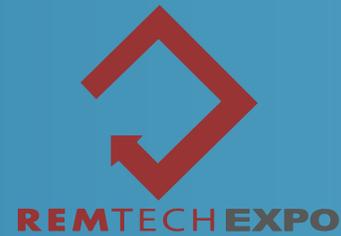




# REGENESIS<sup>®</sup>



**S-MicroZVI: Ferro Zero valente colloidale solfurato  
per il trattamento di solventi ad elevate  
concentrazioni**

**Gareth Leonard, Mariangela Donati**

**Remtech Expo 2019**

**18 settembre 2019**

**S-Micro** **ZVI**<sup>™</sup>  
Sulfidated Zero-Valent Iron

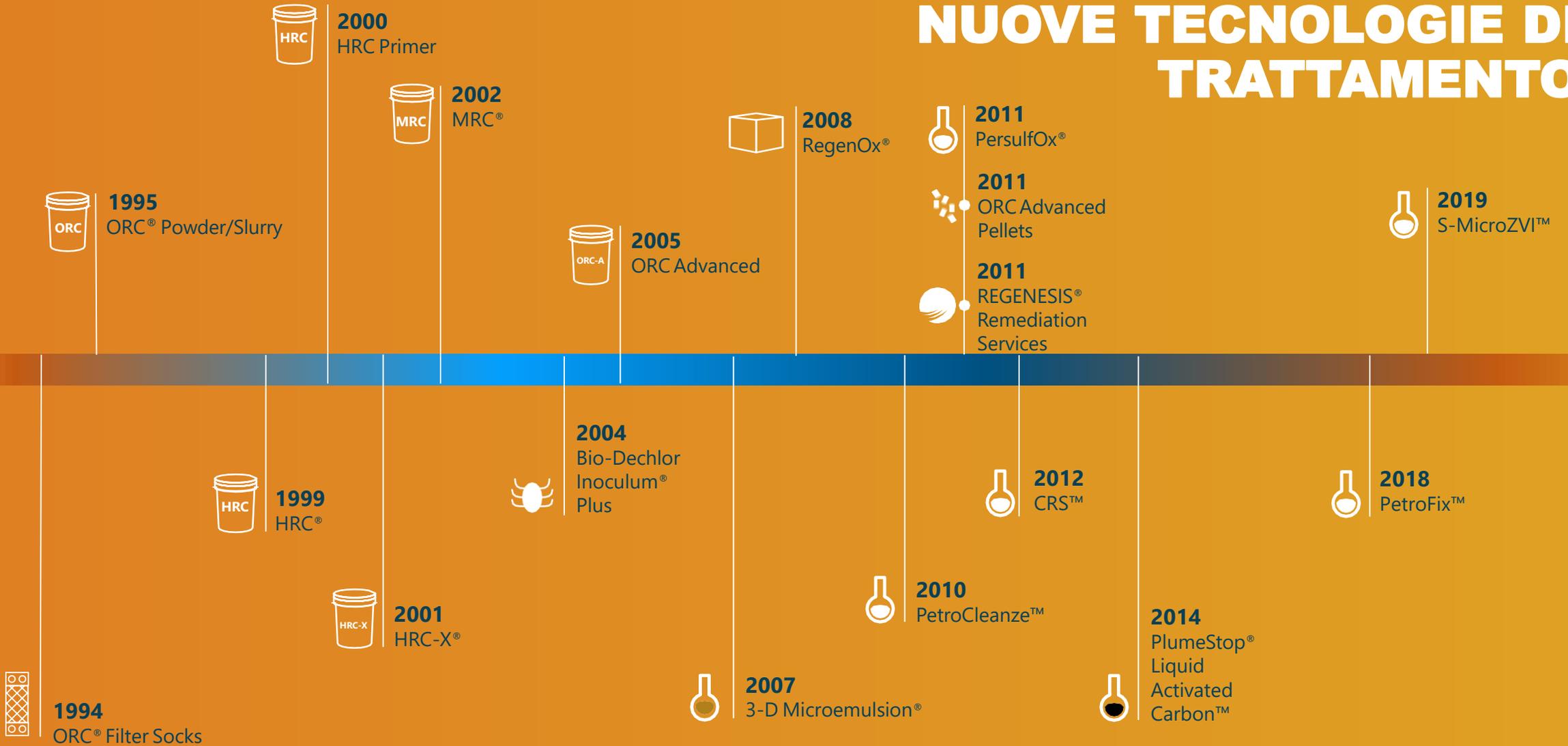


# LA NOSTRA SOCIETÀ

“By implementing aggressive contaminant mass removal approaches over purely risk- management closures, total lifecycle cost savings from 15% to 25% can be expected and decades of liability can be removed”.

Ryan Rapuzzi,  
Project Manager  
AECOM

# CONTINUO SVILUPPO DI NUOVE TECNOLOGIE DI TRATTAMENTO



A construction worker wearing a white hard hat and a high-visibility yellow vest is looking down at a site. The background shows a clear blue sky and some greenery. The image has a blue overlay.

# ESPERIENZA INEGUAGLIABILE NELLA BONIFICA IN SITU

# DOVE SIAMO

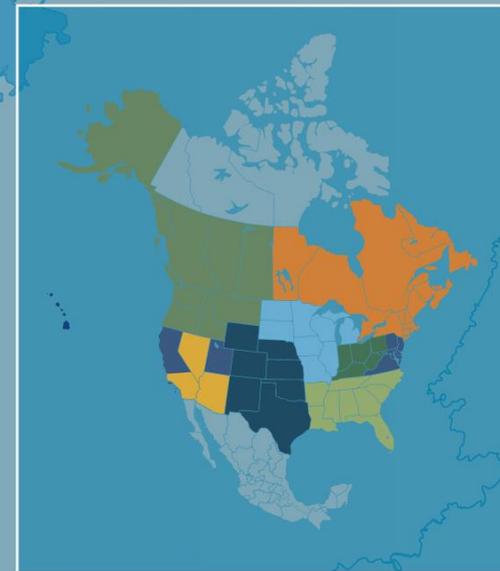
## I nostri distretti

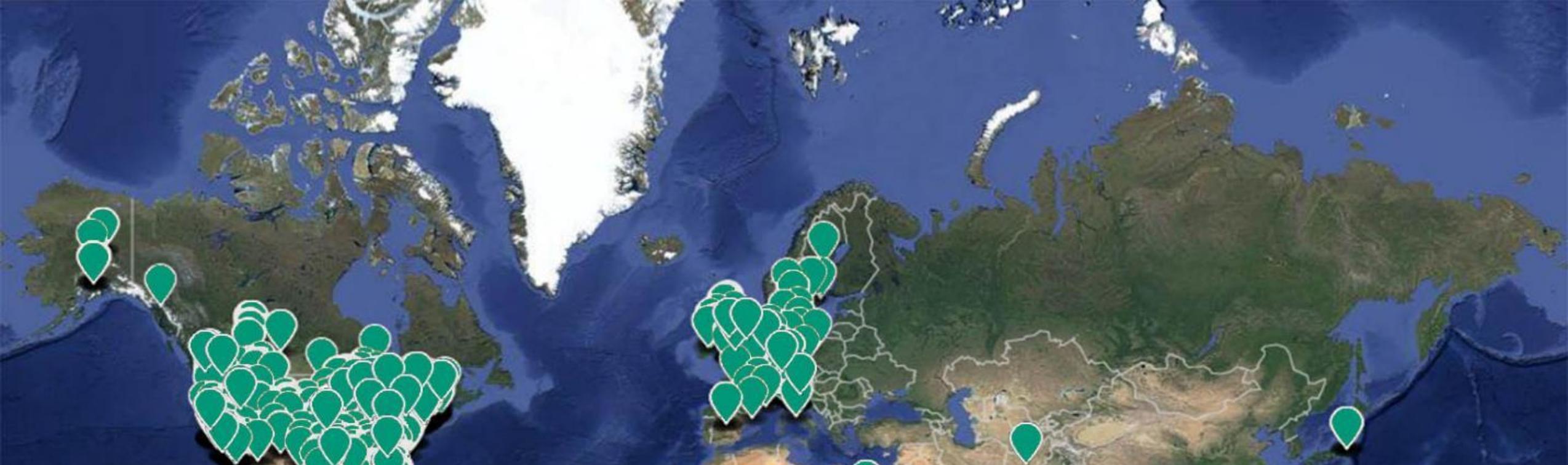
■ Ireland, UK, Denmark, Norway, Sweden, Finland, Baltic States

■ Poland

■ France, Benelux, Germany, Austria, Czech Republic

■ Italy, Switzerland, Spain, Portugal





- **20+** ANNI
- **28.000** SITI
- **IN TUTTO IL MONDO**

# IL NOSTRO APPROCCIO

**“Your engineers provide solid information and backup for your technical assessments of sites; your products work; your company provides excellent case studies to compare and evaluate”.**

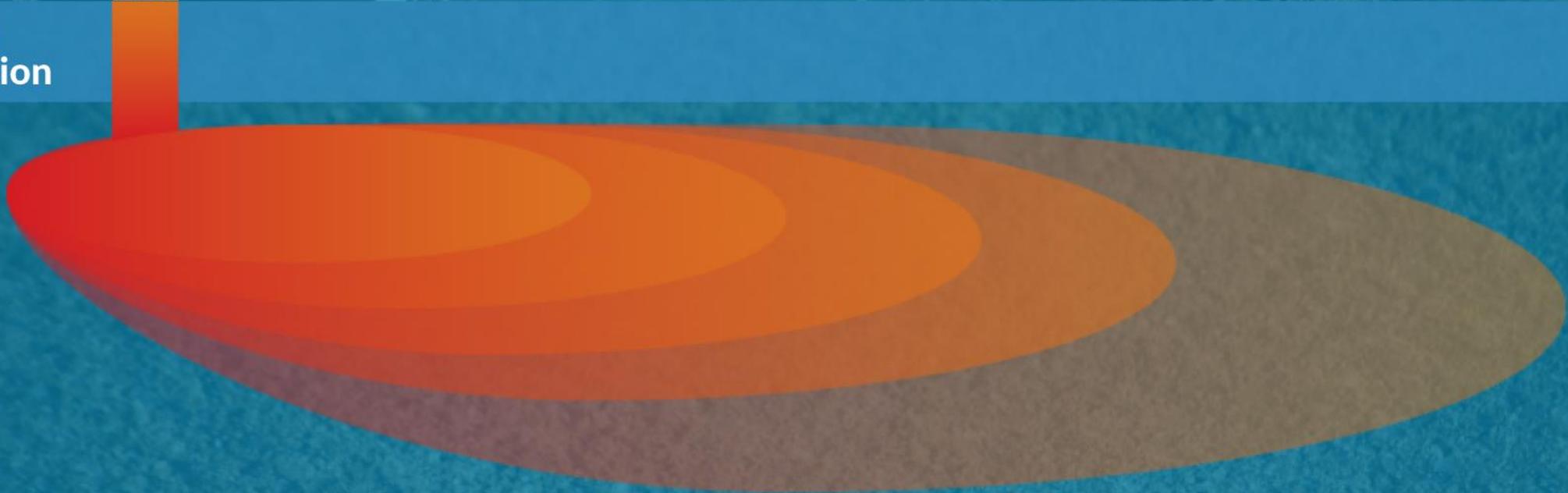
**Yen-Vy Van,  
Senior  
Hydrogeologist  
Maul Foster Alongi**

# OUR PROCESS

We support you through all phases of the remediation project including:



Site  
Evaluation



# OUR PROCESS

We support you through all phases of the remediation project including:



Site  
Evaluation



Technology  
Selection

# OUR PROCESS

We support you through all phases of the remediation project including:



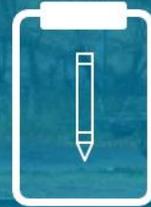
Site  
Evaluation



Technology  
Selection



Remedial  
Design



# OUR PROCESS

We support you through all phases of the remediation project including:



Site  
Evaluation



Technology  
Selection



Remedial  
Design



Product  
Implementation

# OUR PROCESS

We support you through all phases of the remediation project including:



Site  
Evaluation



Technology  
Selection



Remedial  
Design



Product  
Implementation



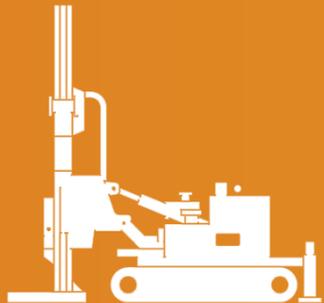
Post  
Evaluation

# TECNOLOGIE DI BONIFICA OFFERTE

**Processi di bonifica:**

**Ossidazione chimica in situ (ISCO), Riduzione chimica in situ (ISCR), Bioaugmentation, Adsorbimento in situ & Biodegradazione, Biodegradazione potenziata aerobica o anaerobica, Immobilizzazione, Desorbimento.**

**INIEZIONI DIRECT PUSH**



**PERFORAZIONI ORIZZONTALI**



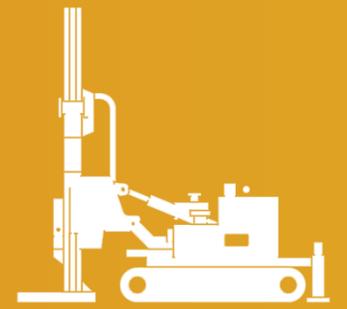
**APPLICAZIONE IN POZZI**



**ESCAVAZIONE**



# INIEZIONI DIRECT PUSH



# INIEZIONE IN POZZI



# APPLICAZIONE DIRETTA IN SCAVO



# MISCELAZIONE EX-SITU





Ferro zero-valente colloidale solfurato per  
il trattamento delle acque di falda

# Cos'è la riduzione chimica in situ (ISCR)?

- Termine utilizzato da anni '90
- Categoria di tecnologie di bonifica in situ acque di falda dove il trattamento avviene principalmente per riduzione chimica dei contaminanti
- Enfasi sulla riduzione abiotica:
  - Agente riducente fornisce elettroni
  - Contaminante riceve elettroni: TCE perde Cl, acquista H
- Può avvenire naturalmente, quando stimoliamo biodegradazione anaerobica o con aggiunta di forti riducenti chimici

# Cos'è il ferro zero-valente (ZVI)?

- Forte riducente "ingegnerizzato"
- Ferro esiste tipicamente come ossidi di  $\text{Fe}^2$  e  $\text{Fe}^3$
- $\text{Fe}^0$  viene prodotto industrialmente per essere reattivo

## In cosa cerchiamo di migliorare?

- ZVI utilizzato sin da anni '90
- Risolvere problematiche di:
  - Reattività
  - Persistenza
  - Distribuzione
  - Facilità di utilizzo
- Ottenendo significativi miglioramenti in efficacia, utilità e costi

Prodotto ingegnerizzato a base di ferro zero-valente:

- Colloidale – particelle  $<5\mu\text{m}$
- Rivestimento particelle con solfurazione
- Sospensione in glicerolo

Questa combinazione consente:

- Riduzione abiotica
- Biodegradazione potenziata da ISCR



## Benefici:

- Riduzione sottoprodotti
- Distribuzione ineguagliabile nell'acquifero
- Facilità di utilizzo – no necessità guar gum, evita fratturazione, consente iniezione a bassa pressione
- Maggiore reattività con i contaminanti (10-30x rispetto a comuni ZVI)
- Maggiore persistenza grazie a minima reattività con acqua



# Contaminanti trattabili:

## Lavanderie

- PCE utilizzato come agente di pulizia
- Lavanderie avevano perdite, smaltimento improprio



## Stabilimenti industriali attivi e dismessi

- PCE, TCE, 1,1,1-TCA (sgrassaggio, pulizia)
- Pesticidi (es. Lindano)
- Rigenerazione, lavorazione dei metalli
- Prodotti elettronici, adesivi



## Insedimenti aerospaziali / militari

- Agenti di pulizia per aerei, armi, etc.
- Contaminanti energetici – Gruppo funzionale nitro-riducibile

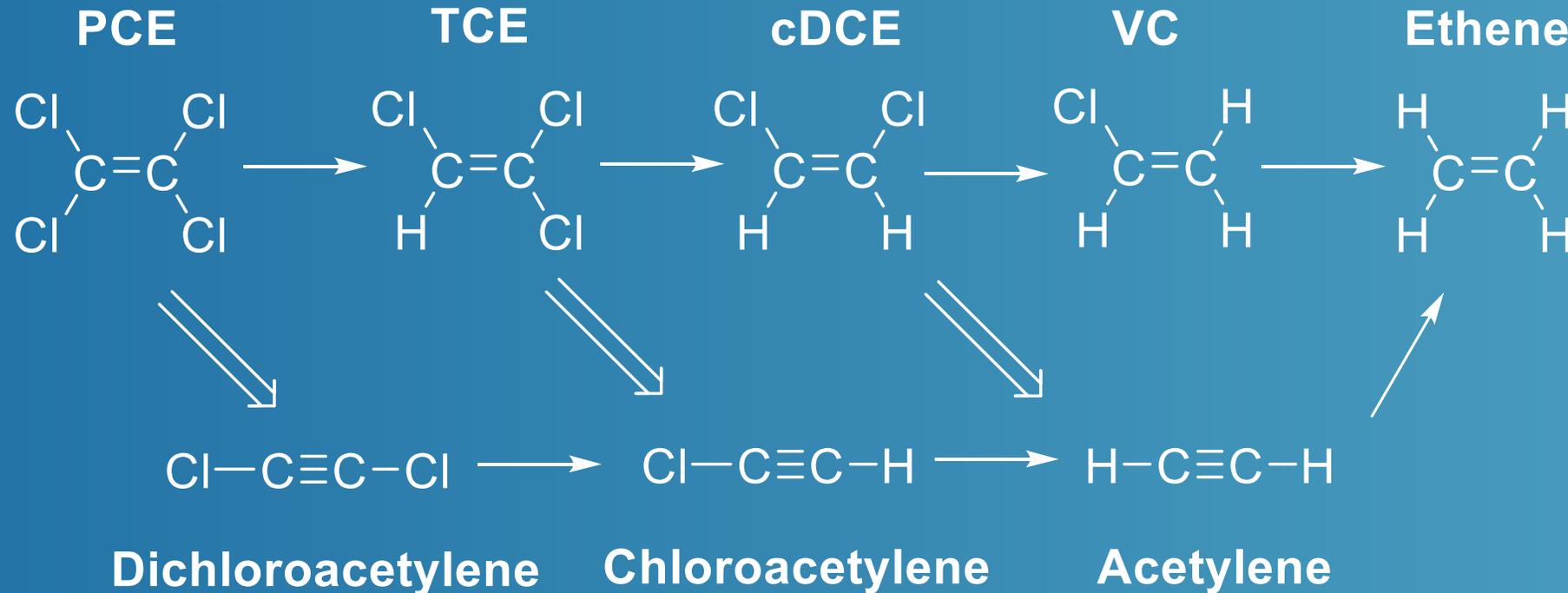


# REQUISITI PER UN TRATTAMENTO *IN SITU* DI SUCCESSO



# REATTIVITÀ: RIDUZIONE CHIMICA (ABIOTICA):

Percorso di reazione può by-passare sottoprodotti tossici



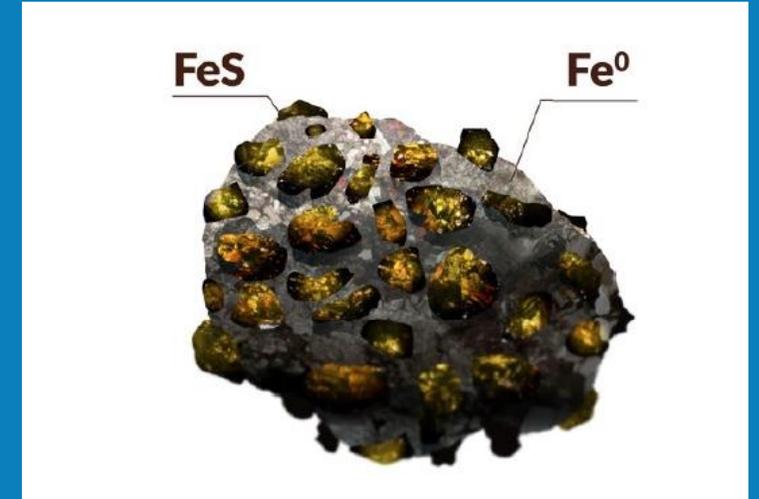
# 1) REATTIVITÀ - SOLFURAZIONE

ZVI reagisce anche con acqua =  $H_2$

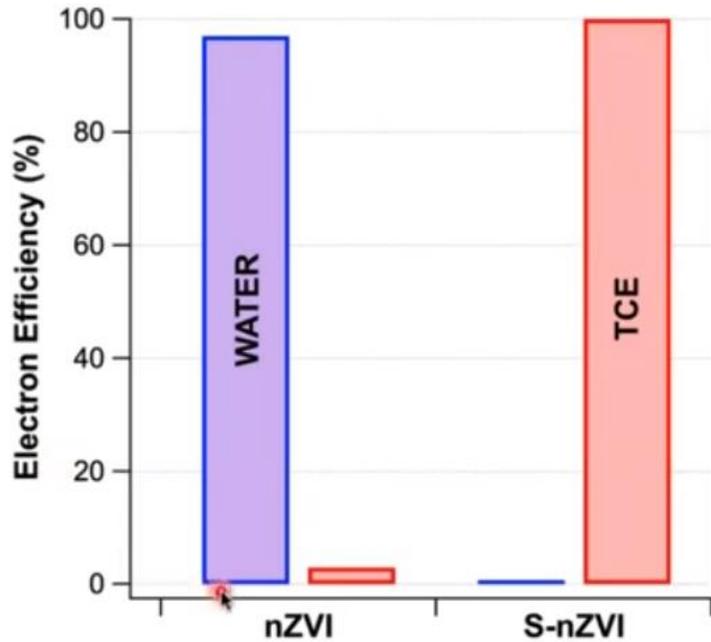
- Conseguenze:
  - Passivazione
  - Minore persistenza
  - Minore trattamento dei contaminanti

Soluzione = Solfurare la superficie del ZVI

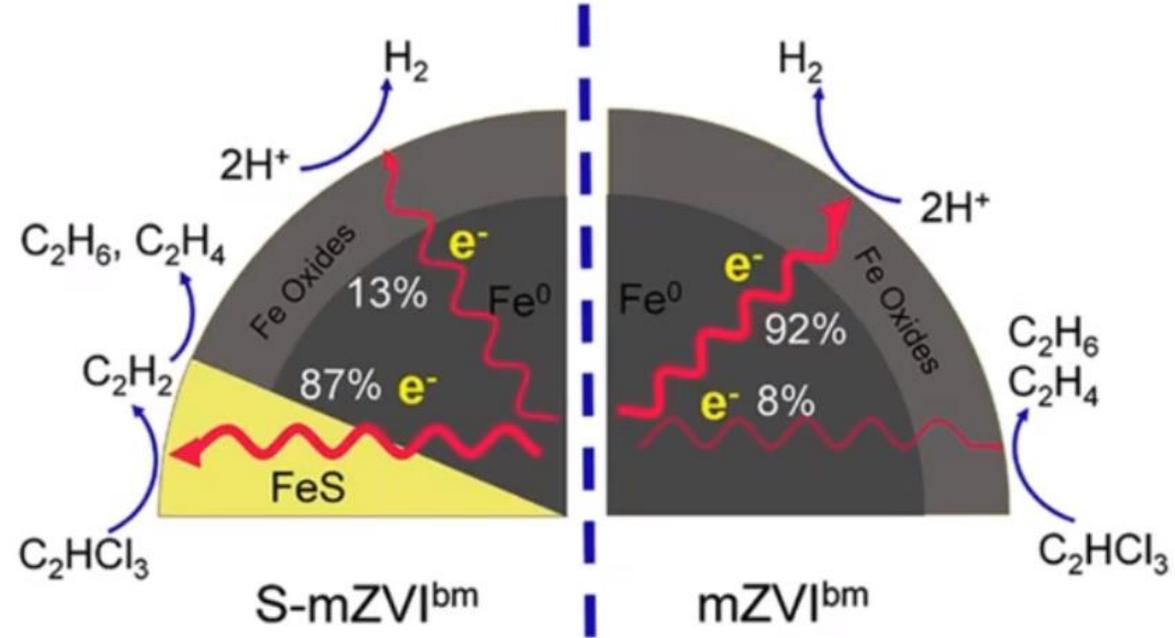
- Rivestire la superficie della particella ZVI con solfuro di ferro
- Incremento della Efficienza degli Elettroni (EE):
  - Minimizza reattività con acqua
  - Massimizza reattività con i contaminanti
- Solfurazione potenzia reattività con cloroetileni



# 1) REATTIVITÀ - SOLFURAZIONE



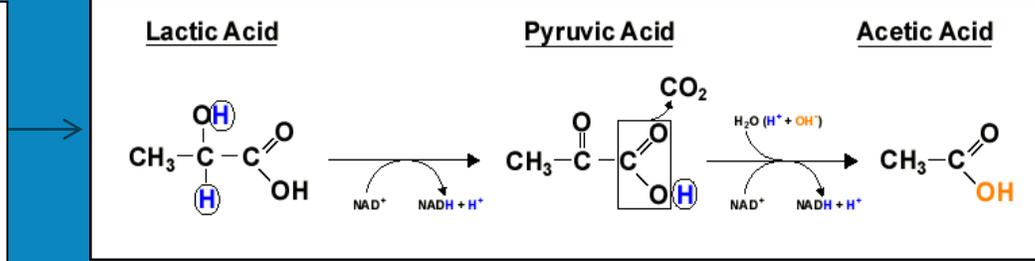
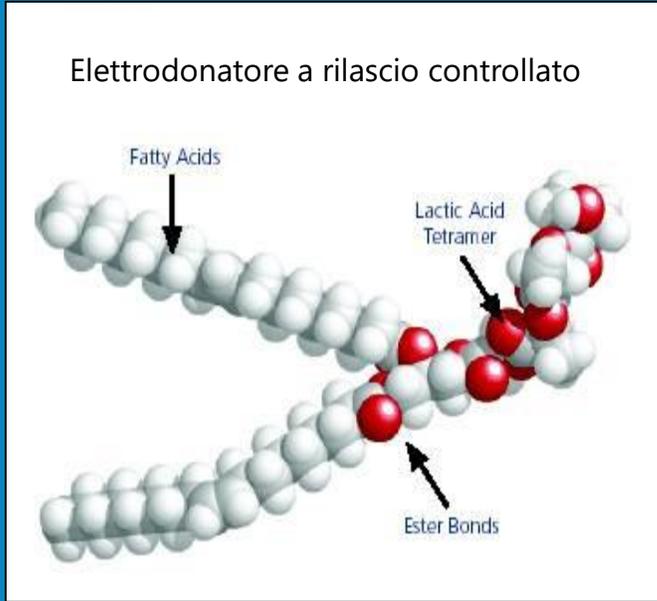
Fan, O'Brien, et al. (2016)  
Env. Sci. Technol. 50: 9558-9565  
*Sulfidation of nZVI for Improved Selectivity during ISCR*



Gu, Wang, He, et al. (2017)  
Env. Sci. Technol. 51: 12653-12662  
*Mechanochemically Sulfidated mZVI: Pathways, Kinetics, Mechanisms, Selectivity*

From Dr Paul Tratnyek, Oregon Health and Science University

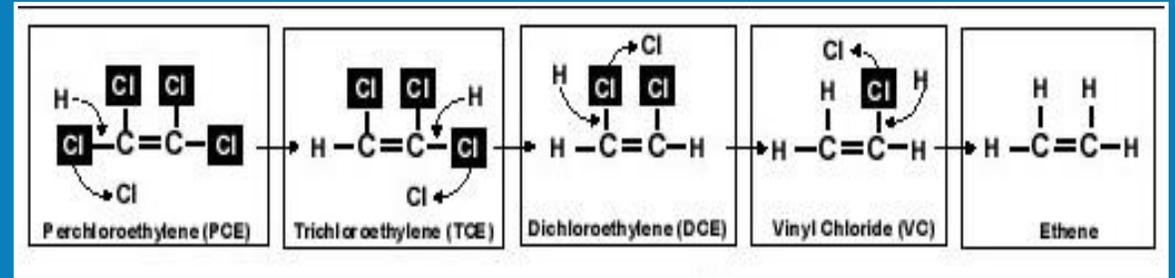
# 1) REATTIVITÀ: Biodegradazione assistita da ISCR



Fermentazione

Dissoluzione

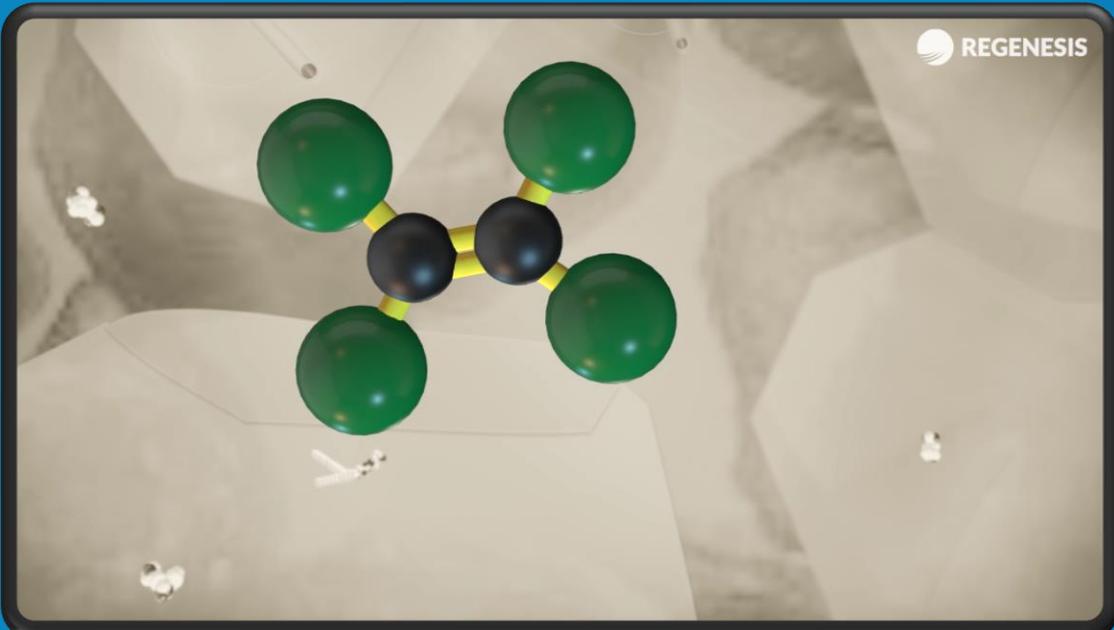
Idrogenolisi



PCE → TCE → DCE → VC → Ethene

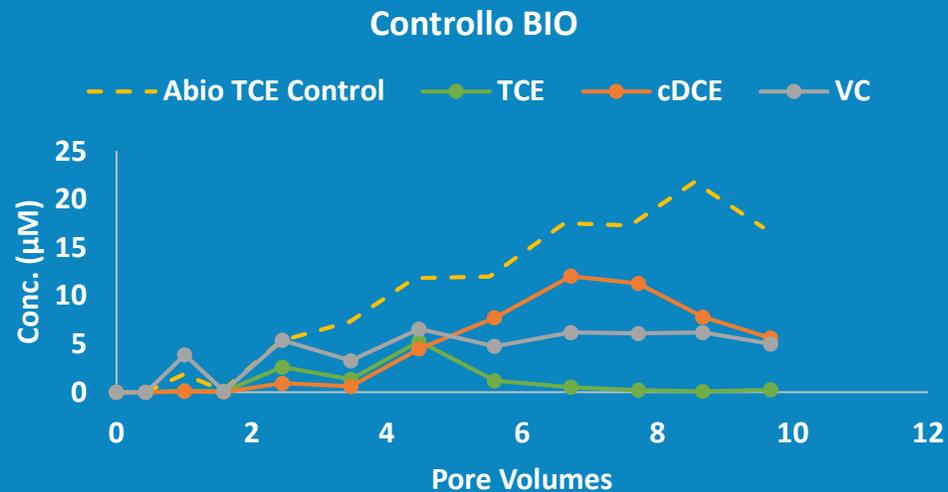
## Potenziamento con ISCR

- Formazione rapida condizioni anaerobiche
- Rimozione ossigeno disciolto
- Glicerolo fornisce idrogeno disciolto
- In grado di trattare masse consistenti – distruzione abiotica dei composti primari



# REATTIVITÀ: BIODEGRADAZIONE ASSISTITA DA ISCR

## COLONNA BIO

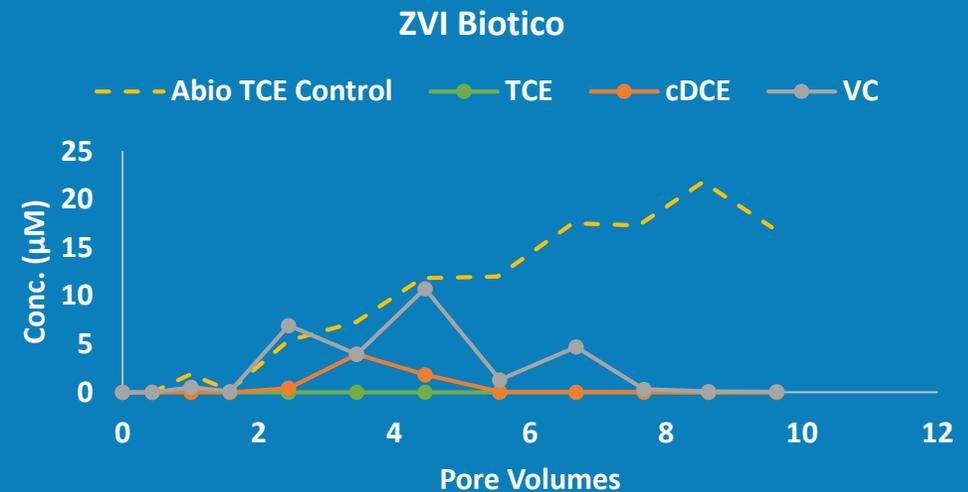


**TCE rimosso in 7 settimane**

**Picco sottoprodotti a settimana 7**

**10 µM di sottoprodotti a settimana 10**

## COLONNA BIO+ISCR



**TCE rimosso immediatamente**

**Picco sottoprodotti a settimana 5**

**No contaminanti a settimana 10**

## 2) DISTRIBUZIONE: **SOSPENSIONI DI ZVI COLLOIDALE**

### PARTICELLE ZVI DI PICCOLE DIMENSIONI

- Piccole particelle ZVI rimangono in sospensione
- Una migliore sospensione aiuta iniettabilità e distribuzione

### PARTICELLE ZVI DI GRANDI DIMENSIONI

- Particelle ZVI grandi sedimentano – difficile sospensione
- Necessità di addensanti (guar)
- Richiesta miscelazione aggressiva

**<5 micron S-MicroZVI in acqua**



**40 micron ZVI in acqua**

## 2) DISTRIBUZIONE: MISCELAZIONE E INIEZIONE

**Caratteristiche del ferro colloidale**



**Caratteristiche del ferro a microscala**



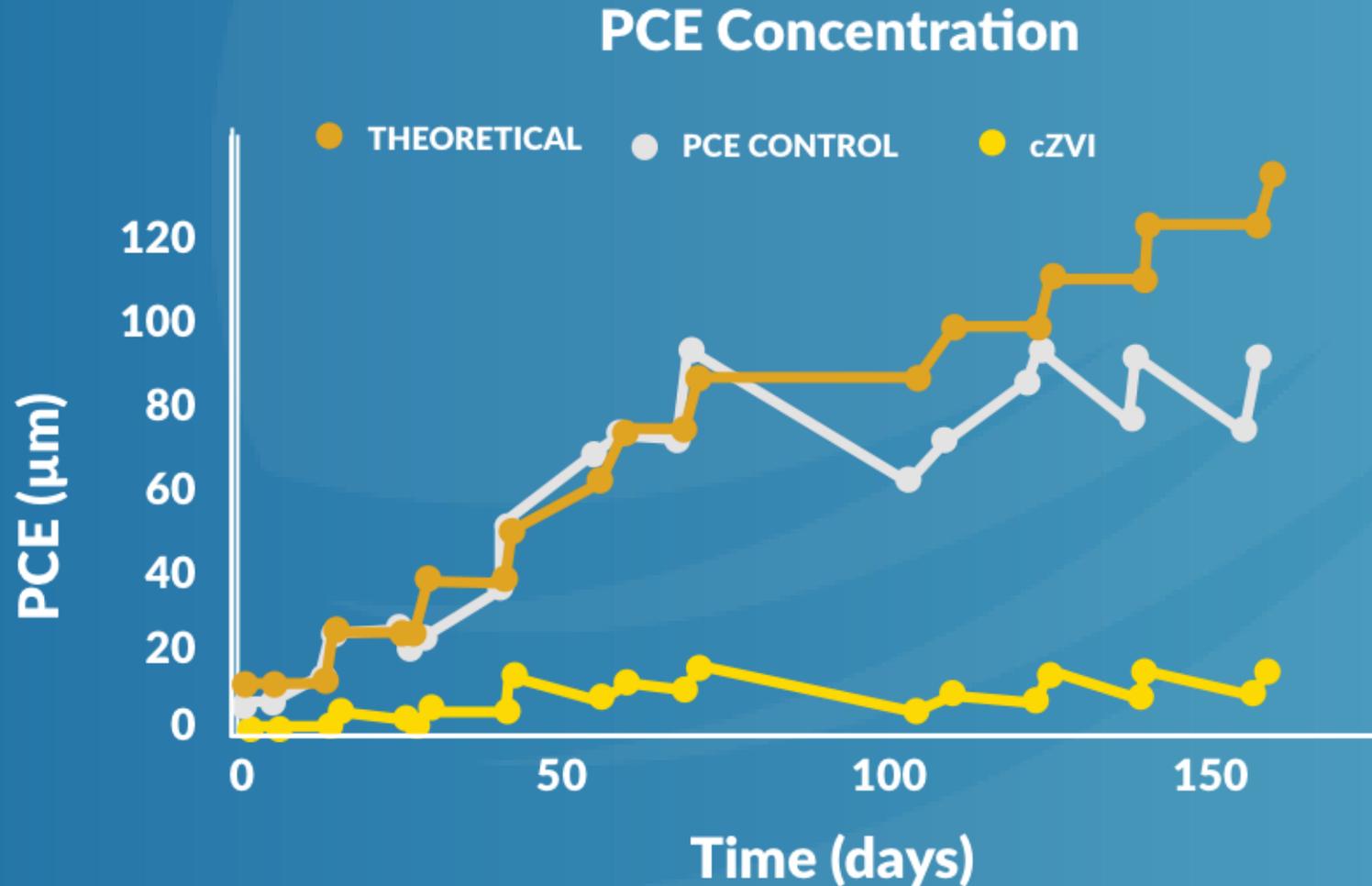
### 3) FACILITÀ DI UTILIZZO

- Sospensione fluida fornita in fusti da 200 L
- Pompata o versata nel tank di miscelazione e diluita
- Attrezzatura semplice di miscelazione e pompaggio
- Sicuro all'uso
- No attrezzatura movimentazione polveri
- No polveri nè rischi di esplosione
- No slurry densi da fratturare nell'acquifero

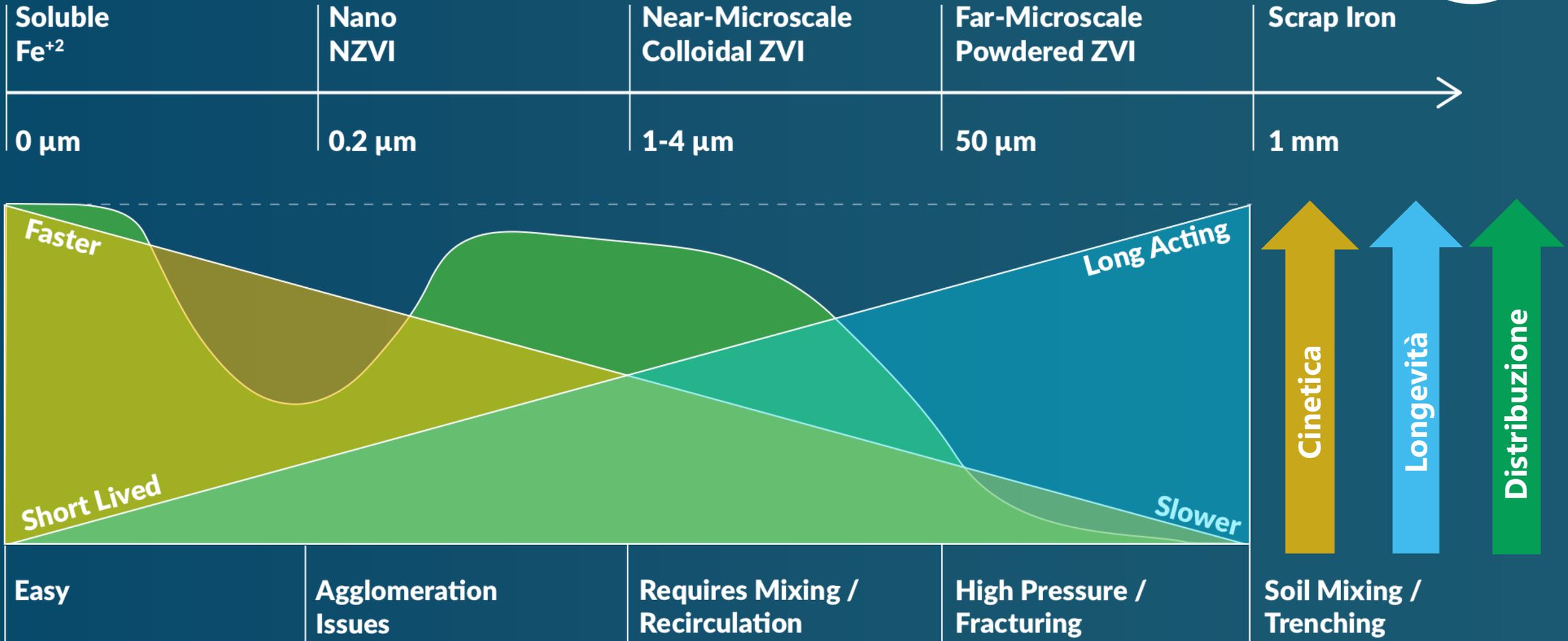


## 4) PERSISTENZA

- Miglioramento EE da solfurazione
- Riduzione della passivazione



# CARATTERISTICHE IN FUNZIONE DIMENSIONE PARTICELLE ZVI



# ESEMPI DI PRODOTTI ZVI IN COMMERCIO

## ZVI – Da particelle più piccole a grandi

- Solubile
- NZVI

---

- ZVI colloidale
  - S-MicroZVI

---

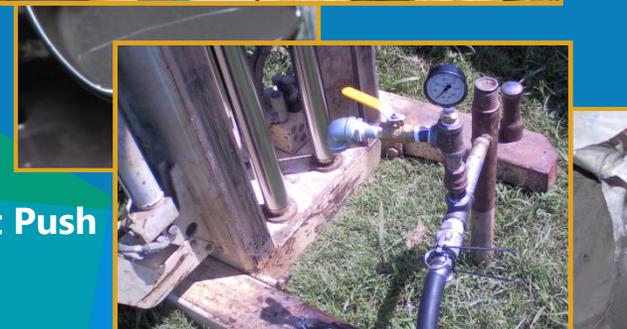
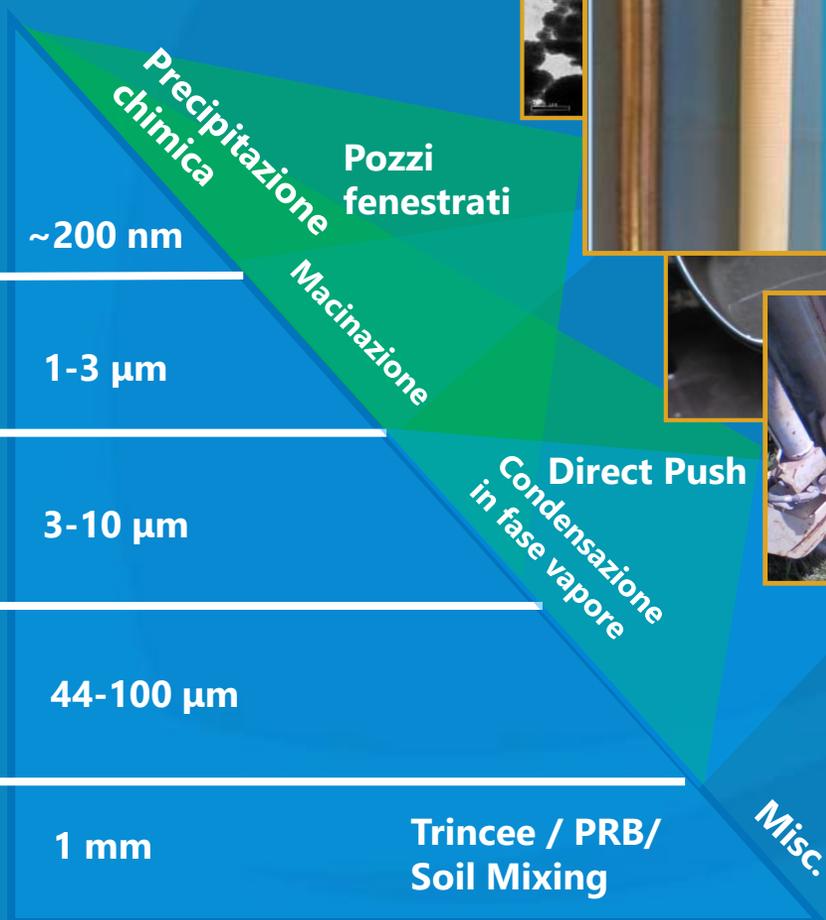
- ZVI - prodotto di base
  - Diversi fornitori

---

- ZVI – prodotto di base
  - Diversi fornitori

---

- Ghisa / rottami ferrosi



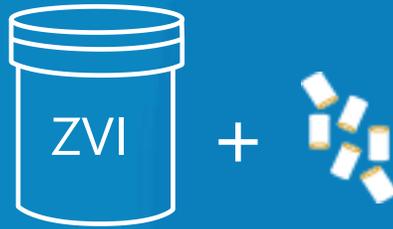
# Opzioni di applicazione

Opzione 1



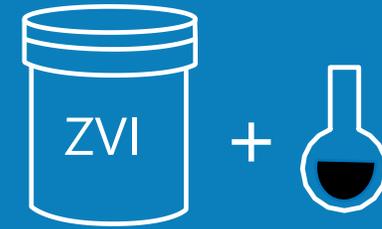
S-Micro ZVI  
da solo

Opzione 2



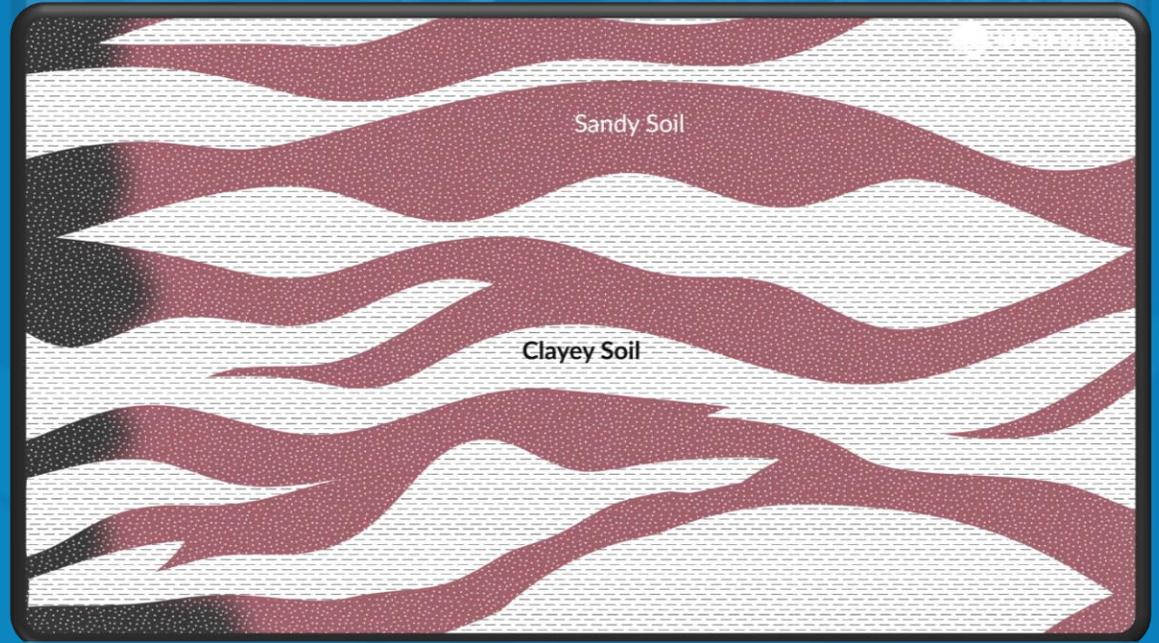
Con elettrodonatori  
organici  
(e batteri)

Opzione 3



Con carbone  
attivo colloidale

# Example Sites: UK

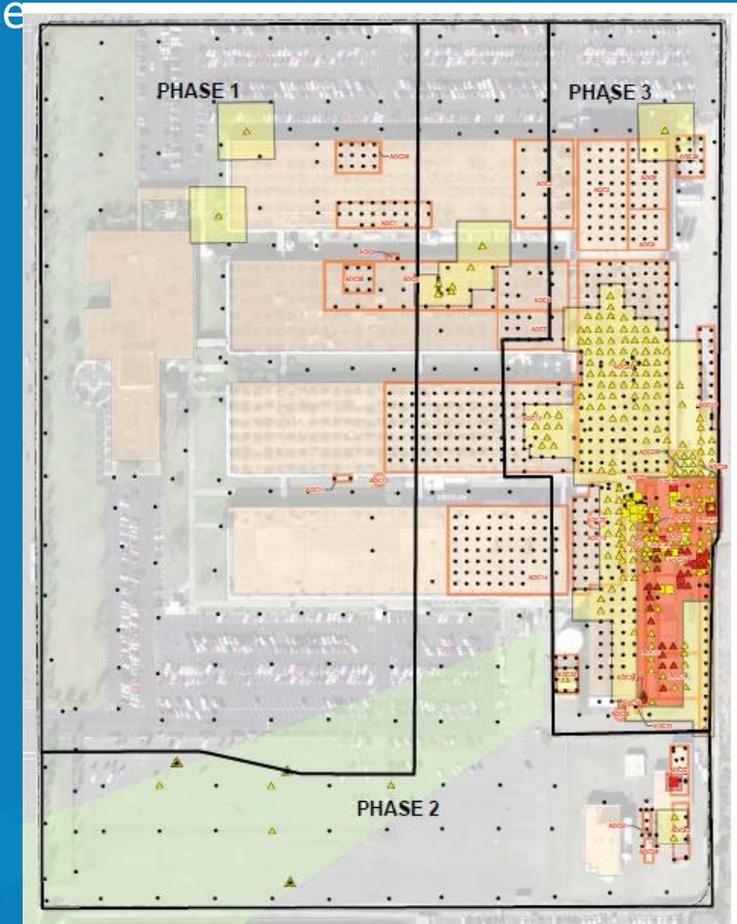


# Example Sites: Italy



# Case Study: Southern California Site

- Site was a manufacturer of medical equipment
- TCE used onsite and historic spillages and leaks caused groundwater plume (also come PCE, 1,1-DCE and 1,2-DCA – but were not driving a risk)
- Remediation required for land transaction
- Low-medium permeability sands/silty sands
- Prior injections of ZVI using high pressure fracturing had failed due to excessive daylighting
- 25,000 kg S-MicroZVI injected at 3-15L/min
  - 37 injection points
  - Into 10 points simultaneously
  - Low pressure injection (<5 bar)
  - Approx 5m spacing
  - Vertical thickness 3-30mBGL
- No fracturing
- No daylighting observed



# Case Study: Application



Bottom-up injection tool with un-retracted sheath



Bottom-up injection tool with retracted sheath

# Case Study: Results

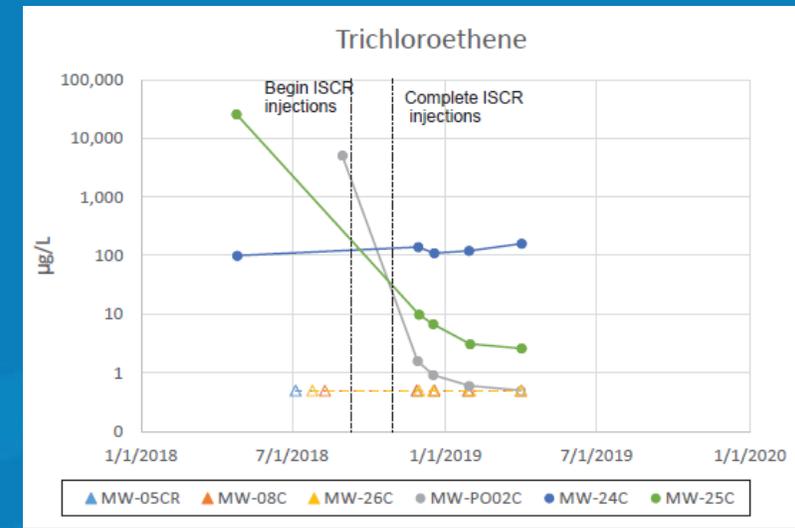
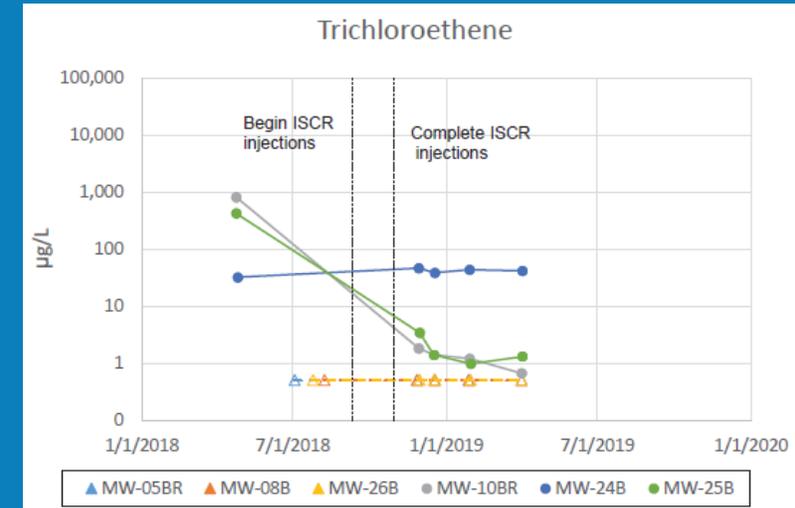
## MW-25

Injection depth (mBGL)	Baseline TCE ( $\mu\text{g/L}$ )	6 months ( $\mu\text{g/L}$ )	% Reduction
3-11	20,000	7.3	99.96%
11-16	420	1.3	99.71%
16-23	26,000	2.6	99.99%
23-30	2300	51	97.78%

## MW-10

Injection depth (mBGL)	Baseline TCE ( $\mu\text{g/L}$ )	6 months ( $\mu\text{g/L}$ )	% Reduction
3-11	320	82	74.38%
11-16	810	0.7	99.91%
16-23	5100	ND	100%
23-30	0.73	ND	100%

- Site sold
- Validation will continue for a further 18 months



# Conclusioni



- S-MicroZVI efficiente per un ampio range di contaminanti, in particolare solventi clorurati
- Combinazione ineguagliabile di:
  - Reattività
  - Persistenza
  - Distribuzione
  - Facilità di utilizzo
- Può trattare elevate concentrazioni
- Può integrarsi con substrati elettrodonatori e carbone attivo colloidale

# WE'RE HERE TO HELP YOU

## FIND THE RIGHT SOLUTION FOR YOUR SITE



**Gareth Leonard**  
**Managing Director, Europe**  
gleonard@regenesisc.com  
+44 7966 010386

**Ing. Mariangela Donati**  
**Mediterranean District Manager**  
mdonati@regenesisc.com  
+39 338 8717925



# DOMANDE