



## LAYMEN'S REPORT - VOPAK-EXPERO3 - LIFE09 ENV/BE/000407

### Bodemsanering ISCO met perozone in een explosiegevoelige bedrijfsomgeving

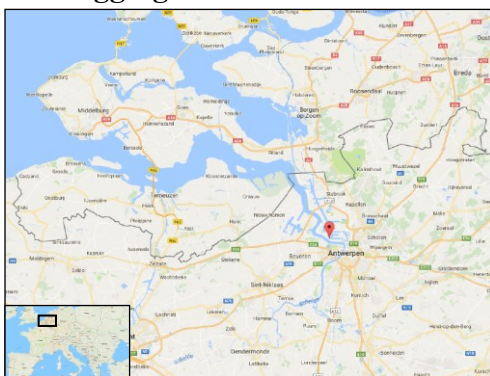
Project website: [www.vopak-expero3.be](http://www.vopak-expero3.be)

Contacten: [wendy.hendrickx@vopak.com](mailto:wendy.hendrickx@vopak.com); [dvanlook@rskgroup.be](mailto:dvanlook@rskgroup.be)

Op het terrein van VOPAK Terminal ACS, in de haven van Antwerpen, is een complexe bodemsanering in uitvoering.

VOPAK Terminal ACS is gespecialiseerd in de op- en overslag van vloeibare chemicaliën. De activiteiten op het terrein startten rond 1970. Was er in het verleden nog nauwelijks sprake van bodembeschermende maatregelen, in de jaren '90 drong het bewustzijn rond de verontreinigingsproblematiek in heel Vlaanderen door. Veel sites in Antwerpen kampen vandaag de dag met historische bodemverontreiniging. Na diverse onderzoeken vanaf midden jaren '90 werd een complexe bodem- en grondwaterverontreiniging in kaart gebracht voor de site van VOPAK Terminal ACS. In 2012 is met innovatieve technieken gestart met een sanering die tot goede resultaten leidt.

**Figuur: Ligging van de VOPAK terminal**



#### Steun van de Europese Commissie

De verontreiniging op het terrein bestaat uit een mengsel van oliën, aromaten en gechloreerde stoffen in het grondwater. Bij het ontwerp van het saneringsplan bleek al snel dat er verschillende technieken opeenvolgend nodig zouden zijn. Hierbij liet VOPAK zich adviseren door experts op dit gebied. Gekozen werd voor de zogenoemde in-situ chemische oxidatie (ISCO). Deze techniek is gebaseerd op de injectie van producten in het grondwater om de verontreiniging middels een chemische reactie af te breken. Als injectieproduct kwam Perozone in beeld; een mengsel van vloeibaar waterstofperoxide en ozon.

Het gebruik van dit reactief mengsel op een operationele chemische industriële site, waar licht ontvlambare producten worden opgeslagen, is niet alleen heel innovatief, maar gaat vanzelfsprekend gepaard met tal van veiligheidsmaatregelen en begeleiding van diverse externe deskundigen. Het directoraat-generaal Milieu van de Europese Commissie was bereid dit uitdagende project financieel via haar LIFE+ programma te ondersteunen. Het project VOPAK-EXPERO3 was geboren en ging in september 2010 van start. Partners voor dit project zijn Badeco (veiligheidscoördinator) en RSK Benelux bvba (bodemsaneringsdeskundige). RSK Benelux bvba is deel van RSK Group, dat actief is in milieu- en ingenieursdiensten in Europa, het Midden-Oosten en Afrika. De werken worden uitgevoerd door Verhoeve Milieu & Water, een saneringsaannemer gespecialiseerd in deze gepatenteerde saneringstechniek<sup>1</sup>.

### **Doelstellingen van het LIFE+ project**

De bedoeling van dit LIFE+ project is de toepasbaarheid van deze innovatieve saneringstechniek in een explosiegevoelige zone (EX-gevoelig) van de VOPAK terminal aan te tonen. Deze saneringstechniek is in deze omstandigheden tot op heden niet toegepast.

Het project heeft volgende hoofddoelstellingen:

- De toepasbaarheid van ISCO met perozone aantonen voor een grootschalige bodemsanering waar een cocktail aan organisch stoffen in zeer hoge concentraties aanwezig zijn;
- Het op punt stellen van een uitgebreid veiligheid- en gezondheidsplan waarin de nodige veiligheidsmaatregelen voor de explosiegevoelige zone worden beschreven;
- Het op punt stellen van werkprocedures voor de toepassing van de saneringstechniek;
- Aantonen dat de saneringstechniek in vergelijking met traditionele saneringstechnieken duurzaam (lage CO<sub>2</sub> emissies, kosten- en energie-efficiënte saneringstechniek) is;
- De levensvaarbaarheid, de economische en ecologische haalbaarheid van deze saneringstechniek aantonen;
- De in het project verzamelde kennis verspreiden naar doelgroepen en belanghebbenden.

### **Start van de grootschalige bodemsaneringswerken**

De bodemsaneringswerken zijn in de periode van 2012 – 2017 uitgevoerd. Ze startten met een ontgraving van een bronzone in november 2012 ter hoogte van de centrale weg van de chemische opslagplaats. 460 ton sterk verontreinigde grond werd afgevoerd en thermisch gereinigd. Vervolgens werd gewerkt aan de installatie van het injectiesysteem voor ISCO met perozone. Naast 61 speciale injectiefilters werden nog 38 verticale onttrekkingsfilters voor verontreinigd grondwater en bodemlucht voorzien en werden meer dan 500 m ondiepe onttrekkingsdrains aangebracht. Hierdoor kan op twee verschillende manieren de bodemverontreiniging worden verwijderd.

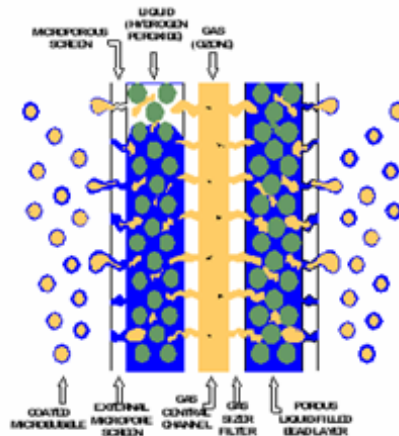
**Figuur: de ontgraving**



## Innovatieve injectie van perozone™ in combinatie met bodemluchtonttrekking

Voor de injectie van perozone dient ozon gas en vloeibaar waterstofperoxide aanwezig te zijn. Ozon gas kan met behulp van een ozon generator goedkoop uit de lucht gewonnen worden. Waterstofperoxide moet echter worden aangevoerd. De menging van het gas en de vloeistof injectie gebeurt juist voor de injectie in de bodem met behulp van daarvoor speciaal ontworpen injectiefilters. Het ozon gas wordt via micro poriën van de filter naar buiten gedrukt. Op deze wijze worden microbubbels in de bodem gevormd die al dan niet met waterstofperoxide omgeven zijn, zoals op onderstaande figuur weergegeven.

**Figuur: Vorming van microbubbels van ozon omgeven met waterstofperoxide**



Het ozon gas is zeer reactief en degradeert niet selectief alle organische materiaal zoals verontreiniging en natuurlijke organische stoffen in de bodem. De verontreinigingen breken af tot onschadelijke producten zoals CO<sub>2</sub> en water. We kunnen er van uitgaan dat ca 0.5 tot 1.5 kg ozon maximaal 1 kg verontreiniging kan afbreken. De hoeveelheid afgebroken verontreiniging staat in direct verband met de hoeveelheid geïnjecteerde ozon. Waterstofperoxide maakt de aan de bodem gehechte verontreinigingen los van de bodem zodat ze beter met ozon gas kunnen behandeld worden.

In een eerste fase ter hoogte de voormalige vaten opslag verliep deze sanering voorspoedig (periode tot november 2013). In een tweede fase ter hoogte van de centrale toegangsweg werd wel ozon en vluchtige koolwaterstoffen boven het grondwater en in betonsleuven en in de riolering gemeten. Er werd besloten het systeem fijner af te stemmen afhankelijk van de te behandelen zone. Testen voor de bepaling van de optimale injectiedebieten van perozone werden uitgevoerd. Sinds de toepassing van deze debieten (0.5 gram ozon per uur en 4 m<sup>3</sup>/uur) vanaf juni 2014 werd nauwelijks nog ozon en/of te hoge gehalten aan verontreinigingen boven het grondwater vastgesteld. Dit werd gecontroleerd aan de hand van een intensief opvolgingsprogramma door VOPAK, de erkende bodemsaneringsdeskundige RSK als de aannemer Verhoeve.

Een gasmengsel van ozon en vluchtige koolwaterstoffen is explosief en moet te allen tijde vermeden worden. *Daarom dient de toepassing van de injectie van perozone steeds met een bodemlucht onttrekking gecombineerd te worden. Hierdoor kunnen geen explosieve mengsels ophopen in de ondergrond of naar de atmosfeer verspreiden.* Om dezelfde reden werd in de eerste helft van 2014 ook de beton van een deel van de centrale weg vernieuwd zodat de bodemlucht onttrekking efficiënter kan verlopen en geen emissies meer plaatsvinden.

### **Saneren in een explosiegevoelige omgeving**

Dit LIFE+ project heeft aangetoond dat de ISCO met perozone in explosiegevoelige zones van de VOPAK terminal kan worden uitgevoerd. De veiligheidsparameters werden intensief opgevolgd, want meten is weten. 171 controles zijn uitgevoerd. Bij de overschrijding van actiewaarden werd onmiddellijk ingegrepen. Gelukkig was dit zelden nodig eenmaal het injectieregime van perozone vast lag. Dit optimale injectieregime zorgde er voor dat al het perozone in het grondwater wordt benut. De bodemluchtonttrekking is een essentieel onderdeel van de perozone injectie waardoor de veiligheidsrisico's beheerst worden.

**Figuur: de explosiegevoelige omgeving**



### **De saneringsresultaten**

In de kern van de verontreiniging, ook wel bronzone genoemd, is puur product in de poriën van de bodem aanwezig. Een groot deel van de verontreiniging absorbeert aan de bodem of lost op in het grondwater. Oliën vormen het grootste deel van de verontreiniging. Omwille van het niet selectieve karakter van de afbraak door perozone® worden vooral de oliën afgebroken. In tegenstelling tot chloorsolventen zijn grondwater concentraties van deze oliën in de loop van het project gedaald, die van chloorsolventen blijven nagenoeg onveranderd. Na 3 jaar perozone® injectie blijft nog een belangrijke hoeveelheid restverontreiniging aanwezig. We verwachten omwille van de beperkt perozone® injectie dat de afbraak nog lang zal duren. Hierdoor wordt de economische haalbaarheid van deze saneringsstrategie in de bronzone twijfelachtig.

Verontreinigingen in de pluimzone zijn vanuit de kern van verontreiniging verspreid. Uit de schattingen van de restverontreiniging en uit de praktijkervaring in dit LIFE project blijkt dat de saneringsduur beperkt blijft tot enkele maanden of jaren. De sanering van de pluimzone door ISCO met perozone® is zowel technisch als economisch geschikt.

### **Kennisverspreiding**

Tijdens het LIFE project werd deelgenomen aan twee internationale conferenties om de verzamelde kennis van ISCO met perozone® te verspreiden. Stakeholders werden regelmatig via nieuwsbrieven, voortgangsrapporten voor de OVAM of via publicaties in jaarverslagen op de hoogte gebracht. Via de project website worden technische project documenten (finaal gezondheidsplan, procedures), conferentie presentaties en poster, haalbaarheidsstudies ter beschikking gesteld. Deze website zal de komende jaren met de nieuwe projectresultaten aangevuld worden.

**Figuur: kennisverspreiding**



### **Algemeen besluit**

ISCO met perozone® kan veilig worden uitgevoerd in explosiegevoelige zone van het bedrijfsterrein op voorwaarde dat een bodemluchtonttrekking wordt voorzien en de veiligheidsparameters in de verschillende milieucompartimenten intensief worden gecontroleerd.

ISCO met perozone® is echter niet geschikt voor verontreinigde zones met een cocktail aan verontreinigingen met hoge concentraties in de bronzones zoals op het bedrijfsterrein van VOPAK. Omwille van het niet selectieve karakter van de afbraak van de verontreiniging zal de verontreiniging met het grootste aandeel (oliën) proportioneel met ozon injectie worden afgebroken. Bodemsanering in deze zones zou moeten beginnen met andere saneringstechnieken zoals multi-phase extractie. In tegenstelling tot andere saneringstechnieken produceert ISCO met perozone® nauwelijks afval en emitteert geen verontreiniging naar andere milieucompartimenten. Omwille van een lage jaarlijkse saneringskost is deze saneringstechniek onder bepaalde voorwaarden (vooral beperkte saneringsduur) toepasbaar. De geschiktheid van de sanering door ISCO met perozone® werd in de pluimzone van de verontreiniging gedemonstreerd.