



## Protocol 7002

# Uitvoering van landbodemsaneringen met in-situ methoden

*Performance of soil remediation  
with in situ methods*

## Introduction in English (informative)

### **Purpose of the protocol**

*The purpose of the protocol 'Performance of soil remediation with in situ methods' is to describe the specific requirements to warrant the quality soil remediation with in situ methods.*

### **Content**

*This protocol contains requirements for performance of soil remediations with in situ methods. It is applicable to all types of interventions with in situ methods in soil that contains an amount of contaminated material above a certain limit. The protocol describes the specific requirements to the companies and persons performing these remediations/interventions. It does not describe specific techniques.*

*The requirements that apply to the process, the quality system and the certification are referred to in BRL SIKB 7000.*

## Colofon

### **Status**

Dit protocol 7002 (versie 6.0) is op 1 februari 2018 vastgesteld door het Centraal College van Deskundigen (CCvD) / Accreditatiecollege Bodembeheer, ondergebracht bij de Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer (SIKB) te Gouda. Dit protocol treedt in werking op 30 november 2018. Versie 2.3 van dit protocol wordt ingetrokken op 1 april 2020. Opgenomen beeldmateriaal is informatief en niet normatief.

### **Eigendomsrecht**

Dit protocol is opgesteld in opdracht van en uitgegeven door de Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer (SIKB). Het CCvD / Accreditatiecollege Bodembeheer, ondergebracht bij SIKB, beheert dit protocol inhoudelijk. De actuele versie van het protocol staat op de website van SIKB ([www.sikb.nl](http://www.sikb.nl)) en is op elektronische wijze tegen ongewenste aanpassingen beschermd. Het is niet toegestaan om wijzigingen aan te brengen in de originele en door het CCvD / Accreditatiecollege Bodembeheer goedgekeurde en vastgestelde teksten met het doel hieraan rechten te (kunnen) ontleen.

### **Vrijwaring**

SIKB is behoudens in geval van opzet of grove schuld niet aansprakelijk voor schade die bij de gebruiker of derden ontstaat door het toepassen van dit document.

### **© Copyright 2018 SIKB**

Overname van tekstdelen en beeld is toegestaan met bronvermelding. Alle rechten berusten bij SIKB.

### **Bronnen beeldmateriaal**

SIKB, Terra Practicus.

### **Bestelwijze**

Dit document is in digitale vorm kosteloos te verkrijgen bij SIKB. Een ingebonden versie kunt u bestellen tegen kosten, op te vragen bij SIKB.

### **Updateservice**

Door het CCvD / Accreditatiecollege Bodembeheer vastgestelde mutaties in dit document zijn te verkrijgen bij SIKB. Via [www.sikb.nl](http://www.sikb.nl) kunt u zich aanmelden voor automatische toezending van mutaties. U kunt u via [www.sikb.nl](http://www.sikb.nl) ook opgeven voor de gratis digitale nieuwsbrief.

### **Helpdesk/gebruiksaanwijzing**

Voor vragen over inhoud en toepassing van dit document kunt u terecht bij uw certificatie-instelling of bij SIKB. Voor geschillen zie de klachten- en geschillenregeling via [www.SIKB.nl](http://www.SIKB.nl).

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Doel van het protocol .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Definities, werkingsgebied en principe .....</b>	<b>5</b>
2.1	Definities .....	5
2.2	Werkingsgebied en principe .....	7
<b>3</b>	<b>Plaats van het protocol in kwaliteitssysteem .....</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Verantwoordelijkheden.....</b>	<b>10</b>
4.1	Taken en verantwoordelijkheden .....	10
4.2	Vakbekwaamheid .....	11
<b>5</b>	<b>Apparatuur en hulpmiddelen .....</b>	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>Werkwijze voor de uitvoering van landbodemsanering met in-situ methoden .....</b>	<b>14</b>
6.1	Algemeen .....	14
6.2	Ontwerp .....	14
6.3	Technische uitvoeringsvoorschriften .....	15
6.4	Terreininrichting.....	15
6.5	Voorkomen contaminatie.....	15
6.6	Controles .....	15
6.6.1	Controles aanlegfase .....	15
6.6.2	Controles Instandhoudingsfase .....	16
6.7	Logboek.....	16
6.8	Rapportages .....	18
6.9	Milieukundige processturing door de aannemer .....	18
6.10	Opleverdocumentatie .....	18
<b>Bijlage 1</b>	<b>In-situ saneringstechnieken en te monitoren systeem- en bodemprocesparameters .....</b>	<b>19</b>

# 1 Doel van het protocol

Dit protocol beschrijft eisen voor het uitvoeren van landbodemsaneringen met in-situ saneringsmethoden, om zo de kwaliteit daarvan te waarborgen.

Dit protocol hoort bij BRL SIKB 7000, 'Uitvoering van (water)bodemsaneringen en ingrepen in de waterbodem'. In de BRL staan de algemene eisen waaraan aannemers moeten voldoen, die werken onder het certificaat van BRL SIKB 7000. Dit protocol beschrijft de specifieke eisen waaraan aannemers en personen moeten voldoen, die onder het certificaat van BRL SIKB 7000 werken aan de uitvoering van landbodemsaneringen met behulp van in-situ methoden.

Het protocol is van toepassing op bodemsaneringen in het kader van de Wbb en de Wm.

Bij het uitvoeren van werkzaamheden volgens dit protocol geldt:

- er is een beschikking op een goedgekeurd saneringsplan (Wbb), afgegeven door het bevoegde gezag Wbb, óf
- er is melding gedaan in het kader van het Besluit Uniforme Saneringen (BUS), óf
- er is sprake van aanwijzingen op een melding van een ongewoon voorval (art. 13 en 27 Wbb), óf
- er is een goedkeuringsverklaring op het saneringsplan (Wm), afgegeven door het bevoegde gezag Wm,

waarbij de inhoud van genoemde documenten bepalend is welke onderwerpen in BRL en protocol van toepassing zijn.

Dit protocol heeft betrekking op het verwijderen van verontreinigingen uit grond en grondwater met in-situ methoden (zie bijlage 1). Dit protocol schrijft zelf geen specifieke technieken voor.

Dit protocol maakt het voor de aannemer mogelijk zelf de milieukundige processturing van in-situ saneringen te doen die door hem worden uitgevoerd en vallen onder BRL SIKB 7000. In dit protocol staan de eisen waaraan de aannemer moet voldoen indien hij zelf de milieukundige processturing op zich neemt. Indien de aannemer aan deze eisen voldoet, mag hij de milieukundige processturing uitvoeren in het kader van protocol 7002 zonder dat hij zelf gecertificeerd hoeft te zijn voor protocol 6002.

## 2 Definities, werkingsgebied en principe

### 2.1 Definities

De belangrijkste definities in het kader van dit protocol zijn:

<i>Aanlegfase</i>	Tijdens deze fase worden door de aannemer de onder- en bovengrondse saneringssystemen aangebracht. De fase eindigt na proefdraaien en opleveren van de saneringssystemen met een 'Tussenevaluatie Aanlegfase'. Deze fase wordt opgesplitst in twee delen: <ul style="list-style-type: none"><li>• 'civiele installatie' (installatie van de ondergrondse saneringssystemen, filters en leidingwerk)</li><li>• 'installatie apparatuur' (aanbrengen, testen en proefdraaien van de benodigde saneringsapparatuur: pompen, ventilatoren, installaties, etc.).</li></ul>
<i>Aannemer</i>	De natuurlijke persoon of rechtspersoon die de uitvoering van de (water)bodemsanering of ingreep in de waterbodem op zich neemt.
<i>Afwijkingen, niet-kritieke</i>	Afwijking van de eisen in dit protocol, die niet een kritieke afwijking is.
<i>Afwijkingen, kritieke</i>	Er is sprake van een 'kritieke afwijking' wanneer de afwijking: <ul style="list-style-type: none"><li>• onmiddellijk kritiek effect heeft op de resultaten van het proces van de (water)bodemsanering of ingreep in de waterbodem, zoals vastgelegd in de kwaliteitseisen van het door het bevoegde gezag goedgekeurde saneringsplan, projectplan of locatieplan of in de eisen die bij Ministeriële Regeling zijn vastgelegd. 'Kritiek' wil zeggen dat de afwijking direct van invloed kan zijn op de vervolgfases van de uitvoering van de (water)bodemsanering of ingreep, óf</li><li>• inhoudt dat één of meer elementen van dit protocol niet zijn gedocumenteerd terwijl dit wel vereist is, óf</li><li>• bestaat uit het niet implementeren van één of meer eisen van deze beoordelingsrichtlijn, óf</li><li>• inhoudt dat medewerkers die niet over de passende ervaring of opleiding beschikken worden ingezet, óf</li><li>• inhoudt dat de aannemer geen werkvoorbereider of kwaliteitsverantwoordelijke persoon in dienst heeft, óf</li><li>• inhoudt dat medewerkers als geregistreerd medewerker, zonder dat ze gemeld zijn via het (bedrijfseigen) meldingsstelsel, worden ingezet, óf</li><li>• inhoudt dat bij meerdere eisen van dit protocol sprake is van vergelijkbare afwijkingen in documentatie en/of implementatie (een zogenaamde 'trend').</li></ul>
<i>Afwijkingen t.o.v. plan of beschikking/melding</i>	Ook aangehaald als 'wijzigingen t.o.v. plan of beschikking/melding'. Onder afwijkingen t.o.v. plan of beschikking/melding wordt het volgende verstaan: <ul style="list-style-type: none"><li>• de aard of omvang van de verontreiniging wijkt af van het saneringsplan, projectplan, locatieplan of de BUS-melding en deze afwijking is van invloed op de aanpak en het resultaat van de (water)bodemsanering of ingreep in de waterbodem;</li><li>• de (water)bodemsanering of ingreep in de waterbodem duurt significant langer (of korter) dan is aangegeven in het plan of de melding;</li><li>• de uitvoeringswijze is anders dan omschreven; het eindresultaat wijkt af van de saneringsdoelstelling waarvoor het plan of de melding is geschreven.</li></ul>
<i>Bevoegd gezag</i>	Bevoegd gezag voor het betreffende kader waarin de ingreep of sanering wordt uitgevoerd. In de meeste gevallen is dit de overheidsinstantie die op de saneringsplannen beschikt, aan wie de melding in het kader van het BUS wordt gedaan en die de evaluatieverslagen beoordeelt voor gevallen van ernstige bodemverontreiniging, of de waterbeheerder als het een ingreep in de waterbodem betreft.
<i>Bodemsanering</i>	Het beperken en zo veel mogelijk ongedaan maken van verontreiniging en de directe gevolgen daarvan of van dreigende verontreiniging van de bodem. Maatregelen om de verontreiniging weg te nemen en de verspreiding te voorkomen (afdekken, isoleren)

	<p>behoren tot de sanering. Ook tijdelijke uitplaatsing valt hieronder omdat hiervoor een BUS-melding moet worden gedaan.</p>
<i>Directievoering</i>	<p>Namens de opdrachtgever toezicht uitoefenen op de uitvoering van het werk en op de naleving van het contract met de aannemer.  <u>Opm:</u> <i>De opdrachtgever kan deze taak ook zelf op zich nemen.</i></p>
<i>Instandhoudingsfase</i>	<p>Tijdens deze fase worden door de aannemer de onder- en bovengrondse saneringssystemen opgestart en in stand gehouden. De fase eindigt bij het behalen van het beoogde saneringsdoel.</p>
<i>Kritische en niet-kritische werkzaamheden</i>	<p><b>Kritische werkzaamheden</b> zijn alle werkzaamheden in de (water)bodem die het resultaat van de (water)bodemsanering of ingreep in de waterbodem (kunnen) beïnvloeden, zoals:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• het vaststellen van de uit de bodem te verwijderen verontreinigingen in het veld (land- en waterbodem);</li> <li>• het aanbrengen van het saneringssysteem door de aannemer voor de sanering van grond en grondwater;</li> <li>• het scheiden van grond/baggerstromen, het in depot brengen en/of afvoeren van gescheiden deelstromen grond of bagger.</li> </ul> <p><b>Niet-kritische werkzaamheden</b> zijn alle overige werkzaamheden. Voorbeelden van niet-kritische werkzaamheden, waarbij niet de (continue) aanwezigheid van de kwaliteitsverantwoordelijke persoon is vereist, zijn:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• het inrichten van het werkterrein;</li> <li>• het aanbrengen van isolerende voorzieningen als bijvoorbeeld een leeflaag, verhardingslaag of scheidingslaag;</li> <li>• het aanvullen van de saneringsput na eindkeuring;</li> <li>• het ontgraven van een grond- of baggerdepot waarbij de kwaliteit en einddiepte op basis van inmeten van tevoren bekend is;</li> <li>• het ontgraven van grond uit een homogeen verontreinigde bodem waarbij de ontgravingscontour is bepaald door de in de bodem te realiseren functie, zoals bijvoorbeeld een aan te leggen kelder of parkeergarage.</li> </ul>
<i>Kwaliteitsverantwoordelijke persoon van de aannemer</i>	<p>De medewerker van de aannemer die op de plaats van uitvoering van de bodemsanering verantwoordelijk is voor de kwaliteit van de uitvoering van het werk.  <b>Voor de aannemer die de milieukundige processturing op zich neemt:</b> In de situatie dat de aannemer ook de milieukundige processturing op zich neemt kan de kwaliteitsverantwoordelijke persoon ook degene zijn die de rol van de projectleider op zich neemt.</p>
<i>Landbodemsanering met in-situ methoden</i>	<p>Sanering of beheersing van grond en/of grondwater met methoden waarbij geen sprake is van ontgraving of uitsluitend pump &amp; treat.</p>
<i>Logboek</i>	<p>Document, waarin gedurende de bodemsanering alle voor de uitvoering relevante gegevens worden vastgelegd.</p>
<i>Milieukundig begeleider</i>	<p>Degene die de milieukundige processturing en/of verificatie op zich neemt.</p>
<i>Milieukundige processturing</i>	<p>Het sturen van de bodemsanering ter plaatse van de uitvoering tijdens de aanleg- en de instandhoudingsfase.  <b>Aanlegfase:</b> De detectie van afwijkingen ten opzichte van het bodemonderzoek of saneringsplan. Gedacht moet worden aan een afwijkend verontreinigingsbeeld of bodemopbouw.  <b>Instandhoudingsfase:</b> Tijdens de instandhoudingsfase is de milieukundig begeleider processturing verantwoordelijk voor opvolging van het saneringsresultaat, constateren van afwijkingen van het verwachte verloop en (doen van voorstellen) voor bijsturing van de sanering. Ook geldt de verantwoordelijkheid voor het vastleggen en rapporteren van gegevens.</p>
<i>Milieukundige verificatie</i>	<p>Het met visuele inspectie, monsterneming, analyses en rapportage vastleggen en beschrijven van het eindresultaat van de werkzaamheden/(water)bodemsanering of ingreep in de waterbodem waarop BRL SIKB 6000 van toepassing is.</p>



	Milieukundige verificatie heeft als doel het bevoegde gezag in staat te stellen te beoordelen of de (sanerings)doelstelling is.
<i>Opdrachtgever</i>	De natuurlijke persoon of rechtspersoon, die opdracht geeft voor de uitvoering van de (water)bodemsanering en/of de ingreep in de waterbodem.
<i>Saneringsapparatuur</i>	De bovengrondse installaties t.b.v. de sanering, o.a. pompen, ventilatoren, compressoren, water- en luchtzuiveringsinstallaties.
<i>Saneringssysteem</i>	Het geheel van ondergrondse filters/saneringsmiddelen én bovengrondse saneringsapparatuur.
<i>Tussenevaluatie aanlegfase</i>	De installatiefase wordt afgesloten met een 'Tussenevaluatie aanlegfase' waarin de aangebrachte saneringssystemen 'as-built' door de aannemer worden gerapporteerd, inclusief afwijkingen op het oorspronkelijke plan.
<i>Uitvoeringsplan</i>	Het plan dat door de aannemer wordt opgesteld waarin wordt beschreven op welke wijze de aannemer het werk gaat uitvoeren en op welke wijze hij gaat voldoen aan de in het bestek of werkomschrijving genoemde eisen (zie par. 2.3.2 van de BRL).
<i>Verificatieplan</i>	Plan dat voorafgaand aan de uitvoering van de in-situ sanering door de milieukundig begeleider verificatie wordt opgesteld en waarin de kritische momenten en aspecten van de in-situ sanering worden vastgelegd waarop verificatie plaatsvindt.
<i>Werkomschrijving</i>	Door of namens de opdrachtgever opgesteld stuk met daarin een omschrijving van de door de aannemer uit te voeren werkzaamheden.
<i>Werkvoorbereider</i>	Medewerker van de aannemer die verantwoordelijk is voor de voorbereiding van het werk.

## 2.2 Werkingsgebied en principe

Protocol 7002 omschrijft de eisen aan organisatie, personeel en werkwijze van de aannemer die belast is met de uitvoering van de taken die in dit protocol worden benoemd. Dit om te borgen dat de saneringsdoelstelling wordt gerealiseerd conform de uitgangspunten.

Bij een in-situ sanering is de bodemgesteldheid en verontreinigingssituatie niet altijd van tevoren 100% correct in te schatten. Het is daarom ook vaak noodzakelijk om tijdens de uitvoering op bepaalde punten te kunnen afwijken van het oorspronkelijke plan. De taak van de milieukundig begeleider processturing (van het adviesbureau of van de aannemer) is het melden van afwijkingen aan opdrachtgever/directievoerder en de aannemer. Indien de aannemer zelf afwijkingen initieert, is hij verplicht deze te melden aan de milieukundig begeleider.

BRL SIKB 7000 en de daarbij horende protocollen, waaronder dit protocol, hebben een directe relatie met BRL SIKB 6000 en de daarbij horende protocollen. De BRL SIKB 6000 en de daarbij horende protocollen vormen de grondslag voor het procescertificaat voor de milieukundige begeleiding van bodemsaneringen. BRL SIKB 6000 en BRL SIKB 7000 zorgen samen voor een goede kwaliteitsborging ten aanzien van de uitvoering.

Een belangrijk aspect van de BRL SIKB 7000 is een afdoende mate van functiescheiding ten opzichte van de opdrachtgever. Functiescheiding is nader uitgewerkt in paragraaf 3.2 van BRL SIKB 7000 (en daarnaast in BRL SIKB 6000).

In bijlage 1 is een niet uitputtende opsomming van in-situ technieken opgenomen. De lijst met technieken is indicatief en bedoeld ter ondersteuning van de milieukundige begeleiding (zie BRL SIKB 6000). In deze lijst zijn per groep van technieken de belangrijkste relevante systeem- en bodemprocesparameters opgenomen. Het is verplicht deze parameters op te nemen in het saneringsplan, kwaliteitsplan en/of verificatieplan om inzicht te krijgen in de werking van het systeem

en de voortgang van de sanerende processen in de bodem.<sup>1</sup> In genoemde plannen kan gemotiveerd worden afgeweken van de keuze van de parameters en de frequentie waarmee de parameters worden gemeten.

---

<sup>1</sup> In de tabel wordt onderscheid gemaakt tussen systeemparemeters en bodemprocesparameters. De systeemparemeters zijn van belang voor monitoring van de werking van het systeem en de controle of het systeem levert wat het moet leveren zoals afgesproken in het saneringsplan en/of het bestek. De bodemprocesparameters zijn van belang voor meting van de voortgang van de processen in de bodem. Daarbij is onderscheid gemaakt in relevante parameters en incidenteel relevante parameters. In de tabel is een indicatie gegeven van de range waarbinnen het resultaat van de meting zou moeten vallen. Resultaten van metingen buiten de aangegeven range moeten kritisch worden beschouwd en kunnen een aanwijzing zijn dat of het systeem onvoldoende presteert dan wel er onvoldoende voortgang is in de processen in de bodem. De aangegeven ranges van de bodemprocesparameters hebben betrekking op metingen binnen de verontreinigingscontour. In specifieke gevallen moeten metingen van bodemprocesparameters stroomopwaarts of stroomafwaarts van de verontreinigingscontour gemeten worden om de resultaten van de metingen binnen de contour op de juiste wijze te kunnen interpreteren. Daarnaast wordt in de tabel de frequentie gegeven waarmee parameters worden gemeten en met welke techniek dit zou kunnen. De meest gangbare meetmethode is daarbij aangegeven. Zowel de methode als de frequentie moeten als indicatief worden opgevat.



### 3 Plaats van het protocol in kwaliteitssysteem

BRL SIKB 7000 regelt de kwaliteitsborging en de wijze waarop de eisen uit die BRL en dit protocol moeten zijn verankerd in het kwaliteitssysteem van de aannemer. Het is hierbij toegestaan om dit protocol integraal als werkdocument op te nemen in het kwaliteitssysteem.

## 4 Verantwoordelijkheden

### 4.1 Taken en verantwoordelijkheden

De aannemer is verantwoordelijk voor de technische installatie en uitvoering van de in-situ sanering conform de specificaties in het saneringsplan, bestek of werkomschrijving/uitvoeringsplan. De aannemer heeft de plicht om door hem geconstateerde afwijkingen die in eerste instantie niet direct onder zijn verantwoordelijkheid vallen – zoals afwijkingen in bodemopbouw of verontreinigingssituatie – te melden aan de milieukundig begeleider en de directievoerder. De aannemer geeft op basis van de werkomschrijving of uitvoeringsplan aan welke functies binnen zijn organisatie betrekking hebben op de werkvoorbereiding en uitvoering van de bodemsanering. Ook geeft hij aan wie de werkvoorbereider en wie de kwaliteitsverantwoordelijke persoon voor de uitvoering is. De aannemer kan ook voor verschillende fasen van de uitvoering verschillende kwaliteitsverantwoordelijke personen inzetten. Dit documenteert de aannemer dan goed van tevoren in het uitvoeringsplan.

#### **Taken aannemer die de milieukundige processturing op zich neemt:**

Wanneer de aannemer (het bedrijf) de milieukundige processturing op zich neemt, dan geeft hij aan wie binnen het bedrijf de rol van projectleider op zich neemt zoals aangegeven in protocol 6002 en wie de rol van processtuurder op zich neemt. De milieukundige processturing kan namelijk door zowel één persoon als door een team van personen worden verricht, waarbij de besluitvorming ligt bij één persoon, de projectleider. De projectleider is verantwoordelijk voor de inhoudelijke kwaliteit van het project.

#### **Taken werkvoorbereider**

In het kader van dit protocol zijn de taken en verantwoordelijkheden van de werkvoorbereider:

- samenstellen van het locatiedossier, volgens de eisen in § 3.9.1 en 3.9.2 van BRL SIKB 7000;
- opstellen van het uitvoeringsplan (zie § 2.3.2 van BRL SIKB 7000 – voor zover van toepassing voor de sanering met in-situ methoden – en hoofdstuk 6 van dit protocol);
- voor akkoord aanbieden van het uitvoeringsplan aan de opdrachtgever/directievoerder en het bedrijf dat de milieukundige begeleiding uitvoert;
- zorg dragen voor de beschikbaarheid van voldoende vakbekwaam personeel en het juiste materieel en middelen om de in-situ sanering uit te voeren;
- zorg dragen voor een goede overdracht van het werk aan de kwaliteitsverantwoordelijke persoon;
- opstellen van een rapport Tussenevaluatie aanlegfase;
- periodiek opstellen van voortgangsrapportages;
- aan de hand van het ingevulde logboek, werktekeningen en transportbonnen/ontvangstbewijzen opstellen van de opleverdocumentatie.

#### **Taken kwaliteitsverantwoordelijke persoon**

De kwaliteitsverantwoordelijke persoon heeft in het kader van dit protocol de volgende taken en verantwoordelijkheden:

- controleren van de inhoud van het locatiedossier, in het bijzonder de aanwezigheid van alle voor de sanering benodigde meldingen, vergunningen en ontheffingen;
- controleren van de aanwezigheid en goede werking van het in te zetten materieel en middelen;
- controleren en waar nodig het laten kalibreren van meet- en registratieapparatuur;
- controleren van het in te zetten personeel op geschiktheid voor de door hun uit te voeren werkzaamheden, zoals medische keuring, vakbekwaamheid en opleidingscertificaten;
- volgens het uitvoeringsplan uitvoeren van de in-situ bodemsanering. Hierbij stuurt hij alle uitvoerend medewerkers van de aannemer op de sanering aan;
- voor zover van toepassing en niet vermeld in het uitvoeringsplan, voldoen aan de uitvoeringseisen zoals vermeld in hoofdstuk 6 van dit protocol;
- controleren van de technisch juiste werking van de installaties;
- zorg dragen voor een goede samenwerking met de milieukundig begeleider;
- bijhouden van het logboek;

- controleren dat alle verplichte meldingen m.b.t. de sanering aan bevoegd gezag (toezichthouders, vergunningverleners e.d.) zijn verricht;
- indien van toepassing zorg dragen voor correcte afhandeling en ondertekening van de transportdocumenten;
- zorg dragen voor de oplevering van de in-situ bodemsanering volgens het uitvoeringsplan;
- overhandigen van het locatiedossier aan de werkvoorbereider.

De kwaliteitsverantwoordelijke persoon is tijdens de uitvoering van kritische werkzaamheden op de locatie aanwezig en is het aanspreekpunt voor het bevoegde gezag en de certificerende instelling. Bij niet-kritische werkzaamheden kan de kwaliteitsverantwoordelijke persoon zich laten vervangen door een voldoende deskundige assistent. Deze vervanging wordt geregistreerd in het logboek.

### Taken grondwerker

De grondwerker heeft in het kader van dit protocol de volgende taken en verantwoordelijkheden:

- indien van toepassing samen met de machinist van de graafmachine of boormachine bepalen op welke wijze wordt gecommuniceerd;
- op instructie van de kwaliteitsverantwoordelijke persoon en/of aanwijzing van de milieukundig begeleider uitvoeren van de aan hem/haar toebedeelde werkzaamheden;
- melden van afwijkingen in de samenstelling van de bodem aan kwaliteitsverantwoordelijke persoon en/of de milieukundig begeleider;
- melden van defecten aan ingezette apparatuur en middelen.

### Voor de aannemer die de milieukundige processturing op zich neemt:

Monsterneming van grond en grondwater in het kader van processturing mag worden uitgevoerd door een milieukundig begeleider (geregistreerd voor protocol 6002) en moet plaatsvinden conform BRL SIKB 2000 en de protocollen 2001 en 2002. Indien een veldwerker deze monsterneming verricht, dan worden deze werkzaamheden onder procescertificaat BRL SIKB 2000 uitgevoerd door een daarvoor geregistreerde veldwerker, onder toezicht van de milieukundig begeleider of kwaliteitsverantwoordelijke persoon.

Voor de taken en verantwoordelijkheden van de werkzaamheden die vallen onder BRL 6002 en BRL 2101 wordt verwezen naar de desbetreffende protocollen.

## 4.2 Vakbekwaamheid

Hieronder staan achtereenvolgens in het kader van dit protocol de vereiste vakbekwaamheden van de werkvoorbereider en de kwaliteitsverantwoordelijke persoon beschreven.

### Werkvoorbereider

De werkvoorbereider behoort minimaal aan de volgende eisen te voldoen:

- hbo-werk- en denkniveau, met als basis een opleiding civiele techniek, milieu- of cultuurtechniek of de opleiding uitvoerder grond-, weg- en waterbouw en minimaal 2 jaar aantoonbare praktijkervaring met als hoofdtak de uitvoering van (water)bodemsanering en/of werken in en met verontreinigde grond of waterbodem; of
- mbo-opleiding civiele techniek, milieu- of cultuurtechniek of de opleiding uitvoerder grond- water en wegenbouw en aantoonbare praktijkervaring (drie jaar) met als hoofdtak de voorbereiding van landbodemsaneringen met in-situ methoden;
- kennis hebben van in-situ bodemsaneringstechnieken;
- kennis hebben van:
  - a. (water)bodemonderzoeksnormen en de interpretatie van onderzoeksgegevens;
  - b. de relevante onderdelen van de meest recente Standaard RAW Bepalingen (inclusief UAV en UAV GC);
  - c. het eigen kwaliteitssysteem;
  - d. BRL SIKB 7000 en protocol 7002;
  - e. de taken en verantwoordelijkheden van de milieukundige begeleiding zoals beschreven in BRL SIKB 6000 en het protocol 6002;
  - f. de hoofdlijnen van de Wbb, BUS, Bbk, Rbk en het Activiteitenbesluit.

De kennis voor het uitvoeren van werkzaamheden onder certificaat moet actueel worden gehouden. De certificerende instelling toetst of de kwaliteitsverantwoordelijke persoon voldoende op de hoogte is van de hoofdlijnen van de actuele wet- en regelgeving.

#### **Kwaliteitsverantwoordelijke persoon**

De kwaliteitsverantwoordelijke persoon behoort minimaal aan de volgende eisen te voldoen:

- minimaal een mbo-opleiding civiele techniek, milieu- of cultuurtechniek, of de opleiding uitvoerder grond-, weg- en waterbouw en minimaal 2 jaar aantoonbare praktijkervaring met als hoofdtaak de uitvoering van in-situ bodemsanering; of
- opleiding civiele techniek, milieu- of cultuurtechniek, of de opleiding uitvoerder grond-weg- en waterbouw en minimaal 3 jaar aantoonbare praktijkervaring met als hoofdtaak de uitvoering van in-situ bodemsanering;
- opleiding asbestherkenning;
- kennis hebben van:
  - a. (water)bodemonderzoeksnormen en de interpretatie van de onderzoeksgegevens;
  - b. de relevante onderdelen van de meest recente versie van de Standaard RAW Bepalingen (inclusief UAV en UAV GC);
  - c. het eigen kwaliteitssysteem;
  - d. BRL SIKB 7000 en protocol 7002;
  - e. de taken en verantwoordelijkheden van de milieukundige begeleiding zoals beschreven in BRL SIKB 6000 en protocol 6002.

De kennis voor het uitvoeren van werkzaamheden onder certificaat moet actueel worden gehouden. De certificerende instelling toetst of de kwaliteitsverantwoordelijke persoon voldoende op de hoogte is van de hoofdlijnen van de actuele wet- en regelgeving.

#### **Voor de aannemer die de milieukundige processturing op zich neemt:**

In de situatie dat de aannemer de milieukundige processturing van de in-situ sanering op zich neemt, gelden dezelfde opleidings- en ervaringseisen als omschreven in protocol 6002. De werkvoorbereider van de aannemer kan de werkzaamheden van de projectleider milieukundige processturing op zich nemen mits hij/zij voldoet aan de opleidings- en ervaringseisen die voor de projectleider in protocol 6002 zijn gesteld. De monsterneming en het fysieke toezicht tijdens de sanering moet worden uitgevoerd door iemand die voldoet aan de opleidings- en ervaringseisen zoals opgenomen in protocol 6002.

## 5 Apparatuur en hulpmiddelen

Het algemene beheer van apparatuur en hulpmiddelen is geregeld via de eisen in BRL SIKB 7000 'Beoordelingsrichtlijn uitvoering (water)bodemsanering en ingrepen in de waterbodem'. Voor protocol 7002 'Uitvoering van landbodemsanering met in-situ methoden' zijn apparaten of hulpmiddelen niet nader gespecificeerd. De keuze voor de juiste apparaten en hulpmiddelen vloeit voort uit het saneringsplan of de melding en wordt beschreven in het uitvoeringsplan.

**Voor de aannemer die de milieukundige processturing op zich neemt:**

Indien de aannemer de milieukundige processturing op zich neemt conform protocol 6002, dan is hij verplicht de apparatuur en hulpmiddelen toe te passen zoals beschreven in hoofdstuk 5 van protocol 6002.

## 6 Werkwijze voor de uitvoering van landbodemsanering met in-situ methoden

### 6.1 Algemeen

Bij in-situ bodemsanering is de samenwerking tussen het milieukundig adviesbureau en aannemer bepalend voor de kwaliteit van de sanering. Om tot een goede samenwerking te komen, is het van belang dat de taken en verantwoordelijkheden duidelijk van tevoren worden vastgelegd. Het uitvoeringsplan zoals in BRL SIKB 7000 wordt genoemd wordt voor dit protocol uitgebreid met eisen aan in te zetten apparatuur en hulpmiddelen, wie verantwoordelijk is voor de goede werking, controle, ijking enz. (zie protocol 6002 hoofdstuk 5).

De uitvoering van een in-situ sanering kent twee fasen:

#### 1. Aanlegfase

Aanleg van filters & installatie van saneringsapparatuur.

##### *Civiele aanleg*

De civiele aanleg bevat onder meer het inrichten van het werkterrein, het boren van de diverse ondergrondse saneringsfilters, elektrodes, het graven van sleuven en het aansluiten van het benodigde leidingwerk.

Mogelijk vindt ook een deelontgraving plaats, evenals bemalingen en aan- en afvoer van grond. Indien dit het geval is, vindt dit werk plaats conform protocol 7001 'Uitvoering van landbodemsanering met conventionele methoden'.

##### *Installatie saneringsapparatuur*

Aansluitend op de civiele aanleg wordt door de aannemer de saneringsapparatuur geïnstalleerd, aangesloten en getest.

De installatiefase wordt afgesloten met opstart van de saneringssystemen en een 'Tussenevaluatie aanlegfase'.

#### 2. Instandhoudingfase

In deze fase draagt de aannemer zorg voor het op een juiste wijze technisch in stand houden van de (onder- en bovengrondse) saneringssystemen.

De aannemer zorgt ervoor dat hij vóór het uitvoeren van kritische werkzaamheden ter plaatse voldoende aanwijzingen en instructies van de milieukundig begeleider heeft ontvangen.

### 6.2 Ontwerp

Het saneringsplan, het bestek of de werkomschrijving geldt als basis voor het saneringssysteem. Afhankelijk van de wijze van aanbesteden worden voorafgaande aan de start van het project de saneringssystemen door de aannemer in nader detail ontworpen. Dit ontwerp omvat in ieder geval:

- nadere detaillering van de saneringssystemen:
  - dieptes en locaties (indien van toepassing);
  - materiaalgebruik;
  - saneringsapparatuur: pompen, compressoren en ventilatoren;
  - water- en luchtreinigingsapparatuur & behalen lozingsnormen;
- detaillering in te zetten apparatuur: debieten, capaciteiten, drukken, temperaturen, elektriciteitsverbruik;
- flowschema, inclusief weergave monsterpunten, afsluiters;
- elektrisch schema conform wettelijke eisen;
- storingsanalyse & beveiligingen (bijv. hoog water, temperaturen, flow, LEL);
- controle installaties wat betreft benodigde vergunningen;
- testprotocol controle lekdichtheid leidingen tussen start- en eindpunt.

### 6.3 Technische uitvoeringsvoorschriften

De inhoudelijke eisen die zijn opgenomen in de meest recente versie van de Standaard RAW bepalingen van CROW zijn voor de uitvoering van de werkzaamheden informatief. Het betreft de volgende hoofdstukken, tenzij in het contract met de aannemer anders is afgesproken:

- hoofdstuk 11 'sloopwerk';
- hoofdstuk 17 'verontreinigde grond- en verontreinigd grondwater';
- hoofdstuk 21 'bemalingen';
- hoofdstuk 22 'grondwerken';
- hoofdstuk 23 'drainage';
- hoofdstuk 26 'kabelwerk';
- hoofdstuk 27 'waterputten';
- hoofdstuk 41 'funderingsconstructies';
- hoofdstuk 61 'werk algemene aard';
- hoofdstuk 62 'verkeersmaatregelen bij werk in uitvoering'.

### 6.4 Terreininrichting

Bij de werkvoorbereiding worden indien van toepassing de volgende aspecten bepaald en vastgelegd in het uitvoeringsplan:

- afbakening van de locatiegrenzen;
- de toegang tot saneringslocatie (schoon/vuil zone);
- de plaats van de decontaminatie-unit;
- de was- en borstelplaats;
- de ontgravingsgrenzen naar milieukundige kwaliteit;
- op terreinen waarop de KLIC-melding niet van toepassing is, de ligging en aard van ondergrondse obstakels en leidingen;
- indien van toepassing de ligging van de bemaling en de plaats van lozing.

### 6.5 Voorkomen contaminatie

Om te voorkomen dat de verontreinigingen zich verspreiden treft de aannemer, indien noodzakelijk, voorzorgsmaatregelen. Zoals:

- het aanleggen van een schoon-vuilzone;
- het aanbrengen van rijplaten;
- het aanleggen van een los- en laadplaats;
- indien noodzakelijk, het inrichten van een was- en borstelplaats;
- het gebruik van grond- en dekzeilen bij opslag van verontreinigd afval en grond.

Ook wordt een afvalcontainer of vergelijkbaar (ter keuze van de aannemer) geplaatst voor klein verontreinigd afval zoals wegwerpsaneringsartikelen.

### 6.6 Controles

#### 6.6.1 Controles aanlegfase

##### Civiele aanleg

Vóór dat de saneringsfilters/-middelen ondergronds worden afgewerkt, controleert de aannemer:

- de juiste aansluiting van de juiste filters op de juiste leidingen;
- toepassing conform plan van de juiste materialen, diameters leidingwerk, elektrodes en filters;
- de ligging van filters, leidingtracé én koppelplaatsen leidingwerk;
- diepte van leidingwerk en filters en elektrodes beneden maaiveld;
- indien sprake is van koppelingen tussen start- en eindpunt van een leiding: de lektheid van de leidingen conform het testprotocol;
- afwijkingen ten opzichte van het oorspronkelijke plan.



De resultaten worden vastgelegd in het logboek, inclusief eventuele meetresultaten.

### Controle saneringsapparatuur

Voordat de aannemer de installaties definitief opstart controleert deze:

- of conform ontwerp de juiste installaties geïnstalleerd zijn;
- of de installaties conform het flowschema geïnstalleerd zijn, inclusief de voorziene debiet- en bemonsterpunten;
- de installaties op lekdichtheid conform het testprotocol;
- afwijkingen van het oorspronkelijke plan.

Vervolgens worden de installaties 'functioneel getest', waarbij alle beveiligingen worden gecontroleerd, evenals een juiste schakeling van de apparatuur. E.e.a. conform de vooraf opgestelde storingsanalyse. De aannemer controleert de juiste werking van eventuele zuiveringsinstallaties door monsternamen van influent en effluent.

De testresultaten worden vastgelegd in de 'Tussenevaluatie aanlegfase'.

### 6.6.2 Controles Instandhoudingsfase

Bij ieder locatiebezoek controleert de aannemer installaties op de technisch juiste werking (flow, drukken, temperaturen, oliepeil, etc).

Storingen worden gerapporteerd aan de directie (aard en duur van de storing, genomen maatregelen en effecten daarvan).

## 6.7 Logboek

De aannemer houdt twee logboeken bij:

- één tijdens de aanlegfase;
- één tijdens de instandhoudingsfase.

### Aanlegfase

Bij aanvang van de installatiefase is op de saneringslocatie een logboek aanwezig. De aannemer houdt dit logboek bij. Dit logboek is in basisvorm ook al beschreven in de BRL en in meer detail in protocol 7001 'Uitvoering landbodemsanering met conventionele methoden' in geval van een conventionele (deel)sanering. In *aanvulling* daarop wordt bij de installatiefase van een in-situ sanering in het logboek vastgelegd (indien van toepassing):

- specificaties filters/boringen/elektrodes:
  - aantal (per dag);
  - nummer;
  - locatie inmeten & intekenen op tekening;
  - diepte (& filterstelling);
  - schoon gepompt (ja/nee);
  - registratie afwijkingen bodemopbouw;
  - melding afwijkingen bodemopbouw milieukundig begeleider en directie;
  - filters/elektrodes aangepast (ja/nee); zo ja, nieuwe locatie, diepte (& filterstelling) registreren.
- leidingwerk & kabels:
  - welke filters/elektrodes aangesloten (per dag);
  - nummer;
  - diameter en materiaal leidingen, buigpunten en koppelingen;
  - inmeten en intekenen leidingtracé ligging op tekening;
  - getest op lekdichtheid;
  - testresultaten lekdichtheidstesten;
  - diepte leidingtracés.
- saneringsapparatuur:
  - getest op lekdichtheid;
  - resultaten lekdichtheidstesten;

- resultaten functionele testen saneringsapparatuur.

### Instandhoudingsfase

Voor aanvang van de instandhoudingsfase maakt de aannemer een locatiespecifiek logboek, afhankelijk van de geïnstalleerde saneringssystemen, waarin bij ieder locatiebezoek alle (technische) parameters die van belang zijn genoteerd worden. Een kopie van deze gegevens is ook op kantoor van de aannemer in de projectmap geregistreerd.

Als basisvorm voor het logboek gelden de eisen uit BRL SIKB 7000. In aanvulling daarop wordt in ieder geval geregistreerd (indien van toepassing):

- reden bezoek: regulier onderhoud of storing;
- registratie draaiuren;
- debieten en debietstanden per meetpunt;
- drukken;
- (gewijzigde) inregeling diverse filters, bijvoorbeeld puls-/pauze-tijden, welke filters open/dicht;
- storingen;
- verstoppingen;
- eventuele (indicatieve) meetresultaten;
- aard/reden bezoek;
- hoeveelheden nutriënten/substraat;
- stroomverbruik;
- afval/slib;

In het logboek wordt aantoonbaar gemaakt dat de aanwijzingen van de milieukundig begeleider processturing zijn opgevolgd.

De aannemer moet op aanvraag dan wel aan het eind van het werk een kopie van het logboek overhandigen aan de milieukundig begeleider.

*Indien gebruik wordt gemaakt van automatische metingen en digitale registraties (bijvoorbeeld telemetrie), dan wordt vooraf vastgelegd hoe vaak en op welke wijze de benodigde metingen en registraties worden uitgevoerd. Ook wordt vastgelegd waar en op welke wijze deze beschikbaar zijn. De aannemer registreert wijzigingen in het schema van metingen en registraties in het logboek, inclusief de motivatie voor de wijziging.*



## 6.8 Rapportages

De installatiefase wordt afgerond met een 'Tussenevaluatie Aanlegfase'. Hierin wordt minimaal het volgende opgenomen:

- Met betrekking tot *civiele aanleg*:
  - type, aantal, filterstellingen en overige specificaties van saneringsfilters;
  - revisietekening met ligging en diepte van filters, elektrodes & leidingwerk, inclusief materiaalgebruik, diameters van leidingen en koppel- en buigpunten;
  - geconstateerde afwijkingen ten aanzien van bodemopbouw en verontreinigings situatie;
  - eventuele aanpassingen van het ondergronds saneringssysteem;
  - test- en controleresultaten van filters, elektrodes & leidingwerk;
  - in geval van ontgraving: zie protocol 7001.
- Met betrekking tot *saneringsapparatuur*:
  - revisieschema's: flowschema & elektrisch schema;
  - testrapport functionele testen;
  - testrapport lekdichtheid;
  - bemonsterresultaten influent/effluent;
  - motivatie en samenvatting wijze van inregeling sanering: debieten, drukken, puls-/pauzetijden, filters aan/uit, plus locatiespecifieke kenmerken.

Tijdens de in-situ sanering rapporteert de aannemer ook periodiek de (technische) uitvoering van de sanering. De frequentie van deze voortgangsrapportages wordt voor start van de saneringswerken in overleg met de milieukundig begeleider en directie vastgesteld. De frequentie bedraagt minimaal eens per half jaar. In deze technische voortgangsrapportages geeft de aannemer minimaal een samenvatting van:

- debieten, debietstanden, drukken, temperaturen en overige locatiespecifieke parameters;
- storingen & meldingen aan directie;
- verstoppingen;
- technische aanpassingen van installaties;
- eventuele (indicatieve) meetresultaten;
- overzicht bedrijfsvoering van installaties (filters/elektrodes aan/uit, kleptijden, puls/pauze);
- calamiteiten (bijvoorbeeld overlopen van installaties);
- algemene opmerkingen.

## 6.9 Milieukundige processturing door de aannemer

Indien de aannemer de milieukundige processturing op zich neemt conform protocol 6002, dan is hij verplicht de werkwijze te hanteren zoals beschreven in hoofdstuk 6 van protocol 6002 en te voldoen aan de eisen voor het evaluatieverslag processturing zoals beschreven in paragraaf 8.1 van dat protocol.

## 6.10 Opleverdocumentatie

De aannemer toont aan dat hij alle tijdelijke voorzieningen in het kader van de uitvoering voor oplevering heeft verwijderd van de locatie. Van de middelen die achterblijven legt de aannemer vast aan wie eigendom en (onderhouds)verplichtingen worden overgedragen. Ten slotte beschrijft en verantwoordt de aannemer alle milieuhygiënisch relevante isolatie- en afdekkingsmiddelen. De opleverdocumentatie bestaat verder uit:

- weeg- en transportbonnen;
- revisietekeningen en
- volledig ingevuld logboek.

## Bijlage 1 In-situ saneringstechnieken en te monitoren systeem- en bodemprocesparameters

Biologische technieken	Chemische technieken	Fysische technieken
<b>B1 Natuurlijke afbraak</b>	<b>C1 Chemische oxidatie</b>	<b>F1 Spoelen met grondwater</b>
A reductieve afbraak (CKW)	A Fenton's	<b>F2 Meerfase-extractie</b>
B oxidatieve afbraak (aromaten, olie)	B permanganaat	<b>F3 Persluchtinjectie</b>
<b>B2 Gestimuleerde anaerobe afbraak</b>	C/D ozon/perozon	<b>F4 Bodemluchtonttrekking</b>
A reductieve afbraak (CKW)	<b>C2 Chemische reductie</b>	<b>F5 Elektroreclamatie</b>
B oxidatieve afbraak (aromaten, olie)	<b>C3 Vastlegging</b>	<b>F6 Cosolvent/surfactant flushing</b>
<b>B3 Gestimuleerde aerobe afbraak</b>	<b>C4 Sorptiescherm</b>	<b>F7 Bodemverwarming</b>
		A stoominjectie
		B elektrisch verwarmen

## B1. Natuurlijke afbraak

### a) alifatische en aromatische chloorkoolwaterstoffen

<b>Relevante procesparameters</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie* **</i>	<i>Meetmethode (gangbaar) ***</i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
afbraakproducten (lager gechloreerde CKW en ongevaarlijke eindproducten)	gw	altijd	gaschromatografie	zelfde als verontreiniging	bewijs voor (on)volledige afbraak
total/dissolved organic carbon (TOC/DOC)	gw	periodiek	TOC/DOC analysator	> 5 mg/L	natuurlijk substraat voor afbraak, hoe hoger hoe beter
zuurstof	gw	periodiek	zuurstofelektrode (veld)	< 1 mg/L	elektronenacceptor, remt anaerobe afbraak
nitraat	gw	periodiek	colorimetrisch, ionchromatografie	< 1 mg/L	elektronenacceptor, remt volledige CKW-afbraak
ijzer (II)	gw	periodiek	colorimetrisch	> achtergrondwaarde	anaeroob omzettingsproduct
sulfaat	gw	periodiek	colorimetrisch, ionchromatografie	< 200 - 300 mg/L	elektronenacceptor, bij hoge concentratie kans op onvolledige afbraak
methaan	gw	periodiek	gaschromatografie	> 1 mg/L (max. ca. 35 mg/L)	algemeen anaeroob afbraakproduct, vorming duidt op gunstige condities
pH	gw	altijd	pH-elektrode (veld)	6 - 8	bij pH < 6 kans op onvolledige afbraak
<b>Aanvullende procesparameters (incidenteel relevant, extra bewijslast)</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie* **</i>	<i>Meetmethode (gangbaar) ***</i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
redoxpotential	gw	altijd	redox-elektrode (veld)	< -100 mv	indicatieve parameter, lage waarde (< -100 mv) nodig voor volledige afbraak
sulfide	gw	periodiek	colorimetrisch	hoger dan achtergrondwaarde	redoxparameter, vorming duidt op gunstige condities
16S-RNA	gw/gr	laag/eenmalig	PCR	n.v.t.	aanwezigheid specifieke bacteriën
enzym-specifiek DNA (VC reductase)	gw/gr	laag/eenmalig	PCR	n.v.t.	aanwezigheid capaciteit volledige afbraak Per/Tri/Cis/VC
stabiele koolstofisotopen	gw	laag/eenmalig	GC-C-IRMS	-50 tot +50%	verhoging <sup>13</sup> C-gehalte is bewijs voor afbraakspecifieke componenten

## B1. Natuurlijke afbraak

### a) alifatische en aromatische chloorkoolwaterstoffen

vluchtige vetzuren	gw	laag/eenmalig	gaschromatografie	geen verlaging t.o.v. achtergrond	omzettingsproduct anaerobe afbraak DOC
purchable organic carbon (POC)	gw	laag/eenmalig	TOC/DOC- analysator	geen verlaging t.o.v. achtergrond	maat voor beschikbare hoeveelheid DOC
waterstof	gw	laag/eenmalig	veld GC	> 2 nM	indicatie redoxtoestand

*gw = grondwater  
gr = grond*

*\* t.o.v. frequentie  
analyse  
verontreinigingen  
\*\* afhankelijk van  
voortgang en  
nulmeting*

*\*\*\* zie BRL 2000  
voor monstername*

## B1. Natuurlijke afbraak

### b) olie, aromaten

<b>Relevante procesparameters</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie* **</i>	<i>Meetmethode (gangbaar) ***</i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
Carbonaten /alkaliteit	gw	periodiek	titratie	> achtergrondwaarde	algemeen biologisch afbraakproduct, vorming in verontreinigde zone is aspecifiek bewijs voor afbraak
Zuurstof	gw	periodiek	zuurstofelektrode (veld)	0 - 10 mg/L	elektronenacceptor, gunstig voor afbraak, verbruik in verontreinigde zone aspecifiek bewijs voor afbraak
Nitraat	gw	periodiek	colorimetrisch, ionchromatografie	0 - 200 mg/L	elektronenacceptor, verbruik in verontreinigde zone aspecifiek bewijs voor afbraak
ijzer (II)	gw	periodiek	colorimetrisch	0 - 100 mg/L	afbraakproduct ijzerreductie, vorming in verontreinigde zone is aspecifiek bewijs voor afbraak
Sulfaat	gw	periodiek	colorimetrisch, ionchromatografie	0 - 3.000 mg/L	elektronenacceptor, verbruik in verontreinigde zone is aspecifiek bewijs voor afbraak
Methaan	gw	periodiek	gaschromatografie	0 - 35 mg/L	afbraakproduct, vorming in verontreinigde zone is aspecifiek bewijs voor afbraak
pH	gw	altijd	pH-elektrode (veld)	5 - 8	hogere of lagere pH algemeen ongunstig voor micro-organismen
<b>Aanvullende procesparameters (incidenteel relevant, extra bewijslast)</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie* **</i>	<i>Meetmethode (gangbaar) ***</i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
redoxpotentiaal	gw	altijd	redox-elektrode (veld)	-200 tot +200 mv	redoxconditie grondwater, daling in verontreinigde zone is aspecifiek bewijs voor afbraak
sulfide	gw	periodiek	colorimetrisch	0 - 50 mg/L	afbraakproduct sulfaatreductie, vorming in verontreinigde zone is aspecifiek bewijs voor afbraak
tussenproducten	gw	periodiek	gaschromatografie	lage concentraties	bewijs voor afbraak, potentieel specifiek
stabiele koolstofisotopen	gw	laag/eenmalig	GC-C-IRMS	-50 tot +50‰	toename <sup>13</sup> C-gehalte specifiek bewijs voor afbraak
waterstof	gw	periodiek	veld GC	0 - 100 Mn	redoxconditie grondwater



## B1. Natuurlijke afbraak

### b) olie, aromaten

kooldioxide	bg	periodiek	diverse technieken	0,05 - 1%	algemeen biologisch afbraakproduct, vorming in verontreinigde zone is specifiek bewijs voor afbraak
-------------	----	-----------	--------------------	-----------	---

*gw = grondwater*  
*gr = grond*  
*bg = bodemgas*

*\* t.o.v. frequentie analyse verontreinigingen*  
*\*\* afhankelijk van voortgang en nulmeting*

*\*\*\* zie BRL 2000 voor monsternamen*

## B2. Gestimuleerde anaerobe CKW-afbraak

- a) 1. spoelen met substraat
2. directe injectie substraat
3. vernevelen substraat met stikstof
4. aanvullende bioaugmentatie

<b>Relevante procesparameters</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie* **</i>	<i>Meetmethode (gangbaar) ***</i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
afbraakproducten	gw	altijd	gaschromatografie	zelfde als verontreiniging	let op optreden volledige afbraak tot ongevaarlijk eindproducten
TOC/DOC/CZV of specifieke substraatanalyse	gw	altijd	TOC/DOC analysator, colorimetrisch, div.	hoger dan omgeving	aspecifieke of specifieke maat voor substraat
zuurstof	gw	periodiek	zuurstofelektrode (veld)	< 1 mg/L	elektronenacceptor, remt anaerobe afbraak
nitraat	gw	periodiek	colorimetrisch, ionchromatografie	< 1 mg/L	elektronenacceptor, remt volledige CKW-afbraak
ijzer(II)	gw	periodiek	colorimetrisch	> achtergrondwaarde	anaeroob omzettingsproduct, stijging wijst op afbraak substraat
sulfaat	gw	altijd	colorimetrisch, ionchromatografie	< 10 mg/L	elektronenacceptor, remt volledige CKW-afbraak
methaan	gw	periodiek	gaschromatografie	> 1 mg/L (max. ca. 35 mg/L)	algemeen anaeroob afbraakproduct, vorming duidt op gunstige condities
pH	gw	altijd	pH-elektrode (veld)	6 - 8	bij pH < 6 kans op onvolledige afbraak
<b>Systeemparameters</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie* **</i>	<i>Meetmethode (gangbaar) ***</i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
injectiedebiet per injectiepunt (a1, a3)		altijd	debietmeter	relateren aan ontwerp	controle proces, afname debiet wijst op verstoppingen
injectiedruk (a1, a3)		altijd	manometer	relateren aan ontwerp	verhoging druk wijst op verstoppingen
verontreiniging in onttrokken water (a1)		altijd	gaschromatografie		massabalans (eisen vergunningen)
geïnjecteerde hoeveelheden per injectiepunt (a2)		eenmalig		relateren aan ontwerp	
<b>Aanvullende procesparameters (incidenteel relevant, extra bewijslast)</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie* **</i>	<i>Meetmethode (gangbaar) ***</i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
redoxpotentiaal	gw	altijd	redox-elektrode (veld)	< -100 mv	lage waarde (< -100 mv) nodig voor volledige afbraak, betrouwbaarheid meting staat ter discussie

## B2. Gestimuleerde anaerobe CKW-afbraak

- a) 1. spoelen met substraat
2. directe injectie substraat
3. vernevelen substraat met stikstof
4. aanvullende bioaugmentatie

sulfide	gw	periodiek	colorimetrisch	hoger dan achtergrondwaarde	redoxparameter, vorming duidt op gunstige condities
conservatieve tracer	gw	periodiek	diversen	afhankelijk gebruikte concentratie	verspreiding injectievloeistof
16S rRNA	gw/gr	laag	PCR		aanwezigheid specifieke bacteriën
enzymspecifiek DNA (VC reductase)	gw/gr			n.v.t.	aanwezigheid bacteriën met juiste afbraakcapaciteit
stabiele koolstof isotopen	gw	periodiek	GC-C-IRMS	-50 tot +50‰	bewijs voor afbraakspecifieke componenten
vluchtige vetzuren	gw	periodiek	gaschromatografie		bewijs voor afbraak DOC
waterstof	Gw	periodiek	veld GC	> 2 - 10 Mn	redoxconditie grondwater

### **Infiltratieaspecten (a1, a4)**

*Infiltratie van:*

	<i>Rationale</i>	<i>Monitoringsaspecten</i>		
organisch substraat (= koolstofbron en elektronendonor)	bacteriegroei, sulfaatreductie (precipitatie van metaalsulfiden)	drukverloop in systeem, zuurstof (gasdicht systeem), mengwater in onttrekkingsput, sulfiden		
nutriënten (fosfaat, nitraat, ammonium)	precipitatie (fosfaat), bacteriegroei	drukverloop in systeem		
biomassa	deeltjesverstopping	drukverloop in systeem, deeltjestelling, zwevende stof		
tracers (lithium, bromide; evt. chloride, natrium)	kleizwelling, kleidispersie	drukverloop in systeem; troebelheid, onderzoek interacties met bodem en grondwater.		

gw = grondwater  
gr = grond

\* t.o.v. frequentie analyse verontreinigingen  
\*\* afhankelijk van voortgang en nulmeting

\*\*\* zie BRL 2000 voor monsternamen

## B2. Gestimuleerde anaerobe afbraakarmaten

- b) 1. spoelen met elektronenacceptor  
2. directe injectie elektronenacceptor

<b>Relevante procesparameters</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie* **</i>	<i>Meetmethode (gangbaar) ***</i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
toe te voegen e-acceptor (nitraat, sulfaat)	gw	altijd	colorimetrisch, ionchromatografie	toegevoegde concentratie	effectiviteit injectie
carbonaten/alkaliteit	gw	periodiek	titratie	> achtergrondwaarde	algemeen biologisch afbraakproduct, vorming in verontreinigde zone is aspecifiek bewijs voor afbraak
zuurstof	gw	periodiek	zuurstofelektrode (veld)	0 - 10 mg/L	elektronenacceptor, gunstig voor afbraak, verbruik in verontreinigde zone is aspecifiek bewijs voor afbraak
ijzer (II)	gw	periodiek	colorimetrisch	0 - 100 mg/L	afbraakproduct ijzerreductie, vorming in verontreinigde zone is aspecifiek bewijs voor afbraak
methaan	gw	periodiek	gaschromatografie	0 - 35 mg/L	afbraakproduct, vorming in verontreinigde zone is aspecifiek bewijs voor afbraak
pH	gw	altijd	pH-elektrode (veld)	5 - 8	hogere of lagere pH algemeen ongunstig voor micro-organismen
nitriet (alleen bij toedienen nitraat)	gw	altijd	colorimetrisch	< 1 mg/L	toxisch tussenproduct nitraatafbraak
<b>Systeempparameters</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie* **</i>	<i>Meetmethode (gangbaar) ***</i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
injectiedebiet per injectiepunt (b1)		altijd/continu	debietmeter, hvh	relateren aan ontwerp	effectiviteit systeem
onttrekkingsdebiet (b1)		altijd/continu	debietmeter	relateren aan ontwerp	effectiviteit systeem
verontreiniging in onttrokken grondwater (b1)		altijd	GC		massabalans (eisen vergunningen)
geïnjecteerde hoeveelheid per injectiepunt (b2)		elke injectie	debietmeter, hvh	relateren aan ontwerp	effectiviteit systeem
<b>Aanvullende procesparameters (incidenteel relevant, extra bewijslast)</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie* **</i>	<i>Meetmethode (gangbaar) ***</i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
conservatieve tracer (bv bromide)	gw	altijd	diverse technieken	toegevoegde concentratie	verspreiding injectievloeistof

## B2. Gestimuleerde anaerobe afbraakarmaten

### b) 1. spoelen met elektronenacceptor 2. directe injectie elektronenacceptor

redoxpotentiaal	gw	altijd	redox-elektrode (veld)	-200 tot +200 mv	redoxconditie grondwater, stijging in sterk verontreinigde zones is bewijs voor verbetering condities voor afbraak
sulfide	gw	periodiek	colorimetrisch	0 - 50 mg/L	afbraakproduct sulfaatreductie, vorming in verontreinigde zone is aspecifiek bewijs voor afbraak
tussenproducten	gw	periodiek	gaschromatografie	lage concentraties	bewijs voor afbraak, potentieel specifiek
stabiele koolstof isotopen	gw	laag/eenmalig	GC-C-IRMS	-50 tot +50‰	toename <sup>13</sup> C-gehalte specifiek bewijs voor afbraak
waterstof	gw	periodiek	veld GC	0 - 100 Mn	redoxconditie grondwater
kooldioxide	bg		diverse technieken		algemeen biologisch afbraakproduct, vorming in verontreinigde zone is aspecifiek bewijs voor afbraak

### **Infiltratieaspecten (b1)**

<i>Infiltratie van:</i>	<i>Rationale</i>	<i>Monitoringsaspecten</i>		
elektronenacceptoren (nitraat, sulfaat)	bacteriegroei, ongewenste oxidatieprocessen	drukverloop in systeem, zuurstof (gasdicht systeem), mengwater onttrekkingsput		
tracers (lithium, bromide; evt. chloride, natrium)	kleizwelling, kleidispersie	drukverloop; troebelheid (MFI); meten ESP of SAR, onderzoek interacties met bodem, grondwater.		

gw = grondwater  
bg = bodemgas

\* t.o.v. frequentie analyse verontreinigingen  
\*\* afhankelijk van voortgang en nulmeting

\*\*\* zie BRL 2000 voor monsternamen

### B3. Gestimuleerde aerobe afbraak

1. biosparging
2. zuurstofdiffusie
3. ORC injectie

<b>Relevante procesparameters</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie* **</i>	<i>Meetmethode (gangbaar) ***</i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
zuurstof	gw	altijd	zuurstofelektrode (veld)	0 - 10 mg/L	voorwaarde voor aerobe afbraak
pH	gw	altijd	pH-elektrode (veld)	5 - 8	hogere of lagere pH, algemeen ongunstig voor micro-organismen, ORC kan pH-verhogen!
verontreiniging (1)	bg	periodiek	diversen	geen risico	controle op ongewenste vervluchtiging
<b>Systeemparemeters</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie* **</i>	<i>Meetmethode (gangbaar) ***</i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
injectiedebiet per filter (1,2)		altijd/continu	diversen	relateren aan ontwerp	effectiviteit systeem
injectiedruk per filter (1,2)		altijd/continu	manometer	relateren aan ontwerp	effectiviteit systeem
injectiehoeveelheid per injectiepunt (3)		elke injectie		relateren aan ontwerp	effectiviteit systeem
<b>Aanvullende procesparameters (incidenteel relevant, extra bewijslast)</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie* **</i>	<i>Meetmethode (gangbaar) ***</i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
kooldioxide	bg		diverse technieken		algemeen biologisch afbraakproduct, vorming is specifiek bewijs voor afbraak
nutriënten (N, P)	gw		ionchromatografie, colorimetrie	C:N:P 250:5:3	
stijghoogtes	gw	altijd	stijghoogtemeter of druksensor		
onttrekkingsdebiet gas (1)		altijd/continu	debietmeter	relateren aan ontwerp	effectiviteit proces
onderdruk (1)		altijd/continu	manometer	relateren aan ontwerp	effectiviteit proces
verontreiniging in onttrokken lucht (1)		altijd	GC	relateren aan ontwerp	effectiviteit proces, massabalans
verontreiniging in gezuiverde lucht (1)		altijd	GC	< emissie-eis	werking luchtzuivering
hoogtemetingen	-	periodiek	meetbouten	< specificatie	controle op ongewenste zettingen

gw = grondwater  
bg = bodemgas

\* t.o.v. frequentie analyse verontreinigingen  
\*\* afhankelijk van voortgang en nulmeting

\*\*\* zie BRL 2000 voor monstername

<b>Biologische technieken</b>	<b>Chemische technieken</b>	<b>Fysische technieken</b>
<b>B1 Natuurlijke afbraak</b>	<b>C1 Chemische oxidatie</b>	<b>F1 Spoelen met grondwater</b>
A reductieve afbraak (CKW)	A Fenton's	<b>F2 Meerfase-extractie</b>
B oxidatieve afbraak (aromaten, olie)	B permanganaat	<b>F3 Persluchtinjectie</b>
<b>B2 Gestimuleerde anaerobe afbraak</b>	C/D ozon/perozon	<b>F4 Bodemluchtonttrekking</b>
A reductieve afbraak (CKW)	<b>C2 Chemische reductie</b>	<b>F5 Elektroreclamatie</b>
B oxidatieve afbraak (aromaten, olie)	<b>C3 Vastlegging</b>	<b>F6 Cosolvent/surfactant flushing</b>
<b>B3 Gestimuleerde aerobe afbraak</b>	<b>C4 Sorptiescherm</b>	<b>F7 Bodemverwarming</b>
		A stoominjectie
		B elektrisch verwarmen



C1. Chemische oxidatie		Organische oxideerbare stoffen			
a) Fentons reagens					
<b>Relevante procesparameters</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie</i> *, **	<i>Meetmethode (gangbaar)</i> ***	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
temperatuur	gw	altijd	thermokoppel, thermometer	< 45°C	bij hogere temperatuur zelfontleding peroxide
pH	gw	altijd	pH-elektrode	4 - 5	optimale temperatuur voor Fenton's reactie
redox potentiaal	gw	altijd	redox-elektrode	hoger dan omgeving	invloedsstraal sanering
zuurstof	gw	altijd	zuurstofelektrode	hoger dan omgeving	invloedsstraal sanering
verontreiniging in onttrokken lucht		altijd	GC	laag	effectiviteit sanering
verontreinigingen na luchtzuivering		altijd	GC	lozingseis	effectiviteit luchtzuivering (indien van toepassing)
zware metalen	gw	periodiek	ICP	< 1 waarde	controle op ongewenste mobilisatie
verontreiniging	bg	periodiek	GC	geen risico	controle op (ongewenste) uitdamping
<b>Systeemp parameters</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie</i> *, **	<i>Meetmethode (gangbaar)</i> ***	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
injectiedebieten (oxidant, primer) per injectiepunt		elke injectie	debietmeter /hvh	relateren aan ontwerp	effectiviteit proces
onttrekkingsdebiet lucht		altijd/continu	debietmeter /hvh	relateren aan ontwerp	effectiviteit proces
<b>Aanvullende procesparameters (incidenteel relevant, extra bewijslast)</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie</i> *, **	<i>Meetmethode (gangbaar)</i> ***	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
conservatieve tracer	gw	periodiek	diversen	afhankelijk gebruikte concentratie	verspreiding injectievloeistof
injectiedruk		altijd	manometer	relateren aan SP	inzicht saneringsactiviteiten
hoogtemetingen	-	periodiek	meetbouten	< 2 mm	controle op eventuele zettingen
chloride	gw	periodiek	ionchromatografie	hoger dan omgeving	eindproduct oxidatiereactie CKW
<b>Infiltratieaspecten</b>					
<i>Infiltratie van:</i>		<i>Rationale</i>	<i>Monitoringsaspecten</i>		

C1. Chemische oxidatie	Organische oxideerbare stoffen				
a) Fentons reagens					
peroxide		ijzer neerslagen	drukverloop in systeem volgen, pH moet laag blijven		

*gw = grondwater  
bg = bodemgas*

*\* t.o.v. frequentie analyse verontreinigingen  
\*\* afhankelijk van voortgang en nulmeting*

*\*\*\* monstername, zie BRL 2000*

C1. Chemische oxidatie		Organische oxideerbare stoffen			
b) permanganaat					
<u>Relevante procesparameters</u>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie</i> *, **	<i>Meetmethode (gangbaar)</i> ***	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
permanganaat	gw	altijd	colorimetrie	ingebrachte concentratie	effectiviteit methode
redox potentiaal	gw	altijd	redox-elektrode	> 0 mV	invloedsstraal sanering
verontreiniging	bg	periodiek	GC		controle op (ongewenste) uitdamping
verontreiniging	afgas	altijd	GC		
zware metalen	gw	periodiek	ICP	< I waarde	controle op ongewenste mobilisatie
<u>Systeemp parameters</u>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie</i> *, **	<i>Meetmethode (gangbaar)</i> ***	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
injectiedebieten per injectiepunt	-	altijd	debietmeter	relateren aan ontwerp	inzicht saneringsactiviteiten
<u>Aanvullende parameters</u>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie</i> *, **	<i>Meetmethode (gangbaar)</i> ***	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
conservatieve tracer	gw	periodiek	diversen	ingebrachte concentratie	verspreiding injectievloeistof
injectiedruk			manometer	relateren aan ontwerp	inzicht saneringsactiviteiten
hoogtemetingen	-	periodiek	meetbouten	< specificatie	controle op ongewenste zettingen
doorlatendheid	gr	laag	pompproef		controle op ongewenste verlaging doorlatendheid
chloride	gw	periodiek	ionchromatografie	hoger dan omgeving	eindproduct oxidatiereactie CKW
<u>Infiltratieaspecten</u>					
<i>Infiltratie van:</i>		<i>Rationale</i>	<i>Monitoringsaspecten</i>		
permanganaat		neerslag van gevormde mangaan oxides	drukverloop in systeem		
tracers (lithium, bromide; evt. chloride, natrium)		kleizwelling, kleidispersie	drukverloop in systeem; troebelheid, onderzoek interacties met bodem en grondwater.		

gw = grondwater  
gr = grond  
bg = bodemgas

\* t.o.v. frequentie analyse  
verontreinigingen  
\*\* afhankelijk van voortgang  
en nulmeting

\*\*\* monsternamen, zie  
BRL 2000

C1. Chemische oxidatie		Organische oxideerbare stoffen			
c) ozon d) perozone					
<u>Relevante procesparameters</u>	Fase	Frequentie * **	Meetmethode (gangbaar) ***	Range	Rationale
ozon	bg	altijd	ozon meter + gasdetectiebuisjes		effectiviteit proces
redox potentiaal	gw	altijd	Redox-elektrode	hoger dan omgeving	effectiviteit proces, ozon verhoogt redoxpotentiaal
zuurstof	gw	altijd	zuurstofelektrode	hoger dan omgeving	effectiviteit proces
verontreiniging	bg	altijd	GC	geen risico	controle op (ongewenste) uitdamping
verontreiniging in onttrokken lucht		altijd	GC	laag	effectiviteit sanering
verontreinigingen in lucht na zuivering		altijd	GC	lozingseis	effectiviteit luchtzuivering (indien van toepassing)
<u>Systeemp parameters</u>	Fase	Frequentie * **	Meetmethode (gangbaar) ***	Range	Rationale
injectiedebiet		altijd/continu	debietmeter	relateren aan ontwerp	effectiviteit systeem
onttrekkingsdebiet lucht		altijd/continu	debietmeter	relateren aan ontwerp	effectiviteit systeem
<u>Aanvullende parameters</u>	Fase	Frequentie * **	Meetmethode (gangbaar) ***	Range	Rationale
hoogtemetingen	-	periodiek	meetbouts	< specificatie	controle op ongewenste zettingen
carbonaten	gw	periodiek	titratie	hoger dan omgeving	eindproduct oxidatiereactie
koolzuur	bg	periodiek	diversen	hoger dan omgeving	eindproduct oxidatiereactie
chloride	gw	periodiek	ionchromatografie	hoger dan omgeving	eindproduct oxidatiereactie CKW

gw = grondwater  
bg = bodemgas

\* t.o.v. frequentie analyse verontreinigingen  
\*\* afhankelijk van voortgang en nulmeting

\*\*\* monstername, zie BRL 2000

C2. Chemische reductie		Alifatische CKW			
1) ijzerscherm					
<u>Relevante procesparameters</u>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie * **</i>	<i>Meetmethode (gangbaar) ***</i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
afbraakproducten	gw	altijd	GC	zelfde als verontreiniging	aantonen werking proces, massabalans voor en na scherm
redox potentiaal	gw	altijd	redox-electrode	< -100 mV	uitstromend water moet lage redoxpotentiaal hebben
pH	gw	altijd	pH-electrode	< 10	ijzerscherm verhoogt pH,
stijghoogte voor en achter scherm	gw	altijd	stijghoogtemeter, diver		toenemend stijghoogteverschil wijst op verminderde doorlatendheid
nitraat	gw	periodiek	colorimetrie, ionchromatografie	< 1 mg/l achter scherm	effectiviteit proces
Sulfaat	gw		colorimetrie, ionchromatografie	lager achter scherm	effectiviteit proces
ijzer(II)	gw		colorimetrie	hoger achter scherm	effectiviteit proces
<u>Aanvullende parameters</u>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie * **</i>	<i>Meetmethode (gangbaar) ***</i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
Geleidbaarheid	gw		geleidbaarheidsmeter	hoger achter scherm	
Carbonaat	gw		titratie	hoger achter scherm	
Chloride	gw	altijd	ionchromatografie	zelfde als verontreiniging	aspecifiek eindproduct dechlorering
stabiele koolstof isotopen	gw	laag	GC-C-IRMS	-50 tot +50‰	toenemend <sup>13</sup> C-gehalte bewijs voor afbraakspecifieke componenten

gw = grondwater

\* t.o.v. frequentie analyse verontreinigingen  
 \*\* afhankelijk van voortgang en nulmeting

\*\*\* monsternamen, zie BRL 2000

C3. Vastlegging		Zware metalen			
1) in-situ metaalprecipitatie					
2) toeslagstof bouwvoor					
<u>Relevante procesparameters</u>	Fase	Frequentie * **	Meetmethode (gangbaar) ***	Range	Rationale
redox potentiaal	gw	altijd	redox-elektrode	< -100 mV	lage redoxpotentiaal nodig voor sulfaatreductie
pH	gw	altijd	pH-elektrode	> 4	bij lagere pH remming sulfaatreductie
TOC/DOC/CZV of specifieke substraatanalyse	gw	altijd	TOC/DOC analysator, colorimetrisch, div.	hoger dan omgeving	aspecifieke of specifieke maat voor substraat
Sulfaat	gw	altijd	ionchromatografie		nodig voor vastlegging
Zuurstof	gw	altijd	zuurstofelektrode	< 1 mg/L	anaerobe condities noodzakelijk
<u>Systeemparemeters</u>	Fase	Frequentie * **	Meetmethode (gangbaar) ***	Range	Rationale
injectiedebiet per injectiepunt (a)		altijd/continu	debietmeter	relateren aan ontwerp	effectiviteit proces
<u>Aanvullende parameters</u>	Fase	Frequentie * **	Meetmethode (gangbaar) ***	Range	Rationale
conservatieve tracer	gw	periodiek	diversen	afhankelijk gebruikte concentratie	verspreiding injectievloeistof
<u>Infiltratieaspecten (a)</u>					
<u>Infiltratie van:</u>		Rationale	Monitoringsaspecten		
organisch substraat (= koolstofbron en elektronendonor)		bacteriegroei, sulfaatreductie (precipitatie van metaalsulfiden)	drukverloop in systeem, zuurstof (gasdicht systeem), mengwater in onttrekkingsput, sulfiden		
nutriënten (fosfaat, nitraat, ammonium)		precipitatie (fosfaat), bacteriegroei	drukverloop in systeem		
tracers (lithium, bromide; evt. chloride, natrium)		kleizwelling, kleidispersie	drukverloop in systeem; troebelheid, onderzoek interacties met bodem en grondwater		

gw = grondwater  
gr = grond  
bg = bodemgas

\* t.o.v. frequentie analyse verontreinigingen  
\*\* afhankelijk van voortgang en nulmeting

\*\*\* monsternamen, zie BRL 2000

C4. Sorptiescherm		Zware metalen			
Relevante procesparameters	Fase	Frequentie *, **	Meetmethode (gangbaar) ***	Range	Rationale
stijghoogte voor en achter scherm	gw	altijd	stijghoogtemeter, diver	-	toenemend stijghoogteverschil wijst op verminderde doorlatendheid

gw = grondwater  
gr = grond  
bg = bodemgas

\* t.o.v. frequentie analyse verontreinigingen  
\*\* afhankelijk van voortgang en nulmeting

\*\*\* monstername, zie BRL 2000



<b>Biologische technieken</b>	<b>Chemische technieken</b>	<b>Fysische technieken</b>
<b>B1 Natuurlijke afbraak</b>	<b>C1 Chemische oxidatie</b>	<b>F1 Spoelen met grondwater</b>
A reductieve afbraak (CKW)	A Fenton's	<b>F2 Meerfase-extractie</b>
B oxidatieve afbraak (aromaten, olie)	B permanganaat	<b>F3 Persluchtinjectie</b>
<b>B2 Gestimuleerde anaerobe afbraak</b>	C/D ozon/perozon	<b>F4 Bodemluchtonttrekking</b>
A reductieve afbraak (CKW)	<b>C2 Chemische reductie</b>	<b>F5 Elektroreclamatie</b>
B oxidatieve afbraak (aromaten, olie)	<b>C3 Vastlegging</b>	<b>F6 Cosolvent/surfactant flushing</b>
<b>B3 Gestimuleerde aerobe afbraak</b>	<b>C4 Sorptiescherm</b>	<b>F7 Bodemverwarming</b>
		A stoominjectie
		B elektrisch verwarmen

F1. Spoelen met grondwater		Mobiele stoffen			
<b>Relevante procesparameters</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie<sup>*</sup>, <sup>**</sup></i>	<i>Meetmethode (gangbaar)<sup>***</sup></i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
stijghoogtemetingen	gw	altijd	stijghoogtemeter, diver	relateren aan ontwerp	
verontreiniging in water na zuivering		altijd	GC	lozingseis	effectiviteit zuivering
<b>Systeemparameters</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie<sup>*</sup>, <sup>**</sup></i>	<i>Meetmethode (gangbaar)<sup>***</sup></i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
injectiedebiet per injectiepunt		altijd/ continu	debietmeter	relateren aan ontwerp	effectiviteit proces
injectiedruk		altijd/ continu	manometer	relateren aan ontwerp	controle op verminderde permeabiliteit
onttrekkingsdebiet		altijd/ continu	debietmeter	relateren aan ontwerp	effectiviteit proces
verontreiniging in onttrokken water (let op puur product)		altijd	GC	relateren aan ontwerp	effectiviteit proces
<b>Aanvullende procesparameters (incidenteel relevant, extra bewijslast)</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie<sup>*</sup>, <sup>**</sup></i>	<i>Meetmethode (gangbaar)<sup>***</sup></i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
hoogtemetingen		periodiek	meetbouten	< specificaties	controle op ongewenste zettingen
<b>Infiltratieaspecten</b>					
<i>Infiltratie van:</i>		<i>Rationale</i>	<i>Monitoringsaspecten</i>		
(gezuiverd) grondwater		CO <sub>2</sub> -ontgassing biomassa, groei (en ijzerprecipitatie) door mengwater	drukverloop in systeem (omstorting en put)		

gw = grondwater

\* t.o.v. frequentie analyse verontreinigingen  
 \*\* afhankelijk van voortgang en nulmeting

\*\*\* monsternamen, zie BRL 2000

## F2. Meerfase-extractie

<b>Relevante procesparameters</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie* **</i>	<i>Meetmethode (gangbaar) ***</i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
dikte drijfslaag		altijd	drijfslaagmeter	verlaging t.o.v. uitgangssituatie	effectiviteit proces
stijghoogte	gw	periodiek	stijghoogtemeter, diver	relateren aan ontwerp	effectiviteit proces
geëxtraheerde verontreiniging		altijd	berekenen uit systeemparemeters	relateren aan ontwerp	effectiviteit proces
verontreiniging in gezuiverd water		altijd	GC	< lozingseis	werking waterzuivering
verontreiniging in gezuiverde lucht		altijd	GC	< emissie-eis	werking luchtzuivering
<b>Systeemparemeters</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie* **</i>	<i>Meetmethode (gangbaar) ***</i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
onttrekkingsdebiet lucht		altijd/ continu	debietmeter	relateren aan ontwerp	effectiviteit proces
onttrekkingsdebiet water		altijd/ continu	debietmeter	relateren aan ontwerp	effectiviteit proces
onttrekkingsdebiet puur product		altijd/ continu	hvh bepalen	relateren aan ontwerp	effectiviteit proces
onttrekkingsdebiet emulsie		altijd	hvh bepalen	relateren aan ontwerp	effectiviteit proces
verontreiniging in onttrokken water		altijd	GC	relateren aan SP	effectiviteit proces, massabalans
verontreiniging in onttrokken lucht		altijd	GC	relateren aan SP	effectiviteit proces, massabalans
onderdruk		altijd	manometer	relateren aan ontwerp	effectiviteit proces
<b>Aanvullende procesparameters (incidenteel relevant, extra bewijslast)</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie* **</i>	<i>Meetmethode (gangbaar) ***</i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
hoogtemetingen		periodiek	meetbouts	< specificaties	controle op ongewenste zettingen

gw = grondwater

\* t.o.v. frequentie analyse verontreinigingen  
 \*\* afhankelijk van voortgang en nulmeting

\*\*\* monstername, zie BRL 2000

### F3. Persluchtinjectie + bodemluchtonttrekking

<b>Relevante procesparameters</b>	<b>Fase</b>	<b>Frequentie* **</b>	<b>Meetmethode (gangbaar) ***</b>	<b>Range</b>	<b>Rationale</b>
zuurstof	gw	Altijd	zuurstofelektrode (veld)	0 - 10 mg/L	zuurstof is maat voor invloedsstraal
verontreiniging in onttrokken lucht		Altijd	GC	relateren aan ontwerp	effectiviteit bodemluchtonttrekking, massabalans
verontreiniging in gezuiverde lucht		Altijd	GC	< emissie-eis	werking luchtzuivering
verontreiniging	bg	Periodiek	GC	geen risico	controle op (ongewenste) uitdamping
<b>Systeemparameters</b>	<b>Fase</b>	<b>Frequentie* **</b>	<b>Meetmethode (gangbaar) ***</b>	<b>Range</b>	<b>Rationale</b>
injectiedebiet		altijd/continu	diversen	relateren aan ontwerp	effectiviteit PLI
injectiedruk		altijd/continu	manometer	relateren aan ontwerp	effectiviteit PLI
onttrekkingsdebiet lucht		Altijd	debietmeter	relateren aan ontwerp	effectiviteit bodemluchtonttrekking
onderdruk		Altijd	manometer	relateren aan ontwerp	effectiviteit bodemluchtonttrekking
<b>Aanvullende procesparameters (incidenteel relevant, extra bewijslast)</b>	<b>Fase</b>	<b>Frequentie* **</b>	<b>Meetmethode (gangbaar) ***</b>	<b>Range</b>	<b>Rationale</b>
hoogtemetingen		Periodiek	meetbouten	< specificaties	controle op ongewenste zettingen
stijghoogtes	gw	Periodiek	stijghoogtemeter of diver		maat voor invloedsstaal

gw = grondwater  
bg = bodemgas

\* t.o.v. frequentie analyse verontreinigingen  
\*\* afhankelijk van voortgang en nulmeting

\*\*\* monstername, zie BRL 2000

F4. Bodemluchtonttrekking		Vluchtige stoffen			
<u>Relevante procesparameters</u>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie</i> *, **	<i>Meetmethode (gangbaar)</i> ***	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
verontreiniging in onttrokken lucht		altijd	GC	relateren aan ontwerp	effectiviteit proces, massabalans
verontreiniging in gezuiverde lucht		altijd	GC	< emissie-eis	werking luchtzuivering
verontreiniging	bg	periodiek	GC	geen risico	controle op (ongewenste) uitdamping
<u>Systeemparameters</u>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie</i> *, **	<i>Meetmethode (gangbaar)</i> ***	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
onttrekkingsdebiet		altijd/continu	debietmeter	relateren aan ontwerp	effectiviteit proces
onderdruk		altijd/continu	manometer	relateren aan ontwerp	effectiviteit proces

*bg = bodemgas*

\* t.o.v. frequentie analyse verontreinigingen  
 \*\* afhankelijk van voortgang en nulmeting

\*\*\* monstername, zie BRL 2000

<b>F5. Bodemverwarming</b>					
<b>a) stoominjectie</b>					
<b>b) elektrisch verwarmen</b>					
<b>Relevante procesparameters</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie* **</i>	<i>Meetmethode (gangbaar) ***</i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
temperatuur	gw	altijd	thermokoppel, thermometer	> 70 °C	temperatuur boven kookpunt verontreiniging
verontreiniging onttrokken lucht	-	altijd	GC	relateren aan ontwerp	effectiviteit proces
temperatuur onttrokken lucht	-	altijd	thermokoppel, thermometer	relateren aan ontwerp	effectiviteit proces
verontreiniging lucht na zuivering	-	altijd	GC	< emissie-eis	effectiviteit luchtzuivering
bij CKW: verontreiniging onder saneringszone	gw	altijd	GC	geen stijging	controle op ongewenste neerwaartse migratie puur product
verontreiniging	bg	periodiek	GC	geen risico	controle op (ongewenste) uitdamping
<b>Systeemparemeters</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie* **</i>	<i>Meetmethode (gangbaar) ***</i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
onttrekkingsdebiet lucht		continu	debietmeter	relateren aan ontwerp	effectiviteit proces
stoomdebiet (a)	-	altijd/continu	stoomdebietmeter	relateren aan ontwerp	
injectiedruk (a)	-	altijd	manometer	relateren aan ontwerp	
doorlatendheid injectiefilters (a)		periodiek	hydrologische test		controle op verminderde doorlatendheid
stroomverbruik (b)		continu		relateren aan ontwerp	effectiviteit proces
<b>Aanvullende procesparameters (incidenteel relevant, extra bewijslast)</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie* **</i>	<i>Meetmethode (gangbaar) ***</i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
hoogtemetingen	-	periodiek	meetbouten	< specificatie	controle op eventuele ongewenste zettingen
<b>Infiltratieaspecten (a)</b>	<i>Rationale</i>		<i>Monitoringsaspecten</i>		
<i>Infiltratie van:</i>					
stoom		geochemische precipitatie (kalkneerslag)	drukverloop in systeem		

gw = grondwater  
bg = bodemgas

\* t.o.v. frequentie analyse verontreinigingen  
\*\* afhankelijk van voortgang en nulmeting

\*\*\* monsternamen, zie BRL 2000

## F6. Surfactant / cosolvent flushing

<b>Relevante procesparameters</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie*</i> , **	<i>Meetmethode (gangbaar) ***</i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
concentratie surfactant/cosolvent onttrokken water		altijd	GC,HPLC	ingebrachte concentratie	effectiviteit proces
verontreiniging in onttrokken water		altijd	GC	relateren aan SP	effectiviteit proces
verontreiniging in water na zuivering		altijd	GC	lozingseis	effectiviteit zuivering
bij CKW: verontreiniging onder saneringszone	gw	altijd	GC	geen stijging	controle op ongewenste neerwaartse migratie puur product
<b>Systeemparameters</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie*</i> , **	<i>Meetmethode (gangbaar) ***</i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
injectiedebieten per injectiepunt		altijd/ continu	debietmeter	relateren aan SP	effectiviteit proces
injectiedruk		Altijd	manometer		controle op verminderde permeabiliteit
onttrekkingsdebiet		altijd/ continu	debietmeter	relateren aan SP	effectiviteit proces
<b>Aanvullende procesparameters (incidenteel relevant, extra bewijslast)</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie*</i> , **	<i>Meetmethode (gangbaar) ***</i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
-					
<b>Infiltratieaspecten</b>					
<i>Infiltratie van</i>		<i>Rationale</i>	<i>Monitoringsaspecten</i>		
Surfactants / solvents		verstopping door hoge viscositeit van emulsie	deeltjestelling, zwevend stof		

gw = grondwater

\* t.o.v. frequentie analyse verontreinigingen  
\*\* afhankelijk van voortgang en nulmeting

\*\*\* monsternamen, zie BRL 2000

## F7. Elektronreclamatie (metalen, andere ionen)

<b>Relevante procesparameters</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie* **</i>	<i>Meetmethode (gangbaar) ***</i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
pH	gw	altijd	pH-elektrode	afwijking < 1	proces kan bij elektrodes pH sterk beïnvloeden
verontreiniging in onttrokken water		altijd	ICP, ionchromatografie	relateren aan ontwerp	effectiviteit proces
verontreiniging in water na zuivering		altijd	GC	lozingseis	effectiviteit zuivering
<b>Systeemparemeters</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie* **</i>	<i>Meetmethode (gangbaar) ***</i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
onttrekkingsdebiet water		altijd/continu	debietmeter	relateren aan ontwerp	
stroomverbruik		continu		relateren aan ontwerp	
<b>Aanvullende procesparameters (incidenteel relevant, extra bewijslast)</b>	<i>Fase</i>	<i>Frequentie* **</i>	<i>Meetmethode (gangbaar) ***</i>	<i>Range</i>	<i>Rationale</i>
temperatuur	gw	periodiek	thermokoppel, thermometer	30 - 60°C	

gw = grondwater

\* t.o.v. frequentie analyse  
verontreinigingen  
\*\* afhankelijk van voortgang en  
nulmeting

\*\*\* monstername, zie  
BRL 2000