

## ELS® Microemulsione per il Trattamento in Falda di una Sorgente di Contaminazione da PCE presso un Sito Industriale Manifatturiero in Italia

### Inquadramento del Sito

Sito: Complesso industriale manifatturiero in disuso, Italia

Consulente principale: Centro Assistenza Ecologica S.r.l (Ancona, Italia)

Ditta esecutrice: S.G.M. Geologia E Ambiente S.r.l (Ferrara, Italia)

Il sito è rappresentato da un complesso industriale manifatturiero in disuso in cui più di 2000 m<sup>2</sup> di acquifero superficiale risultavano fortemente impattati da PCE a causa di un storico rilascio di solventi clorurati. Una volta rimossi e smaltiti i terreni dell'area sorgente, l'acquifero presentava ancora delle concentrazioni di PCE superiori a 5500 ppb sia nella zona sorgente che nel pennacchio a valle. Nel 2016, la società di consulenza ha selezionato ed applicato la tecnologia ELS® Microemulsion con lo scopo di i) ridurre la massa di PCE ed i rispettivi cataboliti presenti nella zona sorgente satura, ii) ridurre la massa di PCE presente nelle zone del pennacchio di contaminazione, e iii) trattare ogni possibile CVOCs residuale potenzialmente in uscita al di sotto dei confini del complesso industriale. Sono stati emulsionati ed iniettati in pressione circa 4900 kg di ELS® Concentrato, direttamente in falda attraverso 51 punti iniettivi fissi. Dopo 6 mesi dal termine della fase iniettiva, i monitoraggi hanno evidenziato valori di PCE e TCE al di sotto del limite di rilevabilità in tutti i piezometri di controllo presenti nell'area di trattamento. Il successivo monitoraggio del sito, nell'area di sorgente e lungo il pennacchio, mostrava una riduzione del 99.8% delle concentrazioni dei cataboliti DCE e CV, come di PCE e TCE.

### Sintesi dell'Intervento

L'acquifero superficiale presente al di sotto del complesso industriale risultava principalmente contaminato da PCE (max 5500 ppb) e TCE (max 1 ppb) ed erano presenti limitate evidenze di cataboliti anaerobici di degradazione (es. DCE e CV) con concentrazioni di 1,2-DCE al di sotto di 2 ppb. La distribuzione del pennacchio di PCE in falda è mostrata in Figura 1. L'acquifero superficiale contaminato è costituito da una sabbia fine tipicamente permeabile, la cui conducibilità idraulica misurata è risultata essere compresa fra 0,00085 e 0,001 cm/s, e presentava una velocità lineare di flusso di circa 20 m/anno. Infine, la superficie piezometrica si colloca a circa 10 m dal piano campagna, mentre l'acquiclude, rappresentato da uno strato di argilla compatta, si trova a circa 13 m dal p.c.

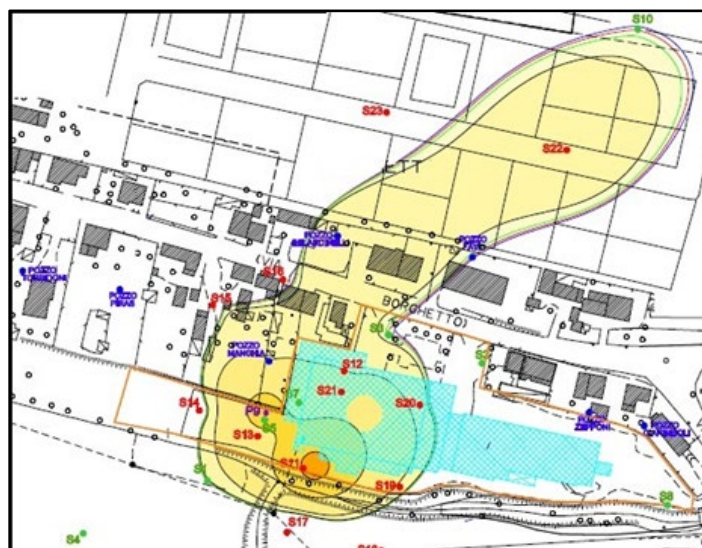


Figura 1. Area sorgente di PCE e pennacchio di contaminazione (µg/L) prima del trattamento con ELS® Microemulsion

## Iniezione di ELS® Microemulsione

ELS® Microemulsione è un substrato carbonioso ingegnerizzato a base di lecitina che risulta impiegato per potenziare il biorisanamento anaerobico di acquiferi contaminati da composti organo-clorurati. Infatti, attraverso la creazione di condizioni riducenti e fungendo da elettro-donatore per i batteri dechloranti, ELS favorisce le reazioni di dechlorurazione riduttiva potenziata (ERD). La microemulsione ELS è stata appositamente ingegnerizzata per una facile gestione in sito e per una rapida applicazione nel sottosuolo attraverso piezometri pre-esistenti, reti idrauliche di iniezione o attraverso la tecnologia Direct Push. Il reagente ELS risulta commercialmente disponibile sia come microemulsione al 25% di soluzione sia come concentrato al 100%. L'aggiunta di un substrato organico carbonioso, nella zona satura di un acquifero, risulta una tecnica ben conosciuta per favorire le reazioni enzimatiche riduttive convenzionali. Questo fenomeno accade dal momento che nel sottosuolo il carbonio tende a supportare la crescita di batteri autoctoni in falda: in questo modo, nutrendosi del substrato in soluzione, i batteri consumano l'ossigeno disciolto e gli altri elettro-accettori generando una riduzione del potenziale ossido-riduttivo dell'acquifero. Inoltre, fermentando la microemulsione ELS, i batteri liberano anche una varietà di acidi grassi volatili (VFAs), come l'acido lattico, propionico e butirrico, i quali tendono poi a diffondersi dalla zona di fermentazione al pennacchio di contaminazione, fungendo da elettro-donatori per altri batteri, compresi quelli dealogenatori.

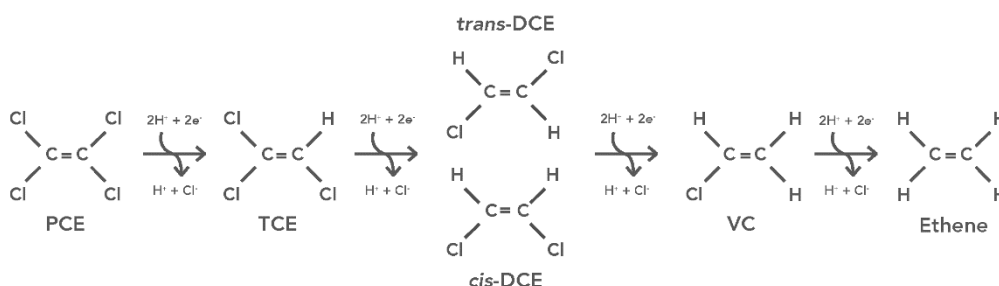


Figura 2. La reazione di biogenolisi/idrogenolisi per la riduzione di PCE.

La molecola della lecitina risulta composta prevalentemente da fosfolipidi, che presentano nella propria struttura molecolare una parte idrofila ed una idrofobica. Conseguentemente, il reagente ELS tende a creare un'emulsione stabile; inoltre, i fosfolipidi favoriscono ulteriormente il biorisanamento della falda attraverso il rilascio di nutrienti essenziali, come carbonio, azoto e fosforo, che favoriscono la crescita batterica. Un totale di circa 4900 kg di ELS Concentrato è stato emulsionato ed iniettato in pressione ( $\approx 7$  bar) in falda attraverso 51 piezometri iniettivi fissi (Figura 3). L'ELS Concentrato è stato diluito al 10% di emulsione ed è stato poi iniettato fra 10 metri e 13 metri da piano campagna attraverso piezometri appositamente dedicati (Figura 4). La fase applicativa è durata circa 5 giorni (Figura 5).

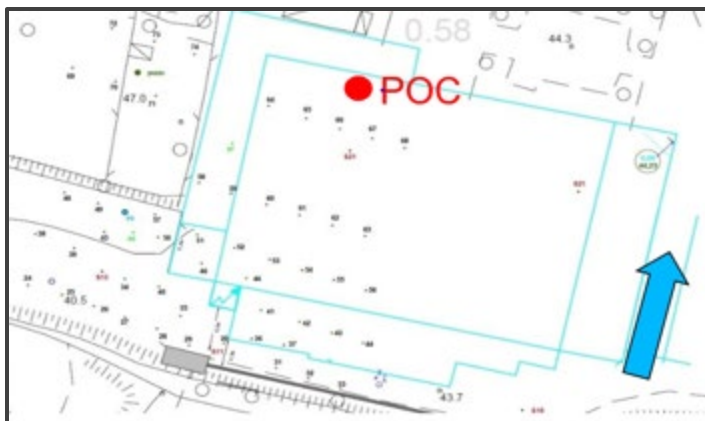


Figura 3. Griglia dei punti iniettivi e punto di conformità (POC) unitamente alla direzione di falda.



Allo stesso tempo, durante l'intero periodo di trattamento mediante ELS, a monte della zona iniettiva è stato mantenuto attivo un sistema di P&T, a basso regime di flusso, al fine di ritardare principalmente la diffusione verso valle dell'ammendante iniettato e, quindi, favorire il trattamento delle zone contaminate.

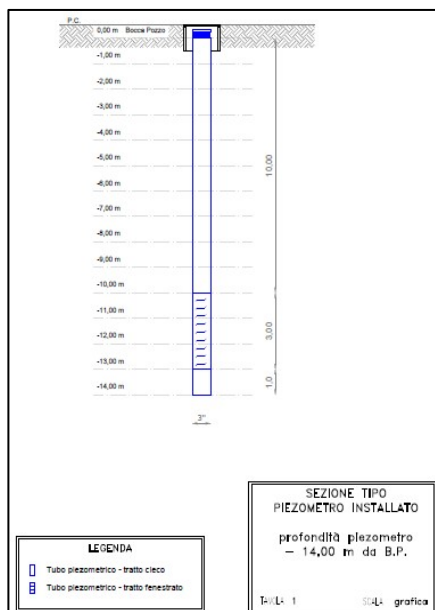


Figura 4. Sezione dei piezometri iniettivi installati



Figura 5. Strumentazione iniettiva

## Risultati

Dopo circa 12 mesi dal termine dell'iniezione di ELS Microemulsion, gli obiettivi di bonifica (CSC D.Lgs 152/06) sono stati raggiunti in tutti i piezometri di monitoraggio presenti nell'area di trattamento, ad eccezione di alcuni punti a valle in cui alcuni cataboliti di degradazione (VOCs) risultavano ancora poco al di sopra dei limiti ( $< 1$  ppb). La figura 6 evidenzia come le concentrazioni di PCE e TCE in falda siano diminuite fino a risultare al di sotto dei limiti di rilevabilità in tutti i piezometri di monitoraggio, mostrando, quindi, una riduzione pari al 99.8% in 12 mesi di trattamento. Anche i livelli di concentrazione dei cataboliti di degradazione, come DCE e CV, sono risultati al di sotto dei limiti di rilevabilità in tutti i punti di monitoraggio dell'area di trattamento, ad eccezione di alcuni piezometri a valle (Figura 7), confermando, quindi, l'instaurazione di processi di dechlorurazione riduttiva potenziata completi in tutto l'acquifero oggetto di trattamento. Inoltre, è stata osservata anche la completa dechlorurazione riduttiva per 1,2-dicloropropano in tutti i punti di monitoraggio.

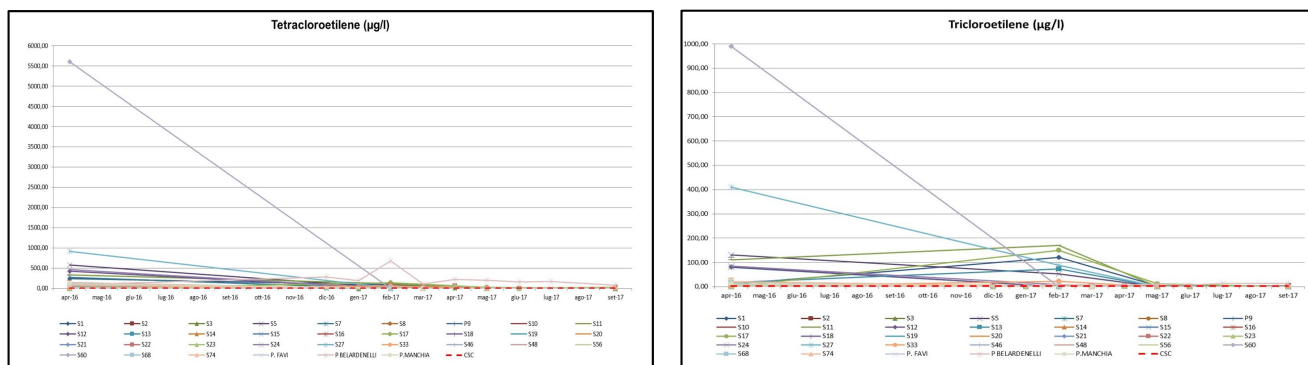


Figura 6. Andamento di monitoraggio per PCE e TCE nella zona di trattamento (µg/L)

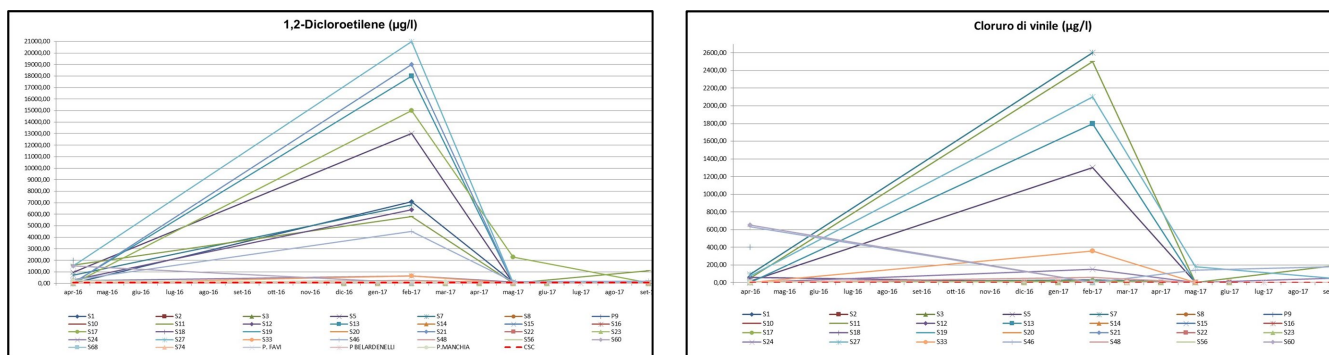


Figura 7. Andamento di monitoraggio per DCE e CV nella zona di trattamento (µg/L).

### Parametri indicatori di ELS®

Al fine di determinare se i piezometri di monitoraggio si trovassero realmente sotto l'influenza del reagente ELS®, si è proceduto a campionare anche i parametri dell'acquifero, inclusi Fe (II) e Mn. È stato osservato un significativo incremento delle concentrazioni di Fe (II) e Mn in soluzione in tutti i piezometri di monitoraggio presenti nella zona di trattamento, confermando la corretta distribuzione del reagente in falda e l'instaurazione di condizioni anaerobiche potenziate (Tabella I). Inoltre, il potenziale ossido riduttivo è diminuito nella zona di iniezione così come le concentrazioni dei solfati di circa un ordine di grandezza rispetto alle concentrazioni iniziali, confermando come si fossero instaurate condizioni solfato-riducenti nelle aree di iniezione.

	Mesi				
	0	3	6	9	12
Nitrati (mg/L)	39	49	38	18	9
Solfati (mg/L)	151	161	117	80	46
Ferro (II) (µg/L)	<77	108	3,562	6,175	5,364
Manganese (µg/L)	<55	<55	1,821	3,158	2,398
PH	6.50	6.66	6.56	6.24	6.39
ORP (mV)	203	49.24	12.8	-14.3	-56.7
OD (mg/L)	3.5	2.8	0.51	0.63	0.33

Tabella I. Valori medi, nel tempo, dei parametri indicativi del rendimento di ELS nei punti di monitoraggio dell'area trattata.



## **Riepilogo**

Nel 2016, la società di consulenza ha eseguito con successo in Italia un biorisanamento anaerobico potenziato di un acquifero contaminato da PCE mediante l'utilizzo di ELS® Microemulsione, un composto ingegnerizzato a lento rilascio di elettro-donatori in falda. Una volta terminata la fase iniettiva nella zona satura, in meno di 12 mesi è stato osservato, in tutti i piezometri di monitoraggio presenti nell'area di trattamento, un rapido decremento delle concentrazioni di PCE e TCE pari a circa il 99.98%, rispetto ai valori pre-trattamento; contemporaneamente, è stato rilevato un temporaneo incremento delle concentrazioni di cis-DCE e CV, che è stato seguito da una rapida degradazione degli stessi fino a valori al di sotto del limite di rilevabilità in tutti i piezometri. Non sono stati osservati nuovi incrementi delle concentrazioni di PCE e TCE, dimostrando l'avvenuto processo di dechlorurazione riduttiva. Inoltre, è stata osservata anche la completa degradazione del 1,2-dicloropropano in tutti i punti di monitoraggio collocati nella zona di trattamento mediante ELS. Considerando un tempo d'azione del reagente superiore a 3 anni, si prevede come ELS continui a trattare efficacemente l'eventuale contaminazione residua in falda.

## **Bibliografia**

- [1] Aulenta F., M. Majone M., and V. Tandoi. 2006. Enhanced Anaerobic Bioremediation of Chlorinated Solvents: Environmental Factors Influencing Microbial Activity and Their Relevance Under Field Conditions. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, Vol. 81:1463-1474.
- [2] Kerry Bolanos-Shaw and Alan G. Seech. 2013. Study results of emulsified lecithin-based substrates used as reductive treatment of chlorinated solvents in groundwater. *Pollution Engineering*, 2013-09-06

ELS® Microemulsion is a Trademark of PeroxyChem. © 2018 PeroxyChem. All rights reserved. Document 115-01-ESD-17-IT. The information contained herein is presented to the best of our knowledge, PeroxyChem makes no representations or warranties regarding the accuracy, quality, or reliability of this information and shall under no circumstances be liable with respect to such information.