

LAYMAN'S REPORT
LIFE07 ENV/B/000022



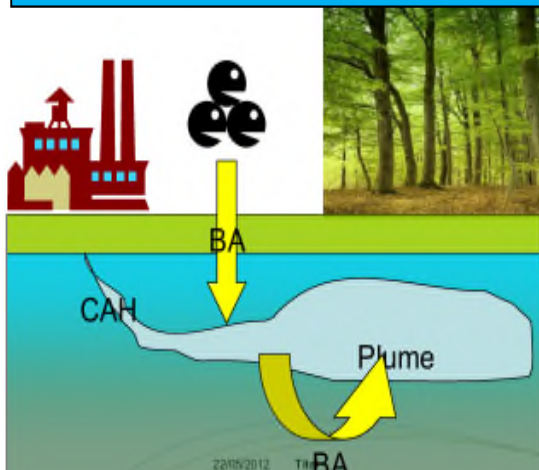
BACad

Using full scale bio-augmentation for cost efficient remediation of a large CAH-groundwater contamination

Het gebruik van full scale bio-augmentatie voor een kostenefficiënte sanering van grote grondwaterverontreinigingen met vluchtige gehalogeneerde koolwaterstoffen

Project content

Numerous companies (metal processing companies, drycleaners, ... in Europe face groundwater contamination with chlorinated aliphatic hydrocarbons (CAH). A cost effective and ecological cleanup of these contaminations is necessary to protect the groundwater and to ensure the future of these companies. Traditional techniques to tackle these pollutions are expensive, time-consuming and produce a lot of waste. Because of this, a lot of research is carried out to see if nature self can clean up these contaminations. Dehalococcoides (DHC) are bacteria that can degrade CAH to the harmless end product ethylene. On some sites, these bacteria are naturally occurring and they only have to be fed with the right carbon source. On other sites (it is estimated on 25-30 % of all sites), the merely administration of a carbon source will not suffice to degrade the CAH for the simple reason that the DHC are not present. For these sites the technique of bio-augmentation (BA, the insertion of necessary bacteria) can be a solution. The BACad project will investigate the possibilities and feasibility of this technique.



Projectbeschrijving

Talrijke bedrijven (metaalverwerkende bedrijven, droogkuisen, ...) in Europa hebben te maken met een grondwaterverontreiniging met vluchtige organische koolwaterstoffen (VOCI). Een economisch en ecologisch verantwoorde sanering van deze verontreinigingen is nodig om het grondwater te beschermen en de toekomst van deze bedrijven niet te hypothekeren. Traditionele technieken om dit soort van verontreiniging aan te pakken zijn zeer duur, tijdrovend en produceren andere afvalstromen. Daarenboven is de kans op succes niet altijd even groot. Om deze reden wordt er onderzoek verricht naar de mogelijkheid om de natuur zelf, al dan niet een handje geholpen, deze verontreinigingen te laten saneren. Voor VOCl betekent dit dat bacteriën (zogenaamde Dehalococcoides, DHC) aanwezig in de grond de VOCl afbreken tot het onschuldig eindproduct etheen. Op vele plaatsen zijn deze organismen van nature aanwezig en breken deze de verontreiniging af. Op sommige plaatsen zijn de DHC aanwezig maar moeten ze 'gevoed' worden met een koolstofbron. Echter, in sommige gevallen (geschat wordt 25-30 % van alle VOCl-saneringen) zal het voeren van de DHC niet volstaan, simpelweg omdat ze niet aanwezig zijn. In dit geval kan de zogenaamde bio-augmentatie (BA, het inbrengen van de noodzakelijke bacteriën) een oplossing bieden. Dit project zal de mogelijkheden en toepasbaarheid van deze techniek onderzoeken.

Project objectives

The main objectives of this project are the following:

- Demonstrate the technical feasibility and cost-effectiveness of full-scale BA for the remediation of a large CAH groundwater contamination, reducing concentrations below remediation standards;
- Obtain reliable data to develop work methodologies for the application of BA on other sites;
- Demonstrate the environmental benefits of this technique compared to traditional techniques;
- Disseminate the knowledge gathered in the project.

Doelstellingen van het project

De hoofddoelstellingen van het project zijn:

- De haalbaarheid en kostenefficiëntie van een full scale BA voor een grote pluim van VOCl aantonen waarbij de concentraties tot onder de saneringsnormen worden verlaagd;
- Betrouwbare informatie verzamelen om methodes te ontwikkelen om BA op andere sites te gebruiken;
- Aantonen dat de techniek duurzamer is dan traditionele technieken;
- De opgedane kennis verspreiden.

Demonstration site

The demonstration was carried out on the Punch Metals site. Punch Metals produces metal parts for the automotive industry. This site is located in the north of the Belgian province Limburg. They have a contamination with perchloro-ethene (PCE, one of the CAH). PCE was used to degrease metal parts. The 'normal' microbial breakdown of perchloro-ethene is: perchloro-ethene (PCE) → trichloro-ethene (TCE) → cis-dichloro-ethene (DCE) → vinylchloride (VC) → ethylene. Ethylene is the desired harmless end-product. On the Punch Metals site the breakdown stalls on DCE meaning that the Dehalococcoides are not present. The total plume is 1000 m long and more than 20 m deep. The total amount of contaminated groundwater is approximately 500 000 m³.

Demonstratiesite

Het project is uitgevoerd op de site van Punch Metals nv. Deze site is gelegen in het noorden van Limburg. Op het terrein en stroomafwaarts komt een verontreiniging met tetrachlooretheen (PCE) voor. Tetrachlooretheen werd gebruikt als ontvetter. De normale weg waarop PCE via microbiële weg wordt afgebroken is: tetrachlooretheen (PCE) → trichlooretheen (TCE) → cis-dichlooretheen (DCE) → vinylchloride (VC) → etheen. Etheen is het onschadelijke eindproduct. Op de site van Punch Metals stopt deze afbraak op het niveau van DCE wat wil zeggen dat de Dehalococcoides niet aanwezig zijn. De verontreiniging heeft zich verspreid over een afstand van 1000 m en meer dan 20 m diep. Het totale volume aan verontreinigd grondwater is ongeveer 500 000 m³.



Contour of CAH

Approach of the project

To realize the objectives of the project a strong and experienced partnership was constituted. The project was coordinated by Punch Metals, the 'owner' of the contamination. RSK Benelux bvba and ESA bvba (subsidiary of RSK Benelux bvba) were the technical consultants of the project. VITO, an independent environmental research institute, delivered the scientific input and performed the lab tests. The project consisted of five major actions divided in 9 different tasks.

(I) Selection and cultivation of microbial inocula: VITO tested five different cultures on their ability of breaking down PCE to ethylene. All five cultures proved to be able to breakdown the pollution.

Aanpak van het project

Om de doelstellingen van het project te realiseren werd een sterk en ervaren partnerschap opgericht. Het project werd gecoördineerd door Punch Metals nv, de 'eigenaar' van de verontreiniging. RSK Benelux bvba en ESA bvba (dochter van RSK Benelux bvba) waren de technische adviseurs van het project en VITO, een onafhankelijke onderzoeksinstituut, leverde de wetenschappelijke input and voerde de labtesten uit. Het project bestond uit vijf grote acties onderverdeeld in negen verschillende taken.

(I) Selectie en cultivatie van microbiële inocula: VITO heeft vijf culturen getest op hun mogelijkheden om PCE af te breken tot etheen. Alle culturen bleken in staat om de verontreiniging af te breken.

Additional, VITO tested two different carbon sources (Nutrolase and glycerine) since the type of carbon source may significantly affect the cost of the full scale application. The two cultures that grew the fastest were scaled up to 50 l to be injected in the push pull tests. Based on the results of the push pull tests, the best culture was grown on a scale of 100 l to perform a small scale test.

(II) Site preparation and small scale demonstration: the application in the field was gradually extended from two push pull tests (one injection filter and one monitoring well) to two small scale tests (four injection wells and seven monitoring wells) to the full scale (sixty injection wells and ten monitoring wells). **Both push pull tests, performed with the two fastest growing cultures from the lab tests, were successful.** One small scale test was performed with groundwater transferred from another site with proven natural breakdown of CAH. **This test was not successful, probably due to the low numbers of bacteria in this groundwater. The other small scale test, performed with the best culture of the push pull tests, was successful. PCE was degraded to ethylene and the bacteria were spreading.**

Bijkomend heeft VITO twee verschillende koolstofbronnen (Nutrolase and glycerine) onderzocht omdat het type van koolstofbron een grote impact op de kostprijs van de full scale toepassing kan hebben. De twee culturen welke het snelst groeiden werden opgeschaald naar 50 liter om gebruikt te worden in de push pull testen. Op basis van de resultaten van de push pull testen werd de beste cultuur op een schaal van 100 l gekweekt.

(II) Voorbereiding van de site en small scale test: de toepassing in het veld werd gradueel uitgebreid van twee push pull testen (1 injectie- en monitoringfilter) naar twee small scale testen (4 injectie- en 7 monitoringsfilters) naar een full scale (60 injectie- en 10 monitoringsfilters). **Beide push pull testen waren geslaagd.** Eén small scale test werd uitgevoerd met grondwater van een andere site met een bewezen natuurlijke afbraak van VOCl. **Deze test was niet geslaagd, vermoedelijk door het lage aantal bacteriën in dit grondwater. De andere small scale test met de beste cultuur van de push pull testen, was wel succesvol. PCE werd afgebroken tot etheen en de ingebrachte bacteriën hebben zich verspreid.**



Prior to the small scale tests, two extraction wells were installed at the border of the factory site to prevent more pollution arriving off-site (in the plume). Secondly, three extraction wells are placed at the border of the plume to prevent further migration of the plume and to speed up the spreading of the bacteria. Both groups of wells were connected to a groundwater treatment unit. The treated groundwater is discharged in an infiltration canal in the forest to minimize the drying effect of the extraction and to spare the municipal sewer system.

Voor de small scale testen zijn twee onttrekkingsputten geplaatst op de grens van het fabrieksterrein om te vermijden dat er meer verontreiniging in de pluim zou terecht komen. Daarnaast zijn drie onttrekkingsfilters geïnstalleerd op de grens van de pluim om verdere verspreiding tegen te gaan en om de verspreiding van bacteriën te versnellen. Alle onttrekkingsfilters zijn verbonden met een grondwaterzuiveringsinstallatie. Het gezuiverde grondwater werd geloosd in een infiltratiekanaal in het bos om de verdroging van het bos tegen te gaan en het openbaar rioolstelsel niet over te belasten.



(III) Development of a microbial transfer methodology: Site materials from within the small scale test area were used to perform column tests. These tests provided information on the degradation rates and bacteria migration rates. The bacterial populations from the small scale area need to be transferred to the full scale area. This is difficult because this must be done under strictly anaerobic conditions (DHC are killed by oxygen). **A mobile system is developed, tested and used to transfer bacterial populations.**

(IV) Full scale implementation and demonstration: For the full scale sixty injection wells and ten monitoring wells were installed. All of the injection wells were/are periodically injected with glycerine. The injection wells are inoculated with the bacterial population by transporting this population from the small scale area to the full scale making use of the developed mobile system. By the end of the project one side of the full scale was completely inoculated. **In this part the remediation standards are reached in the downgradient monitoring wells.** The remediation will be continued until the remediation standards are achieved in the whole plume area.

(III) Ontwikkelen van een transfersysteem: Bodemmateriaal van de small scale testzones werd gebruikt om kolomtesten uit te voeren. Deze testen leverden informatie over de afbraak- en verspreidingssnelheid van de bacteriën. Om de full scale uit te voeren moesten de bacteriële populaties van de small scale zone naar de full scale worden getransfereerd. Dit dient te gebeuren onder anaërobe omstandigheden want zuurstof is dodelijk voor DHC. Er werd een mobiel systeem ontwikkeld, getest en gebruikt om de transfers uit te voeren.

(IV) Uitvoering en demonstratie van de Full scale: In het kader van de full scale zijn er 60 injectiefilters en 10 monitoringsfilters geplaatst. Op regelmatige basis werden/worden de injectiefilters geïnjecteerd met glycerine. De injectiefilters zijn ook geïnoculeerd met bacteriën door middel van het ontwikkelde transfersysteem. Op het einde van het project was één zone van de full scale volledig geïnoculeerd met bacteriën. **In dit deel zijn de terugsaneerwaarden bereikt in de stroomafwaartse monitoringsfilters.** De saneringswerken worden verder gezet tot de saneringsdoelstelling is bereikt in de hele pluim.



(V) Evaluation of the technique: On a technical level, the project demonstrated that the technique of bio-augmentation was capable of **establishing a healthy culture that can degrade CAH to the harmless end product ethylene and reach the remediation values**. Compared with a traditional technique a **cost reduction of 23% to 40%** should be possible. The largest gain was at the level of CO₂ reduction. Specific for this site, it was calculated that **89% less CO₂** would be produced compared to a traditional pump & treat system. On a level of time efficiency, we must conclude that the technique for very large plume only is feasible combined with an extraction of groundwater to speed up the spreading of the bacteria.

(VI) Knowledge transfer: Knowledge was disseminated by developing a website (<http://www.bioaugmentatie.be>). Presentations were given at international workshops as Batelle (2012, US) and Aquaconsoil (2015, Denmark), the two largest in the world concerning remediation, congresses and symposia (2013, Belgium).

(V) Evaluatie van de techniek: Op technisch vlak is er aangetoond dat de techniek bio-augmentatie toepasbaar is. **Er werd een gezonde cultuur gevestigd die VOCI kan afbreken tot het onschadelijke eindproduct etheen**. Wanneer de techniek wordt vergeleken met een traditionele techniek moet een **kostenreductie van 23 à 40%** mogelijk zijn. De grootste winst zit echter in de vermindering van de CO₂-productie. Specifiek voor deze site is er berekend dat er **89% minder uitstoot** is via bio-augmentatie vergeleken met een traditionele pump & treat behandeling. Betreffende de tijdsduur moeten we besluiten dat de techniek voor zeer grote pluimen enkel mogelijk is in combinatie met een grondwateronttrekking om de bacteriën snel genoeg te verspreiden.

(VI) Kennisverspreiding: De verworven inzichten zijn ter beschikking gesteld op een website (<http://www.bioaugmentatie.be>). Er zijn tevens presentaties gegeven op internationale congressen zoals Batelle (2012, VS) en Aquaconsoil (2015, Denemarken), de twee grootste van de wereld op het gebied van saneringen en symposia (2013, Leuven)



Project Partners



This project was prepared under a LIFE project in Belgium (LIFE07ENV/B/000022) financed by the European Community's financial instrument for environment LIFE.

Dit rapport werd opgemaakt in het kader van een LIFE project in België (LIFE07ENV/B/000022) gefinancierd door financiële middelen van de Europese Gemeenschap voor LIFE milieu.