MINISTERIE VAN VROM

Richtlijnen voor dichte eindafwerking op afval- en reststofbergingen

juli 1991

634/EA91/D006/16895

INHOUDSOPGAVE

		Blz.
0.	TEN GELEIDE	1
1.	ALGEMENE RICHTLIJNEN	6
2.	BASISLAAG (AANWEZIG) STORTMATERIAAL	13
3.	STEUNLAAG	15
4.	AFDICHTINGSCONSTRUCTIE	18
5.	ZAND VOOR DRAINAGELAAG	29
6.	ONTWATERINGSSYSTEEM IN DE DRAINAGELAAG	31
7.	AFDEKLAAG	34
8.	VEGETATIE	38
9.	TEENCONSTRUCTIE	40
10.	ONTGASSINGSSYSTEEM	49
11.	GESCHIKTHEIDSONDERZOEK	53
12.	KWALITEITSZORG	60
13.	CONTROLE OP WATERDICHTHEID	65
14.	GRONDMECHANISCHE BEOORDELING OP STABILITEIT	67
15.	BEHEER EN HERSTEL	69

BIJLAGE 1 BESCHRIJVING VAN DICHTE EINDAFWERKING IN TE VERLENEN VERGUNNINGEN

C. TEN GELEIDE

Het bodembeschermingsbeleid inzake lokale verontreinigingsbronnen is gericht op het zoveel mogelijk beperken van de belasting van het milieu door afvalstoffen. Hoofduitgangspunt hierbij is het behoud van de functies en kwaliteit van de bodem. Het storten en opslaan van reststoffen en verontreinigde grond zal zodanig moeten geschieden dat wordt voldaan aan de zogenaamde IBC-criteria (Isoleren, Beheersen, Controleren).

Het wettelijk kader hiervoor wordt gevormd door de Wet bodembescherming, die per 1 januari 1987 in werking is getreden. Deze Raamwet zal ten aanzien van het storten van bodemverontreinigende stoffen nog verder moeten worden ingevuld via Algemene Maatregelen van Bestuur. Zolang deze regelingen niet wettelijk zijn vastgesteld, moet worden voldaan aan criteria die zijn gesteld in de Richtlijn Gecontroleerd Storten van 1985. Hierin wordt o.a. de aanbeveling gedaan om een vloeistofdichte eindafwerking aan te brengen na beëindiging van de stortactiviteiten. Deze aanbeveling geldt zowel voor oudere stortplaatsen als voor recente en nieuw in te richten stortplaatsen.

Een stortplaats of reststofberging moet worden beschouwd als een bouwwerk. De belangrijkste constructieve eis die aan dit bouwwerk wordt gesteld, betreft het beperken van de belasting van het milieu door afvalstoffen. Als zodanig ligt aan de constructie een ontwerpfilosofie ten grondslag, die de bescherming van het milieu ook op de langere termijn moet garanderen.
De ontwerpfilosofie van een beschermingsconstructie (isolatie) bestaat eruit een aantal veiligheidselementen ofwel barrières zodanig in één ontwerp te combineren, dat de toegestane emissies niet worden overschreden. Verschillende constructie-onderdelen van een stortplaats fungeren als veiligheidselement:

- ondergrond als natuurlijke barrière (indien daartoe in staat);
- isolerende voorziening aan de onderzijde;
- bovenafdichting middels een vloeistofdichte eindafwerking;

Daarnaast dienen controlemogelijkheden te worden ingebouwd waarmee de effectiviteit van de isolerende voorzieningen kunnen worden gecontroleerd. Tevens dient reparatie en/of vervanging van isolerende voorzieningen mogelijk te zijn, of dient vooraf reeds een reservesysteem te worden ingebouwd.

Oudere stortplaatsen zijn vaak nog niet uitgerust met een onderafdichting, terwijl ook de ondergrond verspreiding van verontreiniging onvoldoende tegengaat. De emissie van stoffen via het percolatiewater kan achteraf alleen nog worden beïnvloed door de materiaalkeuze en constructiemethode van de eindafwerking van de stortplaats. Recent aangelegde stortplaatsen zijn meestal wel voorzien van een onderafdichting. Drie beweegredenen zijn aan te voeren voor de toepassing van een vloeistofdichte constructie in een eindafwerking van zulke stortplaatsen:

- De dichtheid van een onderafdichting kan voor de lange termijn niet worden gegarandeerd.
- Mogelijkheden voor reparatie van een onderafdichting zijn beperkt vanwege de slechte bereikbaarheid in de eindsituatie, terwijl ook beveiligingen onder de afdichting op zeer lange termijn wellicht niet meer zullen functioneren.
- Infiltratie van het jaarlijkse neerslagoverschot leidt tot een aanhoudende stroom percolatiewater. Een waterdichte constructie in een eindafwerking verhindert deze infiltratie en beperkt de hoeveelheid percolaat, hetgeen leidt tot een vermindering van de zuiveringsinspanning en de hoeveelheid te lozen effluent. Dit resulteert in een (tijdelijke) beperking van kosten, energieverbruik en belasting van het milieu.

Het voorafgaande maakt duidelijk dat een waterdichte eindafwerking een essentieel constructieonderdeel is, dat in belangrijke mate bijdraagt aan de beheersbaarheid van een stortplaats als lokale verontreinigingsbron. De problematiek van het ontwerpen, construeren en onderhouden hiervan verdient hierom een zorgvuldige benadering. Het ontwerp moet minimaal bevatten:

- een vermelding van de gehanteerde uitgangspunten en ontwerpnormen alsmede de geraadpleegde literatuur en bouwrichtlijnen;
- een beschrijving van het ontwerp, dat wil zeggen de dimensionering, de toegepaste materialen en de uitvoeringsmethoden;
- een programma voor kwaliteitsborging;
- een scenario voor controle en nazorg, aangevuld met herstelmogelijkheden bij geconstateerde storingen of gebreken.

Met het voorliggende document wordt beoogd een technische ondersteuning te bieden aan vergunningsverlenende instanties. Het heeft de status van handleiding in het kader van het in procedure gebrachte Stortbesluit. Het zal in dat verband in de vergunningverlening worden betrokken om te komen tot een verantwoord ontwerp van een dichte eindafwerking van stort- en opslagplaatsen. Voor het opstellen van deze richtlijnen is gebruik gemaakt van de volgende documenten (in de tekst zijn verwijzingen opgenomen met corresponderende nummers):

[1] 'Handleiding voor ontwerp en constructie van dichte eindafdekkingen van afval- en reststofbergingen', Rapport 91, Staring Centrum, Wageningen en Heidemij Adviesbureau BV, 1990. Dit document moet worden gezien als technisch naslagwerk.

[2] 'Richtlijnen voor het toepassen van geomembranen ter bescherming van het milieu', CPM-TNO/KIWA/NGO, 1991.

[3] 'Empfehlungen des Arbeitskreises "Geotechnik der Deponien und Altlasten", GDA', Deutsche Gesellschaft für Erd- und Grundbau e.V., Berlin, 1990.

[4] 'Onderzoek naar de praktische uitvoerbaarheid van bovenafdichting op afvalstortterreinen', Rapport 21, ICW, Wageningen, 1987.

[5] 'De waterdichtheid van natuurlijke materialen in relatie met de bovenafdichting van stortterreinen', Rapport 69, Staring Centrum, Wageningen, 1990.

[6] 'Protocollen voor het toepassen van afdichtingsfolies ten behoeve van bodembescherming', Rapport BO-39, KRI-TNO, 's-Gravenhage, 1984.

[7] Ontwerp van een besluit met betrekking tot het storten van afvalstoffen (Stortbesluit bodembescherming), Ministerie van VROM, 's-Gravenhage, 1991.

[8] 'Standsicherheit von Kombinationsdichtungen auf Deponieböschungen', Mitteilung des Instituts für Grundbau und Bodenmechanik, Technische Universität Braunschweig, Heft Nr. 29, 1989.

In hoofdstuk 1 wordt de functie van een eindafwerking toegelicht. Tevens worden in dit hoofdstuk algemene richtlijnen gegeven wat betreft materiaalgebruik, vormgeving en tijdsplanning.
In hoofdstuk 2 t/m 10 worden de specifieke functies van de verschillende onderdelen van een eindafwerking en de daarmee samenhangende eisen voor de opbouw, het materiaal en de uitvoering omschreven. Behalve de verschillende constructielagen komen hier ook de teenconstructie en het ontgassingssysteem aan de orde.
Hoofdstuk 11 bevat richtlijnen voor het geschiktheidsonderzoek van materialen. Hierbij zijn verwijzingen opgenomen naar gestandaardiseerde laboratoriumproeven.
Richtlijnen voor een kwaliteitborgingsprogramma zijn opgenomen in hoofdstuk 12. Als onderdeel daarvan wordt in dit hoofdstuk de aanleg van een proefveld behandeld.
In hoofdstuk 13 wordt vermeld hoe de waterdichtheid van de eindafwerking kan worden gecontroleerd.
Hoofdstuk 14 bevat richtlijnen voor de beoordeling van de grondmechanische stabiliteit van een eindafwerking. Voor de theoretische achtergrond wordt verwezen naar een aanhangsel van de 'Handleiding eindafwerking'.
Tenslotte zijn in hoofdstuk 15 richtlijnen opgenomen met betrekking tot nazorg en herstelmogelijkheden.

In de bijlage zijn ten behoeve van het Bevoegd Gezag teksten opgenomen waarmee een dichte eindafwerking in vergunningen kan worden beschreven.

1. ALGEMENE RICHTLIJNEN

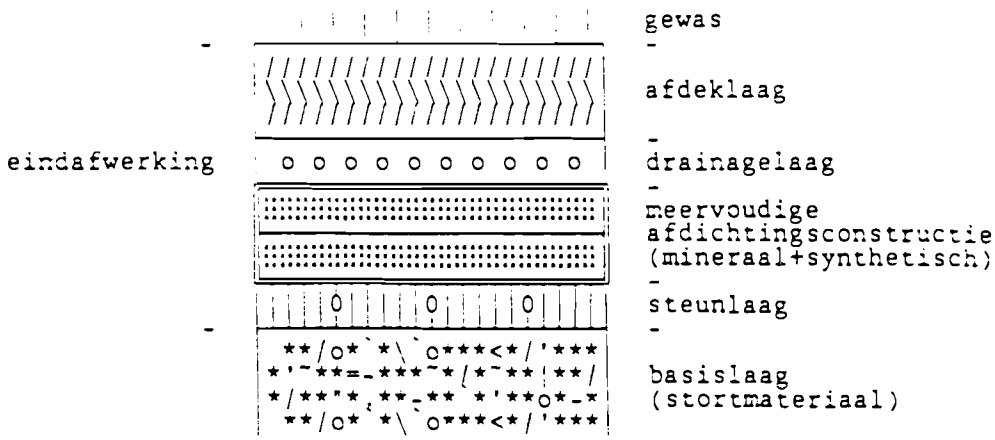
1.1 Opbouw en materiaalkeuze

Het ontwerp van een eindafwerking van een stortterrein is doorgaans afgestemd op inpassing in het landschap (landschapsplan) en/of eventuele gebruiksmogelijkheden van de stortplaats na afwerking. In dit document wordt op deze aspecten niet verder ingegaan. Voor een uitgebreide behandeling wordt verwezen naar [1], hoofdstuk 6 en 7.

Op basis van esthetische overwegingen en ter voorkoming van ongecontroleerde verspreiding van stortmateriaal zou met een minimale grondafdekking kunnen worden volstaan.
Voor een aantal milieutechnische functies van de beschermingsconstructie moeten meer specifieke eisen worden gesteld aan de opbouw van de eindafwerking en tevens aan de samenstelling en vormgeving van de bovenste afvallaag. Dit betreft:

- zoveel mogelijk voorkomen van infiltratie van regenwater in het stort;
- beheersen van de afvoer van overtollig regenwater met behulp van een drainagesysteem op zodanige wijze, dat afvoer naar het oppervlaktewater mogelijk is;
- beheersen van de afvoer van stortgas om schade aan de vegetatie te voorkomen en eventueel winning en benutting van het stortgas mogelijk te maken.

In figuur 1. is de algemene opbouw van een eindafwerking schematisch weergegeven. De constructie bestaat uit een aantal grondlagen en een afdichtingsconstructie, die weer uit meerdere (afdichtings)lagen kan zijn opgebouwd. Van onder naar boven kunnen achtereenvolgens worden onderscheiden: steunlaag, afdichtingsconstructie, drainagelaag, afdeklaag en vegetatie.



Figuur 1. Eindafwerking

In document [1] is in par. 5.7 een beschouwing van mogelijkheden en effectiviteit van enige combinatie-afdichtingen gegeven. Daarin wordt gesteld dat bij de op dit moment voorhanden zijnde afdichtingsmaterialen een combinatie van een minerale en een synthetische afdichting het meest effectief zal zijn voor het beperken van infiltratie.

Aannemelijk is dat met een meervoudige afdichtingsconstructie, opgebouwd uit een synthetische afdichtingslaag en een minerale afdichtingslaag, een significante reductie van de lekkage kan worden bereikt ten opzichte van een enkele minerale afdichting. De effectieve doorlatendheid (inclusief lekkage door scheurvorming) op langere termijn van de beide afdichtingslagen afzonderlijk, is van gelijke orde van grootte. Echter, door beide lagen in een direct en volledig contact op elkaar te leggen, wordt de totale lekkage gereduceerd en dus het risico van een ontoelaatbare infiltratie verder verlaagd.
Dezelfde oplossing wordt toegepast in Duitsland en de Verenigde Staten.

Bij het opstellen van deze richtlijnen is op grond van bovenstaande overweging en conform de stand der techniek, een meervoudige afdich-

tingsconstructie als uitgangspunt genomen. Voor nadere uitleg wordt verwezen naar hoofdstuk 4.

Hoewel het stortmateriaal niet behoort tot de eigenlijke eindafwerking, zijn in dit document voor de laatste laag stortafval richtlijnen gegeven. De reden hiervoor is dat materiaalkeuze en uitvoeringsmethode van de laatste stortlaag invloed hebben op het functioneren van de eindafwerking.

In het algemeen wordt gesteld dat in een eindafwerking geen materialen mogen worden toegepast, waarvan de verwerking gevaar kan opleveren voor de volksgezondheid. Verder moet het water dat is geïnfiltreerd in afdek- en drainagelaag en door het drainagestelsel wordt afgevoerd, zonder zuivering geschikt zijn voor lozing op het oppervlaktewater. Deze eis legt restricties op aan het materiaalgebruik van afdek- en drainagelaag (zie [1], 4.5.4).

In de hoofdstukken 2 t/m 7 worden per constructielaag de functies en de daarmee samenhangende richtlijnen voor opbouw en materiaalkeuze omschreven. Tevens wordt ingegaan op de uitvoeringsaspecten.

1.2 Vormgeving

De taludhelling van een eindafwerking moet flauwer zijn dan 1:2,5. Taluds van 1:3 en flauwer verdienen de voorkeur (zie [1], 5.2.1). Steilere hellingen bemoeilijken de werkzaamheden van mens en machine tijdens aanleg. Daarbij komt dat bij steilere hellingen de erosiegevoeligheid toeneemt en de stabiliteit afneemt (zie hoofdstuk 14). Het gevaar voor erosie neemt tevens toe bij langere hellingen.

De helling van de bovenzijde van het stort moet een voldoende drooglegging garanderen en op langere termijn ingesloten laagten voorkomen. Het minimum afschot bedraagt 3%, bij voorkeur dient ca. 5% te worden gerealiseerd.

Voor nieuw in te richten stortterreinen of nog in gebruik te nemen delen van bestaande stortlokaties geldt dat een eenvoudige, rechtlijnige opzet in de plattegrond en in de ruimtelijke vormgeving van stortvakken de voorkeur geniet. De eindafwerking is in dat geval eenvoudiger aan te brengen, hetgeen de betrouwbaarheid van de constructie verhoogt.

1.3 Tijdsplanning

Wat betreft de periode van afwerken kan worden gesteld, dat een eindafwerking voor september gereed moet zijn, zodat door inzaaien in augustus/september de afwerklaag groen de winter ingaat. Afwijken van deze regel zal forse erosie en hoge herstelkosten met zich meebrengen (zie [1], 5.4.2).

De periode die is gelegen tussen het bereiken van de eindhoogte en het aanbrengen van een eindafwerking kan niet eenduidig worden omschreven. De factoren die hierbij een rol spelen zijn de nog te verwachten zakking (1.3.1), de aanwezigheid van een onderafdichting (1.3.2) en de ontwikkeling van stortgas (1.3.3).

1.3.1 Zakking

De meest belangrijke factor voor wat betreft het moment van bovenafdichting is het verloop van de nog resterende zakking van het stortoppervlak en bovenal de daarbij optredende verschilzakking. Deze is hoofdzakelijk het gevolg van (verschil)klink van het stortmateriaal. De grootte van de klink hangt af van de tijdens het stortproces toegepaste verdichtingsmethoden, de aard en samenstelling van het stortmateriaal en de (in)homogeniteit van de opbouwstructuur van de stortlagen.

Het ontwerp en tijdstip van aanbrengen moeten zo op elkaar zijn afgestemd, dat de nog te verwachten verschilzakking zonder verlies van functie door de afdichtingsconstructie kan worden opgevangen.

Een hieraan verbonden algemene richtlijn is dat de dikte van de natuurlijke afdichtingslaag (naast een constructief minimale laagdikte van 0,25 m) minimaal gelijk moet zijn aan de geprognotiseerde verschilzakking over 1 m. In [1], 5.2.3 is een tabel opgenomen met richtwaarden voor toeslag in laagdikte en bentonietgehalte van de natuurlijke afdichtingslaag als functie van de ouderdom van het afvalstort en verschillende ontwerpparameters.

Aangenomen moet worden dat de sterkte en stijfheid van de folie geen invloed hebben op het zakkingsgedrag van de eindafwerking. Voor een synthetische afdichting geldt dat op lange termijn de biaxiale rek (gelijktijdige verlenging in twee richtingen) van een HDPE-folie niet groter mag worden dan 5% en de uniaxiale rek niet groter dan 20% (zie [6], A.2).

Het bovenstaande accentueert het belang van een klinkprognose voorafgaand aan de stortactiviteiten. Naar aanleiding van de onzekerheden bij het opstellen hiervan dient de prognose te worden bijgesteld tijdens het stortproces. Regelmatige meting van (verschil)zakkingen en stelselmatige registratie van tijdstip van storten, het gestorte volume en soort materiaal is daarom onontbeerlijk. Als richtlijn voor frequentie van zakkingsmetingen wordt gesteld dat bij het bereiken van (1/3, 2/3 en 3/3) de geplande eindhoogte in een vierkantennet van bijvoorbeeld 25 x 25 m per kwartaal of halfjaarlijks een hoogtemeting wordt uitgevoerd.

1.3.2 Onderafdichting

In geval van ontbreken van een onderafdichting is het noodzakelijk de stortplaats (zo veel mogelijk gefaseerd op basis van stortvakken/stortjaren) zo snel als technisch gezien mogelijk is te voorzien van een dichte eindafwerking. Het risico van lekkage als gevolg van verschilklink moet worden verlaagd door een toeslag in dikte van de natuurlijke afdichtingslaag toe te passen. Voor de synthetische afdichtingslaag kan worden overwogen in plaats van een relatief stijve HDPE-folie een dikker, maar flexibeler PE-folie met lagere

dichtheid dan HDPE te gebruiken. Voor HDPE bedraagt de minimum massadichtheid 930 kg/m^3 (zie [6], A.3).

Voor stortterreinen met een onderafdichting wordt geadviseerd de kosten van enige extra jaren van afvoeren en zuiveren van percolaat te accepteren boven een te groot risico van ontoelaatbare vervorming van de afdichtingsconstructie. Hierbij kan tevens in rekening worden gebracht dat het vroegtijdig aanbrengen van een afdichting kostenverhogend werkt vanwege een grotere laagdikte en/of bentonietgehalte en een dikkere folie. Uit indicaties en beperkt beschikbare gegevens kan worden afgeleid dat bij stortterreinen met meer dan 25 gewichtsprocent organisch materiaal binnen het afvalaanbod, in het algemeen de eindafwerking eerst na 4 à 5 jaar na beëindiging van de stortactiviteiten in dat stortvak zal kunnen worden aangebracht. De resultaten van de hiervoor genoemde hoogtemetingen zullen hier bepalend zijn.

Een wachtperiode betekent dat een tijdelijke dunne afdekking op het afval in taluds moet worden aangebracht, omdat de in de Richtlijn Gecontroleerd Storten 1985 genoemde 'afwerklaag van schone grond' nu deel uitmaakt van de eindafdichtingsconstructie.
Dit betekent dat van taluds afstromend regenwater gedurende de wachtjaren binnen de bodemafsluiting bij het percolaat terecht komt. 'Schoon run-off' apart afvoeren zal niet meer relevant zijn. Aangezien in de dunne tijdelijke taludafdekking plaatselijk ook percolaat zal doordringen en horizontaal uit zal treden, kan overwogen worden hiervoor bepaalde categorieën licht verontreinigde grond te gebruiken. Gedurende de wachtjaren is sprake van een wat grotere afvoer (ca. 400 mm/jaar) door geringere verdamping. Bij de prognotisering van de hoeveelheid af te voeren percolaat moet hiermee rekening worden gehouden.

1.3.3 Stortgas

Er dient bij een hoog organisch afvalgehalte (meer dan 10%) rekening te worden gehouden met een minimale periode van 1 à 3 jaar, die is benodigd om de gasproductie op gang te brengen. Kunstmatige bevochtiging door recirculatie van percolaat via filterbuizen in het afval kan worden overwogen om dit proces te versnellen. De overgang van het zure (niet-gasvormende) naar het gasvormende stadium is af te leiden uit de wijziging in samenstelling van het percolaat.
Indien na drie jaar geen verandering wordt waargenomen kan het recirculeren worden geïntensiveerd. Het bevochtigen van afval bij stortplaatsen met een onderafdichting is na afdichten in principe wel mogelijk, doch niet aan te bevelen. Uniforme bevochtiging van het afval zal slecht haalbaar en controleerbaar zijn, terwijl het aantal doorvoeringen door de afdichtingsconstructie toeneemt.

2. BASISLAAG (AANWEZIG STORTMATERIAAL)

2.1 Functie

De basislaag is de ondergrond van de eindafwerkingsconstructie. Ongelijkmatigheid in klink van het onderliggende stortmateriaal wordt door de basislaag enigszins gereduceerd. Daarnaast dient de basislaag als fundering voor de verdichting van de bovenliggende voorzieningen als steunlaag en minerale afdichtingslaag.
Tevens kan in de basislaag in een zandbed de gasafvoerdrainage worden ingebed. Vooralsnog wordt hierbij uitgegaan van een h.o.h.-afstand van 15 m tussen de drains. In de kruin kunnen de taluddrains worden gekoppeld aan een ringdrain (zie hoofdstuk 10).

2.2 Richtlijnen voor opbouw en materiaal

De afmetingen van het vormvast stortmateriaal van de basislaag moeten kleiner zijn dan 0,15 m om doordringen in de bovenliggende lagen te voorkomen.
In het algemeen zal bij het stortbedrijf ingevolge de vergunning reeds een dunne grondlaag (tijdelijke afdekking) in de taluds op het afval zijn aangebracht. Dunne lagen kunnen worden gehandhaafd. Bij dikkere lagen kan schoon materiaal worden ontgraven tot op de laatste ca. 0,20 m. Indien herprofileren van taluds/hellingen noodzakelijk is, zal grond en afval worden verplaatst. In dat geval zal de basislaag volledig bestaan uit afval.

2.3 Richtlijnen voor de uitvoering

Na het ontgraven van de overmaat van de reeds aanwezige tijdelijke afdeklaag moet het afvaloppervlak met een compactor met een massa van minimaal 20 ton worden naverdicht.

Als de aanwezige taluds steiler zijn opgezet dan het ontwerp aangeeft (eis flauwer dan 1:2,5), moet door vergraving van stortmateriaal het

stort opnieuw worden geprofileerd tot aan de gestelde eis voor de taludhelling of storthoogte is voldaan. Bij voorkeur geschiedt dit door het verbreden van de basis, omdat dit de hoeveelheid te verplaatsen afval beperkt en de stabiliteit bevordert. De gasdrains met het zandbed kunnen na de verdichtingsgang worden aangebracht.

3. STEUNLAAG

3.1 Functie

De steunlaag moet samen met de basislaag voorkomen dat scherpe voorwerpen in de bovenliggende afdichtingsconstructie kunnen doordringen. De steunlaag dient tevens als legvloer voor de synthetische afdichtingslaag en als klankbord voor de verdichting van bovenliggende minerale constructielagen. De steunlaag fungeert tenslotte als aanvulling op de gasdrainage voor het afvoeren van stortgas naar gasonttrekkingspunten.

3.2 Richtlijnen voor opbouw en materiaal (zie [1], 4.2)

De geschiktheid van het materiaal voor de steunlaag wordt bepaald op grond van de resultaten van laboratoriumonderzoek dat voor de betreffende constructielaag is vermeld in 11.1.

De minimale dikte van de minerale steunlaag bedraagt 0,30 m.
Om tegemoet te komen aan gestelde eisen wat betreft draagkracht en gasdoorlatendheid, moet voor de steunlaag cunetzand worden gebruikt. Het materiaal moet qua korrelverdeling voldoen aan 'Standaard RAW Bepalingen, hoofdstuk 22, paragraaf 6.3. Zand voor zandbed'. Het zand mag verontreinigd zijn voor zover de verontreiniging geen invloed heeft op de vereiste mechanische eigenschappen.
Ter voorkoming van beschadiging van de synthetische afdichtingslaag mogen in het materiaal geen stenen voorkomen met een diameter groter dan 3 mm (zie [6], A.2), tenzij op de steunlaag een non-woven geotextiel (vlies) is toegepast ter bescherming daarvan. In dat geval kan een korrelafmeting tot 5 à 6 mm toelaatbaar zijn. De dimensionering van het geotextiel (in gr/m^2) hangt af van het materiaal van de steunlaag. Aangetoond moet worden dat de ponsweerstand toereikend is om beschadiging van de synthetische laag te voorkomen.

Een vlies (woven of andere versterkingsmat) kan tevens worden gebruikt als scheidingsdoek of wapening tussen de (slappe) basislaag en de steunlaag. Hiermee wordt voorkomen dat een gedeelte van de steunlaag door het gewicht van de bovenliggende constructie de basislaag wordt ingedrukt. Daarnaast kan een vlies hier praktisch zijn in verband met herkenbaarheid bij latere graafwerkzaamheden. Deze functie kan eventueel worden gecombineerd met afvoer van horizontaal uittredend percolaat door een drainagemat te gebruiken. Zo'n mat bestaat uit twee scheidingsdoeken met een drainerende tussenlaag. Aangetoond moet worden dat de afvoercapaciteit toereikend is, en zal blijven, om een vrije afvoer van percolaat te garanderen.
Met toepassing op de wat langere hellingen zoals bij veel stortterreinen voorkomen zijn weinig ervaringen bekend omtrent afvoercapaciteit op korte en lange termijn.

Indien nodig moeten drainagebuizen worden geplaatst in de steunlaag, dan wel worden ingebed in de basislaag, om stortgas onder de afdichtingsconstructie naar boven af te voeren. In principe kan hiervoor ook de drainagemat worden toegepast, die daarmee in dat geval een dubbele functie krijgt. Dit systeem wordt verder behandeld in hoofdstuk 10.

3.3 Richtlijnen voor uitvoering (zie [1], 5.5.2)

De in-situ verdichtingsgraad dient minimaal 95% van de normale Proctordichtheid te bedragen (zie [1], 5.6.4). De conusweerstand, gemeten met een handsondeerapparaat, moet na verdichten op vlak terrein op 10 cm onder het oppervlak van de laag minimaal 1,5 N/mm^2 en op hellingen minimaal 1,0 N/mm^2 bedragen.
Indien bij aanbrengen en verdichten van de steunlaag zwakke plekken in de basislaag worden aangetroffen (bewegingen als veren, golven en voorts natte plekken), zal de dikte van de steunlaag doorgaans moeten worden vergroot met minimaal 10 cm. Deze verschijnselen zijn vaak reeds bij het naverdichten van het afval (basislaag) waarneembaar. De extra dikte moet bij voorkeur aan de onderzijde van de steunlaag

worden aangebracht. Bij het profileren van de basislaag kan hiermee reeds rekening worden gehouden.

4. AFDICHTINGSCONSTRUCTIE

4.1 Functie

De afdichtingsconstructie vervult de belangrijkste functie van de dichte eindafwerking: het beheersen en zoveel mogelijk voorkomen van infiltratie van regenwater in het stort. Daarnaast wordt met een dichte eindafwerking vermeden dat een ongecontroleerde emissie van stortgas optreedt.

4.2 Richtlijnen voor opbouw en materiaal

4.2.1 **Algemeen**

De belangrijkste functionele eis die aan een eindafwerking wordt gesteld, is de dichtheid voor vloeistoffen. Hiervoor is (tot nu toe) door het Ministerie van VROM geen dwingende voorwaarde gesteld. Er moet gestreefd worden naar absolute dichtheid, maar in de praktijk is deze eis alleen haalbaar voor een synthetische afdichting onder theoretische omstandigheden. Voor een minerale afdichtingslaag wordt overeenkomstig de huidige stand der techniek een maximale lekkage onder ontwerp-veldomstandigheden gehanteerd van 20 mm/jaar.

De duurzaamheid van de constructie is bepalend voor de dichtheid op lange termijn. Deze is afhankelijk van de fysische eigenschappen en de chemische resistentie van de verschillende onderdelen.

- De fysische eigenschappen, met name bij hogere temperaturen (tot ca. 40° C), zijn belangrijk in verband met het materiaalgedrag bij belasting op trek in geval van ongelijkmatige zettingen. Tevens geven deze een indicatie van de resistentie tegen aantasting door wortels en bodemdieren.
- Ter plaatse van de taludteen kan een afdichtingsconstructie in direct contact komen met zijdelings uittredend percolaat. Het toegepaste materiaal zal in dat geval een chemische resistentie moeten bezitten tegen de in het percolaat voorkomende stoffen.

Synthetische afdichtingsmaterialen (geomembranen) zijn in principe ondoorlatend voor stroming van vloeistoffen ten gevolge van een hydraulische gradiënt. Er blijft wel een 'restdoorlatendheid' voor verschillende stoffen in de vorm van permeatie (o.a. diffusie) ten gevolge van een concentratieverschil over de afdichting. De te bereiken waterdichtheid is afhankelijk van het optreden van incidentele fouten zoals beschadigingen en/of verbindingsfouten. Deze hangt dus ten nauwste samen met maatregelen ter verkrijgen van voldoende zekerheid en controle op de realisatie. Deze aspecten worden meegenomen bij onderzoek ten behoeve van actualisering van document [6].
Een geomembraan is een relatief stijf element in een afwerkingsconstructie. Bij verschilzakking treden spanningen op in meerdere richtingen tegelijk, die op de lange duur het geomembraan kunnen doen scheuren. Omdat een geomembraan geen zelfherstellend vermogen bezit, is blijvende lekkage het gevolg.
Synthetische materialen zijn chemisch vergaand inert. Het contact met geconcentreerde zuren en alkaliën moet worden vermeden. Daarnaast is de resistentie van HDPE tegen gechloreerde en aromatische koolwaterstoffen matig of slecht te noemen.

Minerale afdichtingsmaterialen zijn nooit absoluut waterdicht. De waterdichtheid hangt af van de hoeveelheid en absorptiecapaciteit van zwellende minerale deeltjes. Daarnaast is de homogeniteit, vochtgehalte en bereikte verdichting bij het aanbrengen van het materiaal uitermate belangrijk. Ook hier dienen dus maatregelen te worden genomen ter verkrijgen van voldoende zekerheid en dient de realisatie te worden gecontroleerd (zie hoofdstuk 12).
Een minerale afdichtingslaag is een plastische, meevervormende constructie. Kleine scheuren worden gedicht door zwelling van het materiaal. Vanwege dit zelfherstellend vermogen wordt de duurzaamheid van een minerale afdichting hoger ingeschat dan die van een synthetische afdichting.
Proefondervindelijk is aangetoond dat de doorlatendheid van een minerale afdichting door chemische inwerking van kalkrijke oplossingen

en diverse basische en zure chemicaliën op de lange duur kan toenemen. Contact met organische koolwaterstoffen heeft hierop geen effect.

Uit het bovenstaande blijkt dat geen garantie kan worden gegeven dat een afdichtingsconstructie vloeistofdicht is en op de lange termijn ook dicht blijft. Op basis van huidige ervaringen (zie [4]) mag wel worden verwacht dat een minerale afdichtingslaag op de lange duur beter weerstand biedt tegen infiltratie en mechanische belastingen dan een synthetische afdichtingslaag. Op de korte termijn (naar schatting 50-80 jaar) is de doorlatendheid van een synthetische afdichting echter geringer dan de lekkage door een minerale afdichting (minder dan 5 mm/jaar ten opzichte van ca. 25 mm/jaar).
Extra zekerheid wordt geboden als wordt uitgegaan van een meervoudige afdichting, die is opgebouwd uit een synthetische laag in direct contact met een minerale laag. Stromingsprocessen door de minerale laag ten gevolge van een hydraulische gradiënt vinden alleen plaats in de omgeving van scheuren in de synthetische laag. De gemiddelde lekkage per eenheid van oppervlakte wordt hierdoor gereduceerd ten opzichte van de situatie met een enkelvoudige afdichtingsconstructie. Een drainerende tussenlaag doet dit effect teniet en de toepassing daarvan wordt om die reden afgeraden.

De synthetische laag kan onder of boven de minerale laag worden geplaatst. De volgende criteria zijn bepalend voor de keuze van de volgorde van constructielagen:

- vloeistofdichtheid
  Beide constructies kunnen als nagenoeg gelijkwaardig worden beschouwd wat betreft vloeistofdichtheid.
- stabiliteit
  Uit stabiliteitsoverwegingen verdient het de voorkeur de synthetische laag boven te plaatsen. In hoofdstuk 14 wordt duidelijk gemaakt dat in dat geval het grootste risico van optreden van instabiliteit boven in de afdichtingsconstructie wordt geplaatst. Afschuiven zal in dat geval het eerst optreden van de drainagelaag over de afdichtingsconstructie, waardoor deze zelf niet wordt be-

beschadigd. (Het spreekt voor zich dat ook op dit grensvlak voldoende veiligheid tegen afschuiven moet zijn.)

- chemische resistentie

  De doorlatendheid van minerale lagen neemt toe bij chemische inwerking van kalkrijke oplossingen en diverse basische en zure chemicaliën. Indien grote hoeveelheden percolaat met dergelijke stoffen worden verwacht en van een synthetische laag als bovenste afdichting is uitgegaan, wordt aangeraden tevens synthetisch materiaal onder de minerale laag aan te brengen vanaf de teenconstructie tot enkele meters daarboven. De synthetische laag boven de minerale laag kan tot de teenconstructie worden doorgetrokken

- uitvoeringsaspecten

  Ook ten aanzien van de uitvoeringsaspecten geldt dat een synthetische laag als bovenste constructielaag de voorkeur verdient.
  Verdichting van minerale laag zal op de synthetische laag minder goed verlopen dan op de steunlaag. Het verdichtingsproces is minder effectief, omdat door verminderde wrijving aan de onderzijde van de minerale laag grotere zijdelingse verplaatsingen zullen optreden (wegpersen minerale laag).
  Tijdens het verdichtingsproces ontstaan grote spanningsconcentraties ter plaatse van de randen van de verdichtingsapparatuur. Een onder geprojecteerde synthetische laag kan hierdoor plaatselijk grote rekken vertonen en zelfs scheuren. Verdichten dient daarom zorgvuldig te worden uitgevoerd.

4.2.2 Synthetische afdichtingslaag

De richtlijnen voor synthetische afdichtingsmaterialen zijn ontleend aan [2]. Het toegepaste materiaal moet voldoen aan de geschiktheidseisen die zijn gesteld in 11.2.

HDPE-folie is geschikt om als afdichtingslaag in een eindafwerking te worden opgenomen. In verband met de vereiste sterkte en de betrouwbaarheid van het lasproces bedraagt de minimum dikte 2,0 mm, exclusief oppervlaktestructuur.

In verband met de eis het aantal veldlassen te beperken, moeten de aangeleverde rollen tenminste 5 m breed zijn. De bovengrens voor de breedte bedraagt 10 m in verband met de hanteerbaarheid. De lengte van de strook folie op de rol moet zodanig groot zijn, dat de noodzaak op locatie dwarslassen te maken zo veel mogelijk wordt vermeden.

Synthetische afdichtingslagen zijn gevoeliger voor mechanische beschadiging (bijv. doorponsen) dan zand-bentoniet afdichtingen. Synthetisch afdichtingsmateriaal heeft nauwelijks herstelcapaciteit na een beschadiging, dit in tegenstelling tot natuurlijke afdichtingsconstructies. Men dient dan ook extra voorzieningen ter bescherming van de synthetische laag te treffen als deze onder de minerale laag wordt aangebracht. Hiertoe moet de steunlaag dikker worden uitgevoerd of een non woven geotextiel worden toegepast onder de synthetische laag (zie 3.2). Bij toepassen van een geotextiel direct onder of boven de geprofileerde folie dient de invloed daarvan op de stabiliteit te worden bepaald.

Uit oogpunt van stabiliteit is het gewenst folie toe te passen met enige oppervlaktestructuur (orde 0,5 tot 2 mm). Deze kan fabrieksmatig worden aangebracht door opruwen, profileren of aanbrengen van noppen op de folie. Oppervlaktestructuur aan de bovenzijde van de folie is het meest effectief, omdat hier het gevaar van afschuiving het grootst is. Bij het ontwerp moet echter rekening worden gehouden met de eis dat belasting van de folie op trek door "hangen" van bovenliggende grondlagen nooit mag optreden (zie hoofdstuk 14 en [8], 2.3). Daartoe zal ook aan de onderzijde een profilering noodzakelijk zijn. In dat geval zal bij een helling van 1:3 door overdracht van afschuifkracht aan onderliggende grond nauwelijks belasting op trek in de folie optreden.

4.2.3 Minerale afdichtingslaag

De geschiktheid van het beschikbaar materiaal voor afdichting wordt bepaald op grond van de resultaten van het laboratoriumonderzoek.

Hierin is minimaal opgenomen het onderzoek dat is genoemd voor het afdichtingsmateriaal in 11.1 van dit document.

zand-bentoniet (zie [1], 3.3 en 4.3)
De waterdichtheid van dit mengsel berust op de zwelcapaciteit en waterbindend vermogen van het kleimineraal montmorilloniet in bentoniet. Geschikte montmorilloniet-houdende bentonietsoorten zijn Amerikaanse 'Wyoming' bentoniet (met hoge Na^+-bezetting) en geactiveerde (met Na+ behandelde) Europese Ca^{2+}- bentoniet (zie [1], 3.3). Het maximum calciumgehalte van het bentoniet bedraagt 0,5%.

Om een goede menging met het bentoniet te verkrijgen, moet het zand structuurloos zijn en een enkelvoudige korrelstructuur hebben. Het zand moet kunnen worden gekarakteriseerd als matig fijn of matig grof (150 µm < M50 < 420 µm) en mag enigszins leemhoudend zijn (leemfractie tot 18%), mits menging met het bentonietpoeder goed mogelijk blijft. Er moet sprake zijn van een ruime korrelgradering met een uniformiteitscoëfficiënt u (D60/D10) in de orde van grootte van 10 (zie [1], 3.2).
Het organisch stofgehalte (humusgehalte) en het kalkgehalte mogen niet groter zijn dan 0,5%, omdat deze stoffen het zwelvermogen van het bentoniet en dus de waterdichtheid van het zand-bentonietmengsel doen afnemen. De zuurgraad van het zand hangt samen met het kalkgehalte. De pH-KCl moet kleiner te zijn dan 4,5 (zie [1], 3.3).

Bentoniet moet mineralogisch worden onderzocht ter bepaling van het gehalte aan zwellende kleimineralen overeenkomend met de smectietengroep (zie [1], 3.3). Onderzoek heeft aangetoond dat reeds met een toeslag van 5% bentoniet, bestaande uit 100% van deze kleimineralen, een zodanig waterdicht resultaat ontstaat dat er een afdichting mee kan worden geconstrueerd, waarvan de lekkage minder is dan 20 mm/jaar. Gehalten aan bentoniet van die samenstelling van meer dan 5 gewichtsprocenten ten opzichte van zand zullen de doorlatendheid niet verder beïnvloeden (zie [4] en [5]).
Het gewichtspercentage bentoniet in het mengsel met zand bedraagt

dus minimaal 5%. Het kan oplopen tot 6 à 8%, afhankelijk van het percentage smectieten binnen de bentoniet. Ook een geringe waarde van de uniformiteitscoëfficiënt zal het percentage bentoniet doen toenemen.

De verdichting is sterk bepalend voor de vloeistofdichtheid. De mogelijkheden voor verdichting van het zand-bentoniet mengsel moeten tijdens het vooronderzoek op het laboratorium worden getest (zie 11.3). Hierbij wordt de maximale droge dichtheid bepaald met het daarbij behorende optimaal vochtgehalte. Grond die gemengd wordt met bentoniet moet (voor menging) tenminste verdicht kunnen worden tot een droog volumegewicht van 1700 kg/m^3 (zie [1], 3.7).
De plasticiteitsindex moet minstens 35% bedragen om een goede verkneding van het materiaal mogelijk te maken. Dit is tevens een belangrijke parameter voor de bestendigheid van het materiaal tegen ongelijkmatige zettingen.
Met behulp van doorlatendheidsproeven wordt nagegaan of het optimaal verdichte zand-bentoniet mengsel geschikt is als afdichtingsmateriaal (zie 11.2). De hierbij aangehouden stijghoogtegradiënt dient met ontwerp-veldomstandigheden overeen te komen en dient te worden vermeld bij de resultaten. De waterdichtheid van de minerale afdichtingslaag moet worden aangegeven met de jaarlijks te verwachten lekkage in millimeters per jaar.

Het zoutgehalte van het toegepaste zand moet kleiner zijn dan 0,1 gewichtsprocent.
De minimale dikte van een zand-bentoniet afdichting bedraagt 0,25 m. Voor uitvoeringsfouten, klink van het afval en voor slechte verdichting van het afval (voormalig stortbedrijf) kan compensatie in de vorm van extra laagdikte noodzakelijk zijn (zie [1], 5.2).

klei

Onderzoek met natuurlijke, zware kleisoorten heeft aangetoond dat ook kleien met sterk zwellende kleimineralen geschikt zijn voor afdichting. Het lutumgehalte moet groter zijn dan 35%. Deze lutum-

fractie moet voor meer dan 15% bestaan uit zwellende mineralen overeenkomend met de smectietengroep. De plasticiteitsindex moet minstens 35% bedragen. Het materiaal moet verdicht kunnen worden tot een droog volumegewicht van minstens 1500 kg/m^3 (zie [1], 3.2 en 3.7). Een afdichtingslaag die uit een dergelijke kleisoort bestaat moet dikker worden uitgevoerd dan een zand-bentonietafdichting. De minimale dikte bedraagt 0,40 m. Boven de kleilaag dient eveneens een drainerende zandlaag aanwezig te zijn om de gradiënt te beperken.

4.3 Richtlijnen voor uitvoering

4.3.1 Synthetisch afdichtingslaag (zie [2])

Synthetische afdichtingsmaterialen moeten meteen na aanleg worden geballast. Vervolgens moeten ze na lassen en controle afgedekt worden met een laag drainerend materiaal om mechanische beschadiging of kwaliteitsvermindering te voorkomen. Deze werkzaamheden moeten zorgvuldig worden uitgevoerd, opdat slagen en knikken in de folie worden vermeden.

De kwaliteit van synthetische afdichtingsconstructies wordt in belangrijke mate bepaald door de kwaliteit van de lasnaden. Dit geldt zowel voor de fabriekslassen als voor op het werk aangebrachte lassen. Na het leggen en lassen van de afdichtingsconstructie is het noodzakelijk om de lassen te controleren op lekdichtheid. Dit kan gebeuren met afpersen van dubbele lassen, afvonken, ultra sonoor onderzoek en vacuümklok.

De lassterkte op de lange duur moet op het werk worden beoordeeld door het verrichten van afpelproeven en trekslagproeven. Bij het uitvoeren van afpelproeven moet blijken dat beide vlakken van de las tenminste over 4/5 van de lasbreedte hebben gehecht. De minimum trekslagsterkte bedraagt voor HDPE 250 kJ/m^2.

Bepaalde weersomstandigheden kunnen de kwaliteit van laswerk negatief beïnvloeden. Meer nog dan luchttemperatuur spelen wind en bewolking een grote rol. Bij een open hemel wordt de folie ook in koude periodes beter "opgewarmd", waardoor homogeniteit in laswerk het best wordt

gewaarborgd. Afkoeling door langsstrijkende wind heeft hierop maar een beperkte invloed. Als vuistregel kan worden aangehouden:

- bij een open hemel en een geringe wind (snelheid <3Bft) kan ook bij lage luchttemperaturen (0 tot +5°C) nog goed laswerk ontstaan;
- bij een bewolkte hemel en een matige wind (ca. 5Bft) kunnen bij een luchttemperatuur van ca. +10°C reeds problemen ontstaan (veel lasfouten, reparaties);
- bij regen kan geen laswerk worden uitgevoerd; een hoge luchtvochtigheid of ook dauw kan bij bewolkte hemel en lage luchttem-peratuur ook tot problemen leiden;
- bij matige en sterke wind (> 4Bft) kunnen door wind-erosie lichte zanddeeltjes ter plaatse van het te lassen oppervlak (overlap) terechtkomen; indien gewerkt wordt op fijnzandige materialen kan daardoor wind een beperking inhouden bij overigens goede werkomstandigheden.

Op een niveau van 8 m en meer boven maaiveld zal de windinvloed groter zijn dan op maaiveldniveau en constant aanwezig zijn. Dit betekent dat de factor "open hemel" op enige hoogte meer bepalend zal worden en mogelijk als een voorwaarde voor laswerk moet worden gezien.
Een ervaren controleur zal de situatie per dag kunnen beoordelen en daardoor het risico van twijfelachtige las-kwaliteit kunnen beperken.

Naast een beoordeling op weersomstandigheden wordt op het werk dagelijks voor aanvang van uitrollen en laswerkzaamheden een proeflas gemaakt, waarbij ook de optredende weersomstandigheden kunnen worden getoetst.
In twijfelgevallen dient aan risico-beperking voorrang te worden gegeven.
Bij het uitleggen van kunststoffoliën kan veel wind (5Bft en meer) problemen veroorzaken in verband met het opwaaien van de folie.

4.3.2 **Minerale afdichtingslaag** (zie [1], 5.5.4)

zand-bentoniet

Een goede homogeniteit van een zand-bentoniet mengsel wordt verkregen door het vooraf te mengen in een dwangmenger. Goede ervaringen zijn opgedaan met mengen in een aangepaste asfaltinstallatie (zie [4]) en betonmixer.

Het zand moet vooraf worden gedroogd door verhitting tot ± 100 °C om klontering te voorkomen. Tijdens het mengproces dient opnieuw water te worden toegevoegd omdat zand en bentoniet zich droog slecht laten mengen. Bij het bepalen van het bentonietverbruik moet ervan worden uitgegaan dat de droge volumieke massa na verdichten 1800 kg/m3 bedraagt.

Het vochtgehalte van het zand-bentoniet mengsel moet overeenkomen met het optimale vochtgehalte voor verdichting, dat is bepaald tijdens het geschiktheidsonderzoek. Met achtereenvolgens een bulldozer, schaapspoot- en bandenwals moet de afdichtingslaag verdicht worden tot een (droge) dichtheid van ca. 1800 kg/m3 is bereikt.

klei

Ontgraven en transporteren van klei moet op een zodanige wijze geschieden dat het natuurlijk vochtgehalte gehandhaafd blijft.

Voor beide materialen geldt dat de verdichtingsgraad in-situ moet worden gecontroleerd met gebruikmaking van de steekringmethode, uitgevoerd conform Standaard RAW Bepalingen, Hoofdstuk 2, paragraaf 2, proef 4.4. Deze moet op hellingen minimaal 97% van de proctordichtheid bedragen en op vlakke gedeelten minimaal 100% van de proctordichtheid (zie [1], 4.3 en 5.6.4).

De meest praktische en constructief meest gewenste methode van aanbrengen is het afdichtingsmateriaal vanaf de teen de helling op te werken. Dit kan met behulp van een bulldozer of een hydraulische kraan. De afdichtingslaag dient bij droog weer te worden aangebracht,

omdat bij regen het terrein onbegaanbaar wordt voor mens en machine. Bovendien neemt met name bij harde regenval en lange hellingen de kans op erosie en uitspoeling van de fijne deeltjes toe. Om deze redenen moet elke dagproductie zandbentoniet-mengsel (of HDPE-folie) voor het einde van de werkdag zoveel als mogelijk zijn afgedekt met de opvolgende laag. De bovenste afdichtingslaag dient in principe op de dag van aanbrengen te worden voorzien van de drainagelaag.
Een beperkte vorm van stabiliteit is pas bereikt als ook de leeflaag van grond is aangebracht. Beperken van risico tijdens de uitvoering betekent daarom dat aan het einde van elke werkdag een zo gering mogelijk oppervlak van elke laag nog onbedekt ligt (zie ook 5.3).

5. ZAND VOOR DRAINAGELAAG

5.1 Functie

In de drainagelaag dient het drainerende zand samen met het ontwateringssysteem ter afvoer van het neerslagoverschot.
Een andere functie van de drainagelaag betreft de bescherming van de afdichtingsconstructie tegen beschadiging door wortelgroei en graafactiviteiten van bodemdieren.

5.2 Richtlijnen voor opbouw en materiaal (zie [1], 4.4 en 4.6c)

De geschiktheid van het mineraal materiaal voor de drainagelaag wordt bepaald op grond van de resultaten van laboratoriumonderzoek dat voor de betreffende constructielaag is vermeld in 11.1.

Met het oog op de ontwateringsfunctie moet het mineraal materiaal bestaan uit goed doorlatend, matig grof zand (doorlatendheidscoëfficiënt $k > 2{,}9*10^{-5}$ m/s overeenkomend met 2,5 m/etmaal), mediaandiameter M50 tussen 210 µm en 420 µm). Het gehalte aan minerale deeltjes door zeef 63 µm (leemfractie) van de fractie door de zeef 2 mm mag ten hoogste ten hoogste 5% bedragen. De minimum laagdikte bedraagt 0,30 m om uitvoeringstechnische redenen.

Het zand moet kalkloos (kalkgehalte < 0,5%, pH-KCl < 4,5) zijn om het teruglopen van de waterdichtheid van een natuurlijke afdichtingslaag te voorkomen. Om dezelfde reden dient het zoutgehalte van het in het zand aanwezige water kleiner te zijn dan 1500 ppm.

Beschadiging ten gevolge van graven door bodemdieren kan worden tegengegaan door humusarm zand toe te passen met een organisch stofgehalte < 3%. Gegraven gangen in dit materiaal houden geen stand en vallen direct weer dicht. Indringen van plantewortels wordt voorkomen door het verdichten van zand met een porositeit kleiner dan 40%, hetgeen overeenkomt met een droogvolumegewicht van 1600 kg/m^3

of meer. Ook het gebruik van synthetisch anti-wortelvlies of drainagemat kan hiertoe dienst doen. Bij toepassing hiervan moet aangetoond worden dat door een vlies/drainagemat geen instabiliteit kan ontstaan (zie hoofdstuk 14).

5.3 Richtlijnen voor uitvoering (zie [1], 5.5.7)

Nadat de drainagemiddelen zijn aangebracht, moet de drainagelaag worden verdicht. Conusweerstanden, verkregen met een handsondeerapparaat, moeten in vlak terrein op 10 cm onder het oppervlak van de laag 1,8 N/mm^2 en in een helling 1,5 N/mm^2 bedragen.

Het is noodzakelijk om zo snel mogelijk (binnen 1 à 2 dagen) na het aanbrengen van de drainagelaag de afdeklaag van grond aan te brengen. Deze heeft een groter waterbergend vermogen en een grotere weerstand tegen erosie bij regenval. De voorkeur gaat uit naar het aanbrengen van de afwerklaag over nagenoeg het gehele oppervlak van dat deel van de drainagelaag, dat op diezelfde werkdag is aangebracht.

6. ONTWATERINGSSYSTEEM IN DE DRAINAGELAAG

6.1 Functie

Het ontwateringssysteem in de drainagelaag zorgt voor een snelle afvoer van het infiltratiewater. Drainagebuizen reduceren de opbolling van het grondwater boven de afdichtingsconstructie, waardoor de lekkage door deze constructie kleiner is (zie 11.1.7).

6.2 Richtlijnen voor opbouw en materiaal (zie [1], 4.4 en 5.3.3)

Het ontwateringssysteem bestaat uit drainagebuizen met minimaal 3% afschot ten opzichte van de hoogtelijnen van de stort. Deze monden uit in verzamelbuizen die loodrecht zijn geplaatst op de hoogtelijnen. Deze buizen voeren het infiltratiewater direct af naar het oppervlaktewater.
Als alternatief kunnen drainagebuizen onder een hoek van 30° à 45° met de hoogtelijnen worden gelegd. Deze moeten in de teen worden aangesloten op een afvoerleiding. Deze methode verdient de voorkeur, omdat minder aansluitingen nodig zijn en deze bovendien in de teen zijn gesitueerd, waardoor onderhoud eenvoudiger is (zie [4]).
In de kruin van de stortheuvel zal elke drain van een beschermde doorspuitopening kunnen worden voorzien.

PVC- of polypropyleen-ribbelbuizen met een minimale diameter van 60 mm met drainerend bed van grind, lavakorrels of slakken verdienen de voorkeur. Indien inspoeling wordt verwacht, kan een filterende buisomhulling worden toegepast. Hiervoor kan een dun vlies of filterdoek als drainomhulling worden gebruikt.

De drainafstand in hellende terreinen moet worden berekend met een door Ernst (1978) afgeleide formule:

$$L^2 = \frac{4k.h^2}{S} \left[\cos^2(\alpha) + \frac{k}{4S} \sin^2(\alpha)\right]$$

waarin:

L = drainafstand (m)

k = doorlatendheidscoëfficiënt (m/etmaal)

h = maximale opbolling van de grondwaterspiegel tussen de drains, gemeten als hoogte boven de ondoordringbare laag (m)

S = maatgevende afvoer (m/etmaal)

α = hellingshoek van het talud

drainagecriterium: maatgevende afvoer bij een bepaalde opbolling.

Voor het ontwerp van het drainagesysteem moet het ontwateringscriterium op 0,01 m/etmaal worden gesteld. De opbolling h moet worden gelijkgesteld aan de dikte van de drainagelaag.
Het drainagesysteem dient zodanig te worden ontworpen dat, bij verstopping van een drain, de lager gelegen drain de afvoerfunctie gedeeltelijk kan overnemen. Dit betekent dat de drainafstand in praktijk 1,5 maal kleiner wordt gekozen dan is berekend (zie [1], 4.4.5).
Het drainagesysteem dient eenvoudig van opzet te zijn met enkelvoudige drains om onderhoud te vergemakkelijken.

Een drainagemat, bestaande uit twee geotextielen met daartussen een drainerende tussenlaag, kan mogelijk een bruikbaar alternatief zijn voor een drainagebuizensysteem, voorzover hierdoor geen instabiliteit wordt veroorzaakt (zie hoofdstuk 14). Een toereikende afvoercapaciteit van de drainagemat dient te worden aangetoond en in stand worden gehouden.
Voorts zullen sterkte, invloed op stabiliteit en lange termijngedrag moeten worden onderzocht, aangetoond en beschreven.

6.3 Richtlijnen voor uitvoering (zie [1], 5.5.6)

Met kleinere machines kunnen sleuven worden gegraven in de drainagelaag, waarna de drains met de hand kunnen worden gelegd. Het is theoretisch ook mogelijk om de drains uit te leggen op de bovenste afdichtingslaag en daarna de drainagelaag aan te brengen. Daarmee wordt vermeden dat later nog een drainsleuf moet worden gegraven met kans op beschadiging van de bovenste afdichtingslaag. Dit alternatief is echter veel moeilijker uitvoerbaar en de kans op beschadiging van drains door machines is groter dan bij de eerste methode.

7. AFDEKLAAG

7.1 Functie

De afdeklaag dient als standplaats voor de vegetatie (gras, opgaande begroeiing) en vervolgbestemming/herinrichting.

7.2 Richtlijnen voor opbouw en materiaal (zie [1], 4.5 en 4.6d)

De geschiktheid van het materiaal voor de afdeklaag wordt bepaald op grond van de resultaten van laboratoriumonderzoek dat voor de betreffende constructielaag is vermeld in 11.1.

De eisen die aan de dikte van de afdeklaag en de te gebruiken materialen worden gesteld, hangen samen met de vochtvoorziening van de eventuele vegetatie en het risico van erosie door oppervlakte-afvoer (zie 8.2).
Ook de chemische kwaliteit van het materiaal is van belang met het oog op de kwaliteit van het drainwater en de waterdichtheid van de afdichtingsconstructie. Het zoutgehalte van het ingesloten water dient kleiner te zijn dan 0,1 gew.%.

Eisen wat betreft de vochtvoorziening kunnen worden uitgedrukt in de hoeveelheid beschikbaar vocht (vochtleverend vermogen). Dit wordt berekend door het verschil in vochtgehalte tussen veldcapaciteit en verwelkingspunt (uitgedrukt in volumeprocenten) te vermenigvuldigen met de dikte van de wortelzone:

$$B = \frac{FC-WP}{100} * d$$

waarin:
- B = beschikbaar vocht (mm)
- FC = vochtgehalte bij veldcapaciteit (vol. %)
- WP = vochtgehalte bij verwelkingspunt (vol. %)
- d = dikte van de bewortelingslaag (mm)

Als richtlijn voor de noodzakelijke hoeveelheid beschikbaar vocht in de afdeklaag wordt uitgegaan van 150 mm als minimum in geval van een eventuele grasvegetatie en een minimum van 200 mm voor dieper wortelende vegetatiesoorten. Om na te gaan of de afdekgrond hieraan voldoet, moet de bijbehorende pF-curve worden samengesteld. In [1] is afgeleid dat de minimum dikte bij een grasvegetatie 0,8 m en bij dieper wortelende gewassen 1,0 m bedraagt.

Oppervlakte-erosie kan aanzienlijke schade veroorzaken bij een nog onbegroeid talud. De infiltratiecapaciteit van de afdekgrond moet vrij groot zijn om de kans op erosie te minimaliseren. Onder infiltratiecapaciteit wordt verstaan de infiltratiesnelheid die optreedt bij juist beginnende plasvorming. Deze is onder meer afhankelijk van het poriënvolume, de poriëngrootteverdeling, de grondwaterstand en de mate van scheurvorming van de grond. Gezien de in Nederland voorkomende neerslagintensiteiten tijdens regenbuien, moet de infiltratiecapaciteit minimaal 0,018 m/uur bedragen om de kans op oppervlakte-afvoer en erosie te minimaliseren. Dit komt neer op een minimale doorlatendheidscoëfficiënt k van 0,5 m/etmaal. Op gronden met een geringe infiltratiecapaciteit kan begreppeling worden toegepast voor afvoer van oppervlakkig afstromend water. De greppels moeten zodanig worden aangelegd dat (zie [1], 4.5.3) de stroomsnelheid bij afvoer niet zo groot wordt dat daardoor erosie optreedt.
Het gebruik wordt geadviseerd van humusrijk, leemarm zand en andere niet-slempgevoelige grondsoorten. Afwijken hiervan betekent grote erosie-gevoeligheid vanwege de grote hoeveelheid fijne deeltjes en het lage organische stofgehalte.

Ook de helling en de lengte van het talud is van belang voor het optreden van oppervlakte-erosie. In verband hiermee kan worden gesteld dat taluds niet steiler moeten worden aangelegd dan 1:3.

Samenvattend kan worden gesteld dat de volgende grondsoorten geschikt zijn om als afdekgrond te worden gebruikt:

- humeuze tot humusrijke zandgronden, organische stofgehalte groter dan 3%;
- matig leemarm tot zwak lemig zand, leemfractie tussen 5% en 18%;
- lichte klei of zware zavelgrond, lutumfractie tussen 18% en 35%.

Het kalkgehalte van de afdekgrond moet kleiner zijn dan 0,5% waarbij de pH-KCl waarde < 4,5. De afdeklaag dient redelijk homogeen van samenstelling te zijn.
Ter voorkoming van oppervlakte-erosie kan voor de bovenste laag heidecompost of ander venig materiaal met de grond worden gemengd, voor zover dit voldoet aan de gestelde eis van zuiverheid van geïnfiltreerd en afgevoerd regenwater. De chemische samenstelling van de afdekgrond is met name van belang voor lozing van afstromend regenwater en in de afdeklaag geïnfiltreerd water op het oppervlaktewater. De kwaliteit van dit water moet voldoen aan de lozingseisen van het Zuiveringschap voor lozen op oppervlaktewater.
De kwaliteit van de afdekgrond moet met laboratoriumonderzoek worden aangetoond.

7.3 Richtlijnen voor uitvoering (zie [1], 5.5.8)

De afdekgrond moet zo droog mogelijk worden verwerkt om sterke verdichting bij het aanbrengen ervan te vermijden. De afdekgrond mag niet onder natte weersomstandigheden worden aangebracht, omdat dit een blijvende verslechtering van de structuur tot gevolg heeft. Daarnaast neemt de doorlatendheid van de grond af en de kans op oppervlakte-erosie toe.
Niettemin zal de bovenlaag na het aanbrengen moeten worden losgemaakt met een ploeg, cultivator of triltandcultivator. Deze bewerking dient langs hoogtelijnen te worden uitgevoerd om geulvorming in de richting van oppervlakte-afvoer te voorkomen. Het losmaken is niet nodig indien de bovenlaag wordt aangebracht met spitwerk (dragline) en hierbij zijdelings wordt gewerkt.

Bij toepassing van verschillende grondlagen of bijvoorbeeld doorgewoelde heidecompost als erosie-bestendige toplaag, moet door grond-

bewerking een geleidelijke overgang worden gemaakt tussen de lagen.
Indien de erosiebestendigheid met natuurlijke middelen bij een bepaald afdekmateriaal niet voldoende kan worden bevorderd, kan mogelijk gebruik worden gemaakt van daartoe ontwikkelde kortwerkende schuimen. Deze kunnen met het graszaad worden opgebracht om de periode tot aanslaan van het gras te overbruggen.
Bekeken moet worden of het uit oogpunt van bescherming van bodem en grondwater verantwoord is om dergelijke methoden toe te passen in de eindafwerkingsconstructie. De geschiktheid van de grond en daaraan toe te voegen materialen dient te worden aangetoond door het verstrekken van gegevens van onderzoek naar samenstelling/menging, uitlooggedrag, doorlatendheid, vochthoudend vermogen en dergelijke (zie 11.1).

8. VEGETATIE

8.1 Functie

Naast functies in het kader van landschappelijke inpassing en herinrichting/eindbestemming van de stortplaats, heeft de vegetatie de belangrijke taak erosie van de afdekgrond tegen te gaan en daarmee de laagsgewijze opbouw te beschermen en in stand te houden.

8.2 Richtlijnen voor opbouw en materiaal (zie [1], 5.4.2)

Direct na het opbrengen van de afdeklaag moet gras worden ingezaaid om erosie te voorkomen. Op plaatsen waar struikbeplanting komt, kan worden volstaan met het inzaaien van rogge dat later uitgemaaid wordt. Rogge kan ook worden gebruikt voor bijmenging in het grasmengsel om het erosiegevaar in de eerste jaren verder te beperken.
De keuze van het grasmengsel wordt bepaald door de gebruikseisen. Het grasmengsel moet snel opkomen en snel een grondbedekking geven. Daarnaast moet de grasproductie gering zijn om veelvuldig maaien te voorkomen. Een mengsel dat goed aan deze eisen voldoet is BTK 1100. Dit bestaat uit 10% gewoon struisgras, 50% uitlopervormend roodzwenkgras, 15% veldbeemdgras en 15% Westerwolds raaigras. Westerwolds raaigras komt zeer snel op en produceert veel massa, maar is niet standvastig en ook niet zo wintervast, waardoor deze grassoort na enkele jaren uit het bestand verdwenen kan zijn. De toe te passen hoeveelheid grasmengsel ligt voor taluds in de orde van grootte van 100 - 125 kg/ha.
Het planten van hoogopgaande bomen wordt ontraden, aangezien enerzijds de beperkte ankeringsmogelijkheid en anderzijds de hogere windbelasting de kans op omwaaien vergroot. Wel kan struikbeplanting (mits ondiep wortelend) worden toegepast.

8.3 Richtlijnen voor uitvoering (zie [1], 5.4.2)

In de planning van werkzaamheden moet worden opgenomen dat een (fase van) afdekken in de maand augustus is afgewerkt. Het inzaaien moet voor 1 september hebben plaatsgevonden om van de gunstige kiem- en groeiperiode gebruik te kunnen maken.

9. TEENCONSTRUCTIE

9.1 Functie

De belangrijkste functie van de teenconstructie is het gescheiden opvangen en afvoeren van schoon infiltratiewater en percolaat. Door horizontaal onder de afdichting uittredend percolaat snel af te voeren, wordt voorkomen dat hoge waterspanningen onder de afdichtingsconstructie aantasting hiervan of instabiliteit veroorzaken.
Tenslotte zorgt de teenconstructie voor zijdelingse steun voor de taluds.

9.2 Richtlijnen voor opbouw (zie [1], 5.3.1)

De volgende uitgangspunten moeten worden gehanteerd bij de opbouw van de teenconstructie:

- het percolaat dat afkomstig is uit de steunlaag onder de synthetische afdichtingslaag en uit drains boven de onderafdichting (indien aanwezig) moet worden opgevangen in een percolaatverzameldrain of -verzamelleiding. Deze drain moet worden aangebracht binnen de gehele teen van het stort;
- de afvoeren van het percolaatopvangsysteem dienen dicht door de afdichtende constructie te worden gevoerd. Het aantal doorvoeringen moet tot een minimum worden beperkt;
- indien er een onderafdichting of een verticaal scherm aanwezig is moet de onderste afdichtingslaag van de eindafwerking hierop aansluiten en enigszins overlappen. De minerale afdichtingslaag dient bij voorkeur tot ruim onder maaiveldniveau te worden doorgezet;
- de drainagelaag boven de afdichtingsconstructie mag iets onder maaiveldniveau worden beëindigd;
- het infiltratiewater uit de schoon-waterdrains boven de afdichting moet direct worden afgevoerd naar het oppervlaktewater. Verzadiging van grond in de teen dient te worden voorkomen;

- de bovenste laag van de eindafwerking (teelaardelaag) moet vloeiend worden aangesloten op het maaiveld of een aanwezige kade.

Bij een hoog contact-risico tussen horizontaal in de teen vrijkomend percolaat en de bovenafdichting, kan onder de zandbentonietlaag over een aantal meters hoogte zonodig in een strook hdpe-folie worden voorzien.

Deze uitgangspunten moeten in het ontwerp van de afdichtingsconstructie worden uitgewerkt op basis van de bestaande situatie en de aard van het betreffende stortterrein. Hierbij kunnen worden onderscheiden:

1. bestaande afvalstorten zonder onderafdichting;
2. bestaande afvalstorten met onderafdichting en (te) steil opgezette taluds;
3. overige afvalstorten met onderafdichting.

Ten aanzien van de onderafdichting is een nader onderscheid mogelijk naar onderafdichtingen van natuurlijke materialen of folie, danwel een hydrologische isolatie door bemaling, aangevuld met bijvoorbeeld een verticaal scherm.

Ad 1.

Een koppeling tussen de dichte eindafwerking en onderafdichting is uitgesloten. Bij deze groep gaat het er vooral om horizontaal verplaatsend percolaat op te vangen en om te voorkomen dat regenwater infiltreert in het afvalstort. Afhankelijk van de aard en situatie van het stort moet worden bepaald of alsnog een hydrologische isolatie vereist is, danwel het onder de teen aanbrengen van een diepe ringdrain met bemaling.

Ad 2.

De afdichtingsconstructie van de eindafwerking moet aansluiten op de onderafdichting. Als het stort te steil (steiler dan 1:2,5) is opgezet en geen rekening is gehouden met de aan te sluiten eindafwerking, zal het blootleggen van de onderafdichting gepaard kunnen gaan met instabiliteit van de taluds. In het plan van de afdichting dient ontgraving, danwel verlegging van de teen naar buiten en zonodig

herprofilering (taludhelling 1:3 of flauwer vereist) van het stort te worden aangegeven.

Ad 3.

Deze groep bevat de bestaande afvalstorten waarvan de onderafdichting vrij gemaakt kan worden en de nieuwe afvalstorten, waarbij van aanvang aan rekening is gehouden met het in een later stadium aansluiten van de onderafdichting met de dichte eindafwerking.
Indien verticale schermen langs de teen in de bodem zijn geplaatst, zal bij elke teenconstructie hierbij aansluiting moeten worden gezocht.

Bij het opbouwen van een afvalstort zal steeds gezorgd worden voor zijdelingse steun voor de op te zetten taluds. Dit kan meestal plaatsvinden doordat in eniger mate ontgronding is toegepast voor de eerste stortlaag of door het opzetten van een berm of kade. Deze grondmassa maakt deel uit van de teenconstructie en moet zoveel mogelijk intact blijven. De eventueel aanwezige onderafdichting en doorspuitvoorzieningen voor percolaatdrains zullen meestal tegen de kade opgezet zijn of worden.

9.3 Richtlijnen voor uitvoering (zie [1], 5.5.5)

Het op te stellen plan voor afdichting dient het aanbrengen van alle noodzakelijke voorzieningen te bevatten. In verband met de teenconstructie zal in principe de navolgende volgorde van uitvoeren van toepassing zijn:

1. voorbereiden van aansluiting van afdichtingsconstructie van de eindafwerking op de onderafdichting (grondwerk, opvangen horizontaal uitstromend percolaat);
2. plaatsen van eventuel[illegible]tten en aanleggen van percolaatringleiding met afvoeren;
3. plaatsen van eventuele verticale isolatie in de bodem;
4. aansluiten van ringdrainage/riolering op de hoofdafvoeren voor het percolaat en aanleggen van schoonwaterverzamelleiding en

schoonwaterafvoerleidingen naar het oppervlaktewater, zowel voor water uit de drainagetussenlaag als voor water uit de drainage laag;

5. aanbrengen van percolaatdrains en gasdrains of drainagemat in de teen;
6. aansluiten van taludpercolaatdrains op de ringdrain;
7. aanbrengen van aanzet van de steunlaag en installeren van doorvoeringen;
8. aanbrengen van afdichtingsconstructie nabij de teen;
9. aanbrengen van steunlaag c.a. over het stort;
10. aanbrengen van afdichtingsconstructie over het stort etc.

De onder 1 t/m 7 genoemde werkzaamheden worden gerekend tot de onderbouw van de afdichting. Deze moeten nagenoeg voltooid zijn langs de gehele omtrek van het stort voordat met de bovenbouw kan worden begonnen. Op deze wijze zullen verrassingen in de situering van afval of bij ontgraven blijkende gebreken aan reeds aanwezige voorzieningen geen vertraging kunnen veroorzaken bij uitvoering van de strak geplande werkzaamheden aan de eindafwerking. Daarnaast is het snel kunnen afvoeren van percolaat of regenwater tijdens de uitvoering gewaarborgd.

9.3.1 **Onderbouw van de teenconstructie**

Ten aanzien van de diverse werkzaamheden en voorzieningen gelden de hierna vermelde richtlijnen. De uitwerking hiervan dient in situatie en profiel te worden weergegeven.

<u>Ontgraving en profilering</u>

De mate van ontgraven van de teen is sterk afhankelijk van de plaats van de eventueel aanwezige onderafdichting, van de plaats van installeren van de percolaatringdrain binnen de teen en van de helling van het storttalud. In het plan van afdichting moet in het opvangen van horizontaal toestromend percolaat tijdens de uitvoering zijn voorzien en de stabiliteit van de taluds gewaarborgd.

Indien een afdeklaag van grond dikker dan 0,20 m op de taluds aanwezig is, kan dit surplus aan grond (mits schoon) in principe worden ontgraven en later opnieuw worden verwerkt.
Bij hellingen steiler dan 1:2,5 dient herprofilering van het stort plaats te vinden. In dat geval dient in situatie en profiel ontgraving en het opnieuw bergen van afval te worden weergegeven, zodat kan worden vastgesteld in welke mate de vormgeving van het stort zal afwijken van het doorgaans eerder vastgestelde en in de vergunningen vastgelegde "landschapsplan".

Definitieve percolaatopvang

Een veilige situatie tijdens werkzaamheden moet zijn gewaarborgd. Tevens moet de werkmethode worden aangegeven (graafmachine, draineermachine, handwerk), teneinde veiligheidsmaatregelen voor cabines en uitrusting e.d. van uitvoerend personeel te kunnen vaststellen.

De aansluiting op een onderafdichting of een verticaal scherm en de definitieve percolaatopvangvoorzieningen (drain, put, leiding, drainerende zandsleuf, e.d.) moeten in een dwarsprofiel worden weergegeven.
Indien door middel van de percolaatdrain een permanente grondwateronttrekking (onderdeel van de hydrologische isolatie) wordt beoogd, zal het aanlegniveau van de drain moeten worden berekend. Dit niveau is mede afhankelijk van de aard van de ondergrond. Uitgangspunt zal zijn 0,5 m onder de Gemiddeld Laagste Grondwaterspiegel (GLG) of lager.
Indien een onderafdichting aanwezig is, zal het aanlegniveau van een extra ringdrain binnen het vlak van de onderafdichting in principe ca. 0,5 m boven deze bodemafsluiting liggen doch in elk geval minimaal 0,4 m beneden de bovenrand van deze afdichting in de indertijd opgezette stortkade. Het toetreden van percolaat tot een ringdrain moet zijn gewaarborgd door omhullende materialen te gebruiken als drainerend zand, grind, puin etc.

Verticaal scherm (onderdeel van hydrologische isolatie)
Indien in de vergunning een verticaal scherm als onderdeel van een hydrologische isolatie is geëist, of in het geval dat zo'n scherm reeds aanwezig is, moet in een dwarsprofiel worden aangegeven hoe de aansluiting van de dichte eindafwerking op deze voorziening wordt uitgevoerd.

Percolaat- en schoonwater-afvoer
In een dwarsprofiel moet worden aangegeven hoe afvoerleidingen voor percolaat (water dat door de minerale laag is geïnfiltreerd) en regenwater uit de drainagelaag worden gesitueerd. Het ontwerp van doorvoeringen door een afdichtende constructie (onderafdichting, verticaal scherm of eindafwerking) moet lekkage langs de doorvoering uitsluiten.
Aangezien deze leidingen en drains zo lang mogelijk in stand moeten worden gehouden, dient te worden voorzien in inspectie- en onderhoudsmogelijkheden.

Percolaat en met percolaat verontreinigd grondwater zal in het algemeen niet op oppervlaktewater mogen worden geloosd. De afvoervoorzieningen kunnen daarom ook een pompinstallatie en persleiding omvatten voor afvoer naar elders. Deze voorzieningen kunnen ook noodzakelijk zijn voor regenwater indien niet onder vrij verval op nabijgelegen watergangen kan worden geloosd. Kleine hoeveelheden vrijkomend percolaat kunnen eventueel per as worden vervoerd.

Ontwateringsvoorzieningen onder de dichte eindafwerking
Als in het afdichtingsontwerp is voorzien in een ontwatering onder de afdichtingsconstructie uit drains of een drainagemat, moeten deze voorzieningen worden aangesloten op de ringdrain voor vervuild water. Deze aansluitingen moeten samen met de aanzet van de steunlaag plaatsvinden ter voorbereiding op de synthetische afdichtingslaag.

9.3.2 Bovenbouw van de teenconstructie

Na aanbrengen van de steunlaag in de teen kan de steunlaag met voorzieningen over het gehele stort worden aangebracht. Direct aansluitend en gedeeltelijk overlappend in de tijd kunnen de bovenliggende afdichtingsconstructie, drainerende laag en de afdeklaag worden aangebracht. De planning van werkzaamheden bij deze drie lagen dient zodanig te worden gekozen dat per werkdag nooit meer dan ca. 300 à 400 m^2 van elke laag nog niet is voorzien van de bovenliggende laag. Bij elke fase van een eindafwerking zal daartoe bepaald moeten worden welke van de drie lagen de geringste voortgangssnelheid heeft en daarmee bepalend zal zijn voor het werktempo voor de drie lagen gezamenlijk. Afwijken van dit uitgangspunt kan betekenen dat een onwerkbare situatie ontstaat (bijvoorbeeld door gladheid van de afdichtingsconstructie) of vermindering optreedt van de kwaliteit door oppervlakte-erosie ten gevolge van regenval. Met name de aan te brengen zandlagen zijn gevoelig voor erosie. Herstellen van uitgezakte taluds betekent onnodige hoge kosten.

Maaiveldaansluiting dichte laag

De synthetische afdichtingslaag moet aansluiten op een onderafdichting of een verticaal scherm. Als dergelijke voorzieningen niet aanwezig zijn, dient de afdichtingsconstructie te reiken tot ca. 0,5 m onder het maaiveldniveau.

Ter plaatse van doorvoeringen van schachten of leidingen dient de minerale afdichtingslaag dikker te worden uitgevoerd. Tevens moeten aan schachten en leidingen aangebrachte lekbeperkende voorzieningen in de afdichtingsconstructie worden opgenomen (zie paragraaf 9.3.3).

Maaiveldaansluiting drainerende laag

De drainerende laag boven de afdichting met de daarin aanwezige drains, drainafvoeren of drainagemat moet reiken tot ca. 0,2 m onder het maaiveldniveau. De drainerende voorzieningen moeten overgaan in gesloten leidingen met inspectie- en reinigingsmogelijkheden en moeten worden voorzien van afvoerleidingen naar een ringsloot rondom het stort. Bij voorkeur dient de ringsloot buiten de rijstrook te zijn

gesitueerd. Deze ringsloot voor schoon water hoeft geen dichte bodem te hebben.
Als een berekening van de waterbalans laat zien dat een afvoer van de ringsloot noodzakelijk is, dient van het verantwoordelijke waterschap een vergunning te worden verkregen waarin een afsluitbare drempel en het te lozen debiet is opgenomen. In de plannen moet worden voorzien in een alternatieve afvoermogelijkheid voor het geval dat bij een calamiteit toch vervuild water in de ringsloot terecht zou komen.

Maaiveldaansluiting afdeklaag

De afdeklaag van (bij voorkeur gebiedseigen) grond moet aansluiten op maaiveldniveau. Afvoerleidingen en schachten kunnen eventueel ter plaatse van deze aansluiting worden gesitueerd. De inspectie-/rijstrook ter breedte ca. 5 m voor onderhoudswerkzaamheden kan direct naast deze aansluiting worden aangelegd.

9.3.3 Doorvoeringen door de afdichtingsconstructie (zie [1], 5.3.4)

Op plaatsen waar leidingen of schachten door de afdichtingsconstructie worden gevoerd, zijn aanvullende voorzieningen vereist. Naast het ter plaatse dikker uitvoeren de natuurlijke afdichtingslaag kunnen de volgende lekremmende voorzieningen worden onderscheiden.

- Flexibele, geribbelde buis (pvc, p.e. of polypropyleen)
  Zand-bentoniet of klei zal voor voldoende afdichting zorgen, zodat geen aanvullende voorziening nodig is. Bij de HDPE-folie zal een overgangsconstructie noodzakelijk zijn in de vorm van een HDPE-buisstuk met aangelaste flens (diameter buitenwerks minimaal 1,0 m). Op deze flens kan een kraag van folie worden gehecht als overgang naar de afdichtingsfolie, afhankelijk van de te verwachten ongelijkmatige klink en zetting. In teenconstructies zullen klink en zetting gering zijn, zodat hier de afdichtingsfolie direct kan worden aangesloten op de flens. De ruimte tussen de geribbelde buis en de binnenkant van het HDPE-buisstuk kan worden gevuld met flexibele blijvende, percolaatresistente kit of hete bitumen.

Gezien de beperkte controleerbaarheid van dit vullingmateriaal op lange termijn, wordt de toepassing van een ribbelbuis als afvoerbuis bij de afdichtingsfolie afgeraden.

- Stijve buis

  Voor percolaat moeten buizen van HDPE worden toegepast. De afdichtingsvoorziening kan zoals hiervoor beschreven bestaan uit een aangelaste HDPE-flens, met een kraag van folie met een diameter van minimaal 1,5 m. In de natuurlijke afdichtingslaag moet deze ter plaatse van een doorvoering ca. 0,10 m dikker worden uitgevoerd en moet de kraag hierin worden opgenomen.

- HDPE-schachten

  Bij HDPE-schachten kan aan de schacht een 'flens' worden gelast zoals hiervoor beschreven voor buizen. Deze flens moet overeenkomstig de taludhelling onder een hoek aan de schacht worden bevestigd. Op de flens kan als overgang weer een foliekraag worden gehecht.

- Schachten van beton, polyester, e.d.

  Hoewel voor percolaatafvoersystemen veelal HDPE-schachten zullen worden toegepast, kan het noodzakelijk zijn andersoortige materialen door een dichte laag te voeren. Bij de op dit moment bekende materialen voor het maken van overgangsconstructies, wordt de voorkeur gegeven aan het aanbrengen van HPE-beplating op schachtwanden door middel van hete bitumen en aan de bovenzijde opsluitende HDPE-profielen met bout- of klemconstructies. De verdere doorvoeringsmethode is gelijk aan die omschreven voor hpe-schachten. Voor schachten die in contact komen met afval en/of percolaat dient de voorkeur te worden gegeven aan HDPE. Dit is beter dan beton en polyester resistent tegen chemische aantasting, terwijl ook na plaatsen aan HDPE-schachten constructief goed laswerk kan worden uitgevoerd.

10. ONTGASSINGSSYSTEEM

10.1 Functie

De ontgassingsvoorziening voert op gecontroleerde wijze het stortgas af om gasdruk onder de afdichting te voorkomen. Het gewonnen gas kan nuttig worden gebruikt voor bijvoorbeeld verwarming van gebouwen, voor aandrijving van motoren en opwekking van elektriciteit. Daarnaast is levering aan het regionale gasnet mogelijk indien het gas wordt opgewerkt tot aardgaskwaliteit.
In een aantal provincies zijn regionale gasdistributiebedrijven betrokken bij het installeren en exploiteren van gasonttrekkingsvoorzieningen. Aangezien de gasproductie vaak nog tot 20 à 30 jaar na sluiten van een stortterrein optreedt, betekent dit dat onderhoud en beheer ook in de nazorgfase van een stortterrein zijn gewaarborgd.

10.2 Richtlijnen voor opbouw (zie [1], 5.3.2)

Het ontgassingssysteem bestaat uit in zand ingebedde gasdrains in de basislaag en een afzuigsysteem. De steunlaag onder de afdichting fungeert als aanvulling op de gasdrainage (zie hoofdstuk 3). Het afzuigsysteem zorgt voor geforceerde gasonttrekking met behulp van o.a. verticale gasputten en/of horizontale puinsleuven in het afvallichaam. Rekening moet worden gehouden met de eis dat doorvoeringen van gasonttrekkingsbuizen door de afdichtingsconstructie vloeistofdicht moeten zijn (zie 9.3.3).

Iedere put wordt door middel van een afvoerleiding aangesloten op de hoofdleiding. Een afzuiger aan het eind van de hoofdleiding zorgt voor onderdruk in het onttrekkingssysteem en drijft het stortgas naar de fakkelinstallatie of behandelingsinrichting.

10.3 Richtlijnen voor uitvoering (zie [1], 5.3.2)

Op basis van de hierboven beschreven opbouw dienen de volgende hoofdonderdelen te worden uitgewerkt.

Verticale gasputten in kruin

Verticale putten dienen te worden aangebracht in de kruin of andere lokaal hoogst gelegen delen van stortheuvels ter onttrekking van het stortgas. De putten moeten zijn samengesteld uit gesleufde HDPE-buis met een grind- of puinomhulling. De eindafwerking moet zodanig zijn ontworpen dat lekkage ter plaatse van doorvoeringen door de afdichtingsconstructie kan worden uitgesloten.

Gasonttrekking onder de taluds

De verticale gasbronnen zullen op basis van de maximaal mogelijke onderdruk en afhankelijk van de gasdoorlatendheid een cirkelvormig onttrekkingsgebied hebben met een diameter van 50 à 60 m. Aanzuigen van lucht moet worden voorkomen. Dit betekent dat afval onder hellingen buiten de invloedssfeer van de verticale gasbronnen blijft. Aanvullend op de gasbronnen zal onder of zonodig in de steunlaag een aanvullende onttrekkingsvoorziening nodig zijn.

De taludvoorziening kan bestaan uit geperforeerde polypropyleen of gesleufde hpe-buizen in de steunlaag op een onderlinge afstand van 15 à 20 m. Indien een drainagemat in de steunlaag is toegepast, kan worden volstaan met een intrekbuis op kruinniveau. Deze buis ligt dan onder/in de steunlaag rondom de gehele kruin. In taluds aangebrachte onttrekkingsbuizen moeten op deze ringbuis worden aangesloten. Met een geperforeerde of dichte buis kan deze worden aangesloten op de aanzuigbuis van de verticale gasbronnen. Indien een zeer geringe gasproductie wordt verwacht (bijvoorbeeld minder dan 5% organisch materiaal in het afval) kunnen op de kruinintrekbuis één of meer buizen tot boven de afdeklaag worden geplaatst, waarbij de langsstrijkende wind zorgt voor een "schoorsteenwerking".

De onderdruk in de talud- en kruinonttrekking zal geringer moeten zijn dan in de verticale gasbronnen om het aanzuigen van lucht te voorkomen. Smoren van onderdruk (van de verticale gasbronnen) is haalbaar tot een reductie van ca. 20%. Indien de onderdruk hierbij alsnog te hoog blijft, dient een afzonderlijke gasdichte ventilator te worden toegepast voor de taludonttrekking.

Condensvocht

In de directe aanzuigleidingen zal uit het stortgas waterdamp condenseren. Hoewel een deel van dit water terug kan lopen in de verticale bron, zal het grootste deel in de aanzuigleiding naar maaiveldniveau afstromen. Voor het uitsluiten van watersloten in de aanzuigleidingen kunnen deze worden gelegd onder een helling van 3%. In de aanzuigleiding moeten waterafscheidende voorzieningen worden opgenomen, waarbij het vrijkomende water moet worden beschouwd als percolaat, tenzij onderzoek aangeeft dat de vervuiling gering is.
De dichte aanzuig- en afvoerleidingen moeten ter wille van bereikbaarheid voor reparatie, vervanging e.d. boven de afdichtingsconstructie worden aangebracht.

Doorvoeringen door afdichtingsconstructie

Doorvoeringen van gasonttrekkingsbuizen zullen in principe niet in de teen of de taluds voorkomen, maar alleen in de bovenzijde van het stort. Deze systemen zijn vrijwel altijd uit HDPE-buizen samengesteld.
De gasbron moet als star element worden beschouwd ten opzichte van de kruin van een stort, die door klink van het stort zakkingen zal vertonen. Om spanningen in het filter te voorkomen, moet de basis van de doorvoerconstructie bestaan uit een beweegbaar buisstuk dat in de afdichtingsconstructie is verankerd. Dit meebewegende buisstuk heeft een lengte van ca. 0,5 m, waaraan een flens is gehecht met een diameter van ca. 1,0 m. Aan deze flens kan een foliekraag worden gehecht met een diameter van ca. 2,5 m, zoals is beschreven in paragraaf 9.3.3. Deze kraag moet in de minerale afdichtingslaag worden aangebracht, die ter plaatse dikker is uitgevoerd. De ruimte tussen

'schuivend' buisstuk en onttrekkingsbuis moet worden gevuld met flexibel blijvende kit of bitumen. Als alternatief kan een ronde rubberring worden toegepast.

11. GESCHIKTHEIDSONDERZOEK

11.1 Natuurlijke materialen

11.1.1 **Beschrijving van de grondsoort**

Te verrichten op alle toegepaste grond:

- benaming van de grondsoort conform NEN 5104, 'Classificatie van onverharde grondmonsters'. Tevens vermelding van de plaats van herkomst, de oorspronkelijke ligging ten opzichte van maaiveld, het grondgebruik, zowel het huidige als dat in het verleden, de duur van opslag in een depot, indien dat tenminste aan de orde is en de opslagomstandigheden.

11.1.2 **Granulaire samenstelling** (zie [1], 3.2)

Te verrichten op grond voor minerale afdichtingslaag:

- bepaling van de korrelverdeling en uniformiteitscoëfficiënt u met de zeefproef, Standaard RAW Bepalingen, hoofdstuk 2, paragraaf 2, proef 6.0;
- bepaling van het lutumgehalte, het gehalte aan minerale deeltjes < 2 µm met de areometerproef, Standaard RAW Bepalingen, hoofdstuk 2, paragraaf 2, proef 1.0;
- bepaling van het leemgehalte, gehalte aan minerale deeltjes door zeef 63 µm, Standaard RAW Bepalingen, hoofdstuk 2, paragraaf 2, proef 2.

Te verrichten op grond voor steunlaag, drainagelaag en afdeklaag:

- bodemkundige schatting van de granulaire samenstelling.

11.1.3 **Kleimineralogisch onderzoek** (zie [1], 3.3)

Te verrichten op bentoniet als toeslagstof of kleigrond voor afdichtingsconstructie:

- onderzoek naar de aard van de kleimineralen (deeltjes < 2 µm) met röntgendiffractie.

11.1.4 **Bodemchemisch onderzoek** (zie [1], 3.3)

Te verrichten op bentoniet als toeslagstof en grond voor afdichtingslaag, drainagelaag en afdeklaag.

- Bepaling van het kalkgehalte volgens NEN 6446.
- Zuurgraad pH-KCL: zuurgraad (pH-KCL), elektrische meting Standaard RAW Bepalingen hoofdstuk 2, paragraaf 2, proef 119.
- Bepaling van het humusgehalte (organisch stofgehalte) door middel van de bepaling van het gloeiverlies van zand, Standaard RAW Bepalingen, hoofdstuk 2, paragraaf 2, proef 7.
- Bepaling van het zoutgehalte door meting van het elektrisch geleidingsvermogen. Een NEN-norm is in voorbereiding (NEN 51-serie).

11.1.5 **Verdichtingsonderzoek** (zie [1], 3.4)

Te verrichten op grond voor steunlaag, afdichtingsconstructie en drainagelaag:

- het optimale vochtgehalte voor verdichting ofwel de proctorproef conform Standaard RAW Bepalingen, hoofdstuk 2, paragraaf 2, proef 5.1. Ook moet worden vastgesteld welke dichtheid te bereiken is als het vochtgehalte onder en boven het optimum ligt. Aangegeven moet worden met welk vochtgehalte het materiaal op het werk aangevoerd moet worden en hoe het optimale vochtgehalte kan worden gerealiseerd.

11.1.6 **Plasticiteitsonderzoek** (zie [1], 3.5)

Te verrichten op grond voor afdichtingsconstructie:

- bepaling van de consistentiegrenzen, conform Standaard RAW Bepalingen, hoofdstuk 2, paragraaf 2, proef 15.

11.1.7 **Doorlatendheidsonderzoek** (zie [1], 3.6)

. Doorlatendheidsschattingen: materiaal voor steunlaag, drainagelaag en afdeklaag door een ervaren bodemkundige.

. Onderzoek te verrichten op: materiaal voor minerale afdichtingslaag.

De stroming van water door een poreus medium wordt in het algemeen beschreven met de Wet van Darcy. Deze geeft aan dat de doorlatendheid recht evenredig is met de aangelegde potentiaalgradiënt volgens de vergelijking:

$$q = k.i$$

waarin:

q = specifiek debiet (m/s)

k = doorlatendheidscoëfficiënt (m/s)

i = potentiaalgradiënt (m/m)

Het specifiek debiet q wordt gedefinieerd als de hoeveelheid water Q, die bij een bepaalde temperatuur per tijdseenheid door een bepaalde doorsnede stroomt ten gevolge van het potentiaalverschil, gedeeld door het oppervlak van die doorsnede.

Gebleken is dat waterstroming als gevolg van kleine potentiaalgradiënten in grondsoorten met een zeer geringe doorlatendheid niet voldoet aan de Wet van Darcy. Hiermee dient rekening te worden gehouden door de doorlatendheidsproeven uit te voeren bij potentiaalgradiënten die in de praktijk maximaal zullen voorkomen (zie [1], 3.6).

Doorlatendheidsproeven moeten uitwijzen of het zand-bentonietmengsel voldoet als afdichtingsmateriaal. Het onderzoek moet worden uitgevoerd met representatieve monsters, die qua materiaal overeenkomen met het afdichtingsmateriaal zoals dat in de praktijk gebruikt zal gaan worden en waarbij de mate van verdichting vergelijkbaar is met de in de praktijk te realiseren verdichting.

Daarnaast moeten doorlatendheidsmetingen worden uitgevoerd bij 20° C en met leidingwater. Bij lagere temperaturen wordt de doorlatendheid

geringer als gevolg van de toenemende viscositeit van het water.
De te gebruiken methode om de doorlatendheidscoëfficiënt van slecht doorlatende grondsoorten te bepalen is de zogenaamde 'falling-head' methode. Bij deze proef neemt de potentiaalgradiënt voortdurend af tijdens de meting. Bij aanvang van de proef dient de gradiënt minimaal 20 of hoger te zijn. De metingen worden voortgezet tot een gradiënt van 5 of lager is bereikt, hetgeen overeenkomt met praktijkomstandigheden. Het voordeel van deze methode is dat uit de metingen direct de relatie tussen v en i kan worden vastgesteld, zodat ook in geval van een niet lineaire relatie direct bij elke willekeurige gradiënt de daarbij behorende lekkage kan worden berekend.
De waterdichtheid van een eindafwerking moet worden aangegeven met de te verwachten lekkage in mm/jaar. Dit betekent dat er een omrekening naar ontwerp-veldomstandigheden (i=5 gedurende 200 dagen/jaar) moet plaatsvinden, rekening houdend met het niet-lineaire verband tussen specifiek debiet en potentiaalgradiënt en de te verwachten gradiënten in de veldsituatie. De gevonden lekkage mag niet groter zijn dan 20 mm/jaar.

Voor uitvoering van de doorlatendheisproef volgens de falling-head methode zie [1], 3.6.3.3 en [5].

11.1.8 **Onderzoek vochtleverend vermogen** (zie [1], 4.5.2)

Te verrichten op materiaal voor afdeklaag:

- de vochtkarakteristiek (pF-curve) van de grond. Deze geeft het verband weer tussen drukhoogte en vochtgehalte van een bepaalde grond. De pF-curve van de beschikbare afdekgrond mag worden afgeleid uit de zogenaamde standaard-vochtkarakteristieken. (ICW, Rapport 10 en 19).

11.1.9 **Parameters voor stabiliteitsbeschouwing**

Te verrichten op alle materialen:

- de volumieke massa rho in kg/m^3, zowel voor droge als natte toestand (zie 11.1.5);

- bepaling van de schuifsterkte van de grond: de cohesie c en de wrijvingshoek Φ. Als er onvoldoende gegevens beschikbaar zijn om representatieve waarden van c en Φ te bepalen, moeten triaxiaalproeven op de verschillende grondsoorten worden verricht. Deze moeten als drietraps geconsolideerde ongedraineerde proef worden uitgevoerd. Voor de beschrijving van de triaxiaalproef wordt verwezen naar NEN 5117.

De proeven moeten worden uitgevoerd op monsters die representatief zijn voor de grondsoort die wordt toegepast.

11.2 Onderzoek synthetisch afdichtingsmateriaal (zie ook [6])

11.2.1 **Doorscheursterkte**

Het materiaal dient voldoende weerstand tegen doorscheuren te bezitten. Bepaald volgens NEN 3056, gekerfd, is 100 N/mm vereist.

11.2.2 **Doorponssterkte**

In verband met de doorponsweerstand wordt gesteld dat, bepaald volgens DIN 16726, par. 5.11, bij 6 bar, de folie geen lekkage mag vertonen.

11.2.3 **Verwerkbaarheid bij lage temperatuur**

De folie moet bij lage temperaturen hanteerbaar blijven. Daarom mag de folie geen scheuren vertonen na beproeving overeenkomstig DIN 16726, par. 5.12, bij -20 C.

11.2.4 **Valgewichtproef**

De folie mag, na beproeving overeenkomstig DIN 16726, par. 5.12, geen lekkage vertonen bij een massa van het vallichaam van 500 gr en een valhoogte van 1500(*) mm.

(*) N.B. Juiste waarde nog ter discussie in commissie Bouwtechnische Richtlijn.

11.2.5 **Treksterkte**

De treksterkte moet bij 5% rek tenminste 4,0 kN/m bedragen, bepaald volgens NEN-ISO 527, bij een temperatuur van 23 C en 2,0 kN/m bij 60 C.

11.2.6 **Reststerkte na UV-expositie**

De folie moet, na te zijn onderworpen aan een expositie overeenkomstig KIWA C 69 tot een totale energie van 1,75 GJ/m^2, nog voldoende overblijvende eigenschappen hebben om te kunnen worden toegepast.

11.2.7 **Parameters voor stabiliteitsbeschouwing** (zie [8])

- Bepaling van de schuifsterkte tussen synthetisch materiaal en grond, gekarakteriseerd door de schuifsterkteparameters adhesie a' en wrijvingshoek δ'. Dit gebeurt met de directe schuifproef, uitgevoerd conform DIN 53375.

Voor schuifproeven tussen folie en zand geldt:

- het watergehalte heeft weinig of geen invloed op de schuifsterkte. Het zand mag dus zowel aardvochtig als droog zijn;
- de toegepaste bovenbelasting bedraagt maximaal 25 kN/m^2;
- de afschuifsnelheid bedraagt 1,0 mm/s;
- het zand dient te worden verdicht tot de dichtheid die in het veld wordt vereist.

Voor schuifproeven tussen folie en cohesief materiaal geldt:

- de klei in de proefopstelling dient hetzelfde watergehalte en dichtheid te hebben als hetgeen in het veld wordt vereist. Optimaal watergehalte en bijbehorende dichtheid moeten worden bepaald met de proctorproef (zie 11.1.5);
- de toegepaste bovenbelasting bedraagt maximaal 25 kN/m^2;
- de consolidatietijd voor aanvang van de proef dient tenminste 24 uur te bedragen;
- de schuifsnelheid moet zo klein worden gekozen dat het ontstaan van wateroverspanning tijdens de proef wordt uitgesloten. In [8] is hiervoor 0,025 mm/min aangehouden.

De verkregen proefresultaten moeten statistisch worden verwerkt. Ter verkrijging van de rekenwaarden van a' en δ' moeten de gemiddelde waarde worden gedeeld door materiaalfactoren (zie voor de methode [1], 2.1).

12. KWALITEITSZORG

12.1 Algemeen

Kwaliteitszorg is een instrument dat tijdens het realiseren van een afdichtingsconstructie wordt gehanteerd om te kunnen voldoen aan de vooraf opgestelde kwaliteitscriteria. De volledige kwaliteitszorg omvat de kwaliteitssystemen voor zowel het ontwerpen/ontwikkelen als het vervaardigen, controleren, beoordelen tijdens de uitvoering, alsmede de nazorgactiviteiten. Door het nemen van intensieve kwaliteitsbewakende maatregelen kunnen materiaal- en productiefouten worden vermeden, hetgeen het veiligheidsniveau van de constructie ten goede komt. In dit hoofdstuk komen de hoofdlijnen van de kwaliteitszorg aan de orde. Voor meer informatie wordt verwezen naar [1], paragraaf 5.6.

In eerste instantie dient met laboratoriumonderzoek te worden aangetoond dat met de geselecteerde bouwmaterialen in principe aan de gestelde eisen kan worden voldaan. Vervolgens dient in een proefvak de toepassing en de opbouw van de materialen en constructie te worden getest, waarbij voor zandbentoniet met name de juiste verdichtingstechniek dient te worden bepaald.
Op basis van productieproces en proefvak worden de uitvoeringsmethode, en de parameters en frequentie van controle tijdens uitvoering nader gedetailleerd en definitief vastgesteld.
In het contract met de uitvoerder (aannemer) zal de opdrachtgever daartoe het kwaliteitssysteem moeten vastleggen voor het vervaardigen, controleren, beoordelen en uitvoeren van nazorg. Bij het opstellen van een kwaliteitssysteem dient de NEN-150-9000 serie (9000-9004) worden gehanteerd. In een kwaliteitssysteem moet minimaal aandacht worden besteed aan:

1. Omschrijving van taken en verantwoordelijkheden van de betrokken partijen, te weten de vergunningverlenende instantie, de opdrachtgever als eindverantwoordelijke en de uitvoerder. De verhouding tussen opdrachtgever en uitvoerder is juridisch goed vastgelegd

wanneer in het contract de Uniforme Administratieve Voorwaarden (UAV) 1989 van toepassing zijn verklaard.

2. Beschrijving van de te controleren materiaalparameters en productieprocessen, en de frequentie van controle. Eveneens wordt de wijze van beproeven en keuren omschreven.
3. Kwaliteitsregistratie door de uitvoerder van kenmerken en waarnemingen alsmede het verzamelen, indexeren, archiveren en op peil houden van alle kwaliteitsgegevens gedurende de werkperiode, een en ander met begeleiding van opdrachtgever/directievoerende instantie.
4. Beoordeling van toeleveranciers, controle van inkoopdocumenten, verificatie van ingekochte producten, alsmede identificatie en naspeurbaarheid van producten.
5. Beheersing, calibratie en onderhoud van keurings-, meet- en beproevingsmiddelen door de uitvoerder of in te schakelen laboratorium.
6. Beheersing van vervaardigingsprocessen door de uitvoerder, vast te stellen aan de hand van een proefvak.
7. Beoordeling en afhandeling van gedeelten met tekortkomingen en uitvoering van corrigerende maatregelen.

Het door de opdrachtgever aangegeven kwaliteitssysteem dient door de uitvoerder op onderdelen nader te worden uitgewerkt (kwaliteitsplan).

12.2 Kwaliteitscontrole tijdens de uitvoering

De opdrachtgever bepaalt aan de hand van het vooronderzoek en de te bereiken resultaten de te controleren parameters en de bijbehorende frequentie van (monster- en veld-)onderzoek. In tabel 12.1 is een voorstel weergegeven van de uit te voeren controle en keuringen op kwaliteit en de frequentie van de diverse proeven en metingen. Tevens is de controle- en beproevingsmethode aangegeven.

Tabel 12.1: Voorstel voor controle op kwaliteit bij de aanleg van een afdichtingslaag

beoordeling van: (parameter)	controlemethode	kwaliteit	frequentie
1. Granulaire samenstelling van steunlaag- en drainagelaag	- BUGO - - indirect	1) oogtoezicht	per 2500 m^3
2. Watergehalte	- watergehaltebepaling		2)per 500 m^3
3. Verdichting	- droogvolumegewicht - conusweerstand - isotopen meting?	3)	per 500 m^3
4. Bentonietgehalte	- m.b.v. bak of zeil - permanente meting in installatie		elke 1000 m^2
5. Granulaire samenstelling van afdichtingsmateriaal	- BUGO	1)	per 1000 m^3
6. Laagdikte van de diverse lagen	- waterpassing vooraf en achteraf - indirect - meting op geotextiel	n.v.t.	per 100 m^2
7. Doorlatendheidstest	- "falling head" in het veld	1)	per 2000 m^3

1) kwaliteitseisen zijn vastgesteld in het vooronderzoek
2) zie 1), Norm: w > w(optimaal)
N.B.: Indien het watergehalte door weersomstandigheden te hoog is, dan is het toevoegen van bentoniet noodzakelijk
3) norm afdichtingslaag: p > 97% p(proctor)
norm steunlaag: p > 95% p(proctor)

Alle controles tezamen dienen tevens een betrouwbaar beeld te geven van het feitelijke productieproces, waarbij het om de volgende aandachtsgebieden gaat:

- zijn de verwachtingen en berekeningen waarvan bij ontwerp uit is gegaan achteraf juist gebleken?
- is op het juiste moment gehandeld en maken de verschillende werkzaamheden voldoende voortgang?
- voldoen de verwerkte of vervaardigde materialen aan de vooraf gestelde kwaliteitseisen en worden deze op de vereiste wijze verwerkt?

- zijn de in het bestek en door het beleid gestelde normen juist en haalbaar?
- voldoen de tijdens de uitvoering mogelijk noodzakelijk gebleken aanpassingen aan de normen en uitgangspunten voor de afdichtingsconstructie?

12.3 Kwaliteitsplan

De uitvoerder stelt aan de hand van het in het contract door de opdrachtgever omschreven kwaliteitssysteem een kwaliteitsplan op. Hierin zijn de procedures omschreven die hij zal hanteren om aan de eisen en voorschriften, waarbij inbegrepen keuring en beproeving, te kunnen voldoen. Drie soorten productkeuring zijn te onderscheiden:

- ingangskeuring en beproeving van ontvangen producten voor verwerking;
- tussentijdse keuring en beproeving tijdens de werkzaamheden;
- eindkeuring en beproeving voor oplevering van het werk.

De uitvoerder moet over een stelselmatige registratie en archivering beschikken en deze op peil houden om hiermede het bewijs te leveren dat de desbetreffende producten of constructies zijn gekeurd en/of beproefd. De opdrachtgever dient de geregistreerde gegevens in afschrift aan de vergunningverlenende instantie ter beschikking te stellen en overigens in eigen archief op te slaan. Bij gebreken tijdens de nazorg kunnen beproevingen en beproevingsuitslagen wellicht een hulpmiddel vormen bij het analyseren van de oorzaak van gebreken. Aangezien nog maar beperkt ervaring met het realiseren van eindafwerkingsconstructies bestaat, moet een correcte registratie en archivering van groot belang worden geacht. Deze informatie is tevens input voor een evaluatie van alle activiteiten ten behoeve van de eindafwerking.

12.4 Proefveld

Aan de hand van een proefveld moet worden aangetoond dat de materiaalkeuze en het proces van aanleg geschikt zijn om redelijkerwijs het

gestelde doel te kunnen bereiken. Zo zal in het veld moeten worden getoetst of de door het vooronderzoek in het laboratorium aangegeven randvoorwaarden haalbaar zijn. De proefvelden zullen met name uitsluitsel moeten geven over de toe te passen procedure op taluds van stortheuvels. Bij een grote variatie van taluds zullen derhalve meer proefvelden nodig zijn. De breedte van een proefveld moet minstens het viervoudige van de breedte van de verdichtingsmachines bedragen en voldoende lengte hebben om de toe te passen optimale verdichtingssnelheid en verdichtingsmethode te kunnen bepalen. Gedacht wordt aan afmetingen van tenminste 20 x 40 m. Op het proefveld dient een beproevingsprocedure te worden gevolgd overeenkomstig tabel 12.1, met dien verstande dat de frequentie wordt bepaald door het tijdens de uitvoering van het proefvak toegepaste aantal processen.

13. CONTROLE OP WATERDICHTHEID

Infiltratie van water in het afvalstort via lekken in een (synthetische) afdichtingslaag is moeilijk of niet waarneembaar. In de zomerperiode zal via deze plekken geen water infiltreren, maar mogelijk wel stortgas ontwijken. Lekkage van stortgas kan dus een indicatie geven dat de afdichtingsconstructie (plaatselijk) niet meer voldoet. Dit verschijnsel is visueel waarneembaar aan kleurverandering van de vegetatie of het ontstaan van kale plekken. Dergelijke effecten zijn waarneembaar bij inspecties in het veld, maar ook bij inspectie vanuit de lucht, bijvoorbeeld met infrarood fotografie. Grotere lekkages zullen ook door stank waarneembaar kunnen zijn.
Het aanwezig zijn van stortgas in een afdeklaag kan ook door methaangasmeting worden aangetoond. Hiertoe is inmiddels kleine draagbare veldmeetapparatuur ontwikkeld, waarop de methaangasconcentratie in de bodemlucht direct kan worden afgelezen.

Conclusies uit bovengenoemd onderzoek dienen met omzichtigheid te worden getrokken. De geleiding van stortgas langs en door drainagebuizen kan misleidend zijn bij de precieze vaststelling van de lokaties waar lekkage optreedt. Nadat met visuele inspectiemethoden lekkage van stortgas is aangetoond, is een gedetailleerd onderzoek met gasdetectieapparatuur noodzakelijk om de exacte lokaties van lekkage vast te stellen.

Naast lekkage van regenwater kan ook lekkage van percolatiewater optreden ter plaatse van de teenconstructie. Door onvoldoende afvoer van percolatiewater door het afvoersysteem kan onder de (synthetische) afdichtingslaag een overdruk ontstaan. Een indicatie over eventuele lekkage van percolatiewater kan worden verkregen door het geleidingsvermogen van het water uit de drainagelaag te meten. Bij hoge waarden (geleidingsvermogen > 1000 µS/cm) is lekkage van percolatiewater door de afdichtingsconstructie waarschijnlijk.

Bij en kort na aanleggen van de eindafwerking dienen daarom ten behoeve van vergelijkend onderzoek de kwaliteit van het regenwater en percolaat als referentiewaarden te worden vastgesteld.

14. GRONDMECHANISCHE BEOORDELING OP STABILITEIT

Bij taludhellingen steiler dan 1:5 moeten grondmechanische berekeningen worden uitgevoerd ter bepaling van de standzekerheid van de eindafwerking. De invoerparameters voor deze berekeningen, de cohesie c' en wrijvingshoek Φ' voor grond, en de adhesie a' en wrijvingshoek δ' voor grond/folie moeten als volgt worden vastgesteld:

- bij taludhellingen steiler dan 1:3,5 moeten schuifsterkteparameters c', a', Φ' en δ' worden vastgesteld zoals is voorgeschreven in hoofdstuk 11;
- bij taludhellingen tussen 1:3,5 en 1:5 mogen de representatieve waarden van deze parameters door een ervaren grondmechanicus worden ingeschat. Voor de reductie van schuifweerstand bij de interactie tussen grond en synthetisch materiaal wordt verwezen naar [8], 4.3.
  Indien bij de ontwerpberekeningen veiligheidscoëfficiënten kleiner dan 1 worden gevonden, moet alsnog een laboratoriumonderzoek als genoemd in hoofdstuk 11 worden uitgevoerd voor het bepalen van de schuifsterkte.

In het aanhangsel van [1] is aangegeven hoe de stabiliteit van een eindafwerking moet worden berekenend. Deze semi-probabilistische methodiek (gebaseerd op de kansberekening) is afkomstig uit de 'Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, deel 1 - bovenrivierengebied', uitgegeven door de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen in september 1985.

Uitgangspunt bij de stabiliteitsbeschouwing is dat op geen enkel scheidingsvlak tussen grond/folie of tussen verschillende grondsoorten instabiliteit mag optreden. Schuifvlakken tussen grond en synthetisch materiaal zijn hierbij kritisch, omdat de schuifweerstand van grond (cohesief en niet-cohesief) over folie beduidend lager is dan die van grond zelf (zie [8]). Dit effect treedt ook op bij geprofileerde folies, zij het in mindere mate.

Een bijkomende eis is dat het synthetisch afdichtingsmateriaal niet op trek mag worden belast. Door middel van profileren aan de onderzijde kan worden bewerkstelligd dat de schuifsterkte onder te allen tijde groter is dan die aan de bovenzijde. Hangen aan de folie van bovenliggende grondlagen wordt hiermee voorkomen.

15. BEHEER EN HERSTEL

15.1 Controle, onderhoud en beheer van voorzieningen

Aangezien de voorzieningen gedurende een lange reeks van jaren dienen te functioneren is een goede controle en beheer essentieel. Hierbij dient onder controle te worden verstaan het waarnemen van (veranderingen in) de werking van de verschillende voorzieningen alsmede het inspecteren van de technische staat (rest-levensduur). Een belangrijk hulpmiddel hierbij is het bemonsteren en analyseren van percolaat, water uit de drainagelagen en grondwater.

Hoofdbestanddelen van het beheer voor een stortterrein zijn het instandhouden (organisatie tot beheer), het onderhoud (toezicht, reparatie) en het treffen van ingrijpende maatregelen ingeval van falen van de voorzieningen (bijvoorbeeld geohydrologische isolatie). Gezien de samenhang met de afdichtende constructie zullen hier alleen de maatregelen en initiatieven voor controle, inspecties en onderhoud worden behandeld. In tabel 15.1 zijn de hoofdonderdelen van de isolerende en beheersvoorzieningen aangegeven die bij een stortterrein aanwezig kunnen zijn. Voor elk van de voorzieningen zijn inspectie, controlemogelijkheden en -intervallen vermeld, alsmede de meest voorkomende onderhoudsactiviteiten. Daarbij zijn volledigheidshalve ook de grondwatermonitoring en het rapporteren opgenomen, aangezien deze activiteiten enerzijds passen in het beheer van de voorzieningen en anderzijds vaak zijn opgenomen in de Afvalstoffenwet-vergunning (AW) of in de vergunning inzake de Wet verontreiniging oppervlaktewater (WVO). De tabel kan als basis worden gehanteerd voor het opstellen van programma's en kostenramingen voor nazorg.

In [1], hoofdstuk 6, zijn controle, onderhoud en beheer nader uitgewerkt. Tevens zijn reparatiemogelijkheden en uitvoeringsaspecten daarvan toegelicht.

15.2 Herstelmogelijkheden bij storingen of gebreken

Een afvalstortterrein is in de gebruiksfase onderhevig aan een veelheid van belastingen en vormveranderingen die kunnen leiden tot storingen van de afdichtingsconstructie. Dit kan gevolgen hebben voor het functioneren van het systeem van eindafwerking en voor het functioneren van de gebruiksvormen op het afgewerkte stort. In het navolgende zal alleen aandacht worden besteed aan storingen van de eindafwerking.

Het doel een dichte eindafwerking is het voorkomen van infiltratie in het stort. Indien door een storing het functioneren van een of meerdere constructieonderdelen geheel of gedeeltelijk onmogelijk wordt en dit direct of indirect leidt tot een verhoogde infiltratie, zijn maatregelen noodzakelijk.
Een storing kan pas als zodanig worden aangemerkt, als deze gesignaleerd wordt. Dit houdt niet alleen het waarnemen van een verandering in, maar ook een analyse van de oorzaak, de omvang van de storing en de negatieve effecten op korte en lange termijn. Op grond van deze analyse moet beoordeeld worden in hoeverre het functioneren van het totale systeem van eindafwerking in gevaar komt, welke invloed dit heeft op de infiltratie van regenwater, op de omgeving, het functioneren van de overige constructieonderdelen en gebruiksvormen en op welke termijn herstel noodzakelijk is of nader onderzoek gewenst is. Interpretatie van gemeten wijzigingen/veranderingen dient gezien de duur van processen en het verschillend gedrag van stoffen zorgvuldig plaats te vinden. Analyse van de effecten van de storing op korte en lange termijn is richtinggevend voor de te treffen maatregelen. Afgewogen moet worden of deze tijdelijk of definitief van aard moeten zijn.

Tabel 15.1: Controle, onderhoud en beheer van voorzieningen

hoofdelement/onderdelen	voorzieningen	inspectie	maatregelen
1. Controles op functieverlies			
- grondwatermonitoring	- contr.drains, peilbuizen	- volgens AW/WVO vergunning	- bemonstering, analyse, rapportage
- vloeistofstroming drains, leidingen	- grondwater, percolaat, drainagelaag	- 2x per jaar in schachten	- onderzoek, rapportage
- gaslekkages	- afwerklaag, drains eindafwerking	- 1x per jaar metn.gasmeting	- onderzoek, rapportage
- nazakkingen afval	- vaste merken in kwadraatnet	- 1x per jaar waterpassen	- instandhouden merken, rapportage
- technische staat	- alle voorzieningen	- 1x per jaar	- schatting restlevensduur,rapport.
2 Eindafwerking			
a. teelaardelaag	- grasmat	- 1x per jaar	- frezen, bijzaaien; bestrijden van grote knaagdierenpopulaties
	- beplanting	- 1x per 2 jaar	- snoeien, uitdunnen
	- laagdikte	- 2x per jaar	- aanvullen uitspoelingen
b. wortelremmende voorziening	- doek	- bij reparatie aan andere onderdelen	- niet essentieel
c. drainerende zandlaag	- drainage stelsel	- 2x per jaar afvoer control.	- doorspuiten per 2 à 4 jaar
	- drainagemat	- idem, verweking afwerklaag	- plaatselijke vervanging, of drain aanbrengen
d. zandbentoniet-laag	- dichting	- 1x per jaar gasmeting	- reparatie bij grote zettingen
	- doorvoering gasbuizen	- idem bijzondere zakkingen	- ontgraven en repareren
	- doorvoering schachten	- idem	- idem
	- doorvoering perc. afvoer	- idem, verweking afwerklaag	- idem
e. 2e dichtende laag (folie)	- aansluiting op andere dichting	- 1x per jaar; o.a. door bemonsteren	- repareren doorvoeringen
	- doorvoeringen	- idem 2.d.	- idem 2.d.
f. steunlaag	- percolaat/gasdrains	- 1x per jaar afvoer control.	- repareren aansluitingen
	- drainagemat	- niet mogelijk	- geen
3. Gasonttrekking			
a. aanzuiginrichting	- aanzuiger	- 6x per jaar	- elektromechanisch onderhoud
	- condenswaterafvang	- idem	- reinigen
	- buizennet	- 2x per jaar	- bij zakkingen waterslot opheffen
	- fakkelinrichting	- wekelijks vlam	- maandelijks reiniging, onderhoud
b. gasbronnen	- aansluitingen, bron	- 6x per jaar controle prod.	- reparatie, opheffen lekkages
4. Teenconstructie			
a. afvoer regenwater	- verzamelleiding en/of koppeldrain	- 2x per jaar; verweking maaiveldaansluiting	- reiniging, reparatie
	- inspectie schachten	- idem	- idem; onderhoud deksels
	- drainaansluitingen, doorspuitpunten	- idem	- idem; doorspuiten elke 2 à 4 jaar
	- afvoerleidingen	- idem, in schachten	- idem
	- lozingspunt	- idem; analyse watermonster	- idem coördinatie waterbeheerder
b. afvoer percolaat	- verzamelleiding	- 2x per jaar; idem 4.a	- reiniging, reparatie
	- schachten	- idem	- idem
	- aansluitingen	- idem	- idem
	- doorvoeringen	- idem; analyse watermonster	- idem; grondwateranalyse
	- pompput, persleiding, lozingspunt	- storingsmelder;proefdraaien	- idem; elektro-mechanisch onderhoud coördinatieRWZI

Tabel 15.1 (vervolg): Controle, onderhoud en beheer van voorzieningen

hoofdelement/onderdelen	voorzieningen	inspectie	maatregelen
c. afdichtingen	- afdichtende laag	- 1x p.j. zettingen,verweking	- aanvulling, reparatie
	- doorvoeringen	- 1x per jaar; gasmeting	- reparatie; grondwateranalyse
	- laagaansluitingen	- idem	- aanvulling, reparatie
5. Percolaatopvangsysteem			
a. percolaataftv. onderafdicht.	- zie 4.b.	- idem, 4.b.	- idem 4.b.
	- percolaatdrainage	- 2x per jaar in schacht	- doorspuiten 1 à 2x per jaar, later 1x per 2 jaar
6. Grondwatermonitoring			
a. controledrainage	- verzamelleiding, doorspuitpunten		- 1x per jaar reiniging, reparatie
	- drains	- bij bemonstering volgens vergunning	- doorspuiten 1x per 3 à 5 jaar
	- pompput, persleiding	- 1x per jaar; idem 4.b.	- elektro-mechanisch onderhoud
	- lozingspunt	- 2x per jaar	- coördinatie waterkwalit. beheerder
b. peil/bemonsteringsbuizen	- diep en ondiep	- 1x per jaar	- bemonstering uitgebreid conform vergunningen
	- achter folie-/ZB-doorvoeringen	- 2x per jaar	- bemonstering beperkt (indicatief); kan later vervallen

Op grond van ernst en omvang zal sprake zijn van:

- aanpassingen (bijvoorbeeld egaliseren);
- reconstructiemaatregelen (herstel of vervanging van afdichtende delen);
- aanbrengen van andere constructie.

Als combinatie van herstel en reconstructie kan bijvoorbeeld worden overwogen een nieuwe afdichting aan te brengen, nadat de verwachte levensduur van de synthetische afdichtingslaag is verstreken.

De voor te stellen maatregelen zullen getoetst moeten worden op onder andere (blijvende) effectiviteit op doorlatendheid, betrouwbaarheid, ervaringen met te kiezen methode, controleerbaarheid van de reparatie, schadelijke neveneffecten, beïnvloeding overige kenmerken (ontwatering, stabiliteit, bodemtoxiciteit, bewortelbare diepte, draagkracht, agressiviteit), beïnvloeding van gebruiksfuncties etc. De herinrichting en gebruiksvorm van een stortterrein zullen sterk bepalend zijn bij de keuze van de maatregelen.

BIJLAGE 1 BESCHRIJVING VAN DICHTE EINDAFWERKING IN TE VERLENEN VERGUNNINGEN

Voorschrift dichte eindafwerking

1. De afvalbergplaats dient te worden voorzien van een dichte eindafwerking. De ruimtelijke vormgeving van de eindafwerking dient te worden uitgevoerd overeenkomstig het bij deze vergunning behorende en als zodanig gewaarmerkte landschapsplan.
In de eindafwerking dient een vloeistofdichte (dan wel een nagenoeg vloeistofdichte) constructie te zijn opgenomen, tenzij deze voorschriften anders bepalen. De afdichting dient te worden beschreven in een door de vergunninghouder op te stellen "afdichtingsplan" (zie paragraaf 8 t/m 10 van dit voorschrift).

2. Onder afdichten en afwerken wordt in hoofdlijnen verstaan:
   - het aanbrengen van een dubbele bovenafdichtingsconstructie over de geborgen stoffen, zoals hierna in paragraaf 10 van dit voorschrift kort beschreven en meer uitgebreid is vermeld in de "Richtlijnen voor de dichte eindafwerking van stortplaatsen" (verkrijgbaar bij de vergunningverlener);
   - een leeflaag van schone grond, die enerzijds deel uitmaakt van de afdichtingsconstructie en anderzijds de basis vormt voor beplantingen en toekomstige gebruiksvormen van het terrein;
   - beplantingen, wegen, paden etc. voor zover deze deel uitmaken van de eindafwerking volgens het landschapsplan.

3. Het aanbrengen van de afdichtingsconstructie en de leeflaag dient gefaseerd plaats te vinden op basis van de in het inrichtingsplan/ stortplan aangegeven fasering door middel van stortvakken. De voorzieningen dienen per stortvak na het volraken daarvan op een daartoe geëigend moment te worden aangebracht (zie paragraaf 4 t/m 6 van dit voorschrift).

Indien het om storttechnische redenen gewenst is de eindhoogte in één gang over meer dan één stortvak aan te brengen, zal gelden dat de fasering in de bovenafdichting wordt gekozen op maximaal twee/-drie stortvakken. Tevens dient hierbij de regel in acht te worden genomen dat niet later dan 10 jaar na ingebruik nemen van een stortvak daarop de bovenafdichting aanwezig zal zijn.

4. Afhankelijk van de te verwachten klink in het afval en de mogelijkheid van het ontstaan van stortgas kan het noodzakelijk zijn een op eindhoogte gebracht stortvak enige jaren te laten rusten onder een tijdelijke grondafdekking, dik ca. 0,20 m. Deze wachtperiode dient zo kort mogelijk te zijn om het ontstaan van percolaat en de daarmee samenhangende milieurisico's (en zuiveringsinspanningen) zo veel mogelijk te beperken.
Anderzijds dient de wachtperiode voldoende lang te zijn, zodat restklink (met name ongelijkmatige zakkingen) in de geborgen stoffen geen bedreiging zal inhouden voor de afdichting.

5. In stortvakken waarin meer dan 5 volume % van het afval bestaat uit organisch materiaal geldt ten behoeve van de gasvorming een wachtperiode van 2 à 4 jaar na het bereiken van de eindhoogte in een stortvak.
De in deze periode ontstane klink in het afval dient halfjaarlijks door waterpassing te worden gemeten en geregistreerd.
Het gasvormingsproces dient te worden gevolgd door halfjaarlijks de concentratie methaangas te meten op een niveau van 1 m onder het oppervlak van de tijdelijke grondafdekking.
Alle meetgegevens dienen jaarlijks aan het einde van het kalenderjaar aan de Provinciale Dienst Milieu te worden verstrekt.

6. In stortvakken met minder dan 5% organisch materiaal in het afval is de klinkverwachting (zoals dient te zijn vermeld in "inrichtingsplan" c.q. "stortplan") maatgevend voor het moment van afdichten.

De halfjaarlijks te meten klink zoals genoemd in par. 5 en 6 van dit voorschrift dient te worden getoetst aan de klinkverwachting teneinde het moment van aanbrengen van de afdichting te bepalen. Ter indicatie geldt dat de wachtperiode hier niet langer zal duren dan tot 2 jaar na het bereiken van de eindhoogte van het betrokken deel van de afvalbergingsinrichting.
Voor beide afvalstoffensituaties geldt dat een rest klink-verwachting van 0,5 m of minder voldoende zekerheid biedt om functieverlies van de afdichting door verschil-klink te voorkomen.

7. De vergunninghouder dient uiterlijk bij het verstrijken van de periode van respectievelijk 2 of 4 jaar, of zoveel eerder als mogelijk, danwel noodzakelijk is, in overleg met de Dienst Milieu te bepalen of beide genoemde processen (gasvorming en klink) voldoende ver gevorderd zijn om te kunnen overgaan tot het aanbrengen van de dichte eindafwerking op het betrokken deel van de afvalbergingsinrichting.

8. De vergunninghouder dient uiterlijk 6 maanden voor het einde van de van toepassing zijnde hiervoor genoemde perioden van respectievelijk 2 of 4 jaar een uitvoeringsgereed afdichtingsplan voor aanbrengen van de afdichtingsconstructie en de leeflaag ter goedkeuring bij Provinciale Dienst Milieu in te dienen. Het plan dient te zijn gebaseerd op het landschapsplan en voorts op de uitgangspunten en beschrijvingen zoals vermeld in deze voorschriften, en in "Richtlijnen voor de dichte eindafwerking van stortplaatsen", het hoofddocument bij deze bijlage d.d. 1991, of een herziene uitgave daarvan. De Dienst Milieu zal het plan voorts toetsen aan de dan geldende inzichten en de laatste stand van techniek en zal eisen stellen met betrekking tot de ondoorlatendheid van de afdichting. Indien in de fasering van de bovenafdichting intervallen van één of meer jaren ontstaan, kan bij latere fasen aanpassing noodzakelijk zijn van eerder ingediende afdichtingsplannen.

9. Het afdichtingsplan dient te bestaan uit een rapport van afdichting en een uitvoeringsgereed plan (bestek).
In het rapport van afdichting wordt door de vergunninghouder aangegeven:
- inventarisatie, opneming, onderzoek e.d. van de bestaande situatie;
- voorgenomen materiaalkeuze, laagdiktes alsmede berekeningen en afleidingen ten behoeve van de afdichtende constructie op basis van de eerder genoemde "Richtlijnen voor de dichte eindafwerking";
- uit te voeren materiaalonderzoeken, herkomst van materialen voor de afdichtingsconstructie en de leeflaag;
- principe-ontwerp van de afdichtingsconstructie met water-afvoersystemen;
- documenten, belegstukken, berekeningen en afleidingen ter bepaling van de technische levensduur van de afdichting; uitgangspunt is het langdurig en zo lang mogelijk (minimaal 50 à 100 jaar) effectief functioneren en in stand houden van de afdichting c.a.;
- de voor realisering benodigde vergunningen van derden.

10. Het uitvoeringsgereed plan (bestek) dient tenminste te voorzien in:
- omschrijving, kwaliteitseisen en -borging en uitvoeringsbepalingen voor alle toe te passen materialen, aan te brengen constructies en uit te voeren werkzaamheden;
- het voor aanvang van het werk uit te voeren vooronderzoek op basis van de gekozen materialen;
- het aanbrengen van gasonttrekkingsvoorzieningen;
- verdichten van de basislaag en zonodig herprofileren, zodat voldaan kan worden aan het landschapsplan (zie: Inrichtingsplan);
- het aanbrengen van een steunlaag, zonodig aangepast aan de draagkrachtigheid en het vochtgehalte van de basislaag;

- het aanbrengen van een dubbele afdichtingsvoorziening, bestaande uit:
  * een zandbentoniet-laag;
  * een kunststof-folie, die aan de in deze richtlijn gestelde eisen voldoet.

  De volgorde van deze voorzieningen dient te worden gemotiveerd;
- het aanbrengen van een drainerende zandlaag met ontwateringsvoorzieningen;
- het aanbrengen van een leeflaag van (gebiedseigen) schone grond;
- het gescheiden opvangen en afvoeren van percolaat (en ander verontreinigd water) en schoon regenwater;
- het dicht doorvoeren van buizen, schachten, gasonttrekkingsvoorzieningen e.d. door de afdichtingsconstructie;
- voldoende stabiliteit van de aan te brengen constructie op hellingen;
- voldoende onderhouds- en meetmogelijkheden om de effectiviteit van de afdichtingsconstructie ook op lange termijn in stand te kunnen houden en te kunnen controleren;
- het inzaaien van de leeflaag met voldoende graszaad van zodanige samenstelling dat erosie zoveel mogelijk wordt voorkomen.

11. De gasonttrekkingsvoorzieningen dienen bij een gehalte van meer dan 5% organisch materiaal in het afval tenminste te bestaan uit enige verticale gasbronnen en een ringdrain langs de omtrek van de kruin van een afvalheuvel.
Bij een stortvak met meer dan 10% organisch materiaal in het afval dient tevens te worden voorzien in onttrekking van gas dat ontstaat buiten de invloedssfeer van verticale gasbronnen, zoals onder taluds.
De vergunninghouder dient hiertoe uiterlijk tegelijk met het afdichtingsplan voor de eerste fase van afdichting, of zoveel eerder als de methaangasmetingen aangeven, een gasonttrekkingsplan ter goedkeuring in te dienen bij de Dienst Milieu. In het gasonttrekkingsplan dienen plaats, aantal en aard van de voorzieningen te worden gemotiveerd en berekend.

12. Het aanbrengen van de afdichtingsconstructie en de leeflaag dient in het eerstvolgende voorjaar volgend op de goedkeuring van het uitvoeringsgerede afdichtingsplan plaats te vinden, tenzij in het overleg van de vergunninghouder met de Dienst Milieu (zie paragraaf 7) een ander tijdstip wordt bepaald.

13. Op terreingedeelten die zijn voorzien van de dichte eindafwerking dient in het tweede plantseizoen volgend op het aanbrengen van de leeflaag de voorziene beplanting te worden aangebracht. Daartoe dient tegelijk met het indienen van het uitvoeringsgerede plan voor de eerste fase van afdichting een beplantingsplan voor de gehele afvalbergingsinrichting ter goedkeuring bij de Dienst Milieu te worden ingediend.

14. De vergunninghouder dient uit de stortgelden een voldoende groot fonds te reserveren voor de financiering van de dichte eindafwerking. De vergunninghouder dient daartoe binnen 6 maanden na verlenen van deze vergunning een kostenbegroting bij de Dienst Milieu in te dienen en de daaruit voortvloeiende reservering binnen het stortarief aan te geven. De financiering alsmede noodzakelijke aanpassingen ingeval van gewijzigde inzichten, behoeft de goedkeuring van de Dienst Milieu.

15. De directeur van de Dienst Milieu kan ten aanzien van de hiervoor gegeven voorschriften in paragraaf 3 t/m 14 na overleg met de vergunninghouder nadere eisen stellen.

Slotbepalingen dichte eindafwerking

1. Na aanbrengen van de dichte eindafwerking mogen geen activiteiten worden ontplooid die op enigerlei wijze schade kunnen veroorzaken aan de werking van de vloeistofdichte lagen, de drainerende laag en de leeflaag, danwel enig ander onderdeel van de constructie en voorzieningen. Ontheffing kan worden verleend indien naar het oordeel van de Dienst Milieu voldoende beschermende voorzieningen kunnen worden aangebracht.

2. Van elk bijzonder voorval waardoor het onmogelijk is de voorschriften uit deze vergunning na te leven of waardoor op enigerlei wijze schade, gevaar of hinder voor het milieu ontstaat, dient onmiddellijk aangifte te worden gedaan bij de directeur van de Dienst Milieu.

Nazorg

1. Binnen 6 maanden na verlenen van deze vergunning dient de vergunninghouder een "plan van nazorg" bij de Dienst Milieu ter goedkeuring in te dienen.
   In dit plan van nazorg dient te worden aangegeven:
   - aard en soort van voorzieningen die in een onderhoudsprogramma worden opgenomen;
   - frequentie van inspecties, reinigingen en onderhoud gericht op het langdurig en zo lang mogelijk in stand houden van de afdichting met alle bijbehorende voorzieningen en de goede werking daarvan;
   - waarnemingsprogramma waarin wordt aangegeven welke parameters en gegevens jaarlijks zullen worden gemeten en verzameld ter controle op de goede werking van de afdichting en de bijbehorende voorzieningen.
   - een becijfering van de kosten van eeuwigdurende nazorg; hierbij dient te worden aangegeven de omvang van een fonds ter financiering van deze nazorg alsmede de daaruit voortvloeiende reservering binnen het storttarief.

2. Tot de jaarlijks te meten/verzamelen gegevens met betrekking tot de afdichting dienen tenminste te worden ge- -d:
   - meting van klink;
   - bemonstering van af te voeren wa- .it afvoersystemen;
   - temperatuur- en methaangasmeting -.. de leeflaag op een diepte van 0,80 m in taluds en kruin, alsmede in waterafvoersystemen;
   - tenminste 2 maal per jaar op daartoe geschikte momenten meting van het geleidingsvermogen en zuurgraad van af te voeren percolaat en drainagewater.

3. Van de verrichte nazorg (inspecties, onderhoud, kleine reparaties) en de verzamelde gegevens dient jaarlijks in een nazorg-rapport aan de Dienst Milieu verslag te worden gedaan.
   Indien een toename van de infiltratie van regenwater wordt vastgesteld of vermoed, dienen door de vergunninghouder maatregelen te worden voorgesteld. De directeur van de Dienst Milieu kan aanvullend onderzoek verplicht stellen en zal na overleg met de vergunninghouder besluiten welke maatregelen noodzakelijk zijn.

4. Bij gasuittreding moeten afdoende maatregelen worden getroffen om het gas langs geleide weg op onschadelijke wijze uit de inrichting te laten ontwijken. Deze bepaling is ook van toepassing als de uittreding van gas plaatsvindt op een reeds afgewerkt gedeelte van het stortterrein terwijl de inrichting zelf nog in bedrijf is.

5. Na het aanbrengen van de eindafdekking dient, een en ander conform de in deze vergunning gegeven voorschriften, beplanting te worden aangebracht. Er dient op te worden toegezien dat door middel van een juiste nazorg de instandhouding van de aangebrachte beplanting verzekerd blijft.

6. Als tijdens de nazorg wezenlijke afwijkingen van de in deze vergunning aangegeven situaties worden geconstateerd, neemt de vergunninghouder maatregelen om de oorspronkelijke en bedoelde inrichtingswijze op korte termijn te herstellen.

Van calamiteiten (zich onverwacht voordoende afwijkingen en ernstige gebreken) in de dichte eindafwerking dient door de vergunninghouder direct schriftelijk melding te worden gemaakt aan de directeur van de Dienst Milieu. In overleg met de vergunninghouder zal worden bepaald welke maatregelen noodzakelijk zijn.

7. De directeur van de Dienst Milieu kan ten aanzien van de hiervoor gegeven voorschriften in paragraaf 1 t/m 6 na overleg met de vergunninghouder nadere eisen stellen.