

coördinatiecommissie
uitvoering
wet verontreiniging
oppervlaktewateren

werkgroep VI

aanbevelingen met betrekking tot
zuivering van percolatiewater van
stortplaatsen voor voornamelijk
huishoudelijke afvalstoffen

INHOUD

PAGINA

0	SAMENVATTING	3
1	INLEIDING	9
2	OVERZICHT HUIDIGE SITUATIE	13
3	KWANTITEIT EN KWALITEIT VAN PERCOLATIEWATER	27
4	BEHANDELING VAN PERCOLATIEWATER	45
5	INDICATIEVE LOZINGSEISEN	61
6	EVALUATIE	75
7	LITERATUUR	79

Bijlagen:

1	Verklarende woordenlijst	83
2*	Technische maatregelen met betrekking tot percolatiewater	
3*	Overzicht van in de enquête opgenomen vuilstortplaatsen	
4*	Enquêteformulier	
5*	Verdeling van de neerslag naar plaats en tijd	
6*	Gegevens over samenstelling percolatiewater	
7*	Zuiveringstechnieken voor percolatiewater	
8*	Verontreinigingsheffingen. Bepaling i.e. getal en T-correctie	
9*	Zuiveringskosten. Capaciteit van zuivering.	
•	opgenomen in het supplement op dit rapport.	

0. Samenvatting

Door werkgroep VI van de "Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren" (CUWVO) is een subwerkgroep "Vuilstortplaatsen" in het leven geroepen, bestaande uit vertegenwoordigers van het RIVM, DBW/RIZA, waterkwaliteitbeheerders en het Ministerie van VROM.

De opdracht van werkgroep VI van de CUWVO aan de subwerkgroep is een onderzoek in te stellen naar de percolatiewaterproblematiek rond stortplaatsen voor huishoudelijke afvalstoffen en ermee te verwerken bedrijfsafval ex art. 4, 17, 25 en 26 van de Afvalstoffenwet. Dit onderzoek omvatte:

- inventarisatie van ongesaneerde vuilstortplaatsen;
- onderzoek naar kwantiteit en kwaliteit van de afvalstoffen in percolatiewater;
- aangeven van mogelijkheden tot beperking van de hoeveelheden te lozen afvalstoffen in percolatiewater;
- het inzichtelijk maken van de kosten van de behandelingsmethoden in relatie tot het verwijderingsrendement;
- omschrijven van beste bestaande- en best uitvoerbare technieken voor de behandeling van afvalwater van stortplaatsen;
- het doen van aanbevelingen met betrekking tot de toe te passen technieken;
- het doen van aanbevelingen tot het opstellen van lozingseisen.

Naast de WVO, waarin het waterkwaliteitsbelang centraal staat, hebben nog vier andere wetten raakvlakken met de percolatiewaterproblematiek.

Dit zijn:

- Wet bodembescherming (WBB);
- Afvalstoffenwet (AW);
- Wet chemische afvalstoffen (WCA);
- Hinderwet (HW).

De verhouding tussen WVO, AW, WCA, WBB en HW is expliciet geregeld.

De kwaliteit van percolatiewater wordt ondermeer bepaald door de aard van de gestorte afvalstoffen. In een vergunning ingevolge de AW is aangegeven welke stoffen wel en welke stoffen niet mogen worden gestort (acceptatiebeleid).

Indien uit het oogpunt van waterkwaliteit bezwaren bestaan tegen het storten van bepaalde afvalstoffen, moeten in de vergunning ingevolge de WVO aanvullende eisen worden opgenomen met betrekking tot te nemen maatregelen om ernstige vervuiling van percolatiewater tegen te gaan. Op basis van artikel 6 van de AW is door de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer een Richtlijn gecontroleerd storten gegeven. In de eerste Richtlijn (1980) werd nog slechts gesproken over het verwerken van afval onder droge omstandigheden, dat wil zeggen 50 cm boven de hoogste grondwaterspiegel.

Sinds het uitbrengen van een herziene Richtlijn in 1985 is het beleid ten aanzien van het beschermen van de bodem verscherpt, zoals onder meer blijkt uit het Voorlopig Indicatief Meerjaren Programma Bodem 1984-1988.

Ten aanzien van het op of in de bodem brengen van afvalstoffen heeft de Richtlijn tot gevolg dat de maatregelen die genomen moeten worden om de bodem en het grondwater te beschermen tegen verontreinigingen moeten voldoen aan de volgens dit aangescherpte beleid geformuleerde uitgangspunten, te weten:

- 1) direct contact tussen afvalstoffen en bodem, grond- en oppervlaktewater dient vermeden te worden;
- 2) verspreiding in de bodem van verontreinigd water afkomstig uit de afvalstoffen dient te worden voorkomen;
- 3) de situatie waarin de stoffen op of in de bodem zijn gebracht, dient beheersbaar te zijn en - in de toekomst - te blijven;
- 4) regelmatige controle op de situatie en op de effectiviteit van de getroffen voorzieningen dient plaats te vinden.

In de Richtlijn wordt aangegeven dat het storten van afvalstoffen niet alleen zal geschieden op een, volgens de uitgangspunten ingerichte, nieuwe stortplaats, maar ook op bestaande uit te breiden stortplaatsen.

Door de subwerkgroep is een onderzoek, bestaande uit twee enquêtes, ingesteld naar de huidige situatie in Nederland met betrekking tot de percolatiewaterproblematiek van in gebruik zijnde stortplaatsen voor huishoudelijk afval en ermee te verwerken bedrijfsafval.

Door de meeste kwaliteitsbeheerders wordt gestreefd naar opvang en afvoer van percolatiewater naar rioolwaterzuiveringsinrichtingen of naar een verdergaande behandeling van het percolatiewater. Rechtstreekse lozing van percolatiewater op oppervlaktewater vindt echter op verschillende locaties plaats.

Bij rechtstreekse lozing van percolatiewater op oppervlaktewater worden in het algemeen de voorschriften met betrekking tot percolatiewaterkwaliteit en -kwantiteit afgestemd op de kwaliteitsdoelstellingen van het ontvangende water.

Bij lozing van percolatiewater op een rioolwaterzuiveringsinstallatie worden de voorschriften in het algemeen afgestemd op de capaciteit van de desbetreffende installatie.

Ten aanzien van zware metalen zijn de in lozingsvergunningen opgenomen eisen wisselend, zowel bij rechtstreekse lozing op oppervlaktewater als op een rioolwaterzuiveringsinstallatie.

In vergunningen worden vaak geen voorschriften opgenomen met betrekking tot organische microverontreinigingen. Indien dit wel het geval is, worden de lozingseisen afgestemd op de behandelingsmethode.

De uit de enquêtes verkregen gegevens blijken onvoldoende te zijn om op basis van enkele karakteristieke kenmerken van percolatiewaterkwantiteit en -kwaliteit te komen tot een indeling van stortplaatsen. Tevens blijkt dat nog maar weinig stortplaatsen in Nederland voldoen aan de principes van isoleren, beheersen en controleren zoals genoemd in de Richtlijn gecontroleerd storten (1985). De stortplaatsen hebben veelal een ontwikkeling doorgemaakt van het vrijwel ongecontroleerd storten tot het toepassen van modernere technieken.

Verschillende zuiveringstechnieken kunnen gebruikt worden voor de behandeling van percolatiewater. Rendementen zijn voor een groot deel gebaseerd op praktijkresultaten, die met proefinstallaties bereikt zijn. Cijfers over kwaliteit en kwantiteit van vrijkomend percolatiewater bij Nederlandse stortplaatsen zijn echter maar sporadisch voorhanden. Om toch enig inzicht te kunnen geven in de werking en de kosten van de zuiveringssystemen is een model-percolatiewater met betrekking tot kwantiteit en kwaliteit voor zowel de zure als de methanogene fase aangenomen. Dit model geldt voor stortplaatsen, die volgens de Richtlijn gecontroleerd storten zijn ingericht. Bedacht moet evenwel worden dat vrijkomend percolatiewater uit veel bestaande stortterreinen verdund is met kwel- en/of oppervlaktewater.

Uit berekeningen blijkt, dat methanogeen percolatiewater tegen veel lagere kosten kan worden behandeld dan zuur percolatiewater. Het vrijkomen van zuur percolatiewater dient mede hierom zo veel mogelijk te worden voorkomen. Naar verwachting kan door toepassing van recirculatie eerder methanogeen percolatiewater worden verkregen.

De aërobe behandeling van methanogeen gestabiliseerd percolatiewater is de goedkoopste behandelingstechniek. Dit geldt nog in versterkte mate indien de T-correctie kan worden toegepast. De effluentkwaliteit van een aërobe behandeling kan verbeterd worden door een combinatie van technieken te installeren of, voor ongeveer dezelfde kosten, over te gaan tot de behandeling door middel van hyperfiltratie. Met betrekking tot de fase na beeïndigen van de stortactiviteiten (de nazorgfase) kan opgemerkt worden dat het zinvol is om in iedere situatie de kosten van behandeling af te wegen tegen de kosten van een aan te brengen bovenafdichting.

Tenslotte dient opgemerkt te worden dat aan de uitkomsten van de berekeningen geen absolute waarde mag worden gehecht. De berekeningen zijn slechts voor vergelijkende doeleinden uitgevoerd, aangezien uitgegaan is van modelpercolatiewater, de kosten, ontleend aan praktijkexperimenten, indicatief zijn en schattingen van rendementen en kosten zijn opgenomen voor niet-beproefde technieken.

In het IMP-W '85-'89 worden twee hoofduitgangspunten van beleid genoemd: "vermindering van de verontreiniging" en het "stand-still beginsel". Bij het eerste uitgangspunt wordt onderscheid gemaakt tussen de "emissie-aanpak" (voor de zwarte lijst-stoffen en voor een groot deel van de overige verontreinigingen) en de "waterkwaliteitsaanpak" (voor relatief onschadelijke verontreinigingen). Ook het tweede uitgangspunt is nader uitgewerkt voor enerzijds stoffen van de zwarte lijst, anderzijds voor de overige stoffen. Percolatiewater bevat zowel (potentieel) zwarte lijst-stoffen (kwik, cadmium, arseen, benzeen, toluen, ethylbenzeen en xylenen) en overige verontreinigingen (zuurstofbindende stoffen en metalen).

Gezien de aanwezigheid van zwarte lijst-stoffen zouden in principe de beste bestaande technieken moeten worden toegepast. Het aandeel van deze stoffen in percolatiewater ten opzichte van de overige verontreinigingen is echter gering. Zuiveringstechnieken zullen derhalve primair worden toegepast om de overige verontreinigingen te verwijderen. Door toepassing van deze technieken worden evenwel ook zwarte lijst stoffen (met een redelijk rendement) verwijderd. Aanvullende technieken worden derhalve op voorhand niet nodig geacht. Op basis van toepassing van de beschouwde technieken zijn indicatieve waarden geformuleerd voor eisen, te stellen bij lozing op oppervlaktewater en via de gemeentelijke riolering.

Hieruit blijkt dat het ondermeer mogelijk is methanogeen percolatiewater via de gemeentelijke riolering te lozen.

1. Inleiding

Door werkgroep VI van de "Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren" (CUWVO) is een subwerkgroep "Vuilstortplaatsen" in het leven geroepen, bestaande uit vertegenwoordigers van het RIVM, DBW/RIZA, waterkwaliteitbeheerders en het Ministerie van VROM.

De aanleiding tot het instellen van de subwerkgroep was het van kracht worden van een AMvB waarbij onder meer vuilstortplaatsen zijn aangewezen als categorie inrichtingen in de zin van art. 1 tweede lid en art. 31 vierde lid van de WVO.

Deze aanwijzing houdt in dat voor vuilstortplaatsen de zogenaamde fictieve vergunning vervalt en dient te worden vervangen door een schriftelijk vastgelegde vergunning voor lozingen op oppervlaktewater en/of de riolering.

Het gevolg hiervan is dat voor de in aanmerking komende stortplaatsen op korte termijn lozingsvergunningen moeten worden afgegeven. Om die reden zijn door CUWVO VI reeds model-aanvraagformulieren opgesteld en verspreid. Dit rapport geeft een handvat voor het opstellen van voorschriften in het kader van de WVO.

Bij het samenstellen van een model betreffende de vergunningsvoorschriften kwam de vraag naar voren hoe groot de omvang is van het afvalwaterprobleem van de stortplaatsen en op welke wijze een sanering van de lozingen tot stand kan worden gebracht.

Het afvalwater van vuilstortplaatsen wordt in hoofdzaak gevormd door neerslag welke infiltreert in een stortlichaam, percoleert door dit stortlichaam en vervolgens uittreedt (percolatiewater). In het stortlichaam aanwezige verontreinigingen zullen worden opgenomen door het percolerende water.

Via het uittreedende percolaat treedt een niet-limitatief aantal stoffen naar buiten die als "zwarte lijststoffen" en "overige verontreinigingen" kunnen worden gekarakteriseerd. De verontreiniging van percolatiewater wordt in sterke mate bepaald door de aard en samenstelling van het gestorte afval en de leeftijd van de stortplaats.

De opdracht van werkgroep VI van de CUWVO aan de subwerkgroep is een onderzoek in te stellen naar de percolatiewaterproblematiek. Dit onderzoek omvatte:

- inventarisatie van ongesaneerde vuilstortplaatsen;
- onderzoek naar kwantiteit en kwaliteit van de afvalstoffen in percolatiewater;
- aangeven van mogelijkheden tot beperking van de hoeveelheden te lozen afvalstoffen in percolatiewater;
- het inzichtelijk maken van de kosten van de behandelingsmethoden in relatie tot het verwijderingsrendement;
- omschrijven van beste bestaande- en best uitvoerbare technieken voor de behandeling van afvalwater van stortplaatsen;
- het doen van aanbevelingen met betrekking tot de toe te passen technieken;
- het doen van aanbevelingen tot het opstellen van lozingseisen.

Om inzicht te krijgen in de huidige situatie zijn door de subwerkgroep twee enquêtes ingesteld. Deze zijn weergegeven in hoofdstuk 2. Een telefonische enquête bij waterkwaliteitsbeheerders had tot doel inzicht te krijgen in het huidige beleid van waterkwaliteitsbeheerders met betrekking tot de vergunningverlening.

Een schriftelijke enquête had als doel het verzamelen van gegevens van nog open zijnde en/of nog uit te breiden stortplaatsen van voornamelijk huishoudelijk afval (afvalcategorieën ex. art. 4, 17, 25 en 26 van de Afvalstoffenwet). Hiervan zijn er in Nederland circa 300 in gebruik.

De subwerkgroep heeft zich bij de enquêtes beperkt tot nog open zijnde en/of nog uit te breiden stortplaatsen, aangezien van de gesloten stortplaatsen vermoedelijk weinig concrete gegevens te verkrijgen zijn. Bovendien is in de geraadpleegde literatuur met betrekking tot storttechnieken, afvalsamenstelling, percolatiewaterkwantiteit en -kwaliteit meer bekend van de "jongere" stortplaatsen dan van de oudere stortplaatsen.

Aan de hand van deze uit de enquêtes verkregen gegevens zouden enkele "modelstortplaatsen" worden gedestilleerd, welke als uitgangspunt zouden kunnen dienen voor de beschrijving en evaluatie van behandelingsmethoden van percolatiewater.

Omdat aan de schriftelijke enquête onvoldoende betrouwbaar geachte gegevens konden worden ontleend waaruit een gemiddelde percolatiewaterkwaliteit kon worden samengesteld, is door de subwerkgroep een model-percolatiewater geformuleerd dat dient als uitgangspunt voor de beschouwing van de behandelingsmethoden.

In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op aan literatuur ontleende gegevens met betrekking tot de kwaliteit en kwantiteit van percolatiewater en de daarmee samenhangende maatregelen. Gezien het feit dat de percolatiewaterproblematiek pas het laatste decennium wordt onderkend, met name voor wat betreft de organische micro-verontreinigingen, zijn de beschikbare literatuurgegevens beperkt.

De behandelingsmethoden van percolatiewater zoals weergegeven in hoofdstuk 4 zijn ontleend aan literatuurgegevens. Op basis van hoofdstuk 4 zijn in hoofdstuk 5 indicatieve waarden voor lozingseisen aangegeven, waarbij de kosten om een bepaalde effluentkwaliteit te bereiken worden afgewogen tegen te stellen lozingseisen.

Tenslotte vindt in hoofdstuk 6 een evaluatie plaats. (N.B.: een aantal bijlagen is in het supplement op het rapport opgenomen)

De subwerkgroep bestond uit de volgende leden:

- Ir. D. Beker (RIVM/LAE), voorzitter;
- Ing. L. Slangen (PWS, Groningen);
- Ing. H. Warmer (DBW/RIZA);
- Ing. P. van Helvoort (Hoogheemraadschap van de Uitwaterende Sluizen in Kennemerland en Westfriesland).
- Drs. J.P.N. Smit (min. van VROM, DGMH. directie afvalstoffen).

Aan Grontmij n.v. te De Bilt werd door DBW/RIZA opdracht gegeven de subwerkgroep te assisteren bij het opstellen van het onderhavige CUWVO-rapport en de secretariaatswerkzaamheden te verzorgen.

2. Overzicht huidige situatie

2.1 Inleiding

Afvalstoffen kunnen worden onderverdeeld in verschillende categorieën. Een veel gebruikte onderverdeling is de volgende:

- huishoudelijk afval;
- bedrijfsafval (waaronder bouwafval en slib);
- chemische afvalstoffen;
- autobanden en -wrakken.

Volgens lit. 21 wordt huisvuil gedefinieerd als:

- a) huishoudelijke afvalstoffen: dit zijn die afvalstoffen van particuliere huishoudens die normaliter in de emmer of plastic zak worden aangeboden;
- b) grof huisvuil: afval afkomstig van particuliere huishoudens dat door stukgrootte of gewicht normaliter niet tegelijk met huishoudelijk afval ingezameld wordt;
- c) dat deel van het stedelijk bedrijfsafval dat door de inzamel-dienst tegelijk met de huishoudelijke afvalstoffen wordt ingezameld.

De samenstelling van huishoudelijk afval varieert tijdens het seizoen. De aard van het bedrijfsafval zal met het inzamelingsgebied variëren. In tabel 1 is een overzicht gegeven van de jaargemiddelde samenstelling.

Medio 1980 werd globaal 40% van het huishoudelijk afval en ermee te verwerken bedrijfsafval gestort. Dit komt neer op zo'n $2,3 \times 10^6$ ton per jaar. De overige 60% wordt gecomposteerd of verbrand.

Om inzicht te krijgen in het huidige beleid van waterkwaliteitsbeheerders met betrekking tot vergunningverlening voor de lozing van percolatiewater van huisvuilstortplaatsen is een telefonische enquête uitgevoerd.

samenstellingspercentage	1980	1981	1982	1983	1984	1985
groente-, fruit-, tuinafval	50,3	51,7	50,3	48,4	49,0	50,5
papier/karton	21,0	22,3	24,0	24,6	24,5	22,8
textiel, lompen, touw	1,7	2,2	2,2	2,4	2,2	2,1
glas	11,9*	8,1**	6,7**	6,7**	6,7	7,2
ijzer (vnl. blik)	2,6	2,5	2,2	2,5	2,6	2,8
stenen, aardewerk	1,3	1,0	2,1	1,2	1,3	1,5
kunststoffen	6,5	6,8	6,5	7,5	7,5	6,8
non ferro metalen	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6
brood	1,8	1,9	1,6	2,0	1,8	1,8
tapijten, matten	0,1	0,2	0,3	0,5	0,4	0,5
beenderen, dierlijk afval	1,3	1,1	1,3	1,7	2,1	1,7
leder, rubber, linoleum	0,3	1,1	1,1	0,6	0,6	0,8
hout	0,5	0,4	0,7	0,7	0,5	0,5
bijzonder afval	0,2	0,2	0,4	0,6	0,3	0,4

* onder invloed van glasbak (alleen Overasselt)

** onder invloed van glasbak (4 wijken)

Tabel 1. Samenstelling huishoudelijk afval naar gesorteerde componenten (gemiddeld percentage van de gesorteerde componenten op basis van nat gewicht) (lit. 25).

Daarnaast is een schriftelijke enquête ingesteld. Doel van deze enquête was het verzamelen van gegevens van nog open zijnde en/of nog uit te breiden stortplaatsen van voornamelijk huishoudelijk afval (afvalcategorieën ex. art. 4, 17, 25 en 26 van de Afvalstoffenwet). Op basis van de verkregen gegevens zouden "model-stortplaatsen" worden vastgesteld welke als uitgangspunt zouden dienen voor verdere beschouwingen over de percolatiewaterkwantiteit en -kwaliteit en de behandeling daarvan.

2.2 Wettelijk kader

Naast de WVO, waarin het waterkwaliteitsbelang centraal staat, hebben nog vier andere wetten raakvlakken met de percolatiewaterproblematiek. Dit zijn:

- Wet bodembescherming (WBB);
- Afvalstoffenwet (AW);
- Wet chemische afvalstoffen (WCA);
- Hinderwet (HW).

De verhouding tussen WVO, AW, WCA, WBB en HW is expliciet geregeld. De WVO heeft voorrang op de AMvB's van de WBB. Artikel 83 van de WBB bepaalt dat de artikelen 8-13 van deze wet - waarin sprake is van Algemene Maatregelen van Bestuur ter bescherming van de bodem - niet van toepassing zijn op gedragingen, voor zover daaromtrent regels gelden, die zijn gesteld bij of krachtens onder meer de WVO. Het argument daarvoor is dat de WVO beschikt over een toereikend instrumentarium om een effectieve bescherming van onder meer de onderwaterbodem (dat onderdeel uitmaakt van zowel het aquatisch-, als het bodemecosysteem) te regelen.

Artikel 97 van de AW bepaalt dat de AW niet van toepassing is op gedragingen waaromtrent voorschriften zijn gesteld bij of krachtens ondermeer de WVO en de WCA of voor zover daaromtrent regels gelden, die zijn gesteld bij of krachtens de WBB.

In artikel 61 van de WCA wordt gesteld dat de WCA niet van toepassing is op gedragingen waaromtrent voorschriften zijn gesteld bij of krachtens ondermeer de WVO of voor zover daaromtrent regels gelden, die zijn gesteld bij of krachtens de WBB.

Artikel 38 -lid 4 van de HW bepaalt dat de HW ondermeer niet van toepassing is op inrichtingen waarvoor een vergunning is vereist op grond van artikel 33 van de AW. In artikel 38a -lid 1 van de HW wordt gesteld dat deze wet niet van toepassing is op inrichtingen voor zover deze ten gevolge van het brengen in oppervlaktewateren van afvalstoffen, verontreinigende of schadelijke stoffen naar buiten gevaar, schade of hinder kunnen veroorzaken. Tenslotte bepaalt artikel 38c van de HW dat deze wet niet van toepassing is op inrichtingen, voor zover daaromtrent regels gelden, die zijn gesteld bij of krachtens de WBB.

De kwaliteit van percolatiewater wordt ondermeer bepaald door de aard van de gestorte afvalstoffen. In een vergunning ingevolge de AW is aangegeven welke stoffen wel en welke stoffen niet mogen worden gestort (acceptatiebeleid). Zoals hiervoor reeds is opgemerkt, treedt de AW -op grond van artikel 97- terug voor de WCA.

Dit is het geval wanneer afval bestaat uit stoffen of stoffen bevat die genoemd worden in het Stoffen- en Processenbesluit van de WCA en die in hogere concentraties voorkomen dan de in het besluit voor die stoffen aangegeven begrenzendende concentraties. De vergunning ingevolge de AW c.q. WCA, waarin de aard van de te storten afvalstoffen wordt aangegeven, zal in het algemeen een gegeven zijn voor de vergunning ingevolge de WVO. Wanneer echter uit waterkwaliteitsoogpunt bezwaar bestaat tegen het storten van bepaalde afvalstoffen, zullen in de vergunning ingevolge de WVO aanvullende eisen moeten worden opgenomen ten aanzien van te nemen maatregelen om ernstige vervuiling van percolatiewater tegen te gaan.

Op basis van artikel 6 van de AW is door de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke ordening en Milieubeheer een Richtlijn gecontroleerd storten uitgegeven (lit. 14).

De Richtlijn is een herziening van een eerdere Richtlijn, die in 1980 is uitgebracht door het toenmalige Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne. Sinds het uitbrengen van de herziene Richtlijn is het beleid ten aanzien van het beschermen van de bodem verscherpt, zoals onder meer blijkt uit het Voorlopig Indicatief Meerjaren Programma Bodem 1984-1988.

Ten aanzien van het op of in de bodem brengen van afvalstoffen heeft de Richtlijn tot gevolg dat de maatregelen die genomen moeten worden om de bodem en het grondwater te beschermen tegen verontreinigingen moeten voldoen aan de volgens dit aangescherpte beleid geformuleerde uitgangspunten, te weten:

- 1) direct contact tussen afvalstoffen en bodem, grond- en oppervlaktewater dient vermeden te worden;
- 2) verspreiding in de bodem van verontreinigd water afkomstig uit de afvalstoffen dient te worden voorkomen;

- 3) de situatie waarin de stoffen op of in de bodem zijn gebracht, dient beheersbaar te zijn en - in de toekomst - te blijven;
- 4) regelmatige controle op de situatie en op de effectiviteit van de getroffen voorzieningen dient plaats te vinden.

Deze uitgangspunten zijn gebaseerd op het grondbeginsel dat voldaan moet worden aan het principe van isoleren, beheersen, controleren (zie bijlage 2).

De aan te brengen voorzieningen zullen ervoor moeten dienen dat de stortplaats geïsoleerd is van zijn omgeving, dat deze situatie beheersbaar is en blijft waardoor voorzieningen voor controlemaatregelen onontbeerlijk zijn. In de Richtlijn wordt nader ingegaan op deze voorzieningen.

In de Richtlijn wordt aangegeven dat de aanbevolen wijze van het storten van afvalstoffen niet alleen dient te geschieden op een, volgens de uitgangspunten ingerichte, nieuwe stortplaats, maar ook op bestaande of uit te breiden stortplaatsen.

Om zoveel mogelijk te voldoen aan het gewenste voorzieningenniveau dient de bestaande situatie getoetst te worden aan de eisen die geformuleerd zijn. Dit kan resulteren in een niet verder uitbreiden of in het zoveel als mogelijk aanpassen van de stortplaats aan de hierboven weergegeven uitgangspunten.

2.3 Huidig beleid waterkwaliteitsbeheerders

De resultaten van een telefonische enquête kunnen als volgt worden samengevat:

Door vrijwel alle waterkwaliteitsbeheerders wordt gestreefd naar afvoer van percolatiewater naar een rioolwaterzuiveringsinrichting (rwzi), indien dit enigszins mogelijk is. Niettemin vindt op meerdere plaatsen rechtstreekse lozing op oppervlaktewater plaats.

Ten aanzien van zware metalen zijn de in lozingsvergunningen opgenomen eisen wisselend, ook bij aansluiting op een rwzi. Ze variëren van de desbetreffende Unie-richtlijnen tot vastgelegde bestaande (lagere) niveaus, of met technieken als fysisch-chemische zuivering te bereiken resultaten.

Bij lozing van percolatiewater op een rwzi worden doorgaans geen concentratie-eisen voor zuurstofbindende stoffen opgenomen. Vaak is er wel sprake van een vrachtbegrenzing, uitgedrukt in vervuilingseenheden en/of een hydraulische beperking. Het niveau wordt daarbij dan bepaald door geldende omstandigheden als de (rest-)capaciteit van de desbetreffende rwzi.

Bij rechtstreekse lozing op oppervlaktewater vindt in het algemeen afstemming van de voorschriften plaats op omstandigheden als de aard en (gewenste) kwaliteit van het ontvangende oppervlaktewater en de waargenomen of verwachte percolatiewaterkwaliteit en vuilvrachten.

De concentratie-eisen lopen uiteen van met bijvoorbeeld biologische zuivering of hyperfiltratie haalbare resultaten tot de IMP-basis-kwaliteit of een daarvan (met een verdunningsfactor) afgeleid niveau. Ten aanzien van organische micro-verontreinigingen worden vaak geen voorschriften opgenomen. Soms worden desbetreffende eisen afgestemd op behandelingstechnieken als actief-koolfiltratie of hyperfiltratie. In enkele gevallen wordt in deze een verplichting tot nader onderzoek opgenomen.

Naast doelvoorschriften worden in sommige situaties ook middelvoorschriften opgenomen. Deze komen dan echter veelal in overleg tot stand, na (gezamenlijk) onderzoek naar geschikte behandelingsmethoden.

Bij bestaande niet meer in gebruik zijnde stortplaatsen zijn de mogelijkheden beperkt. Soms wordt door het eisen van aanvullende maatregelen als het aanleggen van een ringsloot of recirculatie van percolaat het effect van een lozing op oppervlaktewater gereduceerd.

Bij de vergunningverleningsprocedure worden de door CUWVO VI opgestelde aanvraagformulieren toegepast. Voor nieuwe situaties zullen de desbetreffende CUWVO-modelvergunningvoorschriften in het algemeen als kapstok dienen.

2.4 Enquête waterkwaliteitsbeheerders/provincies

Om inzicht te krijgen in de huidige situatie van percolatiewaterkwantiteit en -kwaliteit is aan de waterkwaliteitsbeheerders (30 stuks) de vraag gesteld van welke bestaande, in gebruik zijnde en/of nog uit te breiden stortplaatsen van voornamelijk huishoudelijk afval en ermee te verwerken bedrijfsafval (ex. artikel 4, 17, 25 en 26 van de Afvalstoffenwet) gegevens beschikbaar zijn met betrekking tot percolatiewater en/of grondwater.

De totale respons op deze enquête was dat van 59 stortplaatsen, waarvan 3 gesloten, gegevens beschikbaar waren.

Uit de opgegeven in gebruik zijnde stortplaatsen zijn uiteindelijk 19 stortplaatsen geselecteerd op basis van de grootte van de stortplaats (10 à 20 ha) en de beschikbaarheid aan gegevens. De lijst van uiteindelijk geselecteerde stortplaatsen is opgenomen in bijlage 3. Aan de betrokken provincies en waterkwaliteitsbeheerders is door middel van een vragenformulier verzocht gegevens te verstrekken over deze stortplaatsen. De vragenlijst is opgenomen in bijlage 4.

De bedoeling was om op basis van de verstrekte gegevens te komen tot een categorische indeling naar grootte en een "gemiddeld beeld" van de percolatiewaterkwaliteit en -kwantiteit van stortplaatsen voor huishoudelijk afval in Nederland en het vaststellen van een "standaardkwaliteit" percolatiewater per categorie stortplaats.

Het merendeel van de beschikbare analyseresultaten had betrekking op ringslootwater, waarin mogelijk percolatiewater aanwezig was en verder grondwater, oppervlaktewater, zijdelings uittredend percolatiewater en neerslag. De meest toegepaste analyses betreffen:

- chemisch zuurstofverbruik;
- Kjeldahl-stikstof;
- chloride.

Analyses op zware metalen en organische micro-verontreinigingen worden slechts incidenteel uitgevoerd.

De percolatiewaterkwantiteiten bleken voor zover verstrekt, veelal onnauwkeurig; schattingen van de oppervlakkig afstromende neerslaghoeveelheid en kwelwaterhoeveelheid waren in een aantal gevallen onwaarschijnlijk hoog ten opzichte van het gemiddelde neerslagoverschot.

Als benamingen van het gestorte materiaal werden onder meer genoemd:

- bedrijfsafval;
- industrieel afval;
- bouw- en sloopafval;
- bedrijfs- en sloopafval.

De gebruikte benamingen zijn er mede oorzaak van dat het niet mogelijk is om te komen tot een gemiddeld beeld van het gestorte materiaal en de leeftijd van een stortplaats.

In de enquête zijn voorts vragen gesteld met betrekking tot:

- a) vergunningen;
- b) inrichting van het terrein;
- c) compartimentering;
- d) bodemafsluiting;
- e) afwerking;
- f) grondwaterstand;
- g) afvoer van percolatiewater;
- h) behandeling van percolatiewater;

Een overzicht van stortoppervlakken en de jaarlijkse aanvoer van afval is weergegeven in tabel 2. Hierbij moet bedacht worden dat de verkregen gegevens niet van toepassing zijn op de totale gestorte hoeveelheid afval. Veelal is een ontwikkeling doorgemaakt van het vrijwel ongecontroleerd storten naar modernere technieken.

Een samenvatting van de uit de enquête verkregen gegevens wordt hierna gegeven.

	Bestort oppervlak ha	Jaarlijkse aanvoer ton/jaar	afdichting	
			onder	boven
	70	670.000	-	zand/bentoniet
	36	116.000	folie	-
	10	130.000	-	klei
	33	300.000	-	-
	20	90.000	klei	klei
	32	50.000	-	folie
	6	42.000	-	-
	12	42.000	-	-
	20	200.000	folie	-
	18	110.000	-	-
	36	400.000	folie	-
	5	60.000	-	-
	9	30.000	-	-
	12	70.000	-	-
	--1)	--1)	--1)	--1)
Totaal:	319	2.308.000	3	
gemiddeld:	23	165.000		

Tabel 2. Overzicht grootte van de jaarlijkse aanvoer en toepassing afdichtingsmaterialen van de geënuquêteerde stortplaatsen.

1) Van 5 stortplaatsen zijn te weinig gegevens bekend voor opname in deze tabel.

a) Vergunningen

Van de negentien geselecteerde stortplaatsen bleek in negen gevallen een WVO-vergunning te zijn afgegeven. Bij de meeste stortplaatsen is een vergunning verleend inzake de Hinderwet en/of Afvalstoffenwet. Twee stortplaatsen hebben geen vergunning.

b) Inrichting

Onderlinge vergelijking van de stortplaatsen is moeilijk, aangezien vaak binnen één stort verschillende storttechnieken zijn toegepast. In de loop der tijd is een ontwikkeling doorgemaakt van alleen storten tot storten en verdichten met een wiellaadschop of compactor.

c) Compartimentering

Hier geldt hetzelfde als genoemd onder b) Inrichting. Op dit moment wordt meestal wel in compartimenten gestort. De mogelijkheden die hierdoor ontstaan, zoals gescheiden inzameling van percolatiewater worden echter nog nauwelijks benut.

d) Bodemafsluiting

In drie gevallen is een waterdichte onderlaag aangebracht. Daarnaast is bij een stortplaats een kleilaag als afsluitende laag gebruikt. In hoeverre het toegepaste materiaal waterdoorlatend is, is niet bekend. Bedacht moet worden dat pas sinds het uitbrengen van de Richtlijn gecontroleerd storten 1985 een isolerende bodemafdichting wordt verlangd.

e) Afwerking

De bovenkant van het stort wordt in de meeste gevallen afgedekt met ongeveer 50 cm grond. De grondsoort kan variëren van klei tot zand. In twee gevallen wordt op een gedeelte van het stort een slecht waterdoorlatend afdek materiaal gebruikt om de infiltratie van neerslag te voorkomen of te minimaliseren.

f) Grondwaterstand

In tegenstelling tot de richtlijn wordt op zes locaties nu nog steeds onder de grondwaterspiegel gestort.

g) Afvoer percolatiewater

Uit het stortlichaam tredend percolaat is onverdund op te vangen en af te voeren, als aan de onderzijde van het stortlichaam een vloeistofdichte laag is aangebracht. Dit is in principe slechts op vier stortterreinen voor een deel gerealiseerd. In enkele gevallen hiervan wordt het opgevangen onverdunde percolaat weer afgevoerd via het oppervlaktewater. Zonder een bodemafsluitende laag vindt verdunning van het percolatiewater plaats met grondwater en/of oppervlaktewater.

Veelal wordt verdund percolatiewater rechtstreeks geloosd op het oppervlaktewater (twaalf keer), waarvan drie keer met voorbehandeling. In zeven gevallen wordt op het riool geloosd, waarbij twee keer wordt voorbehandeld.

h) Behandeling van (on)verdund percolatiewater

Rechtstreekse lozing op oppervlaktewater van behandeld percolatiewater vindt veelal plaats na een extensieve biologische behandeling, zijnde: landbehandeling, rietinfiltratie, sleuvenstelsel of een bezinksloot.

Lozing op de riolering vindt in twee gevallen plaats na:

- een fysisch-chemische zuivering waarbij voornamelijk zware metalen verwijderd worden;
- een anaërobe zuivering gevolgd door een omgekeerde osmose.

Indien het opgevangen percolatiewater verdund is door oppervlakte en/of regenwater, wordt de behandeling van het percolatiewater complexer en duurder.

Geconcludeerd wordt dat de uit de enquête verkregen gegevens onvoldoende zijn om op basis daarvan te komen tot een categorie-indeling van stortplaatsen, leeftijden van het gestorte materiaal en percolatiewaterkwantiteit en -kwaliteit. Uit de enquête is gebleken dat nog maar weinig stortplaatsen in Nederland voldoen aan de principes van isoleren, beheersen en controleren zoals genoemd in de Richtlijn gecontroleerd storten, waardoor slechts in enkele gevallen onverdund percolatiewater opgevangen wordt.

2.5 Samenvatting overzicht huidige situatie

Het wettelijke kader waarbinnen de percolatiewaterproblematiek valt wordt gevormd door de WBB, WVO, AW, WCA en de HW. De verhouding tussen deze wetten is expliciet geregeld.

De kwaliteit van het percolatiewater wordt ondermeer bepaald door de aard van de gestorte afvalstoffen. In een vergunning ingevolge de AW wordt aangegeven welke stoffen al dan niet mogen worden gestort en voorschriften opgenomen betreffende het storten als zodanig. In de WVO-vergunning kunnen aanvullende voorschriften worden opgenomen om ernstige verontreiniging door percolatiewater tegen te gaan.

Sinds 1985 is de (herziene) Richtlijn gecontroleerd storten van het Ministerie van VROM van kracht. Volgens deze Richtlijn moeten maatregelen worden genomen die zijn gebaseerd op het grondbeginsel dat een stortplaats moet zijn geïsoleerd ten opzichte van de bodem en het oppervlaktewater, dat de processen in een stortplaats beheersbaar zijn en dat controle plaatsvindt op de effectiviteit van de maatregelen.

Door de subwerkgroep is een onderzoek, bestaande uit twee enquêtes, ingesteld naar de huidige situatie in Nederland met betrekking tot de percolatiewaterproblematiek van in gebruik zijnde stortplaatsen voor huishoudelijk afval en ermee te verwerken bedrijfsafval (ex. art. 4, 17, 25 en 26 van de Afvalstoffenwet).

Door de meeste kwaliteitsbeheerders wordt gestreefd naar opvang en afvoer van percolatiewater naar rioolwaterzuiveringsinrichtingen. Rechtstreekse lozing van percolatiewater op oppervlaktewater vindt op verschillende locaties plaats.

Bij rechtstreekse lozing van percolatiewater op oppervlaktewater worden in het algemeen de voorschriften met betrekking tot percolatiewaterkwaliteit en -kwantiteit afgestemd op de kwaliteitsdoelstellingen van het ontvangende water.

Bij lozing van percolatiewater op een rioolwaterzuiveringsinstallatie worden de voorschriften in het algemeen afgestemd op de capaciteit van de desbetreffende installatie.

Ten aanzien van zware metalen zijn de in lozingsvergunningen opgenomen eisen zowel bij rechtstreekse lozing op oppervlaktewater als op een rioolwaterzuiveringsinstallatie, wisselend.

Ten aanzien van organische micro-verontreinigingen worden vaak geen voorschriften opgenomen. Indien dit wel het geval is, worden de lozingseisen afgestemd op de behandelingsmethode.

De uit het onderzoek verkregen gegevens blijken onvoldoende om op basis van enkele karakteristieke kenmerken van percolatiewaterkwantiteit en -kwaliteit te komen tot een indeling van stortplaatsen.

Tevens blijkt dat nog maar weinig stortplaatsen in Nederland voldoen aan de principes van isoleren, beheersen en controleren zoals genoemd in de Richtlijn gecontroleerd storten.

3. Kwantiteit en kwaliteit van percolatiewater

3.1 Inleiding

Uit het overzicht van de huidige situatie blijkt dat het niet mogelijk is om te komen tot een "gemiddeld beeld" van percolatiewaterkwantiteit en -kwaliteit, welke als uitgangspunt zou kunnen dienen voor de beschrijving en evaluatie van behandelingsmethoden van percolatiewater.

In dit hoofdstuk wordt een algemene omschrijving van de kwantitatieve en kwalitatieve aspecten van percolatiewater gegeven. Aan de hand hiervan zal een "model"-percolatiewaterkwantiteit en -kwaliteit worden geformuleerd. Dit model geldt als uitgangspunt voor de te behandelen technieken.

Bij de inrichting van een stortplaats kunnen de volgende fasen worden onderscheiden:

- de aanlegfase;
- de exploitatiefase;
- de eindfase;
- de nazorgfase.

Bij de inrichting van een stortplaats (de aanlegfase) wordt in het algemeen niet de totaal beschikbare oppervlakte ineens in gebruik genomen. Het afval wordt heden ten dage in compartimenten gestort; in het verleden werd compartimentering incidenteel toegepast.

Per compartiment worden de aangegeven fasen doorlopen. Als gevolg van de compartimentering kunnen activiteiten en deelactiviteiten uit de fasen elkaar overlappen. De nazorgfase zal in het algemeen niet per compartiment verlopen maar voor de gehele stortplaats van toepassing zijn.

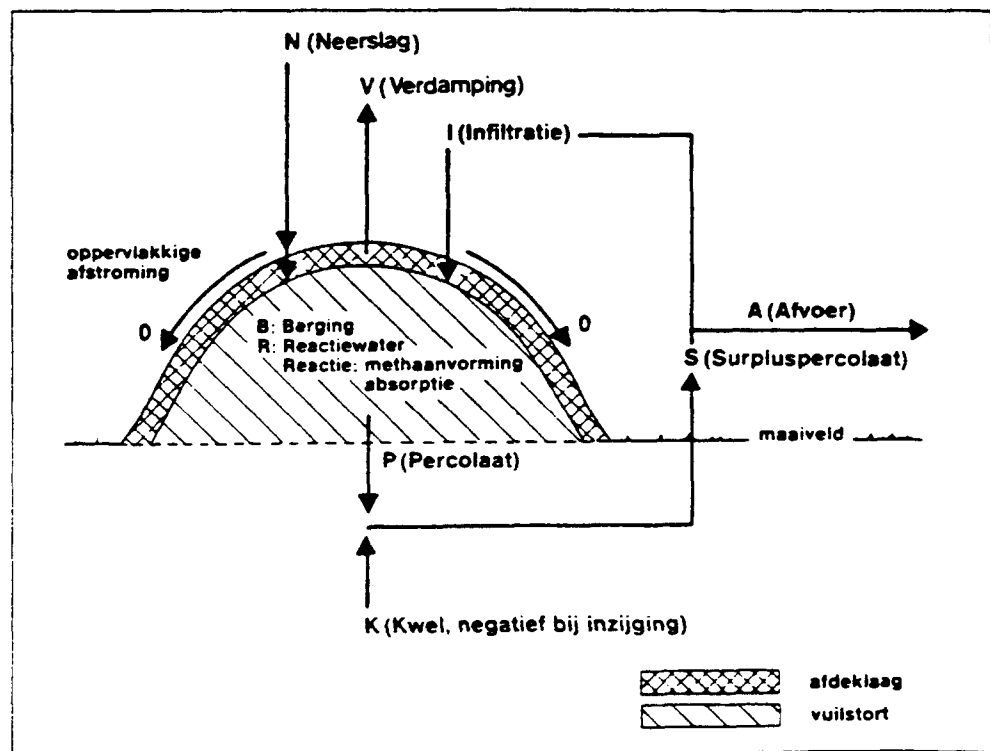
In een stortlichaam verlopen een aantal processen als gevolg waarvan emissies naar de omgeving kunnen ontstaan. Voorbeelden zijn:

- a) adsorptie/desorptie van stoffen en verbindingen;
- b) microbiologische afbraak van organisch materiaal in het afval.

Tijdens infiltratie en percolatie van neerslagoverschot door het stortlichaam worden producten van de microbiologische afbraak en gesorbeerde stoffen en verbindingen opgenomen door het percolerende vocht.

Wanneer direct contact tussen percolatiewater en grondwater en/of oppervlaktewater mogelijk is, ontstaat een verdund percolatiewater, zie figuur 1.

Deze processen spelen zich af tijdens de levensduur van de stortplaats.



Figuur 1. Schema waterbalans stortplaats

Om deze processen en emissies te beheersen worden technische voorzieningen getroffen volgens de in de Richtlijn gecontroleerd storten vermelde IBC-criteria (zie bijlage 2).

Een deel van de technische voorzieningen zal per compartiment worden gerealiseerd (bijvoorbeeld isolerende voorzieningen); een deel van de voorzieningen kan als eenmalige maatregel voor de gehele stortplaats worden uitgevoerd (bijvoorbeeld percolatiewaterbehandeling).

Ondanks het feit, dat het afval na het storten als regel gecompacteerd wordt tot een dichtheid van 800-1.000 kg/m³, zal mede als gevolg van de microbiologische afbraak van organisch materiaal, klink van het afval optreden. Het inklinken is sterk afhankelijk van de aard van het afval, de dichtheid van het afvalpakket, het gewicht (hoogte) en de afbraaksnelheid van het afval. De klink kan in totaal 20% tot 40% van de laagdikte van het afval bedragen (lit. 1). Vanwege het heterogene karakter van afval zal het inklinken ongelijkmatig verlopen.

3.2 Kwantiteit

De jaarlijkse neerslag in Nederland varieert van 700-950 mm (zie bijlage 5).

De neerslag die op het afvalstort valt zal voor een deel:

- verdampen;
- oppervlakkig afstromen;
- infiltreren in het stortlichaam.

De verdamping is in de eerste plaats afhankelijk van de klimatologische omstandigheden zoals de temperatuur, de relatieve vochtigheid van de lucht en de windsnelheid. Daarnaast spelen ook factoren als capillaire opzuiging een rol.

In de eindfase zijn het vochtbufferend vermogen van de afdeklaag en de begroeiing mede bepalend voor de grootte van de verdamping.

Het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding geeft voor de jaargemiddelde actuele verdamping van een stortplaats, die met een laag afdekgrond is afgewerkt en is begroeid (eindfase) een waarde van circa 450 mm.

De actuele verdamping van een (niet afgewerkt) stortlichaam in de exploitatiefase zal lager zijn en circa 200 mm bedragen omdat de vochtbufferende werking van gestorte afvalstoffen beperkt is (lit. 4).

De hoeveelheid oppervlakkig afstromend water van een (niet afgewerkt) stortlichaam tijdens de exploitatiefase is afhankelijk van de doorlatendheid van het stortlichaam (infiltratiecapaciteit), de intensiteit van de neerslag, de berging in en op de oppervlakte (vochtgehalte en plasvorming) en de taludhelling van het stortlichaam. In het algemeen bedraagt de hoeveelheid oppervlakkig afstromend water gemiddeld 5 à 10% van de neerslag.

In een stortlichaam dat met een laag afdekgrond is afgewerkt (eindfase), wordt het neerslagoverschot (dit is de neerslag minus de actuele verdamping) in eerste instantie geborgen in de afdekgrond.

Afhankelijk van de infiltratiecapaciteit van de eindafdekking en de vegetatie kan oppervlakkige afstroming optreden. In verband met mogelijke erosieverschijnselen zal de oppervlakkige afstroming moeten worden beheerst.

Afhankelijk van de technische voorzieningen aan de bovenzijde van het stortlichaam (afdeklaag, ontwatering en eventuele bovenafdichting) kan een deel van de neerslag in het stortlichaam infiltreren en uiteindelijk als percolatiewater aan de onderzijde van het stortlichaam uittreden en worden opgevangen op de bodemafsluitende laag of in het oppervlaktewater of het grondwater terechtkomen. De mate waarin percolatiewater in oppervlaktewater of grondwater terecht komt, is afhankelijk van de hydrologische situatie in het stortlichaam. Zo zal gedurende de eerste jaren het neerslagoverschot worden geabsorbeerd. Het is nog onduidelijk hoe lang het duurt voordat het neerslagoverschot gelijk is aan de hoeveelheid percolatiewater.

Samenvattend worden ten aanzien van de kwantiteit in het algemeen de volgende jaargemiddelde waarden aangehouden:

- neerslag : 750 mm (maximaal 950 mm);
- verdamping : -450 mm (minimaal -200 mm);
- oppervlakkige afstroming : - 75 mm (minimaal 0 mm).

De jaargemiddelde hoeveelheid percolatiewater als gevolg van neerslag bedraagt 225 mm.

Uit een vuilstortplaats met een oppervlak van bijvoorbeeld 10 ha ontstaat als gevolg van het neerslagoverschot jaarlijks gemiddeld 22.500 m³ onverdund percolatiewater.

Bij stortplaatsen zonder bodemafdichting kan, afhankelijk van de hydrologische situatie, verdunning van het percolatiewater optreden waardoor de kwantiteit toe kan nemen tot het drievoudige van de onverdunde hoeveelheid percolatiewater.

3.3 Kwaliteit

Tijdens de percolatie door het stortlichaam neemt het water relatief goed oplosbare organische en anorganische stoffen op. Het uittredende percolatiewater zal hierdoor verontreinigd zijn.

De aard en de mate van verontreiniging van het percolatiewater worden bepaald door:

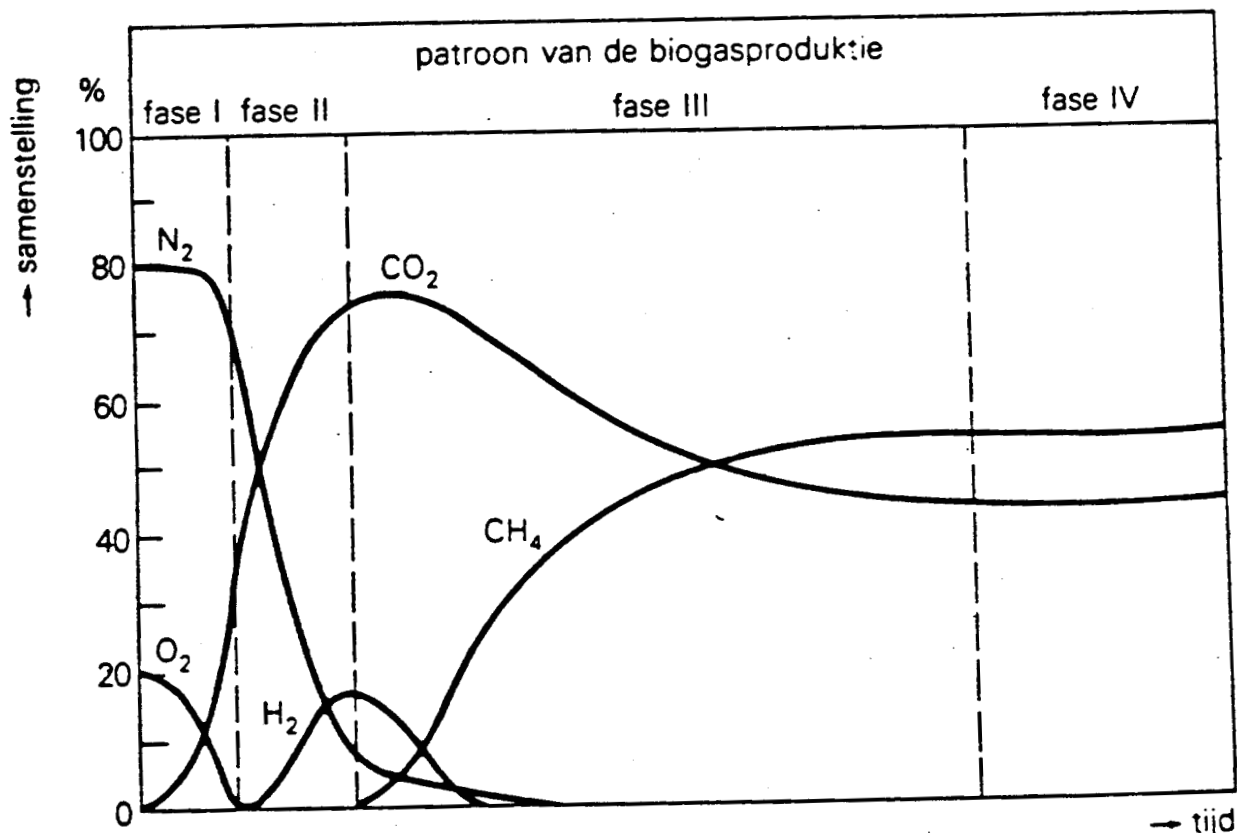
- de aard van de gestorte afvalstoffen;
- de contacttijd tussen afval en percolerend water;
- het adsorptie-desorptiegedrag van de oplosbare verontreinigende stoffen in het stortlichaam (dit wordt onder meer bepaald door de adsorptiecapaciteit van de vaste stoffen, de oplosbaarheid van de verontreinigde stoffen in water, de zuurgraad in het stortlichaam);
- chemische processen in het stortlichaam, waardoor verontreinigende stoffen kunnen neerslaan of in oplossing gaan en waardoor complexvorming kan optreden;
- biochemische processen in het afvalstort, als gevolg waarvan onder andere afbraak van organische verbindingen kan plaatsvinden.

In het algemeen is het uittredende percolatiewater dermate verontreinigd dat de kwaliteit van de bodem, het grondwater onder het stortlichaam en het oppervlaktewater in de omgeving van stortplaats ongunstig worden beïnvloed (lit. 19).

Onder invloed van micro-organismen wordt het organisch gedeelte van het afval afgebroken. Het microbiologische afbraakproces kan worden onderscheiden in de volgende fasen:

- aërobe fase (fase I);
- zuurvormende fase (fase II);
- methanogene fase (fase III + IV).

Als gevolg van het microbiologische afbraakproces wordt biogas gevormd. De fasering van het afbraakproces en de vorming van biogas als functie van de tijd zijn weergegeven in figuur 2.



Figuur 2. Fasering en vorming biogas, als functie van de tijd.

1. Aërobe fase.

In fase I vindt hydrolyse plaats van de organische verbindingen. De aanwezige zuurstof in het stortlichaam wordt verbruikt tijdens de aërobe afbraak. In het algemeen is de zuurstofhoeveelheid snel verbruikt, waarna het afval in anaërobe toestand komt. In deze toestand van anaërobie ontstaan vervolgens de zuurvormende fase en de methanogene fase.

2. Zuurvormende fase.

Gedurende de zuurvormende fase worden de gehydrolyseerde organische verbindingen door verzurende bacteriën omgezet in H_2 , CO_2 en lagere vetzuren. Deze verzurende bacteriën ontwikkelen zich snel, vooral in een zuur milieu. De zuurgraad (pH) van het percolatiewater is in deze fase 5,5-6,5. De verontreinigingsgraad is hoog (CZV van 30.000 tot 80.000 mg/l, BZV van 20.000 tot 50.000 mg/l).

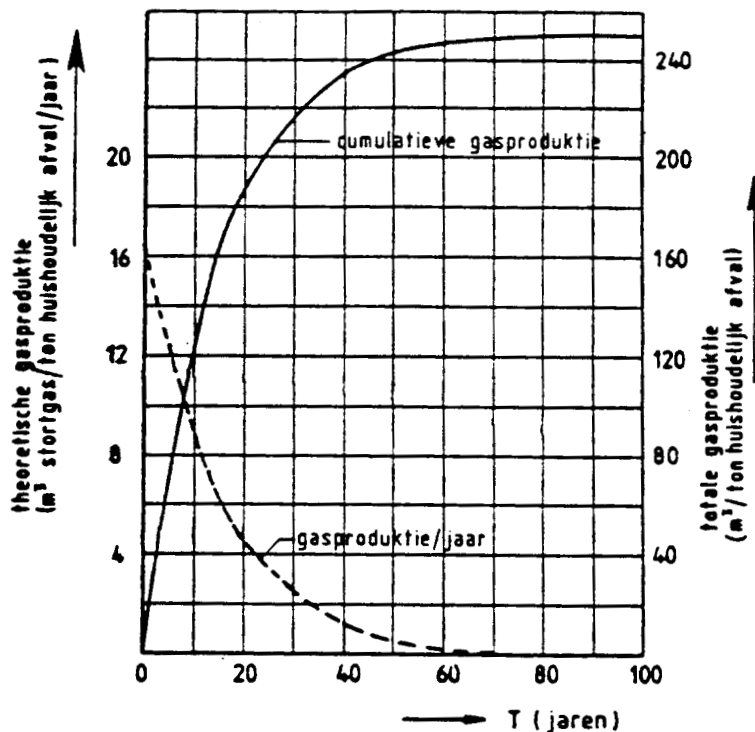
3. Methanogene fase.

Afhankelijk van de stortopbouw (dichtheid stortlichaam, laagdikten), de aard van het afval en de mate waarin transport van afbraakproducten en micro-organismen plaatsvindt, zal na enige tijd methaanvorming op gang komen. Dit is fase III.

De pH zal oplopen tot ongeveer 6,5 à 8 en de verontreinigingsgraad van het percolatiewater neemt sterk af: het CZV tot 1.500-3.000 mg/l en het BZV tot 100-500 mg/l.

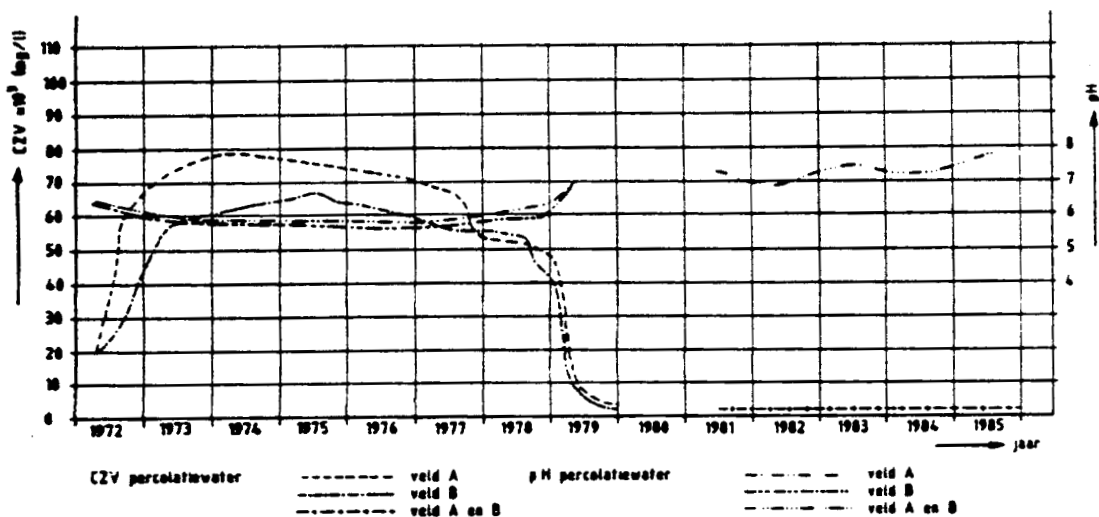
Het tijdstip waarop de methanogene fase op gang komt, kan variëren van circa 100 dagen tot zes jaar na aanvang van de stortactiviteit. Dit is onder andere afhankelijk van de verdichtingsgraad van het afval, de dikte van de stortlagen, het wel of niet recirculeren van percolatiewater, de zuurstofhuishouding, het vochtgehalte, het transport van vocht en de samenstelling van het organische materiaal in het stortlichaam.

Tenslotte zal de methanogene fase zich stabiliseren in fase IV, waarbij min of meer continu biogas van een constante samenstelling wordt geproduceerd. De produktie van biogas als functie van de tijd is weergegeven in figuur 3.



Figuur 3. Theoretische biogasproduktie als functie van de tijd (lit.11).

Tijdens het doorlopen van de diverse fasen in het afbraakproces zal de samenstelling van het percolatiewater zich wijzigen. In figuur 4 is de kwaliteit van percolatiewater als functie van de tijd weergegeven.



Figuur 4. De kwaliteit van het percolatiewater als functie van de tijd (lit. 17 + 26).

In de regel zal bij een CZV < 3.000 mg/l nog slechts een gering gehalte aan vetzuren aanwezig zijn hetgeen een indicatie is voor de omzetting tot methaan. Bij hogere vetzuurgehalten is het CZV-gehalte eveneens hoger.

De vetzuurgehaltes in percolatiewater van de vuilstortplaats te Ambt-Delden in de verzuringsfase en van methanogeen percolatiewater van de vuilstortplaats te Wijster zijn weergegeven in tabel 3, ontleend aan de publikatie van Harmsen (lit. 7).

Component	Acidification stage (leachate I)			Methane fermentation stage (leachate II)		
	Concentration (mg l ⁻¹)	TOC* (mg l ⁻¹)	Sub-total TOC* (mg l ⁻¹)	Concentration (mg l ⁻¹)	TOC* (mg l ⁻¹)	Sub-total TOC* (mg l ⁻¹)
<i>Free volatile fatty acids</i>						
Acetic acid	11.000	4400		BD		
Propionic acid	3760	1829		BD		
2-Methyl-propionic acid	520	284		BD		
Butanoic acid	9890	5395		BD		
2-Methyl-butanoic acid	350	206		BD		
3-Methyl-butanoic acid	320	188		BD		
Pentanoic acid	2510	1476		BD		
4-Methyl-pentanoic acid	70	43		BD		
Hexanoic acid	5770	3581		BD		
			17.402			0
<i>Volatile amines</i>						
Methylamine	6	2		BD		
Trimethylamine	83	51		BD		
i-Butylamine	41	28		BD		
sec-Butylamine	102	67		BD		
iso-Butylamine	32	21		BD		
			169			0
<i>Alcohols</i>						
Ethanol	277	145		BD		
			145			0
<i>Organic compounds extractable with hexane</i>						
Aliphatic compounds	0.64	<1		0.09	<0.1	
Aromatic compounds	1.21	~1		0.38	<0.3	
Polar compounds	12.5	~7		4.38	2.5	
			~9			~3
<i>High molecular weight compounds</i>						
mol. wt. > 50.000	—	100		—	252	
mol. wt. 1000-50.000	—	150	260	—	420	672
Total calculated TOC (mg l ⁻¹)			17.985			675
Actual TOC (mg l ⁻¹)			20.000			2100
Not identified TOC (mg l ⁻¹)			2015			1425

BD = below detection level; — measured as TOC; * = calculated.

Tabel 3. Samenstelling van de organische fractie van het percolatiewater. (lit. 7.)

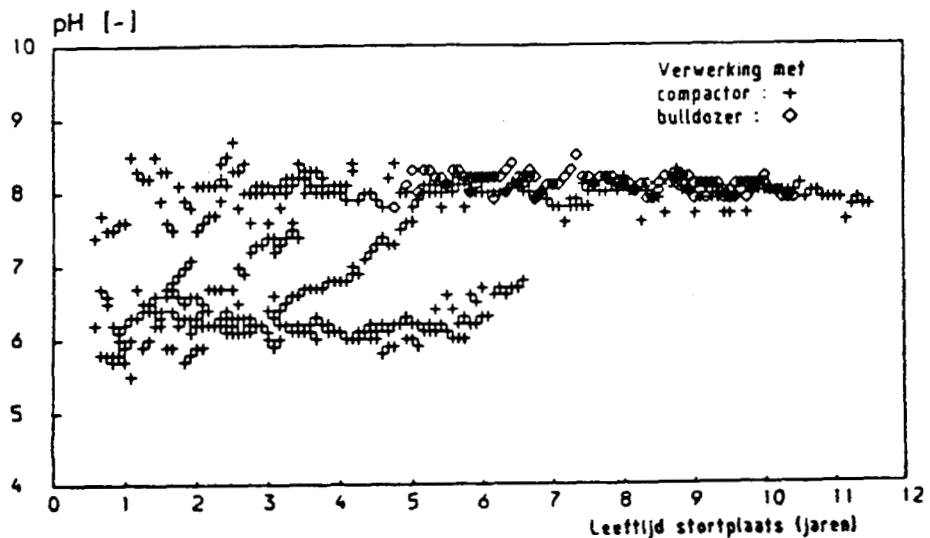
Kjeldahl-stikstof wordt in percolatiewater voornamelijk bepaald door de ammonium-stikstof. Variaties in het percolatiewater zijn minder goed te relateren aan de afbraakfase waarin een stort verkeert.

Door Hoeks (lit. 1) wordt als gemiddelde verwachtingswaarde voor Nederlandse stortplaatsen aangehouden een $\text{NH}_4\text{-N}$ concentratie van 1.600 mg/l voor stortplaatsen jonger dan 10 jaar en 400 mg/l voor stortplaatsen ouder dan 10 jaar.

Het gehalte aan anorganische verbindingen in percolatiewater waaronder chloride, blijkt minder afhankelijk te zijn van de biologische processen in het stort. De gemiddelde waarden voor chloride in percolatiewater liggen op 3.000-4.000 mg/l. Bij recirculatie van percolatiewater kunnen deze concentraties toenemen als gevolg van het meermalen percoleren door het pakket.

Het sulfaatgehalte in percolatiewater is sterk afhankelijk van de anaërobe toestand in het stortlichaam. Onder anaërobe omstandigheden kunnen zich sulfaatreducerende bacteriën ontwikkelen waardoor het sulfaatgehalte tijdens de methanogene fase afneemt.

In figuur 8 is weergegeven de pH van het percolatiewater als functie van de leeftijd van de stortplaats.



Figuur 8. Zuurgraad (pH) als functie van de leeftijd van de stortplaats. (naar lit. 4)

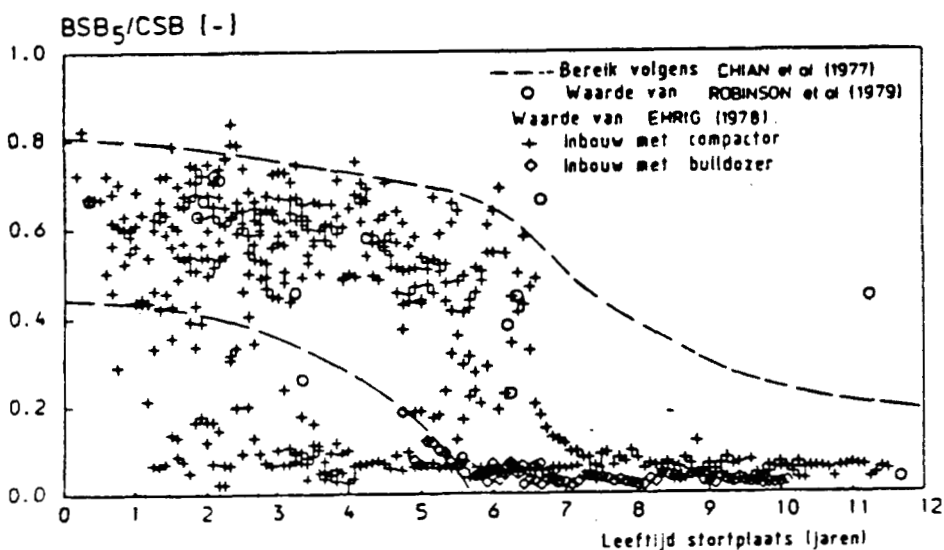
Het betrof hier proeven die zijn uitgevoerd te Ambt-Delden. Voor twee proefvelden werd gekeken naar het verloop van het chemisch zuurstofverbruik (CZV) van het percolatiewater en de pH ervan. Te zien is dat voor dit stort waarvoor geen speciale voorzieningen zijn getroffen, de stabiele methanogene fase, afgelezen uit de samenstelling van het percolatiewater, pas na zeven jaar bereikt is (pH=7).

In de Nederlandse situatie kunnen CZV-waarden voorkomen van 80.000 mg/l bij de aanvang van stortactiviteiten, met afname na circa 6 jaar tot 3.000-5.000 mg/l.

Door Ehrig (lit. 4) is onderzoek bij 20 stortplaatsen uitgevoerd naar het verloop van het biochemisch zuurstofverbruik en het chemisch zuurstofverbruik. De verhouding van BZV/CZV geeft daarbij een indruk van de afbraakprocessen in het stortlichaam en daarmee informatie over de fase waarin een stortlichaam verkerd.

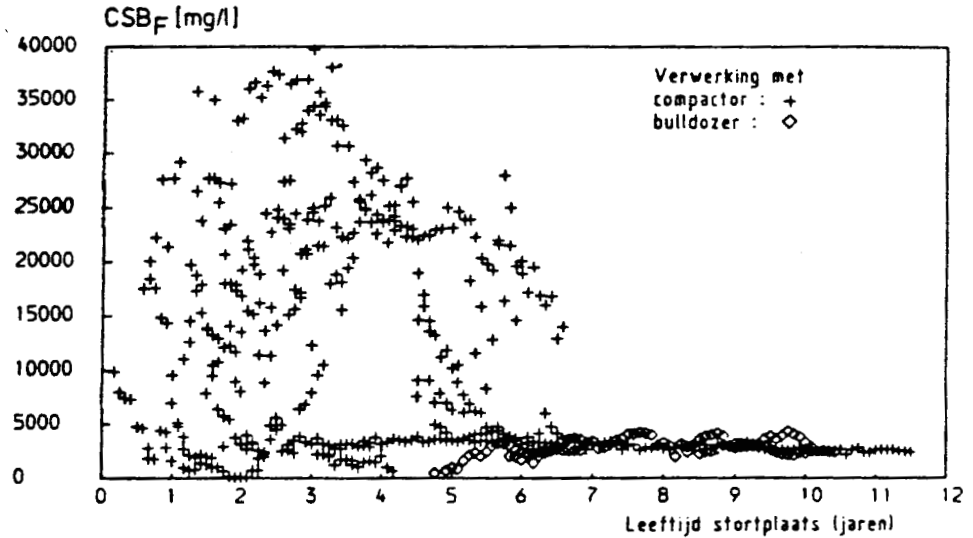
In figuur 5 is de BZV/CZV-verhouding weergegeven als functie van de leeftijd van de stortplaats. In de vuilpakketten heerste overwegend een toestand van anaërobie. Uit de figuur blijkt dat de BZV/CZV-verhouding gedurende 1 tot 7 jaar ligt tussen de 0,4 en 0,8. Dit wordt toegeschreven aan het gehalte aan vetzuren welke tijdens de zuurvormende fase worden gevormd.

In de methanogene fase neemt de BZV/CZV-verhouding af tot < 0,1.



Figuur 5. BZV/CZV-verhouding als functie van de stortplaatsleeftijd (naar lit. 4).

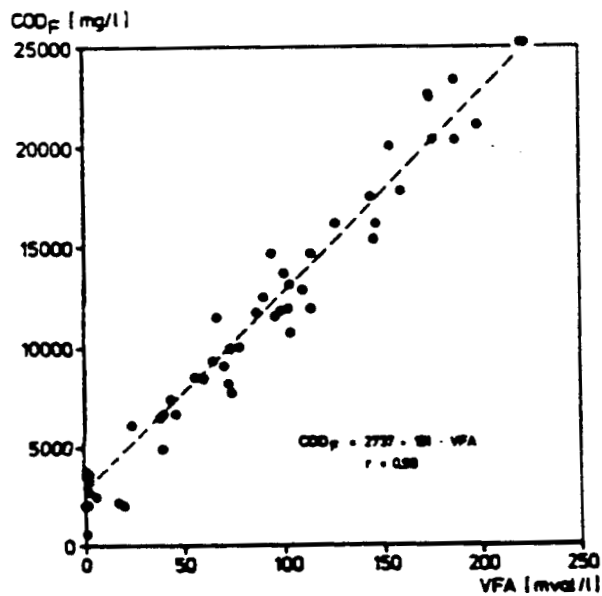
Het verloop van het CZV-gehalte is weergegeven in figuur 6.



Figuur 6. CZV-gehalte als functie van de stortplaatsleeftijd. (naar lit. 4).

Uit deze figuur blijkt dat het CZV-gehalte duidelijk afneemt naarmate de leeftijd van de stortplaats toeneemt. Het vetzuurgehalte neemt daarbij steeds verder af.

Het verband tussen het vetzuurgehalte en het CZV-gehalte is weergegeven in figuur 7.



Figuur 7. Verband tussen het gehalte CZV en vetzuren. (naar lit. 4).

In de figuur zijn twee niveaus waarneembaar bij een pH van 6,1 en een pH van ongeveer 8. De tussenliggende waarden wijzen op de overgangssituaties waarbij de toestand van het percolatiewater van de zuurvormende naar de methanogene fase verschuift.

Percolatiewater bevat (zware) metalen (zie tabellen 4 en 5).

Vuilstort	Ambt-Delden		Collendoorn		Wyster		
	Lit. referentie	SVA 1974	Harmen 1977	SVA 1325 (4)	Anonymus 1981	VAM 1979	MIN-MAX
Co		0,01	-	0,01 - 0,19	-	-	0,01 - 0,19
Cr		0,1	0,12 - 0,66	-	0,8	-	0,1 - 0,8
Ni		1,05	1,05 - 1,38	0,54 - 1,05	0,09	0,84	0,09 - 1,38
Zn		27,0	30 - 53	10 - 30	1,52	3,89	1,52 - 53
Pb		0,02	0,30 - 0,15	0,01 - 0,6	0,1	0,55	0,01 - 0,55
Cu		0,1	0,30 - 0,20	0,01 - 0,2	0,65	0,29	0,01 - 0,65
Hg		0,002	-	0,001 - 0,005	-	-	0,001-0,005
Cd		0,07	0,25	0,001 - 0,1	0,014	0,01	0,001- 0,25
As		0,07	-	0,04 - 0,16	0,058	-	0,04 - 0,16

Tabel 4. Zware metalen mg/l in het percolatiewater van Nederlandse stortplaatsen. (lit. 19)

Item	Concentration ⁺
Biochemical oxygen demand (5 day)	4.460
Chemical oxygen demand	11.210
Total solids	1.154
Suspended solids	1.994
Dissolved solids	11.190
pH, pH units	7.06
Alkalinity, as CaCO ₃	5.685
Hardness, as CaCO ₃	5.116
Calcium	651
Magnesium	652
Phosphate	2.81
Ammonia-N	1.966
Kjeldahl-N	1.660
Sulfate	114
Chloride	4.816
Sodium	1.177
Potassium	959
Cadmium	0.043
Chromium	0.158
Copper	0.441
Iron	245
Nickel	531
Lead	524
Zinc	8.70
Mercury	0074

Deze waarden hebben betrekking op het rekenkundig gemiddelde van alle gegevens.

+ Alle eenheden mg/l. tenzij anders is aangegeven.

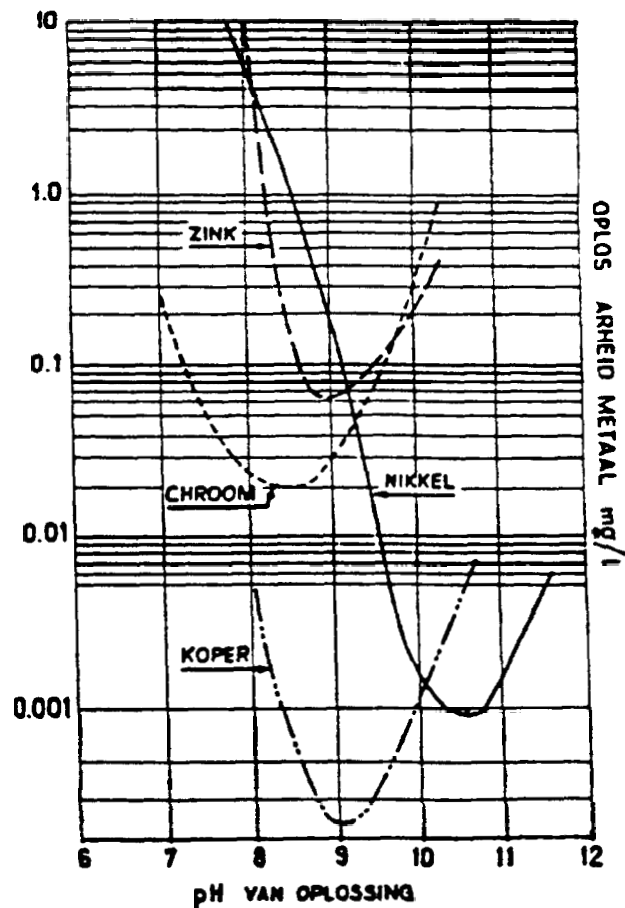
Tabel 5. Samenstelling percolatiewater (in mg/l). (lit. 19)

Van de in tabel 4 weergegeven concentraties is onbekend op welk aantal analyses ze zijn gebaseerd.

De in tabel 5 gegeven samenstelling van percolatiewater van Amerikaanse stortplaatsen heeft betrekking op gemiddelde waarden, terwijl niet bekend is op hoeveel monsters dit gemiddelde betrekking heeft en wat de herkomst van de onderzochte monsters is. Dit is waarschijnlijk de oorzaak dat het totaal Kjeldahl-stikstofgehalte lager is dan het gehalte ammoniumstikstof.

De concentraties (zware) metalen in percolatiewater zijn in min of meerdere mate afhankelijk van de afbraakfase waarin een stortlichaam verkeert. De pH is mede bepalend voor de oplosbaarheid van een aantal kationen, de adsorptie daarvan aan organisch materiaal en de complexering met vetzuren.

Zoals blijkt uit figuur 9 zal naarmate de pH toeneemt de oplosbaarheid van zware metalen belangrijk afnemen.



Figuur 9. Oplosbaarheid van zware metalen als functie van de pH.
(lit. 33).

Uit het onderzoek van Ehrig (lit. 4) zijn gemiddelde concentraties bekend bij hoge en lage organische belastingen. In tabel 6 zijn weergegeven de gemiddelde concentraties \bar{x} en de standaarddeviatie s .

Praktijkgegevens met betrekking tot de gehalten aan zware metalen in percolatiewater als functie in de tijd zijn slechts in beperkte mate bekend en moeilijk te interpreteren zonder verdere gegevens over de stortplaats en de microbiologische afbraakfase waarin het gestorte materiaal verkeert.

	pH < 7,0		pH > 7,0	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s
CZV mg O ₂ /l	22.000	7.800	3.000	550
Fe mg /l	925	400	15	20
Ca mg /l	1.300	500	80	45
Mg mg /l	600	150	250	50
Mn mg /l	24	11	0,65	3,16
Zn mg /l	5,6	7,9	0,64	0,33

Tabel 6. Gemiddelde concentraties en standaardafwijking. (lit. 4.)

Met betrekking tot organische microverontreinigingen zijn gehalten in percolatiewater van een beperkt aantal stortplaatsen voor voornamelijk huishoudelijke afvalstoffen bekend (zie bijlage 6) zonder dat duidelijk is wat de relatie is met andere parameters zoals BZV, CZV, pH of de leeftijd van de stortplaatsen.

In lit. 19 wordt de veronderstelling uitgesproken dat percolatiewater geen belangrijke bron is van vluchtige halogeenverbindingen. Vanwege het vluchtige karakter zullen zij ontwijken zodra percolatiewater vrijkomt. Atmosferische halogeenverbindingen (air-borne) vormen de voornaamste verontreinigingsbron van oppervlaktewater en grondwater. Gechloreerde olefinen, behorende tot de groep van niet vluchtige halogeenverbindingen, worden normaliter niet in huishoudelijk afval aangetroffen.

Van hooggechloroerde verbindingen, bepaald volgens de EOC1-methode, wordt in lit. 19 aangenomen dat ze in de toekomst slechts in lage concentraties in huishoudelijk afval aanwezig zullen zijn.

Van aromatische koolwaterstoffen waaronder benzenen wordt aangenomen dat de concentratie daarvan in percolatiewater maximaal 0,5 mg/l kan bedragen.

Over het gedrag van organische microverontreinigingen onder invloed van de processen in het stortlichaam zijn nagenoeg geen gegevens bekend.

3.4 Nazorgfase

Indien een (deel van een) stortterrein is afgewerkt met een laag teelaarde, gaat de infiltratie van neerslag en daarmee de vorming van percolatiewater gewoon door. De kwantiteit van het percolatiewater kan beïnvloed worden door een meer of minder ondoorlatende bovenafdekking aan te brengen, bijvoorbeeld een kleiige afdeklaag. De invloed op de hoeveelheid geproduceerd percolatiewater is in het algemeen echter gering indien Nederlandse gronden worden gebruikt. De kwaliteit van het percolatiewater zal in de nazorgfase in het algemeen methanogeen van karakter zijn. Hoewel verwacht kan worden dat de vervuilingsgraad in de loop van de tijd zal afnemen als gevolg van het meer en meer uitgeloozd zijn van het afval, dient toch met een zeer aanzienlijke periode rekening gehouden te worden. Met behulp van een stofbalans kan hiervoor een periode van 50-100 jaar worden berekend. Hierbij dient opgemerkt te worden dat nog geen cijfers beschikbaar zijn over het uitlooggedrag van volgens de nieuwste Richtlijn gecontroleerd storten ingerichte stortterreinen.

Dit betekent dat in principe na beëindiging van de stortactiviteiten nog met een zeer langdurige nazorg in de vorm van zuivering van percolatiewater rekening gehouden moet worden. De kosten hiervan moeten in principe door de stortgelden opgebracht worden, waarvoor betalingen aan een nazorgfonds kunnen dienen.

Een alternatief voor de voortgaande behandeling van percolatiewater is het aanbrengen van vloeistofdichte afdekkingen over het stort met als oogmerk de percolatiewaterhoeveelheid te verminderen en uiteindelijk tot nul te reduceren. Hierbij moeten wel kosten van onderhoud en reparatie worden opgenomen.

De afweging tussen beide alternatieven is momenteel in volle gang.

Bij oudere stortterreinen, die niet voorzien zijn van afsluitende lagen onder het stortlichaam, wordt het aanbrengen van een bovenafdichting vooral interessant, indien een te grote negatieve beïnvloeding van grondwater en oppervlaktewater door percolatiewater wordt geconstateerd.

3.5 Samenvatting kwantiteit en kwaliteit van percolatiewater

Het bestaan van een stortplaats voor huishoudelijk afval kent een aantal fasen zoals de aanleg-, de exploitatie-, de eind- en de nazorgfase.

In de Richtlijn gecontroleerd storten van het Ministerie van VROM worden voorschriften gegeven met betrekking tot het nemen van maatregelen welke voldoen aan het principe dat de stortplaats geïsoleerd moet zijn ten opzichte van de bodem en het grondwater, dat de processen in een stortplaats beheersbaar zijn en dat controle wordt uitgevoerd op de effectiviteit van maatregelen.

Deze maatregelen strekken zich uit over de bestaansfasen van de stortplaats. De maatregelen hebben tot doel ongewenste emissies zoveel mogelijk te voorkomen.

Percolatiewater ontstaat door infiltratie van het neerslagoverschot. De jaargemiddelde hoeveelheid percolatiewater als gevolg van neerslag bedraagt 225 mm en is ongeveer één derde tot een vierde van de jaarlijkse neerslaghoeveelheid.

Isolerende maatregelen zoals bodemafdichting moeten worden getroffen in de aanlegfase waardoor percolatiewater niet rechtstreeks in contact kan komen met grond- of oppervlaktewater.

De uiteindelijke kwantiteit wordt voornamelijk bepaald door het neerslagoverschot en de waterdoorlatendheid van het afdek materiaal. De hoeveelheid te behandelen percolatiewater is afhankelijk van de mate van verdunning met grond- of oppervlaktewater.

De percolatiewaterkwaliteit wordt in hoofdzaak gekarakteriseerd door parameters als het BZV, het CZV en de pH. Onder invloed van biochemische processen zal het BZV en het CZV afnemen en de pH toenemen. De verhouding tussen BZV en CZV is daarbij karakteristiek voor de fase waarin het afbraakproces verkeert. De biochemische afbraak is te verdelen in een zuurvormende fase en een methanogene fase. Tijdens de zuurvormende fase, die zich voltrekt in een periode van 1 tot 7 jaar, varieert de BZV/CZV-verhouding tussen 0,4 en 0,8; tijdens de methanogene fase neemt deze verhouding af tot minder dan 0,1.

De pH zal variëren tussen 6 en 8. De pH is van invloed op de oplosbaarheid van zware metalen. In de zuurvormende fase, waarbij de pH afneemt tot ongeveer 5 à 6, zullen daarom de concentraties zware metalen in het percolatiewater groter zijn dan in de methanogene fase. In het algemeen zullen de concentraties zware metalen in het percolatiewater afnemen in de tijd. Er zijn echter geen gegevens bekend over de mate waarin dit proces plaatsvindt.

Ook over het gedrag van organische microverontreinigingen in percolatiewater zijn geen relevante gegevens bekend.

Na beëindigen van de stortactiviteiten dient rekening te worden gehouden met een langdurige nazorgfase, waarin percolatiewater afgevoerd moet worden. Als alternatief kan gedacht worden aan maatregelen, zoals bovenafdichting, die de hoeveelheid percolatiewater verminderen.

4. Behandeling van percolatiewater

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de behandeling van onverdund percolatiewater en de kosten daarvan. Vanwege het ontbreken van een actueel gemiddeld beeld van de percolatiewaterkwantiteit en -kwaliteit is bij de kostprijsberekeningen uitgegaan van een "modelkwaliteit" voor percolatiewater. Indien verdund percolatiewater behandeld moet worden, zal in het algemeen sprake zijn van grotere tot veel grotere debieten. In bijlage 9 is op deze problematiek nader ingegaan.

4.2 Zuiveringstechnieken

Een overzicht van zuiveringstechnieken die voor de behandeling van percolatiewater in aanmerking komen, is gegeven in bijlage 7. Tevens zijn daarbij, waar mogelijk, praktijkervaringen aangegeven.

De praktijkresultaten van de zuiveringstechnieken worden sterk beïnvloed door de samenstelling van het percolatiewater, waarbij gedacht moet worden aan verschillen in percolatiewaterkwaliteit uit een stort in de zuurvormende fase en in de methanogene fase.

Dit blijkt nog eens duidelijk uit tabel 7, waarin een samenvatting wordt gegeven van de resultaten die met zuiveringstechnieken zijn behaald.

Ter toelichting op de tabel dient het volgende:

- 1 Zo mogelijk is een verwijderingsrendement weergegeven, dat ook experimenteel is gevonden of behaald in een bestaande installatie. Indien sprake is van een spreiding in waarden is tussen haken een rendement opgenomen dat voor de verdere berekeningen is gebruikt. Uitgaande van een goede werking van een installatie is deze waarde aan de hoge kant van de spreiding in rendementen gekozen.

- 2 Enkele systemen zijn voor de behandeling van zuur of methanogeen percolaat minder geschikt, zoals blijkt uit bijlage 7. Deze combinaties zijn verder niet van toepassing (nvt).
- 3 Indien geen getalsmatige verwijderingsrendementen bekend zijn, is een schatting gemaakt (tussen vierkante haken) om berekeningen mogelijk te maken.
- 4 De verwijdering van (zware) metalen (Me) is met één percentage gekarakteriseerd.
- 5 Organische microverontreinigingen zijn slechts in enkele gevallen in percolatiewater aangetoond. Uit onderzoek (lit. 8) is gebleken dat voor benzeen, toluen, ethylbenzeen en xyleen (BTEX) in een rioolwaterzuiveringsinstallatie hoge verwijderingsrendementen, tot meer dan 99%, mogelijk zijn. Hier dient echter opgemerkt te worden dat in dit geval geen duidelijk onderscheid gemaakt kon worden tussen verwijdering door biologische afbraak en door stripeffecten in de aeratietank.
Op grond van ervaringen (lit. 20) mag worden aangenomen dat benzeen voor circa 80% biologisch afbreekbaar is. In dit rapport wordt voor de overige technieken een afbraak vergelijkbaar met het CZV-verwijderingsrendement aangenomen (lit. 19). In tabel 7 zijn deze waarden niet apart opgenomen.

Techniek	Verwijderingsrendementen				
	Zuur percolaat		Methanogeen percolaat		
Aërobe zuivering met nitrificatie en denitrificatie	CZV	50-95	(90)	CZV	20
	BZV	>95	(95)	BZV	45-85 (80)
	N-Kj	[60]		N-Kj	75-90 (90)
	Me	[70]		Me	15-50 (50)
Anaërobe zuivering	CZV	50-85	(80)	(n.v.t.)	
	BZV	[95]			
	N-Kj	<10	(5)		
	Me	<80	(70)		
Hyperfiltratie 2 secties	(n.v.t.)			CZV	>99
				BZV	>99
				N-Kj	>99
				Me	>99
Hyperfiltratie 1 sectie	(n.v.t.)			CZV	98
				BZV	97
				N-Kj	75
				Me	>98
Verdamping	CZV	matig	[60]	CZV	goed [95]
	N-Kj	matig	[60]	N-Kj	matig [60]
	Me	goed	[95]	Me	goed [95]
Flocculatie/precipitatie	CZV	slecht	[10]	CZV	slecht [10]
	N-Kj	slecht	[10]	N-Kj	slecht [10]
	Me	goed	[90]	Me	redelijk [50]
Recirculatie in methanogene stort	CZV	goed	[91]	(n.v.t.)	
	BZV	goed	[99]		
	N-Kj	0			
	Me	goed	*)		

Tabel 7. Samenvatting van bijlage 7. Praktijkresultaten behaald met verschillende zuiveringstechnieken.

Me = (zware) metalen.

Tussen ronde haken is het rendement gegeven, dat voor de berekeningen is gebruikt.

Tussen vierkante haken is een geschat percentage gegeven.

*) afhankelijk van metalen, zie tabel 11.

Bij de toepassing van de geschikte zuiveringstechnieken kunnen de volgende opmerkingen worden gemaakt.

Anaërobe zuivering is geschikt voor zuur percolatiewater (lit. 15) maar biedt weinig perspectief voor de behandeling van methanogeen gestabiliseerd percolatiewater met een laag BZV-gehalte. Het anaëroob gezuiverd percolatiewater heeft nog hoge gehalten aan CZV en N-Kj. Voor rechtstreekse lozing op oppervlaktewater is altijd een nabehandeling noodzakelijk (ook bij recirculatie).

Met een aëroob systeem kan een vergaande verwijdering van BZV en ammonium bereikt worden voor zowel zuur als methanogeen percolatiewater. Zware metalen en CZV kunnen slechts gedeeltelijk worden teruggehouden (lit. 4, 19, 32). Omdat nitrificatie resulteert in zeer hoge concentraties nitraat en nitriet, is een denitrificatiestap noodzakelijk. De BZV-N verhouding in methanogeen percolatiewater is zo laag dat denitrificatie alleen mogelijk zal zijn door middel van het toevoegen van een externe koolstofbron (bijvoorbeeld methanol).

Hyperfiltratie is een behandelingssysteem waarbij verontreinigende stoffen in een waterstroom door een membraan worden tegengehouden. In het effluent (permeaat) komen grote moleculen niet meer voor terwijl kleine moleculen, zoals ammoniak, ook voor een groot deel worden tegengehouden indien een hyperfiltratie-unit met 2 secties wordt toegepast (lit. 18).

Verdamping van de gehele percolaatstroom is wellicht mogelijk op een zelfs redelijk kostenniveau bij het gebruik maken van vacuümverdamping. Er zijn echter geen praktijkinstallaties gerealiseerd waarvan de resultaten deze veronderstelling bevestigen. Resultaten van proefnemingen zijn voornamelijk afkomstig van behandeling van water uit stortterreinen voor chemisch afval (lit. 29). Na vacuümverdamping resteert een vloeistofstroom met een hoog drogestofgehalte (30-40%). Afhankelijk van het gehalte aan vluchtige stoffen zal ook het condensaat nog verontreinigingen bevatten.

Flocculatie/precipitatie vormt een goede aanvulling op biologische zuiveringssystemen omdat hiermee zware metalen, grotere organische complexen zoals humuszuren en dergelijke, en slibdeeltjes verwijderd kunnen worden.

Op praktijkschaal is ervaring opgedaan met de fysisch-chemische zuivering van percolatiewater bij Westwoud (lit. 15).

Een nieuw opkomende techniek is precipitatie door middel van electrolyse. Voordelen van dit systeem zijn de ten opzichte van chemische precipitatie geringe hoeveelheid benodigde chemicaliën en een verbetering van de ontwateringseigenschappen van het slib.

Door recirculatie van zuur percolatiewater naar een deel van het stort, waar methanogene condities heersen, fungeert dit deel van het stort als anaërobe reactor.

Rendementen van dit zuiveringssysteem zijn niet bekend. In principe wordt door deze handelwijze het zure percolatiewater omgezet in gestabiliseerd percolatiewater. In dit rapport is daarom uitgegaan van methanogeen percolatiewater.

Afvoer naar een rwzi kan plaatsvinden onder de voorwaarden genoemd in hoofdstuk 5. Ten aanzien van de totale vuilvrucht kan gesteld worden dat het aandeel percolatiewater op het totale aanbod van huishoudelijke en industriële afvalwater aan een rwzi laag moet zijn. Een groot aanbod percolatiewater leidt tot een verhoogde effluent CZV, een mogelijke verslechtering van onder andere slibeigenschappen en verstoringen ten gevolge van piekafvoeren. De belasting met percolatiewater dient zorgvuldig te worden afgestemd op de hydraulische en biologische capaciteit van de zuivering.

4.3 Uitgangspunten voor berekeningen

4.3.1 Inleiding

Uit alle uit de enquête bekend geworden gegevens kan worden geconcludeerd dat de behandeling van percolatiewater in Nederland nog sporadisch voorkomt.

Praktijkresultaten zijn om deze reden beperkt, waarbij opgemerkt dient te worden dat resultaten uit het buitenland, met name uit de U.S.A., beïnvloed zijn door een voor Nederland afwijkende samenstelling van het afval.

Om toch uitspraken te kunnen doen over technieken en de effecten op de waterkwaliteit worden in dit hoofdstuk uitgangspunten vastgelegd waarmee de mogelijke zuiveringssystemen worden doorgerekend.

4.3.2 Kwantiteit

De hoeveelheid onverdund percolatiewater, die vrijkomt uit een volgens de Richtlijn gecontroleerd storten ingericht stortterrein van 10 hectaren is berekend in hoofdstuk 3.2. Hieruit blijkt dat gerekend moet worden met de in tabel 8 vermelde hoeveelheden, waarbij schommelingen in de produktie van percolatiewater opgevangen worden in de bergende capaciteit van het stort. Hierbij moet bedacht worden dat voldoende bufferend vermogen in het stortlichaam beschikbaar moet zijn. Indien onvoldoende bufferend vermogen beschikbaar is, zal in het algemeen gedacht moeten worden aan een uitbreiding van de geïnstalleerde capaciteit of het aanleggen van bufferbassins.

	Neerslag mm/jaar	Verdamping mm/jaar	Afstroming mm/jaar	Totaal mm/jaar	m ³ /uur
Gemiddeld	750	450	75	225	2,6
Maximaal	950	200	-	750	8,6
Dimensionering op (gemiddeld) + 0,1x (maximaal) *				300	3,5

Tabel 8. Vrijkomende hoeveelheid onverdund percolatiewater bij een stortterrein van 10 ha.

* aanname

In geval van ongesaneerde stortterreinen is het mogelijk dat de hoeveelheid vrijkomend water in grote mate kan afwijken van de $3,5 \text{ m}^3/\text{uur}$ per 10 ha, aangezien verdunningseffecten optreden.

Bij stortterreinen met een ander oppervlak dan 10 ha is het mogelijk om in verhouding met het oppervlak de benodigde capaciteit aan te passen. Voor stortterreinen tussen circa 5 en circa 40 ha kunnen ook de kosten voor de behandeling van percolatiewater in verhouding met het te behandelen debiet worden gecorrigeerd. Voor zeer kleine en zeer grote stortterreinen dienen de kosten apart berekend te worden (bijlage 9).

4.3.3 Kwaliteit

Een uitgebreide omschrijving van de kwaliteit van percolatiewater is weergegeven in hoofdstuk 3.

De voor de berekening van belang zijnde kwaliteitsgegevens zijn vermeld in tabel 9.

Parameter		Zuur percolaat	Methanogeen percolaat
CZV	mg/l	35.000	3.000
BZV	mg/l	20.000	200
N-Kj	mg/l	1.000	1.000
Cd	µg/l	250	1
As	µg/l	160	40
Hg	µg/l	5	1
Som overige metalen	mg/l	55	2
BTEX	mg/l	0,5	0,5

Tabel 9. Aannamen kwaliteitsgegevens percolatiewater ten behoeve van berekeningen.

Som overige metalen: Zn, Cr, Ni, Pb en Cu.

BTEX: Benzeen, toluen, ethylbenzeen en xyleen.

Klassieke parameters

De CZV/BZV-verhouding van zuur percolatiewater is laag (1,75), hetgeen wijst op biologisch goed afbreekbare stoffen. Dit wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van vetzuren van laag moleculair gewicht. Van methanogeen percolatiewater is de CZV/BZV-verhouding toegenomen tot 15. Hierin komen juist veel hoogmoleculaire humus en fulvinezuren voor, die ook verantwoordelijk zijn voor circa 10% van de N-Kj. De overige 90% van de N-Kj bestaat uit ammoniumstikstof (lit. 17).

Zware metalen

Zoals uit hoofdstuk 3 opgemaakt kan worden, is er een grote spreiding in concentraties van zware metalen, waarschijnlijk vooral afhankelijk van de aard en samenstelling van de gestorte metalen.

Volgens het IMP-M (1986-1990) en het IMP-W (1985-1989) zijn arseen, cadmium en kwik op de lijst van zwarte stoffen in het milieubeleid geplaatst. Voor deze stoffen wordt een maximale brongerichte aanpak voorgestaan.

Met betrekking tot de overige metalen wordt in de tabel de som van de gehalten aan Zn, Cr, Ni, Pb en Cu weergegeven. Deze som wordt voor meer dan 90 % bepaald door het gehalte aan Zn.

Bovendien blijkt uit de cijfers van hoofdstuk 3.2 dat de concentraties aan overige metalen in het percolatiewater afhankelijk is van de zuurgraad van het water.

Organische microverontreinigingen

Met uitzondering van benzeen, toluen, ethylbenzeen en xyleen (BTEX) zijn organische microverontreinigingen slechts in enkele gevallen in percolatiewater aangetoond. Dit geldt ook voor gehalogeneerde verbindingen. Gesteld kan worden dat de meeste microverontreinigingen apolair van karakter zijn en zich om die reden bij voorkeur hechten aan organische stof. Deze verontreinigingen zullen voor een deel achterblijven in het stort.

4.3.4 Kosten van zuiveringstechnieken percolatiewater

Uit beschikbare literatuurgegevens (bijlage 7) is voor de van belang zijnde zuiveringstechnieken de kostprijs per m^3 behandeld percolatiewater geïnventariseerd.

In deze kostprijzen zijn afschrijving van de investeringskosten, rente en exploitatiekosten, waaronder onderhoud, personeel, chemicaliën en energie, opgenomen.

Investerings- en exploitatiekosten van voorzieningen voor opvang, transport en buffering van percolatiewater zijn niet in de kostprijs per m^3 water opgenomen, aangezien deze kosten voor alle behandelingssystemen per locatie gelijk zijn. Hierbij dient echter opgemerkt te worden dat deze kosten op kunnen lopen tot circa f 10,-- per m^3 behandeld water (lit. 22).

De resultaten van de inventarisatie staan vermeld in tabel 10.

De kostprijzen zijn indicatief en uitsluitend bedoeld voor vergelijkende doeleinden.

Techniek	Aard van percolatiewater	Voor berekeningen gebruikte kostprijs in f/ m^3 behandeld water *)
aëroob	zuur	15
	methanogeen	3
anaëroob	zuur	12
hyperfiltratie 2 secties	methanogeen	8
hyperfiltratie 1 sectie	methanogeen	6
verdamping	zuur	(20)
	methanogeen	(10)
flocculatie	zuur	(12)
precipitatie	methanogeen	3
recirculatie in methanogene stort	zuur	(1)

Tabel 10. Kosten van zuiveringstechnieken percolatiewater
(uitsluitend voor vergelijkende doeleinden).

*) tussen haken is een aangenomen kostprijs vermeld.

4.4 Berekeningen zuiveringstechnieken

4.4.1 Kwaliteitsberekeningen

De zuiveringstechnieken, die in tabel 7 zijn genoemd, zijn ingezet voor de behandeling van percolatiewater met de modelsamenstelling, zoals in tabel 9 omschreven is.

De resultaten staan vermeld in tabel 11.

Naast de in tabel 11 genoemde zuiveringstechnieken zijn ook combinaties van technieken mogelijk.

Een reeds beproefde combinatie (lit. 17) is een aërobe techniek, gevolgd door flocculatie/precipitatie.

4.4.2 Kostenberekening heffing

Uitgaande van de in het vorige hoofdstuk berekende effluentkwaliteiten en het te verwachten debiet aan te lozen behandeld percolatiewater voor een stortterrein van 10 ha, worden in tabel 12 de lozingskosten berekend. Hierbij is gebruik gemaakt van de in bijlage 8 opgenomen berekeningswijze voor het I.E.-getal en de T-correctie, indien toepasbaar.

Heffing per i.e. is gesteld op f 70,--.

Effluent van systeem	Aard van percolaat	i.e. aantal 1)	Kosten in f/m ³ behandeld water 1)
aëroob	zuur	3.300	7,50
	methanogeen	1.750 / 440	4,00 / 1,00
anaëroob	zuur	7.000	16,00
hyperfiltr. 2 secties	methanogeen	45	0,10
hyperfiltr. 1 sectie	methanogeen	750	1,70
verdamping	zuur	10.000	22,50
	methanogeen	1.200	2,80
floccul./ precipit.	zuur	22.500	50,00
	methanogeen	4.200	9,50
Recircul. in methano- gene stort	zuur	4.700	10,70
Directe lozing op riolering	zuur	24.500	56,00
	methanogeen	4.700	10,70

Tabel 12. Kosten voor lozing effluent (heffing), in gulden.

1) Indien toepasbaar: zonder/met T-correctie

Systeem	Aard van percolaat	CZV (mg/l)		BZV (mg/l)		N-Kj (mg/l)		Prioritaire stoffen (ug/l)			Overige zware metalen (mg/l)		BTEX (ug/l)		
		rend.	effl.	rend.	effl.	rend.	effl.	rend.	effl.		rend.	effl.	rend.	effl.	
								Cd	As	Hg					
aëroob	zuur	90	3.500	95	1.000	60	400	70	75	48	1,5	70	16,5	80	100
	methanogeen	20	2.400	80	40	90	100	50	0,5	20	0,5	50	1	80	100
anaëroob	zuur	80	7.000	95	1.000	5	950	70	75	48	1,5	70	16,5	80	100
hyperfiltratie 2 secties	methanogeen	99	30	99	2	99	10	99	0,01	0,4	0,01	99	0,02	99	5
hyperfiltratie 1 sectie	methanogeen	98	60	97	6	75	250	98	0,02	0,8	0,02	98	0,04	98	10
verdamping	zuur	60	14.000			60	400	95	12,5	8	0,25	95	2,8	60	320
	methanogeen	95	150			60	400	95	0,05	2	0,05	95	0,1	95	25
flocculatie precipitatie	zuur	10	32.000			10	900	90	25	16	0,5	90	5,5	10	450
	methanogeen	10	2.700			10	900	50	0,5	20	0,5	50	1	10	450
recirculatie in methanogene stort	zuur		3.000		200		1.000		1	40	1		2		500

Tabel 11: Kwaliteitsberekening zuiveringstechnieken.

4.4.3 Evaluatie

De totale behandelingskosten inclusief zuiveringsheffing zijn samengevat in tabel 13

Systeem	Aard van percolaat	Effluent mg/l			Kosten in f/m ³ behandeld water		
		CZV	BZV	N-Kj	zuiveringsheffing ring	1)	totaal 1)
aëroob	zuur	3.500	1.000	400	15	7,50	22,50
	methan.	2.400	40	100	3	4,00/1,00	7,00/4,00
anaër.	zuur	7.000	1.000	950	12	16,00	28,00
HF2	methan.	30	2	10	8	0,10	8,10
HF1	methan.	60	6	250	6	1,70	7,70
verd.	zuur	14.000		400	20	22,50	42,50
	methan.	150		400	10	2,80	12,80
flocc. precip.	zuur	32.000		900	12	50,00	62,00
	methan.	2.700		900	3	9,50	12,50
Recir.	zuur	3.000	200	1.000	1	10,70	11,70
Lozing rioleringsring	zuur	35.000	20.000	1.000		56,00	56,00
	methan.	3.000	200	1.000		10,70	10,70

Tabel 13. Totaal kosten van behandeling en lozing effluent, in guldens.

1) indien toepasbaar: zonder/met T-correctie

Uit deze tabel blijkt dat de behandeling van methanogeen percolatiewater goedkoper is dan van zuur percolatiewater. Mede hierom dient er naar gestreefd te worden uitsluitend methanogeen percolatiewater, eventueel via een behandelingsinstallatie, te lozen.

Indien zuur percolatiewater vrijkomt, is het op stortplaatsen, die volgens de Richtlijn gecontroleerd storten zijn ingericht, in principe mogelijk om door middel van recirculatie het percolatiewater vast te houden en om zodoende gebruik te maken van de biologische activiteit in het stortlichaam.

Behandeling van methanogeen percolatiewater door middel van een aërobe-biologische techniek kan tegen de laagste kosten geschieden, zeker indien ook de T-correctie van toepassing is. Er blijft een restvervuiling over. Behandeling door middel van hyperfiltratie levert een schoon effluent op, waarbij de behandelingskosten echter relatief hoog zijn ten opzichte van aërobe zuivering.

Het zuiveringsrendement van een aërobe behandeling kan verbeterd worden door het bijschakelen van een tweede behandelingsstap, bijvoorbeeld flocculatie/precipitatie. In dit geval zijn de kosten echter qua orde van grootte vergelijkbaar met die van behandeling door middel van hyperfiltratie.

4.5 Nazorgfase

Indien (een deel van) het afvalstort geen afval meer ontvangt en is afgewerkt met een laag teelaarde, zal nog steeds regenwater infiltreren en percolatiewater vrijkomen. De kosten voor de zuivering van dit water kunnen bijvoorbeeld gedekt worden uit een reservering, die tijdens het storten is opgebouwd.

Een alternatief van de besteding van de gelden uit deze reservering is het aanbrengen van een waterdichte bovenafdichting. Eerste ervaringen (literatuur 26, 29 en mondelinge mededelingen VAM) wijzen uit dat de investeringskosten hiervoor f 30,-- tot f 50,-- per m² bedragen. Voor een 10 m hoge stort is dit f 3,-- tot f 5,-- per m³ afval. De kosten voor het gedurende vijftien jaar zuiveren van percolatiewater uit een stortplaats met 10 ha oppervlak 10 m hoog (gemiddeld) gestort uitgedrukt per m³ afval kunnen met de volgende formule worden uitgerekend:

$$\text{jaarlijks gemiddelde m}^3 \text{ percolaat} \times \text{kosten per m}^3 \times 15 \text{ jaar}$$

$$\text{m}^3 \text{ afval}$$

Voor een behandeling van methanogeen percolaat door middel van bijvoorbeeld hyperfiltratie wordt dit:

$$\frac{22.500 \times 8,10 \times 15}{100.000 \times 10} = 2,73 \text{ gulden per m}^3 \text{ afval}$$

Hierbij moet echter aangetekend worden dat er nog veel factoren in deze berekeningsmethoden onzeker zijn:

- 1 Bij de gepresenteerde berekeningen zijn de kosten van systemen voor opvang, transport en buffering van percolatiewater niet in de kostenprijsvergelijkingen opgenomen, ervan uitgaande dat deze kosten voor alle behandelingsmethoden gelijk zijn. Indien de waterdichte bovenafdichting bedrijfszeker blijkt te zijn kan eventueel met een minder uitgebreid systeem van opvang, transport en buffering worden volstaan.
- 2 De kostprijs van een waterdichte bovenafdichting is onzeker, met name met betrekking tot onderhoudskosten.
- 3 Het is onbekend of het nog noodzakelijk is om na 15 jaar het percolatiewater te behandelen.

4.6 Samenvatting

Verschillende zuiveringstechnieken kunnen gebruikt worden voor de behandeling van percolatiewater. Rendementen zijn voor een groot deel gebaseerd op praktijkresultaten, die met proefinstallaties bereikt zijn. Cijfers over kwaliteit en kwantiteit van vrijkomend percolatiewater bij Nederlandse stortplaatsen zijn echter maar sporadisch voorhanden. Om toch enig inzicht te kunnen geven in de werking en de kosten van de zuiveringssystemen is een model-percolatiewater met betrekking tot kwaliteit en kwantiteit aangenomen. Dit model geldt voor stortplaatsen, die volgens de Richtlijn gecontroleerd storten zijn ingericht. Bedacht moet worden dat vrijkomend percolatiewater uit veel andere stortterreinen verdund is met kwel- en/of oppervlaktewater.

Uit de berekening van de kostprijs van de behandeling van percolatiewater blijkt, dat de behandeling van methanogeen percolatiewater verre de voorkeur geniet boven de behandeling van zuur percolatiewater.

Het vrijkomen van zuur percolatiewater dient mede hierom zo veel mogelijk te worden voorkomen. Naar verwachting kan door toepassing van recirculatie eerder methanogeen percolatiewater worden verkregen. De aërobe behandeling van methanogeen gestabiliseerd percolatiewater is de goedkoopste behandelingstechniek. De effluentkwaliteit van een aërobe behandeling kan verbeterd worden door een combinatie van technieken te installeren of, voor ongeveer dezelfde kosten, over te gaan tot de behandeling door middel van hyperfiltratie.

Met betrekking tot de nazorgfase kan worden opgemerkt dat het zeer zinvol is om in iedere situatie de kosten van behandeling af te wegen tegen de kosten van bovenafdichting.

Tenslotte dient opgemerkt te worden dat aan de uitkomsten van de berekeningen geen absolute waarde mag worden gehecht. De berekeningen zijn slechts voor vergelijkende doeleinden uitgevoerd, aangezien uitgegaan is van modelpercolatiewater, de kosten, ontleend aan praktijkexperimenten, indicatief zijn en schattingen van rendementen en kosten zijn opgenomen voor niet-beproefde technieken.

5. Indicatieve lozingseisen

5.1 Inleiding

Bij het opstellen van lozingseisen gaan de waterkwaliteitsbeheerders uit van desbetreffende Unie-richtlijnen en van de basiswaterkwaliteit zoals omschreven in het Indicatief Meerjaren Programma Water 1985-1989 (literatuur 10).

In het IMP-W 1985-1989 is als één van de twee hoofduitgangspunten van beleid het principe "vermindering van de verontreiniging" genoemd. Dit uitgangspunt is vervolgens nader uitgewerkt, waarbij een onderscheid is gemaakt tussen twee sporen: de "emissie-aanpak" en de "waterkwaliteits-aanpak".

Voor bedrijven betekent dit dat proceskeuze en interne bedrijfsvoering zo veel mogelijk moeten worden afgestemd op "vermindering van de verontreiniging". Is echter een wezenlijke saneringsinspanning noodzakelijk, dan geldt een lozingsbeleid gedifferentieerd naar stofsoort. De hanteerbaarheid van het uitgangspunt "vermindering van de verontreiniging" hangt in belangrijke mate af van de invulling van de begrippen "beste bestaande en best uitvoerbare technieken".

Voor zwarte lijst-stoffen geldt in beginsel dat de verontreiniging door deze stoffen moet worden beëindigd. Geprobeerd moet worden zo dicht mogelijk bij een nullozing te komen. Sanering aan de bron dient te geschieden door toepassing van de beste bestaande technieken.

Bij de groep "overige stoffen" hebben we te maken met een groot aantal verschillende verontreinigingen, variërend van stoffen die van nature in het oppervlaktewater voorkomen met een geringe mate van toxiciteit, tot milieu-vreemde stoffen met een betrekkelijk grote toxiciteit, persistentie en beweeglijkheid. Het beleid ten aanzien van deze stoffen varieert vanzelfsprekend al naar gelang de schadelijkheid ervan: is deze schadelijkheid groter dan wordt een grotere saneringsinspanning gevraagd en omgekeerd. Onderscheiden kunnen worden:

- stoffen die qua eigenschappen relatief schadelijk zijn. Daarbij dient ten eerste te worden gedacht aan een aantal zware metalen, niet zijnde zwarte lijst-stoffen. Ook vallen onder deze groep minder persistente verbindingen als cyanide, ammoniak en bepaalde bestrijdingsmiddelen die een hoge acute toxiciteit bezitten. Net als bij de zwarte lijst-stoffen wordt de emissie-aanpak gevolgd. Een verschil is echter dat hier niet toepassing van de beste bestaande technieken, doch toepassing van de best uitvoerbare technieken wordt vereist. Ook de zuurstofbindende stoffen worden conform de hiervoor in het verleden gekozen beleidsuitgangspunten gerekend tot de groep van stoffen, waarbij in beginsel de emissie-aanpak voorop staat. Niettemin zijn deze stoffen naar verhouding minder "schadelijk" dan zware metalen of organische microverontreinigingen, met name omdat het verschijnsel van accumulatie en acute toxiciteit zich niet voordoet. Er kan derhalve, ondanks het feit dat in beginsel naar sanering wordt gestreefd, in een concrete situatie en gelet op de grootte van de lozing en de omvang van het ontvangende water, aanleiding zijn om aangepaste effluent-eisen te stellen dan wel om sanering achterwege te laten;
- relatief onschadelijke verontreinigingen: van nature in het oppervlaktewater voorkomende stoffen met een geringe mate van toxiciteit (zoals sulfaat en chloride). De mate waarin maatregelen ter beperking van de lozingen van deze verontreinigingen moeten worden genomen is primair afhankelijk van de waterkwaliteitsdoelstellingen, waaronder de basiskwaliteit, van het ontvangende oppervlaktewater; een algemene beleidslijn voor de daarbij toe te passen technieken is niet te geven.

Het "stand-still"-beginsel.

Als tweede hoofduitgangspunt van het beleid is in het IMP 85-89 het stand-still-beginsel opgenomen. Dit beginsel is eveneens nader uitgewerkt voor enerzijds stoffen van de zwarte lijst, anderzijds voor de overige stoffen:

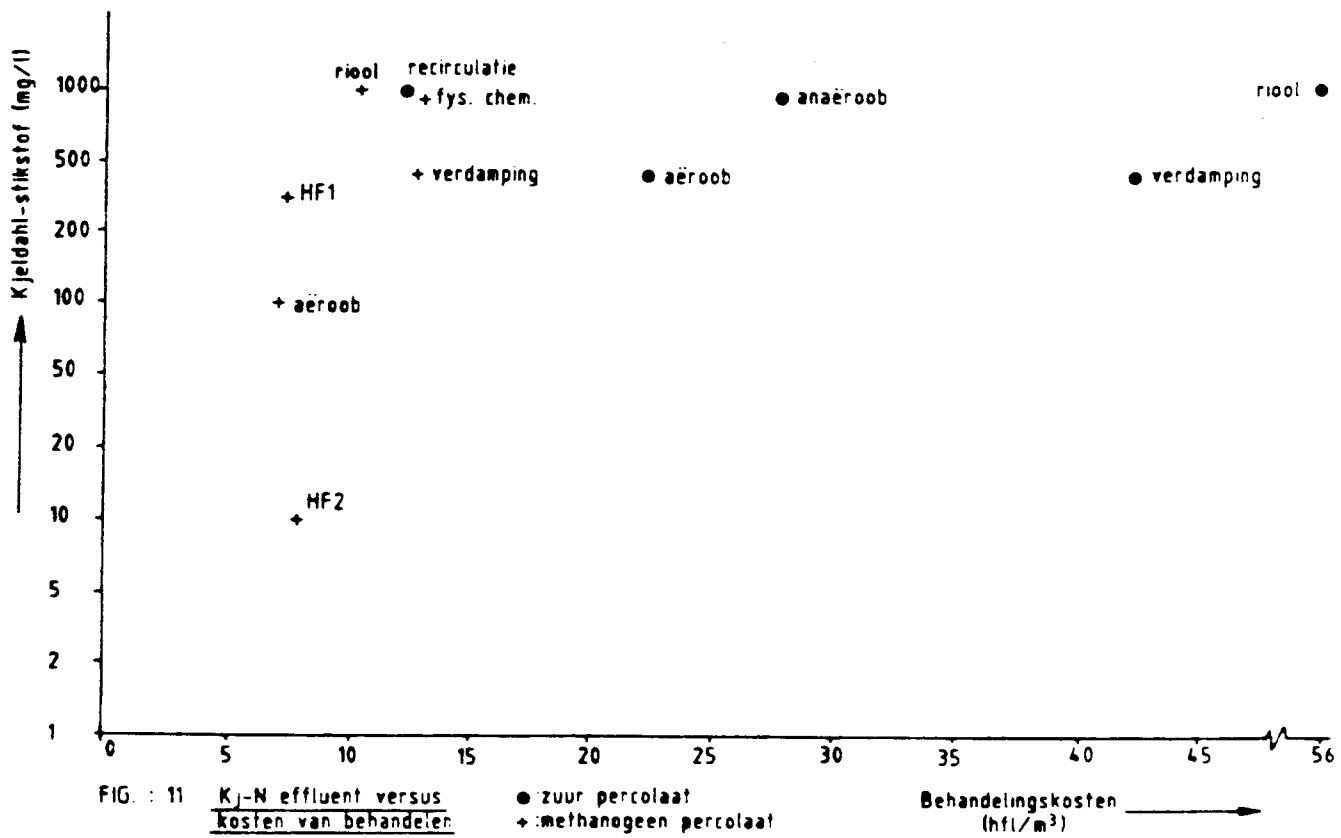
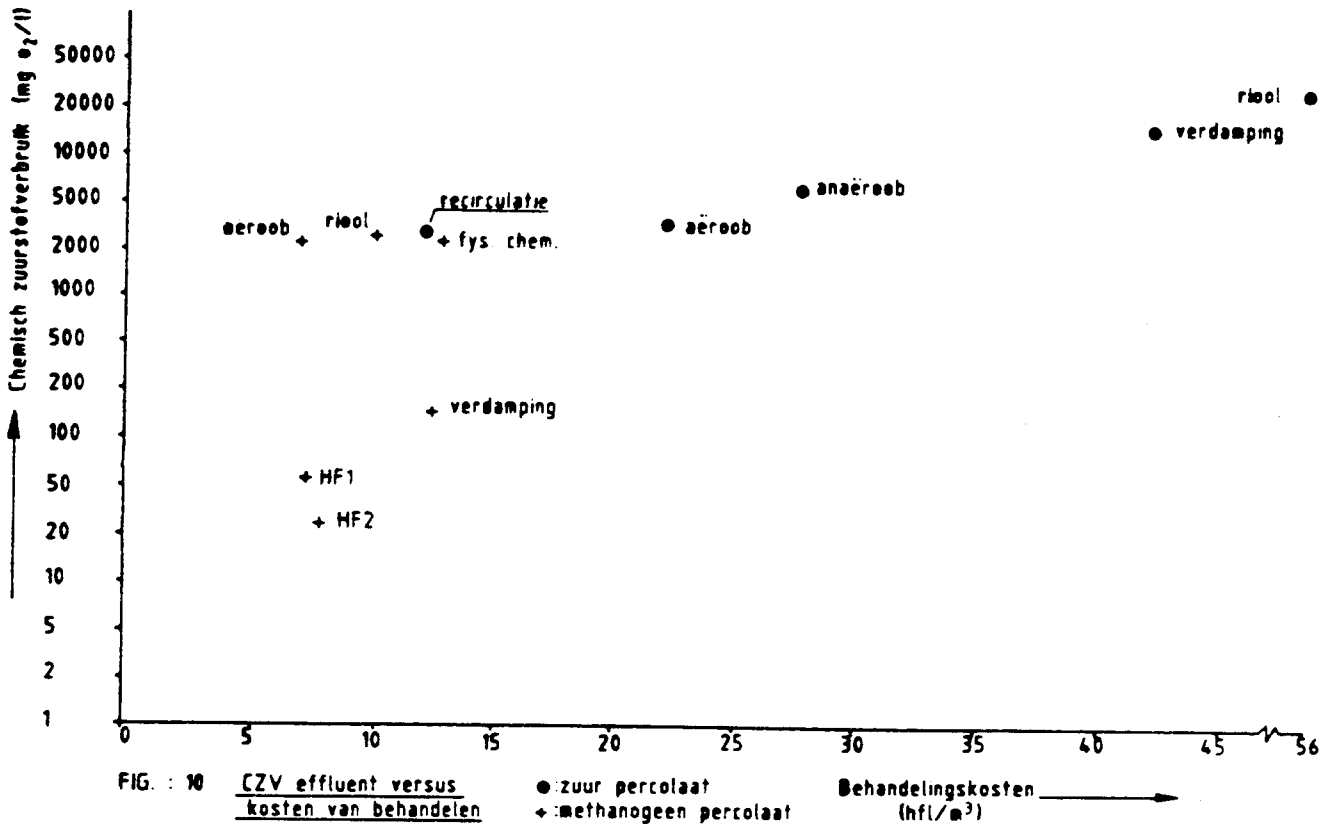
- a) emissies van stoffen van de zwarte lijst mogen, gerekend over een bepaald beheersgebied, niet toenemen;
- b) voor wat de overige stoffen betreft geldt dat de waterkwaliteit niet significant mag verslechteren.

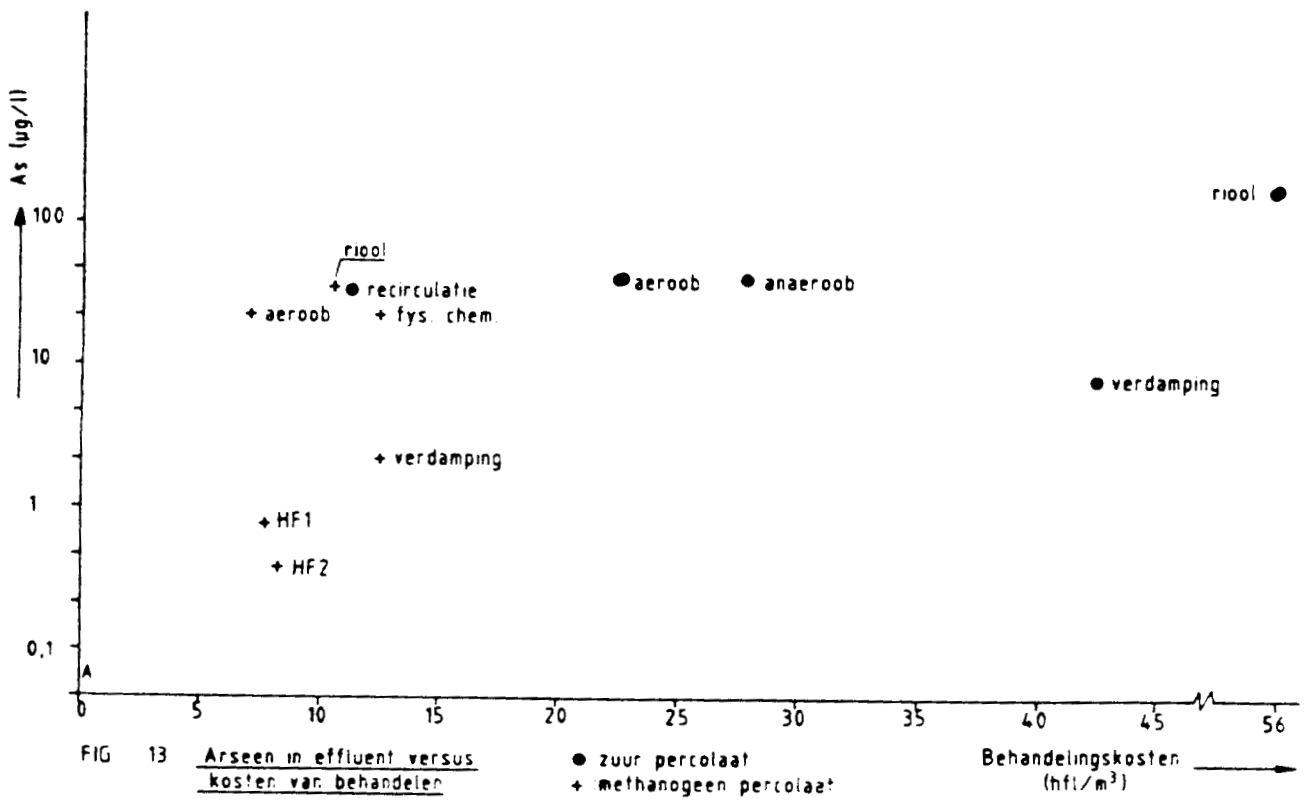
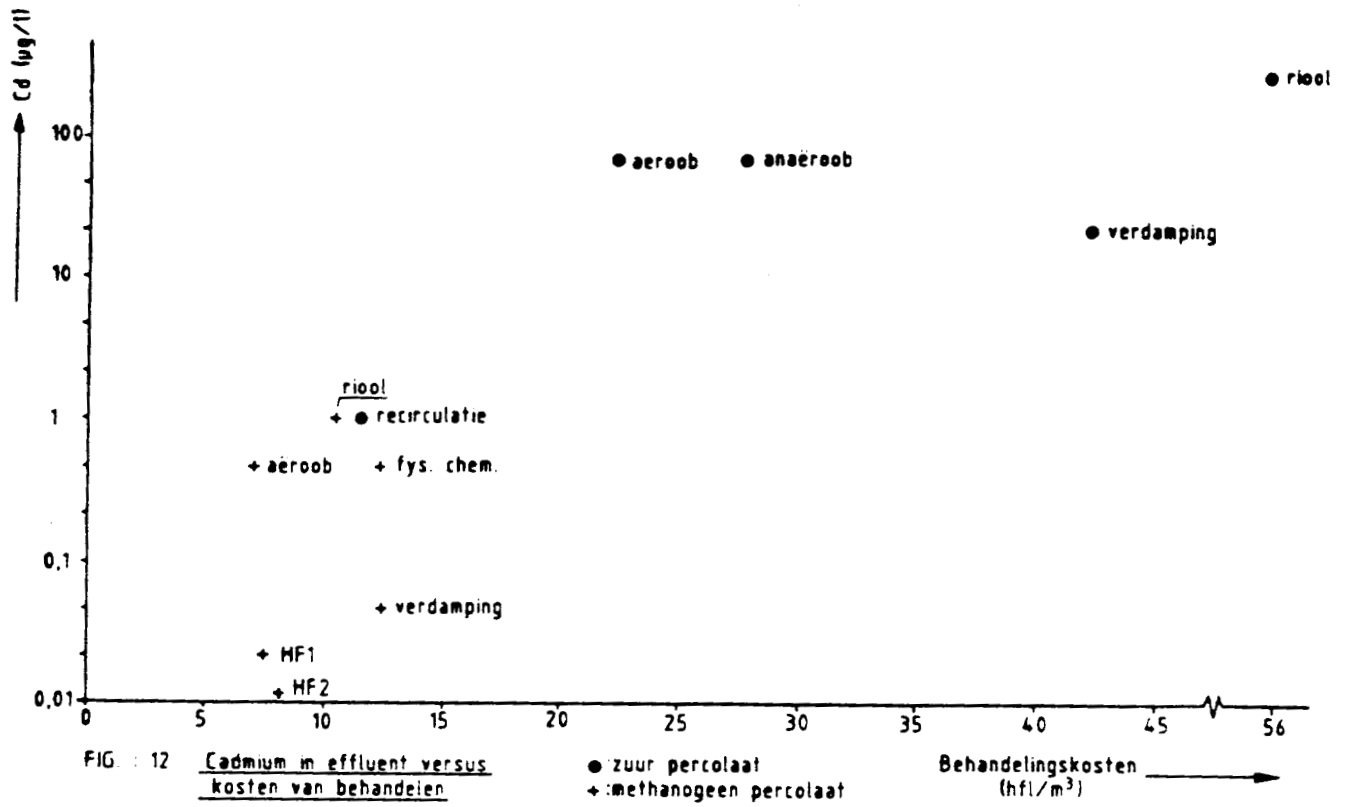
5.2 Beleidsbepaling ten aanzien van percolatiewater

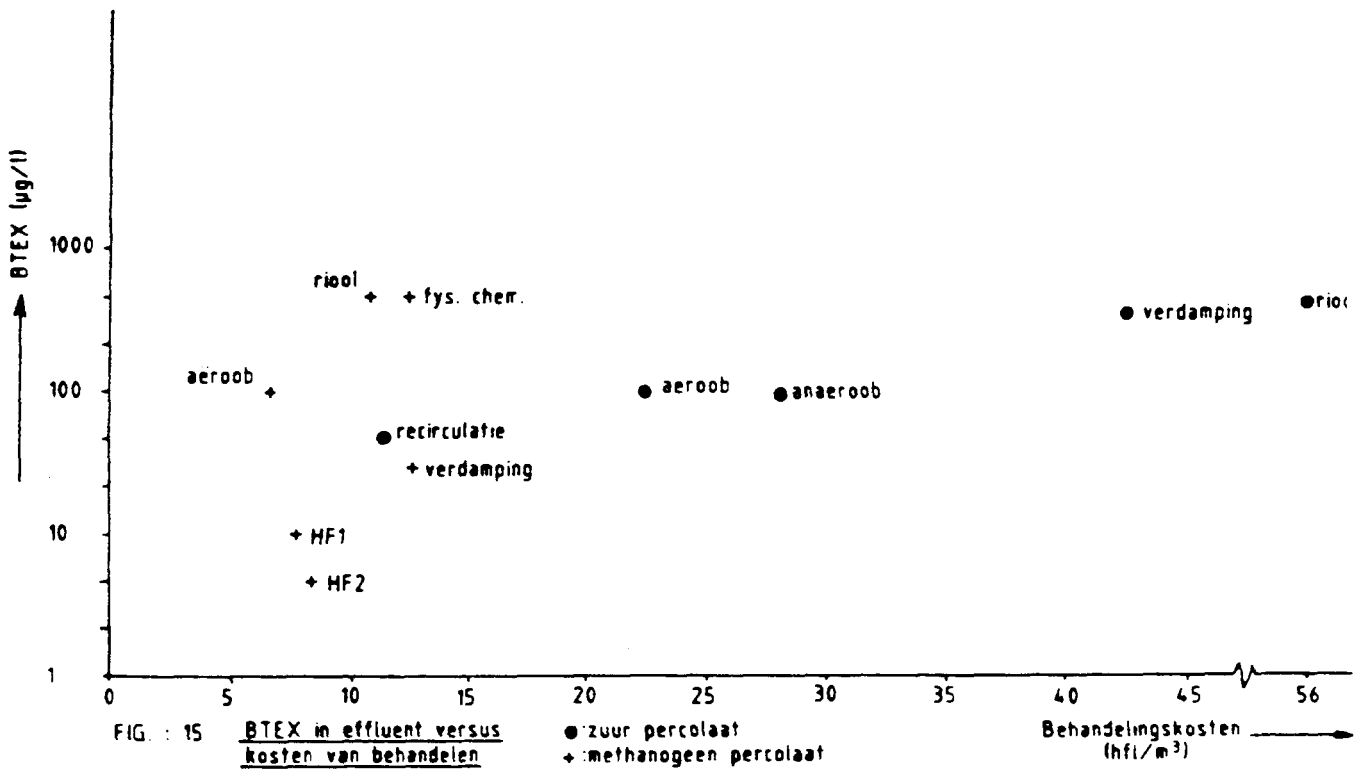
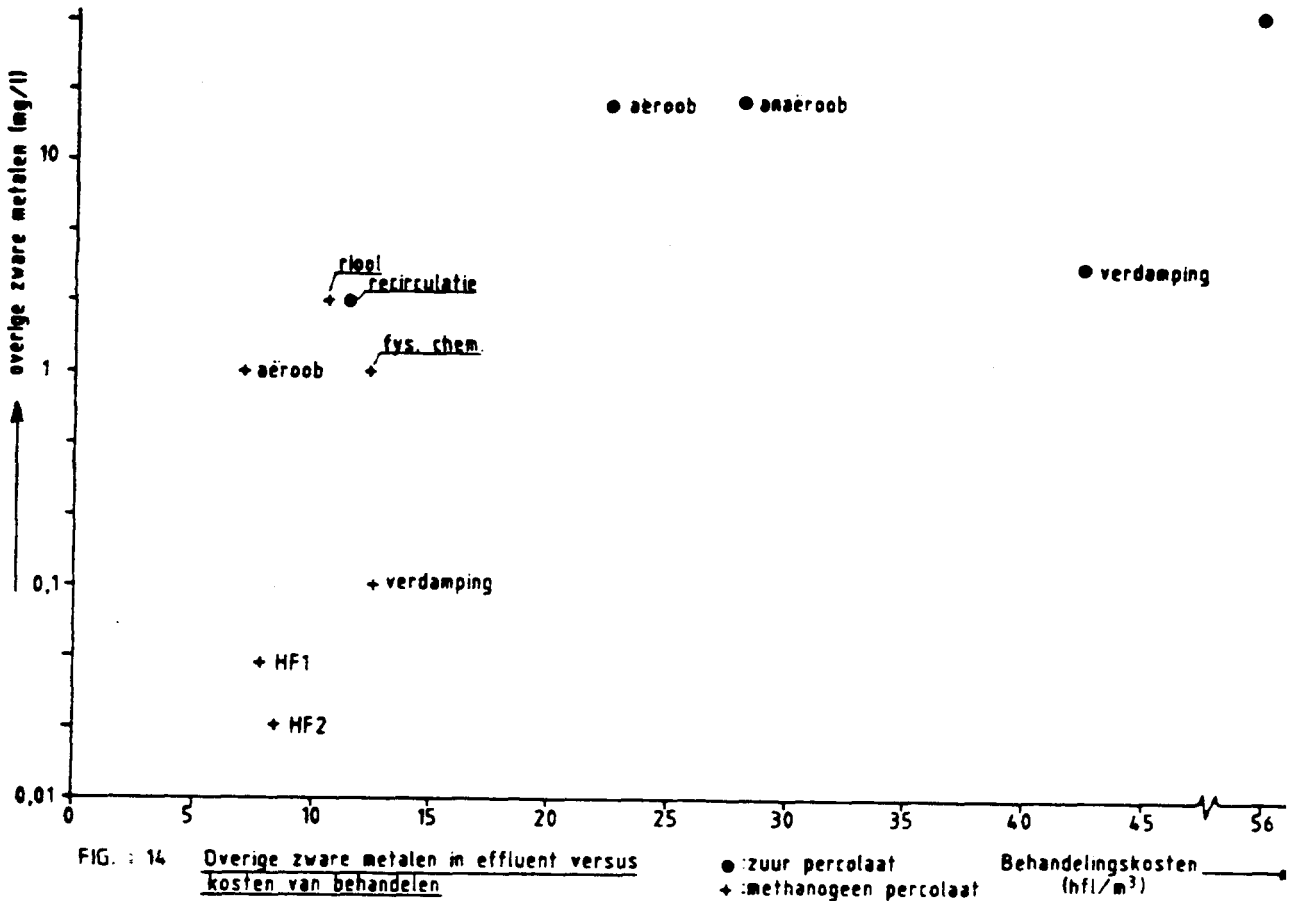
Percolatiewater bevat stoffen die beschouwd kunnen worden als zwarte lijst-stoffen en overige verontreinigingen. Gelet op de aanwezigheid van zwarte lijst-stoffen dient in principe overgegaan te worden tot het toepassen van de beste bestaande techniek. Echter, het aandeel van zwarte lijst-stoffen in percolatiewater ten opzichte van overige verontreinigingen is gering. In de groep overige verontreinigingen komen vooral zuurstofbindende stoffen voor. Toepassing van de best uitvoerbare techniek voor zuurstofbindende stoffen wordt vooralsnog voldoende geacht, omdat hiermee ook een deel van de zwarte lijst-stoffen wordt verwijderd. Mocht blijken dat dit in onvoldoende mate gebeurt, kan alsnog worden overwogen aanvullende zuiveringstechnieken voor te schrijven.

In figuren 10 tot en met 15 zijn de te behalen effluent-kwaliteiten afgezet tegen de kosten van de zuiveringssystemen. De beste bestaande technieken kunnen hieruit afgelezen worden als zijnde de technieken met de hoogste verwijderingsrendementen voor cadmium, arseen, kwik en organische microverontreinigingen (hyperfiltratie en verdamping). Hierbij dient opgemerkt te worden dat maatregelen die leiden tot een (bijna) nul-lozing van de percolaatstroom ook als beste bestaande techniek aangemerkt kunnen worden. Gedacht kan worden aan het waterdicht bovenafdichten van de stortplaats.

Als best uitvoerbare techniek onderscheiden zich die technieken, die zowel een redelijk rendement, als ook redelijke kosten ten toon spreiden (voor zuur percolatiewater: recirculatie; voor methanogeen percolatiewater: aëroob, lozing naar de riolering en hyperfiltratie).







5.3 Lozingsnormen

5.3.1 Resultaten uit de enquête

Uit de enquête is gebleken, dat slechts negen van de negentien geselecteerde stortten een WVO-vergunning bezitten. Hiervan stellen drie vergunningen geen eisen aan de hoeveelheden te lozen verontreinigingen. Dit betekent, dat in slechts zes gevallen maxima zijn gesteld aan een aantal verontreinigende componenten. Dit zijn met name CZV, N-Kj, zware metalen, CN^- en $EOCl$. De gestelde eisen zijn weergegeven in tabel 14. Voor de achterliggende gedachten bij de keuze van de lozingseisen wordt verwezen naar de resultaten van de enquêtes (hoofdstuk 2.3).

In de tabel is onderscheid gemaakt tussen lozing op het oppervlaktewater en lozing op het riool. Uit deze tabel blijkt, dat zeer uiteenlopende eisen zijn gesteld, waarschijnlijk sterk afhankelijk van locale situaties.

		lozing op riool			lozing op oppervlaktewater			
CZV	mg/l	1.500			75	75	200	250
BZV	"				5			20
N-Kj	"	100		400	5	7,5	20	10
NH_4-N	"				3			
Tot. I.E.	"			6.000				
Cl^-	"			3.500				
SO_4^{2-}	"			300				
$EOCl$	$\mu g/l$		10		1	10		
PCB	"				0,5	5		
PAK	"		10			10		
F^-	"							5.000
CN^-	"		100		100	1.000	1.000	500
Cd	$\mu g/l$	5	100	2	10	100	100	2,5
Cr	"	50	100	200	100	2.000	2.000	50
Ni	"	50	250	350	200	3.000	3.000	50
Zn	"	500	1.500	1.000	300	3.000	3.000	200
Pb	"	50	100	300	100	3.000	3.000	50
Cu	"	50	100	300	100	1.000	1.000	50
As	"	50	100	25	100	1.000		50
Hg	"	1		2	0	2		0,5
Co	"							50
Ag	"		100		100	1.000	1.000	

Tabel 14. Lozingseisen uit bestaande WVO-vergunningen.

5.3.2 Indicatieve waarden voor lozingseisen

Onderscheid wordt gemaakt in zuur en methanogeen percolatiewater, dat hetzij op oppervlaktewater, hetzij via de gemeentelijke riolering c.g. rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) wordt geloosd.

Zuur percolatiewater

Op grond van de gehalten aan CZV, BZV, N-Kj of zware metalen komt rechtstreekse lozing op oppervlaktewater, van met één van de beschreven technieken behandeld zuur percolatiewater, niet in aanmerking. Lozing van zuur percolatiewater via de gemeentelijke riolering wordt in principe mogelijk geacht, nadat behandeling met behulp van verdamping of recirculatie heeft plaatsgevonden (opgemerkt wordt dat door toepassing van recirculatie methanogeen percolatiewater ontstaat). Daarnaast kan worden gedacht aan een (an)aërobe behandeling gecombineerd met flocculatie/precipitatie.

Het aldus behandelde zure percolaat kan via de gemeentelijke riolering worden geloosd (met name op grond van de gehalten aan BZV en N-Kj wordt lozing op oppervlaktewater niet mogelijk geacht).

Lozing van zuur percolatiewater via de gemeentelijke riolering is dus mogelijk, nadat behandeling heeft plaatsgevonden door middel van:

- verdamping;
- recirculatie;
- een aëroob systeem + flocculatie/precipitatie;
- een anaëroob systeem + flocculatie/precipitatie.

Door toepassing van één van deze (combinaties van) technieken worden de volgende gehalten in het behandelde (zure) percolatiewater haalbaar geacht (de parameters CZV, BZV en N-Kj worden later besproken):

Cd	≤ 50 ug/l
Hg	≤ 5 ug/l
As	≤ 50 ug/l
Σ (Zn, Cr, Ni, Pb, Cu)	≤ 3 mg/l
Σ btex	≤ 500 ug/l (zie tabel 15-d)

Mede gelet op de kosten (zie tabel 13) verdient het aanbeveling methanogeen percolatiewater te lozen. Het lozen van zuur percolatiewater dient zoveel mogelijk te worden voorkomen. Bij stortplaatsen, die volgens de Richtlijn gecontroleerd storten zijn ingericht, is het in principe mogelijk om door middel van recirculatie zuur percolaat in het stortlichaam te brengen. Hierdoor kan gebruik worden gemaakt van de biologische activiteit in het stortlichaam. Naar verwachting kan door toepassing van recirculatie de methanogene fase eerder worden bereikt. Eén en ander betekent dat grotendeels kan worden voorkomen dat tijdelijk - tijdens de zuurvormende fase - duurdere zuiveringstechnieken voor het percolatiewater moeten worden toegepast. Er wordt op gewezen dat technische voorzieningen dienen te worden getroffen om buffering van percolatiewater en recirculatie mogelijk te maken. Hiermee dient reeds in het stortplan rekening te worden gehouden.

Methanogeen percolatiewater

Voor rechtstreekse lozing op oppervlaktewater van met één van de beschreven technieken behandeld methanogeen percolatiewater komt in eerste instantie hyperfiltratie (2 secties) in aanmerking. Afhankelijk van het te kiezen systeem kan een aërobe behandeling ook mogelijkheden bieden (de BZV- en N-Kj-gehalten dienen in voldoende mate te worden verlaagd: hierop wordt later nog nader ingegaan). De overige technieken leveren elk afzonderlijk een effluent, dat vanwege te hoge gehalten aan CZV, BZV of N-Kj niet rechtstreeks op oppervlaktewater kan worden geloosd.

Rechtstreekse lozing op oppervlaktewater is voorts mogelijk door toepassing van de volgende combinaties van technieken:

- een aërobe behandeling in combinatie met hyperfiltratie (1 sectie);
- verdamping in combinatie met hyperfiltratie (1 sectie).

Door toepassing van één van de hiervoor genoemde (combinaties van) technieken worden de volgende gehalten in het behandelde methanogene percolatiewater in principe haalbaar geacht (de parameters CZV, BZV en N-Kj worden later besproken):

Cd	≤	2,5 ug/l
Hg	≤	0,5 ug/l
As	≤	50 ug/l
Σ (Zn, Cr, Ni, Pb, Cu)	≤	1 mg/l
Σ btex	≤	100 ug/l

Gelet op in de praktijk voorkomende fluctuaties in samenstelling van percolatiewater en mede gezien het hierna te maken onderscheid in kwetsbare en ruim ontvangende oppervlaktewateren wordt bij lozing op laatstgenoemde oppervlaktewateren voor Cd en Hg een enigszins ruimere eis geformuleerd: 5 respectievelijk 2,5 ug/l.

Lozing van methanogeen percolatiewater als zodanig via de gemeentelijke riolering wordt toelaatbaar geacht (tabel 15-c). Uit kosten oogpunt (zie tabel 13) kan het aanbeveling verdienen dit percolatiewater middels een aëroob systeem of met behulp van hyperfiltratie (1 of 2 secties) voor te behandelen. In dat geval kunnen de lozingseisen voor Σ(Zn, Cr, Ni, Pb, Cu) en Σ(btex) -afhankelijk van de eventueel te kiezen techniek- (enigszins) worden aangepast.

In het voorgaande is ingegaan op hetgeen met welke (combinaties van) technieken haalbaar is. Daarnaast dient nog te worden bedacht dat bij lozingen op oppervlaktewater de aard en omvang, alsmede de functie(s) van het desbetreffende oppervlaktewater van belang zijn. Derhalve is in tabel 15 een onderverdeling aangegeven: a. heeft betrekking op relatief kwetsbare oppervlaktewateren (waarbij sprake kan zijn van een merkbare invloed van een lozing van percolatiewater) en b. op ruim ontvangende oppervlaktewateren (geen of nauwelijks waarneembare invloed van de lozing).

Voor kwetsbare oppervlaktewateren kan het nodig zijn de basiswaterkwaliteitsnormen (IMP '85-'89) als maatstaf te nemen (zware metalen, btex).

In verband met de zuurstofhuishouding dient het CZV (in relatie met het BZV-oneindig) eveneens laag te zijn. Voor zowel a. als b. is voor wat betreft het BZV en het N-Kj-gehalte aansluiting gezocht bij technieken die voor communaal afvalwater worden geëist (laagbelaste zuiveringsinstallaties). Hierbij wordt voor beide parameters gestreefd naar 20 mg/l. Bij behandeling van percolatiewater kunnen zich evenwel situaties voordoen waarbij hoge kosten zouden moeten worden gemaakt om de gehalten aan BZV en N-Kj tot 20 mg/l te verlagen. In die gevallen waarbij op een ruim ontvangend oppervlaktewater (b) wordt geloosd, zou een minder stringente benadering kunnen worden toegepast. Opgemerkt wordt nog dat genoemde gehalten bij lozing van percolatiewater op relatief kwetsbare oppervlaktewater (a) wel als bovengrens dienen te worden beschouwd.

Gezien de aard en omvang van grotere oppervlaktewateren wordt het niet nodig geacht het CZV te limiteren. Bekend is voorts dat het CZV voor een groot gedeelte bestaat uit biologisch slechts zeer langzaam afbreekbare verbindingen (humus- en fulvinezuren). Overigens kan niet worden uitgesloten dat het CZV bestaat uit een aantal onbekende (wellicht) toxische stoffen. Onderzoek hiernaar wordt derhalve aanbevolen.

Benadrukt dient te worden dat zich tussen a. en b. een geleidelijke overgang bevindt.

Bij lozingen via de gemeentelijke riolering c.q. RWZI's kunnen voor wat betreft de parameters CZV, BZV en N-Kj geen algemeen geldende lozingseisen worden geformuleerd. Een en ander zal afhangen van specifiek lokale omstandigheden. Gezien de omvang van de lozing van (behandeld) percolatiewater zullen doorgaans geen problemen zijn te verwachten.

Weinig gegevens zijn bekend over gehalten aan organische microverontreinigingen, andere dan de monocyclische aromatische koolwaterstoffen (btex).

In de beschouwingen met betrekking tot toe te passen zuiveringstechnieken is aan deze overige organische microverontreinigingen dan ook geen aandacht geschonken. Een en ander betekent dat het niet mogelijk is goed onderbouwde lozingseisen voor deze stoffen te formuleren. Onderzoek per geval wordt aanbevolen. Aanvullende eisen kunnen noodzakelijk zijn. Ook voor parameters als chloride, sulfaat, nitriet/nitraat, fosfaat, zuurstof, pH, geur en kleur wordt onderzoek voorgesteld. Afhankelijk van specifiek lokale omstandigheden kunnen aanvullende eisen noodzakelijk zijn.

Het voorgaande is in tabel 15 weergegeven.

		Oppervlaktewater		Gemeentelijke riolering	
		a	b	c	d
GVV	mg/l	100	-	afhankelijk van specifiek lokale omstandigheden.	
BZV ²⁰	mg/l	20	20	zoals:	
N.Kj	mg/l	20	20	- ontwerpcapaciteit RWZI . biologisch (i.e.) . hydraulisch (m ³ /h) - werkelijke belasting RWZI	
pH		6.5-9	-	6.5-9	6.5-9
Cd	µg/l	2.5	5	5	50
Hg	µg/l	0.5	2.5	2.5	5
As	µg/l	50	50	50	50
Zn	} som µg/l	400	1.000	2.000	3.000
Cr					
Ni					
Pb					
Cu					
Btex	som µg/l	5	100	500	500
		1)			
Overige Organische microveront.		onderzoek		onderzoek	
Parameters als PO ₄ ³⁻ , O ₂ , pH, Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , geur, kleur		onderzoek afhankelijk van specifiek lokale omstandigheden (zoals een mogelijke overschrijding van de basiskwaliteit). kunnen aanvullende eisen noodzakelijk zijn			
a	lozing van behandeld methanogeen percolatiewater op relatief kwetsbare oppervlaktewateren;				
b	lozing van behandeld methanogeen percolatiewater op ruim ontvangende oppervlaktewateren;				
c	lozing van methanogeen percolatiewater;				
d	lozing van behandeld zuur percolatiewater.				

Tabel 15. Indicatieve waarden voor lozingseisen

- 1) In het IMP '85-'89 wordt voor het totaal van benzeen, toluen, xyleen, ethylbenzeen en styreen een mediaanwaarde van <2 µg/l als basiskwaliteit genoemd.

De in de tabel opgenomen waarden hebben betrekking op proportionele etmaalmonsters. Indien geen proportionele etmaalmonsters beschikbaar zijn, gelden deze waarden voor het voortschrijdend rekenkundig gemiddelde van 10 steekmonsters, waarbij tussen twee achtereenvolgende steekmonsters ten minste 24 uur verstreken dient te zijn.

Uit het voorgaande kan worden geconcludeerd dat zuiveringstechnieken primair worden toegepast om de gehalten aan BZV, N-Kj en zware metalen (niet zijnde zwarte lijst-stoffen) in het percolatiewater te verlagen.

Door toepassing van deze technieken worden echter ook de zwarte lijst - stoffen voor een deel verwijderd. Deze stoffen komen nog slechts in geringe concentraties in het behandelde percolaat voor (zie tabel 11). Aangezien het bovendien lozingen van doorgaans slechts beperkte omvang betreft, wordt het op voorhand niet nodig geacht aanvullende zuiveringstechnieken voor te schrijven (hierbij spelen financiële aspecten mede een rol).

5.3.3 Samenvatting

In het IMP-W '85-'89 worden twee hoofduitgangspunten van beleid genoemd: "vermindering van de verontreiniging" en het "stand-still beginsel". Bij het eerste uitgangspunt wordt onderscheid gemaakt tussen de "emissie-aanpak" (voor de zwarte lijst-stoffen en voor een groot deel van de overige verontreinigingen) en de "waterkwaliteitsaanpak" (voor relatief onschadelijke verontreinigingen).

Ook het tweede uitgangspunt is nader uitgewerkt voor enerzijds stoffen van de zwarte lijst, anderzijds voor de overige stoffen. Percolatiewater bevat zowel (potentieel) zwarte lijst-stoffen (kwik, cadmium, arseen, benzeen, toluen, ethylbenzeen en xylenen) en overige verontreinigingen (zuurstofbindende stoffen en zware metalen).

Gezien de aanwezigheid van zwarte lijst-stoffen zouden in principe de beste bestaande technieken moeten worden toegepast. Het aandeel van deze stoffen in percolatiewater ten opzichte van de overige verontreinigingen is echter gering. Zuiveringstechnieken zullen derhalve primair worden toegepast om de overige verontreinigingen te verwijderen.

Door toepassing van deze technieken worden echter ook de zwarte lijst - stoffen voor een deel verwijderd. Deze stoffen komen nog slechts in geringe concentraties in het behandelde percolaat voor. Aanvullende zuiveringstechnieken worden derhalve op voorhand niet nodig geacht. Mede gelet op de kosten verdient het aanbeveling om het behandelen van zuur percolatiewater te voorkomen. Voor zuur percolatiewater ligt toepassing van recirculatie voor de hand, waardoor naar verwachting eerder methanogeen percolatiewater kan worden verkregen. Lozing van methanogeen percolatiewater via de riolering is mogelijk. Op basis van toepassing van de beschouwde technieken zijn indicatieve waarden geformuleerd voor eisen, te stellen bij lozing op oppervlaktewater en via de gemeentelijke riolering.

6. Evaluatie

De opdracht van werkgroep VI van de CUWVO aan een door haar ingestelde subwerkgroep hield in:

- inventarisatie van ongesaneerde stortplaatsen;
- onderzoek naar kwantiteit en kwaliteit van de afvalstoffen in percolatiewater;
- aangeven van mogelijkheden tot beperking van de hoeveelheden te lozen afvalstoffen in percolatiewater;
- het inzichtelijk maken van de kosten van de behandelingsmethoden in relatie tot het verwijderingsrendement;
- omschrijven van de beste bestaande en best uitvoerbare technieken voor de behandeling van afvalwater van stortplaatsen;
- het doen van aanbevelingen met betrekking tot de toe te passen technieken;
- het doen van aanbevelingen tot het opstellen van lozingseisen.

Op basis van artikel 6 van de AW is door de Minister van VROM een Richtlijn gecontroleerd storten gegeven. In de eerste Richtlijn gecontroleerd storten (1980) was nog geen sprake van een verplichte toepassing aan de onderzijde van het stortlichaam van een vloeistofdichte laag; van belang was alleen dat onder droge omstandigheden werd gestort. In de tweede Richtlijn (1985) wordt gesproken van het tegengaan van verontreiniging, waardoor in praktisch alle gevallen (uitzondering zou kunnen zijn: een kwelsituatie) een vloeistofdichte laag is verplicht.

Door middel van enquêtes is getracht inzicht te verkrijgen in de praktijksituatie, onder andere met betrekking tot kwantiteit en kwaliteit van vrijkomend percolatiewater. Hierbij moet bedacht worden dat stortplaatsen vroeger min of meer ongecontroleerd werden ingericht maar dat heden de Richtlijn voorschriften geeft omtrent te nemen beheersmaatregelen. Vanwege het vermoeden dat gesloten stortplaatsen weinig concrete gegevens zouden opleveren en dat in de literatuur het meest bekend is van de "jongere" stortplaatsen (van voornamelijk huishoudelijk afval), is de beperking gelegd tot nog open zijnde stortplaatsen.

Uit de enquêtes blijkt dat er onvoldoende gegevens zijn om inzicht te verkrijgen in de kwalitatieve en kwantitatieve aspecten van percolatiewater. Veelal is een ontwikkeling doorgemaakt van het vrijwel ongecontroleerd storten naar modernere technieken. Juist deze modernere technieken worden nog maar schaars toegepast, waardoor opvang en afvoer van percolatiewater nog maar zelden plaatsvinden. In de meeste gevallen wordt percolatiewater verdund door neerslag, oppervlakte- en/of grondwater. Kwantitatieve gegevens zijn daardoor sterk afhankelijk van de ter plaatse heersende (geo)hydrologische situatie.

Om toch een schatting te kunnen maken van kwantitatieve en kwalitatieve aspecten van percolatiewater is een literatuuronderzoek verricht. Kwalitatief kan een onderscheid worden gemaakt in zuur en methanogeen percolatiewater. Beide typen percolatiewater worden gekarakteriseerd door de mate van voorkomen van een aantal specifieke parameters (CZV, BZV). Wat minder karakteristiek, maar toch van groot belang - wegens het voorkomen op "grijze" of "zwarte" lijsten - zijn de zware metalen en organische microverontreinigingen. Om uitspraken te kunnen doen over de effectiviteit van behandelingstechnieken zijn twee typen percolatiewater (zuur en methanogeen) gedefinieerd. Doordat percolatiewater in Nederland nog maar sporadisch wordt behandeld, is gebruik gemaakt van resultaten van enige proefexperimenten met al dan niet verdund percolatiewater.

Op deze wijze zijn een aantal systemen doorgerekend met betrekking tot rendement en kosten. Bedacht dient te worden dat aan de uitkomsten van de berekeningen geen absolute waarde mag worden gehecht; ze zijn slechts voor vergelijkende doeleinden uitgevoerd, aangezien:

- uitgegaan is van een modelpercolatiewater;
- kosten ontleend aan praktijkexperimenten slechts indicatief zijn;
- van technieken die niet zijn beproefd geschatte rendementen en kosten zijn opgenomen;
- de heffing per i.e. is gesteld op f 70,--.

Het zal in de praktijk noodzakelijk zijn om per stortplaats dergelijke berekeningen uit te voeren, vooral indien de stortplaats niet is ingericht volgens de Richtlijn gecontroleerd storten en het percolatiewater in verdunde vorm beschikbaar komt.

Uit de berekeningen blijkt dat de behandeling van methanogeen percolatiewater verre de voorkeur geniet boven de behandeling van zuur percolatiewater. Voor zuur percolatiewater ligt toepassing van recirculatie voor de hand. Voor de lozing van methanogeen percolatiewater op oppervlaktewater geldt hyperfiltratie als de beste bestaande techniek; de behandelingskosten zijn echter relatief hoog. Als best uitvoerbare technieken voor methanogeen percolatiewater komen het aëroob/biologische systeem, een directe lozing via de riolering en hyperfiltratie in aanmerking. Van belang hierbij is de mogelijkheid om de T-correctie van toepassing te doen zijn.

Op basis van de berekeningen zijn indicatieve waarden voor lozingseisen geformuleerd. Bedacht dient te worden dat zuiveringstechnieken primair worden toegepast om zuurstofbindende stoffen en zware metalen (niet zijnde zwarte lijststoffen) te verwijderen. Hierdoor worden zwarte lijststoffen ook voor een deel verwijderd. Het aandeel van deze stoffen in het behandelde percolatiewater ten opzichte van de overige stoffen is echter gering. Mede gezien de kosten wordt het op voorhand niet nodig geacht aanvullende zuiveringstechnieken voor te schrijven. Aangezien weinig gegevens bekend zijn over het voorkomen van organische microverontreinigingen in percolatiewater, wordt onderzoek per geval aanbevolen.

De nazorgfase verdient bijzondere aandacht. Bij het niet toepassen van een waterdichte bovenafdichting is het waarschijnlijk dat het percolatiewater nog lang gezuiverd dient te worden. Uit bestaande proefvelden (lit. 26) blijkt dat dit na 15 jaar zeker nog het geval is. Voorshands wordt echter aangenomen dat een voortgaande behandeling van percolatiewater na sluiting van het stortterrein goedkoper is dan het aanbrengen en beheren van een waterdichte bovenafdichting.

In verband met waarschijnlijk verminderd toezicht en afnemende controle is een eenvoudig behandelingssysteem op zijn plaats. Dit betekent dat het aanbeveling verdient om dan via de riolering te lozen.

Samenvattend kunnen de volgende aanbevelingen worden gedaan:

- 1 Hoewel in dit rapport de behandelingsmethoden en lozingsmogelijkheden voor percolatiewater in algemene zin zijn geëvalueerd, dienen deze afwegingen nogmaals per stortplaats te worden gemaakt.
- 2 Het lozen van zuur percolatiewater dient zoveel mogelijk te worden voorkomen. Toepassing van recirculatie ligt voor de hand.
- 3 De behandeling van percolatiewater dient zich in eerste instantie te richten op de verwijdering van zuurstofbindende stoffen en zware metalen. Indien de resterende emissie (van zwarte lijst-stoffen) dit nodig maakt, kunnen aanvullende zuiveringstechnieken worden voorgeschreven.
- 4 Aanbevolen wordt per (bestaande) stortplaats onderzoek te doen naar organische microverontreinigingen.
- 5 Voor de nazorgfase dient een afweging tussen een waterdichte bovenafdichting en een voortgezette waterbehandeling gemaakt te worden.
- 6 Voor de nazorgfase dient een zodanig behandelingssysteem te worden gekozen, dat met weinig toezicht en controle kan worden volstaan. Aanbevolen wordt om dan via de gemeentelijke riolering te lozen.

7. Literatuur

- 1 Agelink, G.J. en Hoeks, J.,
Onderzoek naar mogelijkheden om de infiltratie van regenwater in een afvalstort te verminderen, Nota 1175 ICW, maart 1980.
- 2 Beyen, J. en Wijdeven, A. v.d.,
Immobilisatie van chemisch afval, Symposiumverslag milieu-effecten bij de verwerking en bestemming van afvalstoffen, okt. 1985, KIVI.
- 3 Culp, R.L., e.a.,
Handbook of advanced waste water treatment, Van Nostrand Reinhold Comp., N.Y., 1978.
- 4 Ehrig, Dr.Ing., H.J.,
Sickerwasser aus Mülldeponien - Neuere Erkenntnisse - Aktuelle Deponietechnik, Band 5, Abfallwirtschaft Technischen Universität Berlin, 1980.
- 5 Götz, Dr. N.,
Untersuchungen an Sickerwässern der Mülldeponie Georgswerder in Hamburg, Fachzeitschrift für Behandlung und Beseitigung von Abfällen, 16. Jahrgang 1984, No. 12.
- 6 Grontmij Rapport Delfzijl.
- 7 Harmsen, J.,
Identification of organic compounds in leachate from a waste tip, Water Res., Vol. 17, Nr. 6, 1983.
- 8 Hoogheemraadschap West Brabant, Dienst Binnenwateren/RIZA.
Oriënterend onderzoek naar het gedrag van een aantal specifieke componenten in de RWZI Bath. 1986.

- 9 Indicatief Meerjaren Programma Milieubeheer 1986-1990, Tweede Kamer der S.G., vergaderjaar 1985-1986, nr. 19204.
- 10 Indicatief Meerjaren Programma Water 1985-1989.
Tweede Kamer der Staten Generaal, vergaderjaar 1984-1985.
- 11 Jans, A.J.M.
Stortgas voor tunnelovens. Symposium energie, energietechnologie in het bedrijfsleven, Energie technologisch centrum, maart 1986.
- 12 Leidraad bodemsanering, Staatsuigeverij, 1983.
- 13 Mesu, E.J. en Beunder, C.,
De invloed van het afvalstort te Oss op de kwaliteit van het grondwater, Instituut voor Afvalstoffenonderzoek, Rapport IVA/3838.
- 14 Ministerie van VROM,
Richtlijn Gecontroleerd Storten, 1985.
- 15 Ministerie van VROM,
Anaërobe zuivering van percolatiewater uit stortplaatsen, reeks Afvalstoffen nr. 5, Staatsuitgeverij, 1983.
- 16 Ministerie van VROM,
Behandeling van percolatiewater van stortterreinen,
deel A: Samenvatting en systeemvergelijking, reeks Afvalstoffen nr. 21, Staatsuitgeverij, 1986.
- 17 Ministerie van VROM,
Behandeling van percolatiewater van stortterreinen,
deel B: Behandeling door middel van aëroob-biologische en fysisch-chemische systemen, reeks Afvalstoffen nr. 22, Staatsuitgeverij, 1986.

- 18 Ministerie van VROM,
Behandeling van percolatiewater van stortterreinen,
deel C: Behandeling door middel van hyperfiltratie, reeks Afval-
stoffen nr. 23, Staatsuitgeverij, 1986.
- 19 Ministerie van VROM,
Opvang en behandeling van percolatiewater van afvalstortter-
reinen, reeks Bodembescherming nr. 35 Staatsuitgeverij, 1984.
- 20 Ministerie van VROM
Reiniging van grondwater van voormalige gasfabrieksterreinen.
Bodembescherming 53, staatsuitgeverij 1986.
- 21 Nagelhout, D.,
Aard en hoeveelheid van vaste afvalstoffen, SVA-rapport
nr. 3457, Uitgave Stichting PAV-Gezondheidstechniek, 1980.
- 22 Overleg Stadsgewest Breda - Grontmij n.v. over tariefstelling
stortplaats Bavel 1986.
- 23 Piscaer, P. en De Man, G.,
Industrial Applications: anaerobic treatment of leachate. Con-
ference papers anaerobic treatment. A grown up technology. Am-
sterdam, september 1986.
- 24 Plotkin, S. en Ram, N.M.,
Multiple bioassays to access the toxicity of a sanitary landfill
leachate, Arch. Environm. Contam. Toxicol. 13, 202, 1984.
- 25 RIVM/LAE
Sorteerproeven huishoudelijk afval. REcycling, okt./nov. 1986.
- 26 RIVM/LAE
Vervolggegevens kwaliteit van percolatiewater uit proefvelden
Ambt-Delden, november 1986.

- 27 Rijser, W.,
Erfahrungen mit der Rottedeponie in Uttingen, Aktuelle Depo-
nietechnik, Band 5, Abfallwirtschaft Technischen Universität
Berlin, 1980.
- 28 Schultz, B. en Kjeldsen, P.,
Screening of organic matter in leachates from sanitary landfills
using gaschromatography combined with mass spectrometry, Water
Res., Vol. 20, Nr. 8, 1986.
- 29 Symposium Deponie Sickerwasserbehandlung, Techn. Hochschule
Aachen, 1986.
- 30 Teeuwen, H.H.A.
Wet bodembescherming in 1987 in werking. De ingenieur, 98, nr.
10, 1986.
- 31 Tonner, F.P.C.L.
De Wet bodembescherming: op de drempel van oud naar nieuw. Mi-
lieu en Recht (april) 1986/4.
- 32 Venkataramani. Biological treatment of landfill leachates. CRC.
Critical Reviews in Environmental Control. Vol. 4, issue 4.
- 33 Verbeck, A. en Kiers, A.,
Huishoudelijk afval en daarmee vergelijkbaar afval, Symposium-
verslag milieu-effecten bij de verwerking en bestemming van af-
valstoffen, okt. 1985, KIVI.
- 34 Waterbeheersplan RAZOB-terrein Mierlo-Nuenen. (Grontmij, 1985.)

Verklarende woordenlijst

Aanlegfase:	De fase van gereedmaken van de locatie en de omgeving ten behoeve van stortactiviteiten.
Adsorptie:	De hechting van in water opgeloste stoffen aan vaste delen waar het water mee in contact komt
AMvB:	Algemene Maatregel van Bestuur.
AW:	Afvalstoffenwet.
Bedrijfsafval:	Afval dat afkomstig is van bedrijven, voorzover niet vallend onder de overige onderscheiden categorieën, en niet vallende onder de Wet Chemische Afvalstoffen. Het omvat afgekeurd productiemateriaal, emballagemateriaal, materiaal dat vrijkomt bij industriële processen.
Beïnvloedingsgebied:	Gebied waarin de effecten optreden.
Btex:	Verzamelnaam voor benzeen, toluen, ethylbenzeen en xyleen.
Bodemafsluiting:	Civieltechnische constructie bestaande uit een waterdichte laag, opgebouwd uit folie of natuurlijke waterdichte materialen en voorzien van zandige beschermingen.
Bodemgebruiksaspect:	De aard en intensiteit van het gebruik van de bodem door de mens.
Bouw- en sloopafval:	Afval dat vrijkomt bij bouw- en sloopwerkzaamheden van bebouwing, wegen en dergelijke.
BZV 5:	Biochemisch zuurstofverbruik, gemeten over een tijdsduur van in dit geval 5 dagen.

Calamiteit:	Gebeurtenis als gevolg van het disfunctioneren van de technische voorzieningen ter bescherming van het milieu.
Compactor:	Machine, die afval zo veel mogelijk verkleint en verdicht.
Compartiment:	Deel van een stortterrein dat hydrologisch zo goed mogelijk van overige delen van een stortterrein gescheiden is.
CUWVO:	Coördinatiecommissie Uitvoering Wet verontreiniging oppervlaktewateren.
CZV:	Chemisch zuurstofverbruik.
Desorptie:	Tegenovergestelde van adsorptie.
DBW/RIZA:	Dienst Binnenwateren (van Rijkswaterstaat).
Eindfase:	De fase van eindgebruik van de afvalberging na voltooiing van de stortwerkzaamheden.
Emissie:	Uitworp, lozing, uitzending, uitstraling van verontreinigde stoffen, organismen of gebonden energie, afkomstig van een bron of groep bronnen, onder meer uit te drukken in hoeveelheden die per tijdseenheid worden geloosd of uitgezonden.
EOCl:	Som van extraheerbare organische chloorverbindingen.

- Exploitatiefase:** Fase, waarin de stortactiviteiten en daarmee samenhangende activiteiten, als ook het gereedmaken van het stortterrein voor toekomstig gebruik plaatsvinden.
- Gecontroleerd storten:** Het op of in de bodem brengen van afvalstoffen zodanig dat tijdens en na de stortactiviteiten zo min mogelijk milieuhygiënische en esthetische bezwaren optreden en dat na beëindiging van de stortactiviteiten de afvalberging een positieve functie vervult in het landschap.
- GS:** Gedeputeerde Staten.
- Huishoudelijk afval:** Afvalstoffen uit huishoudens, die aangeboden worden in vuilniszakken, vuilnisemmers en dergelijke en door een van overheidswege georganiseerde dienst opgehaald worden.
- HW:** Hinderwet.
- Hyperfiltratie:** (Omgekeerde Osmose) Proces waarbij water doormiddel van een extern aangebrachte hoge druk tegengesteld aan de osmotische druk diffundeert door een membraan.
- IBC-principe/criteria:** Maatregelen om een stortplaats te isoleren van de omringende omgeving, te beheersen en te controleren zoals genoemd in de Richtlijn gecontroleerd storten (1985).
- i.e.:** Inwonerequivalenten.
- Immissie:** Inworp; intreden van verontreinigde stoffen, organismen, of fysische verschijnselen in een begrensd gebied, onder meer uit te drukken in hoeveelheid per tijdseenheid.

Methanogene fase:	Waarin de methaanvorming opgang komt.
Milieu:	Hier wordt onder verstaan het geheel van abiotische, biotische, bodemgebruiks, en visueel-ruimtelijke aspecten, en daarnaast het woon- en leefmilieu van de mens.
N-kj:	Kjeldahl-stikstofgehalte.
Organische microverontreiniging:	Milieu vreemde organische stoffen die in relatief geringe concentraties zijn opgelost in water.
Percentiel:	Het niveau of de concentratie, waaronder het percentage van de waarnemingen blijkt dat gegeven wordt door het getal dat aan de aanduiding van de percentiel vooraf gaat.
Percolatiewater:	Water dat ten gevolge van doorstroming door een afvalberging of een ander medium (verontreinigde) stoffen heeft opgenomen.
Procesafval:	Afval, dat vrijkomt bij industriële productieprocessen.
PWS:	Provinciale Waterstaat.
Recirculatie:	Weer inbrengen van percolatiewater in het stortlichaam.
Richtlijn:	Richtlijn gecontroleerd storten.
RWZI:	Rioolwaterzuiveringsinstallatie.

Stortlichaam:	(deel van een) stortplaats.
Standaardstort:	Modelstort, waarvan de niet-locatiegebonden onderdelen van de inrichting en de bijbehorende technische voorzieningen standaard worden gehanteerd.
Unie-richtlijnen:	De richtlijnen van de Unie van Waterschappen voor lozingen van zware metalen, cyaniden en sulfaat op rioolstelsels of oppervlaktewateren met groot verdunnend vermogen.
Synergistische:	Elkaar versterkend.
WBB:	Wet bodembescherming.
WCA:	Wet Chemische Afvalstoffen.
WVO:	Wet verontreiniging oppervlaktewateren.
Woon- en leefmilieu:	Hieronder wordt verstaan de hinderbeleving, de veiligheidsbeleving en de visuele beleving door de mens en de volksgezondheid.
Zuiveringslib:	De reststoffen van zuivering van industrieel en huishoudelijk afvalwater.

De bijlagen 2 tot en met 9 zijn in het supplement op het rapport opgenomen.

