



# TRATTAMENTO INTEGRATO DI UN SITO DI GRANDI DIMENSIONI CONTAMINATO DA SOLVENTI CLORURATI

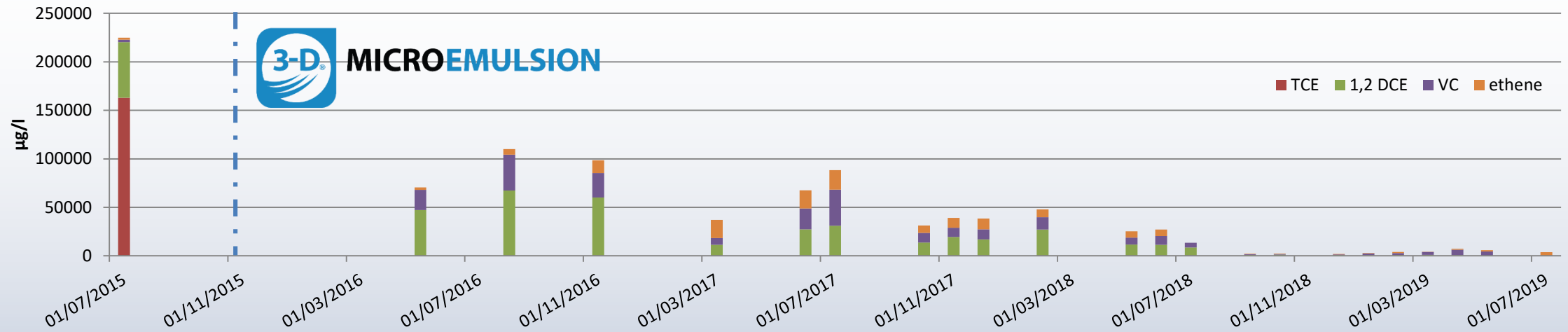
## UN CASO DI STUDIO ITALIANO

Ing. Marcello Carboni, Ing. Paola Gorla, Geol. Nicolò Bellettato,  
Ing. Antonio Currado (REGENESIS)

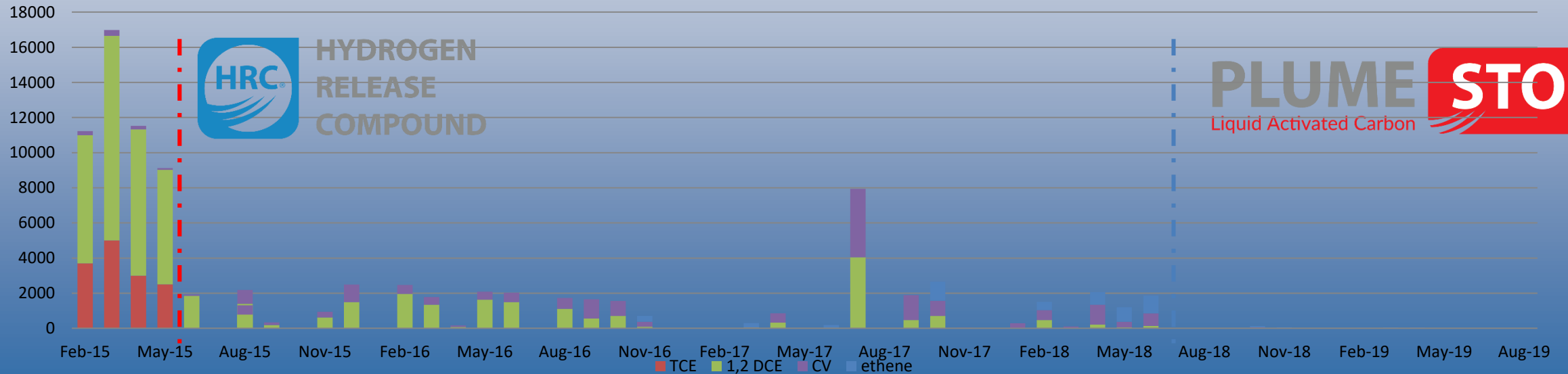
REMTECH 2019–Ferrara, 19 settembre 2019  
Tecnologie di Bonifica delle acque contaminate



## Main source area - Contaminant and daughter product concentrations over time

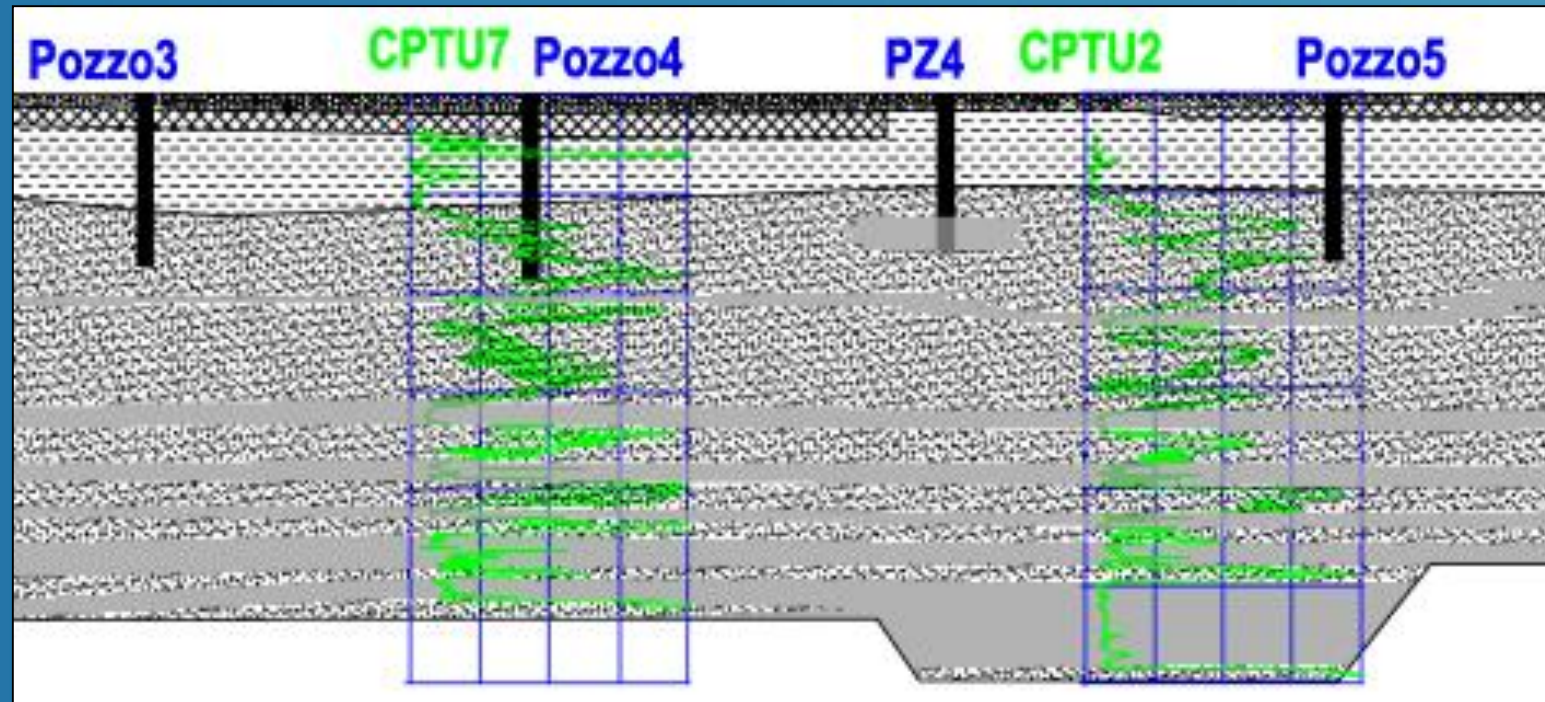


## Plume area along the boundaries - Contaminants and daughter products concentrations over time



# Caratteristiche geologiche e idrogeologiche

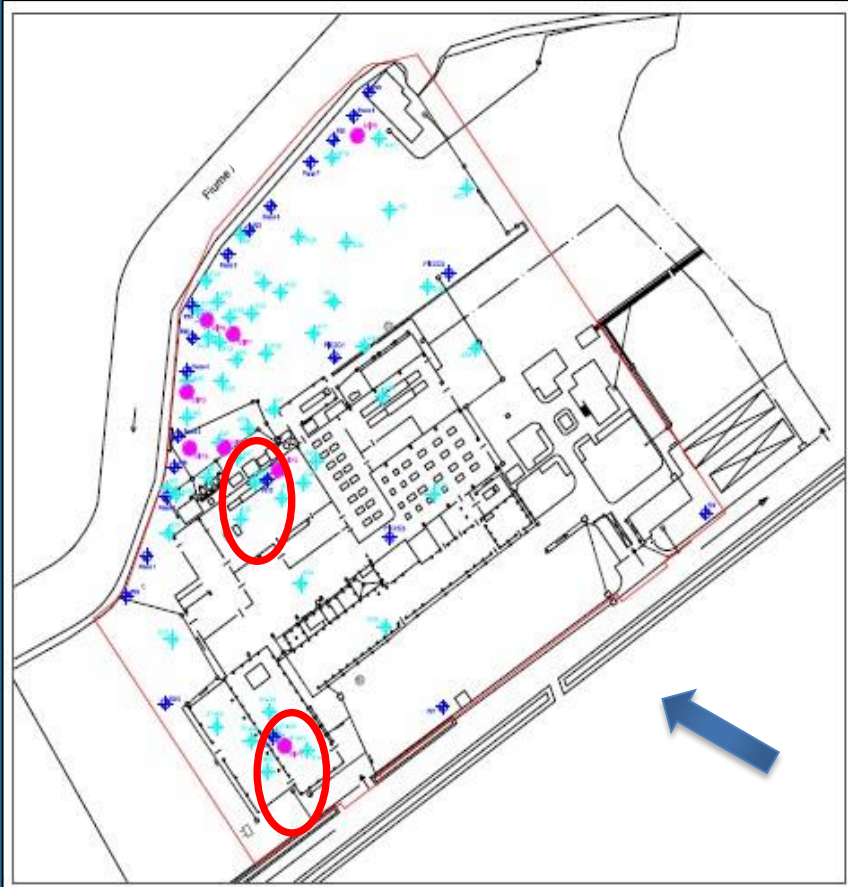
- Elevata eterogeneità
- Sabbie limose / limi sabbiosi
- Acquifero superficiale: da 1-4 a 25 m da p.c.
- Fiume a valle





# Contaminazione

Contaminazione principale su un'area di ca. 20.000 m<sup>2</sup>



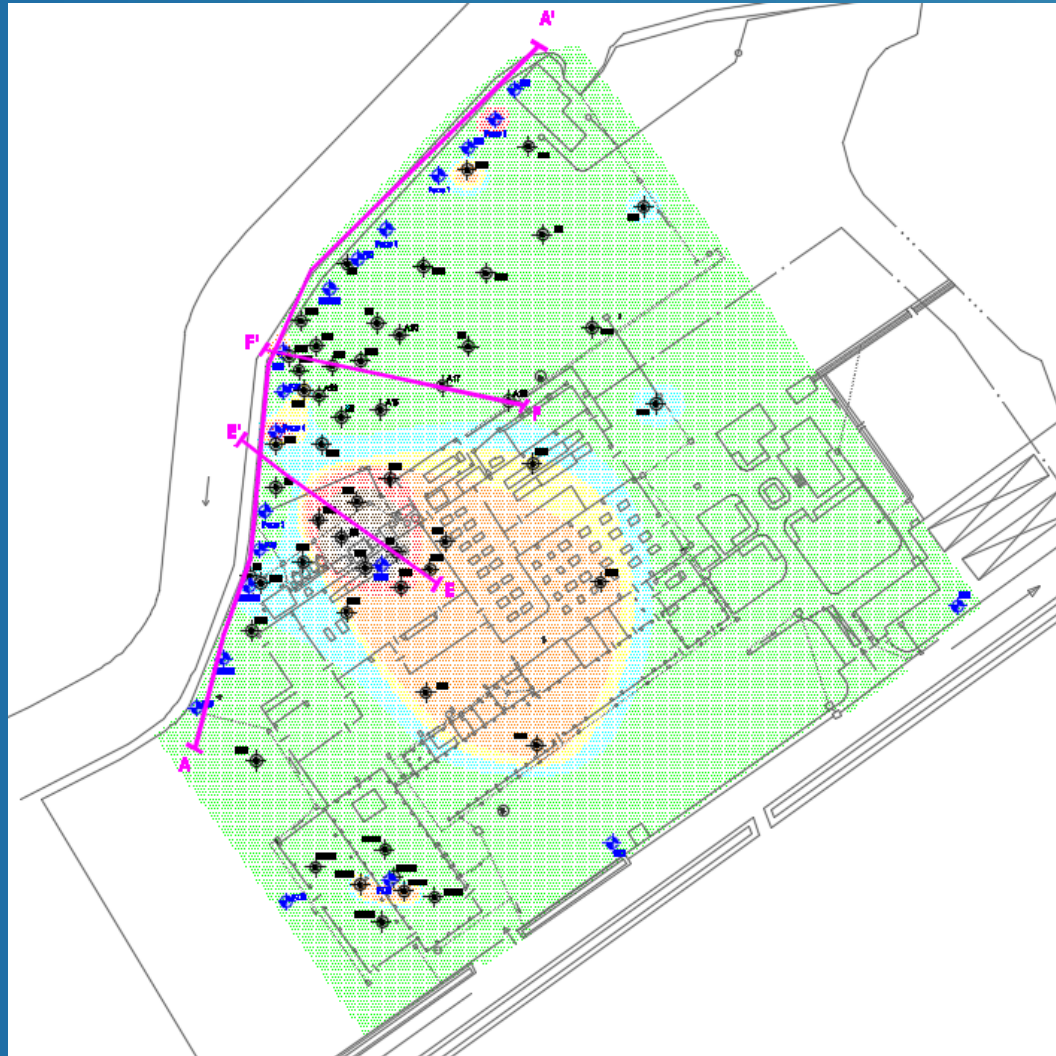
## TERRENI

TCE: max 65 mg/kg  
VC: max 110 mg/kg  
1,2-DCA: max 5,5 mg/kg

## ACQUE DI FALDA

TCE: max 130.000 ug/l  
1,2-DCE: max 108.000 ug/l  
VC: max 8.900 ug/l

# Contaminazione falda - TCE

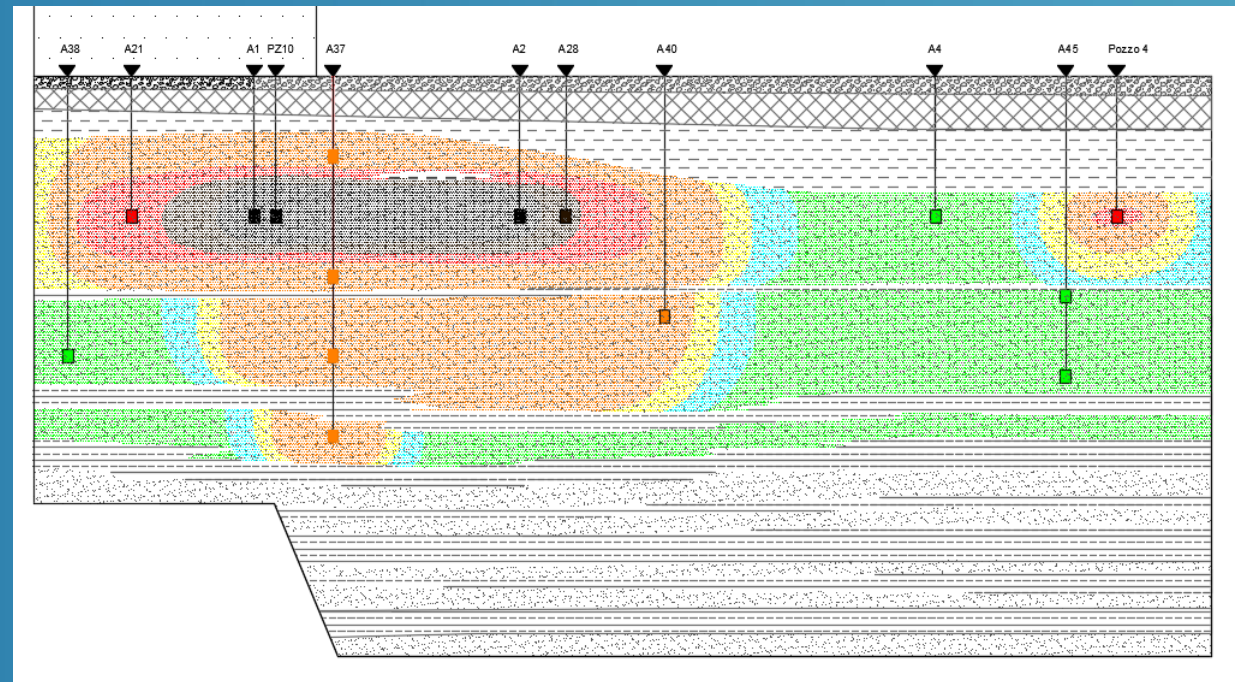


## TRICLOROETILENE

Concentrazione ( $\mu\text{g/l}$ )

- da 0 a 1,5
- da 1,5 a 7,5
- da 7,5 a 15
- da 15 a 150
- da 150 a 1500
- da 1500 a 15000
- da 15000 a 150000

Concentrazione limite D.Lgs. 152/06 pari a 1,5  $\mu\text{g/l}$



# Obiettivi acque di falda

1. Ai confini di proprietà: CSC (valori molto stringenti)
2. Internamente: CSR (inalazione e trasporto)

Contaminanti	Obiettivo di bonifica area S1	Obiettivo di bonifica area S9	Obiettivo di bonifica "Falda di sito"	Obiettivo di bonifica confine di sito (CSR = CSC)
Clorofornio	-	-	0,15 <sup>1</sup>	0,15
Cloruro di vinile	-	200	200	0,5
1,2-dicloroetano	95,5	21	10,1	3
1,1-dicloroetilene	-	68	11,7	0,05
Tricloroetilene	22	100	100	1,5
Tetracloroetilene	24	43,5	5,5	1,1
1,2-dicloroetilene	-	500	500	60
1,2-dicloropropano	500	4,65	500	0,15
1,1,2-tricloroetano	-	0,24	0,2	0,2
1,2,3-tricloropropano	18	-	3,6	0,001
Benzene	2	-	-	1
Toluene	1.800	-	-	15



# Selezione delle tecnologie di bonifica

**Terreno**

Scavo

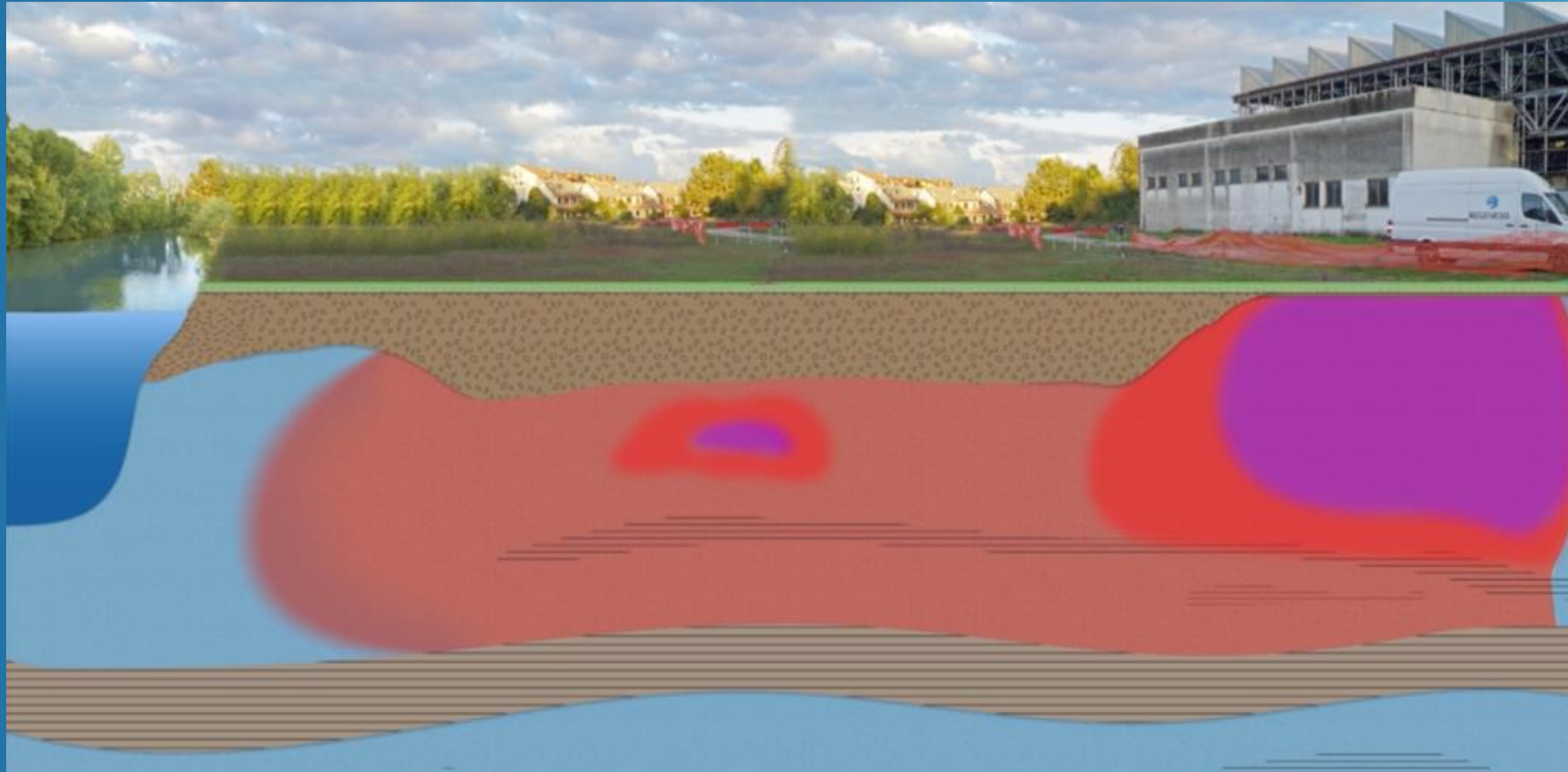


**Falda**

Da definire sulla base di prove pilota (ISCO o ERD)

MISE: P&T al confine (attivo da 2009)

# Strategia Full Scale ERD (Fase 1)







## MICROEMULSION

---

**Biodegradazione  
anaerobica potenziata  
(Declorurazione  
riduttiva)**

### CHE COSA FA

Rende processo di **declorurazione riduttiva potenziata** (ERD) possibile per interventi di bonifica in situ.

### COME FUNZIONA

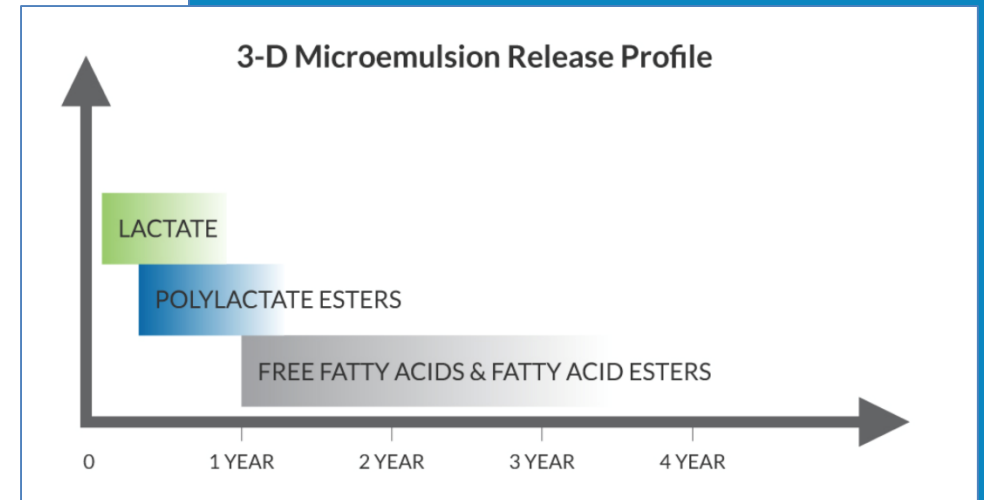
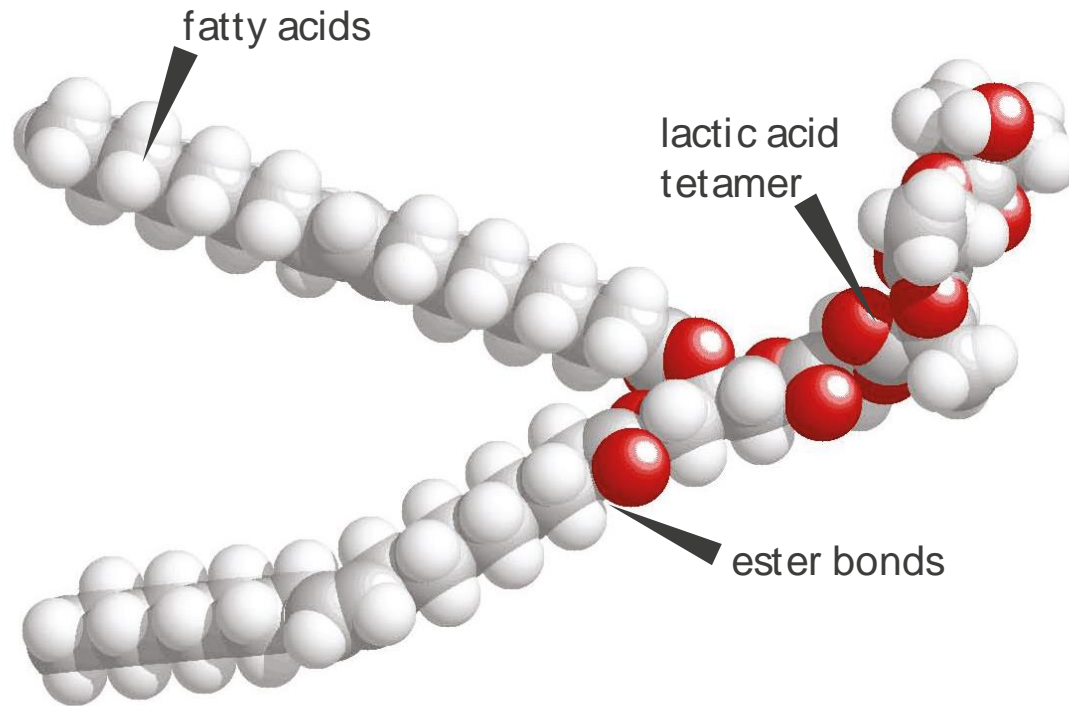
Solventi clorurati tossici come tetracloroetilene (PCE), tricloroetilene (TCE), dicloroetilene (DCE) e cloruro di vinile (VC) nelle acque di falda sono trasformati biologicamente in composti finali non tossici come l'etilene.

### VANTAGGI

- + **Si distribuisce ampiamente nel sottosuolo**
- + **Tratta aree di grandi dimensioni attorno ad ogni punto di iniezione risparmiando tempi e costi**
- + **Rilascio controllato di acidi organici nell'immediato, medio termine e lungo termine**

# 3D-Microemulsion

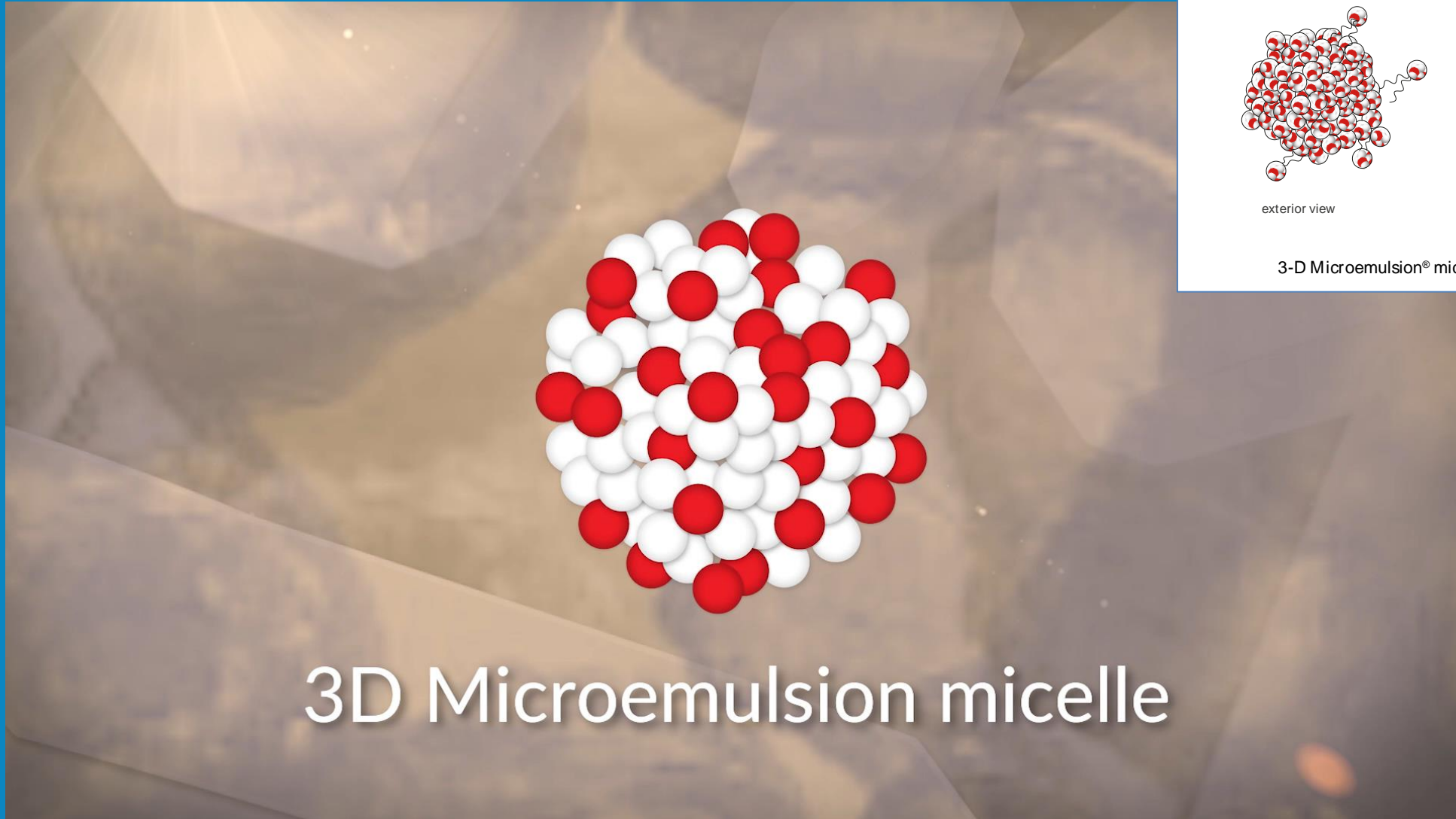
Un elettro-donatore a rilascio controllato con solubilità appropriata



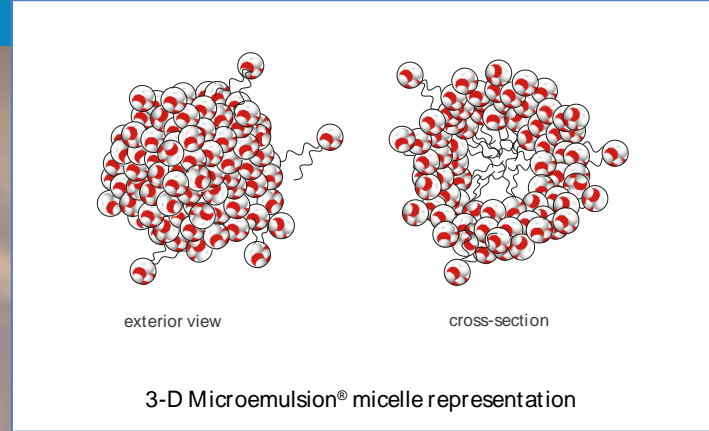
The molecular structure of 3-D Microemulsion®

# 3D-Microemulsion

Un elettro-donatore a rilascio controllato con solubilità appropriata



3D Microemulsion micelle

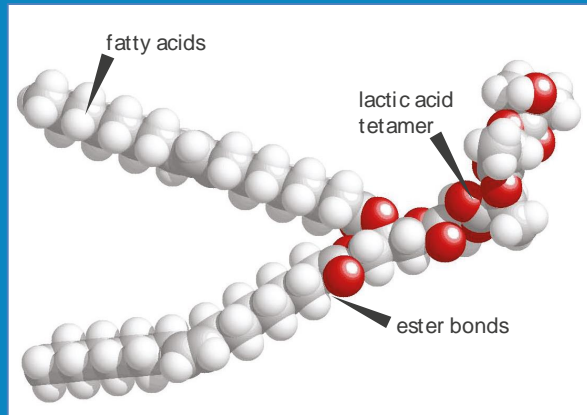


3-D Microemulsion® micelle representation



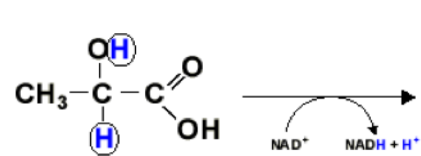
# 3D-Microemulsion

Rilascio controllato di idrogeno fino a ca. 5 anni



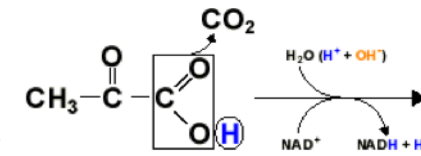
Dissoluzione

Acido lattico

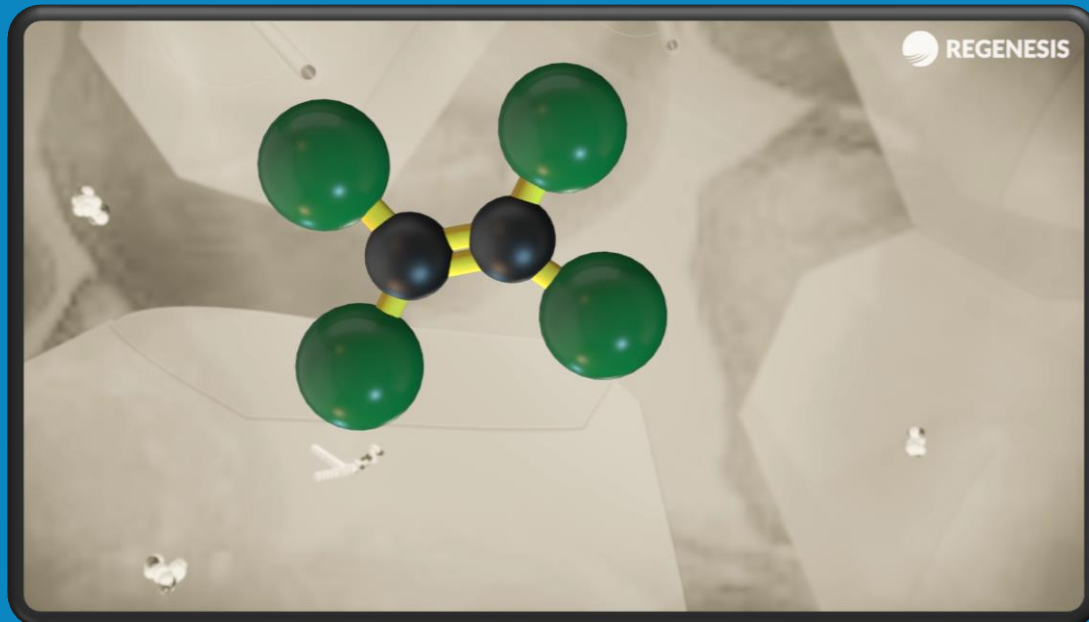
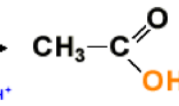


Fermentazione

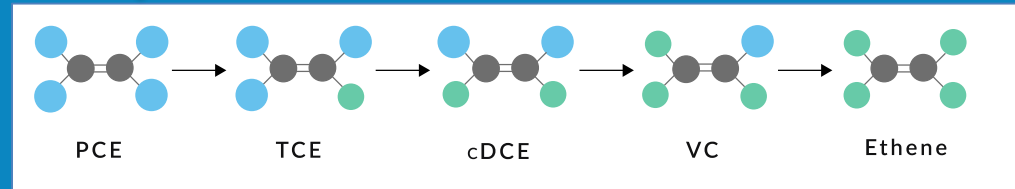
Acido piruvico



Acido acetico



Declorurazione riduttiva potenziata



PRODOTTI



**HYDROGEN  
RELEASE  
COMPOUND**

---

**Biodegradazione  
anaerobica potenziata**  
(Declorurazione riduttiva)

#### CHE COSA FA

Fornisce acido lattico a **rilascio controllato** per promuovere e ottimizzare i processi di declorurazione anaerobica riduttiva potenziata.

#### COME FUNZIONA

Fornisce una fonte di idrogeno sul lungo termine e con rilascio per stages, dell'ordine **dei 2-5 anni con una singola applicazione.**

#### VANTAGGI

- + **Volumi ridotti, applicabile in qualsiasi permeabilità**
- + **Altamente compatibile con interventi di bioaugmentation anaerobica con BDI Plus**
- + **Applicazioni semplici, economiche e non invasive**
- + **Elimina la necessità di attività di controllo e manutenzione**

# Hydrogen Release Compound (HRC)

**Elettro-donatore concentrato per plume piccoli / siti in argille**



**HYDROGEN  
RELEASE  
COMPOUND**



**HYDROGEN  
RELEASE  
COMPOUND**



**HYDROGEN  
RELEASE  
COMPOUND**



- Realizzato nel 1998 e utilizzato in >3.000 siti nel mondo
- Ingegnerizzato specificamente per il trattamento in situ dei CHCs
- Stimola e mantiene dechlorurazione riduttiva potenziata per ca. 18 – 48 mesi



# Impianto di miscelazione ed emulsione 3DMe



# Attività di miscelazione





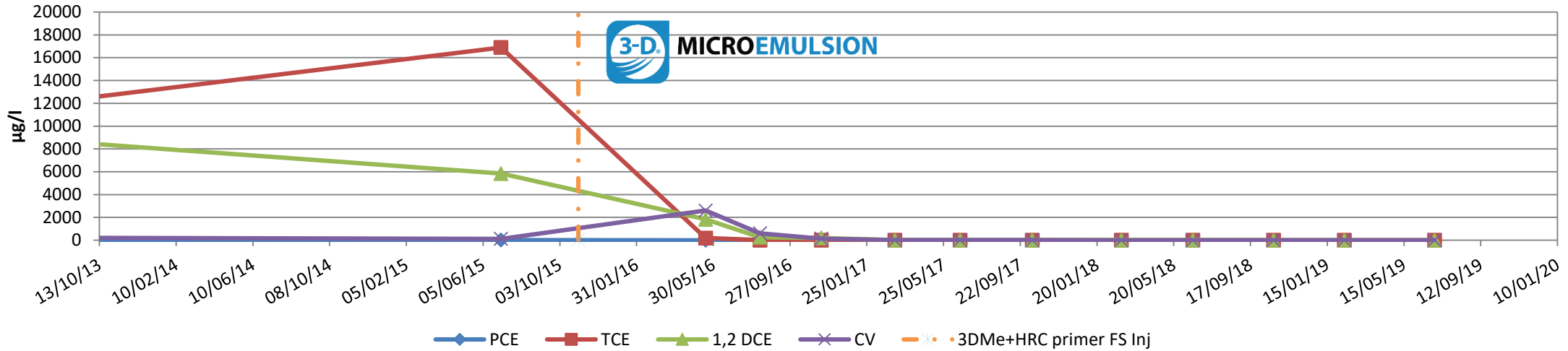
# Attività di iniezione





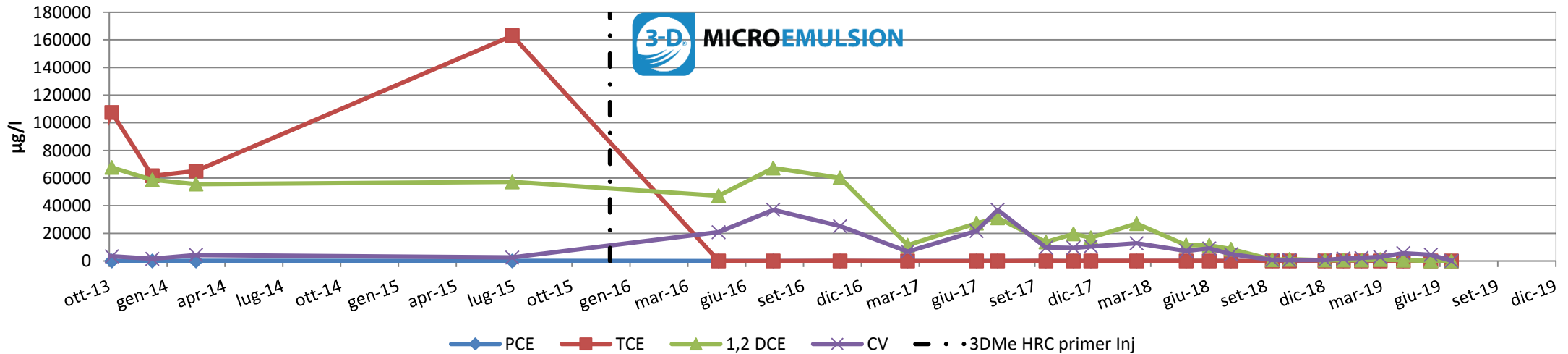
# Risultati – Area sorgente

Pz10 - PS6



PS6

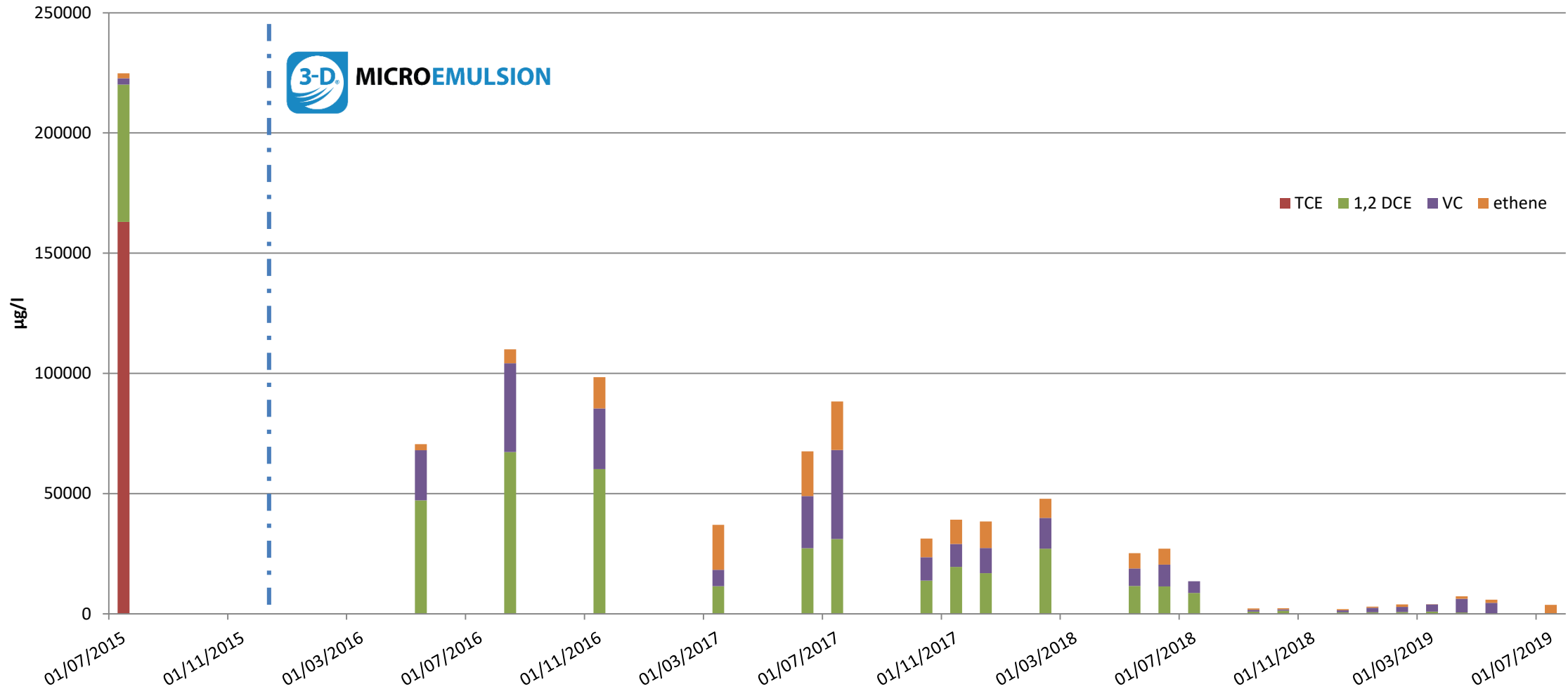
PM3



PM3

# Risultati – Area sorgente

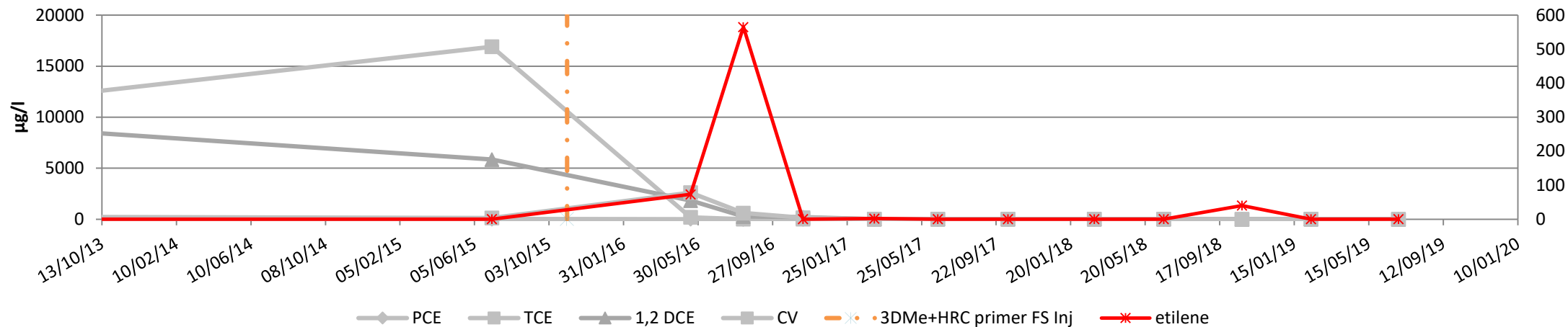
Main source area - Contaminant and daughter product concentrations over time



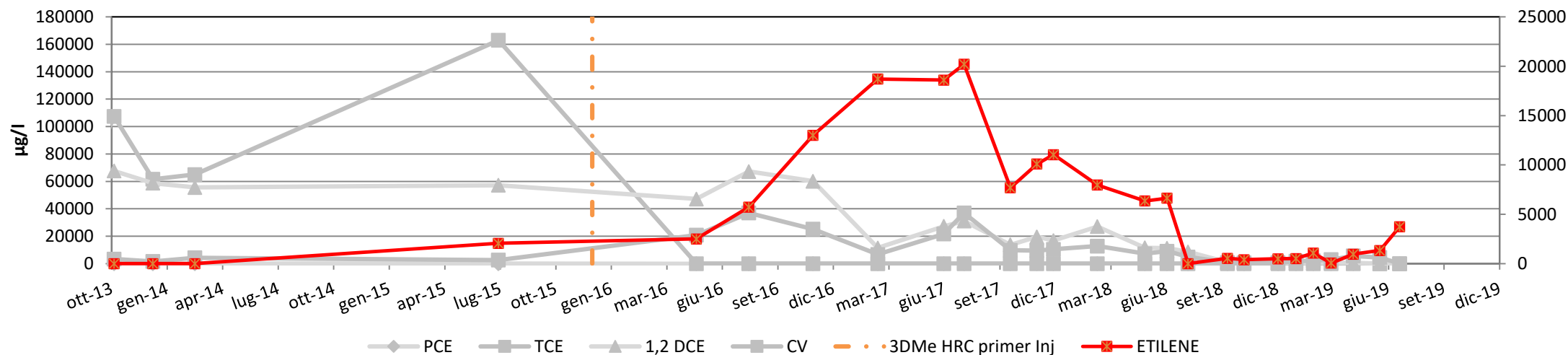
PM3

# Produzione etilene

Pz10 - PS6



PM3



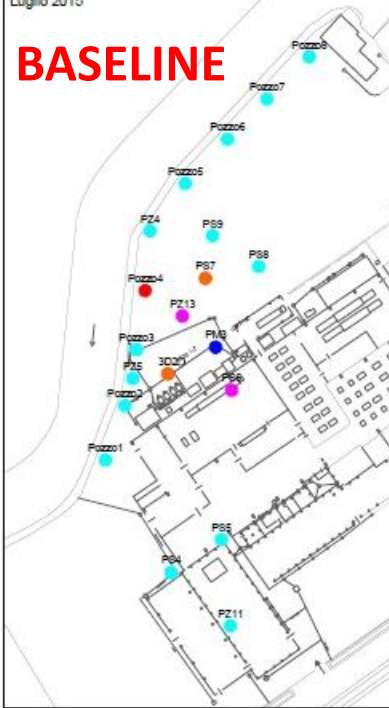


# Distribuzione contaminanti - TCE

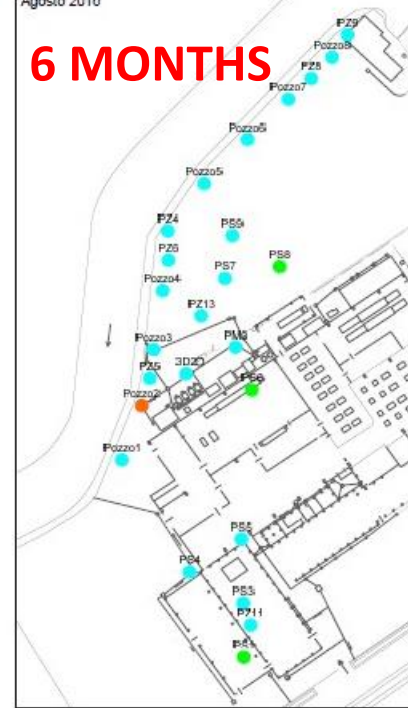
## LEGENDA

- 0 ug/l to 1.5 ug/l
- 1.5 ug/l to 50 ug/l
- 50 ug/l to 100 ug/l
- 100 ug/l to 1000 ug/l
- 1000 ug/l to 10000 ug/l
- 10000 ug/l to 100000 ug/l
- 100000 ug/l to 200000 ug/l

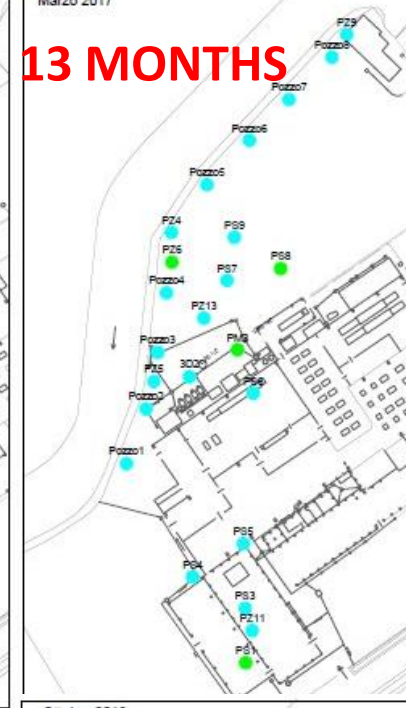
**BASELINE**



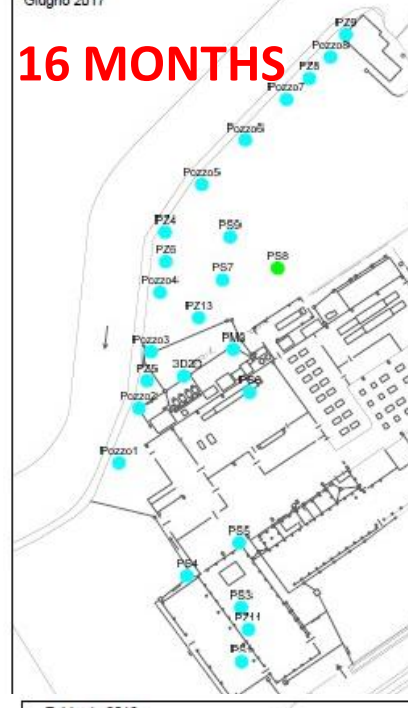
**6 MONTHS**



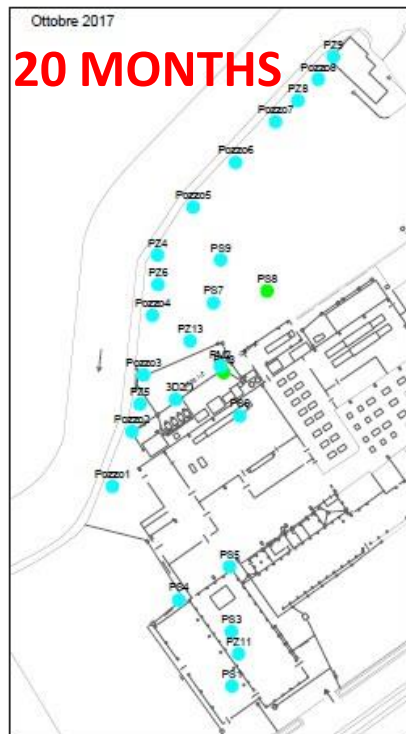
**13 MONTHS**



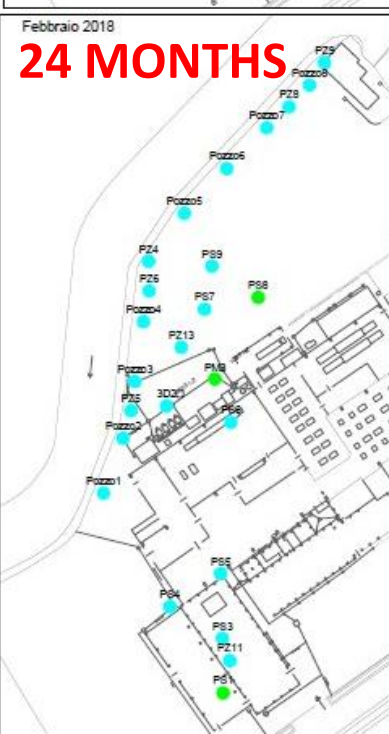
**16 MONTHS**



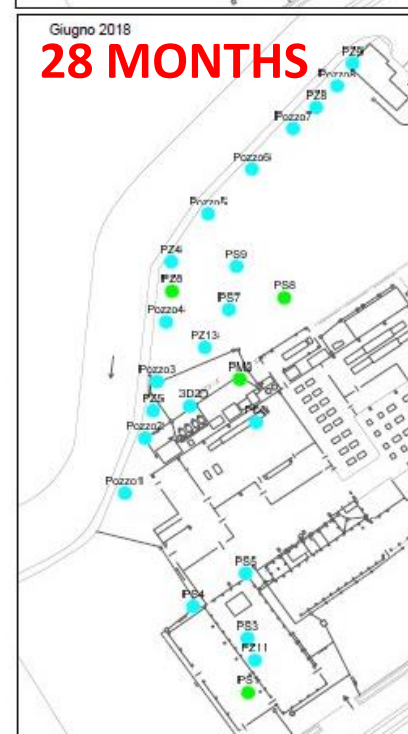
20 MONTHS



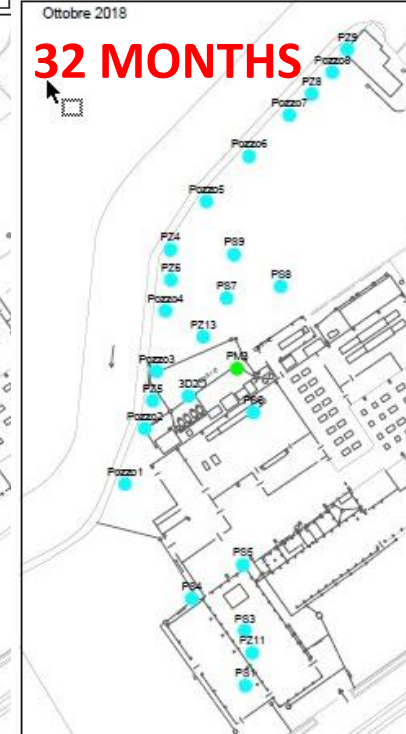
24 MONTHS



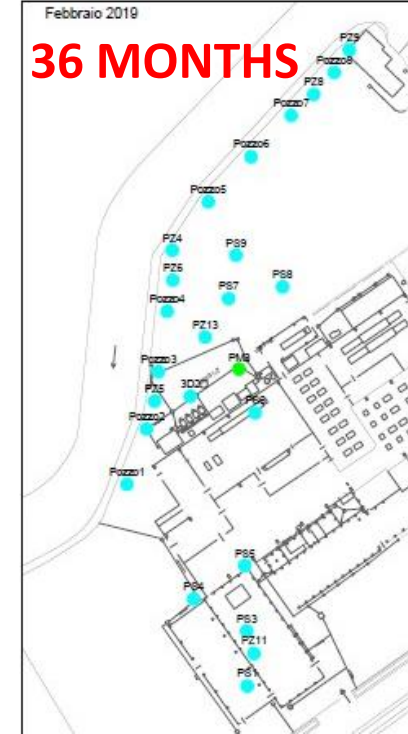
28 MONTHS



32 MONTHS



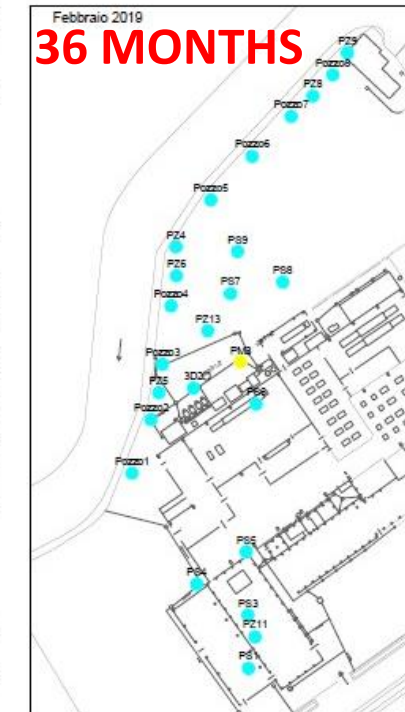
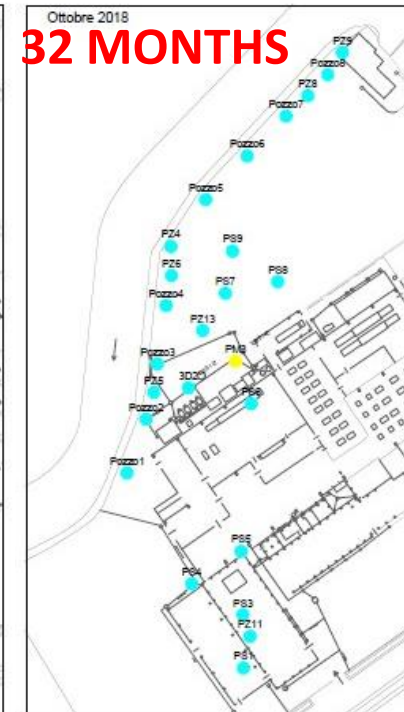
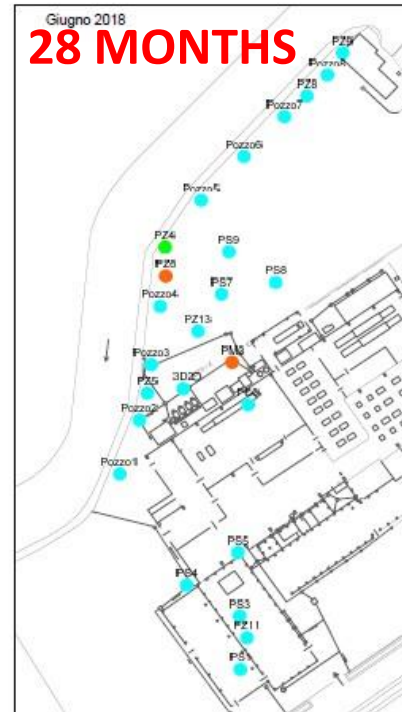
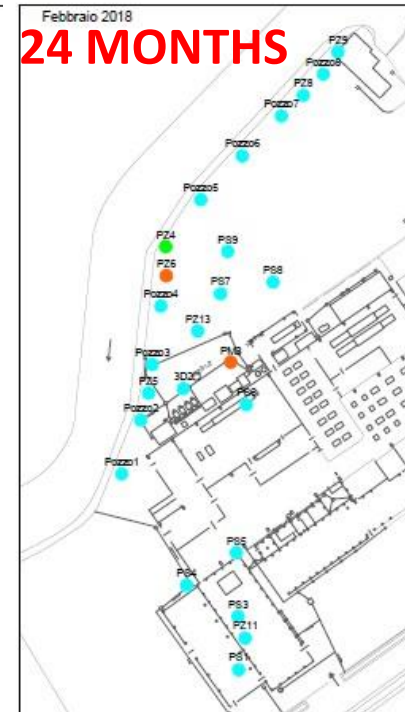
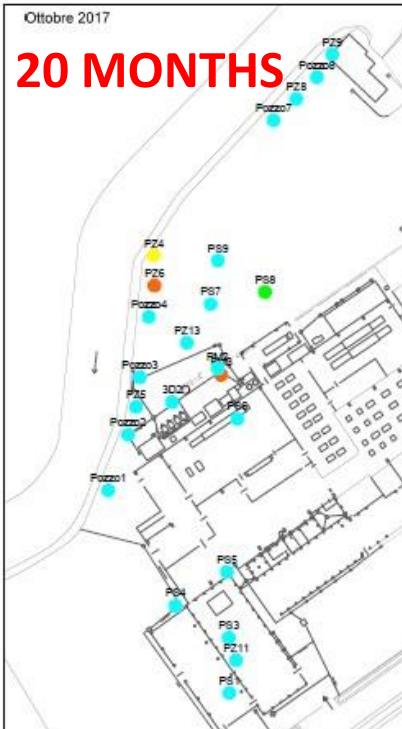
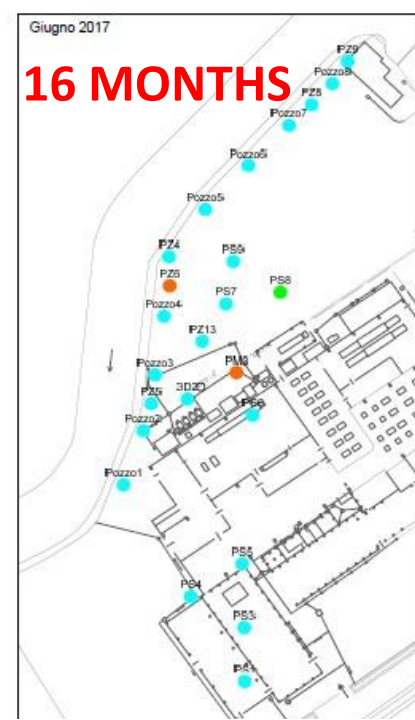
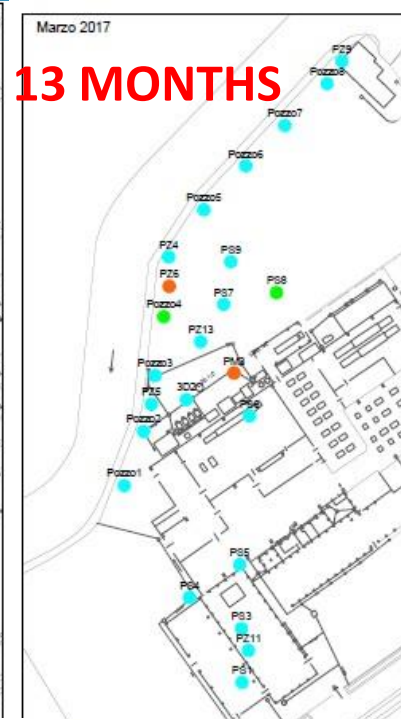
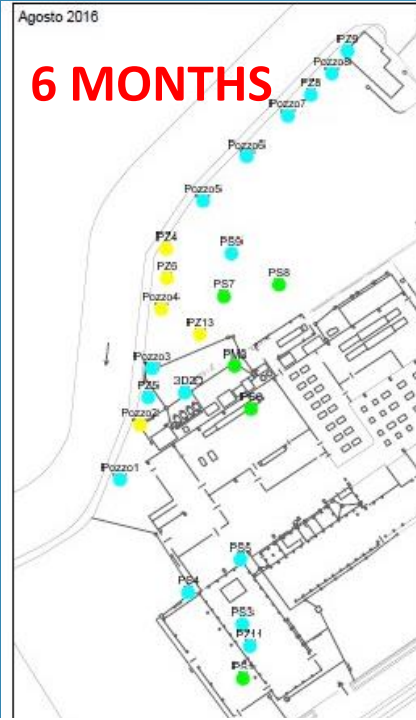
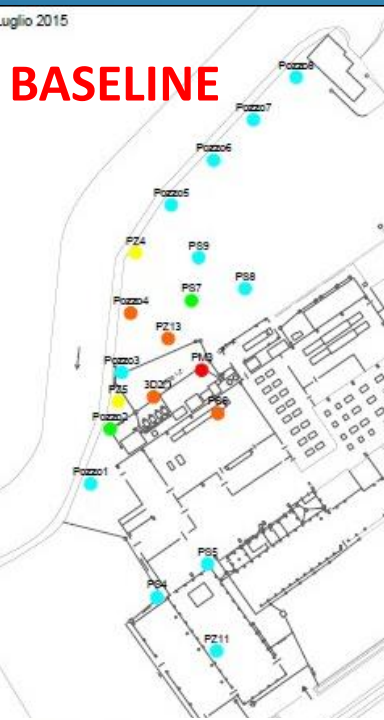
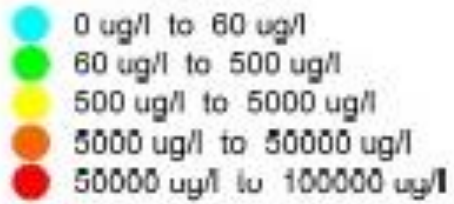
36 MONTHS





# Distribuzione contaminanti - 1,2-DCE

## LEGENDA

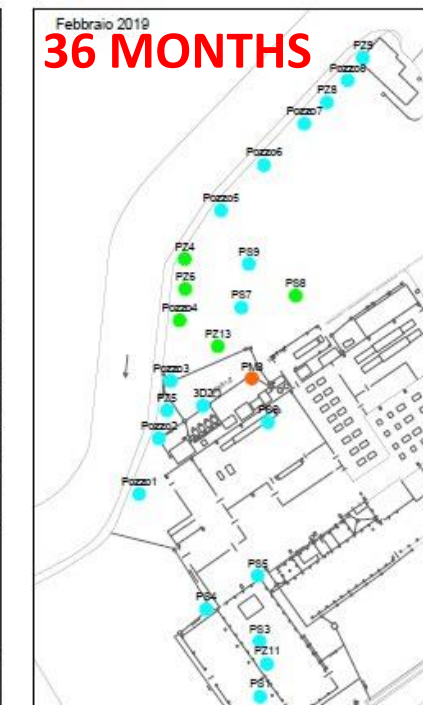
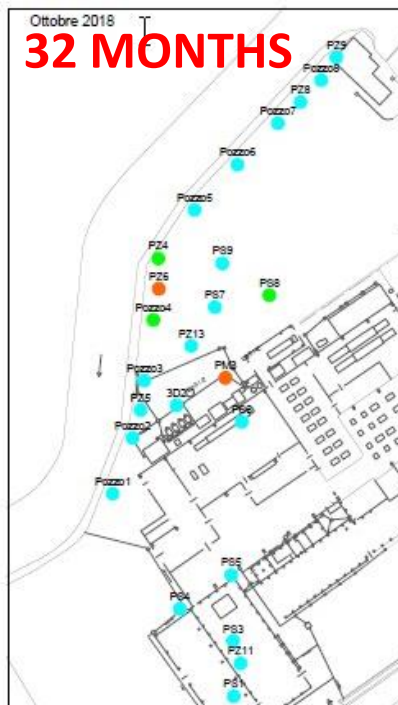
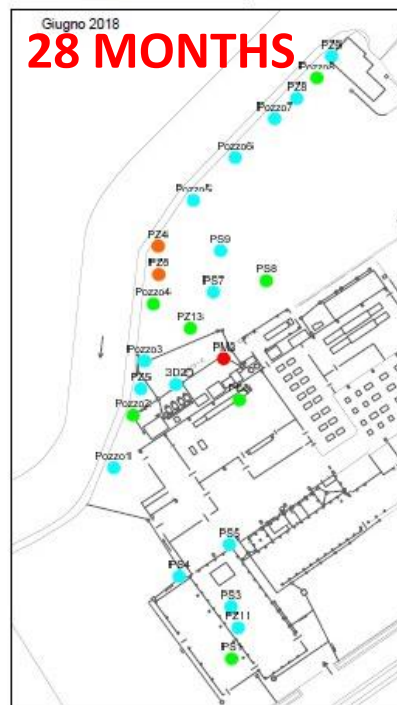
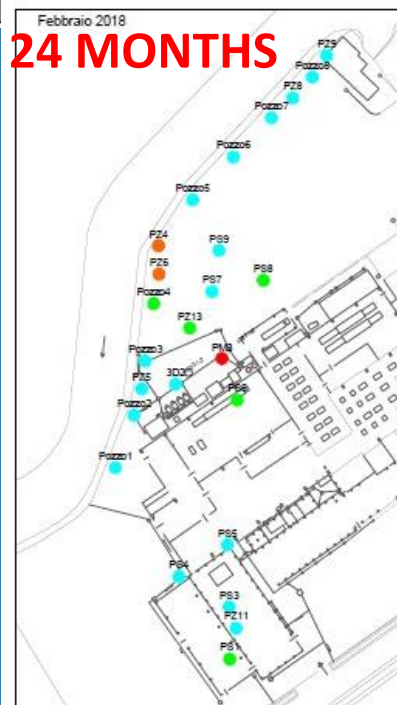
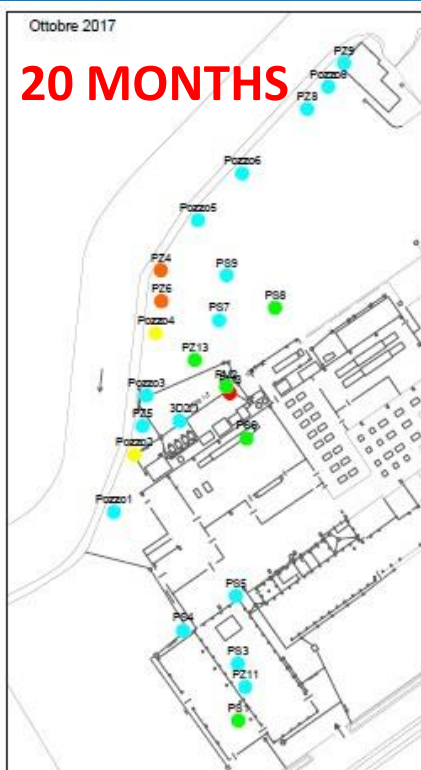
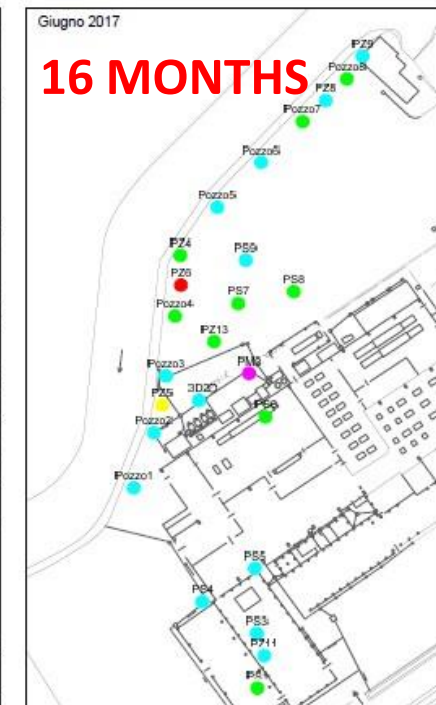
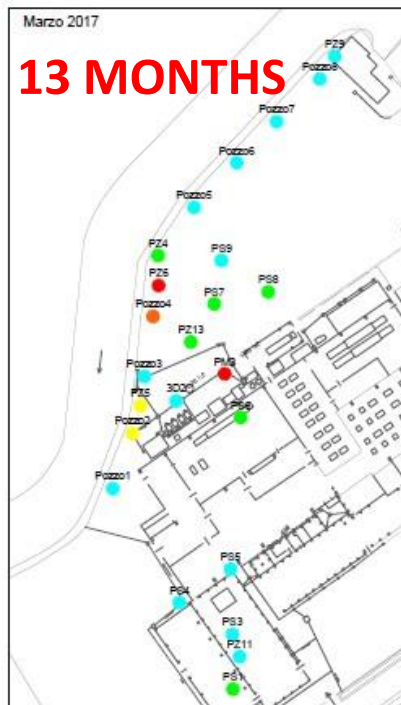
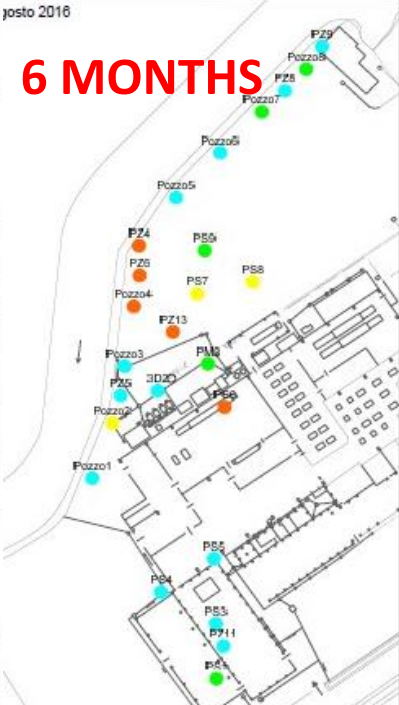
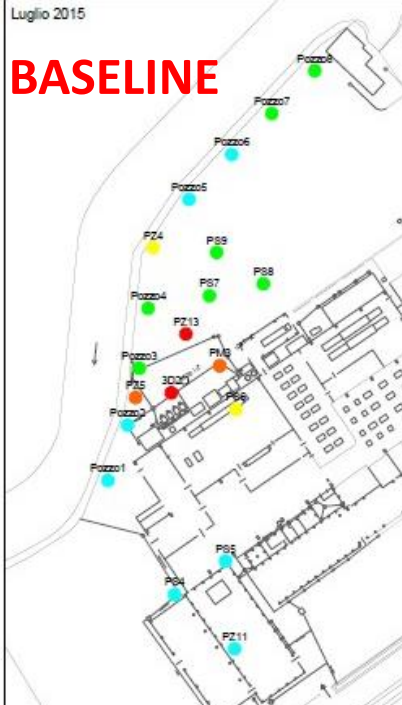







# Distribuzione contaminanti - VC

## LEGENDA

- 0 ug/l to 0.5 ug/l
- 0.5 ug/l to 50 ug/l
- 50 ug/l to 200 ug/l
- 200 ug/l to 5000 ug/l
- 5000 ug/l to 20000 ug/l
- 20000 ug/l to 50000 ug/l



# Valutazione dei risultati ERD

- Composti primari (TCE, PCE) decrescono molto rapidamente
- Sottoprodotti hanno velocità differente in funzione della massa
- Ottimi trend osservabili
- Parametri secondari confermano processi:
  - Fe & Mn 
  - Nitrati & solfati 
  - Etilene & etano 
- Processo in completamento in 2.5-3 anni



# FASE 2 – Confine di valle idrogeologico



PRODOTTI

**PLUME**

Liquid Activated Carbon



Riduzione rapida dei plumes  
contaminanti in fase disciolta

**Rapido  
adsorbimento  
& Biodegradazione**

#### CONTAMINANTI TRATTATI

- Idrocarburi petroliferi (TPH, BTEX, etc)
- cVOCs inclusi cloroeteni e cloroetani
- PFAS
- MTBE, pesticides, e altri

#### VANTAGGI

- **Consente la completa biodegradazione dei contaminanti**
- **Rigenerazione continua della capacità di adsorbimento**
- **Trattamento sul lungo termine**

#### COME FUNZIONA

Composto da particelle di carbone attivo estremamente fini (1-2 $\mu$ m) sospese in acqua attraverso agenti disperdenti brevettati – consentendo di fluire nell'acquifero a **basse pressioni** raggiungendo una **distribuzione ottimale ed omogenea**.

**SPESSE UTILIZZATO CON**

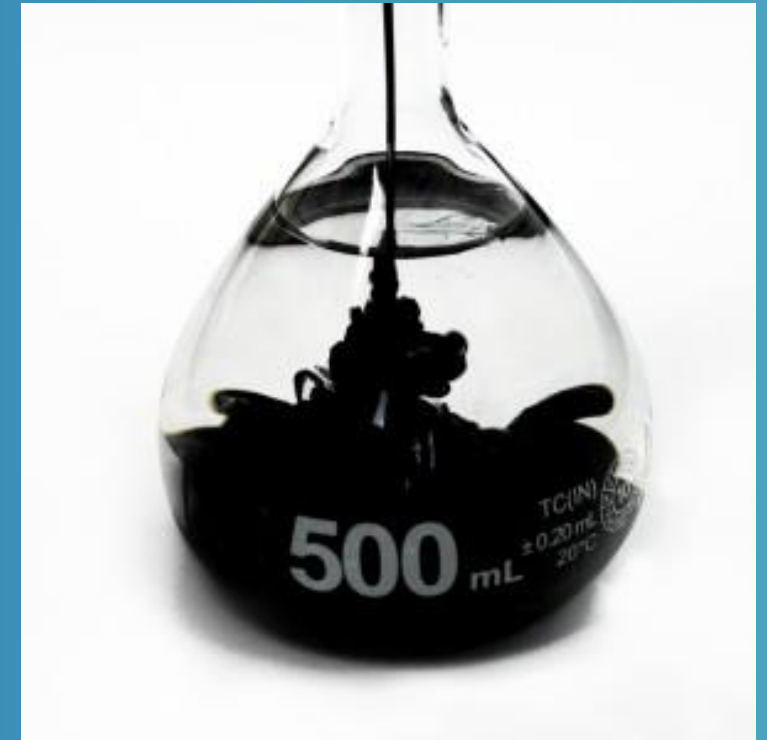
+ Tecnologie di biodegradazione aerobica potenziata

+ Tecnologie di biodegradazione anaerobica potenziata



# Cos'è il PlumeStop® ?

- **Reagente colloidale**
  - **Carbone attivo colloidale di 1-2 micron**
  - **Agenti disperdenti/polimero**
  - **“Inchiostro” nero**
- **Si distribuisce ampiamente**
- **Adsorbe rapidamente i contaminanti**
- **BioMatrice**
  - **Microrganismi possono colonizzarlo**
  - **Contatto ravvicinato con i contaminanti adsorbiti**
  - **Abbinato con biodegradazione aerobica, anaerobica o MNA**



# Attività PlumeStop

## Prova pilota **Nov 2016 – Gen 2017**

- 2 aree pilota
- Monitoraggio 5 mesi
- Risultati usati per dimensionare FS

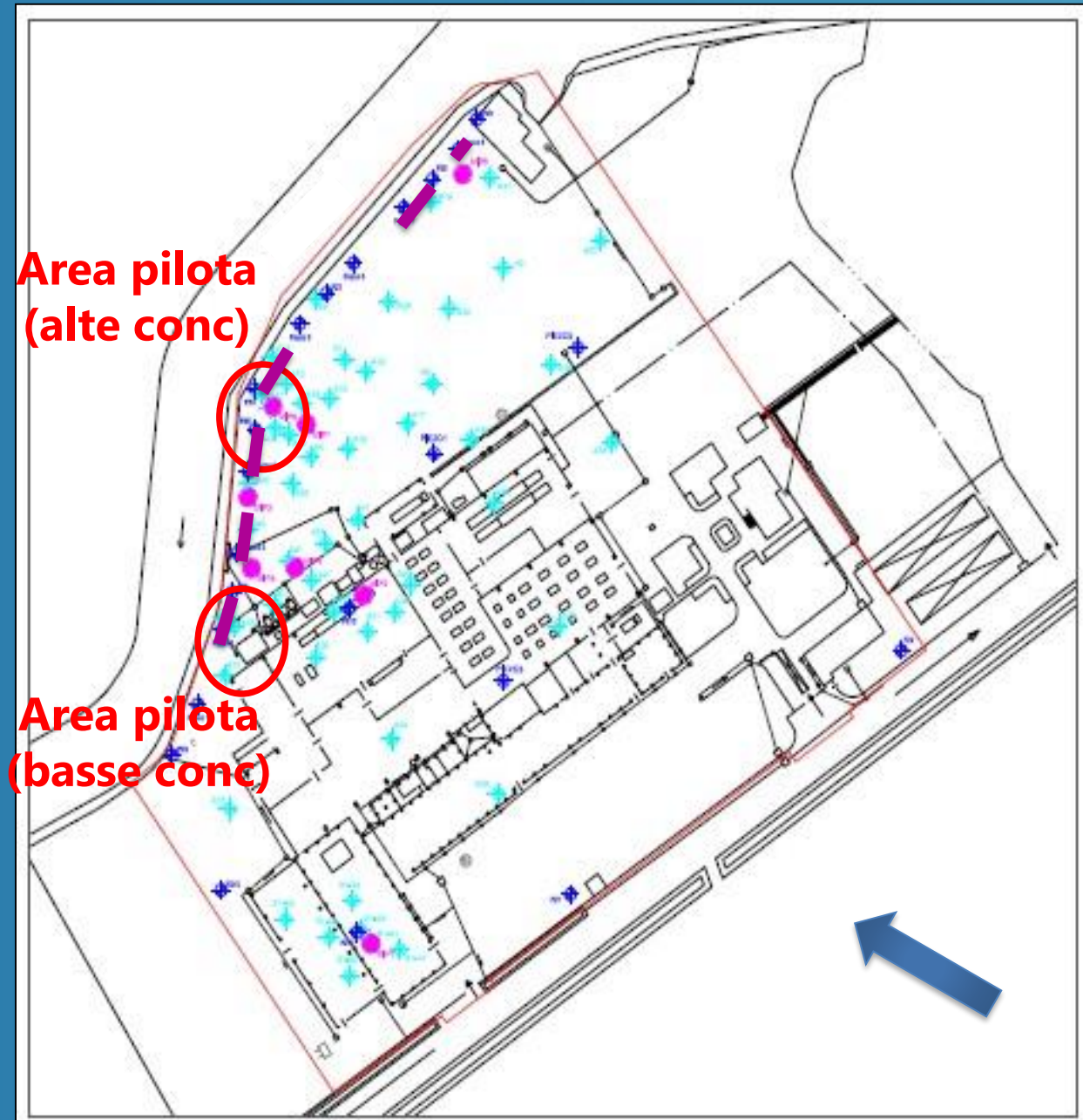
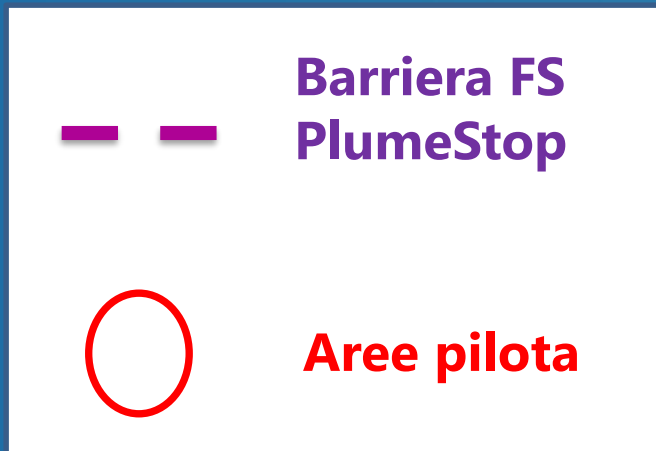
## Full Scale **Giu – Set 2018**

- Lungo i confini dove ERD non ha raggiunto CSC
- Lunghezza totale 90 metri



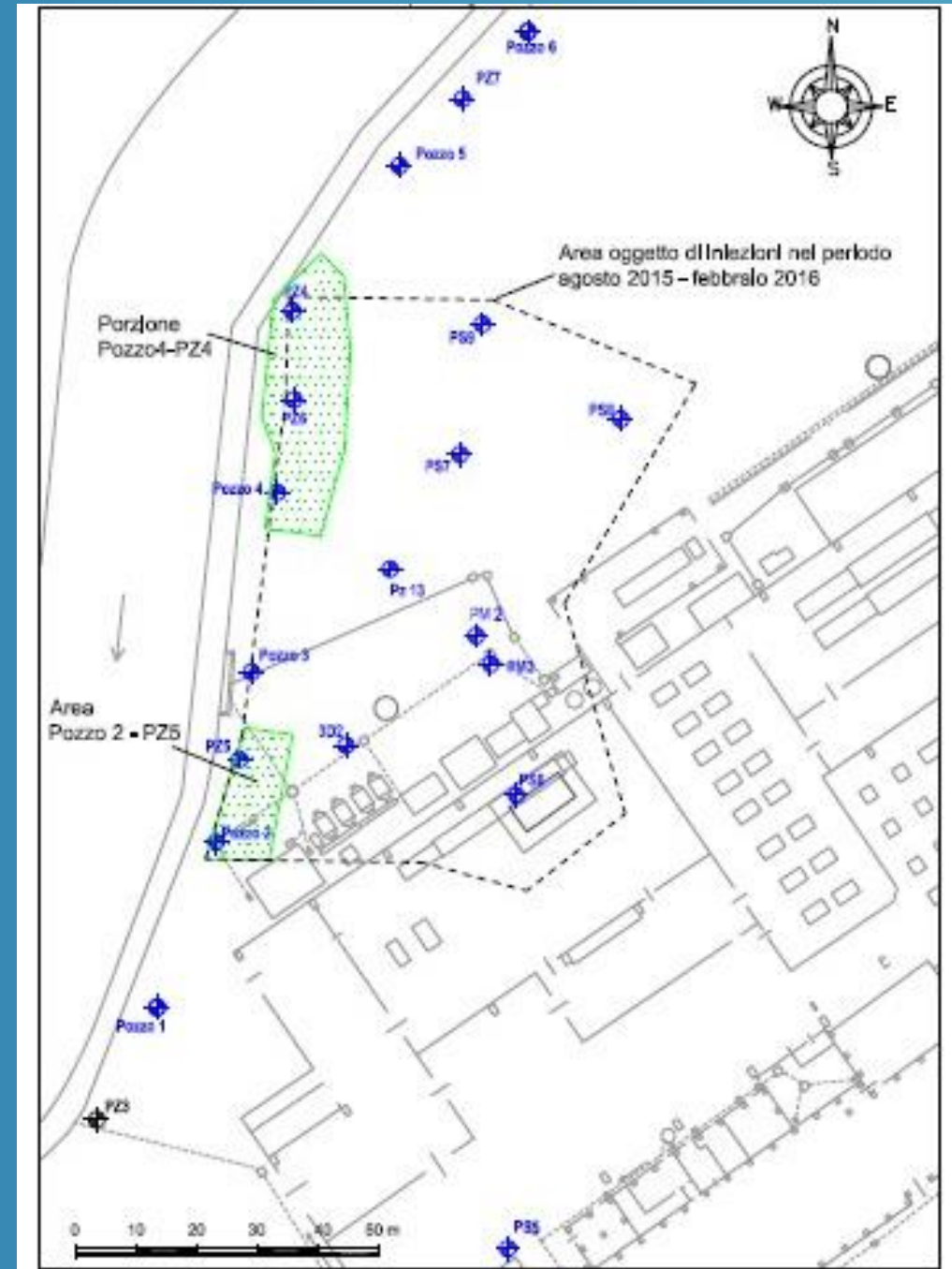


# Realizzazione barriera PlumeStop

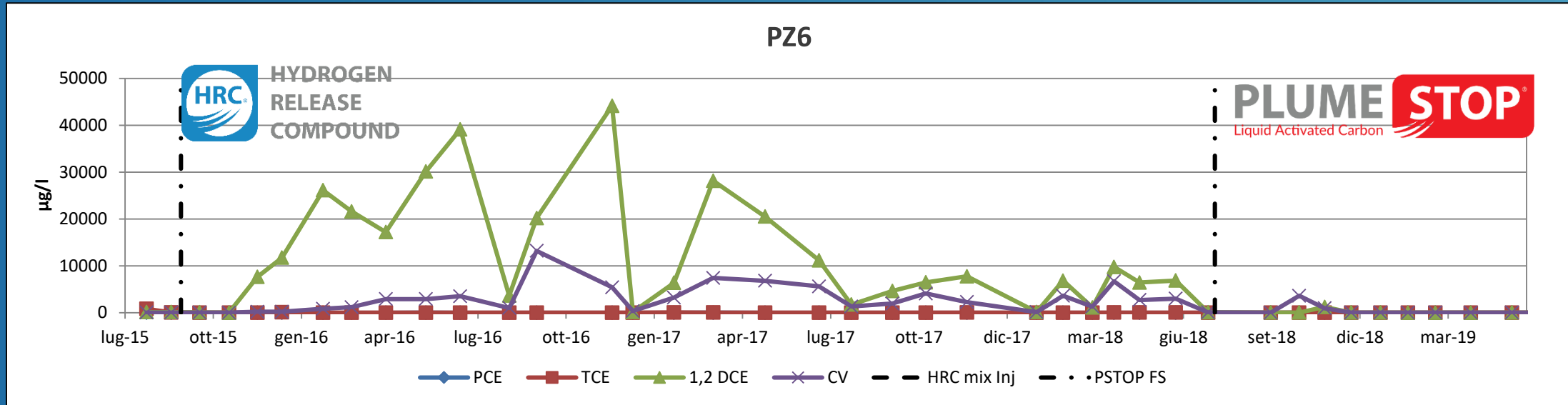


# Dimensionamento FS PlumeStop

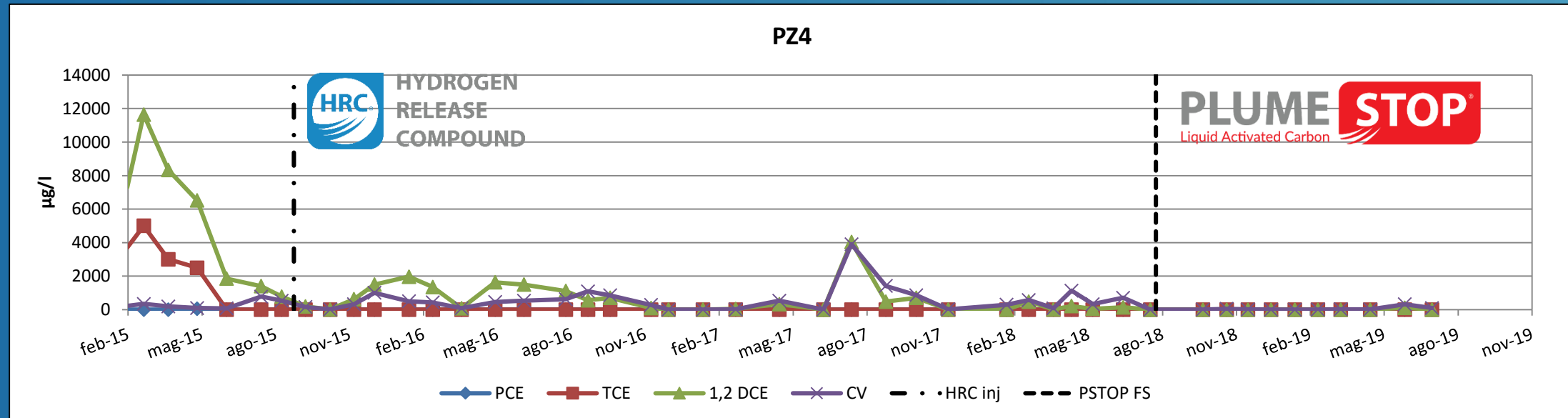
- 163 punti inj direct push
- Layer ca. 4-11 m da p.c.
- 11.500 kg PlumeStop® in totale
- Dosaggio per punto 60-100 kg
- Extra HRC® in nuove aree



# Risultati – Full Scale PlumeStop



PZ6



PZ4

# Valutazione risultati

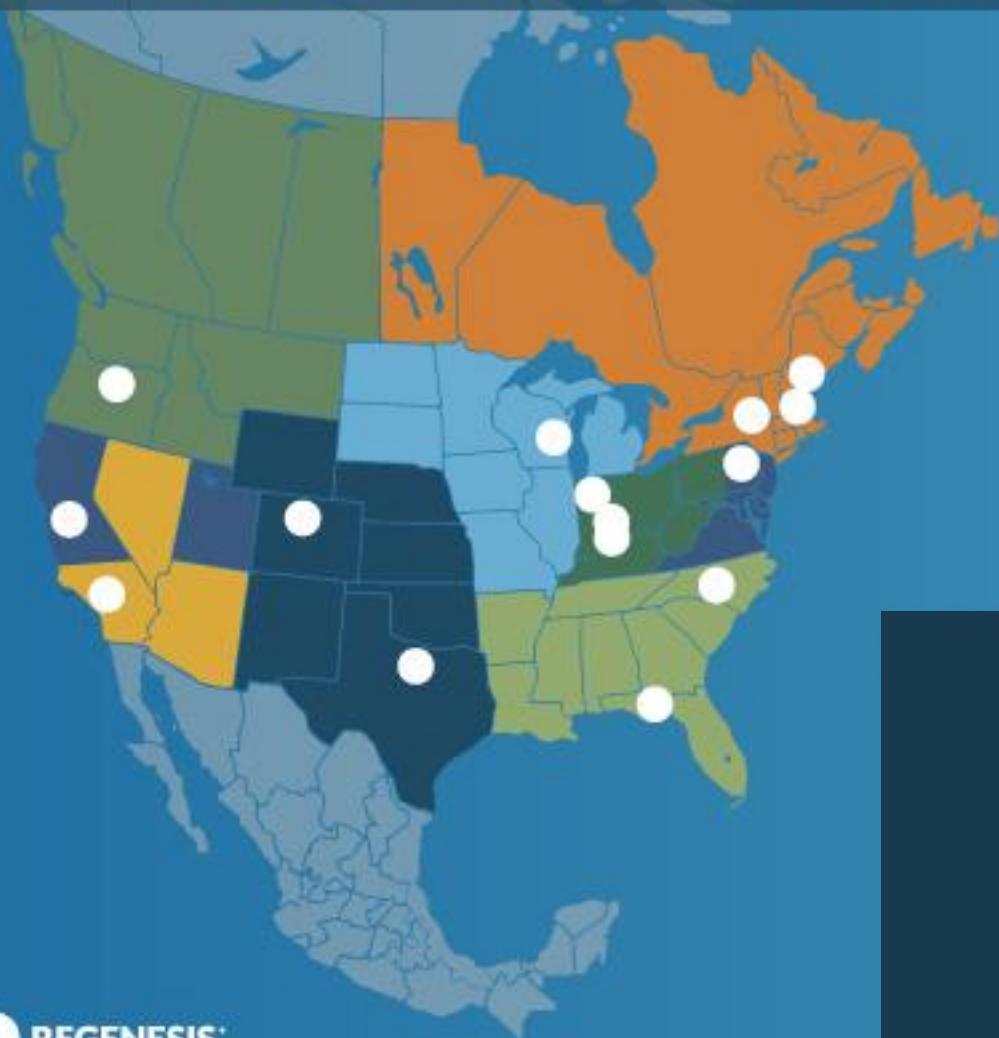
- 5 piezometri su 8 <CSC
- 5 pozzi P&T già spenti
- Altri piezometri hanno raggiunto CSC ma ancora oscillazioni
- Attesa conformità nei prossimi mesi



# Conclusioni

- **Integrazione tecnologie: massimizzare efficienza e riduzione tempi**
- **Prodotti selezionati co-esistono con P&T**
- **Longevità elettrodonatori: 1 sola applicazione (anche in zona sorgente)**
- **No dilavamento lungo il fiume**
- **Buona distribuzione (griglie ampie)**
- **ERD minimizza costi intervento, ma tempi lunghi**

**WE'RE HERE TO HELP YOU**  
**FIND THE RIGHT SOLUTION FOR YOUR SITE**



**Ing. Marcello Carboni**  
**Regional Manager, Europe**  
mcarboni@regenesi.com  
**+39 335 5867213**

