

Kostenefficiënt en doelgericht bodemonderzoek en -sanering: focus op VOCI's



A. Habtie, K. Van Nieuwenhove en K. Meskens
Soresma n.v., Britselei 23, 2000 Antwerpen
Adu.habtie@soresma.be

1. Inleiding

Verontreiniging door gechloreerde solventen in de grond en het grondwater komt de laatste jaren steeds vaker voor in de geïndustrialiseerde gebieden over de hele wereld. Ze worden gebruikt in veel industriële processen en dit op grote schaal en op regelmatige basis. Ook in Vlaanderen zijn op een groot aantal locaties gechloreerde solventen in de bodem terechtgekomen.

De bodem- en grondwaterverontreiniging die hierdoor ontstaan is, is jammer genoeg geëvolueerd tot een zeer belangrijk milieuprobleem. Dit omwille van hun toxiciteit en hun verspreidingsgedrag.

Gechloreerde solventen worden meestal als "VOCI's"¹ aangeduid. De bekendste VOCI's zijn "PER" (per- of tetrachlooretheen), "TRI" (trichlooretheen) en 1,1,1-trichloorethaan (1,1,1-TCA) en hun afbraak producten cis-1,2-dichlooretheen, vinylchloride en 1,1-dichloorethaan. Deze stoffen worden op grote schaal gebruikt in o.a. chemische wasserijen, de metaalindustrie en drukkerijen. VOCI's hebben een hogere soortelijke massa en een lagere viscositeit dan water. Ze zijn zeer vluchtig en hebben een geringe tot zeer geringe wateroplosbaarheid (hydrofoob). Ten gevolge van deze fysische en chemische eigenschappen kunnen VOCI's als een aparte vloeistoffase (puur product of DNAPL²) tot zeer diep onder de grondwatertafel doordringen en kunnen ze een zogenaamde zinklaag (soms zaklaag of vrij product van VOCI's genoemd) vormen bovenop minder doorlaatbare geologische lagen.

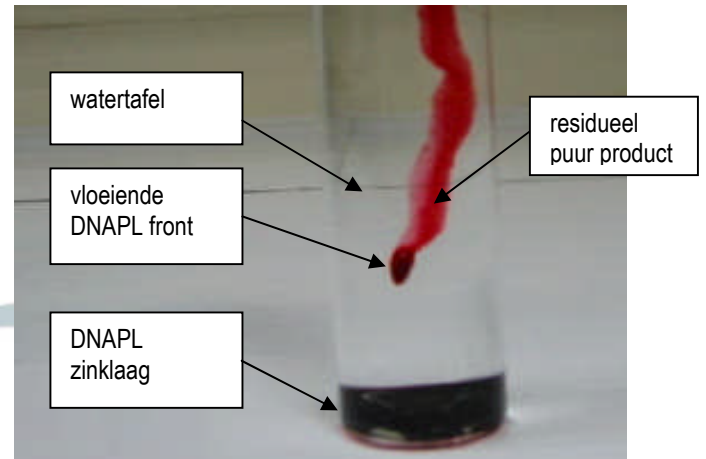


Foto 1: VOCI's als puur product in water (Habtie et al., 2003)

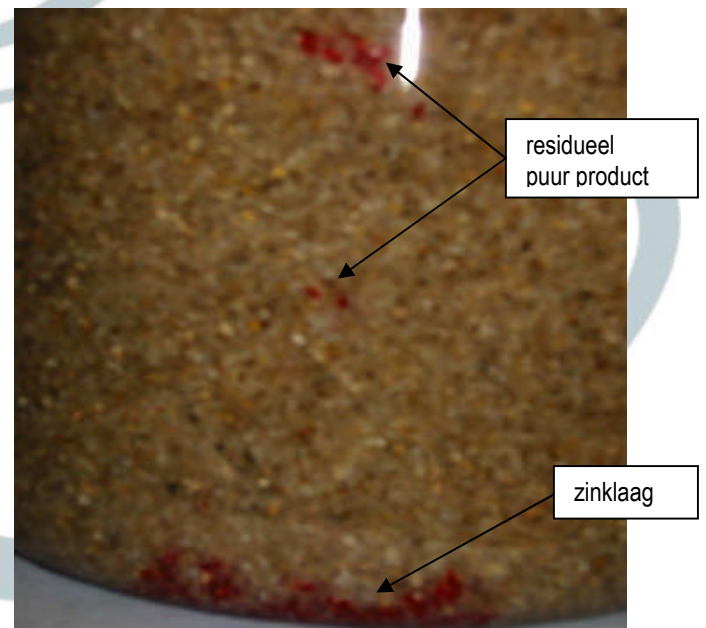
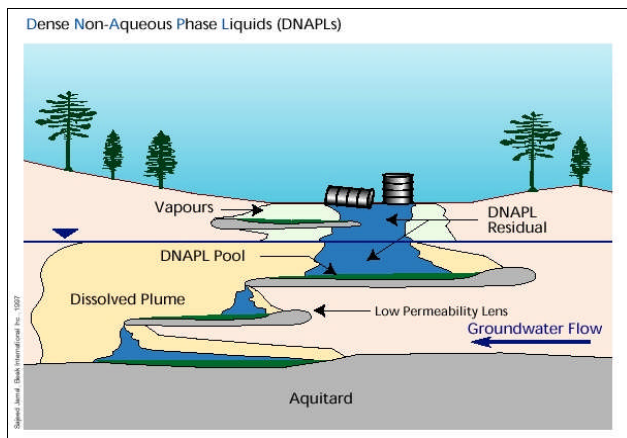


Foto 2: Residueel puur product en zinklaag in de verzadigde zandlaag (Habtie et al., 2003)

¹ VOCI's: Vluchtige gechloreerde solventen (=Volatile Organic Chlorinated compounds)

² DNAPL's: Dense NonAqueous-Phase Liquid

Ook langs het verspreidingspad kan puur product achterblijven. Dit puur product wordt dan residueel puur product genoemd. In figuur 1 wordt dit visueel weergegeven. Eens het puur product in de grondwaterzone aanwezig is, zijn de oplosbaarheden enerzijds voldoende hoog (relatief) om een groot volume grondwater te verontreinigen en anderzijds ook voldoende laag om te resulteren in een continue bron van verontreiniging.



Figuur 1. Invloed van de heterogeniteit van de bodem op de migratie van VOCl zowel in opgeloste fase als puur product (DNAPL) (RTDF, 1996)

Puur product (zowel residueel product als een zinklaag), is zeer moeilijk terug te vinden en vertoont vaak een zeer grillige verspreidingspatroon. Puur product resulteert in een lange nalevering naar het grondwater, waardoor de meeste saneringen van VOCl-verontreiniging door middel van de klassieke saneringstechnieken zoals bodemluchtextractie en grondwateronttrekking ('pump and treat') niet alleen leiden tot een langdurige proces, maar ook ineffectief en/of kostenintensief zijn. Om een kosteneffectieve en doelgerichte sanering uit te voeren, is informatie over de aanwezigheid van puur product dan ook uitermate belangrijk. Ook al is het soms moeilijk om dergelijke puur product zones op te sporen. Een combinatie van alternatieve en klassieke bodemonderzoeksmethoden, voldoende begrip van de chemische en fysische eigenschappen van de VOCl's en de hydrogeologische karakteristieken van de ondergrond bieden hiervoor de beste oplossing.

Het doel van dit artikel is dan ook een beter inzicht te verschaffen in de belangrijke chemische en fysische eigenschappen van VOCl's waardoor een kosteneffectieve en resultaatgerichte onderzoeks- en saneringsaanpak gerealiseerd kan worden.

2. chemische en fysische eigenschappen van VOCl's: invloed op verspreidingsgedrag

Eigenschappen van VOCl's zoals de uiteenlopende vluchtigheid, de hogere dichtheid dan water, de lage viscositeit, de lage absolute oplosbaarheid (niet mengbaar met water), de hoge relatieve oplosbaarheid (in vergelijking tot de bodemsaneringnormen), de lage partitie aan bodemmaterialen (Koc), de niet-bevochtigende³ eigenschappen en de lage biologische afbreekbaarheid hebben ertoe geleid dat de karakterisatie van met VOCl-verontreinigde sites in de verzadigde zone heel complex is. Het inzicht in deze eigenschappen, samen met de kennis van de hydrogeologische parameters die invloed hebben op de oplossings- en verspreidingsprocessen zijn fundamenteel in de uitvoering van kosteneffectief bodemonderzoek. Hetzelfde geldt voor het ontwerp van een specifieke saneringsaanpak. Het herhaaldelijk falen van een correct uitgevoerde sitekarakterisatie en de gekozen saneringsmethoden is immers meestal te wijten aan onvoldoende begrip van de bovenvermelde eigenschappen en processen. Voor een uitgebreid overzicht van de eigenschappen, gedrag en transport van o.m. gechloreerde solventen in bodems, wordt verwezen naar het specifieke rapport van VITO (Habtie e.a., 2002).

3. Effecten van ondergrondse heterogeniteit op verspreiding van VOCl's

Algemeen wordt aangenomen dat de migratie en insluiting van VOCl's in watervoerende lagen in belangrijke mate gecontroleerd wordt door fysische bodemheterogeniteiten. Dit is gebaseerd op het feit dat doorlaatbaarheid en capillaire eigenschappen bepaald worden door de bodemtextuur. Capillariteit en relatieve doorlaatbaarheid zijn echter ook afhankelijk van de bevochtigbaarheidskarakteristieken van het poreus medium.

In onverzadigde media kunnen relatief minder doorlaatbare media VOCl's absorberen. Onder invloed van capillaire krachten zuigen deze lagen VOCl's op en veroorzaken een laterale spreiding ervan in deze lagen. In tegenstelling tot de onverzadigde zone, neigen VOCl's die in de verzadigde zone migreren, er toe zich te verspreiden of een zinklaag te vormen bovenop de minder doorlaatbare media en dus niet erin.

³ Bevochtigbaarheid beschrijft de neiging van een vloeistof om zich te verspreiden over een vast oppervlak in de aanwezigheid van een andere, niet-mengbare vloeistof (bv. water en puur product van VOCl's).

In de onverzadigde zone worden VOCI's dus eerder aangetroffen in de relatief fijne textuur media, terwijl in de verzadigde zone, VOCI's eerder zullen gevonden worden in relatief grovere textuur media dichtbij het grensvlak met fijne textuur media. Bijgevolg beïnvloedt de gelaagdheid van de ondergrond (ook microgelaagdheid) de uiteindelijke verspreiding van VOCI's in de ondergrond.

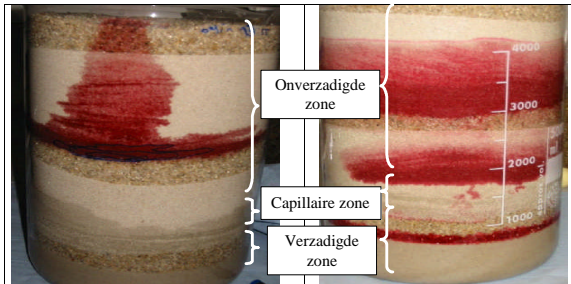


Foto 3: invloed heterogeniteit op VOCI verspreiding, gedrag van DNAPL's in een heterogeen medium op tijd 1 (links) en tijd 2 (rechts) (Habtie et al. 2003)

Het puur product in de verzadigde zone zal zich zowel horizontaal als verticaal verspreiden in functie van de doorlaatbaarheid, de oriëntatie en de graad van verbondenheid. Verdere verticale migratie wordt slechts verhinderd indien het puur product wordt tegengehouden door een slecht- of zeer slecht doorlatende laag zoals een leem- of kleilaag.

Effecten veroorzaakt door heterogeniteit, bodemsamenstelling en de aanwezigheid van organische stof in de bodem moeten samen met de fysische en chemische eigenschappen van VOCL's bij de interpretatie van veld- en analysegegevens worden meegenomen. Dit leidt tot de juiste voorspelling van de verspreiding van de VOCI-verontreiniging zodat een doelgerichte en kosteneffectieve sanering kan uitgevoerd worden.

4. Dynamisch en doelgericht bodemonderzoek voor een kosteneffectieve en resultaatgerichte saneringsmethode

Uit ervaring is gebleken dat zowel bij de uitvoering van bodemonderzoek als bij de sanering van de watervoerende laag, voornamelijk de aanwezigheid van VOCI puur product een immens probleem vormt. Gedetailleerde informatie verzamelen tijdens het onderzoek is bijgevolg een eerste stap tot een resultaatgerichte sanering. De keuze voor een saneringsmethode (er wordt vaak geopteerd voor een verschillende kern- en pluim aanpak) is hierop gebaseerd. Het uitvoeren van een bodemonderzoek dat enkel als doel heeft de verontreiniging met VOCI's in het grondwater af te

perken biedt te weinig basis om een juiste saneringsmethode te selecteren en leidt tot onnodig hoge saneringskosten. De aanwezigheid van puur product in de kern, de potentiële mogelijkheden voor biologische afbraak en een gedetailleerde kennis van de hydrogeologische gegevens als ook de fysische en chemische eigenschappen van de vastgestelde VOCI's moeten de uiteindelijke keuze van de saneringsmethode bepalen.

Indien vanaf het begin van het onderzoek systematisch, doel- en saneringsgericht onderzoek wordt uitgevoerd, kan in onderzoeksfase reeds een aanzienlijke kostenbesparing gerealiseerd worden, maar belangrijk is dat de meest geschikte saneringsmethode geselecteerd wordt. Hierdoor zal pas echt aan kosten bespaard worden. Een combinatie van klassieke (peilbuizen en grondwaterbemonstering) en alternatieve onderzoekstechnieken (o.a. PID⁴ metingen in de bodemlucht, MIP⁵ sonderingen en de toepassing van Sudan Red of Red Oil) komen in aanmerking voor deze dynamische en doelgerichte bemonstering.



Foto 4: Ongeroerde grondmonsters genomen met Liners ten behoeve van de Red Oil test.

Informatie over de aanwezigheid van een puur product is essentieel om een kosteneffectieve en doelgerichte saneringsmethode te bepalen. Hoewel het soms uitermate moeilijk is om dergelijke kernzones (puur product zones) op te sporen, kan men door combinatie van bovenvermelde onderzoeksmethoden trachten een beeld te vormen van de kernzone. In de meeste gevallen wordt

⁴ PID: Photo-Ionisatie Detector (geeft een globale indicatie van de concentratie aan vluchtige organische verbindingen in de bodemlucht)

⁵ MIP: Membrane Interfase Probe (laat toe om een semi-kwantitatief concentratieprofiel van vluchtige organische koolwaterstoffen in functie van diepte op te stellen).

echter te weinig aandacht besteed aan de studie van de omvang van de kernzone. Er wordt namelijk in hoofdzaak grondwateronderzoek uitgevoerd, en te weinig grondonderzoek in de kernzone. Dit kan bijgevolg leiden tot de keuze van een verkeerde saneringsmethode en bijgevolg uitzichtloze saneringskosten.



Foto 5: Toetsing op de aanwezigheid van puur product (= optreden van rode verkleuring)

Op basis van de verzamelde gegevens kan men de sanering in deelproblemen opsplitsen om tot een geschikte saneringstechniek te komen. Zodoende komt men tot een verschillende aanpak voor de kern (puur product zone) en voor de pluim (opgeloste VOCl zone).

Methoden die in eerste instantie in aanmerking lijken te komen voor een kernaanpak zijn een ontgraving (bij ondiepe verticale verspreiding), bodemluchtexttractie in combinatie met persluchtinjectie, tweefasenextractie maar ook meer innovatieve saneringstechnieken (bv. chemische oxidatie, "co-solvent flushing" of "Surfactant Enhanced Aquifer Remediation", de verschillende "Thermally Enhanced Recovery"-methodes, gestimuleerde biologische afbraak (inbrengen van een koolstofbron zoals Nutrolase, Hydrogen Release Compounds of melasse) etc..) of een combinatie van bovenstaande mogelijkheden. Ook de pluim (zowel horizontaal als verticaal) kan op verschillende manieren worden aangepakt: door pump-and-treat, natuurlijke attenuatie, gestimuleerde biologische afbraak, aanleggen van barriers (hydrologische of biologische isolatie) of zelfs de aanleg van een "funnel and gate" met reactief nul-waardig ijzer in de "gate". Enkel een pluimaanpak waarbij de kernen niet verder aangepakt worden, zijn in principe eeuwigdurend en dus zeer kostbaar. Het gebruik van gestimuleerde biologische afbraak door het inbrengen van een koolstofbron (bvb. melasse) in het grondwater, komt in aanmerking voor zowel de aanpak van de pluim als in de omgeving van de kern.

De keuze uit deze technieken is grotendeels afhankelijk van de bovenvermelde fysische en chemische eigenschappen van de VOCl-verontreiniging, de aanwezigheid van een puur product (residueel product en/of zinklaag), de hydrogeologische en chemische karakteristieken van de ondergrond en uiteraard de specifieke randvoorwaarden voor de locatie. Deze gegevens kunnen best tijdens het beschrijvend bodemonderzoek reeds verzameld worden en deze met behulp van klassiek en alternatieve onderzoeksmethoden.

5. Besluit

Zowel naar karakterisatie als naar sanering van de watervoerende laag vormt voornamelijk de aanwezigheid van VOCl puur product een immens probleem. Het falen van de vele saneringen is vaak te wijten aan een onvoldoende begrip van de chemische en fysische eigenschappen van de VOCl's, de hydrogeologische karakteristieken van de ondergrond en het gedrag van puur product in de verzadigde zone. Onvoldoende begrip of informatie over deze parameters leidt vaak tot kostenintensief en niet doelgericht bodemonderzoek en -sanering.

Hoewel het soms uitermate moeilijk is om dergelijke kernzones (puur product zones) op te sporen, kan men door combinatie van alternatieve en klassieke bodemonderzoekmethoden trachten een beeld te vormen van de kernzone. Het falen of succes van een saneringstechniek is grotendeels afhankelijk van het juist anticiperen op de aan- of afwezigheid van puur product. Om een kosteneffectieve en doelgerichte sanering te selecteren, is informatie hierover dan ook uitermate belangrijk.

6. Referentie

- Habtie A, J. Bronders, I. Van Keer, 2002. Eigenschappen, gedrag en transport van NAPL's in grondwater: Inventarisatie en karakterisatie. VITO rapport: 2002/IMS/R/020, VITO, België.
- Habtie A, J. Bronders, I. Van Keer, D. Wilczek, 2003a. Eigenschappen, gedrag en transport van NAPL's in grondwater: Fase 2a: Experimentele bepaling van het gedrag van DNAPL's (zinklaag en residueel product) in de verzadigde zone. VITO rapport: 2003/IMS/R/045, VITO, België.
- RTDF, 1996. Guidance Handbook on natural attenuation of chlorinated solvents. Draft guidance handbook, U.S. EPA. (http://www.epa.gov/tio/download/rtdf/bioremed/ver2a_gu.pdf)