekerheden voor wat betreft het verloop van verouderingsprocessen niet met volledige zekerheid kan worden vastgesteld.

Mits aan de in paragraaf 6.2 genoemde voorwaarden (klankbordfunctie, etc.) wordt voldaan, en er voldoende zekerheid kan worden geboden inzake het verouderingsproces, is een gasdrainagemat geschikt voor opvang en afvoer van stortgas.

6.5 Leemten in kennis

Gasdrainagematten kunnen worden toegepast bij een (enkelvoudige) folieafdichting. In hoeverre toepassing van een gasdrainagemat echter het functioneren van een bentonietmat kan beïnvloeden, is onvoldoende bekend. Nader (praktijk)onderzoek kan daarin inzicht geven.

Verouderingsprocessen van geotextielen en kunststoffen verlopen relatief traag, en zijn afhankelijk van de omstandigheden waaronder deze worden toegepast. Nader onderzoek naar veroudering van gasdrainagematten in een stortlichaam is wenselijk, en dient per type drainagemat plaats te vinden. Te denken valt aan de uitvoering van versnelde verouderingsproeven. Hiervoor wordt verwezen naar de resultaten van deelonderzoek A2.

6.6 Conclusies en aanbevelingen

Voor de verwachte gebruiksduur is toepassing van HDPE drains verantwoord. Toepassing van gasdrainagematten is afhankelijk van de laagopbouw van een bovenafdichting en de levensduur van de drainagemat in locatiespecifieke omstandigheden.

Door gasmetingen kan de werking van gasdrainagesystemen worden beoordeeld. Door toetsing van de gemeten gaskwaliteit en gashoeveelheid aan de uitgangspunten (prognose) wordt het functioneren van de stortgasonttrekking beoordeeld.

7. ALGEMENE AANBEVELINGEN

In de voorgaande tekst zijn per nazorgaspect de leemten in kennis aangegeven, zijn er conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan voor aanpassing van de checklist. Voor de specifieke conclusies en aanbevelingen wordt derhalve verwezen naar de desbetreffende hoofdstukken.

Aanbevolen wordt dit rapport van Deelonderzoek A1 te beschouwen als handvat voor een 'standaard'situatie, en het rapport derhalve te hanteren als een vertrekpunt voor het bepalen van het doelvermogen met inachtneming van de locatiespecifieke omstandigheden.

Voor het bepalen van het doelvermogen is het van belang om eenduidige richtlijnen te hanteren. Daarbij is het voor de hand liggend om vaststaande frequenties en kosten te gebruiken. Uit ervaring en interviews kan echter worden opgemaakt dat er zich locatiespecifieke omstandigheden kunnen voordoen.

8. LITERATUUR

[Berkhout] An assessment of geocomposite drain performance after long-term site use. N. Hytris, H.C. Berkhout, Proceedings of the first European geosynthetics conference, 1996, p. 299 – 306

[Boels, 1998] Brief inzake nazorg stortplaatsen, ir. D. Boels, Staring Centrum SC-DLO, 82258/BLS/WEN, 21 augustus 1998

[Boels, e.a.] Boels D., Breen J., Functionele levensduur van minerale afdichtingsmaterialen en kunststoffen in vloeistofdichte eindafwerkingen van stortplaatsen, Alterra rapport 290, 2000

[Bons e.a.] Bons A., Van Zeijts T., Jet flushing, a method for cleaning subsurface drainage systems, November 1991, Landinrichtingsdienst

[Cultuurtechnisch vademecum] Cultuurtechnisch vademecum, Cultuurtechnische vereniging, 1988

[Degenbeck] Einfluss eingedrungener Pflanzenwurzeln auf die Funktionsfähigkeit von Kunststoffdränmatten in die Oberflächenabdichtung von Mülldeponien, M. Degenbeck, Müll und Abfall, Januari 2000, p. 7 – 14

[DETR 2000] Woodland Establishment on Landfill Sites – Site Monitoring, UK Department of the Environment, Transport and Regions (DETR)

[DHV 1997-1] Inventarisatie toetsingselementen nazorg, DHV, 4 maart 1997

[DHV 1997-2] Handleiding IPO Nazorgmodel versie 2, DHV, 27 november 1997

[DHV1999] Notitie maatgevende kentallen, DHV, 2 februari 1999

[Dobson e.a. 1993] M.C. Dobson, A.J. Moffat, The potential for Woodland Establishment on Landfill Sites, UK Forestry Authority Research Division and UK Department of the Environment, 1993

[Dobson e.a. 1995] A re-evaluation of objections to tree planting on containment of landfills, Dobson, M.C. and Moffat, A.J. Waste Management & Research, Volume 13, No. 6, December 1995, pg. 579-600

[EG] Richtlijn 1999/31/EG van de Raad van 26 april 1999 betreffende het storten van afvalstoffen, Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen L182, 16 juli 1999

[GSTT] GSTT Informationen Nr. 9, German Society for Trenchless Technologies e.V. (www.gstt.de)

[Hanse] Hanse L., Niet meer doorspuiten! Laat drains met rust, Boerderij/Akkerbouw 79 – no.4, februari 1994

[Hemmers e.a.] Untersuchung von Inkrustationen in Drainageleitungen von Sonderabfalldeponien, Hemmers A., Gründig A, Pasel C., Herbell J-D, Müll und Abfall, 30. Jahrgang, Oktober 1997, pg. 592-597

[Hout] Hout K. In 't, Doorspuiten drainage op de helling, Groenten + Fruit, no. 15, april 1992

[Huinink] Huinink, J.T.M., Het (niet) doorspuiten van drains, Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroente, nummer 2, maart 1992

[Hull e.a.] Resiliency of different clay mineral-based hydraulic-barrier materials to climatic and other environmental stresses, John H. Hull, P.E., D.E.E., Joseph M. Jersak, CPSS

[IWACO 1995] Ontwerpmethodiek geohydrologisch beheerste stortplaatsen. Opgesteld in opdracht van N.V. Afvalzorg Noord-Holland, rapportnr. 10.56030.001

[Jonkheer] Jonkheer E., Doorspoelen is beter dan doorspuiten, onderhoud aan drainagebuizen werkt vaak averechts, OOGST Landbouw, 17 december 1999

[Koerner e.a.] R.M Koerner, D.E. Daniel, Final covers for solid waste landfills and abandoned dumps

[Meer-Van Oeveren L. Van der] Meer-Van Oeveren L. Van der, Niet druppelen maar doorstromen, Boerderij 84 – no. 24, maart 1999

[Pasel e.a.] Erprobung von Maßnahmen zur Verminderung von Inkrustationen im Drainagesystem einer Sonderabfalldeponie, Ch. Pasel, J-D. Herbell, S. Zhang, Müll und Abfall 1-99, p. 36-40

[Provincie Zuid-Holland] Diverse conceptrapporten en overige documenten inzake Berekening Nazorgkosten Stortplaatsen, opgesteld door ALT, Arcadis, DHV en Grontmij in opdracht van Directie Water en Milieu van de provincie Zuid-Holland, 1998-1999

[TNO] Protocolen voor het toepassen van kunststof geomembranen ten behoeve van bodembescherming (herziening 1999), Deel 1 materialen

[Turk] Inkrustationen im Entwässerungssystem von MVA-Schlacke- und Klärschlammdeponien, Turk, M., Müll und Abfall, 28. Jahrgang, Heft Nr. 9, September 1996, pg. 587-594

[VROM 1991-1] Richtlijnen voor dichte eindafwerking op afval- en reststofberging, Publicatiereeks bodembescherming nr. 1991/2, Ministerie van VROM

[VROM 1991-2] Handleiding voor ontwerp en constructie van eindafdekkingen van afval- en reststofbergingen, Publicatiereeks bodembescherming nr. 1991/4, Ministerie van VROM

[VROM 1993-1] Richtlijn drainagesystemen en controlesystemen grondwater voor stort- en opslagplaatsen, februari 1993, Ministerie van VROM

[VROM 1993-2] Leidraad Storten, Ministerie van VROM, juni 1993

[VVAV 1995] Ontwerp-procedure Grondwatermonitoring Stortplaatsen, Vereniging van Afvalverwerkers, november 1995

[VVAV 1996] Percolaatdrainagesystemen in stortplaatsen, Evaluatie van ervaringen, Vereniging van Afvalverwerkers, Utrecht, december 1996

[VVAV 1997] Richtlijn geohydrologische isolatie van bestaande stortplaatsen, Eindrapportage, 17 april 1997

[Weitz, e.a.] Toepassingsmogelijkheden van Trisoplast voor de afdichting van afval- en reststofbergingen, A.M. Weitz, D. Boels, H.J.J. Wiegers en J.J. Evers-Vermeer, SC-DLO Rapport 300 (1994)

[Van Zeijts, 2001-1] Effect van doorspuiten op werking en levensduur, T.E.J. van Zeijts, Land + Water 4/2001

[Zemstra] Zemstra P.A., Drains doorspoelen soms zinvol, Landbouwmechanisatie 2, februari 1994

9. TERMEN EN DEFINITIES

afdichting	de feitelijke gas- en/of vloeistofdichte laag in een afdichtingsconstructie
afdichtingsconstructie	een constructie, die in meer of mindere mate gas en/of vloeistofdicht is, waardoor een scheiding tussen twee grondlagen kan worden bewerkstelligd; hierin kunnen ook lagen met een niet direct afdichtende functie voorkomen
afdichtingslaag	minerale laag en/of kunststoflaag met een vloeistof- en gasremmende functie, die onderdeel vormt van de bovenafdichting
blocking	verstopt raken van een materiaal doordat vrije ruimte voor het materiaal worden opgevuld door van elders aangevoerde stoffen
boomvormers	vegetatiesoorten die zich kunnen ontwikkelen tot boom
bovenafdichting	voorziening die tegengaat dat water in de gestorte afvalstoffen infiltreert
breukrek	de rek die optreedt op het moment van bezwijken
breuksterkte	de weerstand die wordt geboden tot breuk optreedt
CEN	European Committee for Standardization
chemische aantasting	verandering van fysische en mechanische eigenschappen van een materiaal onder invloed van het milieu waarmee het in contact komt
clogging	verstopt raken van een materiaal doordat vrije ruimten in het materiaal worden opgevuld door van elders aangevoerde stoffen
combinatie-afdichting	een afdichtingsconstructie waarin zowel een folie als een minerale laag zijn verwerkt
dichtslaan	verstopt raken van een materiaal door biologische activiteiten
doorlatendheid	de mate waarin een afdichtingslaag water c.q. vloeistof doorlaat

drainagelaag	de laag in een afdichtingsconstructie via welke de drainage plaatsheeft
drainagemat	een ruimtelijke structuur van geotextielen waardoor gas en/of vloeistof kan worden afgevoerd
EG-richtlijn	Richtlijn 1999/31/EG van de Raad van 26 april 1999 betreffende het storten van afvalstoffen
enkelvoudige afdichting	een afdichtingsconstructie waarin een folie of een minerale laag is verwerkt, maar niet beide
exploitatiefase	periode van aanvang van het storten tot overdracht van de stortplaats aan de nazorgorganisatie
folie	dunne laag kunststof met grote water- en gasdichtheid
gebruiksduur	de periode waarin een systeem voor het daartoe aangewezen doel gebruikt kan worden
geomembranen	vloeistofdichte membranen die worden gebruikt als vloeistof- of damp/gasbarrière in samenhang met grond of andere aanverwante materialen als een integraal onderdeel van een geotechnische constructie
geotextiel	textiel dat wordt aangewend voor verbetering of voor aanvulling van de eigenschappen van grond
GHG	gemiddeld hoogste grondwaterstand
GLG	gemiddeld laagste grondwaterstand
grondichtheid	de mate waarin een materiaal grond tegenhoudt
IPO-checklist	met de IPO-checklist wordt in dit rapport bedoeld de checklist behorend tot de Inventarisatie toetsingselementen nazorg [DHV 1997]
IPO-nazorgmodel	onder het IPO-nazorgmodel wordt in dit rapport verstaan het nazorgmodel gebaseerd op de IPO-checklist
klink	Volumevermindering van de afvalmassa
kwaliteitssysteem	een stelsel van vastgelegde bedrijfskundige procedures en regels, dat toto doel heeft te verzekeren dat een product, proces of dienst aan de gestelde eis voldoet

langeduursterkte	de sterkte van een materiaal op lange termijn, dat wil zeggen nadat diverse tijdgebonden invloeden hebben ingewerkt op het materiaal
levensduur	duurzaamheid van materialen
modelstort	onder modelstort wordt in deze rapportage verstaan een stortplaats die conform de richtlijnen van het Stortbesluit is aangelegd
nazorgfase	periode na overdracht van de stortplaats door de exploitant aan de nazorgorganisatie
conservatieve stof	Een stof die zich gelijkmatig met de stroming van het grondwater verspreid, zonder dat sprake is van retardatie
percolaat	vloeistof die uit de gestorte afvalstoffen komt of daarmee in contact is geweest
permittiviteit	doorlatendheid loodrecht op het vlak (k_v)
polymeer	macromoleculaire stof, opgebouwd uit een groot aantal gelijke eenvoudige moleculen
RDE	Richtlijn voor dichte eindafwerking op afval- en reststofbergingen (publicatierreeks bodembescherming nr. 1991/2)
retardatie	proces van vertraging van transport van stoffen ten opzichte van de grondwatersnelheid als gevolg van sorptie, dispersie e.d.
retardatiefactor	factor die de mate van retardatie voor de beschouwde stof aangeeft
stabilisator	stoffen die in klein hoeveelheden aan kunststoffen worden toegevoegd ter verbetering van de bestandheid tegen veroudering
stortbesluit	stortbesluit bodemscherming, Staatsblad 1993 55, 20 januari 1993 (laatstelijk gewijzigd Staatsblad 1998 22, 5 januari 1998)
storten	het –al dan niet in verpakking- op of in de bodem brengen van afvalstoffen, teneinde zich van deze stoffen te ontdoen

stortgasanalyzer	direct afleesbare (vaak draagbare) meetapparatuur voor meting van hoofdcomponenten van stortgas (m.n. methaan, zuurstof en kooldioxide).
stortplaats	inrichting waar afvalstoffen worden of zijn gestort
transmissiviteit	doorlatendheid evenwijdig aan het vlak (k_n)
uitvoeringsregeling	uitvoeringsregeling Stortbesluit bodembescherming, Staatscourant 37, 23 februari 1993
UV	Ultraviolet (straling)
vlies	een geotextiel dat is opgebouwd uit willekeurig geordende filamenten, die aan elkaar zijn gehecht
voorziening	constructie(onderdeel)
weefsel	een geotextiel dat is opgebouwd uit garens of bandjes die geordend zijn gerangschikt en hun samenhang aan deze ordening ontleen
zetting	deformaties van de ondergrond
zettingsgradiënt	verloop van grondzetting in de tijd
zettingsverschillen	verschil in zetting van plaats tot plaats, waardoor deformaties in de afdichting ontstaan

10. **SAMENSTELLING IPO WERKGROEP BENTIN EN BEGELEIDINGCOMMISSIE**

De IPO werkgroep BENTIN bestaat uit de volgende personen:

- de heer M. Min, provincie Noord-Holland
- de heer J. Ditters, provincie Noord-Brabant
- de heer E. Foppen, provincie Zuid-Holland
- mevrouw A. Kan, provincie Limburg
- de heer M. Power, provincie Drenthe
- mevrouw S. Seuren, provincie Gelderland

De begeleidingscommissie is samengesteld uit de volgende personen:

- de heer M. Min, provincie Noord-Holland (voorzitter)
- de heer J. Ditters, provincie Noord-Brabant
- de heer E. Foppen, provincie Zuid-Holland
- de heer R. Franken, RIVM-LBG
- mevrouw A. Kan, provincie Limburg
- mevrouw J. Kok, VVAV
- de heer M. Power, provincie Drenthe (notulist)
- mevrouw S. Seuren, provincie Gelderland
- de heer A. de Wit, Afvalzorg Noord-Holland
- de heer W. van der Zon, Geodelft

Bijlage 1

Vragenformulier interview stortplaatsexploitanten

Bijlage 2

Beknopte samenvatting resultaten interviews

Bijlage 3

Bijlage III van de Richtlijn 1999/31/EG van de Raad van 26 april 1999 betreffende het storten van afvalstoffen

Bijlage 4

Analysepakketten IPO-nazorg (standaard)

BIJLAGE 4

Analysepakketten IPO-nazorgmodel (DHV 1997-2)

Parameter	Grondwater	Percolaat	Hemelwater
Macroparameters			
CZV	x		X
ammonium	x		
stikstof (Kjeldahl)			
sulfaat		x	x
chloride	x	x	x
pH en Ec	x	x	x
NVN 5740			
zwarte metalen (8)		x	
BTEX (N)	x	x	
VOC	x	x	
EOX		x	
fenolindex		x	
Overige parameters			
minerale olie	x	x	
cyanide			
OCB's, PCB's			
PAK (10 VROM)		x	

Bijlage 5

Overzicht aanbevolen kentallen inspectie,
onderhoud en monitoring

Tabel 5.4. Monitoring tijdens nazorgfase

	Frequentie			Opmerking	Tijdsduur	Analysepakket	Aantal meetpunten
	Peilen	Debiet	Kwaliteit				
						(1)	
PROCESGERICHTE MONITORING							
Percolaatwater	-	continu	2-12x per jaar	afhankelijk van WVO-vergunning	leveringsduur percolaat (8-21 jaar)	WVO	1 per compartiment + 1 lozingspunt
Onttrekkingswater lozingspunt	-	continu	12x per jaar	afhankelijk van WVO-vergunning	onttrekkingsduur	WVO	1 per lozingspunt
Onttrekkingswater onttrekkingsbron	-	continu	12x per jaar	afhankelijk van WM-vergunning	onttrekkingsduur	WVO	1 per onttrekkingsbron
Effluent percolaatwaterzuivering	-	continu	12x per jaar	afhankelijk van WVO-vergunning	zuiveringsduur	WVO	1 per zuivering
Overige waterstromen	-	continu	12x per jaar	afhankelijk van WVO-vergunning	levensduur	WVO	1 per waterstroom
BRONGERICHTE MONITORING							
Grondwater controledrainage	2x per jaar (2)	-	1 per jaar	-	levensduur controledrainage	grondwater bron	alle strengen
Grondwater controledrainage	2x per jaar (2)	-	0-2x per jaar	afhankelijk van grondwatersnelheid	levensduur controledrainage	selectie uit grondwater bron	selectie uit alle strengen (bv 50%)
Grondwater putten direct grenzend aan stortplaats	2x per jaar (2)	-	1 per jaar	-	eeuwigdurend	grondwater bron	alle filters
Grondwater putten direct grenzend aan stortplaats	2x per jaar (2)	-	0-2x per jaar	afhankelijk van grondwatersnelheid	eeuwigdurend	selectie uit grondwater bron	selectie uit alle filters (bv 50%)
Grondwater referentieputten	2x per jaar (2)	-	1x per jaar	-	eeuwigdurend	grondwater bron	alle referentiefilters
Oppervlaktewater direct grenzend aan stortplaats	2x per jaar (2)	-	2x per jaar	-	eeuwigdurend	grondwater bron	afhankelijk waterhuishouding
Hemelwater	-	2x per jaar	2-12x per jaar	afhankelijk van WVO-vergunning	eeuwigdurend	hemelwater basis	minimaal 1 lozingspunt + 1 per vak/compartiment
Hemelwater	-	-	indien aanleiding	-	-	hemelwater	indien aanleiding bestaat
OMGEVINGSGERICHT MONITORING							
Grondwater putten op enige afstand van de stortplaats	2x per jaar (2)	-	1x per jaar	-	eeuwigdurend	grondwater mobiel	alle filters
Grondwater putten op enige afstand van de stortplaats	2x per jaar (2)	-	0-2x per jaar	afhankelijk van grondwatersnelheid	eeuwigdurend	selectie uit grondwater mobiel	selectie uit alle filters (bv 50%)
Oppervlaktewater op enige afstand van de stortplaats	2x per jaar (2)	-	2x per jaar	-	eeuwigdurend	grondwater mobiel	afhankelijk waterhuishouding

(1) Op basis van locatiespecifieke omstandigheden en/of beschikbare meetresultaten kan het analysepakket en/of de meetfrequentie worden gewijzigd.

De voorkeur gaat uit naar het gebruik van tracers afgewisseld met uitgebreide analysepakketten.

(2) Bij stortplaatsen uitgerust met een geohydrologische isolatie wordt een frequentie van 2x per maand (24x per jaar) voorgesteld.

Voorstel te hanteren analysepakketten

	Parameters/analysepakket	kosten per pakket	WVO	grondwater bron	grondwater mobiel	hemelwater	hemelwater basis
Macroparameters							
	CZV	fl 40,00	x	x		x	
	Ammonium	fl 30,00		x	x		
	Stikstof (Kjeldahl)	fl 40,00	x	x	x		
	Sulfaat	fl 45,00	x	x	x	x	
	Chloride	fl 23,00	x	x	x	x	
	pH	fl 15,00	x	x	x	x	x
	EC	fl 15,00	x	x	x	x	x
Parameters NVN 5740							
	Zware metalen (8x, inclusief voorbehandeling) Cadmium, chroom, koper, nikkel, lood, zink, kwik, arseen	fl 100,00	x	x			
	Aromatische koolwaterstoffen Benzeen, toluen, ethylbenzeen, xylenen, naftaleen	fl 60,00	x	x	x		
	Gechloreerde koolwaterstoffen	fl 70,00		x	x		
	Dichloormethaan, trichloormethaan, tetrachloormethaan, trichlooretheen, tetrachlooretheen, 1,1- en 1,2 dichloorethaan, 1,1,1- en 1,1,2-trichloorethaan						
	EOX	fl 85,00		x			
	Fenolindex	fl 50,00		x			
Overige parameters							
	Minerale olie (GC) 5 fracties	fl 75,00	x	x			
	Cyanide	fl 45,00		x			
	Bestrijdingsmiddelen:	fl 170,00					
	Organochloor (23 OCB's)						
	Polychloorbifenylen (7 PCB's)						
	Polycyclische aromatische koolwaterstoffen	fl 100,00	x				
	VROM reeks (10 PAK)						
	TOTAAL		fl 513,00	fl 693,00	fl 298,00	fl 138,00	fl 30,00

prijspeil 2001 inclusief korting

