C11841 RIZA IMPSK040
AFVALWATERVERWERKING

coördinatiecommissie
uitvoering
wet verontreiniging
oppervlaktewateren

werkgroep VI

afvalwaterproblematiek bodemsaneringen

aanbevelingen met betrekking tot de lozing van niet zuurstofbindende stoffen met grondwater afkomstig bij bodemsaneringen

Rijkswaterstaat/RIZA
Rijksinstituut voor
Integraal Zoetwaterbeheer en
Afvalwaterbehandeling
Documentatie
Postbus 17
8200 AA Lelystad

cuwvo

april 1989

INHOUDSOPGAVE Blz.

0. SAMENVATTING 5

0. SUMMARY 11

0. ZUSAMMENFASSUNG 17

1. INLEIDING 23

2. WERKWIJZE BIJ BODEMSANERINGEN 29
2.1 Werkwijze vooronderzoek 29
2.2 Bemonstering grondwater 30
2.3 Analyse grondwater 31
2.4 Knelpunten inzake onderzoek 32

3. VRIJKOMENDE GRONDWATERSTROMEN BIJ BODEMSANERING . 37
3.1 Inleiding 37
3.2 Beschrijving van saneringsmogelijkheden . . . 40
3.3 Onttrekken van grondwater 43
3.4 Lozingen van grondwater 45

4. BESCHIKBARE SANERINGSMAATREGELEN EN TECHNIEKEN ALGEMEEN 47
4.1 Saneringsmogelijkheden grond 47
4.2 Reinigingsmogelijkheden grondwater 47

5. BRONNEN VAN VERONTREINIGING 49
5.1 Inleiding 49
5.2 Uitgevoerde grondwatersaneringsprojekten . . 49
5.3 Uit te voeren grondwatersaneringsprojekten . 50
5.4 Belangrijkste bronnen van verontreiniging . . 53

6. TOEGEPASTE SANERINGSMAATREGELEN PER VERONTREINIGINGSBRON 55
6.1 Inleiding 55
6.2 Voormalige gasfabrieksterreinen 60

slag en -distributie en aanverwante bedrijven 76

6.4 Metaalprodukten- en aanverwante industrie . . 84

6.5 Chemische wasserijen en aanverwante industrie 97

6.6 Voormalige afvalstortplaatsen 103

7. SANERINGSBELEID EN NORMSTELLING 111

7.1 Algemene beleidsuitgangspunten 111

7.2 Operationele uitwerking van reinigingseisen voor grondwater 117

7.3 Uitwerking van het saneringsbeleid en de normstelling per stof(groep) 121

7.4 Vaststellen saneringsinspanning en lozingseisen 142

8. JURIDISCH KADER VERGUNNINGVERLENING 151

8.1 Inleiding 151

8.2 Juridisch kader 151

8.3 Huidig beleid 153

8.4 Mogelijkheden tot verduidelijking c.q. aanpassing regelgeving 156

9. KONKLUSIES EN AANBEVELINGEN 161

9.1 Konklusies 161

9.2 Aanbevelingen 166

10. LITERATUUR 171

BIJLAGEN

1. Verklarende woordenlijst
2. Overzicht en globale beoordeling van de meest gehanteerde bemonsteringsmethoden voor grondwater uit peilbuizen
3. Analysemethoden en aantoonbaarheidsgrenzen voor grond en grondwater
4. Reinigingsmogelijkheden grondwater

5a. Overzichtsschema van stofverwijdering per techniek

5b. Overzichtsschema van aspekten per techniek

6. Belangrijkste konklusies studie bodemsanering op in gebruik zijnde bedrijfsterreinen

7. Beschrijving (produktie)proces verontreinigingsbronnen
8. Gevolgde (vergunnings)procedure met betrekking tot lozingen van grondwater afkomstig van bodemsaneringsprojekten (samenvatting enquête 1988)
9. Argumenten voor het al dan niet volgen van een vergunningsprocedure inzake lozingen van grondwater afkomstig van bodemsaneringen
10. Werkwijze parapluvergunning
11. Modelaanvraagformulier
12. Modelvergunningsvoorschriften
13. Lijst van 129 stoffen die door de commissie van de EG zijn geselekteerd

0. SAMENVATTING

Door werkgroep VI van de Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren (CUWVO) is een subwerkgroep "Grondwaterbehandeling bij bodemsaneringen" in het leven geroepen, bestaande uit vertegenwoordigers van het Ministerie van VROM, waterkwaliteitsbeheerders, de provincies, de Nederlandse Vereniging van Procesmatige Grondreinigingsbedrijven (NVPG) en DBW/RIZA.
De opdracht van werkgroep VI van de CUWVO aan de subwerkgroep is een onderzoek in te stellen naar zowel de technische kant als de procedurele kant van lozingen van grondwater afkomstig van bodemsaneringen.
Het onderzoek naar technische aspekten bestond uit :

1. Een inventarisatie van veel voorkomende projekten per bron van verontreiniging.
2. Aan de hand van de inventarisatie selekteren van een aantal projekten per verontreinigingsbron die nader bestudeerd werden voor wat betreft :
   - de kwaliteit en de kwantiteit van het onttrokken grondwater;
   - de behandelingstechniek(en);
   - de lozingsvoorwaarden;
   - de kosten.
3. Het aan de hand hiervan per verontreinigingsbron aangeven van de mogelijke behandelingstechniek(en), de te stellen lozingsvoorwaarden alsmede de kosten in relatie tot het verwijderingsrendement.

Het onderzoek naar procedurele aspekten omvatte :

1. Een inventarisatie van het huidige beleid met betrekking tot de procedurele aspekten van grondwatersaneringen.
2. Het aan de hand van de inventarisatie doen van aanbevelingen omtrent :
   - te onderscheiden kategorieën van lozingen en de daarbij te volgen vergunningsprocedure;
   - het stellen van algemene voorschriften;
   - het aanpassen van het aanvraagformulier;

- het opstellen van een modelvergunning.

De subwerkgroep heeft, bij de uitwerking van deze taakopdracht, zich met name gericht op grondwater dat vrijkomt bij: ontgraving, verwijdering van verontreinigd grondwater, in situ reiniging en isolatie. In het algemeen geldt dat de aard van de op een bepaalde lokatie in het grondwater aangetroffen verontreinigingen nauw samenhangt met de aard van het ter plaatse bedreven (produktie)proces. Afhankelijk van lokale omstandigheden als grondsoort en geohydrologische situatie zullen de stoffen in hogere- of lagere concentraties in het grondwater voorkomen. Niet alle verontreinigingsbronnen zijn echter even belangrijk of zullen in de toekomst even belangrijk worden. Daarom is getracht inzicht te krijgen in veel voorkomende- en minder veel voorkomende bronnen van verontreiniging aan de hand van uitgevoerde grondwatersaneringsprojekten en in de toekomst uit te voeren grondwatersaneringsprojekten. Het blijkt dat de volgende verontreinigingsbronnen veel voorkomen :

- Voormalige gasfabrieksterreinen;
- Garage- en transportbedrijven, brandstofopslag en -distributie en aanverwante bedrijven;
- Metaalprodukten industrie en aanverwante industrie alsmede grafische industrie en aanverwante industrie;
- Chemische wasserijen en aanverwante industrie;
- Voormalige stortingen van afvalstoffen.

Uit een inventarisatie is gebleken dat in de periode 1980 - 1988 zo'n 500 tot 550 bodemsaneringsprojekten uitgevoerd zijn of in uitvoering zijn genomen waarbij grondwateronttrekking heeft plaatsgevonden. Het betreft zowel projekten die in het kader van de IBS zijn uitgevoerd als projekten die in andere kaders (stadsvernieuwing, bestemmingswijziging en de vergunningverlening en -handhaving van milieuwetten) zijn uitgevoerd. In ca. 60 % van de grondwateronttrekkingen is er sprake van zuivering op de lokatie. Zoals in hoofdstuk 5 is beschreven wordt verwacht dat het aantal uit te voeren

grondwateronttrekkingen en grondwatersaneringen in de toekomst zeer sterk zal toenemen. Met name de projekten die niet in het kader van de IBS uitgevoerd worden zullen zeer sterk in aantal toenemen.

Voor de aanpak van mogelijk verontreinigde lokaties dient, alvorens tot een eventuele sanering wordt overgegaan, op een goede en systematische wijze informatie verzameld te worden. Hierbij zijn echter een aantal knelpunten.

- Analyse van grondwater : Het is niet eenduidig vastgelegd hoe met de aanwezigheid van drijflagen, grof bezinksel en onopgeloste bestanddelen in grondwatermonsters omgegaan moet worden.
- Nevenverontreinigingen : In die gevallen waar het grondwater op de lokatie behandeld wordt alvorens het geloosd wordt kunnen nevenverontreinigingen de werking van een behandelingsinstallatie negatief beïnvloeden. Bij de bemonstering en analyse van grondwater dient meer aandacht besteed te worden aan nevenverontreinigingen.
- Voorspelling van influentconcentratie en onttrekkingsduur : Zoals in hoofdstuk 2 beschreven is leiden de tot nu toe gehanteerde methoden tot een voorspelde influent concentratie die in vrijwel alle gevallen (veel) hoger is dan de werkelijke concentratie, terwijl de voorspelde onttrekkingsduur in de praktijk in vrijwel alle gevallen (veel) te kort is. Toepassing van een voorspellingsinstrument levert naar verwachting een verbetering van de voorspellingen op ten opzichte van de gangbare methoden.

Gebleken is dat met name voor wat betreft de behaalde effluentconcentraties, -rendementen en kosten van technieken weinig informatie beschikbaar is. Vaak wordt uitsluitend de kwaliteit van het effluent bepaald zodat nagegaan kan worden of voldaan wordt aan hetgeen in de WVO-vergunning omschreven is. Veel minder wordt gekeken

naar het daadwerkelijke effekt van de toegepaste technieken. Verder worden de kosten die met de zuivering van grondwater gemoeid zijn in de praktijk niet of nauwelijks geëvalueerd.
De algemene uitgangspunten voor het te voeren beleid in het kader van de Wet verontreiniging oppervlaktewateren zijn in hoofdstuk 7 specifiek voor lozingen van grondwater afkomstig van bodemsaneringen ingevuld. Bij de uitwerking hiervan is gekozen voor de benadering per stof of per stofgroep in plaats van de benadering per bron van verontreiniging, omdat de afzonderlijke bronnen van verontreiniging te weinig praktijkinformatie opleverden. Om een onderlinge vergelijkbaarheid mogelijk te maken is per stof en/of per stofgroep een indeling gemaakt in de mate van verontreiniging van het grondwater (matig verhoogd, sterk verhoogd en zeer sterk verhoogd). Aan de hand van :

- de aard van de in grondwater voorkomende stoffen,
- de concentraties van de in onttrokken grondwater voorkomende stoffen,
- de grondwater-onttrekkingsdebieten,
- het rendement van de voor behandeling van grondwater beschikbare zuiveringstechnieken,
- de kosten van de voor behandeling van grondwater beschikbare zuiveringstechnieken en
- het effekt van de (rest)lozing,

is per stof of per stofgroep een aantal techniek(en) geselekteerd die toegepast kunnen worden voor de behandeling van grondwater dat voor wat betreft de mate van verontreiniging gekarakteriseerd is als matig verhoogd, sterk verhoogd of zeer sterk verhoogd
Voor de afzonderlijke, in grondwater mogelijk voorkomende, stoffen of groepen van stoffen zijn aldus de saneringsinspanning, alsmede de hiervan afgeleide indikatieve lozingsnormen, vastgesteld.

Begin 1988 is een enquête uitgevoerd onder waterkwaliteitsbeheerders naar de gevolgde (vergunnings)procedure. Gebleken is dat er op dit moment geen eenduidig beleid

is ten aanzien van de vergunningsprocedure met betrekking tot lozingen. Het wordt daarom wenselijk geacht om de regelgeving ter zake te verduidelijken c.q. aan te passen. Bodemsaneringsprojekten vallen onder de AMvB-kategorie C inrichtingen (bedrijven die afvalstoffen opslaan, behandelen of verwerken) ten aanzien waarvan de WABM-procedure dient te worden gevolgd. Voor de (kortdurende) lozingen van geringe omvang dienen algemene regels op grond van de WVO te worden voorbereid, welke zo spoedig mogelijk na de inwerkingtreding van de wijziging van de WABM/WVO (naar verwachting in 1992) van kracht kunnen worden. Hiermee kan op termijn worden voorkomen dat voor dergelijke lozingen de WABM-procedure behoeft te worden doorlopen.
Voor de interimperiode tot 1992 moet worden onderzocht of de huidige WABM-procedure voor spoedeisende gevallen kan worden bekort. Alternatief hiervoor kan zijn het opstellen van een paraplu WVO-vergunning voor meerdere bodemsaneringsprojekten danwel het afgeven van schriftelijke gedoogverklaringen in spoedeisende gevallen eventueel voorafgaande aan WVO-vergunningverlening.

0. SUMMARY

A working group of the Co-ordinating Committee on the Implementation of the Pollution of Surface Waters Act (CUWVO) has established a subcommittee "Treatment of ground water originating from the clean-up of contaminated sites". This subcommittee consists of representatives from the Ministry of Housing, Physical Planning and Environment, Water Boards, the provinces, the Dutch Association of Process-Based Soil Treatment Companies (NVPG) and the Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment (DBW/RIZA).
The terms of reference of the subcommittee, as established by the working group of CUWVO, were to examine the technical and legal aspects of ground water originating from the clean-up of contaminated sites.

The examination of the technical aspects consisted of:

1. An inventory of ground water treatment projects per type of pollution source.
2. A selection of a number of these projects per type of pollution source based on this inventory. The selected projects were studied upon:
   - The quality and quantity of the abstracted ground water;
   - The treatment system(s) used;
   - The requirements in the discharge permits;
   - The treatment costs.
3. A recommendation of the possible treatment techniques, the requirements in the discharge permits and the treatment costs in relation to the removal efficiency.

The examination of the legal aspects consisted of:

1. An inventory of existing policies on legal aspects of ground water discharges originating from the clean-up of contaminated sites.
2. Recommendations based on this inventory concerning:

- The different categories of discharges and the connected permit application procedures;
- The general discharge requirements;
- An adaptation of the permit application form;
- A general draft permit.

For performing this task, the subcommittee has directed its attention to ground water originating from: excavation, removal of contaminated ground water, in situ treatment and isolation. The different pollutants that are found in soil and ground water at contaminated sites are generally connected with former and present (production)processes, storage, spills etc.. The concentration of pollutants in the ground water depends on local geological, hydrogeological and hydrological conditions. An inventory shows that priorities are given to certain sites when decisions have to be made about cleaning-up operations. At this moment it appears that the following pollution sources are important:

- Former gaswork sites;
- Garages, transport companies, fuel storage and fuel distribution sites;
- Electroplating, electronics and metalproducts;
- Chemical laundries;
- Old waste disposal sites.

An inventory has shown that in the period 1980 - 1988 a total of about 500 to 550 soil cleaning-up projects have been performed that entailed the abstraction of ground water. These projects were carried out within the framework of the Soil Clean-up (Interim) Act, as well as within other frameworks (such as town renovations, changes in development plans and the granting and enforcement of permits of environmental acts). In about 60% of these projects it was necessary to treat the abstracted ground water at the site before it could be discharged. A large increase of the number of ground water abstractions and ground water treatments is expected. Particularly the projects that will be carried out within other

frameworks than the Soil Clean-up (Interim) Act will increase.

Before a site that is possibly contaminated can be cleaned up, data about quality and quantity of contaminated soil and polluted ground water have to be obtained. This should occur in a proper and systematic way. There are, however, some problems at the examination of sites:

- Analysis of ground water. In some cases the ground water samples are polluted with floating layers, sediment and undissolved ingredients. The present day analytical procedures are not clear on the handling of ground water samples.
- Pollutants that are not connected with the (production)process (suchs as iron (Fe), manganese (Mn), carbonate (CO_3^{2-}), etc.). In cases that the abstracted ground water has to be treated at the site before it is discharged, these secondary pollutants can affect the operation of the treatment system. In case of ground water sampling and analysis more attention has to be paid at these secondary pollutants.
- Prediction of influent concentrations and abstraction time of ground water clean-up operations. The usual methods for predicting ground water clean-ups result in too high concentrations and too short abstraction periods as compared with practice. The use of a standarised computerised calculation method can improve the result of the prediction.

It has been shown that few data are available, particularly as far as the actual effluent concentrations, removal efficiency of treatment systems and costs associated with the treatment are concerned. In many cases only the effluent quality is measured to verify if the permit requirements are met. Less attention is paid to the actual removal efficiency of the treatment

system that is used. Also less attention is paid to the costs associated with the treatment.

For the elaboration of the policy on discharges of ground water originating from the clean-up of contaminated sites, the subcommittee has chosen for an approach for substances or groups of substances, instead of an approach for pollution sources. Three classifications have been made for the substances or groups of substances with regard to the degree of contamination. This classification (moderately increased, strongly increased and very strongly increased) is based upon data of influent concentrations of these substances or groups of substances. Both for discharges on sewer systems connected with a sewage treatment plant and for discharges into large surface waters a number of treatment systems can be selected that can be used for the treatment of ground water that is classified as moderately increased, strongly increased or very strongly increased. The permit requirements for the substances or groups of substances has been established on the basis of:

- The type of pollutants that are found in the ground water;
- The concentration of pollutants in the abstracted ground water;
- The quantity of the abstracted ground water;
- The efficiency removal of the treatment systems used;
- The costs associated with the treatment;
- The effect of the discharge.

In the beginning of 1988 an inquiry was made into the legal aspects of discharges of ground water originating from the clean-up of contaminated sites. This inquiry among the Water Boards has shown that at present the policies on permit application procedures are very different. Particularly in those cases where discharges take a short period or discharges are small, legislation on discharges of ground water should be made more clear

or should be adapted.

0. ZUSAMMENFASSUNG

Die Arbeitsgruppe VI der Koordinierungskommission für die Durchführung des Gesetzes gegen die Verunreinigung von Oberflächengewässern (CUWVO) hat eine Subarbeitsgruppe "Grundwasserbehandlung bei Bodensanierungen" ins Leben gerufen. Mitglieder dieser Subarbeitsgruppe sind Vertreter des Umweltministeriums, Wasserqualitätsverwalter, die Provinz Zuid-Holland, der niederländische Verband der prozeßmäßigen Bodenreinigungsunternehmer (NVPG) und DBW/RIZA.
Der Auftrag der Arbeitsgruppe VI der CUWVO an die Subarbeitsgruppe war, eine Untersuchung sowohl nach den technischen Aspekten als auch nach dem gefolgten Verfahren bei Einleitungen von Grundwasser aus Bodensanierungsprojekten durchzuführen.
Die Untersuchung nach den technischen Aspekten bestand aus:

1. Eine Bestandsaufnahme viel vorkommender Projekten je Verunreingungsquelle.
2. Anhand dieser Bestandsaufnahme wurde für jede Verunreinigungsquelle eine Anzahl von Projekten ausgewählt, bei denen die nachfolgenden Punkte näher betrachtet wurden:
   - die Qualität und die Quantität des entzogenen Grundwassers;
   - die Behandlungstechnik(en);
   - die Einleitungsbedingungen;
   - die Kosten.
3. Anhand von 2 wurde(n) je Verunreinigungsquelle die mögliche(n) Behandlungstechnik(en), die zu stellenen Einleitungsbedingungen sowie die Kosten im Verhältnis zu der Wirksamkeit einer Entfernung angegeben.

Die Untersuchung nach den Verfahrensaspekten umfaßte:

1. Eine Bestandsaufnahme der heutigen Politik bezüglich den gefolgten Verfahren bei Grundwassersanierungsprojekten.

2. Anhand dieser Bestandsaufnahme wurden Empfehlungen aufgestellt über:
   - zu unterscheidene Kategorien von Einleitungen und die dabei zu folgenden Genehmigungsverfahren;
   - die Aufstellung allgemeiner Vorschriften;
   - das Anpassen des Antragformulars;
   - die Aufstellung einer Modell-Genehmigung.

Bei der Durchführung dieser Aufgaben hat die Subarbeitsgruppe sich vor allem jenem Grundwasser gewidmet, das bei den nachfolgenden Arbeitsvorgängen frei wird: Abgrabung, Entfernung von verunreinigtem Grundwasser, in situ Reinigung und Isolation. Im allgemeinen gilt, daß die Art der an einer bestimmten Stelle gefundenen Verunreinigung in hohem Maße mit der Art des an der betreffenden Stelle betriebenen Produktionsprozesses zusammenhängt. Je nach den örtlichen Gegebenheiten, wie Bodenart und geohydrologische Verhältnisse, werden die Stoffe in höheren oder niedrigeren Konzentrationen im Grundwasser vorkommen. Nicht alle Verunreinigungsquellen sind aber gleich wichtig oder werden in Zukunft gleich wichtig werden. Es wurde deshalb versucht, mittels bereits durchgeführter oder in Zukunft durchzuführender Grundwassersanierungsprojekten, einen Einblick in die viel und weniger vorkommenden Verunreinigungsquellen zu erhalten. Dabei ergaben sich die nachfolgenden Verunreinigungsquellen als häufig vorkommend:

- Ehemalige Gaswerksgelände;
- Betriebsgelände von Kfz. Verwertungen, Kraftstoff-Tanklager und Kraftstoffvertriebsfirmen und zugehörige Betriebe;
- Metallverarbeitende und zugehörige Industrie sowie graphische und zugehörige Industrie;
- Chemische Reinigung und zugehörige Industrie;
- Ehemalige Deponien von Abfallstoffen.

Aus einer Bestandsaufnahme hat sich ergeben, daß über die Periode 1980 - 1988 etwa 500 bis 550 Bodenreinigung-

sprojekte, bei denen Grundwasserentziehung stattgefunden hat, durchgeführt worden sind oder in Durchführung genommen waren. Es handelt sich dabei sowohl um im Rahmen der Interimsgesetzes "Bodensanierungen" (IBS) durchgeführten Projekte als auch um Projekte in anderen Rahmen (Stadtsanierung, Flächennutzungsänderungen sowie die Genehmigungserteilung und -wahrung von Umweltgesetzen). Bei etwa 60% der Grundwasserentziehungen fand eine Behandlung vor Ort statt. Wie in Kapitel 5 beschrieben, erwartet man für die Zukunft eine starke Zunahme der Anzahl durchzuführenden Grundwasserentziehungen und -reinigungen. Besonders die Anzahl der Projekte, welche nicht im Rahmen des IBS durchgeführt werden, wird stark zunehmen.

Für die Behandlung von potentiell verunreinigten Stellen sollte man, ehe eine eventuelle Sanierung in Angriff genommen wird, zuerst auf eine gute und systematische Weise Informationen sammeln. Dabei gibt es aber einige Engpässe:

- Analyse des Grundwassers: es ist nicht eindeutig festgelegt, wie bei der Anwesenheit von Treibschichten, grober Ablagerung und gelösten Inhaltsstoffen vorgegangen werden sollte.
- Nebenverunreinigungen: in jenen Fällen, wobei das Grundwasser vor Ort behandelt und danach abgeleitet wird, können Nebenverunreinigungen die Wirkung der Behandlungsanlage negativ beeinflussen. Bei der Probenentnahme und Analyse von Grundwasser sollten Nebenverunreinigungen mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden.
- Vorhersage der Einströmungskonzentration und Entziehungsdauer: wie bereits in Kapitel 2 beschrieben wurde, führen die bis jetzt angewandten Methoden zu einer vorhergesagten Einströmungskonzentration, die fast immer (viel) höher ist als die wirkliche Konzentration, während die vorhergesagte Entziehungsdauer in der Praxis in fast allen Fällen (viel) zu kurz ist. Die Anwendung eines

Vorhersageinstruments wird voraussichtlich zu einer Verbesserung der Vorhersagen gegenüber den gängigen Methoden führen.

Es hat sich herausgestellt, daß besonders wo es die erreichten Ausflußkonzentration, -wirkungsgrade und Kosten von Techniken betrifft, wenig Information verfügbar ist. Oft wird nur die Qualität des Ausflusses bestimmt, so daß kontrolliert werden kann, ob die in der WVO-Genehmigung umschriebenen Bedingungen erfüllt wurden. Der tatsächlichen Auswirkung der angewandten Techniken wird viel weniger Aufmerksamkeit geschenkt. Auch die Kosten der Grundwasserreinigung werden in der Praxis nicht oder kaum bewertet.
Die allgemeinen Ausgangspunkte für die im Rahmen des Gesetzes gegen die Verunreinigung von Oberflächengewässern zu führende Politik sind in Kapitel 7 für die Einleitung von Grundwasser aus Bodensanierungsprojekten dargestellt. Bei deren Ausarbeitung wurde, anstatt einer Betrachtung pro Verunreinigungsquelle, eine Betrachtung pro Stoff oder pro Stoffgruppe gewählt. Grund dafür war, daß die einzelnen Verunreinigungsquellen zu wenig Praxisinformation lieferten. Um eine gegenseitige Vergleichbarkeit zu ermöglichen, wurde pro Stoff und/oder pro Stoffgruppe eine Einteilung nach Ausmaß der Verunreinigung des Grundwassers erstellt (mäßig erhöht, stark erhöht und sehr stark erhöht). Anhand:

- der Art der im Grundwasser vorkommenden Stoffe,
- der Konzentration der im entzogenen Grundwasser vorkommenden Stoffe,
- den Grundwasserentziehungsmengen,
- des Wirkungsgrades der für die Behandlung von Grundwasser verfügbaren Reinigungstechniken und
- der Auswirkung einer (Rest)-Einleitung,

wurde pro Stoff oder pro Stoffgruppe eine Anzahl von Techniken gewählt, welche für die Behandlung von Grundwasser, das was die Verunreinigung anbetrifft als mäßig erhöht, stark erhöht oder sehr stark erhöht

gekennzeichnet ist, geeignet sind. Für die einzelnen im Grundwasser vorkommenden Stoffe oder Stoffgruppen sind auf diese Weise der Reinigungsaufwand sowie die daraus hergeleiteten indikativen Einleitungsnormen festgelegt.

Anfang 1988 wurde unter Wasserqualitätsverwaltern eine Umfrage nach den gefolgten (Genehmigungs)-Verfahren durchgeführt. Es stellte sich dabei heraus, daß es z.Zt. keine eindeutige Politik für das Verfahren bei Einleitungsgenehmigungen gibt. Es empfiehlt sich deshalb, die Regulierungen auf diesem Gebiet zu verdeutlichen bzw. anzupassen. Bodensanierungsprojekte sollten zu den Durchführungsgesetzes-Kategorie C-Einrichtungen (Betriebe, in denen Abfallstoffe gelagert, behandelt oder verarbeitet werden) gerechnet werden. Bei solchen Betrieben muß in Prinzip das sog. WABM-Verfahren (WABM = Gesetz allgemeiner Bestimmungen für den Umweltschutz) gefolgt werden. Es sollte aber mittels einer weiteren Verkürzung des WABM-Verfahrens ermöglicht werden, für dringenden Bodensanierungen auf eine schnelle und einfache Weise Genehmigungen erteilen zu können. Besonders in bezug auf Einleitungen von geringem Umfang (und kurzer Dauer), sollte die Möglichkeit untersucht werden, allgemeine Regulierungen aufzustellen, so daß nicht das ganze WABM-Verfahren durchgegangen werden muß.

1. INLEIDING

De Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren (CUWVO) heeft tot taak het bevorderen van de eenheid van beleid ten aanzien van onderwerpen, die bij de uitvoering van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren door de daarmee belaste overheidsorganen een gelijke benadering vragen.
Er zijn in totaal zes werkgroepen ingesteld, waarvan werkgroep VI is belast met de coördinatie van het beleid met betrekking tot de lozingen van met name niet-zuurstofbindende en toxische stoffen.
Een belangrijke taak van werkgroep VI is het opstellen van een programma tot vermindering danwel eliminatie, van de lozing van niet-zuurstofbindende en toxische stoffen. Er wordt een bedrijfstaksgewijze aanpak gevolgd. Hiertoe zijn een aantal subwerkgroepen ingesteld.

Eén van deze subwerkgroepen is de subwerkgroep "Grondwaterbehandeling bij bodemsaneringen".
De subwerkgroep bestond uit de volgende leden :

- ing. P.J.A. van den Bliek (Hoogheemraadschap West-Brabant);
- ing. P.H.M.A. Crijns (Dienst Binnenwateren/RIZA), sekretaris;
- dhr. B.J. Dik (Dienst Water en Milieu Provincie Utrecht);
- ing. M.A.C.M. Huybregts (Provincie Zuid-Holland / Dienst Centraal Milieubeheer Rijnmond);
- ir. K. Krijt (Direktoraat Generaal Milieubeheer);
- ing. A.J.F. Luttikhuis (Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden), voorzitter;
- ing. A. Wiegman (Zuiveringsschap Drenthe);
- ir. C.A. Zewald (Nederlandse Vereniging van Procesmatige Grondreinigingsbedrijven).

Tevens is het bedrijfsleven, en met name de bedrijven die op hun bedrijfsterrein te maken hebben met bodemverontreiniging, benaderd om in de subwerkgroep plaats

te nemen.

De opdracht van werkgroep VI van de CUWVO aan de subwerkgroep is een onderzoek in te stellen naar zowel de technische kant als de procedurele kant van lozingen van grondwater afkomstig van bodemsaneringen.
Het onderzoek naar technische aspekten bestond uit :

1. Een inventarisatie van projekten per bron van verontreiniging.
2. Aan de hand van de inventarisatie selekteren van een aantal projekten per verontreinigingsbron die nader bestudeerd werden voor wat betreft :
   - de kwaliteit en de kwantiteit van het onttrokken grondwater;
   - de behandelingstechniek(en);
   - de lozingsvoorwaarden;
   - de kosten.
3. Het aan de hand hiervan per verontreinigingsbron aangegeven van de mogelijke behandelingstechniek-(en), de te stellen lozingsvoorwaarden alsmede de kosten in relatie tot het verwijderingsrendement.

Het onderzoek naar procedurele aspekten omvatte :

1. Een inventarisatie van het huidige beleid met betrekking tot de procedurele aspekten van grondwatersaneringen.
2. Het aan de hand van de inventarisatie doen van aanbevelingen omtrent :
   - te onderscheiden kategorieën van lozingen en de daarbij te volgen vergunningsprocedure;
   - de te stellen algemene voorschriften;
   - het aanpassen van het aanvraagformulier;
   - het opstellen van een modelvergunning.

De subwerkgroep heeft, bij de uitwerking van deze taakopdracht, zich met name gericht op grondwater dat vrijkomt bij : ontgraving, verwijdering van verontreinigd grondwater, in situ reiniging en isolatie.
De lozingen van grondwater kunnen op de volgende wijze

ontstaan :

Om verontreinigde grond doelmatiger te kunnen ontgraven, is het veelal noodzakelijk om de grondwaterstand te verlagen. Daartoe moet al dan niet verontreinigd grondwater onttrokken worden. Daarnaast is het in sommige gevallen mogelijk om zonder af te graven de grond te saneren. Dit gebeurt door middel van het doorspoelen van de bodem met (grond)water. Het grondwater wordt opgepompt, behandeld en teruggevoerd, waarbij het de te reinigen bodem doorstroomt (reiniging in situ). Voor zeer omvangrijke bodemverontreinigingen kan (totale) ontgraving te kostbaar zijn. In dat geval kan Isoleren, Beheersen en Controleren een toepasbare methode zijn. In dergelijke gevallen wordt veelal gedurende langere tijd grondwater onttrokken met een relatief laag debiet.

Op het gebied van de bodemsanering zijn er echter ook een aantal andere aktiviteiten als gevolg waarvan verontreinigd water kan vrijkomen, te weten:

1) Water dat ontstaat bij de tijdelijke opslag van verontreinigde grond (TOP) danwel bij de storting van verontreinigde grond.
   Bij de tijdelijke opslag van verontreinigde grond kan een aantal waterstromen onderscheiden worden die in meerdere of mindere mate verontreinigd zijn. Momenteel zijn een zevental provinciale opslagplaatsen operationeel. Daarnaast zijn er een aantal opslagplaatsen bij grondreinigingsbedrijven. Het aantal nog te realiseren opslagplaatsen is vrij beperkt.
   Bij de storting van verontreinigde grond wordt de hoeveelheid verontreinigd perkolatiewater beperkt door afdichting met folie. De hoeveelheid uit de grond afkomstig perswater zal na verloop van de opslagtijd afnemen.
2) Water dat na afgraven ontstaat bij de reiniging van verontreinigde grond (zowel bij thermische- als extraktieve- als biologische reiniging).
   De operationele technieken kunnen onderscheiden

worden in thermische-, extraktieve- en biologische reinigingstechnieken. Momenteel zijn een zestal thermische installaties, een viertal extraktieve installaties en een divers aantal biologische installaties operationeel. De onderlinge vergelijkbaarheid van de proceswaterstromen die bij de verschillende technieken vrijkomen is vrij gering, evenals de onderlinge vergelijkbaarheid van bijvoorbeeld de thermische installaties onderling.

Gezien het bovenstaande is besloten aan de tijdelijke opslag van verontreinigde grond (TOP), aan de storting van verontreinigde grond en aan water dat na afgraven ontstaat bij de reiniging van verontreinigde grond (zowel bij thermische- als extraktieve- als biologische reiniging) geen aandacht te besteden.

Voor wat betreft grondwater dat vrijkomt bij ontgraving, verwijdering van verontreinigd grondwater, in situ reiniging en isolatie geldt in het algemeen dat de aard van de op een bepaalde lokatie in het grondwater aangetroffen verontreinigingen nauw samenhangt met de aard van het ter plaatse bedreven (produktie)proces. Als mogelijke bronnen van grondwaterverontreiniging kunnen genoemd worden:

- Voormalige gasfabriekterreinen;
- Garage- en transportbedrijven alsmede brandstofopslag en -distributie e.d.;
- Chemische industrie/verfindustrie;
- Galvanische bedrijven;
- Chemische wasserijen;
- Voormalige stortingen van afvalstoffen;
- Autosloperijen;
- Etc.

Afhankelijk van de omvang van de verontreinigende aktiviteit(en) alsmede afhankelijk van lokale omstandigheden als grondsoort en geohydrologische situatie zullen de stoffen in hogere- of lagere concentraties in het grondwater voorkomen.

Bij de uitwerking van de technische aspekten van lozin-

gen van grondwater afkomstig van bodemsaneringen is uitgegaan van de genoemde indeling in verontreinigingsbronnen.

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op onderzoek dat uitgevoerd wordt om inzicht te krijgen in de aard en omvang van de verontreiniging op een lokatie, de technieken die toegepast worden ten behoeve van bemonstering alsmede de toegepaste analysemethoden. Ook wordt ingegaan op enkele knelpunten inzake het onderzoek zoals het voorkomen van nevenverontreinigingen, de voorspelling van de samenstelling van het te onttrekken grondwater en de onttrekkingsduur alsmede het voorkomen van onopgeloste bestanddelen in het grondwater en de relatie tot de analyses van gefiltreerde monsters.
In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de verschillende wijzen waarop water voorkomt in de bodem, de verspreidingsmogelijkheden van verontreinigingen, de saneringsmogelijkheden voor verontreinigde lokaties, de omvang van grondwateronttrekking bij bodemsanering, en de mogelijkheden om al dan niet gezuiverd grondwater te lozen.
In hoofdstuk 4 worden de mogelijkheden tot beperking van de hoeveelheden te lozen verontreinigingen bij sanering van grond en/of grondwater aangegeven.
In het algemeen kan een zeer groot aantal verschillende mogelijke bronnen van grondwaterverontreiniging genoemd worden. Aangezien het niet mogelijk is gebleken om voor alle verontreinigingsbronnen de technische aspekten nader uit te werken, is ervoor gekozen om alleen de belangrijkste verontreinigingsbronnen nader uit te werken. Deze keuze is verder beschreven in hoofdstuk 5.
De uitwerking van de technische aspekten is beschreven in hoofdstuk 6. Dit hoofdstuk is gebaseerd op de rapportage van TAUW Infra Consult [30].
Op basis van hoofdstuk 6 worden in hoofdstuk 7, aan de hand van de algemene uitgangspunten voor het te voeren beleid in het kader van de Wet verontreiniging oppervlaktewateren, de uitgangspunten specifiek voor lozin-

gen van grondwater afkomstig van bodemsaneringen ingevuld. Op basis hiervan wordt het saneringsbeleid en de normstelling voor lozingen van grondwater afkomstig van bodemsaneringen vastgesteld.
Om inzicht te krijgen in het huidige procedurele beleid ten aanzien van lozingen van grondwater afkomstig van bodemsaneringen is een enquête ingesteld onder de waterkwaliteitsbeheerders. Deze enquête alsmede de (hieruit voortvloeiende) aanbevelingen ten aanzien van de procedurele aspekten zijn beschreven in hoofdstuk 8. Tenslotte worden in hoofdstuk 9 de konklusies en aanbevelingen gepresenteerd.

Overigens dient opgemerkt te worden dat bij de uitwerking van het onderzoek naar technische aspekten meerdere malen geen gegevens beschikbaar gesteld werden door direkt betrokkenen bij de bodemsaneringsoperatie. Ook is gebleken dat met name voor wat betreft de behaalde effluentconcentraties, -rendementen en kosten van technieken weinig informatie beschikbaar is. Vaak wordt de kwaliteit van het effluent bepaald ter voldoening aan hetgeen in de WVO-vergunning danwel de gedoogbrief omschreven is. In veel mindere mate wordt gekeken naar het daadwerkelijke effekt van de toegepaste technieken. Verder worden de kosten die met zuivering van grondwater gemoeid zijn in de praktijk niet of nauwelijks geëvalueerd. Een en ander heeft tot gevolg gehad dat de uitwerking van de taakopdracht enigzins vertraagd en bemoeilijkt werd.

2. WERKWIJZE BIJ BODEMSANERINGEN

2.1 Werkwijze vooronderzoek

Voor de aanpak van mogelijk verontreinigde lokaties op grond van de Interimwet Bodemsanering (IBS) is een landelijk uniforme werkwijze opgezet. Uitgangspunt hierbij is dat bij mogelijk verontreinigde lokaties op een goede en systematische wijze informatie verzameld wordt. Bij de technische beoordeling en aanpak van een mogelijk verontreinigde lokatie is een aantal opeenvolgende stappen te onderscheiden, te weten :

1. Inventarisatie;
2. Oriënterend onderzoek;
3. Nader onderzoek;
4. Saneringsonderzoek;
5. Sanering.

Met de hierboven genoemde stappen wordt allereerst bepaald of er wel of niet sprake is van bodemverontreiniging en in hoeverre er blootstellingsrisiko's zijn voor de mens, er gevaar van aantasting van het milieu is en er verspreiding naar de diepere ondergrond plaatsvindt of plaats kan vinden. Indien dit het geval is wordt allereerst een aanvullend (=nader) onderzoek ingesteld, om een goed beeld te krijgen van de aard, omvang, concentraties en verspreidingskansen van verontreinigende stoffen in grond en grondwater. Als dit onderzoek aanleiding is om een sanering uit te voeren wordt, door middel van het saneringsonderzoek, een vergelijking van mogelijke saneringsalternatieven gemaakt en na evaluatie hiervan een saneringsplan opgesteld. Op basis van het saneringsplan wordt tenslotte de sanering uitgevoerd. Naast de hierboven genoemde stappen worden zo nodig nog andere stappen uitgevoerd zoals bijvoorbeeld tijdelijke beveiligingsmaatregelen.

Naast de aanpak in het kader van de IBS worden tevens op grote schaal onderzoeken en saneringen uitgevoerd ten behoeve van stadsvernieuwing, bestemmingswijziging

en de vergunningverlening en -handhaving van milieuwetten (Hinderwet, Afvalstoffenwet en Wet Bodembescherming). Bij deze saneringen bestaat de aanpak vanaf inventarisatie tot sanering uit twee of drie stappen.

Uitgangspunt van het bodemsaneringsbeleid is dat bij de sanering zoveel mogelijk wordt gestreefd de bodem weer in de oorspronkelijke staat te herstellen zodanig dat deze weer als multifunktioneel kan worden beschouwd.

2.2 Bemonstering grondwater

Om in Nederland een zo groot mogelijke uniformiteit te krijgen in de uitvoering van bodemverontreinigingsonderzoek zijn de "concept-praktijkrichtlijnen voor bemonstering en analyse inzake bodemverontreinigingsonderzoek" (VPR) opgesteld [22]. De VPR is verschenen in de reeks Bodembescherming (Nr. 55a en 55b).

Voor zowel de bemonstering van grond als van grondwater dient allereerst een boring in de bodem gemaakt te worden. Hiervoor zijn verschillende boorsystemen beschikbaar. In VPR A 85-01 worden deze beschreven. Voordat grondwater bemonsterd kan worden moet een peilbuis geplaatst worden. Peilbuizen kunnen tevens dienen om de grondwaterstijghoogten te bepalen. VPR A 85-21 beschrijft de meest gewenste wijze om peilbuizen in een boorgat te plaatsen.

VPR A 85-31 is van toepassing op de bemonstering van grondwater uit peilbuizen. Nadat een peilbuis geplaatst is dient deze allereerst schoongepompt te worden. Nadat de peilbuis schoongepompt is, kan in principe een grondwatermonster genomen worden. In bijlage 2 wordt een overzicht en globale beoordeling van de meest gehanteerde bemonsteringsmethoden gegeven. Ten aanzien van het aspekt kontaminatie dient opgemerkt te worden dat aandacht besteed moet worden aan het materiaal van de peilbuis en eventuele lijmbevestigingen in oude

peilbuizen, het materiaal van de slangen (o.a. weekmakers), het kontakt met de pomp (metalen, olie), restantverontreinigingen in de monsterfles en lekkage door schroefverbindingen.

Nadat een monster genomen is, dient het luchtdicht verpakt en eventueel in het veld gekonserveerd te worden (bijvoorbeeld ten behoeve van analyse op cyanide en fenolen). Verdere specifieke maatregelen in het veld zijn de filtratie ten behoeve van de analyse op anorganische stoffen en metalen en het strikt gekoeld bewaren van watermonsters ten behoeve van analyse op organische verbindingen. Alle genomen grondwatermonsters dienen binnen 24 uur naar een laboratorium te worden vervoerd en aldaar in een geschikte- en gekoelde ruimte opgeslagen te worden.

2.3 Analyse grondwater

Nadat een grondwater monster is vervoerd naar een laboratorium, zal, alvorens dit monster geanalyseerd kan worden, voorbehandeld moeten worden voordat een analysemonster genomen kan worden. In VPR B 85-11 t/m B 85-26 wordt de monstervoorbehandeling beschreven. Bij het nemen van het analysemonster uit een fles met grondwater kunnen problemen optreden met drijflagen en met grof bezinksel. Het is niet eenduidig vastgelegd hoe met de aanwezigheid van drijflagen en grof bezinksel omgegaan moet worden. Nadat een analysemonster genomen is kan het in bewerking genomen worden. In bijlage 3 wordt een overzicht gegeven van analysemethoden en aantoonbaarheidsgrenzen voor grond en grondwater volgens de VPR (C 85-01 t/m C 85-19) en volgens de NEN voorschriften. Bij de analyse van grondwater dient uitgegaan te worden van NEN voorschriften, tenzij deze voor een bepaalde parameter niet voorhanden zijn. In die gevallen kan uitgegaan worden van de VPR. (Voor de bepaling van totaal cyanide dient uitgegaan te worden van de EPA methode (335.3) aangezien deze methode onder

andere ook inzicht geeft in het thiocyanaat gehalte. Voor de bepaling van vrij cyanide dient uitgegaan te worden van de ISO methode (6703/2)). Overigens kan opgemerkt worden dat de analysemethoden volgens de VPR medio 1988 aangepast zijn en in de toekomst door NEN voorschriften vervangen zullen worden.

2.4 Knelpunten inzake onderzoek

2.4.1 Nevenverontreinigingen

Met verontreinigingen worden die stoffen bedoeld die door een bepaalde aktiviteit in de grond en/of het grondwater terecht gekomen zijn. Met nevenverontreinigingen worden die stoffen bedoeld die niet door diezelfde aktiviteit in de grond en/of het grondwater terecht gekomen zijn en die dus in feite van nature aanwezig kunnen zijn. Bij nevenverontreinigingen kan gedacht worden aan minerale verbindingen zoals ijzer (Fe), mangaan (Mn), calcium (Ca), magnesium (Mg), chloride (Cl), sulfaat (SO_4^{2-}) en carbonaat (CO_3^{2-}) en organische stof (bijvoorbeeld humusachtige verbindingen) en dergelijke. Nevenverontreinigingen kunnen zowel in opgeloste als in colloïdale toestand als in suspensie voorkomen.
Het grootste gedeelte van het in grondwater aanwezige ijzer komt voor als bicarbonaat in tweewaardige vorm. Water dat ijzer(II)bicarbonaat bevat zal bij kontakt met lucht vlug troebel worden, als gevolg van de oxydatie van de ijzer(II)verbinding, en uiteindelijk een neerslag geven van roodbruin ijzer(III)hydroxide. Dit neerslag kan tijdens of na de onttrekking van grondwater problemen opleveren. Verder kan ijzerhoudend water de groei bevorderen van de zogenaamde ijzerbakteriën; deze ontwikkelen zich zeer snel tot omvangrijke bakteriekolonies, die zich aan leidingen en apparatuur vasthechten en aldus verstoppingen kunnen veroorzaken. Mangaan komt meestal samen voor met ijzer en wel in de vorm van mangaan(II)bicarbonaat. In kontakt met lucht

zal mangaan(II)bicarbonaat reageren tot bruinsteen (MnO_2), dat onmiddellijk neerslaat en niet uitvlokt. Opgeloste calcium- en magnesiumzouten zijn vooral hinderlijk doordat zij door ontbinding (bicarbonaten) of door eenvoudige concentratie (calciumsulfaat) korstvorming kunnen veroorzaken. Hierdoor kan de effektieve diameter van leidingen e.d. verminderen. Tevens kan water met een hoog calcium en/of magnesium gehalte oorzaak zijn van corrosie.
Ten aanzien van carbonaat kan opgemerkt worden dat in grondwater steeds sprake is van een zogenaamd "kalk-koolzuurevenwicht" (verhouding tussen carbonaat (CO_3^{2-}) bicarbonaat (HCO_3^-) en vrij koolzuur (CO_2)). Bij de onttrekking van grondwater maar ook bij verandering van temperatuur en/of pH dient rekening gehouden te worden met een wijziging in dit kalk-koolzuurevenwicht, hetgeen er in bepaalde gevallen toe kan leiden dat neerslag van calciumcarbonaat (kalk) kan optreden.

Uit het voorgaande mag blijken dat nevenverontreinigingen een (grote) invloed kunnen hebben op de aanwezigheid en het gedrag van verontreinigingen in het onttrokken grondwater. In die gevallen waar het grondwater op de lokatie behandeld wordt alvorens het geloosd wordt kunnen nevenverontreinigingen de werking van deze behandelingsinstallatie negatief beïnvloeden. (Denk in dit verband bijvoorbeeld aan de werking van koolfilters en striptorens of plaatbeluchters).
Tot nog toe wordt er bij de bemonstering en analyse van grondwater weinig aandacht besteed aan nevenverontreinigingen. Het verdient aanbeveling om in alle gevallen waar grondwater onttrokken zal gaan worden aandacht te besteden aan de parameters ijzer (Fe), mangaan (Mn), calcium (Ca), magnesium (Mg), chloride (Cl), sulfaat (SO_4^{2-}), carbonaat (CO_3^{2-}), pH, organische stof, zwevende stof en bezinkbare stof.

2.4.2 Voorspelling van influentconcentratie en onttrekkingsduur

Eén van de grootste knelpunten inzake onderzoek is de voorspelling van de kwaliteit van het op te pompen water (influentconcentratie) en de tijd waarin aksepta-bele rest-concentraties in het grondwater worden be-reikt (noodzakelijke onttrekkingsduur). Een betrouw-bare voorspelling van de influentconcentratie en ont-trekkingsduur is met name van belang om te kunnen bepalen of er al dan niet overgegaan moet worden tot behandeling van grondwater op de lokatie alvorens het geloosd wordt, om een eventuele behandelingsinstallatie te kunnen ontwerpen en te dimensioneren, om lozings-voorschriften vast te kunnen leggen en om de tijd te kunnen bepalen waarin de behandelingsinstallatie in stand moet worden gehouden.

De tot nog toe gehanteerde voorspellingsmethoden (zoals middeling van concentraties in peilbuizen, verblijftijd van het verst gelegen verontreinigde grondwater geldt als saneringsduur, de hoeveelheid grondwater gedeeld door het debiet is de onttrekkingsduur of 3 à 5 "ver-versingsfaktoren") blijken een in de praktijk niet of nauwelijks betrouwbaar resultaat op te leveren. Door DHV is in opdracht van DBW/RIZA een studie uitgevoerd met als eindresultaat een methode (voorspellingsinstru-ment grondwatersaneringen) waarmee een betere voorspel-ling mogelijk is (Sortran) [10]. Uit deze studie is gebleken dat de tot nu toe gehanteerde methoden leiden tot een voorspelde influent concentratie die in vrijwel alle gevallen (veel) hoger is dan de werkelijke concen-tratie, terwijl de voorspelde onttrekkingsduur in de praktijk in vrijwel alle gevallen (veel) te kort is. De verschillen tussen de tot nog toe gehanteerde metho-den en de praktijk kunnen onder andere verklaard worden door onttrekking van relatief schoon grondwater en door nalevering van stoffen uit de bodem.

Toepassing van het reeds genoemde voorspellingsinstru-ment grondwatersaneringen (Sortran) levert naar ver-

wachting een verbetering van de voorspellingen op ten opzichte van de gangbare methoden. De mate waarin een betere voorspelling wordt verkregen hangt echter onder andere af van de betrouwbaarheid van de beschikbare praktijkgegevens.
De uitvoering van een proefonttrekking (pompproef) in kombinatie met de uitvoering van kolomproeven kan de betrouwbaarheid van de beschikbare praktijkgegevens en daarmee de betrouwbaarheid van de voorspelling verbeteren. Tevens kan door middel van een proefonttrekking een eventueel te realiseren zuiveringsinstallatie beter gedimensioneerd worden.

2.4.3 Onopgeloste bestanddelen

Bij de onttrekking van grondwater in de praktijk kan sprake zijn van water met een bepaalde hoeveelheid onopgeloste bestanddelen. Dit hangt met name samen met het soort onttrekkingssysteem (zie verder paragraaf 3.4). Van een aantal stoffen is bekend dat deze voornamelijk aan diezelfde onopgeloste bestanddelen geadsorbeerd zijn (bijvoorbeeld metalen en PAK). Bij de toetsing van grondwater analyses aan lozingskriteria wordt uitgegaan van gefiltreerd grondwater. Dit kan betekenen dat de feitelijke lozingssituatie (grondwater met onopgeloste bestanddelen) niet overeenkomt met de gemeten situatie (grondwater zonder onopgeloste bestanddelen).

Zoals reeds beschreven is, worden grondwatermonsters steeds voorafgaand aan de analyse gefiltreerd. Bij de toetsing van grondwater analyses aan referentiewaarden of toetsingswaarden ten behoeve van nader-, danwel saneringsonderzoek dient namelijk uitgegaan te worden van grondwater als zodanig (gefiltreerde grondwatermonsters). Op deze wijze wordt echter geen inzicht verkregen in de aanwezigheid van onopgeloste bestanddelen. Bij het ontwerp van een grondwaterbehandelingsinstallatie dient echter met onopgeloste bestanddelen en de

hieraan geadsorbeerde verontreinigingen rekening te worden gehouden. Ook hier komt de feitelijke praktijksituatie (met onopgeloste bestanddelen) niet overeen met de gemeten situatie (zonder onopgeloste bestanddelen). Het verdient dan ook aanbeveling om in bijvoorbeeld een pompproef aandacht te besteden aan de aanwezigheid van onopgeloste bestanddelen en de hieraan geadsorbeerde verontreinigingen.

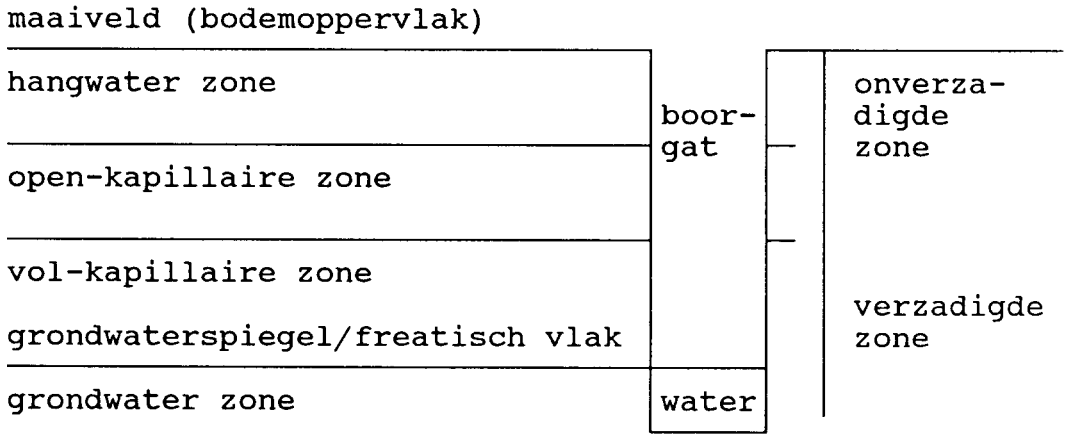
3. VRIJKOMENDE GRONDWATERSTROMEN BIJ BODEMSANERING

3.1 Inleiding

Voordat ingegaan wordt op de verschillende wijzen waarop grondwater kan vrijkomen bij bodemsaneringen, worden allereerst de verschillende bodemwaterzones en de verspreidingsmogelijkheden van verontreinigingen beschreven.

3.1.1 Waterzones in de bodem

Het water in de grond komt voor in verschillende zones (zie afbeelding 3.1.1).



Afbeelding 3.1.1 : Benaming van de bodemwaterzones.

Allereerst dient opgemerkt te worden dat de grenzen tussen de verschillende zones zoals ze in afbeelding 3.1.1 genoemd worden geleidelijk zijn. De grondwaterzone bevindt zich beneden de grondwaterspiegel. Het water kan hier geheel vrij bewegen. Alle poriën zijn gevuld met water, de lucht ontbreekt geheel. Boven de grondwaterzone ligt de kapillaire zone. Het onderscheidt zich van de grondwater zone doordat het water niet meer vrij in de grond aanwezig is. Het is vanuit het grondwater via gangen in de grond opgestegen. De scheiding tussen de grondwater zone en de kapillaire zone heet het

freatisch vlak of grondwaterspiegel. In de vol-kapillaire zone zijn zowel de grote poriën als de kleine poriën gevuld met water, terwijl in de open-kapillaire zone alleen nog de fijne poriën gevuld zijn met water. In de hangwater zone bevindt zich het vocht dat afkomstig is van neerslag die in de grond is blijven hangen of water dat is blijven hangen na het zakken van de grondwaterspiegel.
De dikte van de verschillende zones is niet steeds gelijk. In bepaalde delen van Nederland kan het freatisch vlak bijna op maaiveldnivo liggen, terwijl in andere delen van Nederland het freatisch vlak tot enige tientallen meters onder het maaiveldnivo kan liggen.

3.1.2 Verspreidingsmogelijkheden van verontreinigingen

Bodemverontreiniging heeft meestal plaats in de eerste meters vanaf maaiveld. Bij goed oplosbare verontreinigingen vindt de verspreiding plaats met het neerslagoverschot door de onverzadigde zone naar de verzadigde zone. Afhankelijk van de dikte van de onverzadigde zone kan hier geruime tijd overheen gaan. Ten aanzien van het verspreidingsgedrag is de oplosbaarheid in water en de dichtheid van een verontreiniging van belang. Indien verontreinigingen op of in de onverzadigde zone terecht komen, zullen ze in de grond wegzakken als gevolg van de zwaartekracht. Door kapillaire krachten vindt ook een zijwaartse uitbreiding plaats, die relatief gezien belangrijker wordt naarmate de vertikale doorlatendheid van de grond kleiner wordt (bijvoorbeeld klei-achtige grond).
In het grondwater aangekomen bestaan er grote verschillen in verspreidingspatroon tussen watervoerende (zand-)pakketten en (slecht doorlatende) deklagen. In watervoerende (zand)pakketten is sprake van overwegend horizontale grondwaterstroming. Verplaatsing van enkele tientallen meters per jaar komt veel voor (verhang van 0,1 % en doorlaatfaktoren tussen 10 en 50 m/dag). De verplaatsing in de deklagen is afhankelijk van de

afwisseling van goed- en minder doorlatende lagen op lokale schaal. Wanneer de doorlaatfaktor verhoudingsgewijs nog vrij groot is (0,1 tot 1 m/dag) zal er sprake zijn van een overwegend horizontale verplaatsing. Over het algemeen zijn de verplaatsingssnelheden in de orde van hooguit enkele meters per jaar (verhang 1 % en doorlaatfaktoren tussen 0,01 en 0,001 m/dag).
Bij het verspreidingspatroon in het horizontale vlak en het vertikale vlak moet ook rekening gehouden worden met overige invloeden op de grondwaterstroming.

Slecht oplosbare verontreinigingen (bijvoorbeeld olieachtige verbindingen) of verontreinigingen met een kleinere dichtheid dan water kunnen zich gedragen als in een tweefasensysteem en een drijflaag vormen op de vol-kapillaire zone.
Verontreinigingen met een grotere dichtheid dan water zullen door het grondwater naar beneden uitzakken, waarbij de snelheid in horizontale- en vertikale richting sterk beïnvloed worden door de heersende grondwaterstromingsrichting en -snelheid. Uiteindelijk kan op een ondoorlatende- of zeer slecht doorlatende laag een ophoping plaatsvinden.
Voor oplosbare verontreinigingen geldt dat de verplaatsing van de verontreiniging achter kan blijven bij de verplaatsing van het grondwater. Bij het verspreidingsmechanisme via het grondwater zijn, naast processen voor de verplaatsing van grondwater, te weten konvektie, dichtheidsstroming en dispersie, ook processen van belang die zich in de grond of het grondwater zelf afspelen. De belangrijkste processen die de verspreiding van verontreinigingen beïnvloeden zijn :

- Moleculaire diffusie (verplaatsing van moleculen door willekeurige warmte beweging, waardoor concentratieverschillen afvlakken);
- Adsorptie en desorptie (stofoverdracht van grondwater naar grond en van grond naar grondwater);
- Biodegradatie (afbraak van stoffen door microorganismen onder aerobe of anaerobe omstandighe-

den);
- Chemische precipitatie en oplossing (neerslag en in oplossing gaan van verbindingen die ontstaan ten gevolge van chemische reakties in de bodem).

De processen adsorptie, biodegradatie en chemische precipitatie hebben een remmende invloed op de verspreiding. Indien voor de verspreiding van de verontreiniging via de vloeistoffase wordt uitgegaan van de konvektie, zal dit voor de meeste stoffen tot een overschatting van de verspreiding leiden. Deze methode kan als een worst-case benadering toegepast worden.

3.2 Beschrijving van saneringsmogelijkheden

3.2.1 Inleiding

Terreinen waar de bodem verontreinigd is, worden in hun algemeenheid gekenmerkt door de aanwezigheid van een bron (de verontreiniging) die zich via verschillende wegen (grondwater, lucht) kan verspreiden en daardoor een bedreiging kan vormen voor een objekt (bijvoorbeeld een woonwijk of een waterwingebied). Sanering van deze lokaties is mogelijk door de verontreiniging weg te nemen (in situ technieken of afgraven) of door de verschillende wegen van verspreiding van de verontreiniging af te sluiten zonder de verontreiniging zelf te verwijderen (isolatietechnieken). Onderstaand worden de verschillende technieken kort toegelicht.

3.2.2 In situ technieken

Met in situ technieken worden die technieken bedoeld waarbij, zonder de verontreinigde grond af te graven, de verontreiniging wordt verwijderd. Hierbij dient gedacht te worden aan het doorspoelen van de verontreinigde grond met (grond)water. Hieruit blijkt al direkt dat in situ technieken alleen toepasbaar zijn in goed doorlatende bodems. Grondwateronttrekking als saneringstechniek kan worden toegepast voor goed in grond-

water oplosbare verontreinigingen en/of slecht in grondwater oplosbare verontreinigingen met een soortelijkgewicht kleiner dan dat van water.
Het grondwater kan nadat het is opgepompt en behandeld in principe teruggevoerd worden in de bodem, zodat het de te reinigen grond doorstroomt. In de meeste gevallen wordt echter uit praktische overwegingen (een deel van) het behandelde grondwater geloosd. Voor de voorkoming van de verspreiding van de verontreiniging is meestal een hydrologische of civiel-technische isolatie van de verontreinigde grond noodzakelijk. Grondwateronttrekking zonder terugvoer kan ontoelaatbare grondwaterstandsverlagingen in de omgeving veroorzaken. Aan het terug te voeren water kunnen eventueel verschillende chemicaliën worden toegevoegd om de behandeling te bevorderen. Daarnaast kan gedacht worden aan het injekteren van micro organismen, al dan niet in kombinatie met zuurstof en/of nutriënten, waarbij het aksent ligt op de afbraak van de verontreiniging in de grond (in situ-biorestauratie).
De procesbeheersing, de kontrole op het eindresultaat en de restconcentraties bepalen de toepassing van in situ technieken.
Ondanks het feit dat een suksesvolle in situ-behandeling in beginsel de meest ideale aanpak voor de reiniging van verontreinigde grond is, vindt in situ-behandeling in de praktijk pas dan plaats als afgraving onmogelijk is.
Ten aanzien van de te lozen hoeveelheid grondwater per tijdseenheid (debiet in m^3/h) kunnen geen algemene kentallen gegeven worden. In vergelijking met het debiet bij sanering van verontreinigd grondwater zal het debiet bij in situ reiniging meestal iets hoger zijn. De duur van de lozing zal over het algemeen vrij lang zijn (tot enige jaren).

3.2.3 Ontgraven

Voor het ontgraven van verontreinigde grond staan de

traditionele technieken ter beschikking.
Bij een ontgraving in de onverzadigde zone kan volstaan worden met de verwijdering van overtollig hemelwater uit de ontgravingsput. Wanneer men in den droge wil ontgraven tot een nivo beneden de grondwaterspiegel is een bemaling nodig (grondwaterstandsverlaging). Hierbij kan onderscheid gemaakt worden tussen bemalingen met en zonder het gebruik van waterkerende schermen (bijvoorbeeld een stalen damwand). Bij een grotere ontgravingsdiepte is een ekstra bemaling in het tweede watervoerende pakket nodig om de waterdruk onder de afsluitende laag te verlagen (spanningsbemaling). Lozingen van grondwater tijdens ontgravingen worden gekenmerkt door een relatief groot debiet (tot meer dan 100 m^3/h) gedurende een korte tijd (tot enige weken).
Wanneer een verontreiniging zich over een grote afstand heeft verplaatst is een totale ontgraving van deze verontreiniging niet meer doelmatig. In die gevallen zal de verontreiniging uit de grond en het grondwater verwijderd worden door middel van een grondwateronttrekking. In feite is er dus sprake van in situ-verwijdering van de restverontreiniging. De te lozen hoeveelheid grondwater per tijdseenheid zal tijdens deze fase van de sanering relatief gering zijn (tot enige tientallen m^3 's per uur) in vergelijking met het debiet tijdens de ontgraving. De duur zal echter veel langer zijn (tot enige jaren).
Bij ontgravingen zal in meerdere of mindere mate sprake zijn van waswater dat vrijkomt bij het afspuiten van verontreinigd bouw- en sloopafval, alsmede bij het uitwendig afspuiten van uitrijdende vrachtauto's. De hoeveelheid waswater ligt in de orde grootte van maksimaal enkele kubieke meters per dag. Waswater wordt gekenmerkt door een relatief hoog gehalte onopgeloste bestanddelen.

3.2.4 Isolatietechnieken

Met isolatietechnieken worden die technieken bedoeld waarbij, zonder dat de verontreiniging wordt weggenomen, zodanige maatregelen worden getroffen dat de verdere verspreiding van de verontreiniging wordt tegengegaan. Isolatietechnieken kunnen in een drietal hoofdgroepen onderscheiden worden, te weten:

1) Civiel-technische isolatie (technieken waarbij door het aanbrengen van een afsluiting de verspreiding wordt tegengegaan);
2) Geohydrologische isolatie (technieken waarbij door het plaatsen van grondwateronttrekkingssystemen verontreinigd grondwater wordt afgepompt);
3) Fysisch-chemische isolatie (technieken waarbij door injektie van chemicaliën (bijvoorbeeld waterglas) de verontreinigingen aan de grond worden gebonden (geïmmobiliseerd) of onbereikbaar worden gemaakt voor het grondwater).

In de praktijk is de scheiding tussen een geohydrologische isolatie en een in situ behandeling overigens minder scherp te trekken. In Nederland is tot nu toe vrijwel alleen ervaring opgedaan met civiel-technische isolatie en met geohydrologische isolatie.
Bij een civiel-technische isolatie en een fysisch-chemische isolatie is meestal sprake van een relatief gering debiet (tot enige tientallen m^3 's per dag) echter gedurende een zeer lange tijd (tot meer dan 50 jaar). Bij een geohydrologische isolatie is in het algemeen sprake van een hoger debiet (tot enige tientallen m^3 's per uur) gedurende een zeer lange tijd (tot meer dan 50 jaar).

3.3 Onttrekken van grondwater

Gezien de hoge grondwaterstanden in grote delen van Nederland zal bij vrijwel alle lokaties waar de bodem verontreinigd is, ook sprake zijn van grondwaterverontreiniging. In het geval dat de bodem gesaneerd wordt zal dan ook het grondwater gesaneerd moeten worden. (In een aantal gevallen kunnen de sanering van de bodem en

het grondwater onafhankelijk van elkaar uitgevoerd worden. De verontreiniging in/van het grondwater wordt dan in een later stadium verwijderd).
Wanneer een verontreiniging zich over grote afstand heeft verplaatst moet veel water worden onttrokken om de verontreiniging te saneren. Het patroon van stroomlijnen en verblijftijden tot het onttrekkingssysteem is veelal zodanig dat ook niet-verontreinigd grondwater wordt opgepompt. De totale hoeveelheid te onttrekken grondwater is mede afhankelijk van het geohydrologisch systeem. Als er sprake is van een watervoerend pakket dan is in het algemeen de hoeveelheid te onttrekken water beduidend hoger dan bij een deklaag. Dit verschil wordt veroorzaakt door de mate van doorlatendheid. Bij een goed doorlatende bodem is een grotere verspreiding van de verontreiniging mogelijk en voor het onttrekken van verontreinigd water wordt ook veel schoon water onttrokken.
De keuze van een onttrekkingssysteem wordt onder andere bepaald door de doorlatendheid van de bodem, de omvang en de diepte van een te saneren verontreiniging en de bodemopbouw. Onttrekkingssystemen die bij grondwatersaneringen overwegend worden toegepast zijn open bemaling, bronnering (vacuümbemaling), horizontale drainage en deepwells. Bij open bemaling en in mindere mate bij bronnering en drainage is de kans aanwezig dat onopgeloste bestanddelen in het onttrokken grondwater aanwezig zijn. Bij deepwells zullen vrijwel nooit onopgeloste bestanddelen aanwezig zijn.

In lang niet alle gevallen waar grondwater onttrokken wordt zal ook sprake zijn van reiniging van grondwater op de betreffende lokatie (behandeling op lokatie). Tot medio 1988 is op zo'n 500 tot 550 lokaties in Nederland sprake (geweest) van een onttrekking van grondwater (zowel IBS als niet-IBS gevallen). In ca. 60 % van deze gevallen vindt een behandeling plaats op de lokatie of heeft een behandeling plaats gevonden op de lokatie. Hierbij dient dan opgemerkt te worden dat dit zowel

zeer eenvoudige technieken als zeer uitgebreide behandelingssystemen (kombinatie van een aantal technieken) betreft.

3.4 Lozingen van grondwater

Wanneer verontreinigd grondwater geloosd moet worden kunnen er een aantal mogelijkheden onderscheiden worden:

1) Lozing op de riolering;
2) Lozing op oppervlaktewater;
3) Infiltratie in de bodem;
4) Afvoer per as of schip naar verwerking elders.

In deze rapportage zal alleen ingegaan worden op de lozingen via rioleringsstelsels (met tussenkomst van een RWZI) en de lozingen min of meer rechtstreeks op zeer ruim ontvangende oppervlaktewateren (zonder tussenkomst van een RWZI).

4. BESCHIKBARE SANERINGSMAATREGELEN EN TECHNIEKEN ALGEMEEN

4.1 Saneringsmogelijkheden grond

In theorie zijn er bij de sanering van de bodem een aantal aktiviteiten die zullen leiden tot een beperking van de hoeveelheden te lozen of geloosde verontreinigingen. Hierbij kan gedacht worden aan het (zoveel mogelijk) terugvoeren in de bodem van behandeld grondwater voor zover het behandelde water voldoet aan de referentie waarden bodem (i.c. grondwaterkwaliteit) of het toepassen van waterkerende schermen tijdens ontgravingen of tijdens het saneren van het verontreinigde grondwater. Deze aktiviteiten kunnen gezien worden als bronmaatregelen. In de praktijk worden deze maatregelen echter niet toegepast ter beperking van de hoeveelheden te lozen of geloosde verontreinigingen.

Overigens dient opgemerkt te worden dat een geohydrologische isolatie zal leiden tot een toename van de hoeveelheden te lozen of geloosde verontreinigingen gelet op de duur van de sanering (tot meer dan 50 jaar), de omvang van de sanering (tot enige tientallen m^3 's per uur) en de relatief lage concentraties in het onttrokken grondwater waardoor behandeling op lokatie, zo deze al toegepast wordt, vaak zeer beperkt is.

4.2 Reinigingsmogelijkheden grondwater

In bijlage 4 worden de technieken en systemen (kombinaties van afzonderlijke technieken) beschreven die toegepast worden of toegepast kunnen worden bij de behandeling van vrijkomend verontreinigd grondwater. Het betreft in vrijwel alle gevallen technieken die op de te saneren lokatie zelf toegepast worden. Veelal zijn de technieken die op lokatie worden toegepast afgeleid van de zuiveringstechnieken die worden toegepast bij de behandeling van huishoudelijk- en indus-

trieel afvalwater en bij de bereiding van drinkwater. Hoewel de ervaring met betrekking tot de waterzuivering bij bodemsaneringen tot medio 1985 vrij beperkt was, kan gesteld worden dat deze ervaring momenteel sterk toeneemt door het grote aantal projekten dat nu jaarlijks uitgevoerd wordt.

Met name het gedrag van de aangetroffen verontreinigingen (opgelost of partikulair gebonden) is bepalend voor de toegepaste of toe te passen technieken. In bijlage 5a en 5b wordt een overzicht gegeven van de voor de behandeling van verontreinigd grondwater meest geschikte en reeds toegepaste zuiveringstechnieken, waarbij de geschiktheid voor de verwijdering van diverse verontreinigingen en een aantal kenmerken/beoordelingskriteria is aangegeven.
Aan de hand van de geschiktheid voor de verwijdering van diverse verontreinigingen kan nagegaan worden welke techniek(en) in principe toepasbaar zijn voor de behandeling van grondwater op een te saneren lokatie. Indien er meerdere technieken in principe geschikt zijn kunnen deze technieken aan de hand van de kenmerken/beoordelingskriteria onderling vergeleken worden.

5. BRONNEN VAN VERONTREINIGING

5.1 Inleiding

Zoals reeds vermeld geldt in het algemeen dat de aard van de op een bepaalde lokatie in de bodem of het grondwater aangetroffen verontreinigingen nauw samenhangt met de aard van het ter plaatse bedreven (produktie)proces. Als mogelijke bronnen van bodem- of grondwaterverontreiniging kunnen zeer veel verschillende (produktie)processen genoemd worden. Enkele voorbeelden zijn :

- Voormalige gasfabrieksterreinen;
- Garage- en transportbedrijven alsmede brandstofopslag en -distributie e.d.;
- Chemische industrie/verfindustrie;
- Galvanische bedrijven;
- Chemische wasserijen;
- Voormalige stortingen van afvalstoffen;
- Autosloperijen.

Niet alle hierboven genoemde verontreinigingsbronnen zijn even belangrijk of zullen in de toekomst even belangrijk worden. Daarom is getracht inzicht te krijgen in belangrijke en minder belangrijke bronnen van verontreiniging aan de hand van uitgevoerde grondwatersaneringsprojekten en in de toekomst uit te voeren grondwatersaneringsprojekten.

5.2 Uitgevoerde grondwatersaneringsprojekten

Sinds in het begin van de jaren 80 de bodemsaneringsoperatie in gang is gezet, zijn zo'n 500 tot 550 bodemsaneringsprojekten uitgevoerd of in uitvoering genomen waarbij grondwateronttrekking heeft plaatsgevonden. Het betreft zowel projekten die in het kader van de IBS zijn uitgevoerd als projekten die in andere kaders (stadsvernieuwing, bestemmingswijziging en de vergunningverlening en -handhaving van milieuwetten) zijn uitgevoerd.
In tabel 5.2.1 wordt een overzicht gegeven van het

procentuele aandeel van de verschillende verontreinigingsbronnen in het totaal aantal uitgevoerde grondwatersaneringen.

Tabel 5.2.1 : Procentueel aandeel van de verontreinigingsbronnen in het totaal aantal grondwatersaneringen uitgevoerd tot medio 1988 [8].

Verontreinigingsbron	Aandeel
Garage- en transportbedrijven / brandstofopslag en -distributie	36 %
Voormalige gasfabrieksterreinen	15 %
Metaal industrie	12 %
Voormalige stortingen van afvalstoffen	8 %
Chemische industrie	5 %
Verffabrieken e.d.	3 %
Chemische wasserijen	2 %
Autosloperijen	2 %
Overig (minder dan 2 % per bron)	17 %

Opgemerkt kan worden dat met name de bodemsaneringen bij garage- en transportbedrijven alsmede brandstofopslag en -distributie voornamelijk door bedrijven op eigen initiatief en eigen kosten gesaneerd worden.

5.3 Uit te voeren grondwatersaneringsprojekten

Om een selektie te kunnen maken van belangrijke en minder belangrijke verontreinigingsbronnen in de toekomst dient inzicht verkregen te worden in een viertal hoofdgroep aktiviteiten, te weten :

I. In gebruik zijnde bedrijfsterreinen;
II. Niet meer in gebruik zijnde bedrijfsterreinen;
III. Voormalige afvalstortplaatsen;
IV. Agrarische industrie.

5.3.1 In gebruik zijnde bedrijfsterreinen

Ten behoeve van het Overlegorgaan Bodemsanering Bedrijventerreinen (BOB) is door TAUW Infra Consult een

studie uitgevoerd naar bodemsanering op in gebruik zijnde bedrijfsterreinen [25]. In deze studie is, uitgaande van bestanden die via de NV Databank van de Kamers van Koophandel en Fabrieken zijn verkregen, een inschatting gemaakt van onder andere de kans op het voorkomen van bodemverontreiniging bij 130.000 bedrijven verdeeld over 385 verschillende bedrijfsaktiviteiten en de daarbij te verwachten stoffen per bedrijfsaktiviteit. Aan de hand van deze gegevens is het bij benadering mogelijk om een inschatting te maken van de omvang van de problematiek van bodemverontreiniging op in gebruik zijnde bedrijfsterreinen. Opgemerkt moet worden dat in deze studie met name inzicht verkregen is in mogelijk in de toekomst uit te voeren bodemsaneringsprojekten. Over de daadwerkelijke uitvoering van saneringen, en eventueel gefaseerd uitvoering van saneringen, vindt momenteel overleg plaats.

Uit de studie blijkt dat er 5 belangrijke kategorieën zijn van bedrijfsaktiviteiten die ingedeeld kunnen worden aan de hand van de mogelijk te verwachten stoffen.

1. (Minerale) olie en benzine alsmede monocyclische aromatische koolwaterstoffen en fenolen. (Circa 80.000 bedrijven verspreid over 146 bedrijfstakken met gemiddeld 45% kans op verontreiniging).
2. Metalen, monocyclische aromatische koolwaterstoffen en fenolen en in enkele gevallen vluchtige gechloreerde verbindingen (oplosmiddelen). (Circa 27.000 bedrijven verspreid over 28 bedrijfstakken met gemiddeld 70% kans op verontreiniging).
3. Metalen, vluchtige gechloreerde verbindingen (oplosmiddelen) en in enkele gevallen monocyclische aromatische koolwaterstoffen. (Circa 15.000 bedrijven verspreid over 103 bedrijfstakken met gemiddeld 85% kans op verontreiniging).
4. Monocyclische aromatische koolwaterstoffen en fenolen en vluchtige gechloreerde verbindingen (oplosmiddelen). (Circa 6.000 bedrijven verspreid

over 32 bedrijfstakken met gemiddeld 70% kans op verontreiniging).

5. Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) en monocyclische aromatische koolwaterstoffen en fenolen. (Circa 5.000 bedrijven verspreid over 11 bedrijfstakken met gemiddeld 70% kans op verontreiniging).

De belangrijkste konklusies zijn verder uitgewerkt in bijlage 6.

5.3.2 Niet meer in gebruik zijnde bedrijfsterreinen

Niet meer in gebruik zijnde bedrijfsterreinen zullen voornamelijk in het kader van de Interimwet Bodemsanering (IBS) onderzocht en eventueel gesaneerd worden. Getracht is om een overzicht te krijgen van aantallen mogelijk verontreinigde lokaties per verontreinigingsbron in de diverse provincies. Allereerst is het Informatiesysteem Bodemsanering van het Ministerie van VROM hiervoor geraadpleegd. In dit Informatiesysteem worden gegevens van projekten opgeslagen die door de resp. provincies in het kader van de IBS aangemeld worden. Aangezien het raadplegen van het Informatiesysteem onvoldoende resultaat opleverde is in vervolg hierop een enquête onder provincies uitgevoerd. Uit de beperkte informatie die uit deze enquête verkregen is, is wel duidelijk geworden dat met name de voormalige gasfabrieksterreinen en de (voormalige) stortingen van afvalstoffen belangrijke kategorieën zijn. In totaliteit zijn in het kader van de IBS enige duizenden mogelijk verontreinigde lokaties geïnventariseerd. Overigens kan opgemerkt worden dat op deze wijze alleen inzicht verkregen kan worden in mogelijk verontreinigde lokaties die in het kader van de IBS bekeken worden, terwijl uit het overzicht van tot op heden gesaneerde lokaties [8] is gebleken dat circa 50% van de saneringen betrekking heeft op saneringen die niet in het kader van de IBS worden uitgevoerd. Verwacht kan worden dat in de toekomst steeds meer lokaties niet in het kader

van de IBS gesaneerd zullen worden.

5.3.3 Voormalige afvalstortplaatsen

Uit de enquête die onder provincies is uitgevoerd is gebleken dat (voormalige) stortingen van afvalstoffen een belangrijke kategorie van mogelijk verontreinigde lokaties is. Onder deze kategorie dienen zowel de legale stortingen van afvalstoffen als de, al dan niet, illegale dempingen met afvalstoffen begrepen te worden. Onduidelijk is echter hoeveel mogelijk verontreinigde lokaties er in Nederland zijn als gevolg van (voormalige) stortingen van afvalstoffen.

5.3.4 Agrarische industrie

Bij de hoofdgroep aktiviteiten in gebruik zijnde bedrijfsterreinen, niet meer in gebruik zijnde bedrijfsterreinen en voormalige stortingen van afvalstoffen is vrijwel steeds sprake van een puntbron van verontreiniging. Bij de hoofdgroep agrarische industrie zal echter vrijwel steeds sprake zijn van diffuse bronnen van verontreiniging.
In de agrarische industrie zijn twee hoofdaktiviteiten te onderscheiden die tot bodemverontreiniging kunnen leiden. Door het gebruik van dierlijke meststoffen kan met name het grondwater verontreinigd raken met metalen, nitraat, fosfaat, kalium en voedingsstoffen. Een en ander kan grote invloed hebben op de kwaliteit van het onttrokken grondwater voor de drinkwaterproduktie. Door het gebruik van bestrijdingsmiddelen kunnen zowel de bodem als het grondwater verontreinigd raken met diezelfde bestrijdingsmiddelen. Tevens kan door het gebruik van bestrijdingsmiddelen de drinkwaterwinning in gevaar komen.

5.4 Belangrijkste bronnen van verontreiniging

Uit het voorgaande kunnen de volgende verontreinigings-

bronnen geselekteerd worden die momenteel belangrijk zijn of die in de toekomst belangrijk zullen worden.

- Voormalige gasfabrieksterreinen;
- Garage- en transportbedrijven, brandstofopslag en -distributie en aanverwante bedrijven;
- Metaalprodukten industrie en aanverwante industrie alsmede grafische industrie en aanverwante industrie;
- Chemische wasserijen en aanverwante industrie;
- Voormalige afvalstortplaatsen.

De keuze van deze vijf bronnen van verontreiniging is met name ingegeven door het overzicht van de tot op heden uitgevoerde grondwatersaneringsprojekten en in mindere mate op basis van mogelijk in de toekomst uit te voeren grondwatersaneringsprojekten. Dit kan verklaard worden door het feit dat het moeilijk bleek om inzicht te krijgen in de mogelijk in de toekomst uit te voeren grondwatersaneringsprojekten en doordat van bepaalde verontreinigingsbronnen die in de toekomst belangrijk zullen worden vrijwel geen gegevens voorhanden zijn.

Besloten is om aan de vijf bovengenoemde bronnen van verontreiniging nadere aandacht te besteden voor wat betreft het (produktie)proces dat tot de verontreiniging geleid kan hebben, het aantal mogelijk verontreinigde lokaties, de grondwaterkwaliteit en -kwantiteit, de toegepaste grondwaterzuiveringstechnieken en de behaalde effluentconcentraties, -rendementen en kosten van technieken.

Opgemerkt kan worden dat de aanpak in principe ook kan gelden voor andere bronnen van verontreiniging waar sprake is van grondwaterverontreiniging met identieke stoffen.

6. TOEGEPASTE SANERINGSMAATREGELEN PER VERONTREINIGINGS-BRON

6.1 Inleiding

In deze inleiding wordt allereerst de opbouw van dit hoofdstuk weergegeven. Daarna worden de geselekteerde bronnen van verontreiniging achtereenvolgens besproken aan de hand van de oorzaken van verontreiniging, het aantal mogelijk verontreinigde lokaties, de grondwater-kwaliteit en -kwantiteit, de huidige lozingseisen, de toegepaste technieken en de behaalde effluentconcentra-ties, -rendementen en richtprijzen van technieken.

6.1.1 Algemeen

Bij de opstelling van dit hoofdstuk is gebleken dat van een groot aantal projekten slechts een beperkt aantal gegevens voorhanden was. In het ene geval zijn geen gegevens beschikbaar omtrent grondwaterkwaliteit of -kwantiteit. In het andere geval zijn geen gegevens beschikbaar omtrent de lozingseisen of de toegepaste technieken of de behaalde effluentconcentraties, -rendementen en richtprijzen van technieken. Hierdoor zal vaker sprake zijn van verschillende aantallen projekten waarop de gepresenteerde informatie gebaseerd is.

6.1.2 Beschrijving proces

De volgende paragrafen beschrijven de oorzaak van de bodemverontreiniging van de in paragraaf 5.4 geselek-teerde bronnen van verontreiniging. In bijlage 7 wordt uitgebreider ingegaan op de resp. produktieprocessen die tot bodemverontreiniging kunnen hebben geleid.

6.1.3 Aantal mogelijk verontreinigde lokaties

Met behulp van een inventarisatie [8] en verdere aanwezi-

ge gegevens, zoals eerdere rapporten [3,11] en interne projekten van TAUW Infra Consult [7], is voor de verschillende verontreinigingsbronnen een overzicht gemaakt van de mogelijk verontreinigde lokaties. Het aantal genoemde lokaties moet gezien worden als een indikatie van het totaal aantal mogelijk verontreinigde lokaties binnen de betreffende kategorie.

6.1.4 Grondwaterkwaliteit en -kwantiteit

Aan de hand van 116 geïnventariseerde grondwatersaneringen is een onderverdeling gemaakt naar de mate van verontreiniging van het grondwater. Van de overige grondwatersaneringen was geen informatie voorhanden omtrent de mate van verontreiniging. Aan de hand van de gerubriceerde influentgegevens (= gegevens van onttrokken grondwater) is een frekwentieverdeling opgesteld voor iedere afzonderlijke parameter. Uitgangspunt bij de onderverdeling per parameter in matig verhoogd, sterk verhoogd en zeer sterk verhoogd is de frekwentieverdeling van de influentgegevens. Bij deze onderverdeling per parameter is aangenomen dat de 116 geïnventariseerde grondwatersaneringen representatief zijn voor de andere grondwatersaneringen. In tabel 6.1.1 is de onderverdeling naar de mate van verontreiniging voor matig verhoogd, sterk verhoogd en zeer sterk verhoogd voor een aantal parameters gegeven.

Tabel 6.1.1 : Onderverdeling naar mate van verontreiniging van verontreinigd grondwater.

Parameter	Mate van verontreiniging (µg/l)		
	Matig Verhoogd	Sterk Verhoogd	Zeer sterk Verhoogd
BTEX	< 1.000	1.000-10.000	> 10.000
benzeen	< 50	50- 500	> 500
tolueen	< 500	500- 5.000	> 5.000
ethylbenzeen	< 600	600- 6.000	> 6.000
xylenen	< 600	600- 6.000	> 6.000
FENOLEN	< 500	500- 5.000	> 5.000

Vervolg tabel 6.1.1

Parameter	Mate van verontreiniging (µg/l)		
	Matig Verhoogd	Sterk Verhoogd	Zeer sterk Verhoogd
CYANIDE			
vrij	< 1.000	1.000- 10.000	> 10.000
komplex	< 2.000	2.000- 20.000	> 20.000
METALEN			
chroom	< 2.000	2.000- 20.000	> 20.000
nikkel	< 2.000	2.000- 20.000	> 20.000
koper	< 2.000	2.000- 20.000	> 20.000
zink	< 8.000	8.000- 80.000	> 80.000
arseen	< 1.000	1.000- 10.000	> 10.000
cadmium	< 100	100- 1.000	> 1.000
tin	< 1.500	1.500- 15.000	> 15.000
barium	< 5.000	5.000- 50.000	> 50.000
kwik	< 20	20- 200	> 200
lood	< 2.000	2.000- 20.000	> 20.000
PAK	< 400	400- 4.000	> 4.000
naftaleen	< 300	300- 3.000	> 3.000
ALIFATISCHE CHLOOR K.W.ST.			
individueel	< 500	500- 5.000	> 5.000
totaal	< 700	700- 7.000	> 7.000
AROMATISCHE CHLOOR K.W.ST.			
individueel	< 100	100- 1.000	> 1.000
totaal	< 200	200- 2.000	> 2.000
MINERALE OLIE	< 6.000	6.000- 60.000	> 60.000
AMMONIAK	< 30.000	30.000-300.000	> 300.000

Afhankelijk van lokale omstandigheden (grondsoort en geohydrologische situatie) zullen verontreinigingen in hogere- of lagere concentraties in het grondwater op de betreffende lokatie voorkomen.
De aard en omvang van het te onttrekken grondwater hangt af van een aantal faktoren. Onder andere is van belang of er ontgraving plaats vindt, en zo ja in welke mate. In het algemeen is er sprake van vrij omvangrijke lozingen. De omvang kan nogal uiteen lopen, maar debieten van 10 tot 30 m^3 per uur komen vrij vaak voor. Incidenteel komen lozingen tot 150 à 200 m^3 per uur

voor. Voor de grondwaterkwantiteit is geen onderverdeling opgesteld omdat de omvang van grondwateronttrekkingen nogal uiteen loopt.

6.1.5 Lozingseisen

Bij de verschillende verontreinigingsbronnen is in de desbetreffende paragrafen een onderscheid gemaakt tussen lozingseisen voor parameters die bij de betreffende bron vaker voorkomen en parameters die minder vaak voorkomen. Daar waar mogelijk, is gewerkt met staafdiagrammen.
Voor het opstellen van de staafdiagrammen en de tabellen in deze paragrafen is gebruik gemaakt van een aantal WVO vergunningen van meerdere verschillende waterkwaliteitsbeheerders [29], waarbij de waarnemingen gebaseerd zijn op genomen steekmonsters.

6.1.6 Toegepaste technieken

In de paragraaf toegepaste technieken worden voor de verschillende verontreinigingsbronnen de gebruikte zuiveringstechnieken geëvalueerd. Op basis hiervan worden de drie meest gebruikte zuiveringssystemen aangegeven.

6.1.7 Behaalde effluentconcentraties, -rendementen en richtprijzen van technieken

In deze paragraaf worden de in de praktijk behaalde resultaten per zuiveringstechniek besproken; waar nodig aangevuld met theoretische gegevens. Aangegeven wordt wat de in de praktijk behaalde effluent concentratie van een techniek is bij een gegeven influent concentratie. Tevens wordt het rendement van de techniek aangegeven. Verder worden van de diverse technieken richtprijzen gegeven. In het algemeen worden prijzen voor de zuivering van grondwater als volgt opgebouwd :

- Aanvoer- en afvoerkosten van de installatie.

- Afschrijvingskosten. Deze zijn afhankelijk van de duur van het projekt. Per projekt moet bepaald worden welk gedeelte van de investering op het projekt afgeschreven moet worden (inzetbaarheid van de zuivering op andere projekten).
- Energiekosten. Deze spelen voornamelijk bij beluchtingssystemen een grote rol.
- Kosten voor chemicaliën en andere middelen. Deze zijn van belang bij de toepassing van aktieve kool. Bij andere systemen waar chemicaliën toegevoegd worden vallen de chemicaliënkosten in het niet tegen de slibverwerkingskosten.
- Slibverwerkingskosten. Deze kunnen vrij aanzienlijk zijn aangezien vaak sprake zal zijn van slib dat als chemisch afval afgevoerd en verwerkt moet worden.
- Personeelskosten.

Bij kortdurende grondwatersaneringen worden de totale kosten voornamelijk bepaald door de aanvoer- en afvoerkosten van de installatie en de afschrijvingskosten.
Bij langdurende grondwatersaneringen worden de totale kosten voornamelijk bepaald door de energiekosten, de kosten voor chemicaliën en andere middelen, de eventuele slibverwerkingskosten en de personeelskosten.
Verder worden de kosten belangrijk beïnvloed door de eventuele noodzaak om ijzer en kalk te verwijderen [34].
De richtprijzen worden zowel vermeld per m^3 behandeld water als per kg verwijderde verontreiniging. Daar in de meeste gevallen slechts kosten van een geheel systeem bekend zijn moeten de richtprijzen per kilogram verwijderde verontreiniging met de nodige terughoudendheid geïnterpreteerd worden. In een aantal gevallen is namelijk de richtprijs per kilogram alleen aan te geven als gegevens van verschillende saneringen gekombineerd worden.
Overigens zijn de behaalde effluentconcentraties, -rendementen en richtprijzen niet bedoeld om voor andere saneringen een voorspelling te kunnen doen omtrent de te verwachten effluentconcentratie, het te verwachten

rendement en de hiermee gepaard gaande kosten. Bij het opstellen van deze paragraaf is gebleken dat het cijfermateriaal van uitgevoerde saneringen dat ter beschikking stond zeer beperkt is, hetgeen een reden te meer is om bij de interpretatie van gegevens terughoudendheid te betrachten.

6.2 Voormalige gasfabrieksterreinen

6.2.1. Oorzaken van verontreiniging

Door de volgende oorzaken kan op voormalige gasfabrieksterreinen bodemverontreiniging ontstaan zijn :

1. Lekkage van teer en gaswater uit de teerput(ten);
2. Lekkage van naftaleen, ammoniak en gasolie uit de ammoniakkuip;
3. Regeneratie van ijzeraarde;
4. Lekkage van teerhoudend water uit de gashouder;
5. Dumping van steenkoolteer en ijzeraarde en lozing van gaswater in de bodem;
6. Storingen en mors- en lekverliezen bij de produktie, afvoer en/of verwerking van de (bij)produkten.

In bijlage 7 wordt uitgebreider ingegaan op het produktieproces [37].

Door dumping en lozing van steenkoolteer, gaswater, ammoniakwater en/of ijzeraarde kan ook op andere plaatsen bodemverontreiniging ontstaan zijn.

6.2.2. Aantal mogelijk verontreinigde lokaties

Uit de inventarisatielijsten van lokaties met mogelijke bodemverontreiniging van de verschillende provincies is gebleken dat er in Nederland ca. 250 voormalige gasfabrieksterreinen aanwezig zijn. In het najaar van 1986 is de voortgang van de uitvoering van de IBS inzake voormalige gasfabrieksterreinen in de provincies Noord-Holland, Utrecht, Noord-Brabant, Gelderland en Zuid-

Holland nagegaan.

Tabel 6.2.1 : Voortgang van de uitvoering van de IBS inzake voormalige gasfabrieksterreinen tot en met najaar 1986 [11].

Provincie	Totaal aantal	Aantal lopend	Afgerond, gesaneerd	Afgerond,* niet gesan.
Noord-Holland	48	37	5	6
Utrecht	10	2	8	0
Noord-Brabant	30	27	2	1
Gelderland	31	25	3	3
Zuid-Holland	44	43	1	0
Totaal	163	134	19	10

* : In kolom 1 is het aantal aangemelde voormalige gasfabrieksterreinen weergegeven. In kolom 2 is het aantal nog niet afgeronde projekten vermeld. In de 3e kolom zijn de afgeronde projekten waar sanering heeft plaatsgevonden weergegeven. In de 4e kolom zijn de afgeronde projekten vermeld waar sanering niet noodzakelijk was.

Over de omvang van het aantal lokaties waar de bodem mogelijk verontreinigd is door dumping en lozing van steenkoolteer, gaswater, ammoniakwater en/of ijzeraarde afkomstig van gasfabrikage zijn geen gegevens bekend.

6.2.3. Grondwaterkwaliteit en -kwantiteit

Door de in paragraaf 6.2.1 genoemde oorzaken kunnen de volgende stoffen aangetroffen worden :

1. Monocyclische aromatische koolwaterstoffen (onder andere benzeen, tolueen, ethylbenzeen, ortho-, meta- en para xyleen, propylbenzeen en styreen);
2. Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (onder andere naftaleen, acenafteen, acenaftyleen, fluoreen, fenantreen, antraceen, pyreen, chryseen, benz(a)antraceen, fluorantheen, benzo(b)fluoran-

theen, benzo(k)fluorantheen, benzo(a)pyreen, dibenz(a,h)antraceen, benzo(g,h,i)peryleen en indeno(1,2,3-c,d)pyreen);

3. Fenolen (onder andere fenol, ortho-, meta- en para cresol, ortho-, meta- en para xylenol, catechol, thymol, α-naphtol, β-naphtol, hydrochinon, resorcinol, pyrogallol en phloroglucinol);
4. Minerale olie;
5. Cyaniden (onder andere vrij cyanide, thiocyanaat (CNS^-) en totaal cyaniden);
6. Ammoniak/ammonia.

Als gevolg van het specifieke produktieproces en de gebruikte grondstoffen alsmede door de methode van afvalverwerking bij de afzonderlijke gasfabrieken zullen niet in alle gevallen de genoemde stoffen in de bodem en/of het grondwater aangetroffen worden.
Op basis van gegevens van 44 voormalige gasfabriekster-reinen kan voor het aangetroffen grondwater de mate van verontreiniging aangegeven worden.

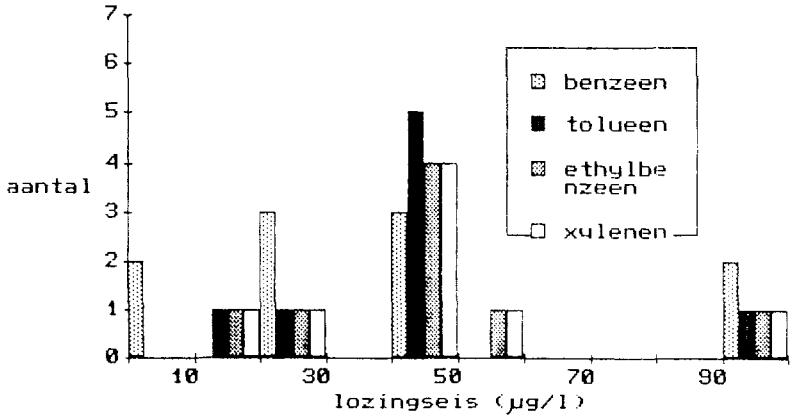
Tabel 6.2.2 : Aantal keren dat een bepaalde mate van verontreiniging is aangetroffen.

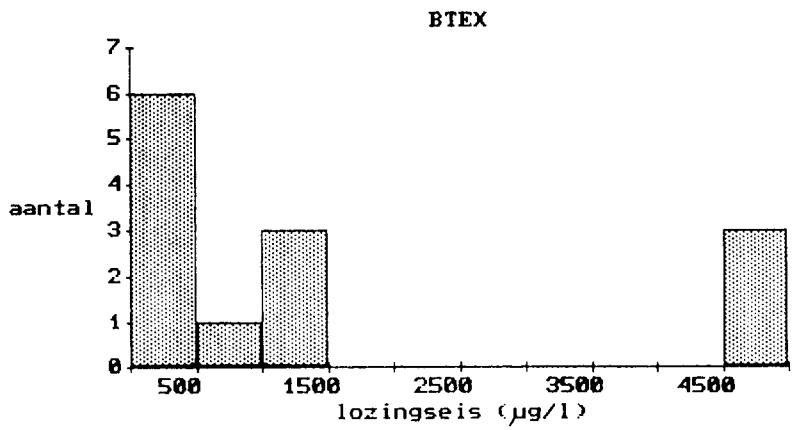
Parameter	Mate van verontreiniging		
	matig verhoogd	sterk verhoogd	zeer sterk verhoogd
BTEX	4	7	1
benzeen	1	2	-
tolueen	-	2	-
xylenen	-	1	-
PAK	1	6	3
naftaleen	1	6	2
Fenolen	4	6	-
Cyaniden	3	10	3
Minerale olie	-	1	2
Totaal	14	41	11

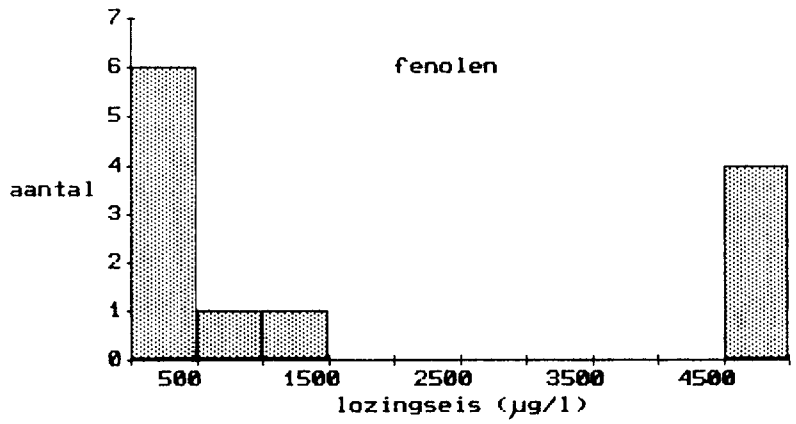
In tabel 6.2.2 is verontreiniging met ammonium/ammoniak niet opgenomen, omdat naar deze verontreiniging geen metingen zijn verricht. Ammonium/ammoniak kan echter een belangrijke rol spelen bij de keuze van een zuiveringssysteem onder andere door de beïnvloeding van het chemicaliën verbruik en door het feit dat ammonium/ammoniak niet verwijderd wordt in een fysisch chemische zuiveringsinstallatie. Dit is met name van belang bij een min of meer rechtstreekse lozing op oppervlaktewater.
Voor wat betreft de omvang van het te onttrekken grondwater kan in zijn algemeenheid gesteld worden dat deze varieert tussen enkele m^3 's per uur tot 200 m^3 per uur.

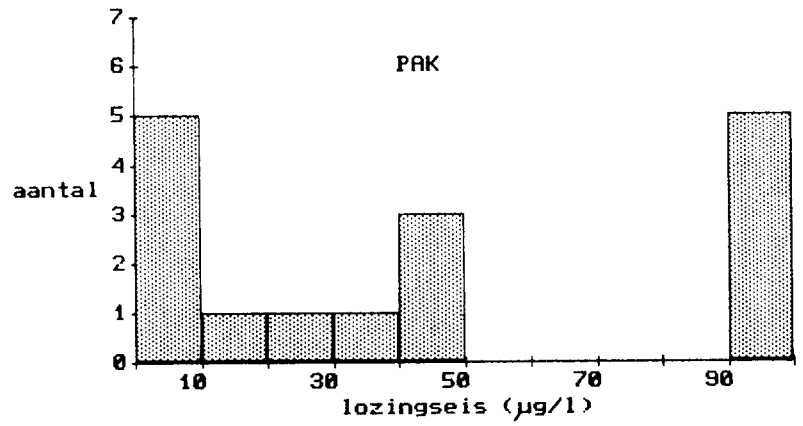
6.2.4. Huidige lozingseisen

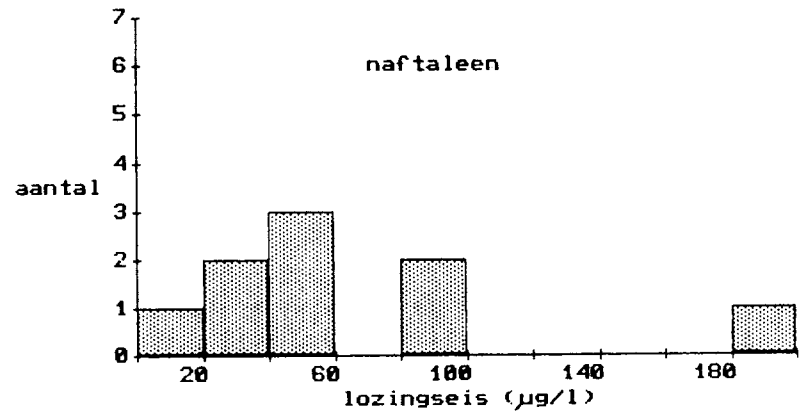
Van de lozingen afkomstig van de grondwatersanering van een aantal voormalige gasfabrieksterreinen is een overzicht gemaakt van de lozingseisen zoals deze in de WVO-vergunningen van meerdere waterkwaliteitsbeheerders zijn weergegeven. In afbeelding 6.2.1 is een overzicht gegeven van de vaker genoemde lozingseisen bij lozingen op rioleringsstelsels.

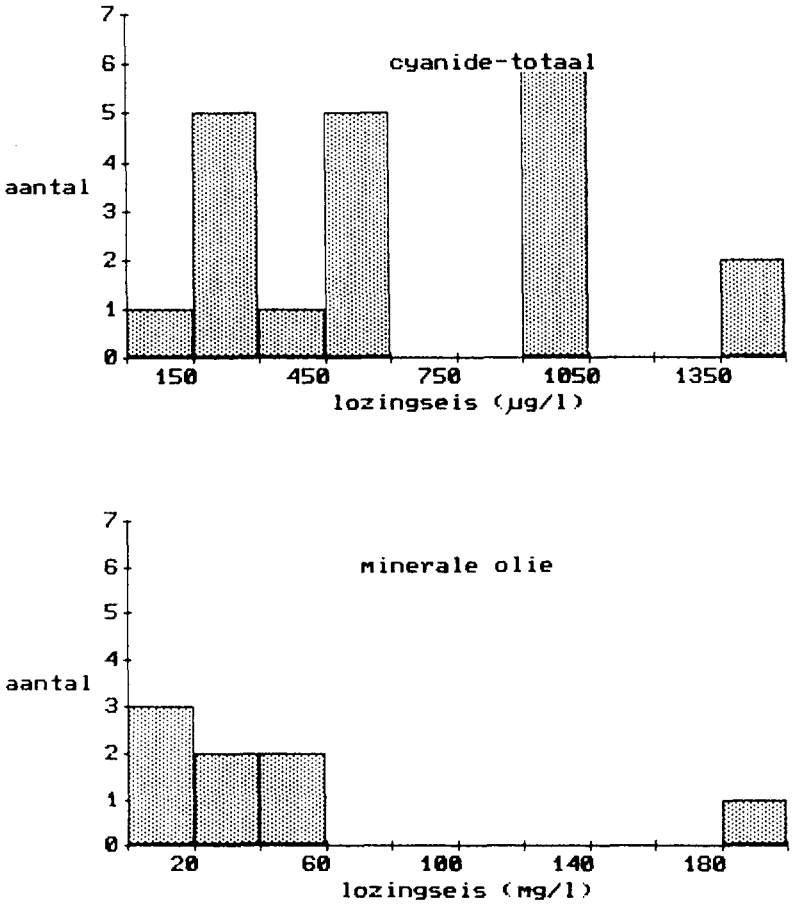



BTEX
aantal
0
1
2
3
4
5
6
7
500
1500
2500
3500
4500
lozingseis (µg/l)


fenolen
aantal
0
1
2
3
4
5
6
7
500
1500
2500
3500
4500
lozingseis (µg/l)


PAK
aantal
0
1
2
3
4
5
6
7
10
30
50
70
90
lozingseis (µg/l)


naftaleen
aantal
0
1
2
3
4
5
6
7
20
60
100
140
180
lozingseis (µg/l)



Afbeelding 6.2.1 : Overzicht van vaak voorkomende lozingseisen bij lozing op rioleringsstelsels [29].

Uit afbeelding 6.2.1 blijkt dat voor het merendeel van de verbindingen de lozingseisen een nogal breed gebied beslaan. Voor deze verbindingen is geen eis gevonden die duidelijk vaker is toegepast dan andere lozingseisen. Dit kan mogelijkerwijs verklaard worden door het feit dat in het ene geval lagere gehaltes gevonden zijn als in het andere geval en dat in het ene geval wel sprake is van een zuiveringsinstallatie op de lokatie en in het andere geval niet. Tevens worden alleen concentraties vermeld in afbeelding 6.2.1 en geen vrachten.
Voor drie verontreinigingen is duidelijk één lozingseis aan te geven die meer gehanteerd wordt dan de rest. Dit geldt voor naftaleen, tolueen en ethylbenzeen/xylenen.

Van overige verontreinigingen waren te weinig gegevens voorhanden om deze in staafdiagrammen weer te geven. Deze verbindingen zijn weergegeven in tabel 6.2.3.

Tabel 6.2.3 : Lozingseisen bij lozing op rioleringsstelsels voor minder vaak voorkomende verbindingen (µg/l) [29].

Parameter	aantal	mediaan lozingseis	range
Σ(lood, koper, zink)	1	100	
Σ(nikkel, koper, zink)	2	1.550	100-3.000
chroom	1	500	
koper	3	830	500-1.000
zink	1	1.000	
cadmium	1	50	
kwik	1	25	
lood	4	750	500-1.000

Bij een tweetal saneringen is geloosd op oppervlaktewater. In tabel 6.2.4 zijn de lozingseisen voor deze lozing weergegeven.

Tabel 6.2.4 : Lozingseisen bij lozingen op oppervlaktewater (µg/l) [29].

Parameter	aantal	mediaan lozingseis	range
BTEX	2	25	15-30
PAK	2	5	1-10
CYANIDE (Tot.)	2	75	50-100

Bij lozingen op oppervlaktewater worden vaak nog extra eisen gesteld met betrekkingen tot doorzicht en hoeveelheden gesuspendeerde- en zwevende stof.

6.2.5. Toegepaste technieken

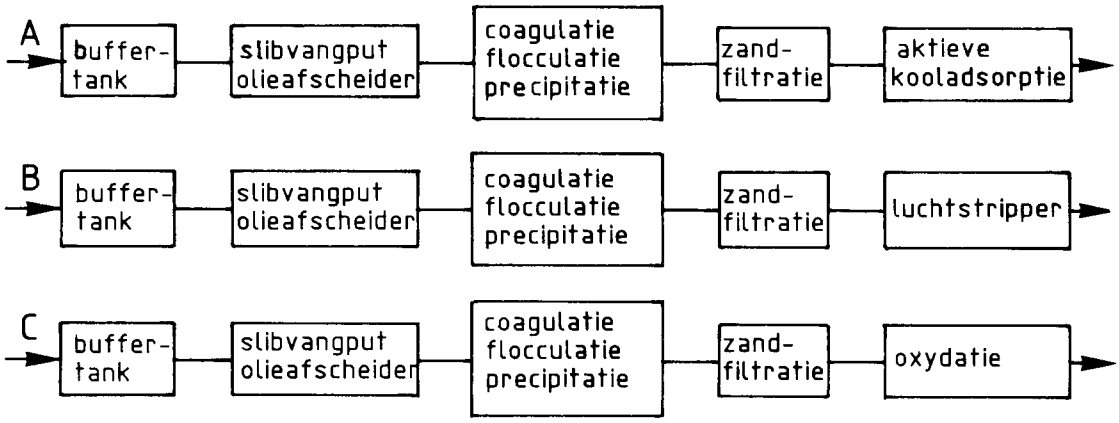
Van de oorspronkelijk geïnventariseerde saneringen zijn er 44 met genoeg informatie voor wat betreft het gebruikte zuiveringssysteem.

Afhankelijk van het karakter van de verontreinigingen zullen deze aan onopgeloste bestanddelen geadsorbeerd zijn danwel opgelost voorkomen. De geadsorbeerde verontreinigingen worden meestal in de voorbehandeling verwijderd. Voor de verdere verwijdering van de verontreinigingen wordt in 26 gevallen gebruikt gemaakt van zandfiltratie gevolgd door aktieve kooladsorptie. Bij de zuivering van grondwater zijn de zuiveringstechnieken in gebruik zoals in tabel 6.2.5 is aangegeven.

Tabel 6.2.5 : Inventarisatie gebruikte zuiveringstechnieken.

zuiveringstechniek	aantal	zuiveringstechniek	aantal
Buffertank	22	Zandfilter	26
Zandvang	5	Aktieve kool-adsorptie	26
Olie-afscheider	13	Luchtstripper	11
Precipitatie	19	Oxydatie	7
Flotatie	7	Geen behandeling op lokatie	6
Coagulatie/ flocculatie	13		

In afbeelding 6.2.2 zijn de zuiveringssystemen weergegeven die in de praktijk het meest voorkomen.



Afbeelding 6.2.2 : Meest gebruikte zuiveringssystemen.

6.2.6. Behaalde effluentconcentraties, -rendementen en richtprijzen van technieken

Bij het opstellen van deze paragraaf is gebleken dat het beschikbare cijfermateriaal zeer beperkt is, hetgeen een reden te meer is om bij de interpretatie van gegevens terughoudendheid te betrachten.

1. Olie-afscheider met voorbezinking.

De bezinktank met olie-afscheider verwijdert met name bezinkbare delen en (vrije) olie. Naast de verwijdering van deze stoffen vindt afhankelijk van de hoeveelheid aan onopgeloste bestanddelen geadsorbeerde stoffen ook verwijdering plaats van PAK, vluchtige aromaten (BTEX), naftaleen en in mindere mate van cyanide. Deze nevenreiniging is afhankelijk van de hoeveelheid ijzer, kalk of mangaan die in het grondwater aanwezig is. In de olie-afscheider met voorbezinking ontstaan vlokken waaraan de verontreinigingen kunnen adsorberen. Het rendement van deze verwijdering kan oplopen tot ca. 50 %, maar zal steeds per projekt verschillen.
De richtprijs van deze techniek per m^3 is ca. f. 0,15.

2. Coagulatie/Flocculatie gevolgd door precipitatie of flotatie.

Deze techniek is in principe bedoeld om onopgeloste bestanddelen uit het grondwater te verwijderen. In principe moeten effluent gehaltes van 2.000 à 3.000 µg/l ijzer en 20.000 tot 30.000 µg/l onopgeloste bestanddelen na beluchting/bezinking mogelijk zijn. De haalbare effluent-concentraties voor wat betreft de verontreinigingen, zijn in alle gevallen afhankelijk van de adsorptie aan de gevormde vlokken. Stoffen die niet aan de gevormde vlokken geadsorbeerd zijn zullen dan ook niet verwijderd worden. Verder blijkt coagulatie/flocculatie in de praktijk vaak op problemen te stuiten, onder andere doordat het influent sterk in samenstelling kan wisselen (chemicaliën dosering).
De richtprijs per m^3 behandeld water, ca. f. 1,50, wordt deels bepaald door de hoeveelheid slib die gevormd wordt. Bij de aanwezigheid van veel ijzer of

kalk zal die richtprijs dan ook snel toenemen. De richtprijs per verwijderde kg verontreiniging varieert van f. 150,-/kg verwijderde minerale olie tot f. 13.000,- per kilogram verwijderde PAK.

3. Flotatie (zonder coagulatie/flocculatie).
Minder geschikt voor de verwijdering van de verschillende komponenten. De maximaal haalbare rendementen liggen tussen 30 en 50 %, terwijl de richtprijs per kg tussen f. 240,-/kg voor PAK en f. 24.000,-/kg voor BTEX ligt.

4. Zandfiltratie.
De zandfiltratie is vooral geschikt voor de restverwijdering minerale olie en zwevende stof met daaraan de geadsorbeerde verontreinigingen. Voor de bescherming van navolgende zuiveringsstappen is zandfiltratie bijna onontbeerlijk. Vooral PAK kunnen door een zandfilter goed worden verwijderd als ze aan zwevende stof geadsorbeerd zijn. Een verwijderingsrendement van 80-90 % is dan haalbaar. De andere verontreinigingen adsorberen minder goed aan de zwevende stof wat resulteert in verwijderingsrendementen tussen 25 en 50 %. De richtprijs per m^3 behandeld water ligt bij een zandfilter laag (f. 0,55/m^3).

5. Aktieve kooladsorptie.
Aktieve kooladsorptie zorgt voor een vrijwel volledige restverwijdering van alle opgeloste bestanddelen. Onafhankelijk van de influentconcentratie zijn voor alle verontreinigingen (behalve cyanide) verwijderingsrendementen van meer dan 99 % haalbaar. De richtprijs van de zuivering zijn zowel van de influentconcentratie als van de gewenste effluentconcentratie afhankelijk. Per m^3 behandeld grondwater komt dit neer op f. 0,55/m^3 tot f. 1,65/m^3. De richtprijs per kg verwijderde verontreiniging varieert van ca. f. 27.000,- voor grondwater dat voor wat betreft PAK als matig verhoogd geklassificeerd is tot f. 300,- voor grondwater dat voor wat

betreft BTEX als sterk verhoogd geklassificeerd is. Duidelijk mag zijn dat een gewenste lage effluentconcentratie de kosten sterk doet toenemen.

6. Oxydatie.

Oxydatie met behulp van ozon is op laboratoriumschaal toegepast bij de restverwijdering na aktieve kooladsorptie. Met laboratorium experimenten en pilot-plant experimenten zijn voor alle verontreinigingen (met uitzondering van cyanide) verwijderingsrendementen van meer dan 90 % gehaald.
In de praktijk wordt oxydatie vooral toegepast voor de verwijdering van vrij-cyanide met chloorbleekloog. Verwijderingsrendementen zijn haalbaar tot 99 %. De richtprijs per m^3 behandeld grondwater is f. 0,80 tot f. 1,50. Per kg verwijderd cyanide varieert de richtprijs, afhankelijk van de influentconcentratie, van f. 1.500,- tot f. 15.000,-.

7. Luchtstrippen.

De luchtstripper is vooral geschikt voor de verwijdering van monocyclische aromatische koolwaterstoffen en naftaleen uit het grondwater. Verwijderingsrendement van 99 % zijn haalbaar bij de monocyclische aromatische koolwaterstoffen en van 80-90 % bij naftaleen. De richtprijs per m3 behandeld afvalwater is erg laag, namelijk ca. f. 0,40/m^3. Dit echter in het geval dat er geen afgasbehandeling toegepast wordt of slechts een zeer eenvoudige afgasbehandeling waarvan de werking twijfelachtig is. Indien aktieve kool gebruikt wordt om de afgassen te behandelen kunnen de kosten sterk toenemen, onder andere omdat de afgaslucht verwarmd moet worden ten behoeve van de werking van het aktieve kool. (Bij sterke bevochtiging van het aktieve kool neemt het beschikbare adsorptie-oppervlak snel af).
Voor de verwijdering van vluchtige aromaten is de richtprijs per kg verwijderde verontreiniging zeer laag (zonder afgasbehandeling). Voor de verwijdering van naftaleen kan de richtprijs echter beduidend hoger

zijn. (Tot f. 2.800,-/kg).

8. Biologische zuivering.
Deze techniek wordt in de praktijk nog niet toegepast, maar theoretisch en uit pilot plant experimenten is gebleken dat voor alle aangetroffen verontreinigingen rendementen van meer dan 90 % mogelijk zijn, terwijl, op basis van een studie [5], de kosten betrekkelijk laag zullen zijn.

9. Ionenwisseling.
Net als de biologische behandeling is ook de ionenwisseling niet in de praktijk aangetroffen. Uit experimenten blijkt dat met name cyanide en naftaleen mogelijk goed te verwijderen zijn.

10. Hyperfiltratie.
Voor de behandeling van verontreinigd grondwater afkomstig van gasfabrieken is deze techniek alleen op semi-praktijkschaal uitgevoerd. Hierbij is gebleken dat BTEX, naftaleen en fenolen vrijwel niet verwijderd worden. De richtprijs per m^3 behandeld grondwater is relatief gezien zeer hoog.

In tabel 6.2.6 zijn alle gegevens over behaalde effluentconcentraties, -rendementen en richtprijzen nog eens op een rijtje gezet. Daar maar een beperkt aantal praktijkgegevens voorhanden waren is in een aantal gevallen uitgegaan van theoretisch haalbare waarden en kosten (aangegeven met een *). Voor bijvoorbeeld de oxydatie is veel gewerkt met laboratoriumgegevens (aangegeven met een +).

Bij het opstellen van deze tabel is gebleken dat het beschikbare cijfermateriaal zeer beperkt is, hetgeen een reden te meer is om bij de interpretatie van gegevens terughoudendheid te betrachten. De tabel is dan ook zeker niet bedoeld om voor andere saneringen een uitspraak te kunnen doen over eksakte rendementen en

kosten van technieken.

Tabel 6.2.6 : Behaalde effluentconcentraties, -rendementen en richtprijzen voor de verschillende behandelingstechnieken.

Techniek	Parameter	Influent	Effluent(max)	Rendement	Richtprijs		Bron#
		µg/l		%	f/m^3	f/kg	
1.Olieafscheider					0,15		
	minerale olie	zsv	20.000				
	BTEX	zsv		30 - 90		1.300	6
	PAK	zsv		40		1.300	6
	naftaleen	zsv		30 - 95			6
2.Coagulatie/flocculatie gevolgd door precipitatie en/of flotatie					0,70		5
					2,55		6
	onopgeloste bestanddelen		20.000-30.000				
	ijzer		2.000- 3.000				
	minerale olie	zsv		80		150	5
		mv		> 94			1+
	BTEX	zsv		50		200	5/6
		sv		20 - 45			1+
	PAK	zsv		55 - 90		250	1/6
		sv		55		1.000	6
		mv		55		13.000	6
	naftaleen	zsv		70		300	6
		sv		70 - 85		2.000	1/6
		mv		30 - >95			1
	fenolen	mv		10 - 25			1
	cyanide	zsv		> 99		80	4/8
		mv		5 - 50			1
3.Zandfiltratie					0,55		6
	onopgeloste bestanddelen		10.000				
	minerale olie	zsv		90		70	5*
		mv		30			1+
	BTEX	zsv		3			6
		sv		20			6
		mv		35			6
	PAK	zsv		40		150	6
		sv		60		400	6
		mv		60		5.500	6
	naftaleen	zsv		50		900	6
		sv		50		1.850	6
		mv		10 - 80			1
	cyanide	mv		3 - 35			1

Vervolg tabel 6.2.6

Techniek	Parameter		Influent	Effluent(max)	Rendement	Richtprijs		Bron#
			µg/l		%	f/m³	f/kg	
4.Aktieve kooladsorptie	minerale olie	sv	200		99	1,50	550	5/6
		mv	200		90		3.000	
	Benzeen	zsv	5 - 10		> 99			
		sv	5 - 10		> 99			
		mv	5 - 10		> 99			
	TEX	zsv	30		> 99			6
		sv	30		> 99		300	6
		mv	30		> 99		6.000	6
	PAK	zsv	40		> 99			
		sv	10		85 - >98		1.200	6
		mv	10		> 98		27.000	6
	naftaleen	zsv	5		> 99		1.800	
		sv	5		98		3.800	6
		mv	5		> 99		12.000	6
	fenolen	zsv	15		> 99		550	
		sv	15		97		9.200	
		mv	15		93			6
5.Oxydatie a.chloorbleekloog						0,80		
	cyanide (vrij)	sv	50		99	1,50	1.500	5
		mv	50		93		15.000	5
b.UVOX-oxydatie	minerale olie	mv	200		70 - 90	4,50		1+
	BTEX	mv	< 0,05		> 99	9,80		1
		sv	< 0,05		> 99		450	1+
	PAK	sv	< 0,1		> 99		720	1+
	naftaleen	sv	< 0,1		> 99			1+
	fenolen	mv	2		85 - 95		1.500	1
	cyanide	mv	35		0 - 65			1
6.Luchtstrippen a.zonder afgas-behandeling						0,50		6
	BTEX	zsv	400		97		30	6
		sv	< 0,05		> 97		60	6
		mv	< 0,05		> 97			6
	PAK	zsv	2.800		40			6
		sv	110		40			6
	naftaleen	zsv	2.600		60		200	6
		sv	120		65 - 85		1.150	6
		mv	3		65 - 90		2.800	6
	fenolen	zsv	5.000		50		50	5*
7.Biologische behandeling						0,40		5*
	minerale olie	sv	200		95		150	5*
	BTEX	zsv	30		> 99		40	5*
	PAK	sv	10		98		500	5*
	naftaleen	zsv	0,2		> 99		70	5*
	fenolen	zsv	15		> 99		120	5*
	cyanide	sv	50		95		400	5*

Vervolg tabel 6.2.6

Techniek	Parameter	Influent	Effluent(max)	Rendement	Richtprijs		Bron#
		µg/l		%	f/m^3	f/kg	
8.Ionenwisseling					2,10		
	minerale olie	mv	650	65	2,70		1+
	BTEX	sv	950	55 - 85			1+
		mv	1	99			1
	PAK	sv	40	15 - 95			1
	naftaleen	sv	7	90 - >99			1+
	fenolen	mv	20	5 - 70			1
	cyanide	mv	0,5	75 - >99		2.100	1/1+
9.Hyperfiltratie (enkele passage)					4,55		1
					9,40		1
	fenolen	mv	280	0 - 67		2.300	1
	naftaleen	sv	1.100	8			1
	PAK	zsv	4.600	67 - 91		900	1
	BTEX	mv	300	0			1
	cyanide (vrij)	sv	70	98			1
	cyanide (tot)	sv	130	97		4.600	1

\# : Zie betreffend nummer literatuurlijst.
* : Theoretische waarde.
\+ : Laboratorium gegevens.
mv : Matig verhoogd.
sv : Sterk verhoogd.
zsv : Zeer sterk verhoogd.

Indien onder een bepaalde techniek een effluent waarde voor een parameter genoemd wordt, betekend dit dat de techniek in principe bedoeld is om de betreffende parameter te verwijderen.

In tabel 6.2.7 zijn ook voor de drie in paragraaf 6.2.5 geselekteerde zuiveringssystemen de behaalde effluent-concentraties, -rendementen en de richtprijs van de zuivering weergegeven.

Tabel 6.2.7 : Behaalde effluentconcentraties, - rendementen en richtprijzen van de drie meest gebruikte zuiveringssystemen.

Systeem	Debiet (m^3/uur)	Tijdsduur (maand)	Parameter	Influent (µg/l)	Effluent (µg/l)	Richtprijs f/m^3	Richtprijs f/kg	Bron#
A	10			zsv		2,--		7
	25	6		sv		8,40	1.150	6
			BTEX	11.160	10			
			PAK	2.850	10			
			naftaleen	1.100	< 1			
	5	9		mv		80,--**		4
			benzeen	10	< 0,1			
			naftaleen	500	0,3			
			fenolen	20	< 5			
B	25	6		zsv		1,80	33	5*
			minerale olie	20.000	200			
			BTEX	100.000	30			
			PAK	10.000	10			
			naftaleen	50.000	7			
			fenolen	10.000	15			
			cyanide	10.000	1.000			
	25	6		sv		10,40	1.400	6
			BTEX	11.160	0,3			
			PAK	2.850	10			
			naftaleen	1.100	< 0,1			
C	20	1,5		mv		7,50		8
			BTEX	100				
			fenolen	100				
			cyanide	900				

A : Zuiveringssysteem bestaande uit buffertank, slibvangput/olie-afscheider, coagulatie/flocculatie/precipitatie, zandfiltratie en aktieve kooladsorptie.
B : Zuiveringssysteem bestaande uit buffertank, slibvangput/olie-afscheider, coagulatie/flocculatie/precipitatie, zandfiltratie en luchtstripper.
C : Zuiveringssysteem bestaande uit buffertank, slibvangput/olie-afscheider, coagulatie/flocculatie/precipitatie, zandfiltratie en oxydatie.

\# : Zie betreffend nummer literatuurlijst.
* : Theoretische waarde.
** : Bij deze sanering was sprake van overdimensionering.
mv : Matig verhoogd.
sv : Sterk verhoogd.
zsv : Zeer sterk verhoogd.

Indien onder een bepaalde techniek een effluent waarde voor een parameter genoemd wordt, betekend dit dat de techniek in principe bedoeld is om de betreffende parameter te verwijderen.

6.3 Garage- en transportbedrijven, brandstofopslag en -distributie en aanverwante bedrijven

6.3.1 Oorzaken van verontreiniging

Door de volgende oorzaken kan bij garage- en transportbedrijven en/of brandstofopslag en -distributie bodemverontreiniging ontstaan zijn :

1. Opslag- en overslag van brandstoffen;
2. Opslag- en overslag van reststoffen.

In bijlage 7 wordt uitgebreider ingegaan op de werkzaamheden die tot bodemverontreiniging kunnen leiden.

6.3.2 Aantal mogelijk verontreinigde lokaties

Zoals in paragraaf 5.2 werd aangegeven wordt de bodemverontreiniging bij met name garage- en transportbedrijven en/of brandstofopslag en -distributie voornamelijk door bedrijven op eigen initiatief en eigen kosten gesaneerd. Tot medio 1988 is op ca. 190 van deze lokaties het grondwater gesaneerd. Voor wat betreft het aantal mogelijk verontreinigde lokaties waar daadwerkelijk sprake is van verontreiniging met olie en/of monocyclische aromatische koolwaterstoffen zijn geen eksakte gegevens voorhanden. Zoals in paragraaf 5.3.1 echter werd gekonkludeerd zal het aantal in de toekomst uit te voeren grondwatersaneringen in deze kategorie vele malen groter zijn dan de tot op heden uitgevoerde grondwatersaneringen.

6.3.3 Grondwaterkwaliteit en -kwantiteit

Door de in paragraaf 6.3.1 genoemde oorzaken kunnen de volgende stoffen aangetroffen worden:

1. Minerale oliën;
2. Monocyclische aromatische koolwaterstoffen (BTEX);
3. Metalen;
4. Detergenten.

In de praktijk blijken ook enkele malen fenolen en PAK

in het grondwater te zijn aangetroffen.
Afhankelijk van het bedrijf, werkzaamheden en lokale omstandigheden, zoals grondsoort en geohydrologische situatie, zullen de verontreinigingen in hogere- of lagere concentraties in het grondwater voorkomen. Van 40 saneringen zijn gegevens bekend over de mate van verontreiniging van het te reinigen grondwater. Deze zijn weergegeven in tabel 6.3.1.

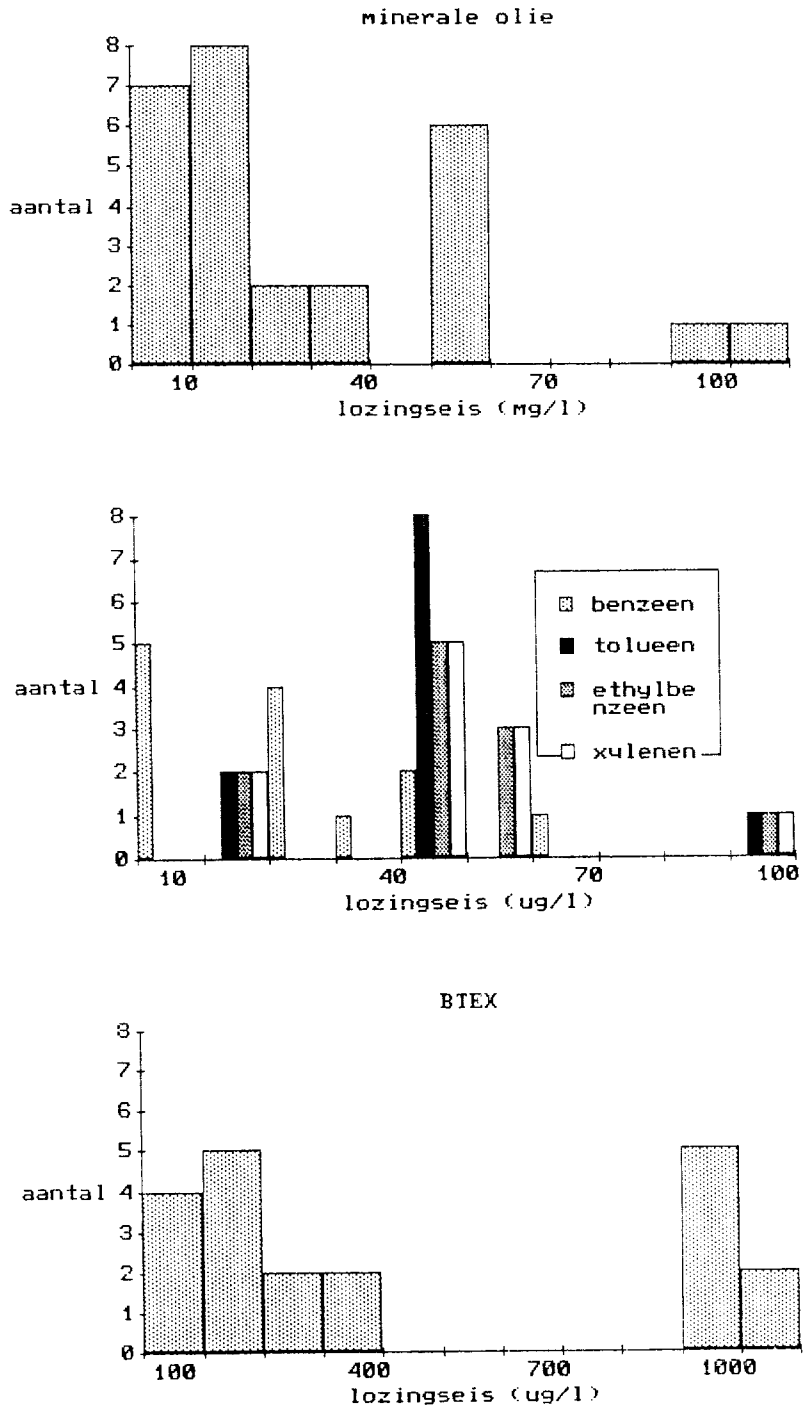
Tabel 6.3.1 : Mate van verontreiniging van 19 geïnventariseerde saneringen.

Parameter	Mate van verontreiniging		
	matig verhoogd	sterk verhoogd	zeer sterk verhoogd
MINERALE OLIE	4	8	3
BTEX	2	7	2
benzeen	2	4	-
tolueen	1	1	-
ethylbenzeen	1	2	-
xylenen	1	1	-
FENOLEN	1	-	-
PAK	-	-	-
TOTAAL	12	23	5

Uit de tabel blijkt dat het grondwater afkomstig van de meeste terreinen als sterk verhoogd geklassificeerd kan worden. De meest aangetroffen verontreinigingen zijn benzine-komponenten, zoals monocyclische aromatische koolwaterstoffen en alifatische koolwaterstoffen.
De omvang van de saneringen varieert van 0,05 m^3/uur tot 85 m^3/uur met een gemiddeld debiet van 12,5 m^3/uur.

6.3.4 Huidige lozingseisen

Aan de hand van circa 35 WVO-vergunningen van diverse waterkwaliteitsbeheerders is een overzicht gemaakt van de huidige lozingseisen. In afbeelding 6.3.1 zijn de lozingseisen voor lozing op rioleringsstelsels voor de verbindingen die vaak aangetroffen worden weergegeven.



Afbeelding 6.3.1 : Lozingseisen voor vaak voorkomende parameters bij lozing op het rioleringsstelsel [29].

De spreiding in lozingseisen kunnen mogelijkerwijs

verklaard worden door het feit dat in het ene geval lagere gehaltes gevonden zijn als in het andere geval en dat in het ene geval wel sprake is van een zuiveringsinstallatie op de lokatie en in het andere geval niet. Tevens worden alleen concentraties vermeld in afbeelding 6.3.1 en geen vrachten.
De lozingseis voor de lozing van BTEX is in de meeste gevallen 100 of 1.000 µg/l. Voor minerale olie geldt in 14 gevallen een lozingseis van 10.000 of 50.000 µg/l. De overige lozingseisen vertonen, op tolueen na, een grote spreiding. In tabel 6.3.2 zijn de lozingseisen voor verbindingen vermeld die minder vaak zijn aangetroffen.

Tabel 6.3.2 : Lozingseisen bij lozing op rioleringsstelsels voor minder vaak aangetroffen verbindingen (µg/l) [29].

parameter	aantal	mediaan lozingseis	range
PAK	4	50	
naftaleen	4	45	30- 50
FENOLEN	1	25	
METALEN			
chroom	1	500	
koper	2	750	500-1.000
zink	1	1.000	
cadmium	1	50	
kwik	1	25	
lood	2	750	500-1.000
GECHLOREERDE KOOLWATERSTOFFEN	2	27,5	5- 50

In slechts één geval zijn lozingseisen bekend voor lozing op oppervlaktewater. In deze vergunning werden de volgende eisen gesteld: minerale olie kleiner dan 30.000 µg/l en BTEX kleiner dan 100 µg/l. Wel werden bij deze vergunning nog ekstra eisen gesteld ten aanzien van het doorzicht en het gehalte aan gesuspendeerde- en zwevende stof in het water.

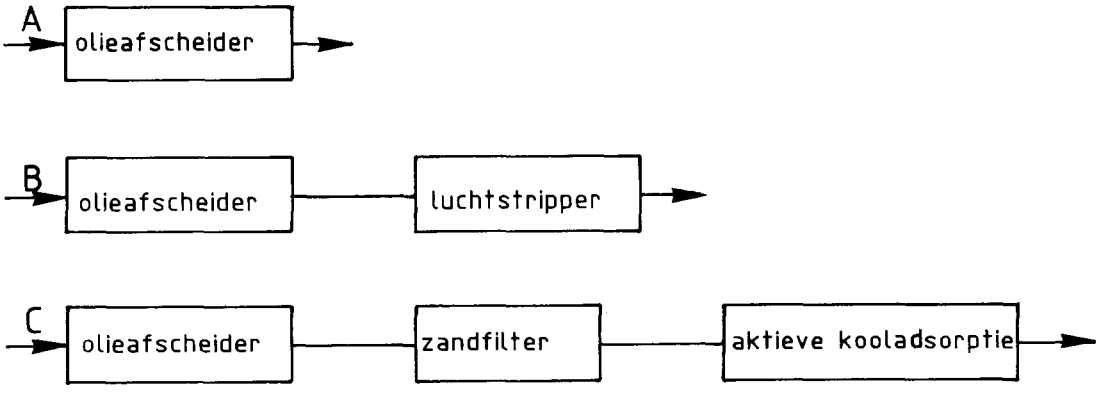
6.3.5 Toegepaste technieken

Van in totaal 190 geïnventariseerde saneringen zijn er 163 waarvan bekend is welk zuiveringssysteem gebruikt is. Bij de zuivering van grondwater zijn de volgende zuiveringstechnieken in gebruik:

Tabel 6.3.3 : Gebruikte zuiveringstechnieken.

zuiveringstechniek	aantal	zuiveringstechniek	aantal
buffertank	16	kooladsorptie	32
olieafscheider	102	luchtstripper	28
voorbezinking	11	biologische behandeling	3
precipitatie	3	anders	4
flotatie	1	geen behandeling op lokatie	37
coagulatie/ flocculatie	1		
zandfilter	17		

Bij de meeste saneringen is gebruik gemaakt van een olieafscheider al dan niet gevolgd door een nabehandeling. In de meeste gevallen bestaat de nabehandeling uit aktieve kooladsorptie of een luchtstripper. Bij 37 saneringen vond geen grondwaterbehandeling plaats op lokatie. In afbeelding 6.3.2 zijn de drie meest gebruikte zuiveringsinstallaties in een blokschema weergegeven.



Afbeelding 6.3.2 : Meest gebruikte zuiveringsinstallaties.

6.3.6 Behaalde effluentconcentraties, -rendementen en richt-

prijzen van technieken

Bij het opstellen van deze paragraaf is gebleken dat het beschikbare cijfermateriaal zeer beperkt is, hetgeen een reden te meer is om bij de interpretatie van gegevens terughoudendheid te betrachten.

In deze paragraaf is geen beschrijving opgenomen van de volgende technieken: precipitatie, flotatie en coagulatie/flocculatie, omdat deze technieken niet of nauwelijks worden toegepast.

1. Olieafscheider.

De olieafscheider wordt gebruikt voor de verwijdering van met name minerale olie en benzinekomponenten. Deze verbindingen zijn te verwijderen tot een gehalte van 20.000 µg/l (vrije olie). Samen met deze verbindingen is ook enige verwijdering van BTEX mogelijk dat zich in de drijflaag bevind. Deze nevenreiniging is echter per projekt verschillend. De richtprijs voor zuivering met een olieafscheider is laag, namelijk ca. f. 0,05/m^3 behandeld grondwater. Per kg verwijderde verontreiniging zijn geen richtprijzen bekend.

2. Zandfilter.

Zandfiltratie wordt vooral toegepast voor de (rest)verwijdering van minerale olie en onopgeloste bestanddelen met verontreinigingen die daar eventueel aan gebonden zijn. De verwijdering van overige parameters is afhankelijk van de mate van adsorptie aan onopgeloste bestanddelen. Een zandfilter dient vaak gebruikt te worden gebruikt ter bescherming van een volgende stap in een zuiveringssysteem.
De richtprijs ligt om en nabij f. 0,50 per m^3 behandeld grondwater.

3. Aktieve kooladsorptie.

Aktieve kooladsorptie zorgt voor bijna volledige restverwijdering van alle opgeloste bestanddelen. Onafhan-

kelijk van de influentconcentraties zijn voor alle verontreinigingen verwijderingsrendementen van meer dan 99 % mogelijk. De richtprijs per m^3 behandeld grondwater varieert van f. 2,10 tot f. 7,80 per m^3. De richtprijs per kg verwijderde verontreiniging is vooral afhankelijk van de influentconcentratie en de gewenste effluent concentratie.

4. Luchtstrippen.

De luchtstripper wordt vooral gebruikt voor de verwijdering van vluchtige aromaten. Een verwijderingsrendement van meer dan 99 % is aangetoond bij de behandeling van grondwater dat als zeer sterk verhoogd geklassificeerd is. Bij dit projekt was er sprake van afgasbehandeling met aktieve kooladsorptie. Deze afgasbehandeling verhoogt de kosten van luchtstrippen aanzienlijk. Per m^3 behandeld grondwater kwam de richtprijs hierdoor op f. 4,-/m^3. Per kg verwijderde monocyclische aromatische koolwaterstoffen koste de zuivering f. 110,-.

5. Biologische behandeling.

In twee gevallen zijn er gegevens bekend over de verwijdering van vluchtige aromaten met behulp van een biorotor. Het verwijderingsrendement is in beide gevallen groter dan 90 %. De richtprijs per m^3 behandeld grondwater ligt tussen de f. 2,- en f. 4,-/m^3. Niet nagegaan is in hoeverre de verwijdering van vluchtige verbindingen in dit geval het gevolg is van vervluchtiging of van afbraak door het aktief slib.

In tabel 6.3.4 zijn de beschikbare gegevens over de behaalde effluentconcentraties, -rendementen en richtprijzen op een rijtje gezet.
Een beperking bij deze tabel is dat er alleen informatie bekend is over de verwijdering van vluchtige aromaten met aktieve kooladsorptie, een luchtstripper en een biorotor. Bij het opstellen van deze tabel is verder gebleken dat het beschikbare cijfermateriaal zeer beperkt is, hetgeen een reden te meer is om bij de

interpretatie van gegevens terughoudendheid te betrachten. De tabel is dan ook zeker niet bedoeld om voor andere saneringen een uitspraak te kunnen doen over eksakte rendementen en kosten van technieken.

Tabel 6.3.4 : Behaalde effluentconcentraties, - rendementen en richtprijzen van technieken.

Techniek	Parameter	Influent	Effluent(max)	Rendement	Richtprijs		Bron#
		µg/l		%	f/m^3	f/kg	
1.Olieafscheider	minerale olie	zsv	20.000		0,05		7
2.Aktieve kooladsorptie	BTEX	sv	30	> 99	2,10 7,80	 31.000	7
	benzeen	sv	5 - 10	> 99		5.000	
3.Luchtstrippen + kooladsorptie	BTEX	zsv	30	> 99	4,--	110	7
4.Biorotor + biofilter	BTEX	zsv	500	> 90	3,--	285	7 7
		sv	250	> 90		1.600	7

\# : Zie betreffend nummer literatuurlijst.
mv : Matig verhoogd.
sv : Sterk verhoogd.
zsv : Zeer sterk verhoogd.

Indien onder een bepaalde techniek een effluent waarde voor een parameter genoemd wordt, betekend dit dat de techniek in principe bedoeld is om de betreffende parameter te verwijderen.

In tabel 6.3.5 zijn ook voor de drie in paragraaf 6.3.5 geselekteerde zuiveringssystemen de behaalde effluentconcentraties, -rendementen en richtprijzen van de zuivering weergegeven.

Tabel 6.3.5 Behaalde effluentconcentraties, - rendementen en richtprijzen van de drie meest gebruikte zuiveringssystemen.

Systeem	Debiet (m^3/uur)	Tijdsduur (maand)	Parameter	Influent (µg/l)	Effluent (µg/l)	Richtprijs f/m^3	Richtprijs f/kg	Bron#
A	10	15		zsv		3,25		8
B						9,70		4/8
C	10	3				8,50		8

A : Olie-afscheider.
B : Zuiveringssysteem bestaande uit olie-afscheider en luchtstripper.
C : Zuiveringssysteem bestaande uit olie-afscheider, zandfilter en aktieve kooladsorptie.

: Zie betreffend nummer literatuurlijst.
mv : Matig verhoogd.
sv : Sterk verhoogd.
zsv : Zeer sterk verhoogd.

Indien onder een bepaalde techniek een effluent waarde voor een parameter genoemd wordt, betekend dit dat de techniek in principe bedoeld is om de betreffende parameter te verwijderen.

6.4 Metaalprodukten- en aanverwante industrie

6.4.1 Oorzaken van verontreiniging

In bijlage 7 wordt uitgebreider ingegaan op de werkzaamheden die tot bodemverontreiniging kunnen leiden. Samenvattend kan door de volgende oorzaken de bodem en/of het grondwater mogelijk verontreinigd zijn bij metaalprodukten- een aanverwante bedrijven :

1. morsverliezen bij alle processen met procesbaden;
2. vervuilde badvloeistoffen bij alle behandelingen;
3. vervuild spoelwater na alle behandelingen;
4. vervuild filterslib;
5. fouten bij chemicaliënopslag;
6. opslag van grondstoffen en eindprodukten;
7. lozing van afvalwater.

6.4.2 Aantal mogelijk verontreinigde lokaties

In totaal zijn er 698 lokaties, waar bodemsanering heeft plaats gevonden of nog moet plaats vinden, geïnventariseerd in de provincies Gelderland, Utrecht, Noord-Holland, Zuid-Holland en Noord-Brabant. Tabel 6.4.1 geeft een overzicht van de stand van zaken van deze projekten.

Tabel 6.4.1 : Stand van zaken bij de sanering van bodemverontreiniging bij galvanische industrie tot en met najaar 1986 [3].

Provincie	Totaal* aantal	In behandeling	Lopende projekten	Afgeronde projekten
Noord-Holland	152	16	13	3
Utrecht	64	17	15	2
Noord-Brabant	182	51	39	12
Gelderland	110	22	22	0
Zuid-Holland	190	24	21	3
Totaal	698	130	110	20

* : In kolom 1 is het aantal potentiële verontreinigingsbronnen weergegeven. In kolom 2 is het aantal in behandeling genomen projekten vermeld. In de 3e kolom zijn de aantallen lopende projekten weergegeven. In de 4e kolom zijn de afgeronde projekten vermeld.

6.4.3 Grondwaterkwaliteit en -kwantiteit

Door de in paragraaf 6.4.1 genoemde oorzaken kunnen de volgende stoffen aangetroffen worden :

1. Chloriden, fosfaten, nitraten, nitrieten, sulfaten;
2. Metalen (voornamelijk cadmium, chroom, koper, lood, nikkel, tin en zink en in mindere mate arseen, barium, borium, cobalt, molybdeen en vanadium);

3. Cyaniden;
4. Fluoriden;
5. Monocyclische aromatische koolwaterstoffen (zoals benzeen, tolueen, ethylbenzeen en xylenen);
6. Fenolen;
7. Polycylische aromatische koolwaterstoffen;
8. Gechloreerde koolwaterstoffen;
9. Minerale olie.

Van 39 projekten zijn gegevens bekend over de aangetroffen verontreinigingen in het grondwater. Bij deze projekten zijn alleen gegevens bekend over de verontreinigingen die vaker aangetroffen zijn.
In tabel 6.4.2 is de mate van verontreiniging van de geïnventariseerde saneringen weergegeven.

Tabel 6.4.2 : Mate van verontreiniging van 39 geïnventariseerde saneringen.

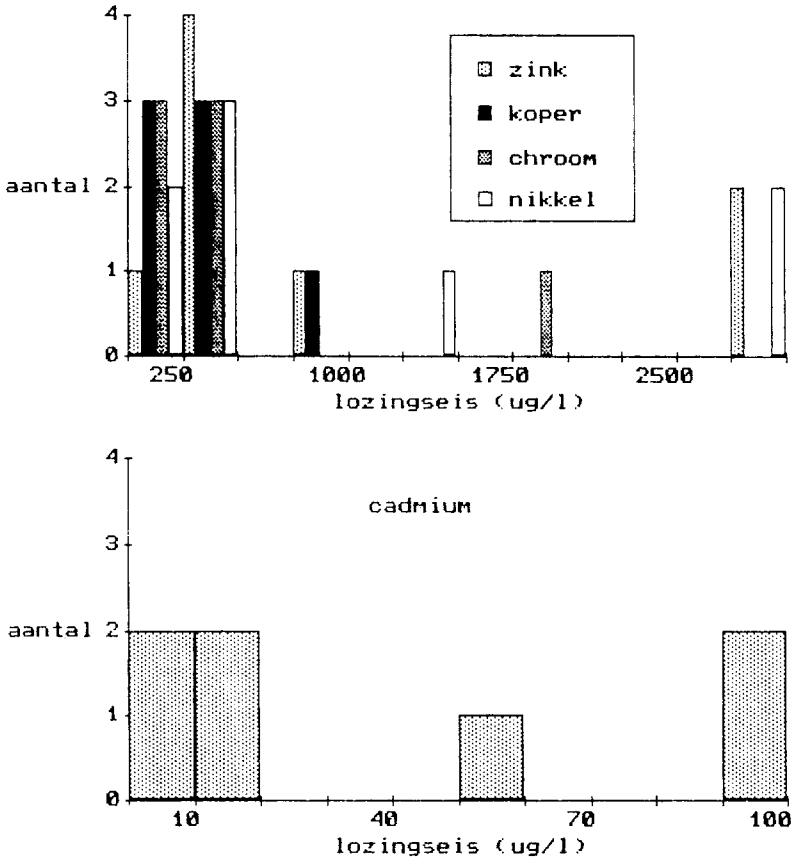
Parameter	Mate van verontreiniging		
	matig verhoogd	sterk verhoogd	zeer sterk verhoogd
METALEN			
chroom(III)	2	5	-
nikkel	-	6	-
koper	4	1	-
zink	5	2	6
cadmium	2	3	1
lood	2	-	-
CYANIDE	6	2	1
VLUCHTIGE GECHL K.W.ST.			
trichloor-etheen	5	3	2
tetrachloor-etheen	2	-	-
tetrachloor-methaan	3	1	1
BTEX	1	1	-
MINERALE OLIE	1	-	-
TOTAAL	33	24	11

Uit de tabel blijkt dat vooral verontreiniging is aangetroffen met metalen (vooral zink en cadmium) en

gechloreerde oplosmiddelen. Bij een aantal projekten is ook verontreiniging met arseen en zeswaardig chroom gesignaleerd.
Het debiet bij de saneringsprojekten varieert van 0,2 tot 140 m^3/uur en heeft een gemiddelde waarde van 20 m^3/uur.

6.4.4 Huidige lozingseisen

Met behulp van 15 WVO-vergunningen van diverse waterkwaliteitsbeheerders is een overzicht gemaakt van de huidige lozingseisen bij de sanering van metaalprodukten industrie. In afbeelding 6.4.1 zijn de lozingseisen voor lozing op rioleringsstelsels voor de parameters die vaak voorkomen weergegeven.



Afbeelding 6.4.1 : Lozingseisen voor vaker genoemde parameters bij lozing op het rioleringsstelsel [29].

De spreiding in lozingseisen kunnen mogelijkerwijs verklaard worden door het feit dat in het ene geval lagere gehaltes gevonden zijn als in het andere geval en dat in het ene geval wel sprake is van een zuiveringsinstallatie op de lokatie en in het andere geval niet. Tevens worden alleen concentraties vermeld in afbeelding 6.4.1 en geen vrachten.
De verontreinigingen die vrijwel altijd voorkomen bij metaalprodukten- en aanverwante industrie zijn metalen. Voor de meeste metalen zijn er 4 tot 6 verschillende lozingseisen gebruikt. In tabel 6.4.3 zijn de lozingseisen voor verbindingen die minder vaak voorkomen weergegeven. Ook verbindingen die wel vrij vaak voorkomen, maar waarvan maar weinig lozingseisen bekend zijn, staan in deze tabel (zoals gechloreerde oplosmiddelen).

Tabel 6.4.3 : Lozingseisen voor minder vaak voorkomende parameters bij lozing op rioleringsstelsels (μg/l) [29].

parameter	aantal	mediaan lozingseis	range
MINERALE OLIE	5	ca.8.000	3,5-20.000
BTEX	2	44	8- 80
tolueen	1	10	
ethylbenzeen/ xylenen	1	60	
PAK	1	100	
naftaleen	1	100	
METALEN			
arseen	2	65	30- 100
kwik	1	0,5	
lood	4	ca.800	50-3.000
aluminium	1	30.000	
FENOLEN	3	ca.1.700	0,6-5.000
CYANIDE	5	740	200-1.000
VLUCHTIGE GECHL. K.W.ST.	5	ca.50	6,5- 70
trichlooretheen	4	ca.900	10-3.600
tetrachlooretheen	2	75	50- 100
tetrachloormethaan	1	100	

Bij twee saneringen werd het water geloosd op oppervlaktewater. De lozingseisen voor deze lozingen zijn weergegeven in tabel 6.4.4.

Tabel 6.4.4 : Lozingseisen voor lozing op oppervlaktewater (μg/l) [29].

parameter		aantal	mediaan lozingseis	range
MINERALE OLIE		1	3.000	
BTEX				
benzeen		1	3	
tolueen		1	30	
ethylbenzeen/xylenen		1	20	
METALEN				
chroom		1	500	
nikkel		1	500	
koper		1	500	
zink		1	500	
cadmium		1	100	
VLUCHTIGE GECHLOREERDE KOOLWATERSTOFFEN				
trichlooretheen/tetrachloormethaan		1	30	
pH		2		6,5-8
Temperatuur	(^{o}C)	1	30	
CZV	(mg/l)	1	75	
BZV	(mg/l)	1	13	
Ammonium	(mg/l)	1	5	
Debiet	(m^3/h)	2	5,5	5-6

Bij de lozing op oppervlaktewater gelden nog aanvullende eisen voor wat betreft hoeveelheid bezinkbare stoffen en de hoeveelheid opgeloste en niet opgeloste stof.

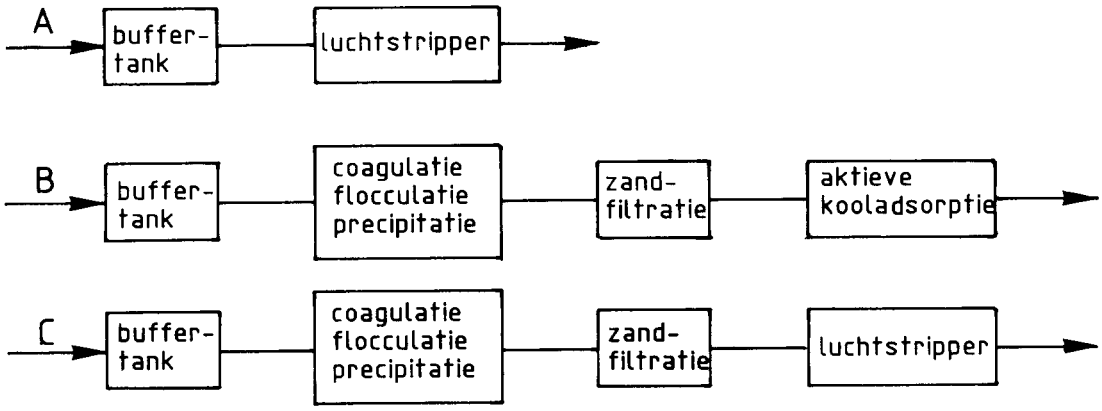
6.4.5 Toegepaste technieken

Van de geïnventariseerde saneringen zijn er 37 waarvan bekend is welk zuiveringssysteem gebruikt is. Bij de zuivering van verontreinigd grondwater zijn de volgende zuiveringstechnieken in gebruik.

Tabel 6.4.5 : Gebruikte zuiveringstechnieken.

zuiveringstechniek	aantal	zuiveringstechniek	aantal
buffertank	12	zandfilter	13
olieafscheider	5	kooladsorptie	8
voorbezinking	12	oxydatie	3
coagulatie/ flocculatie	15	luchtstrippen	13
precipitatie	13	ultrafiltratie	1
flotatie	2	ionenwisseling	2
		anders	2

Afhankelijk van het voorkomen van metalen bestaat het systeem in de meeste gevallen uit coagulatie/flocculatie/precipitatie gevolgd door een zandfilter. Komen tevens vluchtige verontreinigingen voor, dan zal deze stap gevolgd worden door een aktieve kooladsorptie of een luchtstripper. Komen er in mindere mate metalen in het grondwater voor dan wordt in de meeste gevallen gekozen voor alleen een luchtstripper. In afbeelding 6.4.2 zijn de meest gebruikte zuiveringssystemen weergegeven.



Afbeelding 6.4.2 : Meest gebruikte zuiveringssysteem.

6.4.6 Behaalde effluentconcentraties, -rendementen en richtprijzen van technieken

Bij het opstellen van deze paragraaf is gebleken dat het beschikbare cijfermateriaal zeer beperkt is, hetgeen een reden te meer is om bij de interpretatie van gegevens terughoudendheid te betrachten.

De saneringen van grondwater verontreinigd door de metaalprodukten industrie is onder te verdelen in drie zuiveringsstappen, te weten:

a. verwijdering van metalen;
b. verwijdering van vluchtige verbindingen;
c. overige verwijderingen, zoals bijvoorbeeld cyanide-verwijdering.

1. Precipitatie en coagulatie/flocculatie gevolgd door bezinking.

Precipitatie is geschikt voor de verwijdering van metalen en onopgeloste bestanddelen. Voor alle metalen ligt het verwijderingsrendement boven de 90 % (met ernstig verontreinigd influent). In principe moeten effluent gehaltes van 10.000 tot 20.000 µg/l onopgeloste bestanddelen na bezinking mogelijk zijn. Resultaten met grondwater dat als zeer sterk verhoogd geklassificeerd is zijn niet voorhanden. In het algemeen levert precipitatie met sulfide een iets betere effluentkwaliteit op dan precipitatie met loog. De kosten voor sulfideprecipitatie zijn echter wel twee keer zo hoog als voor loogprecipitatie.

2. Precipitatie en coagulatie/flocculatie gevolgd door flotatie.

In alle gevallen zorgt deze kombinatie voor een goede verwijdering van metalen. Afhankelijk van de influentconcentraties zijn effluentwaarden haalbaar van minder dan 1.000 µg/l. Ook hier zijn geen gegevens voorhanden van grondwater dat als zeer sterk verhoogd geklassificeerd is.

3. Zandfiltratie.

Zandfiltratie wordt toegepast ter bescherming van een aktief kooladsorptie, ionenwisselaar en/of luchtstripper. Vaak levert zandfiltratie nog extra verwijdering van gebonden verontreinigingen op. Voor cadmium is bijvoorbeeld een verwijderingsrendement van meer dan 93

% bij een sanering aangetoond. De ekstra verwijdering zal echter per saneringsprojekt verschillen. De richtprijs per m^3 behandeld afvalwater voor de zandfiltratie bedraagt f. 0,40.

4. Aktieve kooladsorptie.
In de meeste gevallen is aktieve kooladsorptie toegepast na een luchtstripper. De luchtstripper wordt in dit geval ingezet ter vermindering van het aktieve kool verbruik. Met aktieve kooladsorptie is bijna volledige verwijdering mogelijk van gechloreerde koolwaterstoffen en van arseen. De richtprijs per m^3 behandeld afvalwater is echter hoog, namelijk f. 9,50. De richtprijs per kg verwijderde verontreiniging voor de verwijdering van gechloreerde koolwaterstoffen is f. 2.000,- en voor de verwijdering van arseen f. 96.000,-. De richtprijzen zijn echter afhankelijk van de influentconcentratie en de gewenste effluentconcentratie.

5. Oxydatie.
Voor de oxydatie-unit zijn alleen gegevens voorhanden van de verwijdering van cyanide. Vrij-cyanide wordt door middel van oxydatie goed uit het water verwijderd. Zowel ozon-oxydatie als oxydatie met waterstofperoxide gekombineerd met UV-licht leveren verwijderingsrendementen van meer dan 95 % (laboratoriumexperimenten).

6. Luchtstrippen.
Voor de verwijdering van gechloreerde koolwaterstoffen wordt in de meeste gevallen gebruik gemaakt van een luchtstripper. Zowel met- als zonder afgasreiniging met behulp van aktieve kooladsorptie is een zeer goede verwijdering mogelijk. De richtprijs per m^3 ligt voor een luchtstripper zonder afgasbehandeling bij f. 1,- en met afgasbehandeling bij f. 2,50 per m^3.

7. Ionenwisseling.
Voor de verwijdering van metalen is de ionenwisseling een zeer goede techniek. Voor alle zware metalen zijn

verwijderingsrendementen van meer dan 99 % haalbaar. De richtprijs per m^3 behandeld water is f. 1,50. De richtprijs per verwijderde hoeveelheid verontreiniging is afhankelijk van de influentconcentratie en varieert van f. 1.200,- voor water dat geklassificeerd is als sterk verhoogd met nikkel tot f. 77.000,- voor water dat geklassificeerd is als sterk verhoogd met cadmium. Ionenwisseling wordt vaak als laatste (polishing) stap in een zuiveringssysteem toegepast.

8. Reduktie.

Reduktie wordt in de praktijk alleen toegepast bij de omzetting van zeswaardig chroom in driewaardig chroom. Dit driewaardige chroom kan verder door precipitatie verwijderd worden. De reduktie van zeswaardig chroom levert een omzettingsrendement op van meer dan 99 % (van Cr^{6+} naar Cr^{3+}).

In tabel 6.4.6 zijn alle gegevens op een rijtje gezet. Er zijn bijna alleen gegevens met betrekking tot metalen in verwerkt; over andere verbindingen zijn weinig tot geen gegevens voorhanden. Verder is bij het opstellen van deze tabel gebleken dat het beschikbare cijfermateriaal zeer beperkt is, hetgeen een reden te meer is om bij de interpretatie van gegevens terughoudendheid te betrachten. De tabel is dan ook zeker niet bedoeld om voor andere saneringen een uitspraak te kunnen doen over eksakte rendementen en kosten van technieken.

Tabel 6.4.6 : Behaalde effluentconcentraties, - rendementen en richtprijzen van technieken.

Techniek	Parameter	Influent	Effluent(max)	Rendement	Richtprijs		Bron[#]
		µg/l		%	f/m^3	f/kg	
1.Precipitatie gevolgd door coagulatie/ flocculatie en bezinking							3
	onopgeloste bestanddelen		20.000-30.000				
	chroom(III)	mv/sv	< 10	> 95			3
	nikkel	sv	300	> 90			3
	koper	sv	< 100	> 90			3
	zink	sv	100	> 95			
a.Loog precipitatie					2,50		2/3
	chroom(III)		20				2/3
	nikkel		200				2/3
	koper		80				2/3
	zink	sv	80	> 99		100	2/3
	cadmium		10				2/3
b.Sulfide precipitatie					5,--		2/3
	nikkel		70				2/3
	koper		40				2/3
	zink		50				2/3
	cadmium		10				2/3
2.Coagulatie/ flocculatie gevolgd door flotatie							
	onopgeloste bestanddelen		15.000				
	chroom(III)	mv	< 1	> 80			1[+]
	nikkel	mv	< 1	> 95			1[+]
	koper	mv	20	95			1[+]
	zink	mv	50	> 99			1[+]
	cadmium	mv	< 1	> 96			1[+]
	lood	mv	< 1	> 95			1[+]
3.Zandfiltratie					0,40		3
	onopgeloste bestanddelen		10.000				
	nikkel	sv	1.000	30		1.000	3
	koper	sv	100	80		1.000	3
	zink	sv	< 1.000	30		1.000	3
		mv	25	> 80		3.300	3
	cadmium	sv	10	> 93		3.000	3
4.Aktieve kooladsorptie					9,50		3/8
	gechloreerde koolwaterstoffen	sv	15	> 99		2.000	3
	arseen	sv	< 1	> 99		96.000	3
5.Oxydatie							
a.Hypochloriet	cyanide (vrij)	sv	50	> 93	0,80		3
b.H2O2/UV	cyanide (vrij)	sv	10	> 96			5*
c.Ozon	cyanide (vrij)	sv	10	> 96			5*

vervolg tabel 6.4.6

Techniek	Parameter	Influent	Effluent(max)	Rendement	Richtprijs		Bron#
		µg/l		%	f/m³	f/kg	
6.Luchtstrippen							3
a.zonder					1,--		3
kooladsorptie	gechloreerde	zsv	< 15	> 99			3
	koolwaterstoffen	sv	< 20	> 98			3
	trichlooretheen	sv	< 4	> 99			3
		mv	< 0,5	> 97			3
	tetrachlooretheen	zsv	< 0,5	> 99			3
		sv	< 4	> 97			3
b.met					2,50		7
kooladsorptie	gechloreerde	sv	5	> 90		4.500	7
	koolwaterstoffen						7
	tetrachlooretheen	zsv		> 99		500	7
	BTEX	sv	125	90		560	7
7.Ultrafiltratie							2
	zink	mv	50	> 96			2
	cadmium	mv	0,1	> 99			2
8.Ionenwisseling					1,50		$1^+/7$
	nikkel	sv	400	60		1.200	$1^+/7$
	koper	sv	< 10	> 99		2.200	$1^+/7$
		mv	20	80		9.700	$1^+/7$
	zink	sv	20	> 99			$1^+/7$
		mv	5	80		35.000	$1^+/7$
	cadmium	zsv	< 10	> 99		4.500	$1^+/7$
		sv	1	90		77.000	$1^+/7$
	lood	mv	1	> 95			$1^+/7$
9.Andere							
a.reduktie							7
	chroom(VI)	zsv	50	> 99	1,--	500	7

\# : Zie betreffend nummer literatuurlijst.
* : Theoretische waarde.
\+ : Laboratorium gegevens.
mv : Matig verhoogd.
sv : Sterk verhoogd.
zsv : Zeer sterk verhoogd.

Indien onder een bepaalde techniek een effluent waarde voor een parameter genoemd wordt, betekend dit dat de techniek in principe bedoeld is om de betreffende parameter te verwijderen.

Bij de behandeling van grondwater afkomstig van metaalprodukten- en aanverwante industrie zijn lagere metaal gehaltes in het effluent haalbaar dan bij de behandeling van bedrijfsafvalwater afkomstig van diezelfde industrie. Deze lagere metaal gehaltes in het effluent zijn haalbaar doordat in het te behandelen grondwater

geen kompleks-vormers aanwezig zijn en tevens doordat er minder sterke concentratieveranderingen zullen optreden.

In tabel 6.4.7 zijn ook voor de drie in paragraaf 6.4.5 geselekteerde zuiveringssystemen de behaalde effluent-concentraties, -rendementen en de richtprijzen van de zuivering weergegeven.

Tabel 6.4.7 : Behaalde effluentconcentraties, -rendementen en richtprijzen van de drie meest gebruikte zuiveringssystemen.

Systeem	Debiet	Tijdsduur	Parameter	Influent	Effluent	Richtprijs		Bron#
	(m^3/uur)	(maand)		(µg/l)		f/m^3	f/kg	
A	100	24		zsv		1,--		4
	20	13				0,60	60	4/8
			koper	180	5			
			zink	200	20			
			cadmium	13	0,5			
			cyanide (vrij)	45	5			
			trichlooretheen	1.750	2			
			tetrachlooretheen	8.000	10			
B	25	18		sv		3,--	160	4/8
			chroom	3.000	10			
			nikkel	5.500	300			
			koper	1.400	300			
			zink	8.000	100			
			cyanide	1.500	100			
			trichlooretheen	350	3			
C	60	3				1,60		8

A : Zuiveringssysteem bestaande uit buffertank en luchtstripper.
B : Zuiveringssysteem bestaande uit buffertank, coagulatie/flocculatie/precipitatie, zandfiltratie en aktieve kooladsorptie.
C : Zuiveringssysteem bestaande uit buffertank, coagulatie/flocculatie/precipitatie, zandfiltratie en luchtstripper.

: Zie betreffend nummer literatuurlijst.
mv : Matig verhoogd.
sv : Sterk verhoogd.
zsv : Zeer sterk verhoogd.

Indien onder een bepaalde techniek een effluent waarde voor een parameter genoemd wordt, betekend dit dat de techniek in principe bedoeld is om de betreffende parameter te verwijderen.

6.5 Chemische wasserijen en aanverwante industrie

6.5.1 Oorzaken van verontreiniging

Bodemverontreiniging kan bij chemische wasserijen optreden door vloeistoflekkage van de reinigingsmachine, door morsen of door kalamiteiten met tetrachlooretheen. Door middel van een vloeistofdichte, tetrachlooretheenbestendige vloer met afsluitbare schrobputjes of zonder schrobputjes in de werkruimte (onder reinigingsmachine) kan bodemverontreiniging worden voorkomen. Ook de aansluitingen op schrob-putjes en bedrijfsriolering moeten daarbij vloeistofdicht zijn uitgevoerd.
Ter plaatse van rioolleidingen waarin het koelwater terecht komt kan de bodem en het grondwater door lekkage verontreinigd zijn. De omvang van de verontreiniging kan aanzienlijk zijn, mede afhankelijk van de eigenschappen van de gebruikte oplosmiddelen.
Door lekke verpakkingen, morsingen van en kalamiteiten met vloeistoffen en destillatieresidu kan ter plaatse bodemverontreiniging optreden. De vloer van de opslagruimte moet volledig vloeistofdicht zijn. In bijlage 7 wordt uitgebreider ingegaan op de werkzaamheden die tot bodemverontreiniging kunnen leiden.

6.5.2 Aantal mogelijk verontreinigde lokaties

In Nederland zijn ca. 900 chemische wasserijen. Uit de studie naar bodemsanering op in gebruik zijnde bedrijfsterreinen komt naar voren dat bij chemische wasserijen de kans vrij groot is dat het grondwater met vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen verontreinigd is. Daarnaast bestaat er een kleinere kans op grondwater verontreiniging met monocyclische aromatische koolwaterstoffen [25]. Er is echter maar een beperkt aantal chemische wasserijen waar tot op heden een bodemsanering heeft plaats gevonden. In totaal zijn 10 saneringen geïnventariseerd [8], waarbij in drie gevallen geen grondwatersanering noodzakelijk was. In 3 gevallen is

wel gesaneerd en in 4 gevallen loopt de sanering nog.

6.5.3 Grondwaterkwaliteit en -kwantiteit

Door de in paragraaf 6.5.1 genoemde oorzaken kunnen de volgende verbindingen aangetroffen worden:

1. Gechloreerde oplosmiddelen (zoals trichlooretheen, tetrachlooretheen, 1,1,1-trichloorethaan en tetrachloormethaan);
2. Monocyclische aromatische koolwaterstoffen (benzeen, xylenen);
3. Metalen;
4. Benzine.

Van de 10 geïnventariseerde saneringen zijn van 9 projekten gegevens bekend over de mate van verontreiniging van het grondwater. De mate van verontreiniging is weergegeven in tabel 6.5.1.

Tabel 6.5.1 : Mate van verontreiniging van 9 geïnventariseerde saneringen.

Parameter	Mate van verontreiniging		
	matig verhoogd	sterk verhoogd	zeer sterk verhoogd
tetrachloor-etheen	2	3	4
trichloor-etheen	5	2	-
tetrachloor-methaan	1	1	-
TOTAAL	8	6	4

Uit de tabel blijkt dat in de meeste gevallen het grondwater geklassificeerd kan worden als sterk- tot zeer sterk verhoogd met tetrachlooretheen. Van andere verontreinigingen dan in tabel 6.5.1 zijn geen influentgegevens bekend. Wel zijn ook bij een aantal saneringen verontreinigingen met monocyclische aromatische koolwaterstoffen en metalen aangetroffen.

6.5.4 Huidige lozingseisen

Van 4 bodemsaneringen bij chemische wasserijen zijn lozingseisen bekend. Met behulp van deze 4 vergunningen is tabel 6.5.2 opgezet. Het betreft vergunningen van meerdere waterkwaliteitsbeheerders.

Tabel 6.5.2 : Lozingseisen voor lozing op de riolering (μg/l) [29].

parameter	aantal	mediaan lozingseis	range
BTEX	2	100	
benzeen	1	10	
GECHLOREERDE KOOLWATERSTOFFEN	3	360	10-1.000
trichlooretheen	1	50	
tetrachlooretheen	2	30	10- 50

De spreiding in lozingseisen kunnen mogelijkerwijs verklaard worden door het feit dat in het ene geval lagere gehaltes gevonden zijn als in het andere geval en dat in het ene geval wel sprake is van een zuiveringsinstallatie op de lokatie en in het andere geval niet. Tevens worden alleen concentraties vermeld in tabel 6.5.2 en geen vrachten.

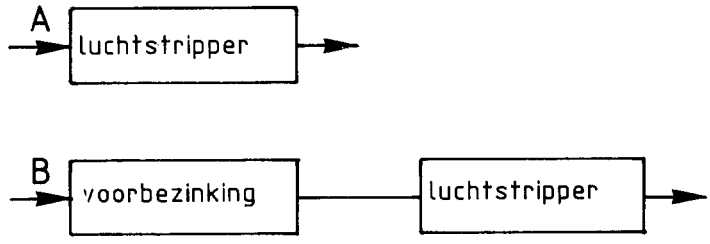
6.5.5 Toegepaste technieken

In 9 gevallen is het gebruikte zuiveringssysteem voor de grondwatersanering bekend. In tabel 6.5.3 zijn de gebruikte zuiveringstechnieken weergegeven.

Tabel 6.5.3 : Gebruikte zuiveringstechnieken.

zuiveringstechniek	aantal	zuiveringstechniek	aantal
buffertank	2	zandfilter	2
voorbezinking	3	kooladsorptie	2
coagulatie/ flocculatie	1	luchtstrippen	7
flotatie	1	geen behandeling op lokatie	2
precipitatie	1		

Voor de verwijdering van de vluchtig gechloreerde oplosmiddelen is bij de meeste saneringen gebruik gemaakt van een luchtstripper. De meest gebruikte behandelingssystemen zijn weergegeven in afbeelding 6.5.1.



Afbeelding 6.5.1 : Meest gebruikte zuiveringsinstallaties.

6.5.6 Behaalde effluentconcentraties, -rendementen en richtprijzen van technieken

Bij het opstellen van deze paragraaf is gebleken dat het beschikbare cijfermateriaal zeer beperkt is, hetgeen een reden te meer is om bij de interpretatie van gegevens terughoudendheid te betrachten.

Van een aantal technieken zijn maar een beperkte hoeveelheid gegevens bekend. Deze technieken zijn niet opgenomen in het volgende overzicht mede omdat de technieken, met het oog op het soort afvalwater, niet veel toegepast worden.

1. Luchtstrippen.

Bij de meeste projekten is een luchtstripinstallatie toegepast.
Met een luchtstripper zijn verwijderingsrendementen van meer dan 99 % mogelijk voor gechloreerde verbindingen. De richtprijs per m^3 is laag (minder dan f. 1,-/m^3), zowel zonder als met afgasbehandeling door middel van aktieve kooladsorptie. Per kg verwijderde verontreiniging zijn voor een luchtstripper zonder aktieve kooladsorptie veel lagere richtprijzen gevonden dan voor een luchtstripper gevolgd door aktieve kooladsorptie.

2. Aktieve kooladsorptie.
Aktieve kooladsorptie wordt in een aantal gevallen gebruikt. Verwijderingsrendementen van 95 tot 99% zijn mogelijk voor gechloreerde verbindingen. De richtprijs per m^3 en per kilogram verwijderde verontreiniging zijn ongeveer twee keer zo hoog als voor de luchtstripper met afgasbehandeling (ca. f. 0,50/m^3 resp. f. 600 tot f. 800 per kg).

3. Ionenwisseling.
De ionenwisseling wordt bij de sanering van door chemische wasserijen verontreinigd grondwater nog niet in de praktijk toegepast. Op laboratoriumschaal zijn, afhankelijk van het soort ionenwisselaar, verwijderingsrendementen van meer dan 99 % gehaald.

4. UVOX-oxydatie.
Op proefschaal zijn experimenten uitgevoerd met een UVOX-installatie (UV oxydatie). Voor gechloreerde oplosmiddelen lijken met deze installatie zeer goede resultaten haalbaar.

In tabel 6.5.4 zijn de gegevens over de rendementen en de richtprijzen van saneringen bij chemische wasserijen weergegeven. Bij deze tabel moet rekening gehouden worden met het feit dat de tabel is samengesteld aan de hand van zeer weinig gegevens. De tabel is dan ook zeker niet bedoeld om voor andere saneringen een uit-

spraak te kunnen doen over eksakte rendementen en kosten van technieken.

Tabel 6.5.4 : Behaalde effluentconcentraties, - rendementen en richtprijzen van technieken.

Techniek	Parameter	Influent	Effluent(max)	Rendement	Richtprijs		Bron#
		µg/l		%	f/m³	f/kg	
1.Luchtstrippen							7/8
a.zonder					0,20		7/8
kooladsorptie	trichlooretheen	sv	60	> 98		30	7/8
	tetrachlooretheen	zsv	60	> 99		5	7/8
	tetrachlooretheen	mv	10	> 99	0,15	230	8
						240	8
b.met					0,90		7/8
kooladsorptie	gechloreerde koolwaterstoffen	sv	5	> 96		6.200	7/8
							7/8
	tetrachlooretheen	mv	10	> 99	0,25	360	8
						395	8
2.Aktieve kooladsorptie	tetrachlooretheen	mv	10	> 95	0,45	660	8
					0,50	790	8
3.Ionenwisseling							1+
	trichlooretheen	sv		20 - > 99			1+
	tetrachlooretheen	sv		40 - > 99			1+
4.UVOX-oxydatie							1+
	trichlooretheen	sv	< 1	> 99			1+
	tetrachlooretheen	sv	< 1	> 99			1+

: Zie betreffend nummer literatuurlijst.
\+ : Laboratorium gegevens.
mv : Matig verhoogd.
sv : Sterk verhoogd.
zsv : Zeer sterk verhoogd.

Indien onder een bepaalde techniek een effluent waarde voor een parameter genoemd wordt, betekend dit dat de techniek in principe bedoeld is om de betreffende parameter te verwijderen.

In tabel 6.5.5 zijn ook voor de drie in paragraaf 6.5.5 geselekteerde zuiveringssystemen de behaalde effluentconcentraties, -rendementen en de richtprijzen van de zuivering weergegeven.

Tabel 6.5.5 : Behaalde effluentconcentraties, -rendementen en richtprijzen van de drie meest gebruikte zuiveringssystemen.

Systeem	Debiet (m^3/uur)	Tijdsduur (maand)	Parameter	Influent (µg/l)	Effluent (µg/l)	Richtprijs f/m^3	Richtprijs f/kg	Bron#
A	0,5	5		sv		500	80.000	4
			trichlooretheen	2.000	1			
			tetrachlooretheen	2.000	1			
			trichloormethaan	2.000	1			
B	20	36		sv		0,20		4/8
			trichlooretheen	5.000	60			
			tetrachlooretheen	30.000	60			

A : Luchtstripper.
B : Zuiveringssysteem bestaande uit voorbezinking en luchtstripper.

: Zie betreffend nummer literatuurlijst.
mv : Matig verhoogd.
sv : Sterk verhoogd.
zsv : Zeer sterk verhoogd.

Indien onder een bepaalde techniek een effluent waarde voor een parameter genoemd wordt, betekend dit dat de techniek in principe bedoeld is om de betreffende parameter te verwijderen.

6.6 Voormalige afvalstortplaatsen

6.6.1 Beschrijving storten van afvalstoffen

Voor het op of in de bodem brengen van afvalstoffen is in 1980 een Richtlijn gekontroleerd storten uitgegeven. Deze Richtlijn heeft tot gevolg dat er maatregelen moeten worden genomen om grond en grondwater te beschermen tegen verontreinigingen. De aan te brengen voorzieningen zullen er voor moeten dienen dat de stortplaats geïsoleerd is van zijn omgeving, dat deze situatie beheersbaar is en blijft.
In het verleden zijn echter een (groot) aantal stortplaatsen niet volgens genoemde Richtlijn ingericht. Tevens is op (veel) plaatsen afval (op illegale wijze) gestort danwel gedumpt.
Door percolatie van neerslag door het afval zal het

uittredende percolatiewater verontreinigd zijn met relatief goed oplosbare organische en anorganische stoffen. Omdat bij stortingen van afvalstoffen die niet volgens de Richtlijn ingericht zijn, direkt kontakt tussen percolatiewater en grondwater mogelijk is, kan de omgeving mogelijk verontreinig raken. Ten aanzien van de aard van de verontreiniging is onder andere van belang welke afvalstoffen in of op de bodem gebracht zijn. Afvalstoffen kunnen worden onderverdeeld in verschillende kategorieën. Een veel gebruikte onderverdeling is :

- huishoudelijk afval;
- bedrijfsafval;
- chemische afvalstoffen;
- autobanden en -wrakken.

Aangezien bij stortingen van afvalstoffen steeds sprake is van verschillende afvalstoffen of verschillende kombinaties van afvalstoffen, is het niet mogelijk om tot een gemiddeld beeld te komen van het gestorte materiaal. Een eventueel toe te passen zuiveringssysteem zal dan ook veelal toegesneden moeten zijn op de plaatselijke situatie.

6.6.2 Aantal mogelijk verontreinigde lokaties

Zoals in paragraaf 5.3.3 reeds is aangegeven is er onvoldoende informatie voorhanden omtrent het aantal lokaties dat mogelijk verontreinigd is als gevolg van stortingen van afvalstoffen. Uit een inventarisatie van lokaties waar het grondwater gesaneerd is of gesaneerd wordt, zijn 36 bodemverontreinigingen naar voren gekomen die veroorzaakt zijn door voormalige stortingen van afvalstoffen [8]. Van deze 36 projekten is in 18 gevallen sprake van een vuilstortplaats en in eveneens 18 gevallen van een demping met afvalstoffen. Signifikante verschillen tussen de verontreinigingen die voorkomen bij storten en demping zijn er niet. Veruit de meeste projekten zijn aangetroffen in de provincie Zuid-Holland.

6.6.3 Grondwaterkwaliteit en -kwantiteit

Bij stortingen van afvalstoffen kunnen alle soorten verontreinigingen voorkomen. Dit betekent dan ook dat vooral bij voormalige stortingen van afvalstoffen een goed uitgevoerd historisch onderzoek van zeer groot belang is. Het is niet mogelijk om een duidelijk beeld te geven van de omvang en het voorkomen van bepaalde verontreinigingen door stortplaatsen. De meest aangetroffen verontreinigingen zijn monocyclische aromatische koolwaterstoffen, metalen en minerale olie. Andere verontreinigende verbindingen kunnen echter niet worden uitgesloten. Daar maar van 5 sanering gegevens voorhanden waren wat betreft influentconcentraties moet tabel 6.6.1 met zeer grote voorzichtigheid worden geïnterpreteerd.

Tabel 6.6.1 : Mate van verontreiniging van 5 geïnventariseerde saneringen.

Parameter	Mate van verontreiniging		
	matig verhoogd	sterk verhoogd	zeer sterk verhoogd
MINERALE OLIE	-	3	-
BTEX	-	1	-
benzeen	-	1	-
tolueen	1	-	-
xylenen	1	-	-
PAK	3	-	-
FENOLEN	1	3	-
METALEN	1	1	-
nikkel	1	-	1
koper	1	1	-
zink	2	1	1
arseen	1	-	-
cadmium	1	-	1
lood	1	1	-
CYANIDE	1	-	-
TOTAAL	15	12	3

6.6.4 Huidige lozingseisen

Aan de hand van 15 vergunningen van diverse waterkwaliteitsbeheerders is een overzicht gemaakt van de lozingseisen die gesteld worden bij de sanering van voormalige stortingen van afvalstoffen. In tabel 6.6.2 en 6.6.3 zijn deze overzichten voor respektievelijk lozing op het rioolstelsel als lozing op oppervlaktewater weergegeven.

Tabel 6.6.2 : Lozingseisen voor lozing op het rioolstelsel (µg/l) [29].

parameter	aantal	mediaan lozingseis	range
BTEX	3	ca.800	2-2.000
benzeen	4	20	5- 25
tolueen	3	50	
ethylbenzeen/ xyleen	4	50	
PAK	5	33	0,1- 50
naftaleen	2	25	0,1- 50
FENOLEN	6	105	5- 500
CYANIDE	4	ca.460	100-1.000
MINERALE OLIE (mg/l)	6	ca.100	3- 200
METALEN	1	2.000	
chroom	2	1.000	
nikkel	1	1.200	
koper	2	1.100	
zink	5	ca.1.700	500-5.000
arseen	3	350	50- 500
cadmium	4	ca.65	5- 200
kwik	4	ca.13	1- 25
lood	4	575	300-1.000
GECHLOREERDE KOOLWATERSTOFFEN	4	ca.800	50-3.000
pentachloorfenol	1	4,5	
HCH	1	10	
Benzoëzuur	1	200	
Chloride (mg/l)	5	320	200- 600
Sulfaat (mg/l)	5	300	100- 500
BZV (mg/l)	1	5	
CZV (mg/l)	1	50	
N-kjeldahl (mg/l)	2	ca.25	3- 50

In een aantal vergunningen worden extra eisen gesteld ten aanzien van gesuspendeerde stof.

Tabel 6.6.3 : Lozingseisen voor lozing op oppervlaktewater (µg/l) [29].

parameter	aantal	range
BTEX	2	2 - 4
benzeen	2	1 - 2
tolueen	2	1 - 2
ethylbenzeen/ xylenen	2	1 - 2
naftaleen	1	0,2
MINERALE OLIE (mg/l)	1	0,05
METALEN		
zink	1	200
cadmium	1	2,5
borium	1	2
barium	1	500
kwik	1	0,5
GECHLOREERDE KOOLWATERSTOFFEN	1	10
HCH (ng/l)	3	10 - 20
BZV (mg/l)	1	13
CZV (mg/l)	1	75
Chloride (mg/l)	1	300
Sulfaat (mg/l)	1	300

De spreiding in lozingseisen kunnen mogelijkerwijs verklaard worden door het feit dat in het ene geval lagere gehaltes gevonden zijn als in het andere geval en dat in het ene geval wel sprake is van een zuiveringsinstallatie op de lokatie en in het andere geval niet. Tevens worden alleen concentraties vermeld in tabel 6.6.2 en tabel 6.6.3 en geen vrachten.

Bij lozingen op oppervlaktewater worden vaak eisen gesteld ten aanzien van de pH en de aanwezigheid van gesuspendeerde- en zwevende stoffen. Ook is één maal de eis aangetroffen dat er meer dan 5 mg/l zuurstof in het water aanwezig dient te zijn.

6.6.5 Toegepaste technieken

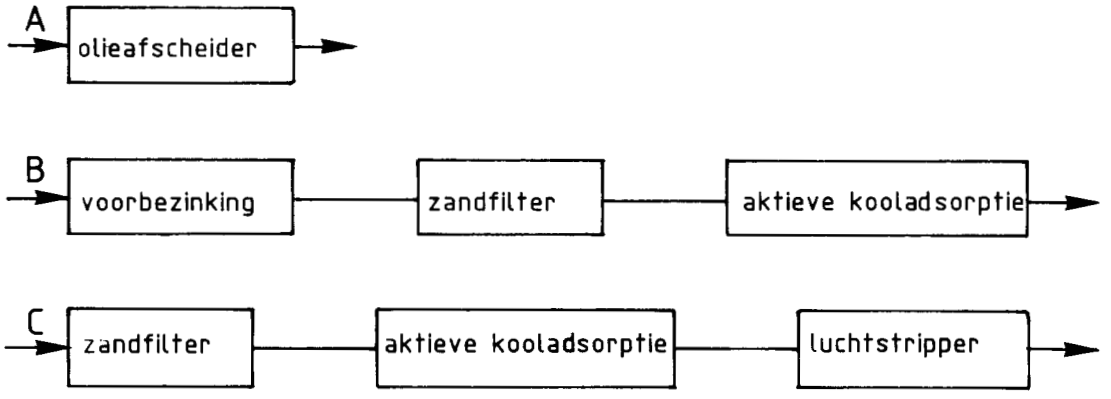
Van de 36 geïnventariseerde saneringen zijn er 33 waarvan bekend is welk zuiveringssysteem is toegepast. Bij de meeste bodemsaneringen is, of geen grondwater-

zuivering op lokatie toegepast, of er was nog niet bekend of het grondwater gezuiverd diende te worden. De meest toegepaste zuiveringstechnieken zijn: olieafscheider, voorbezinking en zandfiltratie. In tabel 6.6.4 zijn de zuiveringstechnieken weergegeven.

Tabel 6.6.4 : Gebruikte zuiveringstechnieken.

zuiveringstechniek	aantal	zuiveringstechniek	aantal
buffertank	5	luchtstrippen	3
olieafscheider	7	oxydatie	1
voorbezinking	6	geen behandeling op lokatie	18
zandfiltratie	9		
kooladsorptie	4		

De meest gebruikte zuiveringssystemen zijn weergegeven in afbeelding 6.6.1.



Afbeelding 6.6.1 : Meest gebruikte zuiveringssystemen.

6.6.6 Behaalde effluentconcentraties, -rendementen en richtprijzen van technieken.

Van de geïnventariseerde saneringen bij voormalige stortingen van afvalstoffen zijn maar zeer weinig gegevens bekend over de effluentconcentraties, rendementen en de richtprijzen van de verschillende technieken.
Bij één sanering, waar de bodem was verontreinigd met metalen, monocyclische aromatische koolwaterstoffen en

olie, is gebruik gemaakt van een olieafscheider. De richtprijs voor deze techniek bedroeg f. 4,-/m3 behandeld water. Van deze sanering is niet bekend of de olieafscheider voldaan heeft.
Verder is er alleen een schatting bekend over de invloed van een bepaald zuiveringssysteem. De zuivering bestaat in dit geval uit:

- precipitatie;
- buffertank;
- membraanfiltratie;
- filterpers.

De verwachte effluentconcentraties bij gegeven influentwaarden zijn in tabel 6.6.5 weergegeven.

Tabel 6.6.5 : Zuiveringsresultaat fysisch chemische zuivering met betrekking tot percolatiewater.

Parameter	Influent (µg/l)	Effluent (µg/l)
nikkel	15.000	200
koper	3.200	200
zink	390.000	200
cadmium	1.000	100
lood	220	50

In tabel 6.6.6 zijn ook voor de drie in paragraaf 6.6.5 geselekteerde zuiveringssystemen de behaalde effluentconcentraties, -rendementen en de richtprijzen van de zuivering weergegeven. Bij het opstellen van deze tabel is gebleken dat het beschikbare cijfermateriaal zeer beperkt is, hetgeen een reden te meer is om bij de interpretatie van gegevens terughoudendheid te betrachten. De tabel is dan ook zeker niet bedoeld om voor andere saneringen een uitspraak te kunnen doen over eksakte rendementen en kosten van technieken.

Tabel 6.6.6 : Behaalde effluentconcentraties, - rendementen en richtprijzen van de drie meest gebruikte zuiveringssystemen.

Systeem	Debiet	Tijdsduur	Parameter	Influent	Effluent	Richtprijs		Bron#
	(m^3/uur)	(maand)		(µg/l)		f/m^3	f/kg	
A	5	3				4,--		8
B	45	4						8
C	25	5						8

A : Olie-afscheider.
B : Zuiveringssysteem bestaande uit voorbezinking, zandfilter en aktieve kooladsorptie.
C : Zuiveringssysteem bestaande uit zandfilter, aktieve kooladsorptie en luchtstripper.

: Zie betreffend nummer literatuurlijst.
mv : Matig verhoogd.
sv : Sterk verhoogd.
zsv : Zeer sterk verhoogd.

Indien onder een bepaalde techniek een effluent waarde voor een parameter genoemd wordt, betekend dit dat de techniek in principe bedoeld is om de betreffende parameter te verwijderen.

7. SANERINGSBELEID EN NORMSTELLING

7.1 Algemene beleidsuitgangspunten

Inleiding

Het vrijkomen van grondwater bij bodemsaneringen hangt in belangrijke mate af van de wijze waarop de bodem wordt gesaneerd. Omdat bodemsanering wordt uitgevoerd ter verbetering van een milieucompartiment (in casu bodem) is er reden om na te gaan of er met betrekking tot het behandelen van verontreinigd grondwater een bijzonder beleid gevoerd moet worden. Om deze reden worden eerst de beleidsuitgangspunten die gelden voor de bodemsanering (paragraaf 7.1.1) genoemd en vervolgens de beleidsuitgangspunten die gelden voor de behandeling van grondwater afkomstig van bodemsaneringen (paragraaf 7.1.2). Paragraaf 7.1.3 gaat over de integratie van de genoemde beleidsuitgangspunten.

7.1.1 Uitgangspunten voor bodemsanering

Indien de bodem zodanig is verontreinigd dat sprake is van ernstig gevaar voor volksgezondheid en milieu dienen saneringsmaatregelen te worden genomen. Algemene beleidsuitgangspunten hiervoor zijn vastgelegd in het kader van de Interimwet bodemsanering.

De uitvoering van bodemsanering dient te geschieden binnen het kader van de Interimwet bodemsanering en de uitwerking die daarvan in de Leidraad bodemsanering is gegeven.
Uitgangspunt bij sanering is het opheffen (door verwijdering van verontreinigende stoffen) of het tegengaan (door het aanbrengen van IBC-voorzieningen) van de verontreiniging van de bodem en de schadelijke gevolgen daarvan. De keuze tussen beide mogelijke saneringsoplossingen is gebaseerd op een integrale afweging van alle milieuaspecten. Vanuit deze integrale afweging

bestaat een voorkeur voor het opheffen van de verontreiniging van de bodem en de schadelijke gevolgen daarvan. In de Leidraad bodemsanering wordt hierop nader ingegaan.
Bij de integrale afweging wordt gestreefd naar het voorkomen van belasting van overige milieucompartimenten i.c. het voorkomen van overschrijding van streefwaarden van de betreffende stoffen in de bij de sanering vrijkomende grond-, water- en luchtstromen. Tevens wordt ervan uitgegaan dat bij sanering vrijkomende afvalstoffen worden verwerkt dan wel op een stortplaats met IBC-voorzieningen worden ondergebracht en niet ongecontroleerd in het milieu worden verspreid.

7.1.2 Uitgangspunten grondwaterbehandeling

Algemene uitgangspunten voor het beoordelen van lozingen van afvalwater zijn vastgelegd in het kader van de Wet verontreiniging oppervlaktewateren. In dit rapport zijn deze uitgangspunten ook gehanteerd voor het opstellen van indicatieve lozingsnormen voor de lozing van water afkomstig van bodemsanering.
In het Indikatief Meerjarenprogramma Water 1985-1989 worden het principe "vermindering van de verontreiniging" en het "stand-still beginsel" als uitgangspunten genoemd.
In de uitwerking van het principe "vermindering van de verontreiniging" wordt een onderscheid gemaakt tussen twee sporen, de "emissie-aanpak" en de "waterkwaliteits-aanpak". Voor bedrijven betekent dit dat de proceskeuze en de interne bedrijfsvoering zo veel mogelijk moet worden afgestemd op "vermindering van de verontreiniging". Indien vervolgens toch een saneringsinspanning nodig is, geldt een lozingsbeleid gedifferentieerd naar stofsoort. Op grond van stofeigenschappen zijn stoffen namelijk ingedeeld in "zwarte-lijststoffen" en "overige verontreinigingen". Keuze van welke stoffen als zwart dienen te worden beschouwd vindt primair plaats in internationale kaders. Een

lijst van 129 potentieel zwarte stoffen zal als basis dienen voor verdere selektie (zie bijlage 13). Inmiddels zijn voor de stoffen

- kwik,
- cadmium,
- HCH,
- pentachloorfenol,
- tetrachloormethaan,
- DDT,
- aldrin,
- dieldrin,
- endrin,
- isodrin,
- hexachloorbenzeen,
- hexachloorbutadieen en
- trichloormethaan

in EG-verband emissierichtlijnen vastgesteld. Daarnaast is men overeengekomen dat, vooruitlopend op definitieve aanwijzing, de overige van de genoemde 129 stoffen in beginsel als zwart worden behandeld.

Voor (potentiële) zwarte-lijststoffen geldt in beginsel dat de verontreiniging door deze stoffen moet worden beëindigd. Geprobeerd moet worden zo dicht mogelijk bij een nullozing te komen. De toepassing van de beste bestaande technieken bij zuivering van (grond)water is gekoppeld aan de aanwezigheid van (potentiële) zwarte-lijststoffen. Beste bestaande technieken zijn in het Indikatief Meerjarenprogramma Water 1985-1989 gedefinieerd als "die technieken waarmee tegen hogere kosten een nog grotere reduktie van de verontreiniging wordt verkregen en die in de praktijk kunnen worden toegepast". De zinsnede "....die in de praktijk kunnen worden toegepast" moet mede gelezen worden als het in aanmerking nemen van de ekonomische beschikbaarheid van deze technieken.
Bij de groep "overige verontreinigingen" 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 metalen, niet zijnde zwarte-lijststoffen. Ook vallen onder deze groep minder persistente verbindingen zoals cyanide, ammoniak en bepaalde bestrijdingsmiddelen die een hoge akute toxiciteit bezitten. Net als bij zwarte-lijststoffen wordt de emissie-aanpak gevolgd. Bij zuivering van (grond)water dat verontreinigd is met deze groep van overige verontreinigingen staat toepassing van de best uitvoerbare technieken voorop. Best uitvoerbare technieken zijn in het Indikatief Meerjarenprogramma Water 1985-1989 gedefinieerd als "die technieken waarmee, rekening houdend met ekonomische aspekten, dat wil zeggen uit kostenoogpunt aanvaardbaar te achten voor een normaal renderend bedrijf, de grootste reduktie in de verontreiniging wordt verkregen".
- Relatief onschadelijke verontreinigingen van nature voorkomend in oppervlaktewater 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 waterkwaliteitsdoelstelling, waaronder de basiskwaliteit, van het ontvangende oppervlaktewater. Een algemene beleidslijn voor de daarbij toe te passen technieken is niet te geven.

Ondanks het onderscheid in saneringsinspanning is er echter geen sprake van twee duidelijk afgebakende

groepen van technieken. Bovendien dient te worden bedacht dat zowel binnen de groep van zwarte-lijststoffen als de groep overige verontreinigingen verschillen bestaan in milieuschadelijkheid van stoffen. Naarmate de milieuschadelijkheid van een stof hoger is, wordt een hogere financiële inspanning van de lozer gevraagd. Zoals uit de definitie van beste bestaande technieken volgt is echter niet bedoeld dat financiële aspekten bij de toepassing van beste bestaande technieken geen enkele rol zouden mogen spelen. De aanwezigheid van (potentiële) zwarte-lijststoffen is richting bepalend voor de saneringsinspanning.

Zowel voor de emissie-aanpak als de waterkwaliteitsaanpak geldt dat bij het overschrijden van waterkwaliteitsdoelstellingen voor de betreffende oppervlaktewateren bezien dient te worden welke (aanvullende) saneringsmaatregelen noodzakelijk zijn om aan de voor deze wateren geldende doelstellingen te voldoen.

Behalve de aard van de stoffen in het afvalwater spelen bij het opstellen van lozingseisen ook andere faktoren een rol. Onder meer betreft dit de hoeveelheid en concentratie van de verontreinigingen in het afvalwater. Voorts is van belang of het een nieuwe- dan wel een bestaande lozing betreft. Om te voorkomen dat stoffen in het afvalwater terecht komen of voor het verwijderen van de stoffen daaruit staan verschillende methoden ter beschikking. Naast eindzuivering kan voor bedrijfsafvalwater daarbij gedacht worden aan procesaanpassing, het afsplitsen van stromen en procesgebonden zuiveringsmaatregelen. Gevolg hiervan is dan ook dat het formuleren van uniforme lozingseisen per stof of per stofgroep (en daarmee ook een uniforme invulling van de beste bestaande technieken en de best uitvoerbare technieken per stof of per stofgroep) veelal moeilijk is. Bij het opstellen van lozingseisen wordt daarom doorgaans voor een benadering per bedrijfstak gekozen.

7.1.3 Integratie uitgangspunten

Hoewel het aanbeveling verdient bij de voorbereiding van een beslissing over de wijze van bodemsanering de consequenties van een eventuele lozing van water afkomstig van bodemsanering mede in de overwegingen te betrekken, kan nog slechts ten dele uitwerking worden gegeven aan het streven tot integrale afweging als bedoeld in 7.1.1. In veel gevallen wordt de waterkwaliteitsbeheerder geconfronteerd met een gegeven hoeveelheid vrijkomend meer of minder verontreinigd grondwater.De keuze van de saneringsvariant kan echter konsekwenties hebben voor de grondwatersanering. Zo is het vanuit waterkwaliteitsoogpunt gewenst dat bij de uitvoering van bodemsaneringen allereerst de zogenaamde "hot spots" gesaneerd worden en vervolgens de overige - delen van het terrein. Er bestaat echter om andere redenen een tendens om steeds meer terreinen in zijn geheel te bronneren zonder dat de "hot spots" gesaneerd zijn. Hierdoor zijn de gehalten aan verontreinigingen in het te lozen water relatief laag en zou behandeling op lokatie achterwege kunnen blijven terwijl door de omvang van de lozing toch een aanzienlijke vracht wordt geloosd.

In de praktijk blijkt de integratie van de uitgangspunten voor bodemsanering en grondwaterbehandeling vaak onvoldoende tot stand te komen. In een door het Directoraat-Generaal Milieubeheer te entameren studie zal de integrale milieubenadering voor de reinigingscriteria ten aanzien van bij bodemsanering vrijkomend water nader worden uitgewerkt, waarbij zal worden uitgegaan van de normen die worden gebruikt voor beschrijving van de algemene milieukwaliteit. Hierbij zal integratie met de bodemsaneringsproblematiek een belangrijk facet zijn.
Naar aanleiding van de resultaten van deze studie kan bijstelling van het beleid worden overwogen.

7.2 Operationele uitwerking van reinigingseisen voor grondwater

7.2.1 Inleiding

In paragraaf 7.1 zijn de algemene uitgangspunten van het beleid in het kader van de Wet verontreiniging oppervlaktewateren en de Interimwet bodemsanering weergegeven. In deze paragraaf worden deze uitgangspunten vertaald ten behoeve van de concreet te stellen eisen aan lozingen van water afkomstig van bodemsanering, waarbij zoals eerder is vermeld, zal worden uitgegaan van indicatieve lozingsnormen op basis van de b.u.t./b.b.t. benadering. Daarnaast geldt als voorwaarde dat de lozingen geen afbreuk mag doen aan de kwaliteitskriteria voor het ontvangende oppervlaktewater. In dit rapport blijft de besluitvorming met betrekking tot de wijze van sanering gebaseerd op de in paragraaf 7.1.1. beschreven afweging buiten beschouwing en wordt er van uitgegaan dat de keuze van de saneringsvariant reeds is gemaakt.

7.2.2 De aard van de stoffen in het grondwater

Grondwater kan verontreinigd zijn met meerdere stoffen of groepen van stoffen, zoals :

a) Monocyclische aromatische koolwaterstoffen (BTEX);
b) Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK);
c) Fenol/Fenolen;
d) Cyaniden;
e) Metalen;
f) Vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen;
g) Hoogkokende gechloreerde koolwaterstoffen;
h) (Minerale) olie, benzine en diesel olie;
i) Bestrijdingsmiddelen.

In het algemeen kan worden gekonkludeerd dat de aard van de verontreinigingen bij grondwatersaneringen vrijwel altijd zodanig is dat van (potentiële) zwarte-

lijststoffen sprake is. Dit betekent dus dat de beste bestaande technieken toegepast dienen te worden.
In sommige gevallen zal alleen sprake zijn van overige verontreinigingen. In alle gevallen zullen in meerdere- of mindere mate nevenverontreinigingen aanwezig zijn die invloed hebben op het ontwerp en de dimensionering van de behandelingsinstallatie.

7.2.3 De hoeveelheid en concentratie van de verontreinigingen in het grondwater

Over het algemeen is er sprake van vrij omvangrijke lozingen (tussen gemiddeld 10 en 45 m^3/h) met relatief lage concentraties aan verontreinigingen. Door het omvangrijke debiet kunnen er toch aanzienlijke vrachten geloosd worden.

7.2.4 Nieuwe lozingen versus bestaande lozingen

Bij lozingen van grondwater afkomstig van bodemsaneringen is steeds sprake van nieuwe lozingen van beperkte duur. Gezien het grote aantal nog uit te voeren saneringen en de daarmee gepaard gaande lozingen is sprake van toename van emissie.

7.2.5 Brongerichte maatregelen en de hiermee gepaard gaande kosten

Om te voorkomen dat stoffen in het afvalwater terecht komen staan verschillende methoden ter beschikking. Voorbeelden hiervan zijn procesaanpassing, het afsplitsen van stromen en procesgebonden zuiveringsmaatregelen.
Bij bodemsaneringen zijn dergelijke maatregelen ter voorkoming van verontreiniging niet of nauwelijks mogelijk. Kwaliteit en kwantiteit van het onttrokken grondwater zijn vaak een gegeven; "vermindering van de verontreiniging" is vrijwel alleen mogelijk door middel van eindzuivering.

7.2.6 Reinigingsmogelijkheden voor grondwater en de hiermee gepaard gaande kosten

In bijlage 4 en hoofdstuk 6 zijn de technische mogelijkheden om stoffen uit het te lozen grondwater te verwijderen en de daarmee gepaard gaande kosten beschreven.
Uitgaande van de algemene beleidsuitgangspunten, zoals deze in paragraaf 7.1 zijn beschreven, dient de hoogst mogelijke reduktie in de emissie te worden bereikt, rekening houdend met de ekonomische beschikbaarheid van de zuiveringstechnieken. Voor de invulling van deze ekonomische beschikbaarheid van zuiveringstechnieken kunnen kosten per m^3 behandeld grondwater en kosten per kilogram verwijderde verontreiniging gehanteerd worden. Aangezien uiteindelijk het verwijderingsrendement van belang is, zijn kosten per kilogram verwijderde verontreiniging gebruikt als een van de uitgangspunten bij de overweging of een zuiveringstechniek in de praktijk wel of niet toegepast moet worden. Vergunningverlening blijft echter maatwerk. In de praktijk zal daarom steeds voor iedere lozing van grondwater afkomstig van bodemsaneringen een afweging gemaakt moeten worden voor de vaststelling van de gewenste saneringsinspanning en de vaststelling van de lozingseisen.

Bij lozingen van korte duur en/of van relatief geringe omvang zou afgezien kunnen worden van behandeling op lokatie en kan afvoer per as naar een verwerking elders een toepasbare methode zijn. Hiervoor kunnen echter geen richtlijnen opgesteld worden. Per projekt kan deze verwerkingsmogelijkheid afgewogen worden.

7.2.7 Het effekt van de (rest)lozing

Er zijn in principe twee mogelijkheden om grondwater te lozen, namelijk via rioleringsstelsels gevolgd door een RWZI en rechtstreeks op oppervlaktewater (hetzij via

een rioleringsstelsel zonder tussenkomst van een RWZI, hetzij direkt). Bij lozing (al dan niet na behandeling op lokatie) via een RWZI, geldt dat in verreweg de meeste gevallen de hoogste reduktie in de verontreiniging kan worden bereikt, omdat voor de meeste stoffen nog een aanzienlijke verwijdering plaatsvindt (zie bijlage 4), terwijl de kosten van de afvoer via een rioleringsstelsel gevolgd door een RWZI meestal verwaarloosbaar zijn ten opzichte van de behandelingskosten op lokatie. Dat houdt in dat lozing via een RWZI in de meeste gevallen de voorkeur zal verdienen boven een lozing min of meer rechtstreeks op oppervlaktewater.

Voor lozingen via rioleringsstelsels speelt de aard van de stoffen alsmede de omvang van de lozing een rol. Naast het uitgangspunt dat zuivering primair bij de bron dient te geschieden dient rekening te worden gehouden met nog een aantal uitgangspunten. Zo mag het zuiveringsproces niet negatief worden beïnvloed, er mag geen aantasting plaatsvinden van de riolering of de RWZI en moet de veiligheid worden gewaarborgd. Of aan de bovenvermelde uitgangspunten wordt voldaan kan worden bezien aan de hand van een aantal kriteria, waaronder het gedrag van de stoffen in een rioleringsstelsel, routing van de stoffen in een RWZI alsmede de kwaliteit van het zuiveringsslib en de kwaliteit van het effluent van een RWZI, toxiciteit en remming (zie bijlage 4).

Voor lozingen op oppervlaktewater dient naast het uitgangspunt dat zuivering primair bij de bron dient te geschieden rekening gehouden te worden met de aard-, omvang- en funktie van het ontvangende oppervlaktewater. Bij lozingen op oppervlaktewater kunnen vanuit waterkwaliteitsoogpunt (aanvullende) saneringsmaatregelen vereist worden. Er dient minimaal naar gestreefd te worden dat de basiskwaliteit in het ontvangende oppervlaktewater niet overschreden wordt. Bij de uitwerking

van het saneringsbeleid en de normstelling voor lozingen op oppervlaktewater is uitgegaan van zeer ruim ontvangend oppervlaktewater. Bij lozingen op minder ruim ontvangende oppervlaktewateren zal in het algemeen een strengere aanpak gelden. Deze strengere aanpak is niet verder uitgewerkt aangezien deze lozingen tot nog toe in de praktijk minder vaak voorkomen.

7.3 Uitwerking van het saneringsbeleid en de normstelling per stof(groep)

7.3.1 Inleiding

Een duidelijk beleid per bron van verontreiniging is niet mogelijk gebleken aangezien er per bron van verontreiniging te weinig gegevens voorhanden zijn. Daarom is in dit hoofdstuk gekozen voor de benadering per stof of per stofgroep in plaats van de benadering per bron van verontreiniging zoals in hoofdstuk 6 is aangehouden.

In de volgende paragrafen wordt per stof of per stofgroep achtereenvolgens aangegeven :

- Welke parameters bedoeld worden (met de betreffende verzamelnaam);
- Of ze tot de groep van (potentieel) zwarte stoffen of tot de groep van overige verontreinigingen behoren;
- Welke technieken op technische gronden in principe toegepast zouden kunnen worden bij de zuivering van het grondwater. Hierbij is tevens rekening gehouden met het milieukompartiment lucht en het ontstaan van afval. Daar waar als gevolg van de zuivering een verontreinigde luchtstroom ontstaat wordt er van uitgegaan dat afgasbehandeling zal plaatsvinden. Vervolgens is er van uitgegaan dat al het afval konform de WCA wordt afgevoerd.
- Wat de in de praktijk aangetroffen (summiere) richtprijzen zijn (per m^3 en per kilogram uit het

grondwater verwijderd) voor behandeling van grondwater dat voor wat betreft de verontreiniging als matig-, sterk- en zeer sterk verhoogd geklassificeerd is alsmede de in de praktijk aangetroffen omvang van de lozingen;
Welke technieken toepasbaar zijn op lokatie op grond van de in paragraaf 7.1 genoemde algemene uitgangspunten voor het te voeren beleid in het kader van de Wet verontreiniging oppervlaktewateren alsmede op grond van de uitgangspunten zoals deze in paragraaf 7.2 specifiek voor lozingen van grondwater afkomstig van bodemsaneringen zijn ingevuld. Deze selektie van technieken betekent echter niet dat in de praktijk geen andere technieken zouden mogen worden toegepast dan de technieken die hier vermeld worden.

Het saneringsbeleid en de normstelling wordt in paragraaf 7.4 en tabel 7.4.1 samengevat.

7.3.2 Monocyclische aromatische koolwaterstoffen

Het betreft de stoffen benzeen, tolueen, ethylbenzeen en ortho-, meta- en para xyleen (BTEX). In een aantal gevallen worden ook propylbenzeen en styreen aangetroffen. Benzeen, tolueen, ethylbenzeen en ortho-, meta- en para xyleen behoren allen tot de lijst van 129 potentieel zwarte stoffen.
BTEX kan in principe met behulp van de volgende technieken op de saneringslokatie verwijderd worden :

- Aktieve kooladsorptie;
- Luchtstrippen met afgasbehandeling;
- Biologische zuivering met afgasbehandeling;
- Ozon/UV;
- Kombinaties van bovengenoemde technieken.

In tabel 7.3.1 zijn de richtprijzen vermeld zoals deze in de praktijk aangetroffen zijn voor behandeling van grondwater dat voor wat betreft de verontreiniging als matig-, sterk- en zeer sterk verhoogd geklassificeerd is. Tevens is in deze tabel de omvang van de lozingen aangegeven.

Tabel 7.3.1 : Overzicht van in de praktijk aangetroffen omvang van lozingen en richtprijzen voor zuivering van met BTEX verontreinigd grondwater.

Klassifikatie	MATIG VERHOOGD		STERK VERHOOGD		ZEER STERK VERHOOGD	
Concentratie	< 1.000 µg/l		1.000 - 10.000 µg/l		> 10.000 µg/l	
Debiet	15 - 25 m^3/h		15 - 25 m^3/h		15 - 25 m^3/h	
Techniek \ R.pr.	f/m^3	f/kg	f/m^3	f/kg	f/m^3	f/kg
1.Aktieve kooladsorptie	1,50	6.000	1,50 2,10 7,80	300 5.000 31.000	1,50	
2.Luchtstrippen met afgasbehandeling	0,50 (ex.)		0,50 (ex.) 2,50	60 (ex.) 560	0,50 (ex.) 4,--	30 (ex.) 110
3.Biologische zuivering met afgasbehandeling	0,40		0,40 3,--	1.600	0,40 3,--	40 285
4.Ozon/UV Oxydatie	4,50 9,80		4,50 9,80	450	4,50 9,80	

R.pr.: Richtprijs.
ex. : exclusief afgasbehandeling.

N.b. : De richtprijzen per m^3 en per kilogram verwijderde verontreiniging hebben niet steeds betrekking op dezelfde sanering.
In een aantal gevallen is niet duidelijk of de richtprijzen per m^3 behoren tot de klassifikatie matig-, sterk- danwel zeer sterk verhoogd. In die gevallen zijn de richtprijzen onder iedere klassifikatie afzonderlijk vermeld.

Op grond van de genoemde uitgangspunten en de gegevens uit tabel 7.3.1 kunnen de volgende mogelijkheden van zuivering worden afgeleid :

Matig verhoogd : Zuivering op lokatie lijkt hier niet toepasbaar. Voor luchtstrippen met afgasbehandeling zijn echter geen praktijkgegevens beschikbaar. In de praktijk dient daarom aan de hand van de genoemde uitgangspunten voor iedere sanering afgewogen te worden in hoeverre een saneringsinspanning gewenst is.

Sterk verhoogd : Luchtstrippen met afgasbehandeling of ozon/UV oxydatie.

Zeer sterk verhoogd : Aktieve kooladsorptie, luchtstrippen met afgasbehandeling, biologische zuivering met afgasbehandeling, ozon/UV oxydatie of kombinaties van technieken.

7.3.3 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen

Het betreft onder andere de stoffen naftaleen, acenafteen, acenaftyleen, fluoreen, fenantreen, antraceen, pyreen, chryseen, benz(a)antraceen, fluorantheen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(a)pyreen, dibenz(a,h)antraceen, benzo(g,h,i)peryleen en indeno(1,2,3-c,d)pyreen (16 van EPA). Naftaleen, antraceen, benzo(b)fluorantheen en benzo(a)pyreen behoren allen tot de lijst van 129 potentieel zwarte stoffen. Van een aantal PAK is bekend dat deze voor een deel aan de onopgeloste bestanddelen geadsorbeerd zijn of dat ze voor een deel in een mogelijk aanwezige oliefase voorkomen. De onopgeloste bestanddelen en de oliefase kunnen met relatief eenvoudige middelen uit het grondwater verwijderd worden. Voor de verwijdering van de oliefase kan een olieafscheider/voorbezinking ingezet worden. Op deze wijze kan het gehalte vrije olie teruggebracht worden tot 20.000 µg/l (er is namelijk vrijwel nooit sprake van emulsies in het onttrokken grondwater). De olieafscheider/voorbezinker kan tevens als buffer, zandvang, ontluchter en eventueel ontijzering dienen. Voor de verwijdering van onopgeloste bestanddelen kan een zandfilter ingezet worden. Op deze wijze kan het gehalte onopgeloste bestanddelen teruggebracht worden tot 10.000 µg/l. Het ijzergehalte kan na beluchting, zandfiltratie en eventuele ontijzering tot 2.000 à 3.000 µg/l teruggebracht worden. Na deze behandeling zullen de nevenverontreinigingen geen storing meer geven in eventuele navolgende zuiveringsstappen. Het verdient aanbeveling om na te gaan of PAK voornamelijk voorkomt in de waterfase, de oliefase en/of aan onopgeloste bestanddelen geadsorbeerd is.

Aangezien naftaleen met andere technieken verwijderd

kan worden dan de andere PAK (EPA) wordt een onderscheid gemaakt in naftaleen en overige PAK (EPA).

Naftaleen kan in principe met behulp van de volgende technieken op de saneringslokatie verwijderd worden :

- Aktieve kooladsorptie;
- Luchtstrippen met afgasbehandeling;
- Biologische zuivering met afgasbehandeling;
- Hyperfiltratie;
- Ozon/UV;
- Kombinaties van bovengenoemde technieken.

In tabel 7.3.2 zijn de richtprijzen vermeld zoals deze in de praktijk aangetroffen zijn voor behandeling van grondwater dat voor wat betreft de verontreiniging als matig-, sterk- en zeer sterk verhoogd geklassificeerd is. Tevens is in deze tabel de omvang van de lozingen aangegeven.

Tabel 7.3.2 : Overzicht van in de praktijk aangetroffen omvang van lozingen en richtprijzen voor zuivering van met naftaleen verontreinigd grondwater.

Klassifikatie	MATIG VERHOOGD		STERK VERHOOGD		ZEER STERK VERHOOGD	
Concentratie	< 300 µg/l		300 - 3.000 µg/l		> 3.000 µg/l	
Debiet	15 - 30 m^3/h		15 - 30 m^3/h		15 - 30 m^3/h	
Techniek \ R.pr.	f/m^3	f/kg	f/m^3	f/kg	f/m^3	f/kg
1.Aktieve kooladsorptie	1,50	12.000	1,50	3.800	1,50	1.800
2.Luchtstrippen met afgasbehandeling	0,50 (ex.)	2.800 (ex.)	0,50 (ex.)	1.150 (ex.)	0,50 (ex.)	200 (ex.)
3.Biologische zuivering met afgasbehandeling	0,40		0,40		0,40	70

Vervolg Tabel 7.3.2						
Klassifikatie	MATIG VERHOOGD		STERK VERHOOGD		ZEER STERK VERHOOGD	
Concentratie	< 300 µg/l		300 - 3.000 µg/l		> 3.000 µg/l	
Debiet	15 - 30 m^3/h		15 - 30 m^3/h		15 - 30 m^3/h	
Techniek \ R.pr.	f/m^3	f/kg	f/m^3	f/kg	f/m^3	f/kg
4.Hyperfiltratie	4,55 9,40		4,55 9,40		4,55 9,40	
5.Ozon/UV Oxydatie	4,50 9,80		4,50 9,80		4,50 9,80	

R.pr.: Richtprijs.
ex. : exclusief afgasbehandeling.

N.b. : De richtprijzen per m^3 en per kilogram verwijderde verontreiniging hebben niet steeds betrekking op dezelfde sanering.
In een aantal gevallen is niet duidelijk of de richtprijzen per m^3 behoren tot de klassifikatie matig-, sterk- danwel zeer sterk verhoogd. In die gevallen zijn de richtprijzen onder iedere klassifikatie afzonderlijk vermeld.

Op grond van de genoemde uitgangspunten en de gegevens uit tabel 7.3.2 kunnen de volgende mogelijkheden van zuivering worden afgeleid :
Matig verhoogd : Zuivering op lokatie lijkt hier niet toepasbaar.
Sterk verhoogd : Biologische zuivering met afgasbehandeling.
Zeer sterk verhoogd : Luchtstrippen met afgasbehandeling of biologische zuivering met afgasbehandeling.

Uitgaand van een redelijk zuiveringsrendement kunnen de overige PAK (EPA) in principe met behulp van de volgende technieken op de saneringslokatie verwijderd worden :

- Aktieve kooladsorptie;
- Biologische zuivering met afgasbehandeling;
- Ultrafiltratie;
- Hyperfiltratie;
- Ionenwisseling;
- Ozon/UV;
- Kombinaties van bovengenoemde technieken.

In tabel 7.3.3 zijn de richtprijzen vermeld zoals deze in de praktijk aangetroffen zijn voor behandeling van grondwater dat voor wat betreft de verontreiniging als matig-, sterk- en zeer sterk verhoogd geklassificeerd is. Tevens is in deze tabel de omvang van de lozingen aangegeven.

Tabel 7.3.3 : Overzicht van in de praktijk aangetroffen omvang van lozingen en richtprijzen voor zuivering van met overige PAK (EPA) verontreinigd grondwater.

Klassifikatie	MATIG VERHOOGD		STERK VERHOOGD		ZEER STERK VERHOOGD	
Concentratie	< 400 µg/l		400 - 4.000 µg/l		> 4.000 µg/l	
Debiet	15 - 30 m^3/h		15 - 30 m^3/h		15 - 30 m^3/h	
Techniek \ R.pr.	f/m^3	f/kg	f/m^3	f/kg	f/m^3	f/kg
1.Aktieve kooladsorptie	1,50	27.000	1,50	1.200	1,50	
2.Biologische zuivering met afgasbehandeling	0,40		0,40	500	0,40	
3.Ultrafiltratie						
4.Hyperfiltratie	4,55 9,40		4,55 9,40		4,55 9,40	900
5.Ionenwisseling	2,10 2,70		2,10 2,70		2,10 2,70	
6.Ozon/UV Oxydatie	4,50 9,80		4,50 9,80	720	4,50 9,80	

R.pr.: Richtprijs.

N.b. : De richtprijzen per m^3 en per kilogram verwijderde verontreiniging hebben niet steeds betrekking op dezelfde sanering.
In een aantal gevallen is niet duidelijk of de richtprijzen per m^3 behoren tot de klassifikatie matig-, sterk- danwel zeer sterk verhoogd. In die gevallen zijn de richtprijzen onder iedere klassifikatie afzonderlijk vermeld.

Op grond van de genoemde uitgangspunten en de gegevens uit tabel 7.3.3 kunnen de volgende mogelijkheden van zuivering worden afgeleid :

Matig verhoogd : Biologische zuivering met afgasbehandeling of ozon/UV oxydatie.
Sterk verhoogd : Aktieve kooladsorptie, biologische zuivering met afgasbehandeling, hyperfiltratie of ozon/UV oxydatie.
Zeer sterk verhoogd : Aktieve kooladsorptie, biologische zuivering met afgasbehandeling, hyperfiltratie, ozon/UV oxydatie of kombinaties van technieken.

7.3.4 Fenol/Fenolen

Het betreft onder andere fenol, ortho-, meta- en para cresol, ortho-, meta- en para xylenol, catechol, thymol, α-naphtol, β-naphtol, hydrochinon, resorcinol, pyrogallol en phloroglucinol. (Chloorfenolen e.d. worden hieronder niet begrepen). Geen van de hierboven genoemde stoffen behoort tot de lijst van 129 potentieel zwarte stoffen.
Fenol/Fenolen kunnen in principe met behulp van de volgende technieken op de saneringslokatie verwijderd worden :

- Aktieve kooladsorptie;
- Chemische oxydatie;
- Biologische zuivering met afgasbehandeling;
- Ozon/UV;
- Kombinaties van bovengenoemde technieken.

In tabel 7.3.4 zijn de richtprijzen vermeld zoals deze in de praktijk aangetroffen zijn voor behandeling van grondwater dat voor wat betreft de verontreiniging als matig-, sterk- en zeer sterk verhoogd geklassificeerd is. Tevens is in deze tabel de omvang van de lozingen aangegeven.

Tabel 7.3.4 : Overzicht van in de praktijk aangetroffen omvang van lozingen en richtprijzen voor zuivering van met fenol/fenolen verontreinigd grondwater.

Klassifikatie	MATIG VERHOOGD		STERK VERHOOGD		ZEER STERK VERHOOGD	
Concentratie	< 500 µg/l		500 - 5.000 µg/l		> 5.000 µg/l	
Debiet	15 - 35 m^3/h		15 - 35 m^3/h		15 - 35 m^3/h	
Techniek \ R.pr.	f/m^3	f/kg	f/m^3	f/kg	f/m^3	f/kg
1.Aktieve kooladsorptie	1,50		1,50	9.200	1,50	550
2.Chemische oxydatie						
3.Biologische zuivering met afgasbehandeling	0,40		0,40		0,40	120
4.Ozon/UV Oxydatie	4,50 9,80	1.500	4,50 9,80		4,50 9,80	

R.pr.: Richtprijs.

N.b. : De richtprijzen per m^3 en per kilogram verwijderde verontreiniging hebben niet steeds betrekking op dezelfde sanering.
In een aantal gevallen is niet duidelijk of de richtprijzen per m^3 behoren tot de klassifikatie matig-, sterk- danwel zeer sterk verhoogd. In die gevallen zijn de richtprijzen onder iedere klassifikatie afzonderlijk vermeld.

Op grond van de genoemde uitgangspunten en de gegevens uit tabel 7.3.4 kunnen de volgende mogelijkheden van zuivering worden afgeleid :

Matig verhoogd : Zuivering op lokatie lijkt hier niet toepasbaar.

Sterk verhoogd : Zuivering op lokatie lijkt hier niet toepasbaar. Voor biologische zuivering met afgasbehandeling zijn echter geen praktijkgegevens beschikbaar. In de praktijk dient daarom aan de hand van de genoemde uitgangspunten voor iedere sanering afgewogen te worden in hoeverre een saneringsinspanning gewenst is.

Zeer sterk verhoogd : Biologische zuivering met afgasbehandeling.

7.3.5 Cyaniden

Indien cyaniden aanwezig zijn in het grondwater van een te saneren lokatie, dient allereerst nagegaan te worden op welke wijze de cyaniden aanwezig zijn. Er kan namelijk onder andere onderscheid gemaakt worden tussen door chloor afbreekbaar cyanide, kompleks gebonden cyanide en thiocyanaat (CNS^-). Dit onderscheid is met name van belang bij de keuze van een eventuele behandelingstechniek (zie ook bijlage 5a). In de praktijk blijkt dat er maar zeer beperkte mogelijkheden zijn om kompleks gebonden cyanide en/of thiocyanaat in verregaande mate te verwijderen. Veelal zal volstaan moeten worden met de verwijdering van onopgeloste bestanddelen. Verder kan opgemerkt worden dat kompleks gebonden cyanide en thiocyanaat in veel mindere mate toxisch zijn voor biologische zuiveringsprocessen als door chloor afbreekbaar cyanide.
Cyaniden behoren tot de groep overige verontreinigingen.
Cyanide (chloor afbreekbaar) kan in principe met behulp van de volgende technieken op de saneringslokatie verwijderd worden :

- Chemische oxydatie;
- Biologische zuivering met afgasbehandeling;
- Hyperfiltratie;
- Ionenwisseling;
- Kombinaties van bovengenoemde technieken.

In tabel 7.3.5 zijn de richtprijzen vermeld zoals deze in de praktijk aangetroffen zijn voor behandeling van grondwater dat voor wat betreft de verontreiniging als matig-, sterk- en zeer sterk verhoogd geklassificeerd is. Tevens is in deze tabel de omvang van de lozingen aangegeven.

Tabel 7.3.5 : Overzicht van in de praktijk aangetroffen omvang van lozingen en richtprijzen voor zuivering van met door chloor afbreekbaar cyanide verontreinigd grondwater.

Klassifikatie	MATIG VERHOOGD		STERK VERHOOGD		ZEER STERK VERHOOGD	
Concentratie	< 1.000 µg/l		1.000 - 10.000 µg/l		> 10.000 µg/l	
Debiet	20 - 25 m^3/h		20 - 25 m^3/h		20 - 25 m^3/h	
Techniek \ R.pr.	f/m^3	f/kg	f/m^3	f/kg	f/m^3	f/kg
1.Chemische oxydatie	0,80 1,50	15.000	0,80 1,50	1.500	0,80 1,50	
2.Biologische zuivering met afgasbehandeling	0,40		0,40	400	0,40	
3.Hyperfiltratie	4,55 9,40		4,55 9,40	4.600 (tot.)	4,55 9,40	
4.Ionenwisseling	2,10 2,70	2.100	2,10 2,70		2,10 2,70	

R.pr.: Richtprijs.
Tot.: Totaal cyanide.

N.b. : De richtprijzen per m^3 en per kilogram verwijderde verontreiniging hebben niet steeds betrekking op dezelfde sanering.
In een aantal gevallen is niet duidelijk of de richtprijzen per m^3 behoren tot de klassifikatie matig-, sterk- danwel zeer sterk verhoogd. In die gevallen zijn de richtprijzen onder iedere klassifikatie afzonderlijk vermeld.

Op grond van de genoemde uitgangspunten en de gegevens uit tabel 7.3.5 kunnen de volgende mogelijkheden van zuivering worden afgeleid :

Matig verhoogd : Zuivering op lokatie voor chloor afbreekbaar cyanide lijkt niet toepasbaar. Verwijdering van onopgeloste bestanddelen t.b.v. verwijdering van kompleks gebonden cyaniden.

Sterk verhoogd : Biologische zuivering met afgasbehandeling. Verwijdering van onopgeloste bestanddelen t.b.v. verwijdering van kompleks gebonden cyaniden.

Zeer sterk verhoogd : Biologische zuivering met afgasbehandeling, chemische oxydatie of ionenwisseling.

Verwijdering van onopgeloste bestanddelen t.b.v. verwijdering van kompleks gebonden cyaniden.

7.3.6 Metalen

Van metalen is bekend dat deze voor een deel aan de onopgeloste bestanddelen geadsorbeerd zijn. De onopgeloste bestanddelen kunnen met relatief eenvoudige middelen, bijvoorbeeld zandfiltratie, uit het grondwater verwijderd worden. Op deze wijze kan het gehalte onopgeloste bestanddelen teruggebracht worden tot 10.000 µg/l. Het ijzergehalte kan na beluchting, zandfiltratie en eventueel ontijzering teruggebracht worden tot 2.000 à 3.000 µg/l. Het verdient aanbeveling om na te gaan of metalen voornamelijk geadsorbeerd of voornamelijk als ion voorkomen. Metalen die in de vorm van ionen aanwezig zijn kunnen niet door middel van zandfiltratie verwijderd worden.
Kwik en cadmium dienen als zwart te worden beschouwd, arseen behoort tot de lijst van 129 potentieel zwarte stoffen, terwijl de overige metalen behoren tot de groep overige verontreinigingen. Daarom dient een onderscheid gemaakt te worden tussen kwik, cadmium en arseen en de overige metalen.

<u>kwik en cadmium, arseen en de overige metalen</u> kunnen in principe met behulp van de volgende technieken op de saneringslokatie verwijderd worden :

- Coagulatie/flocculatie;
- Precipitatie;
- Hyperfiltratie;
- Ionenwisseling;
- Kombinaties van bovengenoemde technieken.

In tabel 7.3.6 zijn de richtprijzen vermeld zoals deze in de praktijk aangetroffen zijn voor behandeling van grondwater dat voor wat betreft de verontreiniging als matig-, sterk- en zeer sterk verhoogd geklassificeerd is. Tevens is in deze tabel de omvang van de lozingen aangegeven.

Tabel 7.3.6 : Overzicht van in de praktijk aangetroffen omvang van lozingen en richtprijzen voor zuivering van met metalen verontreinigd grondwater.

Klassifikatie	MATIG VERHOOGD		STERK VERHOOGD		ZEER STERK VERHOOGD	
Concentratie	Hg < 20 µg/l Cd < 100 µg/l As < 1.000 µg/l Cr < 2.000 µg/l Cu < 2.000 µg/l Ni < 2.000 µg/l Pb < 2.000 µg/l Sn < 1.500 µg/l Zn < 8.000 µg/l		Hg 20 - 200 µg/l Cd 100 - 1.000 µg/l As 1.000 - 10.000 µg/l Cr 2.000 - 20.000 µg/l Cu 2.000 - 20.000 µg/l Ni 2.000 - 20.000 µg/l Pb 2.000 - 20.000 µg/l Sn 1.500 - 15.000 µg/l Zn 8.000 - 80.000 µg/l		Hg > 200 µg/l Cd > 1.000 µg/l As > 10.000 µg/l Cr > 20.000 µg/l Cu > 20.000 µg/l Ni > 20.000 µg/l Pb > 20.000 µg/l Sn > 15.000 µg/l Zn > 80.000 µg/l	
Debiet	20 - 30 m^3/h		20 - 30 m^3/h		20 - 30 m^3/h	
Techniek \ R.pr.	f/m^3	f/kg	f/m^3	f/kg	f/m^3	f/kg
1.Coagulatie/ flocculatie						
2.Precipitatie	2,50 5,--		2,50 5,--	100 (Zn)	2,50 5,--	
3.Hyperfiltratie						
4.Ionenwisseling	1,50	9.700 (Cu) 35.000 (Zn)	1,50	1.200 (Ni) 2.200 (Cu) 77.000 (Cd)	1,50	4.500 (Cd)
5.Reduktie					1,--	500
6.Bezinking/coagulatie/flocculatie/precipitatie/zandfiltratie/aktieve kooladsorptie *			3,--	160		
7.Bezinking/coagulatie/flocculatie/precipitatie/zandfiltratie/luchtstrippen met afgasbehandeling *	1,60		1,60		1,60	

R.pr.: Richtprijs.
* : Zuiveringssysteem bestaande uit de genoemde zuiveringsstappen.

N.b. : De richtprijzen per m^3 en per kilogram verwijderde verontreiniging hebben niet steeds betrekking op dezelfde sanering.
In een aantal gevallen is niet duidelijk of de richtprijzen per m^3 behoren tot de klassifikatie matig-, sterk- danwel zeer sterk verhoogd. In die gevallen zijn de richtprijzen onder iedere klassifikatie afzonderlijk vermeld.

Op grond van de genoemde uitgangspunten en de gegevens uit tabel 7.3.6 kunnen voor de verwijdering van kwik en cadmium de volgende mogelijkheden van zuivering worden afgeleid :
Matig verhoogd : Zuivering op lokatie lijkt hier niet toepasbaar. Voor een aantal technieken zijn echter geen praktijkgegevens beschikbaar. In de praktijk dient daarom aan de hand van de genoemde uitgangspunten voor iedere sanering afgewogen te worden in hoeverre een saneringsinspanning gewenst is.
Sterk verhoogd : Zuivering op lokatie lijkt hier niet toepasbaar. Voor een aantal technieken zijn echter geen praktijkgegevens beschikbaar. In de praktijk dient daarom aan de hand van de genoemde uitgangspunten voor iedere sanering afgewogen te worden in hoeverre een saneringsinspanning gewenst is.
Zeer sterk verhoogd : Coagulatie/flocculatie/precipitatie/zandfiltratie/ionenwisseling of hyperfiltratie.

Op grond van de genoemde uitgangspunten en de gegevens uit tabel 7.3.6 kunnen voor de verwijdering van arseen en de overige metalen de volgende mogelijkheden van zuivering worden afgeleid :
Matig verhoogd : Zuivering op lokatie lijkt hier in eerste instantie niet toepasbaar. Voor coagulatie/flocculatie/precipitatie zijn echter geen praktijkgegevens beschikbaar. In principe is het grondwater wel behandelbaar, met name voor wat betreft het zinkgehalte, en uit andere bronnen [38] blijkt dat de richtprijzen ook lager kunnen uitvallen. In dat geval is coagulatie/-flocculatie/precipitatie wel toepasbaar.
Sterk verhoogd : Coagulatie/flocculatie/precipitatie/-zandfiltratie.
Zeer sterk verhoogd : Coagulatie/flocculatie/precipitatie/zandfiltratie/ionenwisseling of hyperfiltratie.

7.3.7 Vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen

Tot deze groep behoren zowel alifatische chloor koolwa-

terstoffen, zoals chloormethanen, chloorethanen en chloorethenen, als aromatische chloor koolwaterstoffen, zoals een aantal chloorbenzenen. Een aantal van deze stoffen behoort tot de lijst van 129 potentieel zwarte stoffen.

Vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen kunnen in principe met behulp van de volgende technieken op de saneringslokatie verwijderd worden :

- Aktieve kooladsorptie;
- Chemische oxydatie;
- Luchtstrippen met afgasbehandeling;
- Biologische zuivering met afgasbehandeling;
- Hyperfiltratie;
- Ozon/UV;
- Kombinaties van bovengenoemde technieken.

In tabel 7.3.7 zijn de richtprijzen vermeld zoals deze in de praktijk aangetroffen zijn voor behandeling van grondwater dat voor wat betreft de verontreiniging als matig-, sterk- en zeer sterk verhoogd geklassificeerd is. Tevens is in deze tabel de omvang van de lozingen aangegeven.

Tabel 7.3.7 : Overzicht van in de praktijk aangetroffen omvang van lozingen en richtprijzen voor zuivering van met vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen verontreinigd grondwater.

Klassifikatie	MATIG VERHOOGD		STERK VERHOOGD		ZEER STERK VERHOOGD	
Concentratie	Alif.i. < 500 µg/l Alif.t. < 700 µg/l Arom.i. < 100 µg/l Arom.t. < 200 µg/l		Alif.i. 500 - 5.000 µg/l Alif.t. 700 - 7.000 µg/l Arom.i. 100 - 1.000 µg/l Arom.t. 200 - 2.000 µg/l		Alif.i. > 5.000 µg/l Alif.t. > 7.000 µg/l Arom.i. > 1.000 µg/l Arom.t. > 2.000 µg/l	
Debiet	15 - 35 m^3/h		15 - 35 m^3/h		15 - 35 m^3/h	
Techniek \ R.pr.	f/m^3	f/kg	f/m^3	f/kg	f/m^3	f/kg
1.Aktieve kooladsorptie	0,45 0,50	660 790	9,50	2.000		
2.Chemische oxydatie						
3.Luchtstrippen met afgasbehandeling	0,25	360 395	0,90 2,50 500,--	4.500 6.200 80.000	2,50	500
4.Luchtstrippen zonder afgas-behandeling	0,15 1,--	230 240	0,20 1,--	30	0,20 1,--	5
5.Biologische zuivering met afgasbehandeling						
6.Hyperfiltratie						
7.Ozon/UV Oxydatie						

R.pr.: Richtprijs.
Alif.i.: Individuele alifatische chloor koolwaterstoffen.
Alif.t.: Totaal alifatische chloor koolwaterstoffen.
Arom.i.: Individuele aromatische chloor koolwaterstoffen.
Arom.t.: Totaal aromatische chloor koolwaterstoffen.

N.b. : De richtprijzen per m^3 en per kilogram verwijderde verontreiniging hebben niet steeds betrekking op dezelfde sanering.
In een aantal gevallen is niet duidelijk of de richtprijzen per m^3 behoren tot de klassifikatie matig-, sterk- danwel zeer sterk verhoogd. In die gevallen zijn de richtprijzen onder iedere klassifikatie afzonderlijk vermeld.

Op grond van de genoemde uitgangspunten en de gegevens uit tabel 7.3.7 kunnen de volgende mogelijkheden van zuivering worden afgeleid :

Matig verhoogd : Aktieve kooladsorptie of luchtstrippen met afgasbehandeling.

Sterk verhoogd : Aktieve kooladsorptie of luchtstrippen met afgasbehandeling.

Zeer sterk verhoogd : Aktieve kooladsorptie, luchtstrippen met afgasbehandeling of kombinaties van technieken.

7.3.8 Hoogkokende gechloreerde koolwaterstoffen

Tot deze groep behoren onder andere een aantal chloorbenzenen, de chloorfenolen, polycyclische chloor koolwaterstoffen en polychloorbifenylen (PCB). Vrijwel alle hoogkokende gechloreerde koolwaterstoffen behoren tot de lijst van 129 potentieel zwarte stoffen.
Van een aantal van genoemde stoffen is bekend dat deze voor een deel aan de onopgeloste bestanddelen geadsorbeerd zijn of dat ze voor een deel in de oliefase voorkomen (bijvoorbeeld PCB). De onopgeloste bestanddelen en de olie-fase kunnen met relatief eenvoudige middelen uit het grondwater verwijderd worden. Voor de verwijdering van de oliefase kan een olieafscheider/-voorbezinking ingezet worden. Op deze wijze kan het gehalte vrije olie teruggebracht worden tot 20.000 µg/l (er is namelijk vrijwel nooit sprake van emulsies in het onttrokken grondwater). De olieafscheider/voorbezinker kan tevens als buffer, zandvang, ontluchter en eventueel ontijzering dienen. Voor de verwijdering van onopgeloste bestanddelen kan een zandfilter ingezet worden. Op deze wijze kan het gehalte onopgeloste bestanddelen teruggebracht worden tot 10.000 µg/l. Het ijzergehalte kan na beluchting, zandfiltratie en eventueel ontijzering teruggebracht worden tot 2.000 à 3.000 µg/l. Na deze behandeling zullen de nevenverontreinigingen geen storing meer geven in navolgende zuiveringsstappen. Het verdient aanbeveling om na te gaan of de verontreinigingen voornamelijk voorkomen in de waterfase, de oliefase en/of voornamelijk aan onopgeloste bestanddelen geadsorbeerd zijn.

Hoogkokende gechloreerde koolwaterstoffen kunnen in principe met behulp van de volgende technieken op de saneringslokatie verwijderd worden :

- Aktieve kooladsorptie;
- Chemische oxydatie;
- Biologische zuivering met afgasbehandeling;
- Ultrafiltratie;

- Hyperfiltratie;
- Ozon/UV;
- Kombinaties van bovengenoemde technieken.

Voor zover bekend zijn bij geen van de onderzochte verontreinigingsbronnen hoogkokende gechloreerde koolwaterstoffen aangetroffen. Hierdoor kan niet aangegeven worden op welke wijze als matig-, sterk- en zeer sterk verhoogd geklassificeerd grondwater behandeld kan worden. Indien hoogkokende gechloreerde koolwaterstoffen op een bepaalde lokatie in het grondwater aangetroffen worden zal aan de hand van de verwachte influent concentratie, het verwachte debiet, het rendement van de beschikbare zuiveringstechnieken, de kosten van de beschikbare zuiveringstechnieken en het effekt van de (rest)lozing afgewogen moeten worden op welke wijze het grondwater in dat specifieke geval behandeld kan worden.

7.3.9 (Minerale) olie, benzine en diesel olie

(Minerale) olie en benzine bevatten monocyclische aromatische koolwaterstoffen. Diesel olie bevat in mindere mate monocyclische aromatische koolwaterstoffen, maar bevat veel naftaleen. Bij de verontreinigingen met (minerale) olie en benzine verdient het dan ook aanbeveling om na te gaan of er ook monocyclische koolwaterstoffen aanwezig zijn. Bij verontreiniging van het grondwater met diesel olie verdient het aanbeveling om na te gaan of ook naftaleen voorkomt. (Minerale) olie, benzine en diesel olie behoren tot de overige verontreinigingen.

(Minerale) olie, benzine en diesel olie kunnen in principe met behulp van de volgende technieken op de saneringslokatie verwijderd worden :

- Olie-afscheiding;
- Coagulatie/flocculatie/flotatie;
- Coagulatie/flocculatie/zandfiltratie;
- Aktieve kooladsorptie;
- Biologische zuivering met afgasbehandeling;

- Ultrafiltratie;
- Hyperfiltratie;
- Coälescentie;
- Harsadsorptie;
- Ozon/UV;
- Kombinaties van bovengenoemde technieken.

De verschijningsvorm van (minerale) olie, benzine en diesel olie (suspensie, emulsie of opgelost) is bepalend voor de keuze van de zuiveringstechniek.

In tabel 7.3.8 zijn de richtprijzen vermeld zoals deze in de praktijk aangetroffen zijn voor behandeling van grondwater dat voor wat betreft de verontreiniging als matig-, sterk- en zeer sterk verhoogd geklassificeerd is. Tevens is in deze tabel de omvang van de lozingen aangegeven.

Tabel 7.3.8 : Overzicht van in de praktijk aangetroffen omvang van lozingen en richtprijzen voor zuivering van met (minerale) olie, benzine of diesel olie verontreinigd grondwater.

Klassifikatie	MATIG VERHOOGD		STERK VERHOOGD		ZEER STERK VERHOOGD	
Concentratie	< 6.000 µg/l		6.000 - 60.000 µg/l		> 60.000 µg/l	
Debiet	10 - 25 m^3/h		10 - 25 m^3/h		10 - 25 m^3/h	
Techniek \ R.pr.	f/m^3	f/kg	f/m^3	f/kg	f/m^3	f/kg
1.Olie-afscheiding	0,15		0,15		0,05 0,15 3,25	
2.Coagulatie/flocculatie/flotatie	0,70 2,55		0,70 2,55		0,70 2,55	150
3.Coagluatie/ flocculatie/ zandfiltratie	1,15 3,10				1,15 3,10	70
4.Aktieve kooladsorptie	1,50	3.000	1,50	550		
5.Biologische zuivering met afgasbehandeling			0,40	150		
6.Ultrafiltratie						
7.Hyperfiltratie						
8.Coälescentie						
9.Harsadsorptie						
10.Ozon/UV Oxydatie	4,50 9,80		4,50 9,80		4,50 9,80	

R.pr.: Richtprijs.

N.b. : De richtprijzen per m^3 en per kilogram verwijderde verontreiniging hebben niet steeds betrekking op dezelfde sanering.
In een aantal gevallen is niet duidelijk of de richtprijzen per m^3 behoren tot de klassifikatie matig-, sterk- danwel zeer sterk verhoogd. In die gevallen zijn de richtprijzen onder iedere klassifikatie afzonderlijk vermeld.

Op grond van de genoemde uitgangspunten en de gegevens uit tabel 7.3.8 kunnen de volgende mogelijkheden van zuivering worden afgeleid :

Matig verhoogd : Zuivering op lokatie lijkt hier niet toepasbaar.

Sterk verhoogd : Olie-afscheiding of biologische zuivering met afgasbehandeling.

Zeer sterk verhoogd : Olie-afscheiding, coagulatie/-flocculatie/flotatie, coagulatie/flocculatie/zandfiltratie of biologische zuivering met afgasbehandeling.

7.3.10 Bestrijdingsmiddelen

Bij bestrijdingsmiddelen kan een onderscheid gemaakt worden tussen insekticiden (onder andere organo chloor- en organo fosfor bestrijdingsmiddelen), fungiciden (onder andere organo tin- en organo koper bestrijdingsmiddelen) en herbiciden (onder andere dithiocarbamaten en fenoxycarbonzuren). Bij de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen in grondwater is het van belang om na te gaan of en in hoeverre ze bij de onttrekking van grondwater aanwezig zijn en of ze geadsorbeerd zijn aan onopgeloste bestanddelen. In zijn algemeenheid zullen herbiciden vaker water oplosbaar zijn dan insekticiden of fungiciden. De onopgeloste bestanddelen kunnen met relatief eenvoudige middelen, bijvoorbeeld zandfiltratie, uit het grondwater verwijderd worden. Op deze wijze kan het gehalte onopgeloste bestanddelen teruggebracht worden tot 10.000 µg/l. Het ijzergehalte kan na beluchting, zandfiltratie en eventueel ontijzering teruggebracht worden tot 2.000 à 3.000 µg/l. Het verdient aanbeveling om na te gaan of bestrijdingsmiddelen voornamelijk geadsorbeerd of voornamelijk opgelost voorkomen. Een aantal bestrijdingsmiddelen behoren tot de lijst van 129 potentieel zwarte stoffen.

Bestrijdingsmiddelen kunnen in principe met behulp van onder andere de volgende technieken op de saneringslokatie verwijderd worden :

- Coagulatie/flocculatie/zandfiltratie;
- Aktieve kooladsorptie;
- Hyperfiltratie;
- Kombinaties van bovengenoemde technieken.

Voor zover bekend zijn bij geen van de onderzochte verontreinigingsbronnen bestrijdingsmiddelen aangetroffen. Hierdoor kan niet aangegeven worden op welke wijze als matig-, sterk- en zeer sterk verhoogd geklassificeerd grondwater behandeld kan worden. Indien bestrijdingsmiddelen op een bepaalde lokatie in het

grondwater aangetroffen worden zal aan de hand van de verwachte influent concentratie, het verwachte debiet, het rendement van de beschikbare zuiveringstechnieken, de kosten van de beschikbare zuiveringstechnieken en het effekt van de (rest)lozing afgewogen moeten worden op welke wijze het grondwater in dat specifieke geval behandeld kan worden.

7.4 Vaststellen saneringsinspanning en lozingseisen

De algemene uitgangspunten voor het te voeren beleid in het kader van de Wet verontreiniging oppervlaktewateren zijn in paragraaf 7.2 en 7.3 specifiek voor lozingen van grondwater afkomstig van bodemsaneringen ingevuld aan de hand van :

- de aard van de in grondwater voorkomende stoffen,
- de concentraties van de in onttrokken grondwater voorkomende stoffen,
- de grondwater-onttrekkingsdebieten,
- het rendement van de voor behandeling van grondwater beschikbare zuiveringstechnieken,
- de kosten van de voor behandeling van grondwater beschikbare zuiveringstechnieken en
- het effekt van de (rest)lozing.

Voor de afzonderlijke, in grondwater mogelijk voorkomende, stoffen of groepen van stoffen is aldus de saneringsinspanning vastgesteld. In deze paragraaf worden de indikatieve lozingsnormen op basis hiervan afgeleid.

Lozingsnormen voor lozingen van grondwater afkomstig van bodemsaneringen kunnen als volgt vastgesteld worden:

1. Per stof of per stofgroep dient aan de hand van de (verwachte) samenstelling van het onttrokken grondwater nagegaan te worden of er sprake is van grondwater dat voor wat betreft de mate van verontreiniging geklassificeerd is als matig-, sterk- of zeer sterk verhoogd voor die betreffende stof of stofgroep.

2. Voor iedere stof of stofgroep dient de gewenste saneringsinspanning afzonderlijk vastgesteld te worden. Hiervoor kan paragraaf 7.3 in kombinatie met tabel 7.4.1 gehanteerd worden.
3. In tabel 7.4.1 zijn de indikatieve lozingsnormen weergegeven voor de afzonderlijke stoffen of groepen van stoffen. Deze indikatieve lozingsnormen zijn direkt gekoppeld aan de technieken die toegepast kunnen worden.
   Bij bepaalde technieken wordt de effluent concentratie minder sterk bepaald door de influent concentratie. Voor die gevallen is de indikatieve lozingsnorm een effluent waarde die praktisch haalbaar moet worden geacht. Indien dit in de praktijk namelijk niet het geval is, betekent dit dat de techniek niet- of onvoldoende funktioneert. In een aantal gevallen is alleen een indikatieve lozingsnorm genoemd. Deze indikatieve lozingsnorm komt overeen met de effluent waarde die praktisch maksimaal haalbaar is met behulp van de geselekteerde technieken. Derhalve is ook geen rendement vermeld.
4. De in tabel 7.4.1 genoemde indikatieve lozingsnormen kunnen gebruikt worden voor de limitering van het gehalte van de betreffende stof of stofgroep in enig proportioneel etmaal monster. De limitering van het gehalte in enig steekmonster kan een faktor 2 hoger gesteld worden.

Tabel 7.4.1 : Invulling van het saneringsbeleid en de normstelling voor lozingen op rioleringsstelsels of zeer ruim ontvangende oppervlaktewateren.

Parameter	MATIG VERHOOGD			STERK VERHOOGD			ZEER STERK VERHOOGD		
	Influent (µg/l)	Rendement (%)	Indikatieve lozingsnorm (µg/l)	Influent (µg/l)	Rendement (%)	Indikatieve lozingsnorm (µg/l)	Influent (µg/l)	Rendement (%)	Indikatieve lozingsnorm (µg/l)
MONOCYCLISCHE AROMATISCHE K.W.ST.									
- Benzeen	< 50	*/**		50 - 500	> 90	10	> 500	> 99	10
- Tolueen	< 500	*/**		500 - 5.000	> 90	50	> 5.000	> 99	50
- Ethylbenzeen	< 600	*/**		600 - 6.000	> 90	50	> 6.000	> 99	50
- Xylenen	< 600	*/**		600 - 6.000	> 90	50	> 6.000	> 99	50
- BTEX (som)	< 1.000	*/**		1.000 - 10.000	> 90	100	> 10.000	> 99	100
POLYCYCLISCHE AROMATISCHE K.W.ST.									
- Naftaleen	< 300	**		300 - 3.000	> 90	40	> 3.000	> 99	40
- Overige PAK (EPA)	< 400	> 90	50	400 - 4.000	> 99	50	> 4.000	> 99	50
FENOL/FENOLEN	< 500	**		500 - 5.000	*/**		> 5.000	> 99	50
CYANIDE (door Chloor afbreekbaar)	< 1.000	**		1.000 - 10.000	> 90	100	> 10.000	> 99	100
CYANIDE (Kompleks)	< 2.000	***		2.000 - 20.000	***		> 20.000	***	
METALEN									
- Kwik (Hg)	< 20	n.b.		20 - 200	*	4	> 200	> 98	4
- Cadmium (Cd)	< 100	*	20	100 - 1.000	*	20	> 1.000	> 98	20

Tabel 7.4.1 : Invulling van het saneringsbeleid en de normstelling voor lozingen op rioleringsstelsels of zeer ruim ontvangende oppervlaktewateren (vervolg).

Parameter	MATIG VERHOOGD			STERK VERHOOGD			ZEER STERK VERHOOGD		
	Influent (µg/l)	Rendement (%)	Indikatieve lozingsnorm (µg/l)	Influent (µg/l)	Rendement (%)	Indikatieve lozingsnorm (µg/l)	Influent (µg/l)	Rendement (%)	Indikatieve lozingsnorm (µg/l)
METALEN									
- Arseen (As)	< 1.000		200	1.000 - 10.000		200	> 10.000	> 98	200
- Chroom (Cr)	< 2.000		500	2.000 - 20.000		500	> 20.000	> 98	500
- Koper (Cu)	< 2.000		500	2.000 - 20.000		500	> 20.000	> 98	500
- Nikkel (Ni)	< 2.000		500	2.000 - 20.000		500	> 20.000	> 98	500
- Lood (Pb)	< 2.000		500	2.000 - 20.000		500	> 20.000	> 98	500
- Tin (Sn)	< 1.500		500	1.500 - 15.000		500	> 15.000	> 98	500
- Zink (Zn)	< 8.000		500	8.000 - 80.000		500	> 80.000	> 98	500
VLUCHTIGE GECHLOREERDE K.W.ST.									
- Individuele alifatische chloor koolwaterstoffen	< 500	> 99	10	500 - 5.000	> 99	10	> 5.000	> 99	10
- Totaal alifatische chloor koolwaterstoffen	< 700	> 99	20	700 - 7.000	> 99	20	> 7.000	> 99	20
- Individuele aromatische chloor koolwaterstoffen	< 100	> 99	10	100 - 1.000	> 99	10	> 1.000	> 99	10
- Totaal aromatische chloor koolwaterstoffen	< 200	> 99	20	200 - 2.000	> 99	20	> 2.000	> 99	20
MINERALE OLIE (BENZINE, DIESELOLIE)	< 6.000		< 6.000	6.000 - 60.000		6.000 - 20.000	> 60.000		20.000

Toelichting :

- In de eerste kolom is de influent waarde vermeld behorend bij de klassifikatie matig-, sterk- danwel zeer sterk verhoogd.
- In de tweede kolom is in een aantal gevallen het minimale rendement vermeld van de techniek(en) die toegepast kunnen worden.
- In de derde kolom is de indikatieve lozingsnorm vermeld. Deze is in een aantal gevallen berekend aan de hand van het rendement van de techniek(en) die toegepast kunnen worden. In een aantal gevallen is de effluent waarde niet of nauwelijks afhankelijk van de influent waarde. In die gevallen is de indikatieve lozingsnorm een waarde die praktisch haalbaar geacht moet worden. In een aantal gevallen is alleen een indikatieve lozingsnorm genoemd. Deze indikatieve lozingsnorm komt overeen met de effluent waarde die praktisch maksimaal haalbaar is met behulp van de geselekteerde technieken. Derhalve is ook geen rendement vermeld.

* : Zuivering op lokatie lijkt hier niet toepasbaar. Echter niet voor alle technieken zijn praktijkgegevens beschikbaar. In de praktijk dient daarom aan de hand van de genoemde uitgangspunten voor iedere sanering afgewogen te worden in hoeverre een saneringsinspanning gewenst is.

** : Bij lozingen op zeer ruim ontvangende oppervlaktewateren dient nagegaan te worden in hoeverre er vanuit waterkwaliteitsoogpunt (aanvullende) saneringsmaatregelen vereist zijn.

*** : Verwijdering van onopgeloste bestanddelen.

n.b.: Niet bekend.

In veel gevallen verdient het aanbeveling om te voorzien in een kalamiteiten voorziening bestaande uit een buffer/bezinker annex olie-afscheider.

Door het volgen van de bovenvermelde aanpak kan invulling worden gegeven aan een van de uitgangspunten van het brongerichte beleid - de toepassing van beste bestaande technieken / best uitvoerbare technieken. Voor het vaststellen van de daadwerkelijke lozingskriteria moet bij lozing op riolering nog rekening worden gehouden met de in paragraaf 7.2.7 genoemde uitgangspunten, hetgeen in specifieke gevallen tot strengere lozingskriteria kan leiden dan volgens tabel 7.4.1. Voor lozingen op oppervlaktewater mag de lozing niet leiden tot overschrijding van de voor het desbetreffende oppervlaktewater geldende kwaliteitsdoelstelling. Zeker bij lozing op minder ruim ontvangend oppervlaktewater kan dit veelal strengere lozingskriteria betekenen.

Bij de bovenvermelde aanpak dient opgemerkt te worden dat vergunningverlening maatwerk is en ook maatwerk zal blijven. In de praktijk zal daarom steeds voor iedere lozing van grondwater afkomstig van bodemsaneringen een afweging gemaakt moeten worden, analoog aan de afweging zoals die hier heeft plaatsgevonden, om de gewenste saneringsinspanning en de lozingseisen vast te kunnen stellen. Hierbij dient dan ook het effekt van de (rest-)lozing betrokken te worden.

Voor de invulling van de ekonomische beschikbaarheid van zuiveringstechnieken kunnen voor de in grondwater meest voorkomende verontreinigingen globale kosten ranges per kilogram verwijderde verontreiniging aangehouden worden :

a) Monocyclische aromatische koolwaterstoffen (BTEX) : f. 500 tot f. 1.000 / kg verwijderd;
b) Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK)
   - Naftaleen : f. 500 tot f. 1.000 / kg verwijderd;
   - Overige : f. 2.500 tot f. 5.000 / kg verwijderd;

c) Fenol/Fenolen : f. 100 tot f. 200 / kg verwijderd;
d) Cyanide (door Chloor afbreekbaar) : f. 300 tot f. 500 / kg verwijderd;
e) Metalen
   - Cd, Hg : f. 2.500 tot f. 5.000 / kg verwijderd;
   - Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, As en Sn : f. 500 tot f. 1.000 / kg verwijderd;
f) Vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen : f. 1.000 tot f. 2.500 / kg verwijderd;
h) (Minerale) olie, benzine en diesel olie : f. 50 tot f. 150 / kg verwijderd.

Aangezien voor zover bekend hoogkokende gechloreerde koolwaterstoffen en bestrijdingsmiddelen bij geen van de onderzochte verontreinigingsbronnen aangetroffen zijn, worden deze hier verder buiten beschouwing gelaten.

Benadrukt wordt dat de bovenstaande kostenranges geen absolute waarde hebben, maar slechts een globale indikatie zijn en gebruikt kunnen worden in de afweging voor de te leveren saneringsinspanning voor lozingen van grondwater afkomstig van bodemsaneringen zoals deze in paragraaf 7.2 en paragraaf 7.3 beschreven is.

Bij bodemsaneringen is "vermindering van de verontreiniging" vrijwel alleen mogelijk door middel van eindzuivering. Brongerichte maatregelen ter voorkoming van verontreiniging zijn niet of nauwelijks mogelijk. Dit betekent dat er vaak sprake zal zijn van relatief omvangrijke stromen met lage concentraties aan verontreinigingen. De kosten per kilogram verwijderde verontreiniging kunnen voor een relatief kleine geconcentreerde stroom aanzienlijk lager liggen dan voor een relatief grote verdunde stroom [36]. Voor de behandeling van relatief kleine stromen kan namelijk volstaan worden met een minder omvangrijke eindzuivering. Tevens kan de eindzuivering als gevolg van de hoge concentraties doelmatiger zijn.

Daarnaast zullen de behandelingskosten bij grondwatersaneringen relatief gezien hoger zijn omdat de afschrijving van de behandelingsinstallatie zeker bij kortdurende projekten zeer sterk prijsbepalend is. Tevens is er steeds sprake van nieuwe lozingen waarbij vaak nog (aanvullende) infrastrukturele voorzieningen gerealiseerd moeten worden (bijvoorbeeld riolering), soms mede gezien het omvangrijke debiet.
Tenslotte is het inzicht in kosten van technieken in relatie tot het verwijderingsrendement nog beperkt. Gezien het beperkte inzicht in kosten dient hierbij voorlopig een range aangehouden te worden.

Gezien het bovenstaande wordt het reeël geacht dat de kostenranges per kilogram verwijderde verontreiniging hoger zijn dan voor sanering van bedrijfsafvalwater gehanteerd zou worden. Hierbij dient tenslotte nog opgemerkt te worden dat bij lozingen van grondwater afkomstig van bodemsaneringen geen kosten gemaakt kunnen worden om te voorkomen dat stoffen in het afvalwater terecht komen (procesaanpassing, het afsplitsen van stromen en procesgebonden zuiveringsmaatregelen) in tegenstelling tot de bedrijfsmatige situatie en tevens geen rekening hoeft te worden gehouden met een bestaande situatie en de reeds door een bedrijf getroffen maatregelen.

Bij lozingen op minder ruim ontvangende oppervlaktewateren moet rekening gehouden worden met de plaatselijke situatie. Er dient minimaal naar gestreefd te worden dat de basiskwaliteit in het ontvangende oppervlaktewater niet overschreden wordt.

Bij lozingen van korte duur en/of van relatief geringe omvang zou afgezien kunnen worden van behandeling op lokatie en kan afvoer per as naar een verwerking elders een toepasbare methode zijn. Hiervoor kunnen echter geen richtlijnen opgesteld worden. Per projekt kan deze verwerkingsmogelijkheid afgewogen worden.

In veel gevallen verdient het aanbeveling om te voorzien in een kalamiteiten voorziening bestaande uit een buffer/bezinker annex olie-afscheider.
Zowel voor de behandeling van water dat vrijkomt bij open bemalingen als water dat vrijkomt bij het afspoelen van vrachtauto's (waswater) dient voorzien te worden in een verwijdering van onopgeloste bestanddelen door middel van zandfiltratie.

8. JURIDISCH KADER VERGUNNINGVERLENING

8.1 Inleiding

De taakopdracht van de subwerkgroep valt uiteen in een procedureel deel en een technisch deel. Voor wat betreft het procedurele deel worden in de taakopdracht de twee volgende aandachtspunten genoemd:

a. Het geven van een overzicht van het huidige beleid met betrekking tot procedurele aspekten inzake lozingen van grondwater afkomstig van bodemsaneringen.

b. Het doen van aanbevelingen over procedurele aspekten, zoals de wijze van vergunningverlening, het stellen van algemene voorschriften, in bepaalde gevallen wel of niet de WABM-procedure toepassen enz.

In dit hoofdstuk worden de twee aandachtspunten verder uitgewerkt. Daarnaast heeft de werkgroep het aanvraagformulier beoordeeld en een modelvergunning opgesteld. Het aanvraagformulier en de modelvergunning zijn bijgevoegd (bijlage 11 en 12).

8.2 Juridisch kader

8.2.1 Direkte lozingen

Voor direkte lozingen van verontreinigd grondwater, afkomstig van een bodemsanering, (al dan niet na voorzuivering) in oppervlaktewater is een vergunning vereist ingevolge artikel 1, eerste lid Wet verontreiniging oppervlaktewateren (WVO). Voor de totstandkoming hiervan wordt de procedure uit hoofdstuk 3 van de WABM gevolgd.

8.2.2 Indirekte lozingen

8.2.2.1 Besluit aanwijzing soorten van inrichtingen (AMvB)

Voor indirekte lozingen (via de gemeentelijke riolering en/of een RWZI) kan een bodemsanering beschouwd worden als een inrichting uit kategorie C van de AMvB (bedrijven die afvalstoffen opslaan, behandelen of verwerken). Voor deze indirekte lozing is dan een vergunning vereist op grond van artikel 1, tweede lid WVO. Voor de totstandkoming hiervan wordt de procedure uit hoofdstuk 3 van de WABM gevolgd.
In deze benadering kunnen 3 aksenten worden gelegd:

a. het dient te gaan om **opslaan, behandelen of verwerken** van afvalstoffen;
b. het dient, blijkens de toelichting, te gaan om bedrijven **met als belangrijkste aktiviteit** opslaan, behandelen of verwerken van afvalstoffen;
c. een bodemsanering is **niet als voorbeeld** genoemd in de toelichting. Wel is vermeld bedrijven, inrichtingen en installaties ten behoeve van het verwerken van chemische afvalstoffen, vuilverbrandingsinstallaties, vuilstortplaatsen enz.

8.2.2.2 WABM-procedure

Indien een bodemsanering als een AMvB-kategorie C inrichting wordt aangemerkt, is ingevolge artikel 7 van de WVO hoofdstuk 3 van de WABM van toepassing op de vergunningverlening. Vervolgens dient dan nog een keuze gemaakt te worden tussen de normale en de verkorte procedure. Tot de verkorte procedure kan worden besloten indien redelijkerwijs kan worden aangenomen dat er geen behoefte aan bestaat over de aanvraag adviezen uit te brengen of daartegen bezwaren in te brengen (art. 29 WABM). De normale procedure duurt in principe 7 maanden en de verkorte procedure neemt ± 4 maanden in beslag.

Bij het parlement is het nieuwe hoofdstuk 'Vergunningen en algemene regels' van de WABM aanhangig gemaakt. Met het aannemen van dit wetsontwerp vervalt het onderscheid tussen de verkorte en de normale procedure. In de dan te volgen procedure worden de aanvraag en de

ontwerpbeschikking tegelijk ter visie gelegd. Deze procedure duurt maximaal 6 maanden.

8.2.2.3 Lozingsverordening riolering (LVR)

Indien een bodemsanering niet als een AMvB-kategorie C inrichting wordt aangemerkt is op de lozing (in ieder geval) de LVR van toepassing.

Ingevolge artikel 3, eerste lid nieuwe model-LVR (1987) geldt voor een indirekte lozing via de gemeentelijke riolering en/of een RWZI afkomstig van een bodemsanering een kennisgevingsplicht. Twee maanden voordat de lozing zal aanvangen dient schriftelijk kennis te worden gegeven aan burgemeester en wethouders. Deze kennisgevingsplicht vervalt op grond van artikel 3, zevende lid model-LVR zover de WVO van toepassing is. Dit laatste doet zich voor wanneer een bodemsanering als een AMvB-kategorie C inrichting wordt aangemerkt.

8.3 Huidig beleid

Begin 1988 is een enquête uitgevoerd onder de waterkwaliteitsbeheerders naar de gevolgde (vergunning)procedure met betrekking tot bodemsaneringsprojecten. Met betrekking tot 275 projekten zijn gegevens ontvangen die in bijlage 8 zijn gerubriceerd.
De belangrijkste uitkomsten van de enquête zijn als volgt samen te vatten:

a) de WVO-vergunningsprocedure is voor minder dan de helft (43%) van de projecten gevolgd, terwijl met betrekking tot 46% van de projecten de afspraken (voorwaarden) werden vastgelegd in een zgn. gedoogbrief of overeenkomst. 11% Van de projecten werden in het kader van de LVR geregeld.
b) Met betrekking tot de kortdurende lozingen (<1 jaar) van relatief geringe omvang werd meestal geen WVO-procedure doorlopen maar volstaan met het vastleggen van afspraken.

8.3.1 Direkte lozingen

Bij direkte lozingen afkomstig van een bodemsanering wordt door vrijwel alle waterkwaliteitsbeheerders gehandeld, zoals beschreven in paragraaf 8.2.1.

8.3.2 Indirekte lozingen

8.3.2.1 Besluit aanwijzing soorten van inrichtingen (AMvB)

Door waterkwaliteitsbeheerders wordt op verschillende wijzen gewerkt nl. een bodemsanering wordt wel beschouwd als een AMvB-kategorie C inrichting (A) of niet als zodanig aangemerkt (B). In het eerste geval wordt meestal een WVO-vergunning verleend en in het tweede geval wordt (soms) een gedoogbrief verstuurd (toestemming onder voorwaarden).

De keuze voor A wordt gemotiveerd door:

a. er wordt gehandeld in de geest van de AMvB (4 november 1983) die regelt dat ook voor de lozing van zogenaamde zwarte en grijze lijst-stoffen op rioleringen en zuiveringstechnische werken een WVO-vergunning nodig is. Deze stoffen komen ook vrij bij bodemsaneringen;
b. interpretatie van "opslaan, behandelen of verwerken van afvalstoffen". Dit heeft bij sommige waterkwaliteitsbeheerders geleid tot een kriterium "al dan niet behandeling van het verontreinigde grondwater voor lozing".

De keuze voor B wordt gemotiveerd door:

c. bij een bodemsanering is de lozing van het verontreinigde grondwater niet de belangrijkste aktiviteit;
d. een bodemsanering wordt niet (als voorbeeld) genoemd in de toelichting van de AMvB en/of er vindt geen behandeling van het grondwater plaats.

8.3.2.2 WABM-procedure in het kader van de WVO

Door sommige waterkwaliteitsbeheerders wordt bij een bodemsanering de WVO-vergunningsprocedure wel gevolgd, door andere gebeurt dit niet. Het spreekt vanzelf dat dit nauw samenhangt met de door waterkwaliteitsbeheerder gemaakte keuze onder 8.3.2.1.

Als argumenten voor het wel volgen van de WVO-vergunningsprocedure worden gehanteerd:

I een bodemsanering, uitgevoerd door de provincie in het kader van de IBS, wordt op een gegeven moment opgenomen in een saneringsprogramma voor een bepaald jaar. Op dat tijdstip kan ook de aanvraag voor de WVO-vergunning worden ingediend en de WABM-procedure van start gaan;

II de WABM-procedure beoogt de belangen van derden te waarborgen. Door het, indien nodig, volgen van de verkorte procedure kan tegemoet gekomen worden aan m.n. het tijdsbelang van de aanvrager.

Als argumenten voor het niet volgen van de WVO-vergunningsprocedure worden gehanteerd:

III de WABM-procedure duurt te lang (zelfs de verkorte procedure) in vergelijking met de beperkte duur van de lozing bij bodemsaneringen die niet in het kader van de IBS plaatsvinden en bij bodemsaneringen naar aanleiding van kalamiteiten;

IV bij bodemsaneringen uitgevoerd in het kader van de IBS worden belangen van derden gewaarborgd door de IBS.

8.3.2.3 Lozingsverordening riolering (LVR)

Op dit moment geldt in de meeste gemeenten die over een LVR beschikken een LVR konform het oude model. Ten behoeve van het verlenen van een LVR-vergunning wordt door de gemeente dan op grond van de aansluitvergunning

een zogenaamde verklaring van geen bezwaar gevraagd aan de beheerder van de RWZI. Op deze wijze heeft de beheerder van de RWZI invloed op een indirekte lozing van verontreinigd grondwater.

In die gemeenten die over een LVR beschikken konform het nieuwe model geldt voor de onderhavige lozingen een kennisgevingsplicht, tenzij de bodemsanering als een AMvB-kategorie C inrichting wordt aangemerkt. Vanwege de recente totstandkoming van het nieuwe model is nog niet veel ervaring opgedaan met deze werkwijze.

8.3.3 Samenvatting huidig beleid

De diverse argumenten voor het al of niet volgen van vergunningsprocedure zijn in bijlage 9 nog eens op een rijtje gezet.
Gekonkludeerd kan worden dat er op dit moment geen eenduidig beleid bestaat ten aanzien van de vergunningsprocedure met betrekking tot lozingen van grondwater afkomstig van bodemsaneringen. Het wordt noodzakelijk geacht om de regelgeving ter zake te verduidelijken c.q. aan te passen.

8.4 Mogelijkheden tot verduidelijking c.q. aanpassing regelgeving

8.4.1 Verduidelijking Besluit aanwijzing soorten van inrichting (AMvB) van 4 nov. 1983 Stb. 577

Bij het aanwijzen van soorten van inrichtingen is gedacht aan inrichtingen waarvan bekend is dat deze door de aard van het produkt of het produktieproces zwarte- en grijze lijststoffen kunnen lozen. Bij het onderhavige besluit zijn de eerste kategorieën van inrichtingen aangewezen. Onder kategorie C worden: "bedrijven die afvalstoffen opslaan, behandelen of verwerken" genoemd. In de toelichting hierop wordt deze kategorie als volgt beschreven: "bedoeld zijn de be-

drijven met als belangrijkste aktiviteit het opslaan, behandelen of verwerken van afvalstoffen. Hieronder worden mede verstaan bedrijven, inrichtingen en installaties ten behoeve van het zuiveren van afvalwater c.q. ten behoeve van het verwerken van chemische afvalstoffen, vuilverbrandingsinstallaties, vuilstortplaatsen enz".
De werkgroep is van oordeel dat bodemsanering - ook al wordt deze daarin niet expliciet genoemd - onder de werking van de AMvB van 4 november 1983, Stb. 577 (kategorie C) en derhalve onder de WVO-vergunningplicht valt. Dit oordeel is gebaseerd op het doel en de strekking van genoemde AMvB als ook door het niet limitatieve karakter van de nota van toelichting van de AMvB op dit punt.
Voorgesteld wordt bij de komende wijziging van deze AMvB in de toelichting expliciet aan te geven dat bodemsanering tot kategorie C behoort.

Zoals uit de toelichting op de AMvB-inrichtingen blijkt is de belangrijkste reden voor het aanwijzen van inrichtingen geweest dat het aanwijzen van stoffen een groot aantal praktische bezwaren met zich mee zou brengen. Voorgesteld wordt een AMvB-stoffen hier verder buiten beschouwing te laten, omdat de praktische bezwaren die daaraan verbonden zijn nog steeds bestaan.

8.4.2 De procedure voor de vergunningverlening vereenvoudigen

8.4.2.1 Parapluvergunning

In een parapluvergunning kunnen de voorwaarden worden opgenomen ten aanzien van een aantal bodemsaneringen, terwijl op het moment dat een bodemsanering daadwerkelijk wordt uitgevoerd met een melding kan worden volstaan. De parapluvergunning zal aan een aantal eisen moeten voldoen, zoals:

a. één vergunninghouder (vergunningverlening is een individueel middel; één vergunning voor meer

vergunninghouders zou een soort algemene regeling betekenen, hetgeen in strijd is met de WVO);

b. regeling van soortgelijke lozingen (bv. lozingen van verontreinigd grondwater afkomstig van bodemsaneringen bij tankstations);

c. voor de totstandkoming van een parapluvergunning dient de WABM-procedure doorlopen te worden (belanghebbenden mogen niet beperkt worden in hun bezwaar- en beroepsmogelijkheden).

In bijlage 10 is de te volgen werkwijze nader aangegeven. Tevens zijn enkele voor- en nadelen met betrekking tot de parapluvergunning vermeld.

De werkgroep meent dat een parapluvergunning in enkele gevallen een mogelijke oplossing kan zijn (bv. een oliemaatschappij die binnen een bepaald gebied de bodem bij meerdere tankstations wil saneren, kan een parapluvergunning aanvragen). Aangezien het nodig lijkt dat iedere waterkwaliteitsbeheerder meer/vele parapluvergunningen afgeeft wordt de parapluvergunning geen universeel bruikbare mogelijkheid geacht.

8.4.2.2 Artikel 7, tweede lid WVO

In artikel 7, eerste lid wordt aangegeven in welke gevallen met betrekking tot de totstandkoming van een beschikking op een aanvraag om verlening of wijziging van een vergunning hoofdstuk 3 van de WABM van toepassing is. In artikel 7, tweede lid wordt aangegeven dat, in afwijking van het eerste lid, in bepaalde gevallen hoofdstuk 3 van de WABM niet van toepassing is. Dit laatste is het geval indien de beschikking betrekking heeft op afvalwater van huishoudelijke aard, waarvan de vervuilingswaarde geringer is dan 100 inwonerequivalenten, tenzij dat afvalwater wordt gebracht in bij of krachtens AMvB aangewezen oppervlaktewateren.
Het tweede lid zou aangevuld kunnen worden met de volgende omschrijving: "afvalwater, dat vrijkomt bij bodemsaneringen, waarvan de lozing slechts van tijde-

lijke duur is, er geen rechtstreekse lozing vanuit een werk op oppervlaktewater plaatsvindt en de schadelijkheid van de te lozen stoffen van zeer ondergeschikte aard is". In de toelichting op dit wetsartikel zal meer expliciet dienen te blijken welke lozingen daaronder dienen te worden gerangschikt. Uitgangspunt hierbij is dat bodemsaneringen in beginsel onder de AMvB-inrichtingen blijven vallen, doch voor een bepaalde groep de WABM-procedure niet van toepassing is.
De nadelen van de hiervoor beschreven wetswijziging zijn dat de eksakte invulling van de toelichting erg moeilijk lijkt en dat het lang kan duren voordat een dergelijke wetswijziging doorgevoerd is.

8.4.2.3 Algemene regels

Oorspronkelijk is de vergunningplicht in de WVO voornamelijk bedoeld geweest voor lozingen op oppervlaktewater. De lozers op de riolering waren vrijgesteld indien zij de regels van de beheerder van de riolering in acht namen. Om reeds genoemde redenen zijn bepaalde soorten inrichtingen, welke op de riolering lozen, onder de vergunningplicht van de WVO gebracht. Uit tot nu toe verzamelde gegevens blijkt dat binnen de lozingen van verontreinigd grondwater afkomstig van bodemsaneringen verschillende soorten groepen kunnen worden onderscheiden (verontreinigingsbronnen) met overeenkomstige lozingssituaties (uitgezonderd de grootte van de RWZI). Hiermee kunnen de milieuhygiënische omstandigheden voor de diverse verontreinigingsbronnen vergelijkbaar worden geacht. Voor de hier bedoelde bodemsaneringen kan naast vergunningverlening aan algemene regels worden gedacht. Op dit moment kunnen op grond van de WVO geen algemene regels worden gesteld, anders dan door middel van de hiervoor reeds beschreven AMvB-stoffen. Na een wijziging van de WABM met een hoofdstuk 'Vergunningen en algemene regels' zal het stellen van algemene regels mogelijk zijn.

8.4.2.4 Wijziging WABM

Om voor de spoedeisende bodemsaneringen te voorzien in de mogelijkheid van een zeer snelle en eenvoudige vergunningsprocedure zou de WABM aangepast kunnen worden. De werkgroep adviseert deze mogelijkheid nader te onderzoeken.

9. KONKLUSIES EN AANBEVELINGEN

De opdracht van werkgroep VI van de CUWVO aan de subwerkgroep was een onderzoek in te stellen naar zowel de technische kant als de procedurele kant van lozingen van grondwater afkomstig van bodemsaneringen.

9.1 Konklusies

9.1.1 Beleidsmatige konklusies

1. In het algemeen is bij grondwatersaneringen vrijwel altijd sprake van de aanwezigheid van (potentiële) zwarte-lijststoffen in steeds verschillende concentraties. Er is vrij vaak sprake van omvangrijke lozingen met relatief lage concentraties aan verontreinigingen. Door het omvangrijke debiet kunnen er toch aanzienlijke vrachten aan verontreinigingen geloosd worden.
2. Brongerichte maatregelen ter voorkoming van verontreiniging worden niet of nauwelijks toegepast. Kwaliteit en kwantiteit van het onttrokken grondwater zijn vaak een gegeven; "vermindering van de verontreiniging" is alleen mogelijk door middel van eindzuivering.
3. Door de relatief lage concentraties aan verontreinigingen en de aanwezigheid van nevenverontreinigingen, die het zuiveringsresultaat negatief kunnen beïnvloeden, is zuivering van grondwater niet eenvoudig. De samenstelling kan in de loop van de tijd aanzienlijk wijzigen. Tevens is er steeds sprake van tijdelijke lozingen. (Deze tijdelijkheid kan echter variëren van enige dagen tot meerdere jaren).
   Hierdoor is de benadering toch enigzins anders dan voor de bedrijfsmatige lozingen.
4. De algemene uitgangspunten voor het te voeren beleid in het kader van de Wet verontreiniging oppervlaktewateren zijn in hoofdstuk 7 specifiek

voor lozingen van grondwater afkomstig van bodemsaneringen ingevuld aan de hand van :

- de aard van de in grondwater voorkomende stoffen,
- de concentraties van de in onttrokken grondwater voorkomende stoffen,
- de grondwater-onttrekkingsdebieten,
- het rendement van de voor behandeling van grondwater beschikbare zuiveringstechnieken,
- de kosten van de voor behandeling van grondwater beschikbare zuiveringstechnieken en
- het effekt van de (rest)lozing.

Voor de afzonderlijke, in grondwater mogelijk voorkomende, stoffen of groepen van stoffen zijn aldus de saneringsinspanning, alsmede de hiervan afgeleide indikatieve lozingsnormen, vastgesteld.

5. Lozingsnormen kunnen vastgesteld worden aan de hand van de (verwachte) samenstelling van het onttrokken grondwater, waarbij nagegaan dient te worden of er sprake is van grondwater dat voor wat betreft de mate van verontreiniging geklassificeerd is als matig-, sterk- of zeer sterk verhoogd voor die betreffende stof of stofgroep.
Aan de hand hiervan dient voor iedere stof of stofgroep de gewenste saneringsinspanning afzonderlijk vastgesteld te worden. Hiervoor kan paragraaf 7.3 in kombinatie met tabel 7.4.1 gehanteerd worden. In tabel 7.4.1 zijn de indikatieve lozingsnormen weergegeven voor de afzonderlijke stoffen of groepen van stoffen. Deze indikatieve lozingsnormen zijn direkt gekoppeld aan de technieken die toegepast kunnen worden.

9.1.2 Procedurele konklusies

6. Uit de begin 1988 onder waterkwaliteitsbeheerders uitgevoerde enquête naar de gevolgde vergunningsprocedure met betrekking tot lozingen van grondwater afkomstig van bodemsaneringen is gebleken dat

er op dit punt op dit moment geen eenduidig beleid is.

9.1.3 Algemene konklusies

7. Voor wat betreft de behaalde effluentconcentraties, -rendementen en kosten van technieken is weinig praktijk-informatie beschikbaar. Vaak wordt uitsluitend de kwaliteit van het effluent bepaald zodat nagegaan kan worden of voldaan wordt aan hetgeen in de WVO-vergunning omschreven is. In veel mindere mate wordt gekeken naar het daadwerkelijke effekt van de toegepaste technieken. Verder worden de kosten die met de zuivering van grondwater gemoeid zijn in de praktijk niet of nauwelijks geëvalueerd. Bij het opstellen van deze rapportage is gebleken dat het cijfermateriaal van uitgevoerde saneringen dat ter beschikking stond zeer beperkt is, hetgeen een reden te meer is om bij de interpretatie van gegevens terughoudendheid te betrachten.
8. Bronnen van verontreiniging die momenteel veel voorkomen of die in de toekomst veel zullen voorkomen zijn :
   - Voormalige gasfabrieksterreinen;
   - Garage- en transportbedrijven, brandstofopslag en -distributie en aanverwante bedrijven;
   - Metaalprodukten industrie en aanverwante industrie alsmede grafische industrie en aanverwante industrie;
   - Chemische wasserijen en aanverwante industrie;
   - Voormalige stortingen van afvalstoffen.
9. Uit een inventarisatie is gebleken dat in de periode 1980 - 1988 zo'n 500 tot 550 bodemsaneringsprojekten uitgevoerd zijn of in uitvoering zijn genomen waarbij grondwateronttrekking heeft plaatsgevonden (Zowel IBS projekten als niet-IBS

projekten). In ca. 60 % van deze gevallen is er sprake van zuivering op de lokatie. Verwacht wordt dat de grondwateronttrekkingen en grondwatersaneringen, en met name bij de projekten die niet in het kader van de IBS uitgevoerd worden, in aantal zeer sterk zullen toenemen. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de projekten die niet in het kader van de IBS uitgevoerd worden vaak spoedeisend zijn. Het aantal spoedeisende grondwateronttrekkingen zal dan ook zeer sterk toenemen.

9.1.4 Technische konklusies

10. Gebleken is dat grond en grondwater in de praktijk niet steeds op dezelfde wijze bemonsterd en geanalyseerd worden. Bij de bemonstering en analyse van grond en grondwater is een uniforme werkwijze zeer belangrijk.
11. Hoe met de aanwezigheid van drijflagen, grof bezinksel en onopgeloste bestanddelen in grondwatermonsters omgegaan moet worden is niet eenduidig vastgelegd. Dit is met name van belang bij de bemonstering en de analyse van grondwater en bij het ontwerp van een zuiveringsinstallatie.
12. In die gevallen waar het grondwater op de lokatie behandeld wordt alvorens het geloosd wordt kunnen nevenverontreinigingen de werking van een behandelingsinstallatie negatief beïnvloeden. Bij de bemonstering en analyse van grondwater dient meer aandacht besteed te worden aan de parameters ijzer (Fe), mangaan (Mn), calcium (Ca), magnesium (Mg), chloride (Cl), sulfaat (SO_4^{2-}), carbonaat (CO_3^{2-}), pH, organische stof, humusachtige verbindingen, zwevende stof en bezinkbare stof.
13. De tot nu toe gehanteerde voorspellingsmethoden voor de bepaling van de influentconcentratie en de onttrekkingsduur leiden tot een voorspelde influent concentratie die in vrijwel alle gevallen (veel) hoger is dan de werkelijke concentratie,

terwijl de voorspelde onttrekkingsduur in de praktijk in vrijwel alle gevallen (veel) te kort is. Toepassing van een voorspellingsinstrument levert naar verwachting een verbetering van de voorspellingen op ten opzichte van de gangbare methoden.

14. De uitvoering van een proefonttrekking (pompproef) kan de betrouwbaarheid van de beschikbare praktijkgegevens en daarmee de betrouwbaarheid van de voorspelling verbeteren. Tevens kan door middel van een proefonttrekking een eventueel te realiseren zuiveringsinstallatie beter gedimensioneerd worden. In de praktijk wordt tot nog toe niet veel gewerkt met proefonttrekkingen.
15. Bij toepassing van coagulatie/flocculatie of precipitatie kan een pH wijziging er in bepaalde gevallen toe leiden dat een neerslag van calciumcarbonaat (kalk) ontstaat door wijziging van het kalk-koolzuurevenwicht.
16. Bij toepassing van aktieve kool adsorptie kan desorptie van stoffen plaatsvinden. Met name als in eerst instantie grondwater met hoge concentraties aan verontreinigingen behandeld is en vervolgens grondwater met lage concentraties aan verontreinigingen, kan dit verschijnsel optreden. In die gevallen zou tot aparte behandeling overgegaan moeten worden van geconcentreerd afvalwater. Bij langdurige projekten verdient het aanbeveling om de aktieve kooladsorptie terugspoelbaar uit te voeren.
17. Chemische oxydatie door middel van chloor of chloordioxide kan leiden tot de vorming van ongewenste eindprodukten (bijvoorbeeld organochloorverbindingen).
18. Bij toepassing van luchtstrippers kan door de aanwezigheid van veel ijzer en/of mangaan afzettingen op de vullichamen of de geperforeerde plaat ontstaan. Deze afzettingen dienen regelmatig verwijderd te worden om het rendement van de

luchtstripper te waarborgen.

19. Voor het gebruik van membraantechnieken bij grondwaterzuivering is een goed vooronderzoek naar hardheid, zoutconcentraties en pH noodzakelijk. Tevens is pilot-plant onderzoek met behulp van membraanmodules op lokatie noodzakelijk voor het voorkomen en vaststellen van membraanvervuiling.
20. Bij toepassing van ionenwisselaars kunnen hogere zoutgehalten van het grondwater de ionenwisselingsselektiviteit beperken, waardoor het zuiveringsrendement afneemt. De te behandelen stroom mag ook geen zwevend materiaal of andere stoffen bevatten die de ionenwisselaar vervuilen. Voorafgaand aan de ionenwisselaar dient het grondwater daartoe door middel van (zand)filtratie behandeld te worden.
21. Bij projekten van langere duur kan biologische behandeling op lokatie van verontreinigd grondwater goed toepasbaar zijn. In de praktijk wordt biologische behandeling op lokatie echter nog niet veel toegepast.

9.2 Aanbevelingen

9.2.1 Beleidsmatige aanbevelingen

1. Een aanvullende evaluatie van praktijkervaringen, voor wat betreft de behaalde effluentconcentraties, -rendementen en kosten van zuiveringstechnieken, is zeer gewenst. Hierbij kunnen ook andere, naast de ten behoeve van deze rapportage geëvalueerde bronnen van verontreiniging, bronnen van verontreiniging die in de toekomst mogelijk belangrijk zullen worden bekeken worden.
   Om deze evaluatie mogelijk te maken is het noodzakelijk dat gegevens voor wat betreft de behaalde effluentconcentraties, -rendementen en kosten van zuiveringstechnieken in de praktijk op een structurele wijze gemeten en verzameld worden. Daar-

naast moet nagegaan worden of het Databestand grondwatersaneringen van DBW/RIZA gebruikt kan worden als een centrale opslag van praktijkervaringen met betrekking tot grondwatersaneringen. Mogelijk kan bij de uitwerking van een en ander aansluiting gezocht worden bij het onderzoeksprojekt "Evaluatie praktijk grondwaterreiniging bij bodemsanering" dat in opdracht van de Projektgroep Onderzoek Grondwaterreiniging bij Bodemsanering (POGB) onlangs is opgestart.
Tevens zou overwogen kunnen worden om een standaard evaluatieformulier voor grondwatersaneringen op te stellen (in analogie aan het evaluatieformulier dat voor bodemsaneringen is opgesteld).

2. Een aantal studies op het gebied van grondwaterreiniging bij bodemsanering worden op dit moment nog uitgevoerd. Daarnaast wordt voorgesteld om een aanvullende evaluatie van praktijkervaringen uit te voeren. Zodra hieromtrent meer bekend is zou overwogen kunnen worden om deze rapportage, die gezien kan worden als een eerste aanzet voor een beleidsevaluatie, aan de aktuele stand van zaken van dat moment aan te passen.

9.2.2 Procedurele aanbevelingen

3. Het wordt wenselijk geacht om in de toelichting op de AMvB-kategorie C inrichtingen expliciet te vermelden dat bodemsaneringsprojecten tot kategorie C behoren. Bodemsaneringsprojekten dienen te vallen onder de AMvB-kategorie C inrichtingen ten aanzien waarvan in principe de WABM-procedure dient te worden gevolgd.
4. Vooralsnog kan afgezien worden van het ontwerpen van een AMvB-stoffen alsmede wijziging van artikel 7, tweede lid WVO teneinde lozingen van verontreinigd grondwater afkomstig van een bodemsanering daaronder te laten vallen.
5. In incidentele gevallen kan gebruik gemaakt worden

van een, landelijk in CUWVO-verband te ontwikkelen, model-parapluvergunning.

6. Met betrekking tot de kortdurende lozingen van geringe omvang dient de mogelijkheid tot het stellen van algemene regels te worden bezien zodat de WABM-procedure niet behoeft te worden doorlopen. Hiervoor zou de WVO dan allereerst gewijzigd moeten worden. Met de voorgenomen wijziging van de WABM (hoofdstuk vergunningen en algemene regels) en de daarmee samenhangende wijziging van de WVO wordt naar verwachting in 1992 in deze mogelijkheid voorzien.
7. De mogelijkheid om in de WABM te voorzien in een zeer snelle en eenvoudige vergunningsprocedure voor de spoedeisende bodemsaneringen dient nagegaan te worden.
8. In afwachting van een strukturele oplossing voor wat betreft de echte spoedeisende gevallen dient in de praktijk naar bevind van zaken gehandeld te worden, hetgeen soms ongewild tot gedoogsituaties zal kunnen leiden. Het verdient evenwel vanuit handhavingsoogpunt aanbeveling deze gedoogsituaties, vooruitlopend op eventuele WVO-vergunningverlening, schriftelijk vast te leggen.

9.2.3 Algemene aanbevelingen

9. Nader onderzoek naar het gedrag van stoffen in rioleringsstelsels en rioolwaterzuiveringsinstallaties is gewenst.
10. Een sterkere ontwikkeling van nieuwe- en bestaande zuiveringstechnieken, die gericht zijn op de vernietiging van stoffen en/of een geringere hoeveelheid restprodukten opleveren, is gewenst.
11. Nader onderzoek naar de effektiviteit van afgasbehandelingssystemen is gewenst.
12. Het verdient aanbeveling om de waterkwaliteitsbeheerder bij de technische beoordeling en aanpak van een mogelijk verontreinigde lokatie te betrek-

ken op het moment dat saneringsalternatieven opgesteld en beoordeeld worden.

9.2.4 Technische aanbevelingen

13. Bij de bemonstering en analyse van grond en grondwater is het gewenst dat zo uniform mogelijk te werk wordt gegaan. Aanbevolen wordt voor de bemonstering van grond en grondwater de VPR te hanteren en voor de analyse zoveel mogelijk uit te gaan van de NEN voorschriften (zie bijlage 3). Indien geen NEN voorschriften voorhanden zijn kan uitgegaan worden van de VPR.
14. Bij de bemonstering en de analyse van grondwatermonsters alsmede bij de behandeling van grondwater dient rekening gehouden te worden met de aanwezigheid van drijflagen, grof bezinksel en onopgeloste bestanddelen. Hoe hier mee omgegaan moet worden is niet eenduidig vastgelegd. Nader onderzoek op dit punt is gewenst.
15. In die gevallen waar grondwater onttrokken en behandeld gaat worden dient aandacht besteed te worden aan de parameters ijzer (Fe), mangaan (Mn), calcium (Ca), magnesium (Mg), chloride (Cl), sulfaat (SO_4^{2-}), carbonaat (CO_3^{2-}), pH, organische stof, humusachtige verbindingen, zwevende stof en bezinkbare stof aangezien deze de werking van de behandelingsinstallatie negatief kunnen beïnvloeden.
16. Voor de voorspelling van de kwaliteit van het op te pompen grondwater (influentconcentratie) en de tijd waarin akseptabele rest-concentraties in het grondwater worden bereikt (noodzakelijke onttrekkingsduur) dient zoveel mogelijk gewerkt te worden met een voorspellingsmodel.
17. Het verdient aanbeveling om door middel van een proefonttrekking (pompproef) de betrouwbaarheid van de voorspelling van influentconcentratie en onttrekkingsduur te verbeteren. Tevens kan door

middel van een proefonttrekking gekombineerd met een proefzuivering een eventueel te realiseren zuiveringsinstallatie beter gedimensioneerd worden. Het verdient echter aanbeveling om in diezelfde pompproef aandacht te besteden aan de aanwezigheid van onopgeloste bestanddelen en de hieraan geadsorbeerde verontreinigingen.

18. Indien chemische oxydatie door middel van chloor of chloordioxide toegepast wordt verdient het aanbeveling om deze steeds als laatste zuiveringsstap in een zuiveringssysteem te plaatsen.

10. LITERATUUR

1. Nieuwe grondwaterzuiveringstechnieken bij bodemsanering, DBW/RIZA nota 88.028, augustus 1988.

2. Problematiek van vaste afvalstoffen en bodemverontreiniging, Stichting Postakademiale Vorming Gezondheidstechniek, september 1987.

3. Optimalisatie van fysisch/chemische zuivering van door galvanische en aanverwante industrie verontreinigd grondwater, DBW/RIZA nota 88.006, maart 1988.

4. Grondwaterbehandeling bij bodemsanering, DBW/RIZA nota 86.023, oktober 1986.

5. Reiniging van grondwater van voormalige gasfabrieksterreinen, Ministerie van VROM, Reeks Bodembescherming nr. 53, oktober 1985.

6. Reiniging van verontreinigd grondwater van een voormalig gasfabrieksterrein (resultaten van een praktijkonderzoek), DBW/RIZA nota 88.007, maart 1988.

7. TAUW Infra Consult, Interne projekten, 1988.

8. Databestand grondwatersaneringen DBW/RIZA, 1988.

9. Zuivering van percolatiewater van stortplaatsen voor voornamelijk huishoudelijke afvalstoffen, CUWVO werkgroep VI, september 1987.

10. Voorspellingsinstrument grondwatersaneringen (achtergronden en gebruik), DHV dossier 1-2315-41-01, juni 1988.

11. Verwijdering van aromaten en PAK uit verontreinigd

grondwater in een aerobe biologische zuivering (fase 1), DBW/RIZA nota 88.005, maart 1988.

12. Indicatief Meerjaren Programma Water 1985 - 1989, Tweede Kamer der Staten Generaal, vergaderjaar 1984 - 1985.

13. Leidraad bodemsanering, Staatsuitgeverij, 1986.

14. Handboek bodemsaneringstechnieken, Staatsuitgeverij, 1988.

15. Haute, Prof. Ir. A. van, Waterbehandeling, Amsterdam, 1973.

16. Weber, Walter J. and Jones, Bruce E., Toxic substance removal in activated sludge and PAC treatment systems, EPA/600/S2-86/045, june 1986.

17. Onderzoek waterbehandeling TOP Leeuwarden (voortgangsverslag 2e fase), Witteveen+Bos, januari 1988.

18. Onderzoek waterbehandeling TOP Leeuwarden (voortgangsverslag 3e fase), Witteveen+Bos, juni 1988.

19. Onderzoek waterbehandeling TOP Leeuwarden (voortgangsverslag 4e fase), Witteveen+Bos, augustus 1988.

20. Hout, M. van den, De ontgifting van cyanide (een inventarisatie), Heidemij Adviesbureau, februari 1986.

21. Toepassingsmogelijkheden membraantechnologie bij grondwaterreiniging (koncept), TAUW Infra Consult/X-Flow, juni 1988.

22. Voorlopige Praktijkrichtlijnen (VPR) voor bemon-

stering en analyse bij bodemverontreiniging, Ministerie van VROM, Reeks Bodembescherming nr. 55a en nr. 55b, december 1985.

23. Assink, J.W. and Brink, W.J. van den, Contaminated soil (First international TNO conference on contaminated soil), 11 - 15 november 1985.

24. Wolf, K., et.al., Contaminated Soil '88 (Second international TNO/BMFT conference on contaminated soil), 11 - 15 april 1988.

25. Bodemsanering op in gebruik zijnde bedrijfsterreinen, TAUW Infra Consult, november 1987.

26. Aanvullende onderzoeken ten behoeve de voorbereiding van de sanering van het gasfabrieksterrein te Breda, Oosterhout, februari 1987.

27. Biologische zuivering van grondwater verontreinigd met HCH en benzenen (proeven met een oxydatiebed op semi-technische schaal), TAUW Infra Consult, 1987.

28. Schraa, Dr. G., Inventarisatie van relevante microbiologische omzettingen en micro-organismen, Landbouw Universiteit Wageningen, 1987.

29. Diverse WVO-vergunningen.

30. Saneringsmaatregelen bij een aantal bronnen van verontreiniging, TAUW Infra Consult, oktober 1988.

31. Culp, R.L. et.al., Handbook of advanced wastewater treatment, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1978.

32. Oriënterend onderzoek naar het gedrag van niet-zuurstofbindende en milieuvreemde stoffen in

rioolwaterzuiveringsinstallaties, DBW/RIZA nota nr. 86.06.

33. Norit N.V., Amersfoort, Persoonlijke mededelingen, november 1988.

34. NBM Bodemsanering B.V., 's-Gravenhage, Persoonlijke mededelingen, november 1988.

35. Nyer, E.K., Groundwater treatment technology, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1985.

36. Operationalisering van de begrippen Best Uitvoerbare en Beste Bestaande Technieken, ONRI, september 1986.

37. Teer- en PAK-problematiek bij onderzoek van bodembeschermingsgevallen met teerachtige stoffen, Ministerie van VROM, Reeks Bodembescherming nr. 72, februari 1988.

38. Afvalwaterproblematiek bij de oppervlaktebehandeling van metalen, CUWVO Werkgroep VI, december 1987.

Bijlage 1 : Verklarende woordenlijst

Adsorptie	:	Het binden van een gas of opgeloste stof aan het oppervlak van vaste stof als gevolg van fysische krachten.
Aeroob	:	Aanwezigheid van zuurstof.
Afdeklaag	:	Bovenste, afdichtende niet-watervoerende laag van een bodem.
AMvB	:	Algemene Maatregel van Bestuur.
Anaeroob	:	Afwezigheid van zuurstof.
Biodegradatie	:	Biologische afbraak van stoffen door mikro-organismen.
Bodem	:	Buitenste deel van de aard-korst.
Bronmaatregelen	:	Maatregelen die genomen kunnen worden ter voorkoming van verontreiniging aan de bron.
BTEX	:	Verzamelnaam voor benzeen, tolueen, ethylbenzeen en xylenen.
Civiel technische isolatie	:	Techniek waarbij door het aanbrengen van een afsluiting de verspreiding wordt tegengegaan in de bodem.
Colloïdale toestand	:	Toestand van stoffen die zich fijnverdeeld in een vloeistof bevinden, waarbij de deeltjes groter zijn dan een molekuul en kleiner dan die in suspensie.
CUWVO	:	Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren.
Deepwell	:	Onttrekkingsbron met onderwaterpomp voor bijvoorbeeld de verwijdering van (verontreinigd) water afkomstig uit het diepere grondwater.
Desorptie	:	Opheffen van adsorptie.
Dichtheidsstroming	:	Verspreiding als gevolg van verschillen in dichtheid.
Dispersie	:	Heterogene verspreiding.
Doorlaatfaktor	:	Maat voor het vermogen van de grond om vloeistof of gas door te laten, gelijk te stellen aan de volumestroom door een eenheid van oppervlakte als de stijghoog-

		tegradiënt loodrecht op het oppervlak gelijk is aan één.
Doorlatendheid	:	Het vermogen van de grond om vloeistof of gas door te laten.
Emulsie	:	Vloeistof waarin een niet-oplosbare stof of stoffen in fijne druppeltjes verdeeld blijven zweven.
Freatisch vlak	:	Het denkbeeldig vlak door de punten waar de druk van het grondwater een drukhoogte nul heeft (= grondwaterspiegel).
Fysisch-chemische isolatie	:	Techniek waarbij door het injekteren van chemicaliën de verontreinigingen aan de grond worden gebonden (geïmmobiliseerd) of onbereikbaar worden gemaakt voor het grondwater.
Geohydrologische isolatie	:	Techniek waarbij door het plaatsen van grondwateronttrekkingssystemen verontreinigd grondwater wordt afgepompt.
Gesuspendeerde stof	:	Zeer kleine deeltjes die verdeeld in een vloeistof zweven.
Grondwater-onttrekking	:	Oppompen van (verontreinigd) water uit de bodem.
Grondwatersanering	:	Verwijdering van (verontreinigd) water uit de bodem met aanvullende behandeling die al dan niet op lokatie plaatsvindt.
Grondwaterspiegel	:	Het denkbeeldig vlak door de punten waar de druk van het grondwater een drukhoogte nul heeft (= freatisch vlak).
Grondwater-stijghoogten	:	De som van drukhoogte en plaatshoogte. Kan met behulp van een peilbuis gemeten worden.
Grondwater zone	:	Deel van de grond onder de grondwaterspiegel waarin het water zich vrij kan bewegen.

Hangwaterzone	:	Deel van de grond waarin zich het vocht bevindt dat afkomstig is van neerslag die in de grond is blijven hangen of water dat is blijven hangen na het zakken van de grondwaterspiegel.
Horizontale drainage	:	Horizontaal onttrekkingssysteem met name geschikt voor de verwijdering van (verontreinigd) water uit de ondiepe grondwaterzone.
Hot spots	:	Delen van een terrein die zeer sterk verontreinigd zijn, of die veel sterker verontreinigd zijn dan de overige delen van een terrein.
IBC	:	Isoleren, Beheersen en Controleren.
IBS	:	Interimwet bodemsanering.
In situ-biorestauratie	:	Techniek waarbij de in het bodemkompartiment aanwezige verontreiniging met behulp van mikro-organismen verwijderd wordt, zonder dat daarbij grondverzet plaatsvindt.
In situ reiniging	:	Techniek waarbij de in het bodemkompartiment aanwezige verontreiniging verwijderd wordt, zonder dat daarbij grondverzet plaatsvindt.
Isolatie	:	Techniek waarbij de verontreinigde lokatie afgescheiden wordt van de omgeving zonder dat de verontreiniging verwijderd wordt.
Kalk-koolzuur evenwicht	:	Verhouding tussen carbonaat (CO_3^{2-}), bicarbonaat (HCO_3^-) en vrij koolzuur (CO_2) in het grondwater.
Kapillaire krachten	:	Krachten die ontstaan als gevolg van krachten tussen de molekulen van de vloeistof en de molekulen van de wand van het kapillair.

Kontaminatie	:	Het proces waarbij de uitgangsgehalten van bepaalde stoffen in een bepaalde situatie wordt verhoogd waardoor van vervuiling kan worden gesproken.
Konvektie	:	Transport van stoffen als gevolg van een beweging van lucht- of waterstroming.
LVR	:	Lozingsverordening riolering.
Maaiveld	:	Bodemoppervlak.
Molekulaire diffusie	:	Het transport van in oplossing zijnde molekulen onder invloed van concentratie-verschillen.
Nevenreiniging	:	Stofverwijdering die van ondergeschikt belang is.
Nevenverontreiniging	:	Stoffen die niet als gevolg van een bepaalde aktiviteit in de grond en/of het grondwater terecht gekomen zijn.
Nutriënten	:	Voedingsstof.
NVPG	:	Nederlandse Vereniging van Procesmatige Grondreinigingsbedrijven.
Ontgraving	:	Grondverzet.
Onverzadigde zone	:	Deel van de grond waarin de poriën gedeeltelijk met water zijn gevuld.
Openbemaling	:	Onttrekkingssysteem voor het oppompen van in bouwputten toestromend water door middel van bijvoorbeeld een klokpomp of dompelpomp.
Open-kapillaire zone	:	Deel van de grond boven de grondwaterspiegel waarin de poriën gevuld zijn met water en lucht.
PAK	:	Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen.
Partikulair gebonden	:	Aan deeltjes (onopgeloste bestanddelen) gebonden.
Peilbuis	:	Vertikaal geplaatste buis, voorzien van een filtergedeelte, waarin de grondwaterstand kan worden gemeten.
Perkolatiewater	:	Water dat ten gevolge van doorstroming

		door een medium (verontreinigende) stoffen heeft opgenomen.
Perswater	:	Aanhangend water dat vrijkomt bij de opslag van (verontreinigde) grond.
Pilot-plant	:	Semi-praktijk schaal.
Referentie-waarde	:	Concentratienivo waarboven wel en waaronder niet sprake is van een aantoonbare verontreiniging (A-waarde).
Richtlijn	:	Richtlijn gekontroleerd storten.
RWZI	:	Rioolwaterzuiveringsinstallatie.
Stroomlijnen	:	Lijn waarvan de richting in ieder punt de richting van de gemiddelde watersnelheid aangeeft, die op een gegeven tijdstip bestaat.
Suspensie	:	Vloeistof of gas waarin een andere stof in zeer kleine deeltjes verdeeld zweeft.
Toetsingswaarde	:	Concentratienivo waarboven mogelijk sprake kan zijn van ernstig gevaar voor de volksgezondheid of het milieu (B-waarde).
TOP	:	Tijdelijke opslagplaats voor verontreinigde grond.
Vakuümbemaling	:	Bronneringssysteem bestaande uit filters die met flexibele slangen aan een gemeenschappelijke zuigleiding zijn gekoppeld, waarop een vakuümpomp en vakuümketel is aangesloten, en welke met name geschikt is voor de verwijdering van (verontreinigd) grondwater tot een diepte van 5 à 8 meter uit fijnzandige lagen.
Verhang	:	Het quotiënt van het verschil in stijghoogte van het grondwater tussen twee punten.
Vertikale doorlatendheid	:	Het vermogen van de grond om vloeistof of gas door te laten in vertikale richting.
Verzadigde zone	:	Deel van de grond waarin de poriën

		geheel met water zijn gevuld (= grondwaterzone en vol-kapillaire zone.
Vol-kapillaire zone	:	Deel van de grond valk boven de grondwaterspiegel waarin zowel de grote- als de kleine poriën gevuld zijn met water.
VPR	:	Koncept-praktijkrichtlijnen voor bemonstering en analyse inzake bodemverontreinigingsonderzoek.
WABM	:	Wet algemene bepalingen milieuhygiëne.
Watervoerend pakket	:	Geologische formatie, deel van formatie of groep formaties waaruit een waterhoeveelheid van enige betekenis kan worden gewonnen.
WVO	:	Wet verontreiniging oppervlaktewateren.
Zuivering op lokatie	:	Afvalwaterbehandeling die plaatsvindt op het te saneren terrein.
Zuiveringssysteem	:	Kombinatie van twee of meer afvalwaterbehandelingstechnieken.
Zuiveringstechniek	:	Enkelvoudige afvalwaterbehandelingstechniek.

Bijlage 2 : Overzicht en globale beoordeling van de meest gehanteerde bemonsteringsmethoden voor grondwater uit peilbuizen.

Methode	Bereikbare diepte (m -mv)	Geschiktheid voor bemonstering in : a)		Mogelijkheid anaeroob te bemonsteren b)	Geschikt om snel door te pompen in : c)		Geschikt om water met vluchtige verdingen te bemonsteren d)	Mogelijkheid kontaminatie e)	Kosten f)	
		goed doorlatende bodems	slecht doorlatende bodems		goed doorlatende bodems	slecht doorlatende bodems			tijdsbesteding (handzaamheid)	van de apparatuur
1. Zuigpompen 1)	max. 7 m	+	-	-	+	-	+/- 4)	+/-	+	+/-
2. Slangenpomp	max. 7 m	+	-	-	+	-	+/- 4)	+	+/-	+/-
3. Puls	> 7 m	+	+	-	-	+/-	+ 5)	-	+	+
4. Voetklep 2)	> 7 m	+	+	-	-	+	+ 5)	-	+	+
5. Luchtlift	> 7 m	+	+	- 3)	+	-	-	+	-	-
6. Drukmethode (ICW)	> 7 m	+	+	+	+	-	+	+	-	-
7. Onderwaterpomp	> 7 m	+	-	+	+	-	+	-	-	-

Legenda :

1) Zoals handpomp, centrifugaalpomp, vakuümpomp etc..
2) Ofwel kogelslang (pulsslang).
3) Anaeroob bemonsteren is wel mogelijk als een inert gas zoals stikstof of argon wordt gebruikt.
4) Indien een schakeling met twee of meer monsterflessen wordt gebruikt, kan vervluchtiging mogelijk worden verminderd. Tevens dient turbulentie zoveel mogelijk vermeden te worden.
5) Teveel turbulentie vermijden.

a) + = geschikt - = minder geschikt.
b) + = wel mogelijk - = niet mogelijk.
c) + = geschikt - = ongeschikt.
d) + = geschikt - = minder geschikt.
e) + = geen kontaminatie mogelijk - = kontaminatie mogelijk.
f) + = hoge kosten - = lage kosten +/- = matige kosten.

Bijlage 3 : Analysemethoden en aantoonbaarheidsgrenzen voor grond en grondwater.

Parameter	Water	Aantoon-baarheids-grens (µg/l)	Grond	Aantoon-baarheids-grens (mg/kg d.s.)
	Analyse methode		Analyse methode	
Benzeen	GC-P&T ; VPR C85-10	0,2	GC-P&T ; VPR C85-10	0,005
Tolueen	GC-P&T ; VPR C85-10	0,2	GC-P&T ; VPR C85-10	0,005
Ethylbenzeen	GC-P&T ; VPR C85-10	0,2	GC-P&T ; VPR C85-10	0,005
Xylenen	GC-P&T ; VPR C85-10	0,2	GC-P&T ; VPR C85-10	0,005
Naftaleen	GC-P&T ; VPR C85-10	0,2	GC-P&T/Extr.;VPR C85-10/11	0,01 / 1
Dichloormethaan	GC-P&T ; VPR C85-12	0,1	GC-P&T ; VPR C85-12	0,001
Trichloormethaan	GC-P&T ; VPR C85-12	0,1	GC-P&T ; VPR C85-12	0,001
Tetrachloormethaan	GC-P&T ; VPR C85-12	0,1	GC-P&T ; VPR C85-12	0,001
Trichlooretheen	GC-P&T ; VPR C85-12	0,1	GC-P&T ; VPR C85-12	0,001
Tetrachlooretheen	GC-P&T ; VPR C85-12	0,1	GC-P&T ; VPR C85-12	0,001
Acenafthyleen	GC-P&T	0,002-0,005	GC-Extr.	0,002-0,005
Acenaftheen	GC-P&T	0,002-0,005	GC-Extr.	0,002-0,005
Fluoreen	HPLC ; VPR C85-11	0,002-0,005	GC-Extr.	0,002-0,005
Fenanthreen	HPLC ; VPR C85-11	0,002-0,005	HPLC ; VPR C85-11	0,002-0,005
Anthraceen	HPLC ; VPR C85-11	0,002-0,005	HPLC ; VPR C85-11	0,002-0,005
Fluorantheen	HPLC ; VPR C85-11	0,002-0,005	HPLC ; VPR C85-11	0,002-0,005
Pyreen	HPLC ; VPR C85-11	0,002-0,005	HPLC ; VPR C85-11	0,002-0,005
Benzo(a)anthraceen	HPLC ; VPR C85-11	0,002-0,005	HPLC ; VPR C85-11	0,002-0,005
Chryseen	HPLC ; VPR C85-11	0,002-0,005	HPLC ; VPR C85-11	0,002-0,005
Benzo(b)fluorantheen	HPLC ; VPR C85-11	0,002-0,005	HPLC ; VPR C85-11	0,002-0,005
Benzo(k)fluorantheen	HPLC ; VPR C85-11	0,002-0,005	HPLC ; VPR C85-11	0,002-0,005
Benzo(a)pyreen	HPLC ; VPR C85-11	0,002-0,005	HPLC ; VPR C85-11	0,002-0,005
Dibenz(ah)anthraceen	HPLC ; VPR C85-11	0,002-0,005	HPLC ; VPR C85-11	0,002-0,005
Benzo(ghi)peryleen	HPLC ; VPR C85-11	0,002-0,005	HPLC ; VPR C85-11	0,002-0,005
Indeno(1,2,3-cd)pyreen	HPLC ; VPR C85-11	0,002-0,005	HPLC ; VPR C85-11	0,002-0,005

Bijlage 3 : Analysemethoden en aantoonbaarheidsgrenzen voor grond en grondwater (vervolg).

Parameter	Water	Aantoon-baarheids-grens (µg/l)	Grond	Aantoon-baarheids-grens (mg/kg d.s.)
	Analyse methode		Analyse methode	
Fenol	Autoanalyz. ; NEN 6670	0,5	Autoanalyz. / NEN 6670	0,05
Minerale olie (IR)	NEN 6675 ; VPR C85-19	50	NEN 6675	10
Minerale olie	GC-Extr.	200	GC-Extr. ; VPR C85-19	30
Oliefraktie (diesel)	GC-P&T	50	GC-P&T	1
Oliefraktie (benzine)	GC-P&T	20	GC-P&T	0,5
Oliefraktie (white sp)	GC-P&T	50	GC-P&T	1
Cyanide (totaal)	EPA 335.3		EPA 335.3	
Cyanide (vrij)	ISO 6703/2		ISO 6703/2	
Cadmium (Cd)	NEN 6458 ; VPR C85-01	0,1 *	NEN 6452 ; VPR C85-01	0,2 **
Kwik (Hg)	NEN 6449 ; VPR C85-01	0,1 ***	NEN 6449 ; VPR C85-01	0,002 ***
Arseen (As)	Ontw.NEN 6432 ; VPR C85-01	0,2 ***	Ontw.NEN 6432 ;VPR C85-01	0,004 ***
Chroom (Cr)	NEN 6444 ; VPR C85-01	1 *	NEN 6448 ; VPR C85-01	0,4 **
Chroom (VI) (Cr (VI))	NEN 6485 ; VPR C85-01	20 +	NEN 6485 ; VPR C85-01	0,4 +
Koper (Cu)	NEN 6454 ; VPR C85-01	1 *	NEN 6451 ; VPR C85-01	0,2 **
Nikkel (Ni)	NEN 6430 ; VPR C85-01	1 *	NEN 6456 ; VPR C85-01	0,4 **
Lood (Pb)	NEN 6429 ; VPR C85-01	1 *	NEN 6453 ; VPR C85-01	2 **
Zink (Zn)	NEN 6443 ; VPR C85-01	10 **	NEN 6443 ; VPR C85-01	0,2 **
Barium (Ba)	NEN 6436 ; VPR C85-01	5 *	VPR C85-01	1 **
Cobalt (Co)	NEN 6468 ; VPR C85-01	1 *	Ontw,NEN 6469 ;VPR C85-01	0,4 **
Molybdeen (Mo)	VPR C85-01	1 *	VPR C85-01	0,4 **
E.O.X.	Coulometrie ; VPR C85-15	0,1	Coulometrie ; VPR C85-15	0,5
Chloorbenzenen	GC ; VPR C85-13		GC ; VPR C85-13	

Bijlage 3 : Analysemethoden en aantoonbaarheidsgrenzen voor grond en grondwater (vervolg).

Parameter	Water	Aantoon-baarheids-grens	Grond	Aantoon-baarheids-grens
	Analyse methode	(µg/l)	Analyse methode	(mg/kg d.s.)
Chloorfenolen	GC ; VPR C85-14	0,01-0,1	GC ; VPR C85-14	0,02-0,05
Org. chloorpest./PCB	GC-Extr. ; VPR C85-16	0,01	GC-Extr. ; VPR C85-16	0,001
Org. fosforpesticiden	GC-Extr. ; VPR C85-18	0,01	GC-Extr. ; VPR C85-18	0,001
Org. stikstofpest.	GC ; VPR C85-17	0,01	GC ; VPR C85-17	0,001
Anorganisch ammonium	NEN 6472 ; VPR C85-02	10		
Fluoride	NEN 6483 ; VPR C85-03	20	NEN 6483 ; VPR C85-03	0,2
Bromide (opgelost)	VPR C85-06	100	VPR C85-06	1,5
Fosfaat	NEN 6479 ; VPR C85-07	10	NEN 6479 ; VPR C85-07	0,1
Nitriet (opgelost)	NEN 6474 ; VPR C85-08	50		
Nitraat (opgelost)	NEN 6440 ; VPR C85-09	50		
pH	NEN 6411			
Geleidingsvermogen	NEN 6412			

Legenda :

* : met behulp van AAS-grafietoventechniek.
** : met behulp van AAS-vlam/AES-ICP.
*** : met behulp van AAS-hydride/AAS-koude damptechniek.
\+ : met behulp van fotometrie.

Bijlage 4 : Reinigingsmogelijkheden grondwater

1. Inleiding

In deze bijlage worden de technieken en systemen (kombinaties van afzonderlijke technieken) beschreven die toegepast worden of toegepast kunnen worden bij de behandeling van grondwater. Het betreft in vrijwel alle gevallen technieken die op de te saneren lokatie zelf toegepast worden. Veelal zijn de technieken die op lokatie worden toegepast afgeleid van de zuiveringstechnieken die worden toegepast bij de behandeling van huishoudelijk- en industrieel afvalwater en bij de bereiding van drinkwater. Hoewel de ervaring met betrekking tot de waterzuivering bij bodemsaneringen tot ca. 1985 vrij beperkt was, kan gesteld worden dat deze ervaring momenteel zeer sterk toeneemt door het grote aantal projekten dat nu jaarlijks uitgevoerd wordt.
Met name het gedrag van de aangetroffen verontreinigingen (opgelost of partikulair gebonden) is bepalend voor de toegepaste of toe te passen technieken. In bijlage 5a en 5b wordt een overzicht gegeven van de voor de behandeling van verontreinigd grondwater meest geëigende en reeds toegepaste zuiveringstechnieken, waarbij de geschiktheid voor de verwijdering van diverse verontreinigingen is aangegeven naast een aantal kenmerken/beoordelingskriteria.
Aan de hand van de geschiktheid voor de verwijdering van diverse verontreinigingen kan nagegaan worden welke techniek(en) in principe toepasbaar zijn voor de behandeling van grondwater op een te saneren lokatie. Indien er meerdere technieken in principe geschikt zijn kunnen deze technieken aan de hand van de kenmerken/beoordelingskriteria onderling vergeleken worden.

2. Olie-afscheiding

Olie-afscheiding bestaat uit een bassin waar, onder invloed van de zwaartekracht, gemakkelijk opdrijfbare stoffen uit het grondwater verwijderd kunnen worden. De zwaartekracht afscheiding verloopt vrij langzaam zodat een relatief groot oppervlak benodigd is. Een betere olie-afscheiding kan verkregen worden door in de afscheider een voorziening aan te brengen die het kontakt tussen de druppels bevorderd in de vorm van platen, gaasfilters of pakkingsmateriaal (coälescentiefilter). Geëmulgeerde stoffen en colloïden worden niet of zeer beperkt verwijderd.
In een olie-water systeem hebben polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) de voorkeur voor de oliefase. Bij gelijktijdige aanwezigheid van minerale olie en PAK kan door middel van olie-afscheiding een aanzienlijke verwijdering van aan olie gebonden PAK optreden. De daadwerkelijke verwijdering zal bij ieder projekt verschillend zijn. Bij de aanwezigheid van polychloorbifenylen (PCB) dient ook rekening gehouden te worden met het feit dat deze in de oliefase opgelost kunnen zijn. Monocyclische aromatische koolwaterstoffen (BTEX) kunnen bij de aanwezigheid van drijflagen door olie-afscheiding deels verwijderd worden. Ook hier zal de daadwerkelijke verwijdering bij ieder projekt verschillend zijn.

3. Bezinking

Bezinking bestaat uit een bassin waar, onder invloed van de zwaartekracht, gemakkelijk bezinkbare stoffen uit het grondwater verwijderd kunnen worden. Bezinking verloopt vrij langzaam zodat een relatief groot oppervlak benodigd is. Het grote oppervlak dat voor bezinkbassins benodigd is kan worden verkleind door toepassing van zogenaamde lamellenafscheiders. Hierbij wordt het water door een pakket evenwijdig geplaatste platen geleid, zodat bezinking op meerdere nivo's kan plaatsvinden.

Een bezinkbassin kan tevens dienen als buffer- of egalisatietank, waardoor sterke concentratie-wisselingen in het onttrokken grondwater afgevlakt kunnen worden. Daarnaast is het mogelijk om het grondwater door middel van een cascade in het bezinkbassin te leiden zodat reeds een geringe verwijdering van vluchtige verbindingen optreedt (afgas behandelen) en het ijzer dat in het grondwater aanwezig is geoxydeerd wordt.
Bij bezinking kunnen met name stoffen verwijderd worden die aan onopgeloste bestanddelen gebonden zijn, zoals PAK, complex gebonden cyanide, metalen, bestrijdingsmiddelen, aromatische chloorkoolwaterstoffen en alifatische chloorkoolwaterstoffen. De daadwerkelijke verwijdering zal echter bij ieder projekt verschillend zijn. Naast direkte verwijdering van onopgeloste bestanddelen, en de hieraan gebonden verontreinigingen, kan door de vorming van onder andere ijzerhydroxidevlokken een aanzienlijke verwijdering van PAK, complex gebonden cyanide, metalen, bestrijdingsmiddelen, aromatische chloorkoolwaterstoffen en alifatische chloorkoolwaterstoffen optreden.
De afgescheiden stoffen moeten periodiek uit het bezinkbassin verwijderd worden. Na eventuele indikking wordt het slib, bestaande uit leem, zand en ijzerhydroxidevlokken, ofwel rechtstreeks afgevoerd naar een verwerkingsinstallatie ofwel samen met de verontreinigde grond afgevoerd en behandeld.

4. Coagulatie/flocculatie

Hoewel coagulatie en flocculatie vaak als één techniek genoemd worden, betreft het in feite twee verschillende technieken voor de verwijdering van slecht bezinkbare- of colloïdale bestanddelen uit het grondwater. Door toevoeging van chemicaliën (bijvoorbeeld $FeCl_3$ of $Al_2(SO_4)_3$) onder intensief mengen (verblijftijd 0,5 - 2 minuten) worden emulsies en colloïdale deeltjes allereerst gedestabiliseerd zodat samenklontering mogelijk is (coagulatie). Vervolgens dient de vlokvorming en vlokgroei bevorderd te worden door langzaam

eventueel trapsgewijs roeren (verblijftijd 20 - 30 minuten) (flocculatie). Eventueel kan polyelectroliet toegevoegd worden. De gevormde vlok kan door bezinking, filtratie of flotatie verwijderd worden. In de praktijk is coagulatie/flocculatie een minder eenvoudige techniek aangezien de samenstelling van het influent sterk kan wisselen. Dit betekent dat de chemicaliën dosering steeds aangepast moet worden (arbeidsintensief).
Door coagulatie/flocculatie kunnen met name PAK, bestrijdingsmiddelen, aromatische chloorkoolwaterstoffen en alifatische chloorkoolwaterstoffen verwijderd worden. De daadwerkelijke verwijdering is afhankelijk van de mate van adsorptie aan de gevormde vlokken en zal bij ieder projekt verschillend zijn. Door coprecipitatie kan, door het invangen in andere gelijktijdig gevormde deeltjes, enige verwijdering plaatsvinden van opgeloste verontreiniging, zoals monocyclische aromatische koolwaterstoffen, fenolen, naftaleen en dergelijke.
Bij verandering van de pH dient rekening gehouden te worden met een wijziging in het kalk-koolzuurevenwicht, hetgeen er in bepaalde gevallen toe kan leiden dat neerslag van calciumcarbonaat (kalk) kan optreden.
Verder kan de aanwezigheid van ijzer, mangaan, calcium, magnesium en andere nevenverontreinigingen aanleiding geven tot de vorming van andere soorten neerslag of tot verhoging van het chemicaliën verbruik.
Het gevormde slib, bestaande uit resten mineraal materiaal, veen, olie, teer, coagulent, ijzerhydroxide ($Fe(OH)_3$), flocculant, sulfiden en dergelijke, wordt na ontwatering als chemisch afval verwerkt.

Overigens dient opgemerkt te worden dat coagulatie/flocculatie in een aantal gevallen gebruikt wordt als voorafscheiding van bijvoorbeeld PAK ter beperking van het aktieve kool verbruik en daarmee ter beperking van de kosten. Hier zijn echter een tweetal nadelen aan verbonden. Bij coagulatie/flocculatie wordt namelijk een (aanzienlijke) hoeveelheid slib gevormd, die als chemisch afval afgevoerd moet worden (ekstra kosten) en

verder kan de beïnvloeding van bijvoorbeeld het kalk-koolzuurevenwicht (door pH verandering) leiden tot kalkafzettingen in navolgende installatie-onderdelen.

5. Precipitatie

Precipitatie is een fysisch-chemisch proces waarbij stoffen die als ion aanwezig zijn, door toevoeging van chemicaliën aan het grondwater onoplosbaar worden gemaakt. Eventueel kan polyelectroliet toegevoegd worden. Precipitatie is onder andere geschikt voor de verwijdering van metalen en andere onoplosbaar te maken verbindingen en kan gerealiseerd worden in een geroerde tank. De precipitatie van metalen kan uitgevoerd worden door toevoeging van hydroxide of door toevoeging van sulfide. Door middel van toevoeging van sulfide zijn lagere effluent waarden haalbaar. Nadeel is echter de vorming van zwavelwaterstof (H_2S).
Omdat ieder metaal bij een verschillende pH op een optimale wijze uit het water verwijderd kan worden, dient van te voren nagegaan te worden welke chemicaliën en welke dosering nodig zijn met het oog op zuiverings-rendement en dimensionering van doseer-apparatuur.
De door precipitatie gevormde vlok kan door bezinking, filtratie of flotatie worden verwijderd.
Bij precipitatie kan, evenals bij coagulatie/flocculatie, door coprecipitatie enige verwijdering plaatsvinden van opgeloste verontreiniging.
Bij verandering van de pH dient rekening gehouden te worden met een wijziging in het kalk-koolzuurevenwicht, hetgeen er in bepaalde gevallen toe kan leiden dat neerslag van calciumcarbonaat (kalk) kan optreden.
Verder kan de aanwezigheid van ijzer, mangaan, calcium, magnesium en andere nevenverontreinigingen aanleiding geven tot de vorming van andere soorten neerslag of tot verhoging van het chemicaliën verbruik.
Het gevormde slib wordt na ontwatering als chemisch afval verwerkt.

6. Flotatie

Flotatie wordt meestal toegepast in kombinatie met coagulatie/flocculatie of precipitatie. Nadat vlokvorming heeft plaatsgevonden worden van onder af luchtbelletjes ingeblazen. Door hechting aan de vlok en de opwaartse beweging van de luchtbelletjes wordt de vlok naar het oppervlak gevoerd, waar een schuimlaag wordt gevormd. Deze drijflaag, waarin zich een deel van de verontreiniging bevindt, wordt vervolgens afgescheiden. Een bijkomend effekt van flotatie kan zijn dat door de ingevoerde lucht een stripeffekt ontstaat, waardoor verontreinigingen in gas- of dampvorm in de atmosfeer terecht komen. Door afdekking en recirculatie van de gebruikte lucht, danwel door toepassing van luchtbehandeling kan dit probleem ondervangen worden.
Het flotatieslib wordt na een eventuele indikking afgevoerd als chemisch afval.

7. Zand-, multimediafiltratie

Doel van zand-, multimediafiltratie is de verwijdering van zwevende stof of vlokken met hieraan geadsorbeerde verontreinigingen uit het water. Voor de verwijdering van onopgeloste bestanddelen is zand-, multimediafiltratie een zeer geschikte techniek. Opgeloste verontreinigingen worden echter niet verwijderd. Veelal worden zandfilters opgebouwd uit een laag zand van gelijkmatige korrelgrootte (ϕ 1 mm) met een onderlaag van grind (ϕ 3 - 5 mm) waarover het te behandelen grondwater in neerwaartse stroming (downflow) doorheen gevoerd wordt. De opbouw kan echter ook bestaan uit een grofkorrelige bovenlaag en een fijnkorrelige onderlaag.
Bij een te hoge drukval over het zandfilter, veroorzaakt door opeenhoping van afgefilterd materiaal, wordt het filter met effluent teruggespoeld. Het terugspoelwater wordt doorgaans teruggevoerd aan het begin van de installatie. Tevens is het mogelijk om het zandfilter vrij te maken van afgefilterd materiaal door lucht door

te blazen. Door het stripeffekt kunnen vluchtige verbindingen ontwijken. Gangbare oppervlaktebelastingen liggen tussen 5 en 10 $m^3/m^2.h$; voor het afvangen van (coagulatie)vlokken dient de oppervlaktebelasting echter niet te groot te zijn omdat anders de vlok kan scheuren. Het slib uit het zandfilter wordt tesamen met het slib uit de voorbezinking afgevoerd. Resumerend kan gesteld worden dat zand-, multimediafiltratie een zeer geschikte techniek is voor de restverwijdering van zwevende stof en (coagulatie)vlokken, eventueel ter bescherming van de werking van hier op volgende technieken.

8. Aktieve kooladsorptie

Door middel van fysische adsorptie aan aktieve kool kunnen opgeloste verontreinigingen van voornamelijk organische aard (bijvoorbeeld monocyclische aromatische koolwaterstoffen) uit grondwater verwijderd worden. Aktieve kooladsorptie kan uitgevoerd worden in een filter met korrelkool (1 - 3 mm) of met poederkool (50 - 70 μm). In de praktijk wordt meestal korrelkool toegepast. Aktieve kool heeft een groot inwendig oppervlak (500 - 5000 m^2/g) zodat veel verontreiniging geadsorbeerd kan worden per volume-eenheid kool. De adsorptie aan aktieve kool wordt bepaald door de adsorptie-isotherm van de specifieke verontreiniging. De ene stof zal dan ook beter geadsorbeerd worden dan de andere stof en bij adsorptie van de ene stof kan zelfs desorptie van de andere stof plaatsvinden (dit geldt met name voor benzeen en fenol). Indien in eerste instantie (grond)water met een hoge concentratie behandeld is en vervolgens (grond)water met een lage concentratie behandeld wordt kan ook desorptie van eerder geadsorbeerde stoffen optreden. In die gevallen is het zelfs mogelijk dat het effluent een hogere concentratie aan verontreinigingen bevat dan het influent, waardoor de behandeling dus geen zin heeft.

In het algemeen zijn bij een redelijk konstante influent concentratie rendementen van 99% en meer mogelijk.
Na verloop van tijd zal de aktieve kool verzadigd raken met als gevolg dat sommige stoffen niet meer geadsorbeerd worden (doorslaan). Het aktieve kool dient voor dat niet meer voldaan kan worden aan de lozingsvoorschriften vervangen te worden. Een deel van het aktieve kool zal echter nog niet verzadigd zijn. Om steeds te kunnen voldoen aan de lozingsvoorschriften en om het aktieve kool verbruik te kunnen optimaliseren kan uitgegaan worden van meerdere in serie geschakelde filters (met in totaliteit dezelfde verblijftijd als één filter) in plaats van één filter [33].
Verder kan aktieve kool door vervuiling (zwevende stof, ijzerhydroxide vlokken e.d.) snel in aktiviteit achteruitgaan. Met name bij de toepassing van aktieve kool is het gewenst dat aandacht besteed wordt aan de aanwezigheid van nevenverontreinigingen. Bescherming door voorschakeling van bijvoorbeeld een zandfilter of een ijzeroxydatie-unit is in dat geval dan ook gewenst zo niet noodzakelijk.
Het verzadigde aktieve kool kan geregenereerd worden of verbrand worden.

9. Chemische oxydatie/reduktie

Door chemische oxydatie (binden van zuurstof of wegnemen van gebonden waterstof) kunnen oxydeerbare toxische stoffen omgezet worden in biologisch beter afbreekbare stoffen of in minder toxische stoffen. Een volledige afbraak is echter ook mogelijk. De in principe bruikbare chemicaliën zijn chloor, chloordioxyde, zuurstof, waterstofperoxyde en ozon. Daarnaast kan UV straling toegepast worden. Kombinaties van twee of meer oxydatietechnieken is mogelijk. Een voorbeeld hiervan is de kombinatie ozon/UV, waarmee een vergaande vernietiging van verontreinigingen mogelijk is. Op praktijkschaal wordt oxydatie vooral toegepast voor de verwijdering van vrij-cyanide.

Bij de toepassing van chloor of chloordioxyde kunnen ongewenste bijprodukten (organochloorverbindingen) gevormd worden, hetgeen bij de overige oxydatiemiddelen niet of in mindere mate het geval is. Door de aanwezigheid van veel organische nevenverontreinigingen kan het verbruik van chemicaliën ten behoeve van de oxydatie zeer sterk toenemen. (bijvoorbeeld ammoniak in grondwater van gasfabrieken).

Chemische reduktie (wegnemen van gebonden zuurstof of binden van waterstof) is geschikt voor de reduktie van de toxiciteit van met name metaalionen. Belangrijke toepassing is de reduktie van Cr^{6+} naar Cr^{3+} met behulp van zwaveldioxide, sulfietzouten of ferrosulfaat gevolgd door precipitatie van driewaardig chroomhydroxyde met bijvoorbeeld kalk.

Bij chemische oxydatie/reduktie ontstaan geen reststoffen en treedt ook vrijwel geen emissie naar de lucht op.

10. Luchtstrippen

Door het grondwater intensief in kontakt te brengen met lucht kunnen vluchtige verbindingen (zoals monocyclische aromatische koolwaterstoffen, naftaleen en bepaalde alifatische chloorkoolwaterstoffen) uit de waterfase overgaan naar de gasfase. De verontreiniging komt bij deze methode in onveranderde vorm in de atmosfeer terecht. Nabehandeling van de striplucht door middel van een kompostfilter of aktieve kooladsorptie is dan ook gewenst. De werking van het kompostfilter is, zeker voor gechloreerde koolwaterstoffen, echter twijfelachtig. Voor toepassing van aktieve kool moeten de afgassen verwarmd worden. De kompost of het aktieve kool dient na verloop van tijd vervangen te worden.
In de praktijk kunnen twee uitvoeringsvormen van luchtstrippers onderscheiden worden. In de torenbeluchter worden water en lucht in een stroom over een vulling van plaatjes of ringen geleid. Hierdoor wordt

de waterstroom fijn verdeeld zodat intensief kontakt met de doorgevoerde lucht mogelijk is. Bij de plaatbeluchter wordt dit intensieve kontakt bereikt door het water over een horizontale geperforeerde plaat te leiden, waarbij door een geringe onderdruk van onder af lucht wordt aangezogen. Op de platen ontstaat een schuimlaag waarin de uitwisseling kan plaatsvinden. Het verwijderingsrendement van een luchtstripper kan zeer hoog zijn (meer dan 99%).
Bij de aanwezigheid van veel ijzer en/of mangaan kunnen afzettingen op de vullichamen of de geperforeerde plaat ontstaan. Deze afzettingen dienen regelmatig verwijderd te worden om het rendement van de luchtstripper te waarborgen.

11. Membraantechnologie

Bij membraantechnieken wordt verontreinigd grondwater onder overdruk langs een semipermeabel membraan geleid. Daarbij gaat een groot deel van het water door het membraan heen, terwijl het merendeel van de verontreinigingen wordt tegengehouden. Op deze wijze ontstaat een schone permeaatstroom en een vuile concentraatstroom die verder verwerkt moet worden. Al naar gelang de afmeting van de af te vangen deeltjes kan bij membraantechnologie onderscheid gemaakt worden tussen ultrafiltratie en hyperfiltratie (omgekeerde osmose).
Bij ultrafiltratie wordt het te zuiveren grondwater bij een druk van 2 tot 8 atmosfeer door het membraan geperst. Opgeloste stoffen met een hoog molekuulgewicht (1.000 tot 100.000 g/mol) en kolloïdale deeltjes worden op deze wijze gescheiden van de vloeistoffase (permeaat) en aldus geconcentreerd (concentraat). In de meeste gevallen is een voorbehandeling noodzakelijk om een afzetting van slecht oplosbare zouten en kolloïdaal materiaal op het membraan te voorkomen. Verder dient het membraan regelmatig gereinigd te worden.
Hyperfiltratie is een concentratiemethode waarmee een zeer vergaande concentratie te bereiken is. Bij deze

methode wordt het grondwater tegen de osmotische druk in, door een membraan met selektieve doorlatendheid geperst (20 - 100 atmosfeer). De methode is geschikt voor de verwijdering van vele verontreinigingen; enkele organische stoffen (onder andere fenol) worden echter slecht(er) tegengehouden. Hyperfiltratie is zeer gevoelig voor vervuiling en aantasting van membranen; dit laatste kan ook worden veroorzaakt door opgeloste stoffen. Door de concentratie ontstaat aan het membraanoppervlak namelijk een hogere zoutconcentratie in de oplossing. Bij overschrijding van het oplosbaarheidsprodukt kunnen zouten neerslaan (scaling). Ter beperking van de vervuiling dient een voorbehandeling te worden toegepast waarbij zwevende stof en kolloïden deels verwijderd worden [21].
In tegenstelling tot ultrafiltratie en hyperfiltratie gaat bij pervaporatie niet het grondwater maar vooral de verontreiniging door het membraan. De verontreiniging diffundeert veel sneller dan het water door het membraan. De verontreiniging verlaat het membraan in dampvorm en moet worden gekondenseerd tesamen met het meegediffundeerde water. Uiteindelijk is het permeaat een gekoncentreerd mengsel van verontreinigingen in water. Dit proces is toepasbaar bij vluchtige organische verontreinigingen (trichlooretheen, tetrachlooretheen, benzeen, tolueen e.d.).

Uit een studie naar de toepassingsmogelijkheden van membraantechnologie bij grondwaterreiniging [21] is gebleken dat voor het gebruik van membranen bij grondwaterzuivering een goed vooronderzoek naar hardheid, zoutconcentraties en pH noodzakelijk is. Tevens is pilot-plant onderzoek met behulp van membraanmodules op lokatie noodzakelijk voor het voorkomen en vaststellen van membraanvervuiling. Uit dezelfde studie blijkt verder dat verwijdering van metalen met hyperfiltratie, de verwijdering van vluchtige gechloreerde en aromatische koolwaterstoffen met pervaporatie en de behandeling van grondwater verontreinigd met een

kombinatie van verontreinigingen met membraantechnologie toepasbaar kan zijn.

12. Ionenwisseling

Bij dit proces treedt een reversibele uitwisseling van ionen op tussen het grondwater en een absorptiemedium (hars). Na verloop van tijd moet het absorptiemedium geregenereerd worden, waarbij een geconcentreerde afvalstroom ontstaat. Voor de verwijdering van verontreinigingen worden veelal specifieke harsen ingezet. Voorbeelden hiervan zijn harsen ten behoeve van de verwijdering van specifieke metalen, cyaniden, fenolen en geëmulgeerde- en vrije olieachtige verbindingen, PAK en naftaleen. Bij afnemende concentraties in het grondwater treedt geen of nagenoeg geen desorptie van de hars op.
Bij hogere zoutgehalten van het grondwater zal de ionenwisselingsselektiviteit beperkt worden, waardoor het zuiveringsrendement afneemt. De te behandelen stroom mag geen zwevend materiaal of andere stoffen bevatten die de ionenwisselaar vervuilen, tenzij deze goed te verwijderen zijn door middel van terugspoelen.

13. Biologische behandeling

Biologische processen zijn in het algemeen technieken die geschikt zijn voor de microbiologische verwijdering van afbreekbare verontreinigingen. Bij biologische behandeling treedt naast afbraak ook adsorptie aan slib en vervluchtiging op. Verder blijkt soms dat bepaalde verontreinigingen die in eerste instantie niet afgebroken worden, na verloop van tijd toch afgebroken kunnen worden (adaptatie). De concentraties van de verontreinigingen mogen bij ongeadapteerd slib niet te hoog zijn omdat dan slibvergiftiging en slibsterfte optreedt. Voorbehandeling van het te behandelen water kan dan ook noodzakelijk zijn. Voor het goed funktioneren van biologische processen is een juiste pH en aanwezigheid

van voldoende nutriënten (C, N, P en spore-elmenten) nodig, terwijl sterke wisseling in concentratie en/of belasting voorkomen moet worden [11].
Er zijn uitvoeringsvormen waarbij het slib geïmmobiliseerd is (biorotoren, oxydatiebedden e.d.) naast uitvoeringsvormen waarbij de biomassa zich als zwevende vlokken in het verontreinigde water bevindt (aktief slibproces). Door toepassing van het PACT proces (aktieve kool in aktief slibunit) wordt ook een goede organische restverwijdering bereikt. Biologische zuivering kan (ook) rendabel zijn als voorzuivering op een aktieve kooladsorptie-unit.

Bij projekten van langere duur kan biologische behandeling goed toepasbaar zijn.

14. Lozing naar rioleringsstelsel/oxydatief biologische zuivering

Bedoeld wordt die situatie waarbij het grondwater, zonder voorafgaande zuivering op de saneringslokatie, via een (gemeentelijk) rioleringsstelsel geloosd wordt op een oxydatief biologische zuivering (RWZI). Zowel door bedrijfsmatige lozingen als door hemelwaterafvoer via straatkolken worden RWZI's al belast met een groot aantal verbindingen die ook in grondwater voorkomen. Voor de bedrijfsvoering van een RWZI is van belang in hoeverre de belasting met deze verbindingen van invloed is op de diverse zuiveringsprocessen door toxiciteit of remming en de mate waarin de verbindingen worden afgebroken door of geadsorbeerd aan de biomassa. Enige toxiciteitsgegevens voor biologische processen op RWZI's worden vermeld in tabel 4.1.

Tabel 4.1 : Toxiciteit en remming van stoffen op RWZI's bij ongeadapteerde biologische processen (mg/l) [5].

Systeem	Aktief slib	Oxydatie bed	Nitri-fikatie	Slibgisting	
Parameter	Remming	Remming	Remming	Remming	Toxisch
Benzeen	500	-	-	50 - 200	885
Tolueen	500	-	-	430	440
Ethyl-benzeen	0,1 - 105	-	-	-	1000
Xylenen	500	-	-	-	870
Naftaleen	500	-	-	1 - 50	-
PAK	500	-	-	1 - 50	-
Fenolen	- *)	-	5 - 10	300-1000	-
Olie	-	-	-	50	30 -400
Cyanide	0,05- 1,6	2	0,34	2 - 10	20

*) - : Onbekend.

Uit deze tabel blijkt dat een remmende danwel toxische werking bij ongeadapteerde processen pas optreedt bij concentraties in de sfeer van milligrammen per liter. Opgemerkt dient te worden dat bij geadapteerde processen een remmende- danwel toxische werking optreedt bij (veel) hogere concentraties.
Verwijderingsrendementen van een aantal verbindingen door RWZI's worden in tabel 4.2 weergegeven. De resultaten zijn afkomstig uit de Verenigde Staten, West-Duitsland en Nederland.

Tabel 4.2 : Gemeten verwijderingsrendementen van verontreinigingen in RWZI's in Nederland, West-Duitsland en de Verenigde Staten (%) [5].

	Nederland		W.-Duitsland		V.S.	
Parameter	Oxyd.* bed	Akt.* slib	Oxyd. bed	Akt. slib	Oxyd. bed	Bel.* lagoon
Benzeen	-**)	95- 99	-	60- 99	-	84- 95
Tolueen	93-100	75- 99	-	52- 99	-	93- 95
Eth.benzeen	-	80-100	-	83- 99	-	92- 94
Xylenen	100	90	-	-	-	-
BTEX	93-100	90- 95	-	-	-	-
Naftaleen	81	70- 95	-	64- 99	-	29-100
Fluoranth.	94- 96	80 -98	-	-	-	100
Benzo(b)fl.	86- 89	80- 97	-	-	-	97
Benzo(k)fl.	89- 91	55- 98	-	-	-	-
Benzo(a)py.	85- 91	47- 99	65- 99	-	-	33
Benzo(ghi) peryleen	85- 88	25- 97	-	-	-	-
Indeno(123-cd)pyreen	87- 92	50- 95	-	<99	-	-
PAK Totaal	90- 97	87- 99	70- 99	-	-	-
Fenol index	84- 87	62- 99	70- 98	60- 99	96- 97	65- 99
Min. Olie	-	30- 80	-	-	-	-
	83- 92	91- 98	-	-	-	-
Cyanide tot	19	90- 95	-	18- 90	79	46- 91
Cyanide ion	14	-	-	-	-	-

*) : Oxydatiebed, aktief slib installatie resp. beluchte lagoon.

**)- : Onbekend.

Gekonstateerd kan worden dat de mate van verwijdering van een aantal verontreinigingen in het algemeen hoog is. Hierbij dient echter opgemerkt te worden dat de gemeten verwijderingsrendementen zoals ze in tabel 4.2 weergegeven zijn zowel door afbraak als vervluchtiging als adsorptie aan slib veroorzaakt kunnen zijn. Naast de direkte invloed op de RWZI dient dan ook rekening te worden gehouden met aspekten als emissie vanuit de

riolering naar de atmosfeer, emissie op de RWZI naar de atmosfeer, arbeidsomstandigheden op de RWZI, de invloed op oppervlaktewater en de invloed op de slibkwaliteit.

In een onderzoek uitgevoerd door de U.S. Environmental Protection Agency (EPA) [16] is nagegaan in hoeverre een negental organische micro-verontreinigingen afgebroken, vervluchtigd danwel geadsorbeerd worden in een geadapteerde zuivering. Het betreft organische micro-verontreinigingen die een grote range vertonen in hun wateroplosbaarheid, dampspanning, konstante van Henry (maat voor de vervluchtiging) en log Octanol/Water verdelingscoëfficiënt (maat voor de adsorptie). Het onderzoek is uitgevoerd op laboratoriumschaal onder vergelijkbare omstandigheden (slibbelasting, slibleeftijd e.d.) als in een amerikaanse RWZI. De resultaten worden in tabel 4.3 weergegeven.

Tabel 4.3 : Gedrag van een aantal organische micro-verontreinigingen onder geadapteerde laboratorium omstandigheden (influent gehaltes 50 - 150 µg/l).

	Percentage van het influent			
Parameter	Effluent	Lucht	Adsorptie	Afbraak
Nitrobenzeen	2 %	< 1 %	0 %	98 %
Benzeen	< 1 %	16 %	0 %	84 %
Tolueen	< 1 %	17 %	0 %	83 %
Ethylbenzeen	< 1 %	22 %	0 %	78 %
o-Xyleen	< 1 %	25 %	0 %	75 %
Monochloorbenzeen	< 1 %	20 %	0 %	80 %
1,2-Dichloor-benzeen	6 %	59 %	0 %	35 %
1,2,4-Trichloor-benzeen	10 %	90 %	< 1 %	0 %
γ-HCH (Lindaan)	93 %	0 %	7 %	0 %

Uit het EPA onderzoek blijkt dat nitrobenzeen, monocyclische aromatische koolwaterstoffen en monochloorben-

zeen voor het grootste gedeelte afgebroken worden, terwijl 1,2-Dichloorbenzeen en 1,2,4-Trichloorbenzeen voor het grootste gedeelte vervluchtigd (=gestript) worden. γ-HCH (lindaan) wordt niet of nauwelijks verwijderd. In andere onderzoeken [27,32] wordt een hoger verwijderingsrendement voor γ-HCH gevonden (tot ca. 80%).
Overigens dient opgemerkt te worden dat indien deze stoffen als enigste koolstofbron gebruikt worden het afbraakpercentage hoger zal zijn, dan indien er sprake is van meerdere koolstofbronnen of indien er sprake is van koolstofbronnen die beter afbreekbaar zijn.
Verwacht kan worden dat stoffen die, voor wat betreft hun water-oplosbaarheid, dampspanning, konstante van Henry en log Octanol/Water verdelingscoëfficiënt, vrijwel overeenkomen met de hier genoemde stoffen, een vergelijkbaar gedrag zullen vertonen (bijvoorbeeld voornamelijk afbraak of voornamelijk vervluchtiging of voornamelijk adsorptie).

Door het RIVM is met behulp van een modelberekening nagegaan in hoeverre een achttal organische microverontreinigingen in een aktief-slib-installatie met farmaceutisch afvalwater als influent afgebroken, vervluchtigd danwel geadsorbeerd worden. De resultaten worden in tabel 4.4 weergegeven.

Tabel 4.4 : Gedrag van een aantal organische micro-verontreinigingen volgens diverse modelberekeningen.

Parameter	Percentage van het influent			
	Effluent	Lucht	Adsorptie	Afbraak
Tolueen	1 - 2	31 - 96	0 - 1	32 - 67
Methanol	<< 1	<< 1	<< 1	> 99
Aceton	1 - 2	<< 1	<< 1	98 - 99
Dichloor-methaan	2 - 3	20 - 56	<< 1	40 - 77
Tetrachloor-methaan	0 - 1	80 - 96	0 - 1	3 - 11
1,2-Dichloor-ethaan	8 - 12	60 - 83	0 - 1	6 - 10
Trichloor-etheen	1 - 2	84 - 95	0 - 1	3 - 12
Monochloor-benzeen	2 - 4	60 - 85	1 - 7	6 - 20

Uit de modelberekeningen blijkt dat de genoemde stoffen voor het grootste gedeelte afgebroken danwel vervluchtigd worden. Het gedrag is sterk afhankelijk van de belasting van de RWZI. Bij hoogbelaste RWZI's (zeker die met oppervlaktebeluchting) zijn de afbraak en de vervluchtiging geringer. Influent met een veel lagere BZV (zoals huishoudelijk afvalwater) leidt, met dezelfde uitgangspunten voor de RWZI, tot veel geringere afbraak en dus meer oplosmiddelen in het effluent.

Bijlage 5a : Overzichtsschema van stofverwijdering per techniek.

Parameter / Techniek	Zwevende stof	Metalen	Cyanide (vrij)	Cyanide (komplex)	Minerale olie	BTEX	Fenolen	Nafta-leen	Overige PAK-EPA	Vluchtig gechl. k.w.st.	Niet-Vl. gechl. k.w.st.
Olie-afscheiding	0	-	-	-	+	0/-	-	-	0	-	0
Bezinking	0	0/-	-	-	-	-	-	-	0	-	0
Coagulatie / flocculatie	+	+	0	+	+	0	0	0	+	-	0
Precipitatie	+	+	-	+	-	-	-	-	0	-	?
Flotatie	+	0	0	-	+	0	-	0	0	0	?
Zandfiltratie	+	0	-	0	+	-	-	-	0	?	0
Aktieve kool adsorptie	+	0	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Chemische oxydatie / reduktie	0	0	+	0	0	0	+	-	-	+	+
Luchtstrippen met afgasbehandeling	-	-	0	-	0/-	+	-	+	-	+	-
Luchtstrippen zonder afgasbehandeling	-	-	0	-	0/-	+	-	+	-	+	-
Biologische zuivering met afgasbeh.	+	+	+	0	+	+	+	+	+	+	+
Ultrafiltratie	+	0	?	0	+	0	-	0	+	?	+
Hyperfiltratie	+	+	+	+	+	0	-	+	+	+	+

Bijlage 5a : Overzichtsschema van stofverwijdering per techniek (vervolg).

Parameter / Techniek	Zwevende stof	Metalen	Cyanide (vrij)	Cyanide (komplex)	Minerale olie	BTEX	Fenolen	Nafta-leen	Overige PAK-EPA	Vluchtig gechl. k.w.st.	Niet-Vl. gechl. k.w.st.
Ionenwisseling	?	+	+	+	0	-	0	-	+	0	?
Coälescentie	?	?	-	-	+	0/-	-	-	0	?	?
Harsadsorptie	?	?	-	-	+	-	-	+	+	?	?
Ozon / UV	?	-	+	0	+	+	+	+	+	+	+
Cascade / bezinking	+	-	0	-	-	+	-	0	0	+	0

Legenda :

+ : goede verwijdering (meer dan 60 - 70 %)
0 : matige verwijdering (tussen 10 - 20 % en 60 - 70 %)
- : geen of slechte verwijdering (minder dan 10 - 20 %)
? : (nog) onbekend

Bijlage 5b : Overzichtsschema van aspekten per techniek.

Techniek \ Aspekt	Gevoelig v. conc. verander.	Gevoelig v. neven-verontr.	Bedrijfs-zekerheid	Laag hulp-stoffen verbruik	Laag energie verbruik	Rest-stoffen	Emissie naar de lucht	Praktijk ervaring	Kompakt	Lage inv. kosten	Lage exploit. kosten	Eenvoudige bedrijfs-voering
Olie-afscheiding	0/-	-	+	+	+	+	-	+	0	+	+	+
Bezinking	-	-	+	+	+	+	0	+	-	+	+	+
Coagulatie / flocculatie	0	0	+	-	+	+	-	+	+	0	0	-
Precipitatie	-	0	+	-	+	+	-	+	+	+	0	0
Flotatie	-	-	+	+	+	+	+	0	0	0	+	+
Zandfiltratie	-	0	+	+	+	0	-	+	+	+	+	+
Aktieve kool adsorptie	0	+	+	-	+	+	-	+	+	-	-	0
Chemische oxydatie / reduktie	0	-	+	-	0	-	-	0	0	?	-	-
Luchtstrippen met afgasbehandeling	-	+	+	+	+	-	-	+	+	0	+	+
Luchtstrippen zonder afgasbehandeling	-	+	+	+	+	-	+	+	+	0	+	+
Biologische zuivering met afgasbeh.	0	-	0	+	+	-	-	0	-	?	+	0
Ultrafiltratie	-	+	+	+	-	+	-	0	+	?	0	0
Hyperfiltratie	-	+	+	+	-	+	-	-	+	?	0	0

Bijlage 5b : *Overzichtsschema van aspekten per techniek (vervolg).*

Aspekt / Techniek	Gevoelig v. conc. verander.	Gevoelig v. neven-verontr.	Bedrijfs-zekerheid	Laag hulp-stoffen verbruik	Laag energie verbruik	Rest-stoffen	Emissie naar de lucht	Praktijk ervaring	Kompakt	Lage inv. kosten	Lage exploit. kosten	Eenvoudige bedrijfs-voering
Ionenwisseling	0	+	+	-	+	0	-	0	+	?	0	+
Coälescentie	-	0	+	+	+	+	-	+	+	?	+	+
Harsadsorptie	-	+	+	-	+	0	-	-	+	?	0	+
Ozon / UV	-	-	+	+	-	-	-	0	+	?	0	+
Cascade / bezinking	-	-	+	+	+	+	+	0	0	+	+	+

Legenda :

+ : *ja*
0 : in mindere mate
- : nee
? : (nog) onbekend

Bijlage 6 : Belangrijkste konklusies studie bodemsanering op in gebruik zijnde bedrijfsterreinen [25].

Uit de studie blijkt dat er 5 belangrijke kategorieën zijn die ingedeeld kunnen worden aan de hand van de te verwachten stoffen.

1. Bij deze kategorie is sprake van mogelijke verontreiniging met (minerale) olie en benzine alsmede monocyclische aromatische koolwaterstoffen en fenolen. In totaliteit betreft het circa 80.000 bedrijven verspreid over 146 bedrijfstakken met gemiddeld 45% kans op verontreiniging. Belangrijke bedrijfsaktiviteiten binnen deze kategorie zijn :
   - Autoreparatiebedrijven;
   - Wegvervoer;
   - Benzine-service-stations;
   - Groothandel in auto's en auto onderdelen;
   - Detailhandel in nieuwe- en gebruikte personen-auto's;
   - Taxibedrijven;
   - Aardolie- en aardgaswinning en -exploratie;
   - Voedings- en genotsmiddelen industrie;
   - Hout- en meubel industrie;
   - Kleding industrie;
   - Detailhandel in huisbrandstoffen;
   - Reparatiebedrijven voor gebruiksgoederen.
2. Bij de tweede kategorie is sprake van mogelijke verontreiniging met metalen, monocyclische aromatische koolwaterstoffen en fenolen en in enkele gevallen vluchtige gechloreerde verbindingen (oplosmiddelen). In totaliteit betreft het circa 27.000 bedrijven verdeeld over 28 bedrijfstakken met gemiddeld 70% kans op verontreiniging. Belangrijke bedrijfsaktiviteiten binnen deze kategorie zijn :
   - Grafische industrie, uitgeverijen en binderijen;
   - Schilders- en glaszettersbedrijven
   - Loodgieters-, fitters- en sanitair bedrijven;

- Foto-ateliers.

3. Bij deze kategorie is sprake van mogelijke verontreiniging met metalen, vluchtige gechloreerde verbindingen (oplosmiddelen) en in enkele gevallen monocyclische aromatische koolwaterstoffen en fenolen. In totaliteit betreft het circa 15.000 bedrijven verdeeld over 103 bedrijfstakken met gemiddeld 85% kans op verontreiniging. Belangrijke bedrijfsaktiviteiten binnen deze kategorie zijn :
   - Basismetaal industrie;
   - Metaalprodukten industrie;
   - Machine industrie;
   - Elektrotechnische industrie;
   - Transportmiddelen industrie.

4. In deze kategorie is sprake van mogelijke verontreiniging met monocyclische aromatische koolwaterstoffen en fenolen en vluchtige gechloreerde verbindingen (oplosmiddelen). In totaliteit betreft het circa 6.000 bedrijven verdeeld over 32 bedrijfstakken met gemiddeld 70% kans op verontreiniging. Belangrijke bedrijfsaktiviteiten binnen deze kategorie zijn :
   - Kunststoffenverwerkende industrie;
   - Groothandel in chemische grondstoffen;
   - Chemische wasserijen.

5. De vijfde kategorie betreft mogelijke verontreiniging met polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) en monocyclische aromatische koolwaterstoffen en fenolen. In totaliteit betreft het circa 5.000 bedrijven verdeeld over 11 bedrijfstakken met gemiddeld 70% kans op verontreiniging. Belangrijke bedrijfsaktiviteiten binnen deze kategorie zijn :
   - Dakdekkersbedrijven;
   - Aannemersbedrijven voor grond-, water- en wegenbouwkundige werken;
   - Groothandel in verf en verfwaren;
   - Detailhandel in verf, verfwaren en vlakglas.

Bijlage 7 : Beschrijving (produktie)proces verontreinigingsbronnen

7.1 Inleiding

In deze bijlage wordt een beschrijving gegeven van de handelingen die bij een bepaalde verontreinigingsbron plaatsvinden of plaats hebben gevonden waardoor bodemverontreiniging is opgetreden of opgetreden kan zijn.

7.2 Gasfabrieken

Voordat in 1950 de periode aanbrak waarbij natuurlijk aardgas als energiebron ging dienen, werd in vrijwel alle grote gemeenten in Nederland in gasfabrieken het zgn. stadsgas geproduceerd. Stadsgasfabrikage dateert van ca. 1825. Na een aanloopperiode (1825 - 1900) bereikte de gasproduktie een hoogtepunt in de periode 1920 - 1950. Als gevolg van het feit dat in de jaren '60 bijna het hele land werd aangesloten op het aardgasnet, trad een sterke daling op in de stadsgasproduktie, welke er uiteindelijk toe leidde dat in 1969 de laatste gasfabriek werd gesloten.

De in het verleden meest toegepaste wijze van gasproduktie is de zogenaamde hoge temperatuur verkoling. Door de droge destillatie/verkoling van steenkolen bij 1000 tot 1400 ^{o}C ontstaat steenkoolgas, steenkoolteer, gaswater en cokes. Het geproduceerde gas werd gebruikt voor verwarming en verlichting. Dit ruwe gas bevatte naast gassen die waardevol zijn als brandstof (CO, H_2, CH_4, C_2H_6, C_2H_2 en C_6H_{14}) een groot aantal andere bestanddelen, te weten:

- korrosieve bestanddelen zoals H_2S, HCN, SO_3, NH_3 en nitreuze dampen;
- dampen als waterdamp, teer, naftaleen, benzeen, tolueen, fenolen en polycyclische verbindingen;

- organische stikstof verbindingen, zwavelverbindingen en CO_2.

Voor de distributie was het noodzakelijk dat de korrosieve bestanddelen en de bestanddelen die bij verbranding giftige produkten opleverden uit het gas verwijderd werden. De gaszuivering bestond uit een koeling, een nat wasproces en een droog zuiveringsproces. Het tijdens de koeling gekondenseerde mengsel van teer en gaswater werd verzameld en afgevoerd naar de teerputten, evenals het gaskondensaat. In deze teerputten werd het teer en het gaswater gescheiden. Tijdens de natte wassing werden naftaleen uit het water en ammoniak uit het gas verwijderd. Bij de verwijdering van naftaleen werd gasolie als wasvloeistof gebruikt. Het resterende waswater werd opgeslagen in de ammoniakkuip. Bij de droge zuivering werd zwavelwaterstof en cyaanverbindingen verwijderd. Deze zuivering vond plaats door het gas in zuiveringskisten, met daarin ijzeraarde (ijzeroer, $Fe(OH)_3$), te leiden. Het aldus gezuiverde gas werd in de gashouder opgeslagen en gedistribueerd. In deze gashouder trad sedimentatie op van de nog in het gas aanwezige teerprodukten en water. Bij de gasfabrikage ontstonden aldus een aantal bijprodukten, zoals :

1. steenkoolteer,
2. gaswater,
3. naftaleen,
4. ammoniakwater
5. ijzeraarde.

Steenkoolteer werd in eerste instantie als een moeilijk te verwijderen afvalprodukt beschouwd en derhalve op het fabrieksterrein en in de naaste omgeving verwerkt door middel van verbranding, dumping of lozing. Vanaf ca. 1860 ontstonden echter een aantal koolteerdistillatiebedrijven die uit steenkoolteer onder andere desinfektiemiddelen en houtbeschermingsmiddelen maakten. Door de opkomst van de olie-distillatie verloor de koolteerdistillatie na 1945 langzamerhand haar betekenis, zodat steenkoolteer wederom op en in de naaste omgeving van het fabrieksterrein werd verwerkt door middel van ver-

branding, dumping en lozing op het riool. Cokes werd gebruikt als brandstof bij de produktie van het stadsgas of voor huishoudelijk verbruik. Gaswater en ammoniakwater werden in een aantal gevallen door boeren over het land uitgereden. IJzeraarde werd deels geregenereerd en deels afgezet als ophoogmateriaal, dempmateriaal en onkruidbestrijdingsmiddel in de naaste omgeving van de fabriek.

7.3 Garage- en transportbedrijven alsmede brandstofopslag en -distributie

De werkzaamheden in autobedrijven bestaan uit:

1. Tanken en opslag van brandstoffen. Door het lekken uit de ondergrondse opslag en morsen bij het tanken kan bodemverontreiniging optreden.
2. Onderhoudsbeurten. Bij deze werkzaamheden kunnen vloeistoffen als afgewerkte motorolie, remolie en koelvloeistof bij onjuiste verwerking de bodem verontreinigen.
3. Herstelwerkzaamheden. Bij het demonteren van te reviseren motoren kunnen resten motorolie en koelvloeistof vrijkomen. Bij het verwijderen van koolaanslag kunnen gechloreerde koolwaterstoffen vrijkomen. Een andere methode hiervoor is stralen met softgrit (gemalen kersenpitten en walnootschillen).
4. Reinigingswerkzaamheden. Deze kunnen verder onderscheiden worden in het uitwendig reinigen (wassen) van auto's in wasstraten en op wasplaatsen, het reinigen van de carosserie voorafgaand aan een antiroestbehandeling, het reinigen van voornamelijk met olie en vet verontreinigde motoronderdelen en het reinigen van de motor met behulp van een hogedrukreiniger of een rotocleaner, het schoonmaken van de werkruimtes. Het afvalwater van deze werkzaamheden bevat hogere gehaltes aan detergenten, organische oplosmiddelen (terpentine, petroleum etc.) en lagere gehaltes aan metalen,

polycyclische aromatische koolwaterstoffen. De indruk bestaat dat gechloreerde koolwaterstoffen vooral bij het gebruik van dampontvetting worden toegepast maar in sommige reinigingsmiddelen kunnen ook gechloreerde koolwaterstoffen voorkomen.

5. Anti-roestbehandeling. Hierbij zullen resten anti-roestmiddel in de vorm van mors- en uitdruipverliezen vrijkomen. De anti-roestmiddelen zijn globaal in twee groepen te verdelen. Groep 1 zijn de ML-produkten. Dit zijn kleurloze of bruine vloeistoffen die zijn samengesteld op basis van petrolatum of van microwas. Dit zijn in meer of in mindere mate bewerkte laagkokende fracties afkomstig van de destillatie van aardolie. Groep 2 zijn de UBC (underbody coating)-middelen. Dit zijn zwarte, thixotrope produkten. Zij zijn bedoeld voor de onderkant van auto's. Er zijn middelen op bitumenbasis en op basis van petrolatum of microwas. Deze laatste twee worden gepigmenteerd met zwarte verf of met bitumen.

6. Deconserveren. Nieuwe auto's worden van fabriekswege voorzien van een beschermlaag die bij de importeur of dealer verwijderd wordt. Deze beschermlaag bestaat meestal uit paraffine of een copolymeer. Voor het verwijderen van de paraffine beschermlaag wordt meestal gebruik gemaakt van een hogedrukreiniger waarbij aan het water een deconserveermiddel op petroleumbasis wordt toegevoegd. Deze methode van deconserveren wordt in bepaalde gevallen ook toegepast voor het verwijderen van copolymeren. Vaak wordt bij auto's die met copolymeren geconserveerd zijn speciale deconserveermiddelen (meestal water met detergenten) toegepast.

7.4 Metaalprodukten industrie

De werkzaamheden in de metaalprodukten industrie kunnen globaal worden onderverdeeld in de volgende fasen:
- voorbehandeling;
- hoofdbehandeling;
- nabehandeling.

Voorbehandeling wordt toegepast om met succes een metaal- of konversielaag te kunnen opbrengen. De gebruikte voorbehandelingen zijn:
1. Reinigen : Reiniging is noodzakelijk voor de verwijdering van vet, stof e.d. De meest toegepaste reinigingsmethode is alkalisch reinigen in een reinigingsbad. Andere reinigingsmethoden zijn met detergentia reinigen, in oplosmiddelen reinigen, dampontvetten, emulsiereinigen en ultrasoon reinigen. Vaak worden meerdere reinigingsmethoden gekombineerd.
2. Beitsen en verwijderen van metaal- en oxydelagen : Hierbij wordt het metaaloppervlak door een agressief beitsmiddel zodanig aangetast (d.w.z. verwijdering van oxydelagen, korrosie e.d.) dat een gelijkmatig schoon en chemisch reaktief oppervlak wordt verkregen. De badvloeistof is afgestemd op de te verwijderen laag en op het basismetaal.
3. Chemisch polijsten en glanzen (ook elektrolytisch) : Deze voorbehandeling vindt plaats om een mat oppervlak te doen glanzen.
Bij alle voorbehandelingen worden de badvloeistoffen samengesteld uit gekoncentreerde grondstoffen. Na een voorbehandeling wordt vaak gespoeld en gedroogd.

De hoofdbehandeling bestaat uit het aanbrengen van een metaal- of konversielaag om de korrosieweerstand te verhogen. De meest gebruikte processen zijn:
1. Elektrolytisch aanbrengen van metaallagen op metalen (galvaniseren). Dit gebeurt in een badvloeistof waar een gelijkstroom doorheen wordt geleid. De te behandelen voorwerpen zijn verbonden met de kathode, terwijl de anode meestal het op te brengen metaal is. Voor meerdere verschillende metaallagen op elkaar zijn speciale

procesbaden nodig waarvan de samenstelling afhankelijk is van het op te brengen metaal en het basismetaal.
2. Chemisch aanbrengen van metaallagen op metalen. Dit proces wordt op twee manieren toegepast in speciale aangepaste baden, te weten: uitwisselings- en reduktie-processen, waarbij het metaal uit de badvloeistof neerslaat op het basismetaal.
3. Thermisch aanbrengen van metaallagen (thermisch verzinken). Hierbij worden de voorwerpen ondergedompeld in een vloeibaar zinkbad, waardoor zich tussen de twee metalen een legeringslaag vormt waarop het metaal goed hecht. Door de hoge temperatuur van dit bad is oxydevorming mogelijk. Dit wordt tegengegaan door toevoeging van een vloeimiddel. Overtollig zink wordt verwijderd in een centrifuge.
4. Aanbrengen van konversielagen. Konversielagen zijn anorganische deklagen die worden gevormd door de inwerking van chemicaliën op het metaaloppervlak. Door de vloeistof gaat metaal in oplossing, reageert met bestanddelen uit de vloeistof en het produkt slaat neer op het metaaloppervlak. Meestal worden konversielagen aangebracht met dompel- of sproeiprocessen. Bij anodiseren wordt de laag elektrochemisch aangebracht.

Een nabehandeling vindt plaats om de bij de hoofdbehandeling gevormde lagen beter voor hun doel geschikt te maken. Mogelijke nabehandelingen zijn:

1. Passiveren : Dit is het aanbrengen van een konversielaag.
2. Kleuren :
   a. met organische kleurstoffen die in de poriën van de aangebrachte laag dringen.
   b. met anorganische kleurstoffen die door reaktie kleuring veroorzaken.
   c. elektrolytisch kleuren. Hierbij wordt het produkt in een metaalzout gedompeld en door een elektrische stroom ontstaat een neerslag die de kleuring veroorzaakt.
3. Sealen : Dit is het sluiten van de poriën waardoor de korrosiebestendigheid verhoogd wordt.

Twee behandelingen die in alle drie de fases vaak voorkomen zijn spoelen en drogen. Spoelen vindt plaats na bewerkingen met waterige oplossingen. Spoelen kan door onderdompelen waarbij een stroming van het spoelwater ten opzichte van het voorwerp zorgt voor een goede spoeling, maar ook door afspuiten van het voorwerp waarbij het spoelwater met de procesvloeistof terug keert in het procesbad.
Drogen werkt alleen goed in aansluiting op een goede spoeltechniek. Om droogvlekken te voorkomen, die ontstaan door onregelmatig opdrogen, wordt of een oppervlakte aktieve stof (betere afvloeiing) of demi-water toegevoegd. Drogen kan ook plaatsvinden met waterverdringende vloeistoffen, zoals terpentine. Het water zinkt dan onderin een droogbak. Tenslotte kan gedroogd worden met oppervlakte aktieve stoffen als tetrachlooretheen en trichlooretheen die water verdringen. Door dampontvetten van het produkt wordt dan gedroogd.

7.5 Chemische wasserijen

In chemische wasserijen worden (bedrijfs) kleding, woningtextiel en poetsdoeken in plaats van met water en zeep gereinigd met chemische middelen. Het vuil wordt van het textiel losgeweekt en in de reinigingsvloeistof opgenomen (deels opgelost, deels onopgelost).
Vooraf aan de eigenlijke reiniging worden verontreinigingen die niet in het chemische reinigingsproces kunnen worden verwijderd met speciale oplosmiddelen, zoals tetrachlooretheen, trichlooretheen, tetrachloormethaan en tolueen, behandeld. De hoofdreiniging begint met het wassen. Hiervoor wordt het textiel samen met het oplosmiddel in een roterende trommel gebracht. Na het wassen wordt het oplosmiddel met de daarin aanwezige vuilbestanddelen door centrifugeren verwijderd. Het vervuilde oplosmiddel wordt geregenereerd. Via een filter wordt het verontreinigde oplosmiddel uit de trommel afgevoerd.

Hier worden vaste, onoplosbare vuilbestanddelen afgescheiden. Het reinigingsmiddel (tegenwoordig meestal tetrachlooretheen) wordt nu naar een destillatie-eenheid afgevoerd, waar de opgeloste verontreinigingen worden afgescheiden. Het gezuiverde oplosmiddel wordt gebruikt voor het spoelen van de textiel die de centrifuge verlaat. Na het afvoeren van de spoelvloeistof worden de laatste oplosmiddelresten door middel van drogen met verwarmde lucht uit de textiel verwijderd.
De drooglucht die oplosmiddelen bevat wordt na passage door de trommel via een luchtfilter naar een kondensor geleid, waarin een deel van het oplosmiddel door kondensatie wordt neergeslagen, teruggewonnen en daarna weer hergebruikt. Na drogen wordt ontlucht om de textiel af te koelen. De koude lucht wordt via de ontluchtingsleiding rechtstreeks naar de buitenlucht afgevoerd. Hiermee worden tevens de laatste oplosmiddeldampen verwijderd.
De oplosmiddelen die in het verleden veel gebruikt werden zijn:

- white spirit, benzine, terpentijn;
- trichlooretheen;
- tetrachloormethaan;
- tetrachlooretheen (of perchlooretheen).

Tegenwoordig wordt het meest gebruik gemaakt van tetrachlooretheen.
Na het reinigen worden eventueel nog niet verwijderde verontreinigingen behandeld met speciale oplosmiddelen (detacheren).

Bijlage 8 : Gevolgde (vergunnings)procedure met betrekking tot lozingen van grondwater afkomstig van bodemsaneringsprojekten (samenvatting enquête 1988).

Procentuele verdeling van projekten naar :	Aandeel in tot. (%)	WVO-vergunning (%) (kolom 1)	LVR-vergunning (%) (kolom 2)	Gedoogbrief of overeenkomst (%) (kolom 3)	Totaal (%) (kolom 1+2+3)
Totaal aantal aangemelde projekten(275)	100	43	11	46	100
1. **OORZAAK**					
* Gasfabriek	15	61	6	33	100
* Galvano	12	55	5	40	100
* Tankstations	16	25	12	63	100
* Garages e.d.	7	29	0	71	100
* Op/overslag min. olie	13	21	21	58	100
* Overige	37	55	11	34	100
Totaal	100				
2. **LOZINGSDUUR** (weken)					
* 0 - 13	33	19	13	68	100
* 13 - 26	14	47	6	47	100
* 26 - 39	9	45	0	55	100
* 39 - 52	9	45	15	40	100
* 52 - 78	4	50	0	50	100
* 78 - 104	12	48	18	34	100
* > 104	19	76	12	12	100
Totaal	100				
3. **HOEVEELHEID** (m^3/dag)					
* 0 - 50	27	42	12	46	100
* 50 - 100	16	52	6	42	100
* 100 - 150	8	53	12	35	100
* 150 - 200	6	43	0	57	100
* 200 - 250	13	48	4	48	100
* 250 - 500	12	44	16	40	100
* > 500	18	56	11	33	100
Totaal	100				

Bijlage 8 : Gevolgde (vergunnings)procedure met betrekking tot lozingen van grondwater afkomstig van bodemsaneringsprojekten (samenvatting enquete 1988) (vervolg).

Procentuele verdeling van projekten naar :	Aandeel in tot. (%)	WVO-vergunning (%) (kolom 1)	LVR-vergunning (%) (kolom 2)	Gedoogbrief of overeenkomst (%) (kolom 3)	Totaal (%) (kolom 1+2+3)
4. **SANERINGS-KADER**					
* IBS	51	52	13	35	100
* niet IBS	49	33	8	59	100
Totaal	100				
5. **BEHANDELING**					
* wel behandeling	67	57	8	35	100
* geen behandeling	33	22	18	60	100
Totaal	100				

Bijlage 9 : Argumenten voor het al of niet volgen van een vergunningsprocedure inzake lozingen van grondwater afkomstig van bodemsaneringen.

A De WABM-procedure duurt veel te lang om snel te kunnen saneren en opschorting van de sanering heeft financiële consequenties;

B De WABM-procedure wordt te zwaar gevonden, gelet op de aard en omvang van sommige lozingen. Het gaat dan om een lozing van grondwater van beperkte duur, dat in geringe mate is verontreinigd;

C Bij bodemsaneringen, uitgevoerd door de provincie in het kader van de IBS, worden de belanghebbenden direct betrokken en de maatregelen gepubliceerd;

D Van sommige projecten is de aard en de omvang van het te lozen grondwater, alsmede het effect ervan vooraf voldoende bekend (indien een proefzuivering is uitgevoerd), omdat een saneringsonderzoek heeft plaatsgevonden en nagegaan is op welke wijze het grondwater het beste kan worden geloosd;

E De lozing wordt nauwlettend gecontroleerd onder toezicht van de beheerder van de awzi;

F Bodemsaneringen waarbij het verontreinigde grondwater niet wordt behandeld of verwerkt worden (door sommige waterkwaliteitsbeheerders) niet beschouwd als een AMvB-categorie c inrichting.

G Voor bodemsaneringen, uitgevoerd door de provincie in het kader van de IBS, wordt ieder jaar een programma opgesteld waarin staat welke saneringen men het volgende jaar wil uitvoeren. Van deze saneringen is dus ruim van tevoren bekend dat ze uitgevoerd zullen worden;

H Er zijn bedrijfsmatige lozingen waarbij het onder B genoemde ook geldt, terwijl hiervoor toch een vergunning wordt afgegeven;

I Inspraak en openbaarheid in het kader van de IBS zijn voor de beheerder van de awzi een oneigenlijke weg. Bij KB van 23 februari 1988, nr. 25 is overigens een gedoogbrief vernietigd, omdat in

artikel 7 van de WVO de WABM-procedure dwingend is voorgeschreven;

J Het al dan niet aanmerken van een bodemsanering als een AMvB-categorie c inrichting blijft een interpretatiekwestie. Als een bodemsanering niet als zodanig wordt aangemerkt, heeft men echter ook geen gedoogbrief nodig voor de lozing.

K Gezien de aard van de geloosde stoffen (zwarte en grijze lijststoffen) dient de lozing in een WVO-vergunning geregeld te worden en kan niet worden volstaan met de LVR.

Bijlage 10 : Werkwijze parapluvergunning

De te volgen werkwijze kan er concreet als volgt uitzien:

- een vergunningaanvrager dient een aanvraag in voor lozingen afkomstig van een aantal bodemsaneringen, die de vergunningaanvrager in de komende periode denkt aan te pakken;
- de aanvraag voor de parapluvergunning doorloopt de WABM-procedure;

- zodra de parapluvergunninghouder besluit te gaan lozen wordt de lozing gemeld en wordt aan de hand van de door de parapluvergunninghouder overgelegde gegevens nagegaan of de betreffende lozing onder de voorwaarden van de parapluvergunning kan plaatsvinden.

Aan deze werkwijze zitten voor- en nadelen.
Voordelen:

* voor iedere lozing hoeft niet apart vergunning aangevraagd en verleend te worden;
* voor toekomstige bodemsaneringen kan onder dezelfde voorwaarden een parapluvergunning worden verleend; er hoeven niet steeds nieuwe voorwaarden opgesteld te worden;
* er wordt op redelijke wijze tegemoet gekomen aan de belangen van derden.

Nadelen:

* het is in de praktijk, zeker voor bodemsaneringen die in eigen beheer worden uitgevoerd, moeilijk om al in een vroegtijdig stadium aan te geven welke lokaties gesaneerd zullen worden;
* de afhandeling van een parapluvergunning kan belangrijk vertraagd worden als bezwaren worden ingediend tegen één bodemsanering;
* er is een groot aantal parapluvergunningen benodigd;

* saneringen in eigen beheer komen steeds meer voor; een parapluvergunning lijkt in die situaties niet zo'n geschikt middel.

Bijlage 11 : Modelaanvraagformulier

Toelichting

Deel C

Dit deel van de vragenlijst alleen in te vullen door de desbetreffende specifieke bedrijfstakken. Bodemsaneringsprojecten vallen onder bedrijven of instellingen die afvalstoffen opslaan, behandelen of verwerken.
De gegevens die hier worden gevraagd hebben betrekking op de werking van de bedrijfsinstallatie(s) waarin processen plaatsvinden die leiden of kunnen leiden tot lozingen van toxische, bio-accumulatieve of persistente afvalstoffen.
Zowel uit de proces-schema's als uit de beschrijvingen moet blijken welke afvalstoffen waar en in welke mate vrijkomen.
Er dienen recente analysegegevens te worden overgelegd.

18. Voor de beoordeling van de afvalwatersituatie is het van belang de aard van de te behandelen bodemverontreiniging te kennen. De aanvraag dient gericht te zijn op de te verwachten hoeveelheid verontreiniging in de lozing. Het is van belang deze zo reëel mogelijk aan te geven. Bij een te lage inschatting kunnen de te lozen hoeveelheden in werkelijkheid hoger zijn dan die waarmee bij de beoordeling van de aanvraag rekening is gehouden. Het wordt dan moeilijk de vergunningsvoorschriften na te leven. Uiterste konsekwentie kan dan zijn dat de lozing dient te worden beperkt of gestaakt.
Aan de andere kant kan een te ruime opgave er toe leiden dat aan de vergunning onnodig stringente voorschriften worden verbonden, waaraan dan wellicht slechts kan worden voldaan door gebruik te maken van geavanceerde zuiveringstechnieken.

In vraag 18.1 geeft u op de aard van de activiteit die de bodemverontreiniging heeft doen ontstaan zoals: gasfabriek, chemische wasserij, olieopslagplaats, asfaltfabriek, ...

19. Informatie over de procesvoering is tevens noodzakelijk voor de beoordeling van de vraag welke gevolgen storingen kunnen hebben voor de samenstelling en de hoeveelheid van het afvalwater. Ook dienen andere

vuilwaterbronnen te worden opgegeven zoals b.v. het uitwendig schoonspuiten van vrachtauto's, het spoelen van de filters, voor zover deze vraag nog niet volledig is beantwoord in vraag 17. Tevens dient een onderscheid gemaakt te worden in het type onttrekkingspunt. Bij een open bemaling kan mogelijk een grotere verontreiniging worden aangetroffen dan bij een "gesloten" bemaling zoals b.v. een strengenbemaling.

Er zijn verschillende methoden om de verwachte concentratie te voorspellen zoals: middeling van concentraties in peilbuizen, voorspellingsmodellen, ...
Aangegeven dient te worden op welke wijze de voorspelling tot stand is gekomen.

20 Het is mogelijk dat u bij vraag 8 bepaalde zuiveringstechnische voorzieningen hebt beschreven. U kunt dan volstaan met verwijzing naar vraag 8. Van de door u getroffen maatregelen, die niet bij vraag 8 zijn beschreven dient u hier een volledige beschrijving op een afzonderlijke bijlage te geven. Uit de beantwoording van de vragen moet blijken in hoeverre maatregelen er toe leiden dat de hoeveelheden te lozen afvalstoffen worden beperkt.

Bij gebruik van adsorbtiemiddelen is opgave van de adsorptie capaciteit noodzakelijk. Voor zover mogelijk dient voor iedere zuiveringstrap het rendement of de uitgangsconcentratie vermeld te worden.
De samenstelling en de hoeveelheid van het onttrokken grondwater is in vraag 19 aangegeven. Hier dient aangegeven te worden welke concentraties na passage van de beschreven zuiveringstechnische voorzieningen in het effluent verwacht wordt.

Voor de beoordeling van de procesvoering is het noodzakelijk opgave te doen van de (automatische) regelsystemen met alarmbeveiliging en de bewaking door personeel.

Voorts dient te worden aangegeven welke voorzieningen zijn getroffen om te voorkomen dat onder buitengewone omstandigheden zoals ongelukken of storingen, verontreinigende stoffen in de riolering of in het

 oppervlaktewater terecht kunnen komen.

C. SPECIFIEKE GEGEVENS BETREKKING HEBBEND OP DE AFVALSTROMEN VAN BODEMSANERINGSPROJECTEN (bedrijven die afvalstoffen opslaan, behandelen of verwerken)
(Alleen in te vullen indien u bij vraag 3.1 het betreffende hokje hebt aangekruist).

---

18 AARD VAN DE VERONTREINIGING

18.1 Wat is de aard van de aktiviteit die de bodemverontreiniging heeft doen ontstaan? .....
.....

18.2 Welke verontreinigingen zijn in de bodem aangetroffen en op welke plaats?

No	Plaats	diepte in m	stoffen	Hoeveelheden in kg

18.3 Geef op een plattegrond met dwarsdoorsneden aan waar de verontreiniging genoemd in 18.2 zich in de bodem dan wel in het grondwater bevindt, en geef op de tekening tevens eventuele ondoordringbare lagen aan en de grondwaterdoorstroming door de verschillende bodemlagen.

---

19 PROCESVOERING

19.1 Geef op een aparte bijlage een beschrijving van het saneringsprojekt van het project met planning van de werkzaamheden aan.

19.2 Geef in de volgende tabel gegevens omtrent de hoeveelheden en de verontreiniging van het te onttrekken grondwater.

No	plaats	diepte in m-mv	max. onttrekking m^3/h	verwachte stoffen	verwachte concentratie mg/m^3	tijdsduur onttrekking

19.3 Volgens welke methodiek is de voorspelling van de verwachte concentratie tot stand gekomen.

19.4 Geef op de in vraag 18.3 genoemde plattegrond de plaats aan waar de onttrekkingspunten gesitueerd zijn, en geef tevens per onttrekkingspunt aan of open dan wel gesloten bemaling is toegepast.

19.5 Geef aan welke andere soorten afvalwater vrij kunnen komen

O- spoelwater van de filters
O- spoelwater van de transportwagens
O- .....
O- .....
O- .....

Geef van elk van de aangekruiste afvalwaterstromen de hoeveelheden en de verontreinigingen aan op een afzonderlijke bijlage.

20. MAATREGELEN C.Q. VOORZIENINGEN

20.1 Welke maatregelen, naast de eventueel bij vraag 8 aangegeven voorzieningen zijn er getroffen ter beperking van de hoeveelheid te lozen stoffen?

- O- vuilwaterbassin
- O- olie/vetafscheiding
- O- flokkulatie
- O- bezinking
- O- zandfilter(s)
- O- koolfilter(s)
- O- luchtstripping met afgasbehandeling
- O- luchtstripping zonder afgasbehandeling
- O- .....
- O- .....
- O- .....

Geef van elk van de aangekruiste maatregelen een volledige beschrijving inclusief dimensionering op een afzonderlijke bijlage, voor zover u dat bij vraag 8 niet reeds hebt gedaan.

20.2 Welke chemicaliën of andere hulpstoffen worden toegepast bij de zuivering van het verontreinigd grondwater? (zonodig opgeven op een aparte bijlage)

- O- .....
- O- .....
- O- .....

20.3 Hoeveel van de in vraag 20.2 bedoelde stoffen worden per jaar toegepast?

- O- .....m^3/jaar
- O- .....kg/jaar

20.4 Op welke wijze wordt voorkomen dat de teruggehouden verontreinigingen (residuen, slibstoffen) met het afvalwater worden geloosd)

- O- afvoeren naar een verwerkingsbedrijf
- O- behandelen in eigen beheer
- O- .....

20.5 Hoeveel van de in vraag 20.4 bedoelde stoffen worden per jaar afgevoerd en/of behandeld?

..... m^3/jaar
..... kg/jaar

20.6 Welke afvalwaterstromen zullen worden geloosd naar hoeveelheid, samenstelling, tijdstip en tijdsduur? (in een bijlage vermelden, voor zover deze gegevens bij vraag 17 nog niet zijn opgegeven).

20.7 Zijn er maatregelen getroffen om extra lozingen t.g.v. storingen, proefdraaien, in gebruik stellen, buiten bedrijf nemen, schoonmaak- of herstelwerkzaamheden, te voorkomen?

O- ja, nl.: .....
.....
O- nee

Ondergetekende verklaart als daartoe bevoegd persoon dit formulier en de daarbij behorende bescheiden, te weten .....bijlage(n), naar waarheid te hebben ingevuld.

Plaats: ....., datum: .....

Handtekening:

.....

Naam en functie (in blokletters): .....
.....

Telefoon: .....

Bijlage 12 : Modelvergunningsvoorschriften

Model vergunningsvoorschriften ten behoeve van lozing(en) vanuit bodemsaneringsprojekten, voor zowel lozing op het gemeenteriool als voor lozing op oppervlaktewater.

Toelichting algemeen

De bodemsaneringsprojekten behoren tot die kategorieën van inrichtingen, welke afvalstoffen opslaan, behandelen of verwerken zoals bedoeld in artikelen 1 2^{e} lid en 31 4^{e} lid van de WVO. Uit dien hoofde dient de waterkwaliteitsbeheerder een WVO-vergunning te verlenen.
Verontreinigd grondwater bij bodemsanering(en) is naar herkomst te verdelen in grondwater dat vrijkomt bij: ontgraving, verwijdering van verontreinigd grondwater, in situ reiniging en isolatie en tevens proceswater bij de verwerking, opslag van verontreinigde grond , schrob- en spoelwater van de transportwagens. Bij al deze aktiviteiten kunnen afhankelijk van de aard van de verontreinigingen (potentieel) zwarte lijststoffen en/of overige verontreinigingen onttrokken worden aan de bodem en worden geloosd.

Ten aanzien van de (potentieel) zwarte lijststoffen geldt, dat ter beperking van de lozing de beste bestaande technieken dienen te worden toegepast. Voor de overige verontreinigingen is toepassing van de best uitvoerbare technieken de geëigende werkwijze daartoe. In het rapport van CUWVO VI "Grondwaterbehandeling bij bodemsanering" zijn hiervoor aanbevelingen gedaan. Bij de invulling van de lozingseisen kunnen deze aanbevelingen als leidraad worden genomen. In geval de waterkwaliteit van het ontvangende water alsmede de doelmatige werking van de RWZI hiertoe noodzaakt, kunnen verdergaande voorschriften vereist zijn.

Voorschrift 1 (soorten afvalwaterstromen)

Het ingevolge deze vergunning via ... afvoerleiding(en) op de gemeentelijke riolering/oppervlaktewater te brengen afvalwater(afvalstoffen, verontreinigende of schadelijke stoffen) mogen uitsluitend bestaan uit:

1. afvalwater, t.w.
   a. grondwater afkomstig van .....
   b. drainagewater afkomstig van .....
   c. spoel/waswater afkomstig van .....
   d. .....

2. regenwater, afkomstig van ..... met een oppervlakte van .. m^2

3. afvalwater van huishoudelijke aard, afkomstig van .....

4. .....

Overeenkomstig de bij de aanvraag ingekomen d.d. ..... onder nr. ..... overgelegde beschrijving(en).

-2-

Toelichting voorschrift 1

Hier dient te worden aangegeven op welke soorten afvalwater de vergunning betrekking heeft. Onderscheiden kunnen worden grondwater dat vrijkomt bij: ontgraving, verwijdering van verontreinigd grondwater, in situ reiniging en isolatie en tevens proceswater bij de verwerking, opslag van verontreinigde grond, schrob- en spoelwater van de transportwagens. De opsomming wil op zich niet zeggen dat deze soorten afvalwater per definitie afzonderlijk moeten worden geloosd. Dat hangt af van de omstandigheden.

Voorschrift 2 (Lozingseisen)

1. Het huishoudelijk afvalwater, afkomstig van toiletten moet een septictank van voldoende afmetingen doorlopen. *
   Het huishoudelijk afvalwater, afkomstig van keukens en kantines moet een vetvanger van voldoende kapaciteit doorlopen.

2. Het te lozen .... water als bedoeld in voorschrift 1. mag een hoeveelheid van .... m^3/etmaal en .... m^3/uur niet overschrijden.
   a. Het te lozen grondwater mag een hoeveelheid van .... m^3/etmaal/uur niet overschrijden.
   b. Het te lozen drainagewater mag een hoeveelheid van .... m^3/etmaal/uur niet overschrijden.
   c. Het te lozen spoel/waswater mag een hoeveelheid van .... m^3/etmaal/uur niet overschrijden.
   d. .....

3. Ter plaatse van het (de) lozingspunt(en)/de kontroleput/meetvoorziening dient het .... water aan de volgende eisen te voldoen:
   a. de zuurgraad, uitgedrukt in pH-eenheden, moet een waarde hebben tussen .... en ....
   b. het chloridegehalte mag niet hoger zijn dan ..... mg/l
   c. het sulfaatgehalte mag niet hoger zijn dan ..... mg/l
   d. het gehalte aan bezinkbare bestanddelen mag niet hoger zijn dan ... ml/l
   e. het gehalte aan onopgeloste stoffen mag niet hoger zijn dan ..... mg/l *
   f. het gehalte aan ijzer (Fe) mag niet hoger zijn dan ..... mg/l *
   g. het zuurstofverbruik, bepaald als CZV en NKj, mag niet meer bedragen dan ..... mg/l *
   h. het zuurstofverbruik, bepaald als BZV, mag niet meer bedragen dan ..... mg/l *
   i. .....

* : Alleen bij lozing op oppervlaktewater

-3-

Toelichting voorschrift 2

In dit voorschrift dienen de lozingseisen vastgelegd.
Daarbij moet ondubbelzinnig vaststaan in welke afvalwaterstroom en op welke plaatsen deze eisen gelden.
De lozingseisen kunnen betrekking hebben op de totale afvalwaterstroom, gemeten op een gezamelijk lozingspunt, of op een zo nauwkeurig mogelijk omschreven specifieke afvalwaterstroom.

De zuurgraad zal veelal betrekking hebben op de totale afvalwaterstroom op de plaats waar deze in de riolering of in het oppervlaktewater wordt geloosd, terwijl de maksimaal toelaatbare waarden van de verontreinigingen betrekking kunnen hebben op (een deel van) het afvalwater vóórdat het met de andere afvalwaterstromen is gemengd. Dat is bijvoorbeeld het geval wanneer slechts een deel van het afvalwater verontreinigingen bevat en de treffen saneringsmaatregelen slechts betrekking hebben op die deelstroom (deelstroomzuivering).
Het verdient de voorkeur om de voorschriften ten aanzien van de maksimaal toelaatbare waarden zo dicht mogelijk bij de bron te stellen.

4. In het .... water gemeten ter plaatse van het (de) lozingspunt(en)/de kontroleput/meetvoorziening mag het gehalte en de vracht aan de in onderstaande tabel genoemde stoffen de daarbij vermelde waarden niet overschrijden.

stoffen	concentratie in prop. etmaal monster in mg/m^3	concentratie in enig steekmonster in mg/m^3	hoeveelheid in g/etmaal
cadmium			
chroom (totaal)			
cyanide (door chloor afbreekbaar)			
cyanide (totaal)			
koper			
lood			
nikkel			
zilver			
zink			
kwik			
VOX/VOCL **			
EOX/EOCL			
fenolindex			
PAK (EPA/6 v. Borneff/individueel)			
monocyclische aromaten (BTEX) **/***			
onopgeloste bestanddelen			
olie (mineraal)			
.....			
.....			
.....			

* Indien geen proportionele etmaalmonsters beschikbaar zijn gelden deze waarden voor het voortschrijdend rekenkundig gemiddelde van 10 steekmonsters, waarbij tussen twee achtereenvolgende steekmonsters tenminste 24 uur verstreken dient te zijn.

** Concentratie in enig proportioneel etmaal moster.

*** Som van benzeen, tolueen, ethylbenzeen en xylenen.

-4-

Deze eindconcentraties zijn gemiddelde waarden, te bepalen in een proportioneel etmaalmonster. Het verdient dan aanbeveling om voor steekmonsters uit te gaan van waarden die een faktor 2 hoger liggen. Over het algemeen kan gesteld worden dat steekmonsters de voorkeur verdienen, daar bij kontinu proportionele bemonstering de vluchtigheid van de diverse verontreinigingen een rol kan spelen voor het representatief zijn van de lozing. De vrachten per etmaal van de verschillende verontreinigingen zijn van belang in verband met de doelmatige werking van de RWZI en de aard en omvang van het ontvangende oppervlaktewater.

Opgemerkt dient te worden dat bij de opsomming van de parameters in specifieke gevallen de stoffen eenduidig omschreven moeten worden. Dit geldt speciaal voor de PAK (zoals naftaleen, 6 van Borneff en 16 van EPA) en de cyaniden (door chloor afbreekbaar cyanide en cyanide totaal).

Het ligt voor de hand die parameters in de voorschriften op te nemen die in het grondwater zijn aangetroffen en die in de aanvraag zijn genoemd en waarvan het relevant wordt geacht om ze te limiteren.

In de praktijk kunnen zich situaties voordoen waarbij zowel de kwaliteit als de kwantiteit van de lozing in de tijd variëren. In dit voorschrift zullen deze perioden dan moeten worden omschreven, waarbij rekening gehouden wordt met welk debiet en met welke kwaliteit het te lozen grondwater zal worden geloosd.
De tijdvakken welke hier worden bedoeld zijn bijvoorbeeld de perioden van ontgraving en de werkelijke grondwatersanering.
In dit voorschrift kunnen de verhoogde concentraties worden beschreven, zowel in kwaliteit als kwantiteit, waarbij tevens wordt aangegeven gedurende welke tijd deze verhoogde concentraties en vrachten worden toegestaan.

-5-

5. De analyse van de onder lid 3 en 4 genoemde stoffen en/of parameters worden konform de bepalingsvoorschriften, waarnaar wordt verwezen in de bijlage behorende bij deze vergunning, uitgevoerd.

Voorschrift 3

(a: Verplichting tot het hebben van een meetvoorziening)

1. De te lozen afvalwaterstr(o)m(en), als bedoeld in voorschrift 1 sub .... dient(en) te allen tijde te kunnen worden onderworpen aan (een afzonderlijke) kontinue debietmeting en proportionele bemonstering.
Daartoe dient(en) deze afvalwaterstro(o)m(en) via een (aparte) doelmatig funktionerende meetvoorziening(en) te worden geleid.

2. De in lid 1 bedoelde voorziening(en) dient(en) zodanig te worden geplaatst, dat deze voor inspektie goed bereikbaar en toegankelijk is (zijn)

(b: Verplichting tot het hebben van een kontroleput)

1. De te lozen afvalwaterstro(o)m(en) als bedoeld in voorschrift 1 sub .... dient(en) te allen tijde afzonderlijk te kunnen worden bemonsterd. Daartoe dient(en) deze afvalwaterstro(o)m(en) via een (aparte) kontroleput(ten) te worden geleid, die geschikt is (zijn) voor bemonsteringsdoeleinden.

2. De in lid 1 bedoelde kontroleput(ten) dient(en) zodanig te worden geplaatst, dat deze goed bereikbaar en toegankelijk is (zijn).

-6-

Toelichting voorschrift 3 (kiezen uit a of b)

Teneinde een goede kontrole door of vanwege de waterkwaliteitsbeheerder mogelijk te maken, zal het afvalwater bij voorkeur door een daartoe geschikte meetgelegenheid moeten worden gevoerd. Dit is eveneens het geval indien voorschrift 3 wordt opgenomen.
Soms is het installeren van een meetgelegenheid niet mogelijk of niet doelmatig. Dit zal vooral het geval kunnen zijn bij een geringe lozing van afvalwater of een sanering van korte duur. Teneinde toch in elk geval door middel van steekmonsters de naleving van de vergunningsvoorschriften te kunnen kontroleren, is het nodig dat het te kontroleren afvalwater door één of meer daartoe geschikte kontroleputten wordt geleid (alternatief b).
In een aantal gevallen kan het installeren van een kontroleput niet mogelijk of doelmatig zijn. In dat geval kan het afvalwaterkwantiteit gemeten worden met een pompurenteller, terwijl de afvalwaterkwaliteit gemeten wordt aan het einde van de zuiveringsinstallatie.

Voor zover een en ander niet blijkt uit de rioleringstekening die deel uitmaakt van de vergunning, verdient het aanbeveling om in dit voorschrift de plaats van de voorgeschreven voorziening nader aan te geven.

Voorschrift 4 (Verplichting tot meten en bemonsteren)

1. Het te lozen ..... water als bedoeld in voorschrift 1 sub .... dient dagelijks/... maal per maand/jaar door of vanwege vergunninghouder door meting en bemonstering te worden gekontroleerd.

2. De in lid 1 genoemde kontrole betreft de hoeveelheid van het geloosde ..... afvalwater, per etmaal, alsmede de volgende van de in voorschrift 2, lid 4, genoemde parameters :
   .....
   .....

3. Indien uit de onderzoeksresultaten blijkt dat met een geringere onderzoeksfrekwentie, dan wel met een geringer aantal parameters kan worden volstaan, kan het dagelijks bestuur op een daartoe strekkend verzoek aldus besluiten.

4. De analyses van de in lid 2 genoemde parameters moeten worden uitgevoerd konform de voorschriften, waarnaar wordt verwezen in de bijlage behorende bij deze vergunning.

5. Indien uit onderzoeksresultaten blijkt dat met andere analysemethoden gelijkwaardige resultaten kunnen worden bereikt als die met de in lid 4 bedoelde methoden, mogen die - na verkregen toestemming van het dagelijks bestuur - worden gebruikt.

6. De meet- en analyseresultaten met betrekking tot de te kontroleren afvalwaterstro(o)m(en) dient(en) ..... maal per .... binnen .... maanden na afloop van de kontroleperiode aan het dagelijks bestuur te worden gerapporteerd.

7. De wijze van het te verrichten onderzoek, alsmede de wijze van rapporteren behoeven de goedkeuring van het dagelijks bestuur.

-7-

Toelichting voorschrift 4

In de meeste gevallen (met name bij grote lozingen) zullen meting en bemonstering aan vergunninghouder worden voorgeschreven.
Dit zal met name het geval kunnen zijn indien de resultaten van de meting en bemonstering van invloed zijn op de inspanning ter beperking van de hoeveelheden te lozen afvalstoffen. De meting en bemonstering moet dan gezien worden als kontrole op de bedrijfsvoering en de goede werking van afvalwaterbehandelingsinstallatie.

Aangezien het vaak moeilijk blijkt om een betrouwbare voorspelling te maken van de te verwachten concentraties in het onttrokken water, kan overwogen worden om in het begin een hogere bemonsteringsfrekwentie aan te houden.

In dit voorschrift wordt de mogelijkheid opengehouden de bemonsteringsfrekwentie aan te passen. Indien uit de analyseresultaten blijkt dat de concentraties en/of vrachten nauwelijks veranderen, danwel aanmerkelijk zijn afgenomen, dan is het uit oogpunt van kostenbesparing voor de hand liggend de frekwentie te verlagen.

-8-

Voorschrift 5 (Beheer en onderhoud)

De in de voorschriften ... en ... bedoelde voorzieningen moeten doelmatig funktioneren, in goede staat van onderhoud verkeren en met zorg worden bediend.

Voorschrift 6 (Aanwijzing kontaktpersoon)

De vergunninghouder is verplicht één of meer personen aan te wijzen waarmee door of namens het dagelijks bestuur in spoedgevallen overleg kan worden gevoerd.

-9-

Toelichting voorschrift 6

Het verdient aanbeveling dat ook de waterkwaliteitsbeheerder een kontaktpersoon of een kontaktadres aanwijst, waarmee vergunninghouder in spoedgevallen kan overleggen. Deze aanwijzing maakt geen deel uit van de vergunning, maar kan in een aanhangsel of in de toezendbrief worden vermeld.

Voorschrift 7 (Melding aanvang lozing)

Tenminste ... uur/dagen voor aanvang van de onderhavige lozing dient de vergunninghouder het dagelijks bestuur schriftelijk in kennis te stellen van het tijdstip van aanvang van de lozing.

-10-

Toelichting voorschrift 7

Dit voorschrift heeft tot doel de aanvang van de lozing vast te leggen. Bij bodemsaneringsprojekten is het van belang om te weten wanneer de lozing aanvangt, zodat de waterkwaliteitsbeheerder de vergunningkontrole kan uitvoeren.
Het aantal bodemsaneringsprojekten neemt sterk in aantal toe. In bepaalde gevallen kan er sprake zijn van vrij omvangrijke lozingen (van gemiddeld 10 tot 45 m^3 per uur tot meer dan 100 m^3 per uur). Speciaal bij lozingen op kleine(re) RWZI's en grote hoeveelheden afvalwater afkomstig van bodemsaneringen is het noodzakelijk de aanvang van de lozing te kennen, daar dan op de RWZI en/of rioolgemalen diverse maatregelen genomen kunnen worden.
Ook kan het gebeuren dat de lozing niet direkt voor de volle 100% aanvangt, of dat er, gezien de aard van de saneringswerkzaamheden, veranderingen optreden in het geloosde debiet.

-11-

Voorschrift 8 (Kalamiteiten regeling)

1. Indien als gevolg van kalamiteiten of bijzondere omstandigheden niet aan de gestelde voorschriften wordt voldaan of naar verwachting niet kan worden voldaan, dient de vergunninghouder terstond maatregelen te treffen teneinde de nadelige invloed van de lozing zoveel mogelijk te voorkomen of te beperken. Het dagelijks bestuur dient van één en ander zo spoedig mogelijk op de hoogte te worden gesteld. De door of vanwege het dagelijks bestuur ter zake gegeven aanwijzingen dienen stipt te worden opgevolgd.

2. Indien het dagelijks bestuur dit gewenst acht, zal vergunninghouder betreffende het voorval schriftelijk rapport uitbrengen met vermelding van oorzaak, datum en tijd van aanvang en beëindiging van het voorgevallene en de gevolgen ervan voor de kwaliteit van het geloosde afvalwater, alsmede van de voorgenomen maatregelen ter voorkoming van herhaling.

(De volgende leden alleen opnemen ingeval van lozing op oppervlaktewater).

3. Indien de kwaliteit van het ontvangende water als gevolg van kalamiteiten of andere uitzonderlijke omstandigheden het noodzakelijk maakt ter voorkoming van ernstige verontreiniging van het oppervlaktewater maatregelen van tijdelijke aard te nemen, is de vergunninghouder verplicht daartoe op aanschrijving van of vanwege het dagelijks bestuur onverwijld over te gaan.

4. De tijdelijke maatregelen kunnen slechts bestaan uit het opleggen van niet in de vergunning opgenomen voorzieningen betreffende de hiervoor omschreven lozingen en/of het beperken of staken van de lozing van verontreinigde stoffen zoals deze volgens de vergunning is toegestaan.

5. Een maatregel als hierboven bedoeld zal maksimaal voor een periode van 48 uur, telkenmale met maximaal even zoveel uren te verlengen, worden opgelegd en mag in geen geval tot gevolg hebben, dat de lozing van afvalwater volgens de vergunning na het vervallen van de tijdelijke opgelegde verplichtingen geheel of gedeeltelijk niet meer mogelijk is.

Bijlage 1

De in deze vergunning genoemde analyses worden uitgevoerd volgens:

a. de voorschriften, vermeld in de "methode voor de analyse voor afvalwater" van ondermeer het Nederlands Normalisatie Instituut (NNI):

		ontsluiting
Arseen	NEN 6432	NEN 6465
Barium	NEN 6436	"
Cadmium	NEN 6458	"
Chroom	NEN 6444	"
Cobalt	NEN 6468	"
Koper	NEN 6454	"
Lood	NEN 6429	"
Nikkel	NEN 6438	"
Vanadium	NEN 6463	"
Zilver	NEN 6462	"
Zink	NEN 6443	"
IJzer	NEN 6460	"
Kwik	NEN 6449 (incl. ontsluiting)	
Cyanide (totaal)	EPA 335.3	
Cyanide (door Cl afbreekbaar)	ISO 6703/2	
Zuurgraad (pH)	NEN 6411	
Sulfaat	NEN 6487	
Chloride	NEN 6660	
Onopgeloste bestanddelen	NEN 6621	
Monocyclische aromaten (BTEX)	VPR C85-10	
Fenol-index	NEN 6670	
Polycyclische aromaten		
(EPA)	VPR C85-11	
(Borneff)	NEN 6524	
Bezinkselvolume	NEN 3235 - 4.4	
EOX	ontwerp-NEN 6402	
VOX	ontwerp-NEN	
Olie-index	NEN 6673	
	ontwerp-NEN 6675	

-12-

Toelichting bijlage

Indien voor een bepaalde stof nog geen normvoorschriften of ontwerp-normvoorschriften zijn opgesteld dienen de onder b, c of d genoemde voorschriften achter de betreffende parameter te worden aangegeven. Zodra de voorschriften worden gewijzigd dient deze bijlage te worden aangepast en aan vergunninghouder te worden toegezonden.

b. Standard methods for the examination of Water and Wastewater, American Public Health Association Inc. New York

c. Annual book of ASTM standards (part 31)

d. Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser/Abwasser und Schlammmuntersuchung, Weissheim Verlag Chemie.

Een wijziging in een normblad of voorschrift wordt automatisch van kracht dertig dagen nadat de wijziging door het dagelijks bestuur ter kennis van de vergunninghouder is gebracht, tenzij binnen die termijn bij het dagelijks bestuur schriftelijk bezwaar is aangetekend.

Bijlage 13 : Lijst van 129 stoffen die door de commissie van de EG zijn geselekteerd

LIJST VAN 129 STOFFEN DIE DOOR DE COMMISSIE VAN DE EG ZIJN GESELECTEERD

Tabel 1. Reeksen van stoffen die door de EG-commissie zijn geselecteerd om bestudeerd te worden daar zij in aanmerking komen voor de zwarte lijst (op de tussen haakjes vermelde data vond het overleg met de nationale deskundigen plaats).

1e reeks (14 juni 1976)

1. kwik en kwikverbindingen
2. cadmium en cadmiumverbindingen
3. aldrin
4. dieldrin
5. endrin

2e reeks (26 september 1977)

6. chloordaan
7. heptachloor (en heptachloorepoxyde)
8. DDT (en metabolieten DDD en DDE)
9. hexachloorcyclohexaan (alle isomeren)
10. polychloorbifenylen en -terfenylen
11. hexachloorbenzeen

3e reeks (3 oktober 1979)

12. endosulfan
13. hexachloorbutadieen
14. pentachloorfenol
15. trichloorfenol

4e reeks (26 november 1980)

16. benzeen
17. tetrachloormethaan
18. trichloormethaan (chloroform)

*reeks carcinogenen (23, 24 januari 1978)**

19. arseen en arseenverbindingen
20. benzidine
21. PAK (3,4-benzopyreen en 3,4-benzofluorantheen)

5e reeks (5 oktober 1981)

22. 1,1-dichloorethaan
23. 1,2-dichloorethaan
24. 1,2-dibroomethaan
25. 1,1,1-trichloorethaan
26. 1,1,2-trichloorethaan
27. 1,1,2,2-tetrachloorethaan
28. 1,1-dichlooretheen
29. 1,2-dichlooretheen
30. trichlooretheen
31. tetrachlooretheen
32. monochloorbenzeen
33. trichloorbenzeen
34. dichloormethaan
35. 1,2-dichloorpropaan
36. malathion

6e reeks (12, 13 oktober 1982)

37. 2-chlooraniline
38. 3-chlooraniline
39. 4-chlooraniline
40. 1-chloor-2-nitrobenzeen

* Geselecteerd in het overleg van de Subgroep Carcinogene Stoffen van Werkgroep B van de Internationale Rijncommissie.

41. 1-chloor-3-nitrobenzeen
42. 1-chloor-4-nitrobenzeen
43. 2,4-dichloorfenol
44. 2-chloorethanol
45. 1,3-dichloor-2-propanol
46. epichloorhydrine
47. parathion (en parathion-methyl)

Tabel 2. Overige stoffen van de EG-lijst van 129 stoffen die in aanmerking komen voor de zwarte lijst, maar nog niet zijn geselecteerd voor nadere studie.

48. 2-amino-4-chloorfenol
49. antraceen
50. azinfos-ethyl
51. azinfos-methyl
52. benzylchloride (-chloortolueen)
53. benzylideenchloride (, -dichloortolueen)
54. bifenyl
55. chloralhydraat (trichlooracetaldehyde, gehydrateerd)
56. chloorazijnzuur
57. 1-chloor-2,4-dinitrobenzeen
58. 4-chloor-3-methylfenol
59. 1-chloornaftaleen
60. chloornaftalenen (technische mengsel)
61. 4-chloor-2-nitroaniline
62. 4-chloor-2-nitrotolueen
63. chloornitrotoluenen (andere dan 62)
64. 2-chloorfenol
65. 3-chloorfenol
66. 4-chloorfenol
67. chloropreen (2-chloorbutadieen-1,3)
68. 3-chloorpropeen (allylchloride)
69. 2-chloortolueen
70. 3-chloortolueen
71. 4-chloortolueen
72. 2-chloor-p-toluïdine
73. chloortoluïdinen (andere dan 72)
74. cumafos
75. cyanuurzuurchloride (2,4,6-trichloor-1,3,5-triazine)
76. 2,4-dichloorfenoxyazijnzuur (en zouten en esters van 2,4-D)
77. demeton (ook demeton-O, -S, -S-methyl- en -S-methyl-sulfon)
78. dibutyltindichloride
79. dibutyltinoxyde
80. dibutyltinzouten (andere dan -dichloride en -oxyde)
81. dichlooranilinen
82. 1,2-dichloorbenzeen
83. 1,3-dichloorbenzeen
84. 1,4-dichloorbenzeen
85. dichloorbenzidinen
86. dichloordiisopropylether
87. dichloornitrobenzenen
88. 1,3-dichloorpropeen
89. 2,3-dichloorpropeen
90. dichloorprop (2-(2,4-dichloorfenoxy)-propionzuur)
91. dichloorvos (2,2-dichloorvinyldimethylfosfaat)
92. diëthylamine
93. dimethoaat
94. dimethylamine
95. disulfoton

96. ethylbenzeen
97. fenitrothion
98. fenthion
99. hexachloorethaan
100. isopropylbenzeen
101. linuron
102. MCPA (2-methyl-4-chloorfenoxy azijnzuur)
103. mecoprop (2-(2-methyl-4-chloorfenoxyl)-propionzuur)
104. methamidofos
105. mevinfos
106. monolinuron
107. naftaleen
108. omethoaat
109. oxydemeton-methyl
110. foxim
111. propanil (3,4-dichloorpropionanilide)
112. pyrazon
113. simazine
114. 2,4,5-trichloorfenoxyazijnzuur (en zouten en esters van 2,4,5-T)
115. tetrabutyltin
116. 1,2,4,5-tetrachloorbenzeen
117. tolueen
118. triazofos
119. tributylfosfaat
120. tributyltinoxyde
121. trichloorfon
122. 1,2,4-trichloorbenzeen
123. 1,1,2-trichloortrifluorethaan
124. trifluralin
125. trifenyltinacetaat
126. trifenyltinchloride
127. trifenyltinhydroxyde
128. vinylchloride (chlooretheen)
129. xylenen (technisch mengsel van isomeren)