

Theoriebundel

Bodemsanering



Milieuonderzoek en inspectie M4.3 Behorend bij IBS 7

auteur: Piet de Jongh
Datum 09-01-2020



MBO Den Bosch

1. Het Saneringsonderzoek

- 1.1 Inleiding
- 1.2 Saneringsdoelstellingen
- 1.3 Hoofdoplossingsrichtingen
- 1.4 Het saneringsplan

2. In Situ Saneringstechnieken

- 2.1 Inleiding
- 2.2 Biologische technieken
- 2.3 Fysische technieken
- 2.4 Chemische technieken

3. Ex Situ Saneringstechnieken

- 3.1 Ontgraven en verwerken van de grond
- 3.2 Biologische grondreiniging
- 3.3 Thermische grondreiniging
- 3.4 Extractieve grondreiniging

4. Isolatie

- 4.1 Inleiding
- 4.2 Civieltechnische isolatie
- 4.3 Geohydrologische isolatie

Hoofdstuk 1 Het saneringsonderzoek

1.1 Inleiding

Ieder bodemprobleem is meestal op meerdere manieren (varianten) op te lossen. Het primaire doel van een saneringsonderzoek is een afweging te maken op saneringsdoelstelling(en).

In grote lijnen kun je spreken over de volgende saneringsdoelstellingen:

- Volledig verwijderen van alle verontreinigingen (de herstelvariant);
- Functiegericht: bij immobiele verontreinigingen in de bovengrond;
- Kosteneffectief: bij mobiele verontreinigingen in de ondergrond;
- Isoleren: de verontreiniging isoleren, controleren en beheersen (IBC).

De vraag is echter wat voor die ene situatie de beste manier is om de bodemsanering uit te voeren? Bij een saneringsonderzoek kan dat ingewikkeld zijn. Iedere situatie is namelijk uniek en er zijn veel aspecten waar je rekening mee moet houden: technisch, financieel, organisatorisch, milieuhygiënisch, juridisch, beleidsmatig, politiek, psychosociaal, etc.

Vragen 1.1

1. Waarom gaan we niet altijd uit van volledige verwijdering van een verontreiniging?

1.2 Saneringsdoelstellingen

De saneringsdoelstelling is bij het uitvoeren van het saneringsonderzoek een belangrijk aspect. Het Bevoegde Gezag moet de saneringsdoelstelling (en) accorderen. Het bevoegde gezag zal de uitgevoerde sanering hierop later ook toetsen en goedkeuren via het evaluatierapport.

Binnen het huidige bodemsaneringsbeleid is het geaccepteerd dat je de bodem geschikt maakt voor het huidige - of toekomstige gebruik.

Bij deze aanpak gelden wel de volgende vier strategische doelen:

- Een integrale aanpak van de bodemverontreiniging (moet in z'n geheel worden aangepakt);
- Blootstelling aan - en verspreiding van verontreinigende stoffen moet worden tegengegaan en voorkomen;
- Inbouwen van ijkmomenten om het saneringsverloop te volgen en te kunnen bijsturen;
- De sanering moet leiden tot zo min mogelijk nazorg.

Vragen 1.2

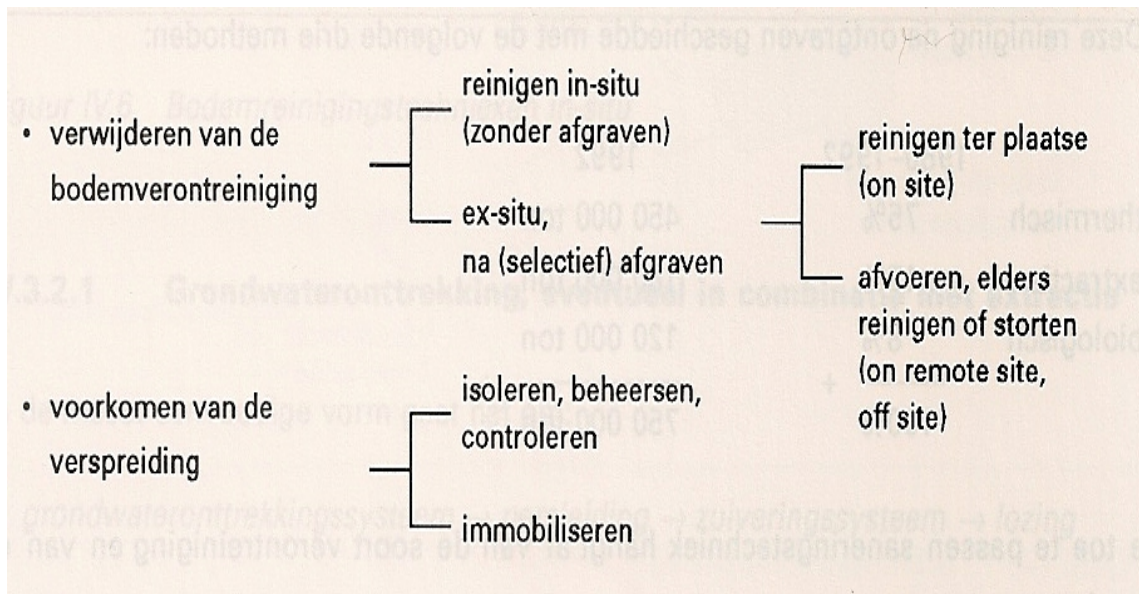
1. Leg met het tweede doel uit dat isolatie van een verontreiniging ook een vorm van saneren is.

2. Een niet-mobiele verontreiniging hoeft toch niet gesaneerd te worden? Waarom grijpen we hierbij toch in veel gevallen in?

1.3 Hoofdplossingsrichting

Het saneringsonderzoek begint dus eigenlijk al tijdens het Nader Onderzoek. Je hebt dan immers alle informatie over de aard, omvang, oorzaak en risico's van de verontreiniging verkregen.

Tijdens de uitvoering van het Nader Onderzoek moet je al goed na denken over de hoofdplossingsrichting van het bodemprobleem. Ga je verontreiniging verwijderen of isoleren? Of wordt het misschien wel een combinatie van die twee?



Figuur 1.2 Hoofdroplossingsrichtingen van een bodemprobleem

En als je de keuze hebt gemaakt om de verontreiniging te verwijderen, ga je dan ontgraven of ga je in-situ saneren? Met een beetje gezond verstand en logisch nadenken zul je merken dat de hoofdroplossingsrichting soms gewoon voor de hand ligt. Het uitvoeren van een ingewikkeld saneringsonderzoek is dan niet nodig. Bijvoorbeeld: je gaat de verontreiniging ontgraven omdat er gelijktijdig een parkeerkelder wordt gebouwd. Of je gaat in-situ saneren omdat de verontreiniging onder een in gebruik zijnde productiehal aanwezig is en die je niet mag slopen.

Heb je nu de saneringsdoelstelling en de hoofdroplossingsrichting van het project geformuleerd, dan heb je een saneringsvariant benoemd. Je kan bijvoorbeeld kiezen voor een functionele verwijderingvariant, een isolatievariant of de herstelvariant. De gekozen variant werk je verder uit.

Ga je graven, in-situ of een combinatie van graven en in-situ? Gebruik je bijvoorbeeld wel of geen bronnering, ga je het onttrokken grondwater lozen of infiltreren, pas je wel of geen damwand toe, etc.

In het saneringsplan wordt de uiteindelijk gekozen saneringsvariant verder in detail uitgewerkt. Heb je meerdere varianten, dan werk je die tot een dusdanig detailniveau uit, dat het mogelijk is de verschillende varianten met elkaar te vergelijken. Die vergelijking vindt plaats op basis van technische, milieuhygiënische en financiële aspecten. Daarna maak je, in overleg met het bevoegd gezag, de definitieve keuze voor één van de varianten. In het saneringsplan wordt de uiteindelijk gekozen saneringsvariant verder in detail uitgewerkt.

Vragen 1.3

1. Geef steeds een voorbeeld van elk van de aspecten die je bij de afweging van een saneringsvariant gebruikt:

- a. Technische aspecten
- b. Milieuhygiënische aspecten
- c. Financiële aspecten

1.4 Het Saneringsplan

De in het saneringsonderzoek gekozen variant ga je verder in detail uitwerken in het saneringsplan.

Bij de verschillende Bevoegde Gezagen kun je, veelal via internet, informatie krijgen over de eisen waar een saneringsplan aan moet voldoen.

Aspecten die in het saneringsplan beschreven staan, zijn:

- algemene gegevens van de locatie;
- voorbereidende werkzaamheden, inrichting bouwterrein;
- grondsanering (incl. verwerking grond);
- grondwatersanering (aanlegfase en operationele fase);
- kabels en leidingen;
- herstel werkzaamheden;
- milieukundige begeleiding;
- veiligheid en gezondheid;
- vergunningen;
- planning
- kostenraming.

Ook bevat het saneringsplan relevante tekeningen, dwarsdoorsneden, kadastrale gegevens, en relevante bijlage

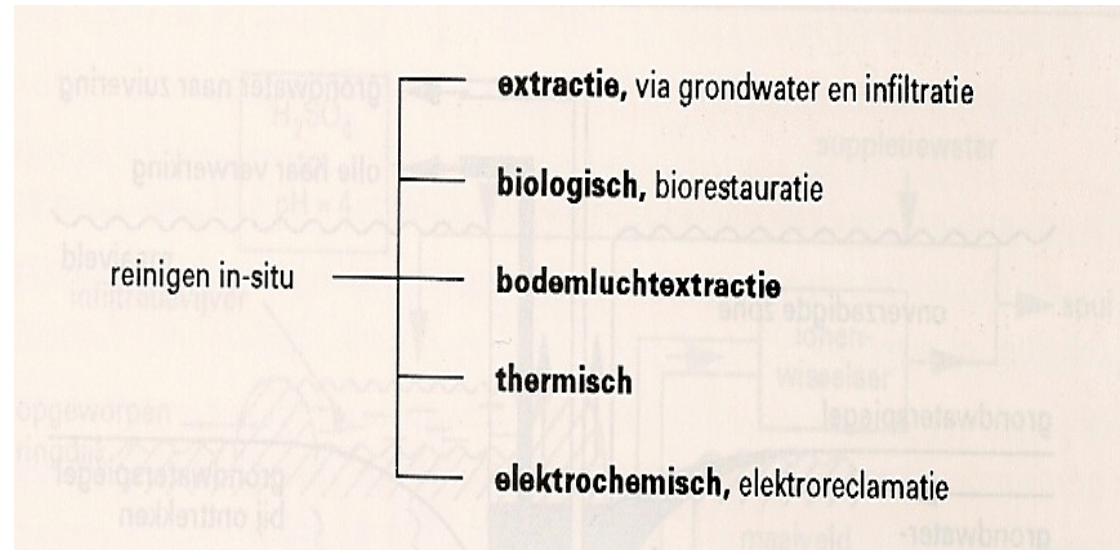


1.3 De milieukundige begeleider houdt een oogje in het zeil

Hoofdstuk 2 In Situ Saneringstechnieken

2.1 Inleiding

Elke bodemverontreiniging is anders. De eigenschappen van vervuiling en bodem of de bereikbaarheid van de verontreiniging verschillen. Ook de beschikbare tijd voor de uitvoering van de sanering of de risico's zijn telkens anders. Al deze zaken zijn van belang bij de techniekeuze.



Figuur 2.1 In situ reinigingstechnieken

Een paar voorbeelden van randvoorwaarden die meebepalend zijn voor de keuze van de techniek:

- De sanering van een olietank bij een verbouwing moet meestal snel; Het ontgraven van de verontreiniging is weliswaar kostbaar, maar snel en effectief;
- Onder een fabriek is de verstoring van een productieproces of het afbreken van bebouwing niet wenselijk. Een in-situ sanering ligt dan voor de hand.

Of een gekozen saneringstechniek ook tot het gewenste resultaat leidt, ligt niet alleen aan de techniek zelf. Goed vooronderzoek en goed begrip van de uitvoeringstechniek zijn ook belangrijk. Het bodemonderzoek moet zich reeds richten op de saneringsoplossing. Zo is het slim om al in het nader onderzoek, de eigenschappen van de bodem en de verontreiniging te onderzoeken die de werking van de techniek bepalen. De karakteristiek van de bodem (heterogeniteit) en van de verontreiniging zijn bij het ontwerpen en de uitvoering van de sanering natuurlijk erg belangrijk.

Een verontreiniging bestaat doorgaans uit een zone met hoge concentraties en puur product (de bron en de haard) en een zone met lagere concentraties verontreiniging opgelost in het grondwater (de pluim). Niet elke techniek is voor beide onderdelen geschikt.

Door het bodemsaneringsbeleid met het toe werken naar een 'stabiele eindsituatie', spelen maatregelen die gericht zijn op een vermindering van de verspreiding vanuit de bron een belangrijke rol. We kiezen steeds vaker saneringsoplossingen waarbij niet alle verontreiniging verdwijnt, maar de hoeveelheid verontreiniging vermindert.

De toekomst van de saneringstechnologie ligt in de toepassing van combinaties van technieken, zorgvuldig afgestemd op de condities van bodem en verontreiniging. Daarbij streven we met een betaalbare inspanning naar een bevredigend resultaat binnen een toelaatbaar tijdstraject.

Vragen 2.1

1. Geef het wezenlijke verschil tussen een “in situ” en een “ex situ” sanering aan.
2. Waarom kiezen we bij de sanering van een tankstation vaker voor ontgraving dan voor “in situ” werken? Geef twee redenen.
3. Noem een belangrijke voorwaarde voor het toepassen van licht vervuilde grond op een nieuwe locatie?

2.2 Biologische in situ technieken

In deze paragraaf vind je informatie over biologische technieken. Die zijn gebaseerd op de werking van bacteriën en schimmels. Na een korte inleiding komen de volgende technieken aan bod: natuurlijke afbraak, anaëroob gestimuleerde afbraak, aëroob gestimuleerde afbraak en fytoremediatie. En tot slot een korte samenvatting.

De natuur kan veel zelf oplossen. Verschillende verontreiniging zijn namelijk biologisch afbreekbaar. In de grond zitten enorm veel bacteriën en schimmels. Die bacteriën en schimmels kunnen veel verontreinigende stoffen omzetten tot onschadelijke eindproducten. Stoffen waarbij dat mogelijk is, zijn:

- olieproducten/brandstoffen, bijvoorbeeld benzine en diesel;
- oplosmiddelen, bijvoorbeeld terpentine;
- teerproducten, bijvoorbeeld carbolineum (kan in beschoeiing langs slootkanten zitten; hierdoor rot het hout niet);
- ontvetting- en schoonmaakmiddelen, bijvoorbeeld 'per' en 'tri' (werden ondermeer gebruikt in de metaalindustrie en door chemische wasserijen);
- gewasbeschermingsmiddelen (bestrijdingsmiddelen). Hierbij moeten we wel aantekenen dat veel vroegere bestrijdingsmiddelen, bijvoorbeeld de 'drins' (Dieldrin, Aldrin) en DDT, niet of nauwelijks biologisch afbreekbaar zijn.

Afhankelijk van de verontreiniging is biologische afbraak mogelijk onder invloed van zuurstof (aëroob) of juist zonder zuurstof (anaëroob). Olieproducten en oplosmiddelen zijn aëroob afbreekbaar. Ontvettingsmiddelen zijn alleen afbreekbaar onder anaërobe omstandigheden.

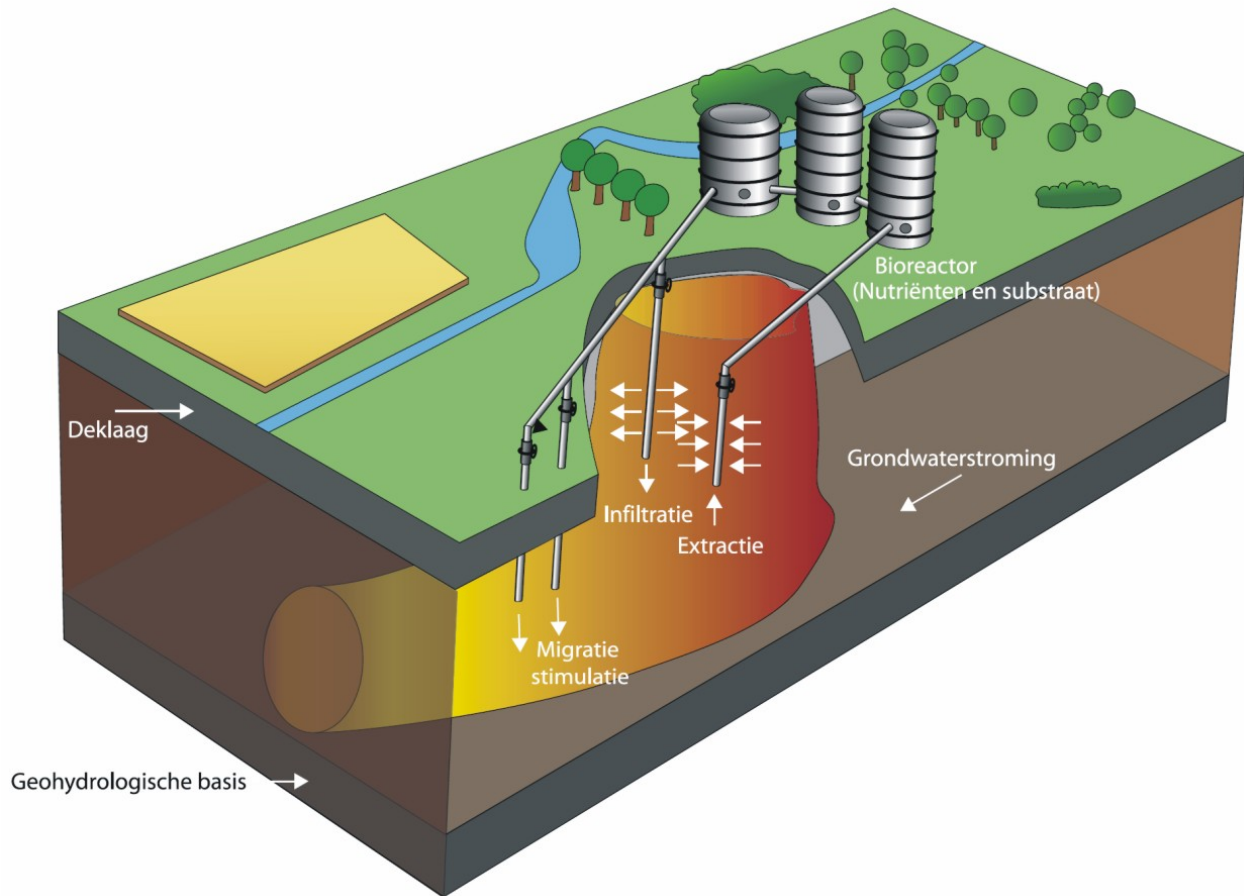
Natuurlijke afbraak

Soms hoef je eigenlijk helemaal niks te doen. Dat klinkt misschien raar maar op veel locaties neemt de hoeveelheid verontreinigde stof in de bodem af onder invloed van bacteriën en andere micro-organismen. Dit noemen we natuurlijke afbraak.

Daarnaast neemt de hoeveelheid verontreiniging af door:

- binding (sorptie) aan bodemdeeltjes (gehalte in grondwater neemt daardoor af);
- verdunning (zelfde hoeveelheid verontreiniging in meer grondwater waardoor het gehalte afneemt);
- verdamping (verontreiniging verdampt uit de bodem naar de lucht).

Natuurlijke afbraak werkt vrij goed bij olie, gechloreerde koolwaterstoffen (afgekort CKW, denk bijvoorbeeld aan per en tri) en aromatische chloorkoolwaterstoffen, zoals pesticiden oftewel gewasbeschermingsmiddelen. De concentraties mogen natuurlijk niet te hoog zijn. Vaak zie je daarom dat de natuurlijke afbraak in de pluim van de verontreiniging wel kan maar vlakbij de bron niet. Natuurlijke afbraak kost veel tijd (meer dan 10 jaar), maar het voordeel is dat het weinig kost.



2.2 Biologische in situ bodemreiniging

Anaëroob gestimuleerde afbraak

Als de natuurlijke afbraak te langzaam gaat, moet je de natuur een handje helpen. Als je de omstandigheden in het grondwater gunstiger maakt, gaat het sneller. We gaan bij anaëroob gestimuleerde afbraak uit van tien jaar. Waarschijnlijk komen we in de praktijk uit tussen de vijf en tien jaar. Ook kun je met deze techniek hogere concentraties aanpakken dan bij natuurlijke afbraak. Dus kun je vaak ook de bron van een verontreiniging aanpakken. Hoe maak je die omstandigheden in het grondwater gunstiger? Dat kan op verschillende manieren. Je kunt op de plek van de verontreiniging spoelen met bijvoorbeeld een suikeroplossing.

We noemen die suikeroplossing dan 'substraat'. Je kunt het substraat ook injecteren (oftewel inspuiten) of zorgen voor meer bacteriën die een handje helpen bij het omzetten van de verontreiniging.

Als je daarbij zorgt voor zuurstofarme omstandigheden, spreken we over anaëroob gestimuleerde afbraak. We passen dit vooral toe als we gechlloreerde koolwaterstoffen (CKW) willen wegwerken, of bij aromaten zoals benzeen, toluen, ethylbenzeen en xylenen (afgekort BTEX).

Sommige bacteriën doen het beter als er veel zuurstof in het grondwater zit. Als je dat soort bacteriën nodig hebt, moet je de omstandigheden dus gunstiger maken door zuurstof toe te voegen. Bijvoorbeeld door lucht door het grondwater te blazen via een injectielans. We noemen dat biosparging.

Ook bij aëroob gestimuleerde afbraak, moet je soms voedingsstoffen toevoegen om de bacteriegroei te stimuleren. Je past deze techniek vooral toe bij aromaten, lichte oliefracties en lichte chloorkoolwaterstoffen. De techniek is geschikt voor het aanpakken van de bron of de pluim met hoge concentraties.

Wat weten we nu?

- Biologische technieken zijn gebaseerd op de werking van bacteriën;
- Voor verontreinigd grondwater is natuurlijke afbraak soms een oplossing;
- Je kunt de bacteriegroei en de afbraak van de verontreiniging in het grondwater een handje helpen door de omstandigheden gunstiger te maken. Bij anaëroob gestimuleerde afbraak mag geen zuurstof aanwezig zijn, bij aëroob gestimuleerde afbraak heb je juist veel zuurstof nodig;
- Biologische technieken werken vooral bij olie, gechlloreerde koolwaterstoffen, en aromaten

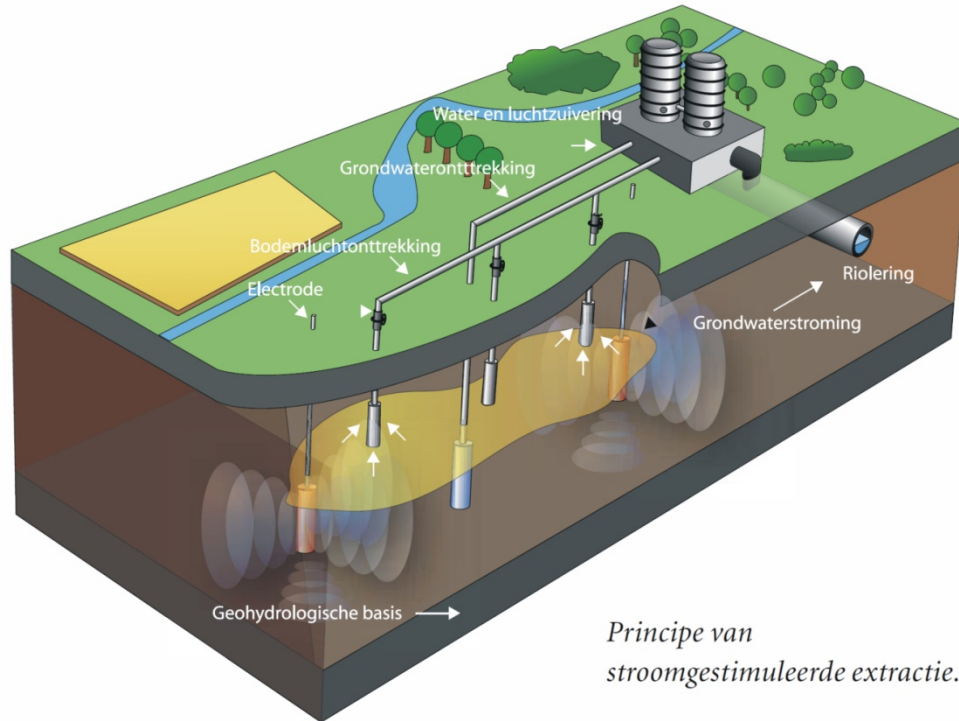
Fytoremediatie werkt met behulp van planten. Enkele soorten zijn in staat om verontreinigende stoffen uit de bodem, het water of de lucht op te nemen en zo dit deel van onze leefomgeving te zuiveren. Lees hierover in <https://intogreen.nl/fytoremediatie-hoe-planten-de-balans-herstellen/>

Vragen 2.2

1. Waarom kun je biologische reiniging ook vaak vervangen door thermische behandeling?
2. Bij biologische afbraak komen er vaak schadelijke reststoffen vrij. Die moet je verwijderen anders stoppen de bacteriën met de afbraak. Welke schadelijk stof komt vrij bij de afbraak van per en tri?
3. Noem 2 typen stoffen die je niet met biologische technieken zou gaan aanpakken.

2.3 Fysische technieken

In deze paragraaf staan fysische technieken centraal. Dat zijn technieken waarbij fysische en dus natuurkundige verschijnselen de hoofdrol spelen. We besteden achtereenvolgens aandacht aan spoelen met grondwater en zuiveren grondwater, grondwater onttrekken voor isolatie, damwanden, meerfasen extractie, persluchtinjectie, elektro-reclamatie, stoominjectie, bodemluchtexttractie, en immobilisatie. Daarna volgt weer de korte samenvatting. We gaan hier slechts kort in op de verwerking en verwerkingsmogelijkheden van grond die is ontgraven.



2.3 Extractieve bodemreiniging

Spoelen met grondwater

Je pompt grondwater op, zuivert het bovengronds (Pump & Treat), en loost het op het riool of oppervlaktewater of brengt het terug in de bodem. Dat mag natuurlijk alleen als het aan bepaalde kwaliteitseisen voldoet. Door het grondwater te onttrekken, krijg je een grondwaterstroming, waardoor de bodem wordt doorgespoeld. Hierdoor ontstaat een nieuw evenwicht tussen grond en grondwater. Het nieuwe grondwater is relatief schoon, de stoffen die aan de bodem vastzitten, lossen gedeeltelijk op in het schonere grondwater.

Deze techniek werkt alleen voor mobiele verontreinigingen, zoals oliecomponenten, aromaten en gechloreerde koolwaterstoffen. Ook enkele metalen (zoals zink) kunnen op deze manier worden verwijderd. De tijdsduur van de sanering hangt sterk af van de concentraties. Als de concentraties te hoog zijn, is spoelen geen optie. Het zou dan immers veel te lang duren voordat het grondwater schoon genoeg is.

Het zuiveren van het grondwater, kan op verschillende manieren, afhankelijk van het type verontreiniging. De meest toegepaste technieken zijn:

1. olie-/waterafscheider: we leiden het opgepompte grondwater door een container met schotten. De in het water aanwezige minerale olie komt boven drijven en kan worden afgescheiden;
2. strippen: we brengen het opgepompte grondwater bovenin een toren, terwijl in tegengestelde richting lucht wordt geblazen. Daardoor komt de verontreiniging vanuit het water in de lucht terecht. De verontreinigde lucht wordt opgevangen in een compostfilter of een actief koolfilter. Deze methode gebruiken we voor vluchtige verbindingen (aromaten, chloorkoolwaterstoffen);

3. actief koolfilter: we leiden het opgepompte grondwater over een actief koolfilter. De organische verontreinigingen hechten zich aan het actief kool. Het actief kool moet regelmatig worden vervangen om de zuiverende werking te garanderen;
4. biorotor: het opgepompte grondwater wordt door een roterende trommel met micro-organismen geleid. Hierbij vindt afbraak van verontreinigingen plaats;
5. ionenwisselaar: het opgepompte grondwater wordt over een harskolom geleid, waarbij de in het water aanwezige stoffen (tijdelijk) selectief gebonden worden aan chemisch actieve kunstharsen. Ionenwisseling wordt toegepast voor de verwijdering van zware metalen, cyaniden en fenolen.

We zullen deze technieken nader bespreken als we het hebben over het reinigen van afvalwater.

Grondwater onttrekken voor isolatie

Bij deze techniek gaat het niet om het verwijderen van de verontreiniging. Het gaat er wel om dat je de verdere verspreiding van de verontreiniging via het grondwater voorkomt. Dat doe je door op een handig gekozen plek grondwater op te pompen, waardoor je de grondwaterstromingen in het gebied slim beïnvloedt.

De techniek is toepasbaar voor alle grondwaterverontreinigingen. De grondwateronttrekking moet wel 'voor altijd' in stand worden gehouden. Het probleem wordt immers niet weggehaald.

Damwanden

Een muur bouwen onder de grond, dat doen we eigenlijk als we een permanente damwand om de bron van een verontreiniging heen zetten. Daarmee willen we bereiken dat de verontreiniging binnen de damwand blijft. Overigens valt het nog niet mee om met een damwand echt een duurzame 'waterdichte' oplossing te creëren. Ook is het een dure techniek. Daarom passen we damwanden in de praktijk alleen toe als het onmogelijk is om de bron aan te pakken (onbereikbaar of te duur) en andere isolatietechnieken niet voldoen. Het grondwater in een met damwanden afgezet gebied, zal je continue moeten beheersen. Dit om te voorkomen dat de 'bak' vol komt te staan. Maar ook om te zorgen dat het water dat altijd door de damwand lekt, 'naar binnen' stroomt en niet, met verontreiniging, naar buiten.

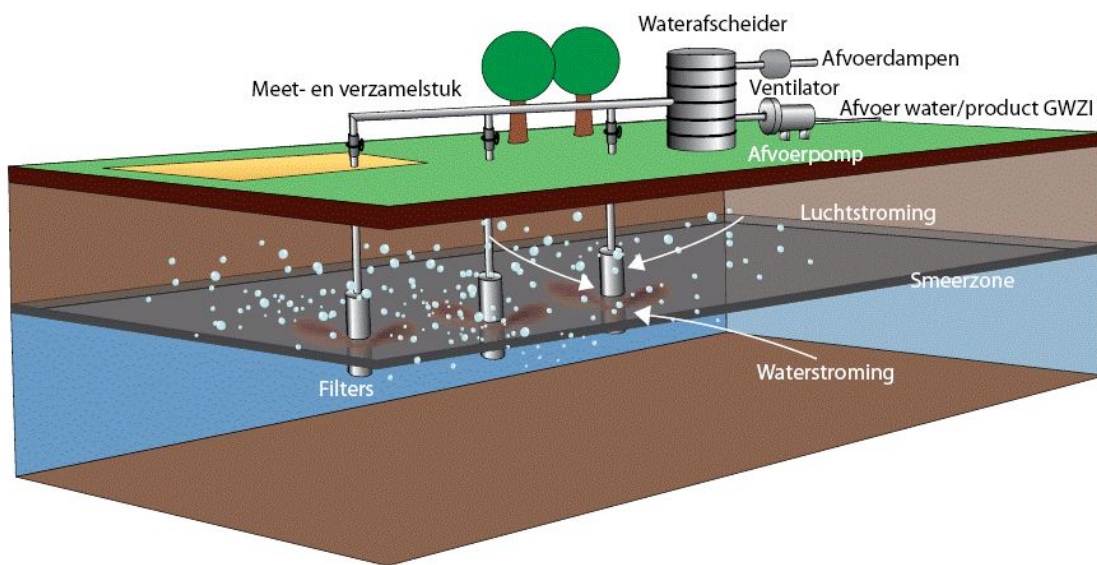
Meerfasen extractie

Bij de meeste technieken pak je de verontreiniging aan in één fase:

- dus of in het grondwater;
- of in de bodemlucht;
- of als vrij product (bijvoorbeeld een drijfslag van olie op het grondwater).

Zo niet bij de Meerfasen extractie. De naam zegt het eigenlijk al. Bij deze techniek gaat het om verwijdering van verontreinigde bodemlucht, drijfslag en grondwater. Je gebruikt een gecombineerd onttrekkingsfilter dat luchtdicht is afgewerkt. Daarop zet je een sterke onderdruk, waardoor je de drijfslag en de top van het grondwater, samen met de bodemlucht, verwijdert. Het werkt vooral goed in slecht doorlatende bodems. Daar is het effectief, omdat je daar weinig water weghaalt en veel verontreiniging.

De techniek wordt alleen toegepast bij stoffen die een drijfslag vormen (olieachtige stoffen). Het is een vrij snelle techniek (enkele jaren).



2.4 Meerfasenextractie

Persluchtinjectie

Je injecteert lucht onder de grondwaterspiegel. Bij deze techniek vervluchtigen de verontreinigingen vanuit het grondwater naar de luchtbellen. De techniek is vooral geschikt voor vluchtige stoffen en kan zowel in de bron als in de pluim worden toegepast. Afhankelijk van de concentratie van de verontreiniging, varieert de tijdsduur van een paar weken tot enkele jaren. De vrijkomende lucht moet worden opgevangen en gezuiverd. Dat gebeurt via bodemluchtextractie (zie hieronder).

Een bij effect van persluchtinjectie is dat het zuurstofgehalte in het grondwater toeneemt, waardoor de afbraak van de verontreiniging door zuurstofminnende bacteriën wordt gestimuleerd.

Persluchtinjectie werkt alleen als de grond vrij goed doorlatend is.

Stoominjectie

Stoominjectie is een techniek waarbij je tegelijkertijd stoom in de bodem brengt en grondwater en/of stoom onttrekt. Daardoor mobiliseer je drijfslagen (stof lichter dan water; oliecomponenten) en zaklagen (stof zwaarder dan water; chloorkoolwaterstoffen). Door het onttrekken van het grondwater en de stoom, verwijder je de verontreinigingen. Het gaat om mobiele en vluchtige stoffen, vooral in de bron van de verontreiniging.

Bodemluchtextractie

Bij bodemluchtextractie onttrekken we bodemlucht via drains boven de grondwaterspiegel. Bodemluchtextractie is gebaseerd op het evenwichtsprincipe. Door bodemlucht te onttrekken, worden de gasvormige verontreinigingen verwijderd. De concentratie in de gasfase neemt af, met als gevolg dat opgeloste verontreinigingen vanuit de waterfase overgaan naar de gasfase. In combinatie met persluchtinjectie kunnen we dit proces versnellen. Daardoor zal ook de biologische activiteit worden gestimuleerd. Deze techniek is goed toepasbaar in goed tot matig doorlatende bodems en bij (vluchtige) organische verontreinigingen.

Wat weten we nu?

- Bij fysische technieken spelen natuurkundige verschijnselen een rol
- Ontgraven van verontreinigde grond is de oudste en snelste vorm van bodemsanering. Vrijkomende grond kan, afhankelijk van de samenstelling en de mate van verontreiniging, worden hergebruikt, gereinigd, geïmmobiliseerd of gestort.
- Bij Pump & Treat pompt men het grondwater op. Na zuivering infiltreert men het water weer in de bodem of loost het op het riool. Het is soms beter om op meerdere plaatsen af en toe kleine hoeveelheden grondwater te onttrekken (Smart Pump & Treat).
- Zuiveren van het opgepompte grondwater kan met behulp van een olie-/waterscheider, stripper, actief koolfilter, biorotor of een ionenwisselaar.
- Je kunt ook grondwater onttrekken om de verspreiding van de verontreiniging te voorkomen.
- Door het plaatsen van damwanden is het mogelijk een verontreiniging te isoleren van de omgeving. Dit doen we alleen als het onmogelijk is de bron aan te pakken en als andere isolatietechnieken niet voldoen.
- Bij meerfasen extractie verwijder je in één keer de drijf laag, de verontreinigde bodemlucht en het grondwater.
- Persluchtinjectie zorgt voor vervluchtiging van de verontreiniging en verhoogt het zuurstofgehalte in de bodem.
- Stoominjectie zorgt ervoor dat drijf- en zaklagen beter oplossen.
- Door bodemlucht te onttrekken met behulp van bodemluchtextractie verwijder je gasvormige verontreinigingen.

Vragen 2.3

1. Waarom kun je klei niet door extractie reinigen?
2. Geef een reden waarom in situ saneringen moeilijk een hoog resultaat halen.
3. Wanneer is in situ werkelijk een interessant alternatief?
4. Welke hulpstof gebruik je bij het extractiewater als je zware metalen uit de bodem wilt verwijderen?
5. Wat is het voordeel van persluchtinjectie bij bodemluchtextractie?
6. Hoe voorkomen we dat er grondwater door een afgeschermd damconstructie kan lekken?

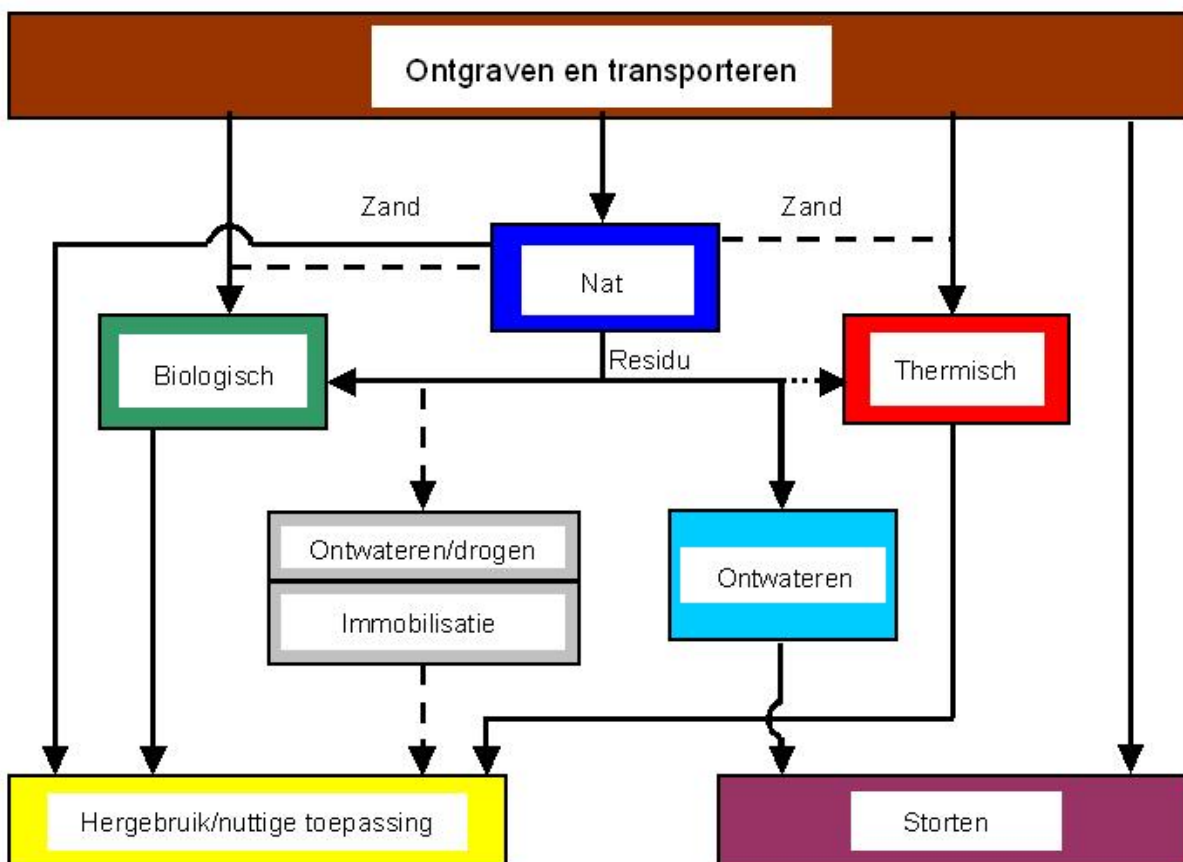


2.4 Bus sanering van olievlek in een weiland

Hoofdstuk 3 Ex situ saneringstechnieken.

3.1 Ontgraven en verwerken van de grond

Graafmachines en vrachtwagens die de grond afvoeren, dat kan iedereen zich wel voorstellen. Ontgraven van de verontreinigde grond is de meest bekende, de oudste en de snelste vorm van bodemsanering. In relatief korte tijd wordt de verontreinigde grond verwijderd. Je kiest hier vaak voor om de bron van de verontreiniging weg te halen (hoge concentraties verontreiniging). De techniek is geschikt voor alle soorten verontreinigingen. Wel is het vaak een dure oplossing omdat je allerlei maatregelen moet treffen om de ontgraving zonder schade te kunnen uitvoeren. Zo moet je soms damwanden zetten om te voorkomen dat nabijgelegen gebouwen verzakken. Of in verband met de veiligheid kabels en leidingen omleggen die door de verontreiniging heen lopen.



3.1 De ex situ verwerkingstechnieken

Vrijkomende grond bij een bodemsanering wordt vaak buiten de locatie verwerkt (ex situ). Het is belangrijk om de partijen grond in te delen op basis van grondsoort en mate van verontreiniging. Als de te ontgraven grond op een goede manier al in partijen is ingedeeld, bespaart dat kosten en beperkt de risico's. De kwaliteit van de partijen ontgraven grond is natuurlijk anders dan de, op basis van het bodemonderzoek voorspelde kwaliteit. Je kan je voorstellen dat tijdens het ontgraven grond wordt gemengd met relatief schonere grond of dat de verontreiniging groter blijkt dan verwacht. De definitieve partijkeuring moet dan ook in depot plaatsvinden.

Hergebruik

Het kader voor hergebruik wordt (met name) gegeven door het Besluit bodemkwaliteit (Bbk). Het Bbk geeft aan welke grond kan worden toegepast en hoe dit dient te gebeuren. Grond die volgens het Bbk als schone grond of als categorie wonen of industrie grond wordt gekwalificeerd kan (veelal) zonder verdere bewerking weer worden ingezet.

Soms is het mogelijk grond op de saneringslocatie te hergebruiken. In bijzondere gevallen kunnen we sterk verontreinigde grond (met niet mobiele verontreinigingen) herschikken op saneringslocatie. We passen deze grond dan toe als ophoging op een vergelijkbare verontreiniging en dekken die af met een leeflaag (contact met de vervuiling is dan niet mogelijk);

Reiniging

Ex-situ onderscheiden we drie categorieën van technieken:

- biologische grondreiniging (biologische afbraak);
- thermische grondreiniging (verbranden);
- extractieve grondreiniging (nat zeven, extractie en fase-scheiden).

	Zandgrond		Klei /Veengrund	
	organische verontreiniging	anorganische verontreiniging	organische verontreiniging	anorganische verontreiniging
Biologische reiniging	+	-	-	-
Thermische reiniging	+	-	+	-
Extractieve reiniging	+	+	-	-
Thermische Immobilisatie	+	+	+	+
Koude Immobilisatie	-	+	-	+
Storten	-	-	-	+

Figuur 3.2 Keuze voor grondreiniging

Het schema in figuur 5.2 geeft aan bij welke type verontreiniging en welke grondsoort welke techniek(en) kunnen worden ingezet.

Storten

Storten is wettelijk pas aan de orde als hergebruik, reiniging of storten en immobilisatie niet mogelijk zijn. Om te mogen storten, is een niet- reinigbaarheidsverklaring nodig.

Vragen 3.1

1. Welke stap die voortkomt uit het zorgbeginsel komt nog vóór hergebruik?
2. Wat verstaan we onder een “partij grond”?
3. Om welke redenen zou het niet mogelijk kunnen zijn om grond te reinigen?

3.2 Biologische grondreiniging

Voordelen van biologische grondreiniging zijn dat de oorspronkelijke grondstructuur in tact blijft, geen reststoffen worden geproduceerd, weinig energie wordt verbruikt en dat deze vorm van reiniging over het algemeen extensief en goedkoop is. Nadeel is dat het vaak erg lang duurt voordat de grond gereinigd is, tot enkele jaren is geen uitzondering. Ander nadeel is dat de micro-organismen slechts een beperkt aantal stoffen 'lusten' en de faalrisico's relatief hoog zijn. Ook de concentratie aan verontreiniging mogen niet te hoog zijn.

Biologische grondreiniging maakt gebruik van - vaak al van nature aanwezige - levende micro-organismen (bacteriën, schimmels) die organische verontreinigingen in de grond omzetten en afbreken. Belangrijke randvoorwaarden zijn dat de verontreinigingen biologisch beschikbaar zijn en dat de procescondities (pH, zuurstofgehalte, temperatuur, vochtgehalte, redoxpotentiaal e.d.) op orde zijn zodat de organismen optimaal hun werk kunnen doen. Deze condities worden verbeterd door bijvoorbeeld pH-regulatie, opwarming, beluchten, nutriëntentoevoeging en optimalisatie van het vochtgehalte van de grond.

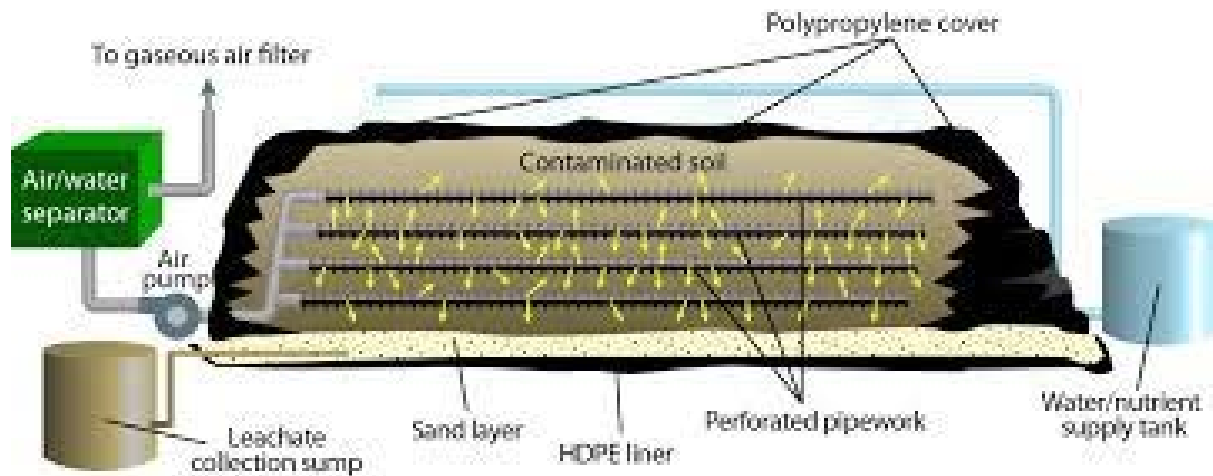
Bacteriën in de grond breken, met behulp van zuurstof, olieverbindingen af tot de onschadelijke stoffen water (H_2O) en kooldioxide (CO_2).

Landfarming is een ander woord voor biologische grondreiniging. Je begint met verontreinigde grond die je ontgraven hebt. Die spreid je uit in lagen van 1 tot 2 meter. Met een kraan of met een omkeermachine kun je de grond regelmatig omzetten zodat die in contact komt met de lucht (dus zuurstof). Ook kun je er actief lucht doorheen blazen via drains. Dan komt er nog meer zuurstof in aanraking met de grond. Dat maakt de omstandigheden gunstig voor bacteriën die de verontreiniging afbreken (aërobe afbraak). Landfarming kun je toepassen bij aromaten, olie en lichte PAK-verbindingen (polycyclische aromatische koolwaterstoffen).

Biologische grondreiniging is geschikt voor verontreinigingen met minerale olie met korte ketens zoals benzine. Ook lichte PAK (polycyclische aromatische koolwaterstoffen), zoals naftaleen, kunnen op deze manier worden afgebroken. Veel grond van de bodemsanering van tankstations is biologisch gereinigd.

Vragen 3.2

1. Waarom lukt biologische reiniging van kleigrond zo slecht?
2. Wat doet de luchtpomp in figuur 3.3?



Figuur 3.3 Landfarming

3.3. Thermische grondreiniging

Thermische grondreiniging is geschikt om alle grondsoorten met organische verontreinigingen te reinigen. De hoogte van concentraties van de verontreinigingen is hierbij nauwelijks van belang. Ook cyanides worden afgebroken.

Thermische grondreiniging is op zichzelf een eenvoudig proces. Grond wordt in een roterende trommel gebracht en door verhitting verdampen de organische verontreinigingen. De rookgasreiniging van de vrijkomende gassen is echter complex. Het reinigingsrendement van thermische grondreiniging is bijzonder hoog en er worden nauwelijks residuen geproduceerd. Thermische grondreiniging is een 'robuuste techniek'.

Thermische grondreinigingsinstallaties gebruiken meestal afvalenergie, zoals olieresten uit olietankers, voor de verhitting. Groot voordeel van de thermische grondreinigingsinstallaties is de grote capaciteit en snelle doorzet. Bovendien kunnen met thermische grondreinigingsinstallaties (zeer) hoge concentraties aan verontreinigingen in de grond worden afgebroken; zelfs als de olie uit de grond druïpt kan deze grond nog worden schoongemaakt.

Een nadeel naast de hoge kosten is dat de grond geheel steriel wordt. De thermisch gereinigde grond zal ook nooit meer echt 'levende grond' worden. Dit omdat elke voorwaarde voor leven erin ontbreekt. Voor civieltechnische toepassingen kan dit echter een positieve eigenschap zijn.

Proces

Nadat de grove delen zijn verwijderd, wordt de grond in een trommel verhit (200-700°C) waardoor de verontreinigingen verdampen door verhitting. De vrijkomende gassen worden gereinigd met een luchtzuiveringsinstallatie. Deze techniek is geschikt voor alle grondsoorten met organische verbindingen, cyanide en kwik(verbindingen). Het eindproduct is herbruikbaar. De grond bevat direct na de bewerking geen biologisch leven en bij de verwerking moet je rekening houden met de civieltechnische eigenschappen (verdichting is wat moeilijker).



3.4 Thermische grondreinigingsinstallatie

Vragen 3.3

1. Voor welke chemische stoffen is thermische reiniging niet toepasbaar?
2. Wat gebeurt er met de humus bij thermische reiniging?
3. Welk probleem zie je bij verdamping van de verontreiniging en hoe lossen we dit op?

3.4. Extractieve grondreiniging

Bij nat/ extractieve grondreiniging wordt verontreinigde grond gewassen via een aaneenschakeling van fysische en chemische scheidingstechnieken. In tegenstelling tot biologische of thermische technieken worden de verontreinigingen niet afgebroken, maar worden de schone gronddelen gescheiden van de verontreinigde gronddelen. De schone of lichtverontreinigde gronddelen worden hergebruikt als secundaire grondstof, de verontreinigde gronddelen worden na afscheiding verder bewerkt of gestort.

Extractieve grondreiniging maakt gebruik van het feit dat verontreinigingen zich vooral hechten aan de organische fractie en/ of de fijne gronddelen ($< 63 \mu\text{m}$). Door de grond na zeven met water te mengen en deze slurry via een serie scheidingstechnieken te bewerken, scheiden de fijne delen (het slib) zich van de grove delen (het zand en puin). Hart van deze scheiding zijn cyclonen (scheiden zwaardere van lichtere delen), aangevuld met extra processtappen zoals scrubbers (krachtige wassers), flotatie cellen (blazen belletjes in die opstijgen) die specifieke verontreinigingen scheiden.



3.5 Grondwas installatie

Voordeel van extractieve reiniging is dat vrijwel alle combinaties van verontreinigingen kunnen worden verwijderd, zowel anorganische als organische. Ook asbesthoudende zandgrond. Ander voordeel is dat in Nederland veel extractieve reinigers gevestigd zijn; de transportafstand is daarom vaak kort. De kosten liggen globaal tussen de kosten van biologische en thermische reiniging in. De extractieve reinigingstechniek kan ook mobiel worden ingezet. De installatie komt dan naar de bodemsaneringslocatie toe.

Nadeel van extractieve reiniging is dat deze alleen voor zandige grond geschikt is en niet voor klei of veen. Voor grond met meer dan 35 à 40% aan fijne delen is reiniging technisch en economisch niet rendabel. Bovendien worden meestal nog reststoffen gestort.

Proces

Hierbij reinig je de grond met behulp van fysisch/chemische scheidingsprocessen. Eerst wordt de verontreinigde grond gezeefd om grove delen, zoals puin en hout, te verwijderen. Dan meng je de grond met proceswater, waarna het mengsel verschillende scheidingsstappen ondergaat. De verontreiniging wordt geconcentreerd in een slibstroom, die als slibkoek vrijkomt. Aan het einde van het proces blijven puin, slib en zand over. Het slib wordt gestort, het zand en het puin kunnen worden hergebruikt. Deze techniek is geschikt voor zandige grond met een beperkte hoeveelheid fijne deeltjes. In principe worden alle verontreinigende stoffen verwijderd.

Vragen 3.4

1. Hoe maak je het vuil los van de zandfractie?
2. Waarom zal het vuil zich aan het slib hechten?

Hoofdstuk 4 Isolatietechnieken

4.1 Inleiding

Isolatiemaatregelen hebben tot doel verdere verspreiding van de verontreiniging naar de omgeving te voorkomen. Isolatie wordt toegepast in gevallen dat het verwijderen van de verontreiniging technisch of financieel niet mogelijk is.

IBC Isolatiemaatregelen worden vaak onder de term ‘IBC-variant’ besproken. *IBC* staat voor isoleren, beheersen en controleren, en geeft aan dat isoleren alleen niet voldoende is. Na het aanbrengen van de isolatie moet gecontroleerd worden of de isolatie intact blijft. Als het nodig is moet ingegrepen worden.

In principe blijf je daar altijd (eeuwigdurend) mee bezig.

Isolatietechnieken kun je grofweg in drie hoofdgroepen onderverdelen.

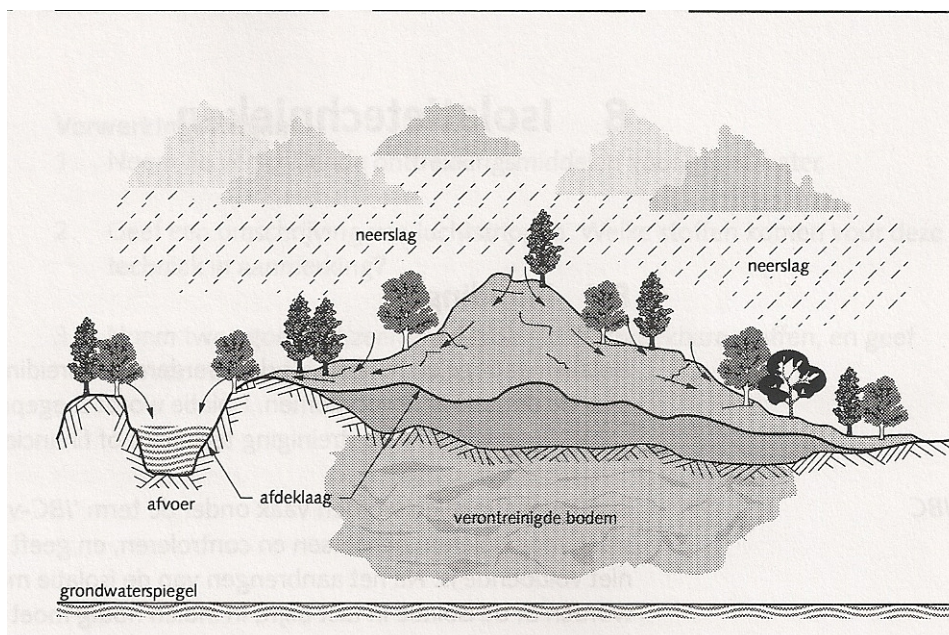
- 1 Civieltechnische isolatie;
- 2 Geohydrologische isolatie;
- 3 Fysisch chemische isolatie.

4.2 Civieltechnische isolatie

Afhankelijk van de situatie kan een civieltechnische isolatie opgebouwd worden uit de volgende elementen:

- bovenafdekking;
- verticale afscherming;
- onderafdichting.

Zowel een verticale afscherming als een onderafdichting zijn nooit geheel waterdicht. Als aanvulling op de genomen maatregelen zal binnen het geïsoleerde gebied de grondwaterstand verlaagd moeten worden. Dit voorkomt dat verontreiniging door de aangebracht afscherming kan stromen. Dit betekent eigenlijk dat je deze techniek aanvult met geohydrologische isolatie.



4.1 Bovenafdekking

Bovenafdekking

In gevallen waar de verontreiniging zich boven grondwaterniveau bevindt, is een bovenafdekking voldoende. Deze bovenafdekking voorkomt dat regenwater de verontreiniging meeneemt naar het grondwater. In figuur 6.1 is dit schematisch weergegeven.

De bovenafdekking kan bestaan uit de volgende materialen:

- kunststoffolie;
- asfalt of betonverharding;
- natuurlijke klei-afdichting;
- bentoniet of bentoniet-cement.

De keuze van deze materialen is onder meer afhankelijk van:

- de soort verontreiniging;
- het gebruik van de locatie.

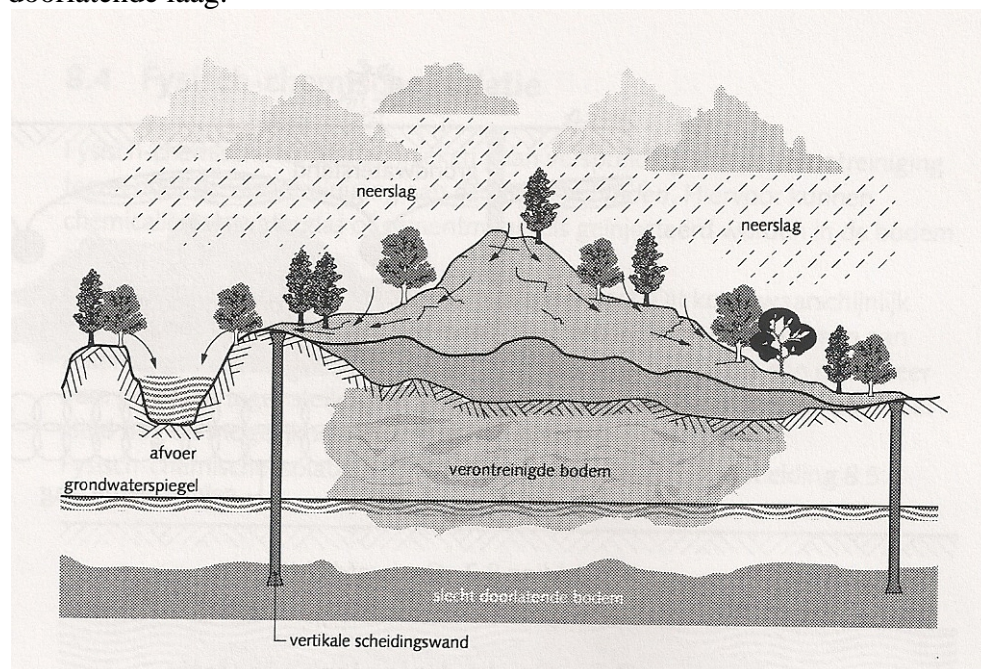
Een bovenafdekking moet in ieder geval voldoen aan de volgende eisen:

- lage doorlatendheid;
- lange levensduur;
- bestand zijn tegen chemische en mechanische invloeden.

Aangezien de natuurlijke intrede van regenwater in de bodem wordt verstoord spreekt het vanzelf dat hiervoor maatregelen genomen moeten worden. Dit kan door drainage of riolering.

Verticale afscherming

Als de verontreiniging zich deels onder grondwaterniveau bevindt, is alleen een bovenafdekking onvoldoende. Als extra maatregel is dan een verticale afscherming noodzakelijk. Een voorwaarde is dan wel dat deze afscherming aangesloten kan worden op een van nature aanwezige slecht doorlatende laag.



4.2 Verticale afscherming

Voor verticale schermen kun je een keuze maken uit een groot scala van technieken die ook bekend zijn uit de civiele techniek.

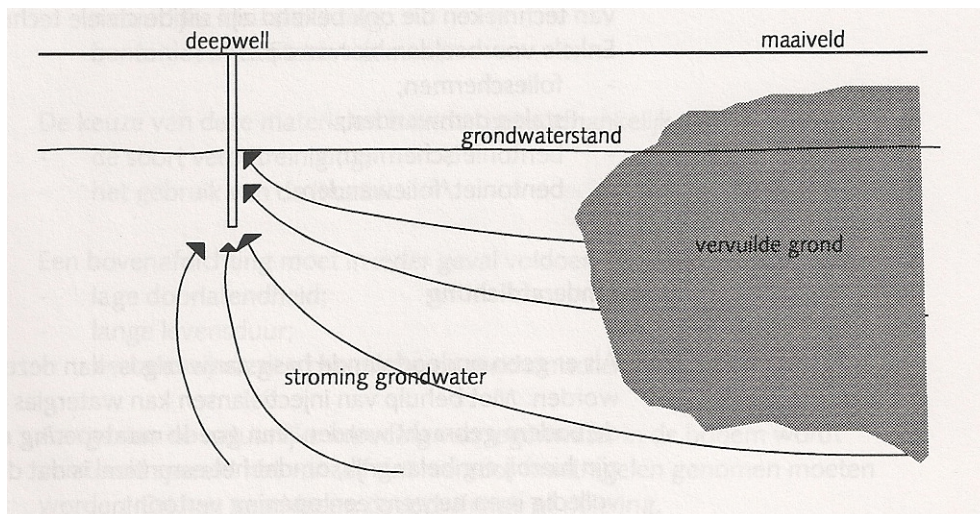
Enkele voorbeelden hiervan zijn:

- folieschermen;
- stalen damwanden;
- bentoniet schermen;
- bentoniet/foliewanden.

Onderafdichting laten we hier buiten beschouwing.

4.3 Geohydrologische isolatie

Bij een geohydrologische isolatie wordt door het onttrekken van grondwater een soort *waterscherm* gevormd. De onttrekkingspunten worden geplaatst in stroomafwaartse richting. Er wordt zoveel water opgepompt dat het voor het grondwater onmogelijk is om voorbij het onttrekkingspunt te komen zonder opgezogen te worden. Om enige zekerheid hierover te hebben wordt de pomp op een hogere snelheid gezet dan volgens *diepwells* berekening nodig is. Voor de onttrekking worden meestal *diepwells* toegepast. In veel gevallen moet het onttrokken water voorgezuiverd worden. Deze voorzuivering alsmede een intensieve controle van de maatregelen vormen vaak de belangrijkste kostenposten.

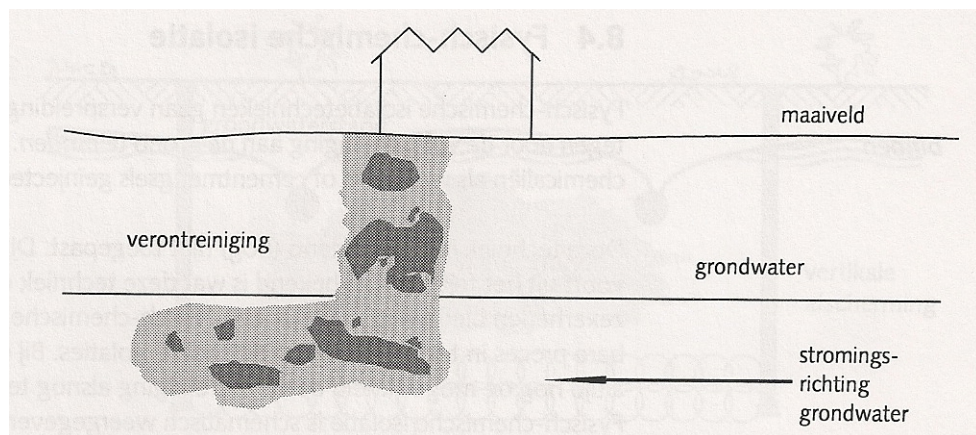


4.4 Geohydrologische isolatie.

Vragen H 6

1. Welke drie isolatietechnieken kun je onderscheiden? Geef de meest kenmerkende verschillen weer.
2. Welke twee manieren zijn er om bij een civieltechnische aanpak te voorkomen dat de verontreiniging naar de diepte wegzinkt?
3. Waarom moet bij een civieltechnische isolatie met verticale afscherming altijd aanvullend grondwater onttrokken worden?
4. Op figuur 4.5 is een verontreinigingssituatie weergegeven. Zowel de grond als het grondwater is verontreinigd met oplosmiddelen. Geef in een tekening aan hoe de verontreiniging civieltechnisch geïsoleerd kan worden.

5. Geef in een tekening aan hoe de verontreiniging geohydrologisch geïsoleerd kan worden. Denk aan de juiste plaats van de onttrekkingsmiddelen.



4.5 Verontreinigingssituatie