



**REMTECH EXPO**

**REMTECH**

# IL PROBLEMA DELLA CONTAMINAZIONE DA MTBE NEGLI ACQUIFERI ITALIANI: UN CASO DI STUDIO

*dott. Ruggero Arciello MARES S.r.l.*

## **TECNOLOGIA DI BONIFICA DELLE ACQUE CONTAMINATE**

19 settembre 2019

*RemTech Expo 2019 (18, 19, 20 settembre) FerraraFiere*

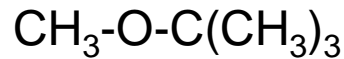
[www.remtechexpo.com](http://www.remtechexpo.com)



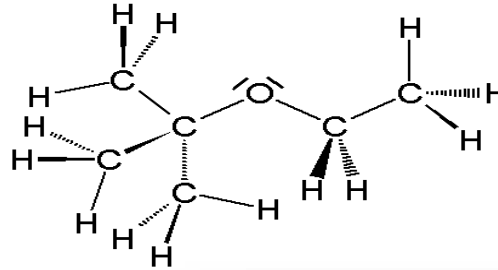
## L' MTBE:

*L' MTBE (Metil-ter-Butil Etere) è un composto organico di sintesi, impiegato dagli anni settanta come additivo per la benzina per aumentarne il numero di ottano in sostituzione del piombo tetraetile.*

Formula bruta



Formula di struttura



**LIMITE ex D.M. 31/15, PROPOSTO DALL'ISS:**

40 µg/l

**CSR:** si attestano su valori delle migliaia di µg/l

Proprietà	Valore
Peso molecolare [g/mol]	88,15
Densità [kg/l]	0,744
Punto di ebollizione [°C]	55,2
Punto di fusione [°C]	245-256
Pressione di vapore a 25°C [mmHg]	245 – 256
Solubilità in acqua [mg/l]	45000-51000
Costante di Henry a 20°C	0,018
Log K <sub>oc</sub>	1,0-1,1
Log K <sub>ow</sub> a 25°C [mmHg]	1,24
Numero di ottano	110

## CRITICITÀ MTBE:

La presenza dell'MTBE nelle acque di falda è un problema ben noto per chi si occupa della bonifica dei siti contaminati.

Il limite imposto dalla normativa italiana (sancito dal D.M. 31/15 nella Tabella 2 dell'Allegato 1, con il valore di 40 µg/l proposto dall'ISS), unitamente alle sue caratteristiche chimico fisiche di scarsa disponibilità all'adsorbimento sulla materia solida, di notevole solubilità e ridotta degradabilità lo rendono un composto persistente nella fase disciolta in acqua, ed è presente quindi spesso come coda di contaminazione residuale nelle attività di bonifica.

L'approccio metodologico/normativo in uso in Italia consente l'applicazione della procedura di Analisi di Rischio sito-specifica solo ad una limitata porzione di territorio, usualmente coincidente con i confini catastali o di proprietà che vengono identificati con il concetto di «sito». Al di fuori di tali confini, il limite da trarre è quello tabellare.

Vengono nel seguito descritte le attività di bonifica condotte e ancora in corso presso un PV carburanti, da cui si prende spunto per alcune riflessioni in merito ai limiti insiti nell'approccio normativo attuale.

# **APPLICAZIONE E LIMITI NELLA NORMATIVA ITALIANA:**

## **DEFINIZIONI AI SENSI DEL D.LGS. 152/06**

**SITO**: *l'area o porzione di territorio, geograficamente definita e determinata, intesa nelle diverse matrici ambientali (suolo, materiali di riporto, sottosuolo ed acque sotterranee) e comprensiva delle eventuali strutture edilizie e impiantistiche presenti (art. 240 c. a).*

**SITO POTENZIALMENTE CONTAMINATO**: *un sito nel quale uno o più valori di concentrazione delle sostanze inquinanti rilevati nelle matrici ambientali risultino superiori ai valori di concentrazione soglia di contaminazione (CSC), in attesa di espletare le operazioni di caratterizzazione e di analisi di rischio sanitario e ambientale sito specifica, che ne permettano di determinare lo stato o meno di contaminazione sulla base delle concentrazioni soglia di rischio (CSR) (art. 240 c. d).*

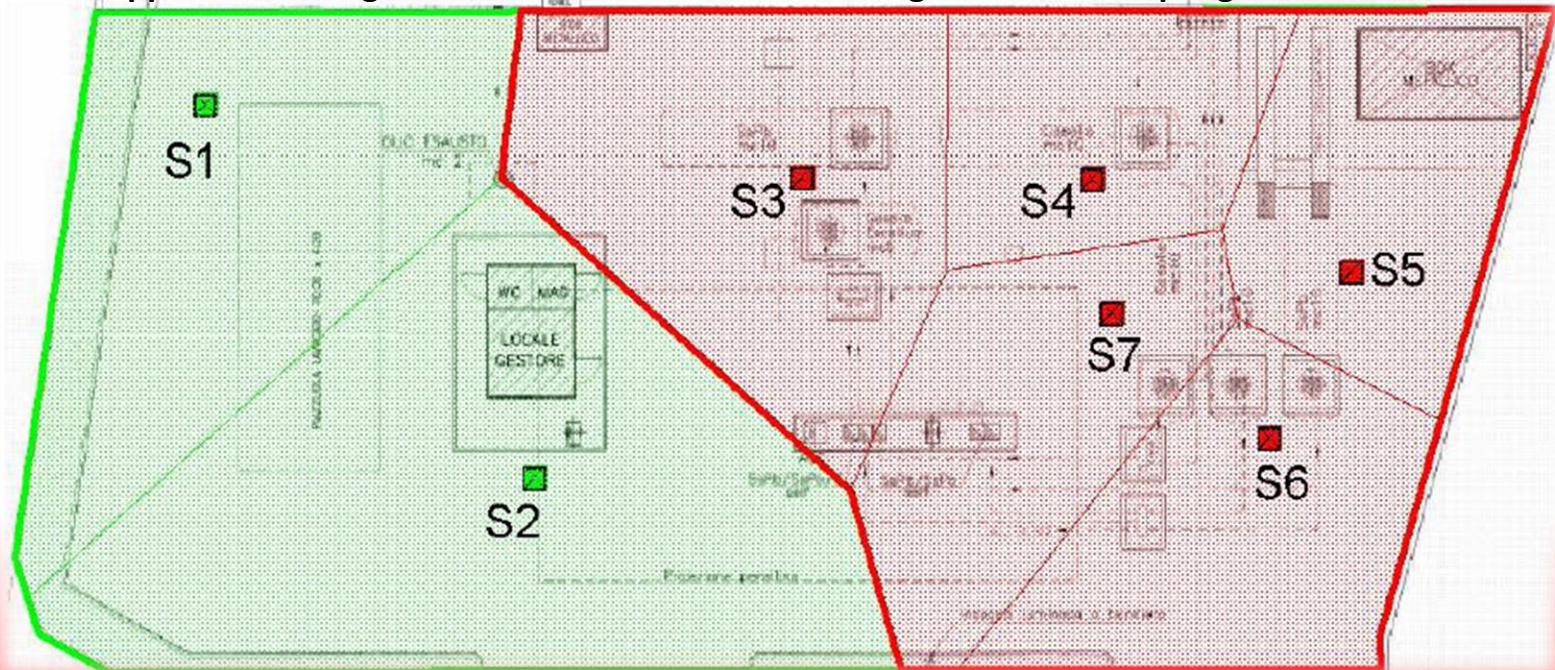
**SITO CONTAMINATO**: *un sito nel quale i valori delle concentrazioni soglia di rischio (CSR), determinati con l'applicazione della procedura di analisi di rischio di cui all'Allegato 1 alla parte quarta del presente decreto sulla base dei risultati del piano di caratterizzazione, risultano superati (art. 240 c. e).*

# **APPLICAZIONE E LIMITI DELL'ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA:**

*Nell'Appendice V dei Criteri APAT la geometria della sorgente di contaminazione è definita con l'utilizzo dei poligoni di Thiessen «tagliati» ai confini dell'area di proprietà.*

*Per il calcolo delle CSR, la definizione delle sorgente, con riferimento alle acque sotterranee, deve essere effettuata all'interno dell'area di proprietà.*

**Appendice V – Figura V.4.1-2 Delimitazione della sorgente secondo i poligoni di Thiessen**



*Appendice V, par. V.4.1: «Per il calcolo delle CSR, la delimitazione delle sorgenti, con riferimento alle acque sotterranee, deve essere effettuata all'interno dell'area di proprietà».*



## **ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA: Punto di conformità (PoC)**

**DEFINIZIONE AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 al momento dell'emissione:**

**PUNTO DI CONFORMITÀ per le acque sotterranee:** rappresenta il punto fra la sorgente ed il punto di esposizione, dove le concentrazioni delle sostanze contaminanti nelle acque sotterranee devono essere minori delle CSR calcolate con l'analisi di rischio. Tale punto non può essere preso in modo generalizzato, dipendendo dalle caratteristiche del sito e dalla destinazione d'uso delle aree interessate secondo i vigenti strumenti urbanistici. Esso dovrà essere necessariamente al di fuori del sito contaminato, indicativamente ad una distanza variabile tra 50 e 500 metri dalla sorgente di contaminazione.

### **RIPENSAMENTO DOPO DUE ANNI:**

**DEFINIZIONE AI SENSI DEL D.LGS. 04/08**

**PUNTO DI CONFORMITÀ per le acque sotterranee:** rappresenta il punto a valle idrogeologico della sorgente al quale deve essere garantito il ripristino dello stato originale (ecologico, chimico e/o quantitativo) del corpo idrico sotterraneo, onde consentire tutti i suoi usi potenziali (...). Pertanto in attuazione del principio generale di precauzione, il punto di conformità deve essere di norma fissato non oltre i confini del sito contaminato oggetto di bonifica e la relativa CSR per ciascun contaminante deve essere fissata equivalente alle CSC (...).

## **INQUADRAMENTO DEL SITO IN ESAME**



*PV carburanti attivo ubicato nel nord Italia a circa 600 m da un grande lago alpino in un contesto residenziale*

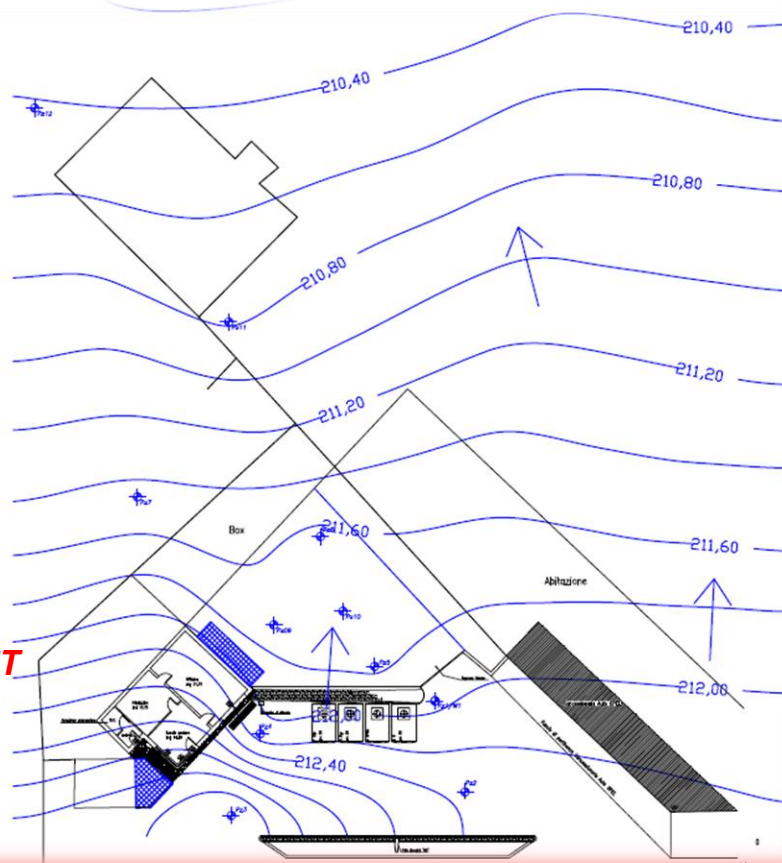
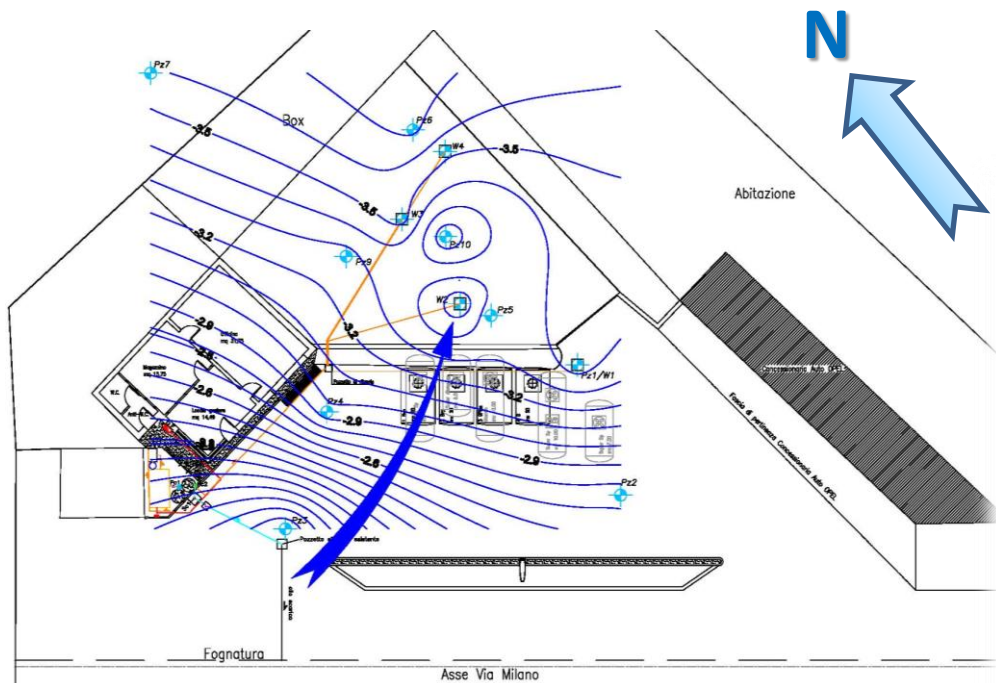


*L'area è caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali, fluviali e fluvioglaciali costituiti da sabbie fini e sabbie limose di origine fluviale e lacustre.*

*Il procedimento ambientale è stato avviato nel 2006.*



# DIREZIONE E CARATTERISTICHE DELLA FALDA ACQUIFERA

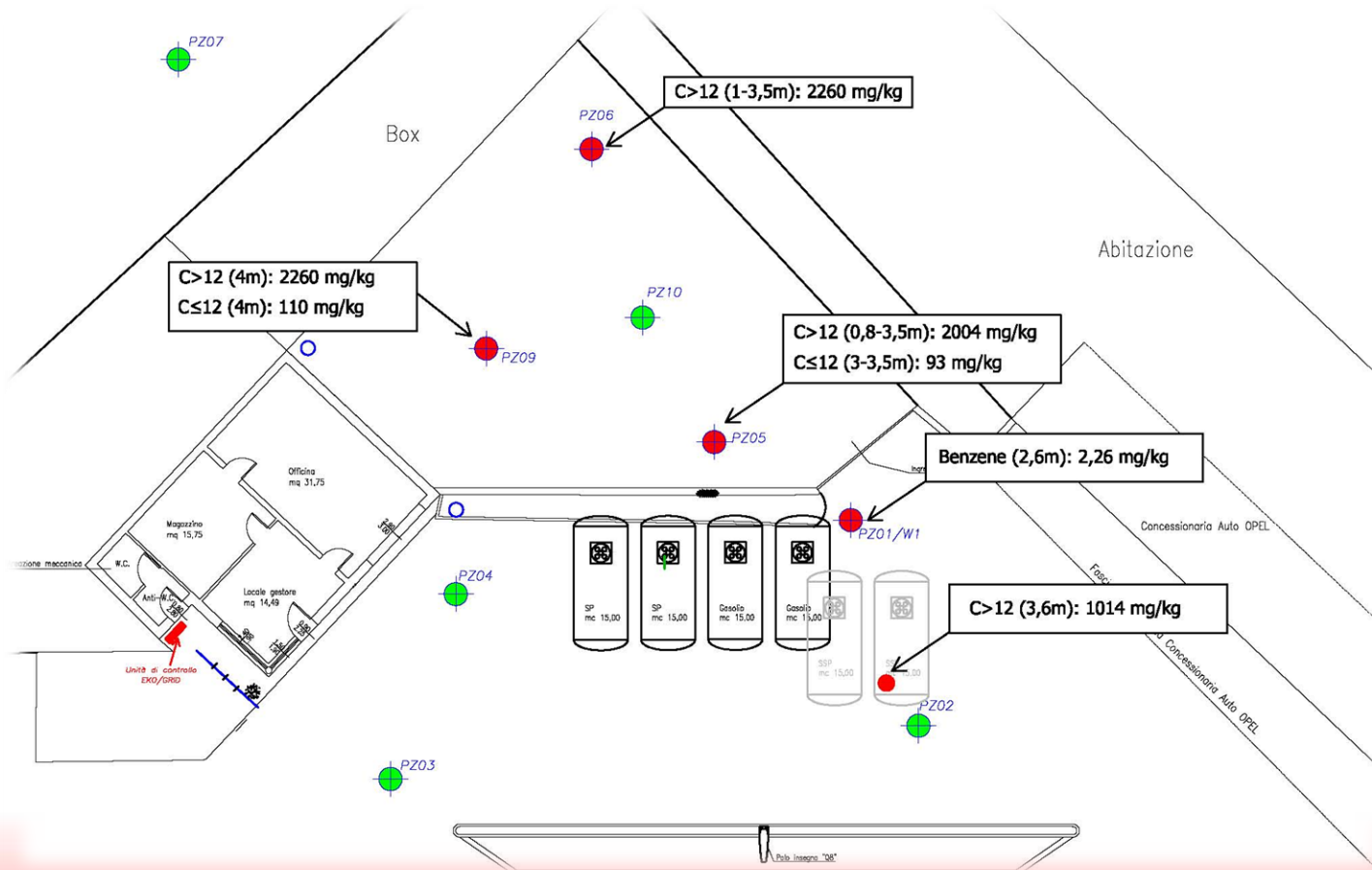


Piezometro	Black (1978) (m/s)	Bouwer e Rice (1976) (m/s)	Hvorslev (1951) (m/s)
Pz4	$8,23 \cdot 10^{-7}$	$7,98 \cdot 10^{-7}$	$8,91 \cdot 10^{-7}$
Pz10	$1,16 \cdot 10^{-6}$	$1,22 \cdot 10^{-6}$	$1,18 \cdot 10^{-6}$
Valore medio			$1,01 \cdot 10^{-6}$

**SLUG TEST**

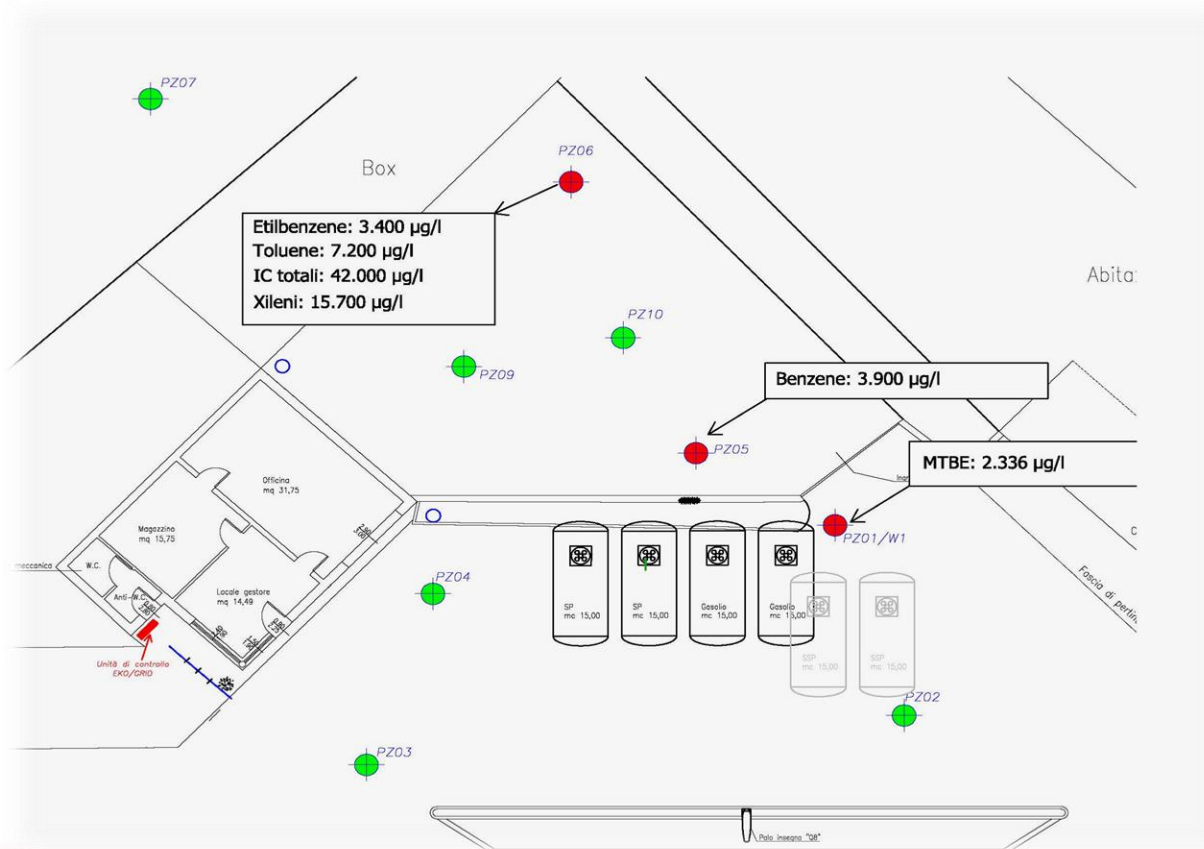
*Direzione principale della falda: SW-NE*  
*Range soggiacenza della falda: 1,9 – 3,5 m da p.c.*  
*Conducibilità idraulica:  $3,6 \cdot 10^{-6}$  m/s*

# POTENZIALE CONTAMINAZIONE TERRENI INSATURI



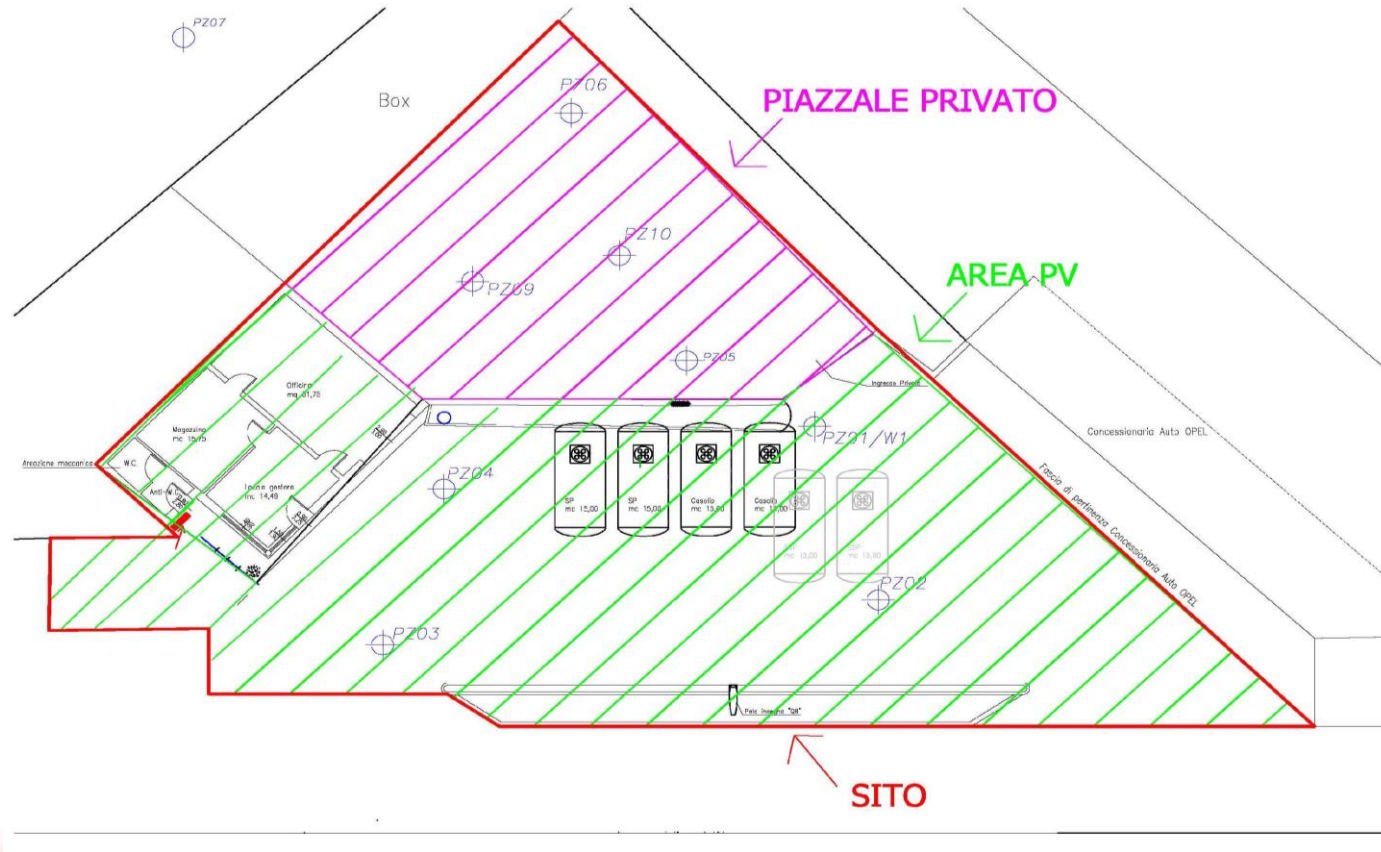
*Profondità contaminazione nell'insaturo: 1,0 - 3,6 m da p.c.*  
**ESTENSIONE AREA CONTAMINATA: 240 m<sup>2</sup>**

# POTENZIALE CONTAMINAZIONE INIZIALE ACQUE DI FALDA



**ESTENSIONE AREA CONTAMINATA: 290 m<sup>2</sup>**

# PLANIMETRIA DEL «SITO»



**IN FASE DI APPROVAZIONE DELL'ADR GLI ENTI HANNO ACCONSENITTO A CONSIDERARE COME PARTE DEL «SITO POTENZIALMENTE CONTAMINATO» ANCHE UN'AREA LIMITROFA AL CONFINE DI PERTINENZA DEL PV, INTERESSATA DA SUPERAMENTI DELLE CSC PER TERRENI E ACQUE SOTTERRANEE!**

# DEFINIZIONE CSR E OBIETTIVI DI BONIFICA

## Sostanze indicatrici e Obiettivi di bonifica per i terreni

<i>Sostanza indicatrice</i>	<i>Riferimento normativo</i>	<i>u.m.</i>	<i>Obiettivi di bonifica</i>
<i>Benzene</i>	p. 19 Tab. 1	mg/kg	0,41
<i>Etilbenzene</i>	p. 20 Tab. 1	mg/kg	4,67
<i>Xilene</i>	p. 23 Tab. 1	mg/kg	440
<i>Idrocarburi C&lt;12</i> <i>(TPH Alifatici C5-C8; TPH Aromatici C9-C10)</i>	p. 94 Tab. 1	mg/kg	10
<i>Idrocarburi alifatici C9-C18</i>	-	mg/kg	898
<i>Idrocarburi alifatici C19-C36</i>	-	mg/kg	2315
<i>Idrocarburi aromatici C11-C22</i>	-	mg/kg	2315

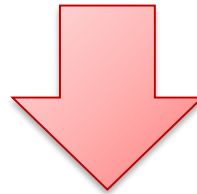
## Sostanze indicatrici e Obiettivi di bonifica per le acque sotterranee

<i>Sostanza indicatrice</i>	<i>Riferimento normativo</i>	<i>u.m.</i>	<i>Obiettivi di bonifica</i>	
			<i>Punti interni al sito</i>	<i>PoC e Punti esterni al sito</i>
<i>Piombo</i>	p.13 Tab. 2	µg/l	n.p.	10
<i>Benzene</i>	p. 24 Tab. 2	µg/l	0,51x10 <sup>3</sup>	1
<i>Etilbenzene</i>	p. 25 Tab. 2	µg/l	15,497x10 <sup>3</sup>	50
<i>Toluene</i>	p. 27 Tab. 2	µg/l	63,703x10 <sup>3</sup>	15
<i>p-Xilene</i>	p. 28 Tab. 2	µg/l	150,705x10 <sup>3</sup>	10
<i>Idrocarburi totali (n-esano)</i>	p. 90 Tab. 2	µg/l	2,76x10 <sup>3</sup>	350
<i>MTBE</i>	-	µg/l	13000x10 <sup>3</sup>	40



# ***TECNOLOGIA DI BONIFICA – FASE I***

*Sottosuolo granulare  
Presenza di falda acquifera a ridotta soggiacenza  
Bassa conducibilità idraulica  
Contaminazione insaturo  
Contaminazione acque di falda  
Concentrazioni in falda anche > saturazione (surnatante)*



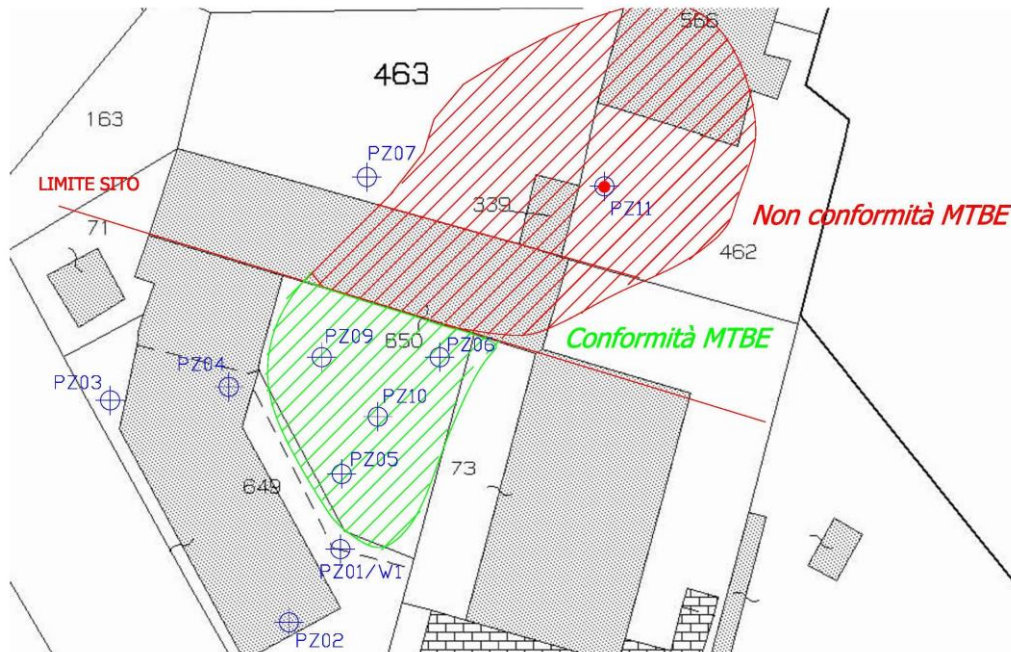
***IMPIANTO DI MULTI PHASE VACUUM EXTRACTION (MPVE)***

# **RISULTATI DELLA BONIFICA – FASE I**

## **Analisi acque iniziale e a fine bonifica con MPVE (2014)**

Punto di prelievo	Campione	Piombo	Benzene	Etilbenzene	Toluene	p-Xilene	Idrocarburi Totali (n-esano)	MTBE
	<u>u.m.</u>	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
	CSR – Analisi di Rischio	<u>n.p.</u>	510	15497	63703	105705	2760	13x10 <sup>6</sup>
	CSC - Tab. 2	10	1	50	15	10	350	40
<b>PZ01</b>	t <sub>0</sub>	0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	103,0	2336
	FINE	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<10	<0,1
<b>PZ02</b>	t <sub>0</sub>	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<10	<0,1
	FINE	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<10	<0,1
<b>PZ03</b>	t <sub>0</sub>	0,3	<0,1	0,2	<0,1	0,4	<10	0,9
	FINE	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<10	<0,1
<b>PZ04</b>	t <sub>0</sub>	0,3	<0,1	0,2	<0,1	0,3	<10	1,1
	FINE	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<10	<0,1
<b>PZ05</b>	t <sub>0</sub>	<0,1	3900	0,3	<0,1	1,0	85,0	9,4
	FINE	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<10	5,2
<b>PZ06</b>	t <sub>0</sub>	1,8	<0,1	3400	7200	15700	42000	523,0
	FINE	2,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<10	<0,1
<b>PZ07</b>	t <sub>0</sub>	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<10	3,5
	FINE	0,4	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<10	<0,1
<b>PZ09</b>	t <sub>0</sub>	0,6	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<10	4,1
	FINE	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<10	<0,1
<b>PZ10</b>	t <sub>0</sub>	0,6	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	40	223,8
	FINE	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<10	72
<b>PZ11</b>	t <sub>0</sub>	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<10	611,2
	FINE	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<10	698,8

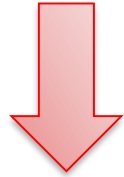
# SITUAZIONE MTBE POST BONIFICA – FASE I



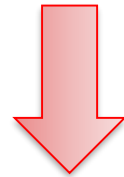
Punto di prelievo	Data di campionamento	MTBE
u.m.		µg/l
CSR – Analisi di Rischio		13x10 <sup>6</sup>
CSC - Tab. 2		40
<b>PZ01</b>	ago '15	<0,1
<b>PZ02</b>	ago '15	0,4
<b>PZ03</b>	ago '15	<0,1
<b>PZ04</b>	ago '15	24,3
<b>PZ05</b>	ago '15	<0,1
<b>PZ06</b>	ago '15	0,4
<b>PZ07</b>	ago '15	<0,1
<b>PZ09</b>	ago '15	48,4
<b>PZ10</b>	ago '15	2,4
<b>PZ11</b>	ago '15	<b>493,9</b>
<b>PZ12</b>	ago '15	32,7

**La realizzazione di ulteriori piezometri a valle del «sito» ha evidenziato che il plume di contaminazione delle acque sotterranee per l'MTBE ha raggiunto porzioni esterne a valle idrogeologica, per le quali è necessario tragaruardare i 40 µg/l**

## **CONCLUSIONI DELLA BONIFICA – FASE I**



*L'impianto MPVE ha permesso di conseguire la conformità di tutti gli analiti nei terreni, e nelle acque all'interno del «sito» fino al PoC.  
Di contro a valle idrogeologica del «sito» permane la presenza di un plume di contaminazione residua da MTBE in concentrazioni eccedenti il valore di riferimento suggerito dall'ISS, pari a 40 ug/l.*

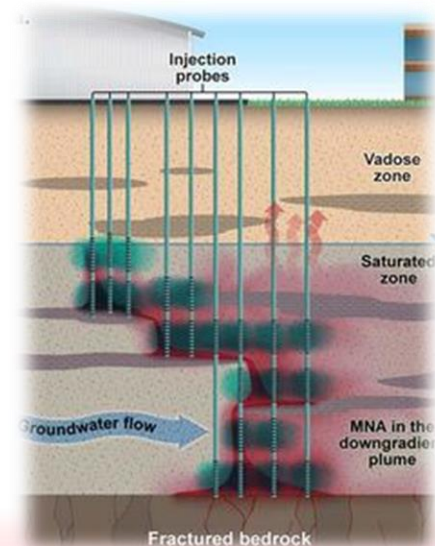
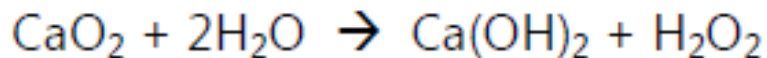
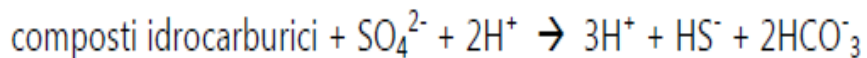
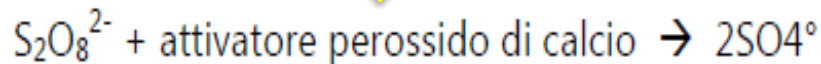
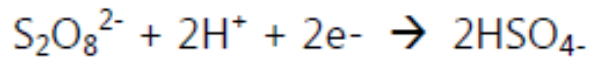


**NECESSITÀ DI ESEGUIRE UNA FASE II DI BONIFICA  
PER RISOLVERE LA CONTAMINAZIONE RESIDUA DI  
MTBE FUORI DAL «SITO»**

## **BONIFICA – FASE II (gestione di MTBE residuale)**

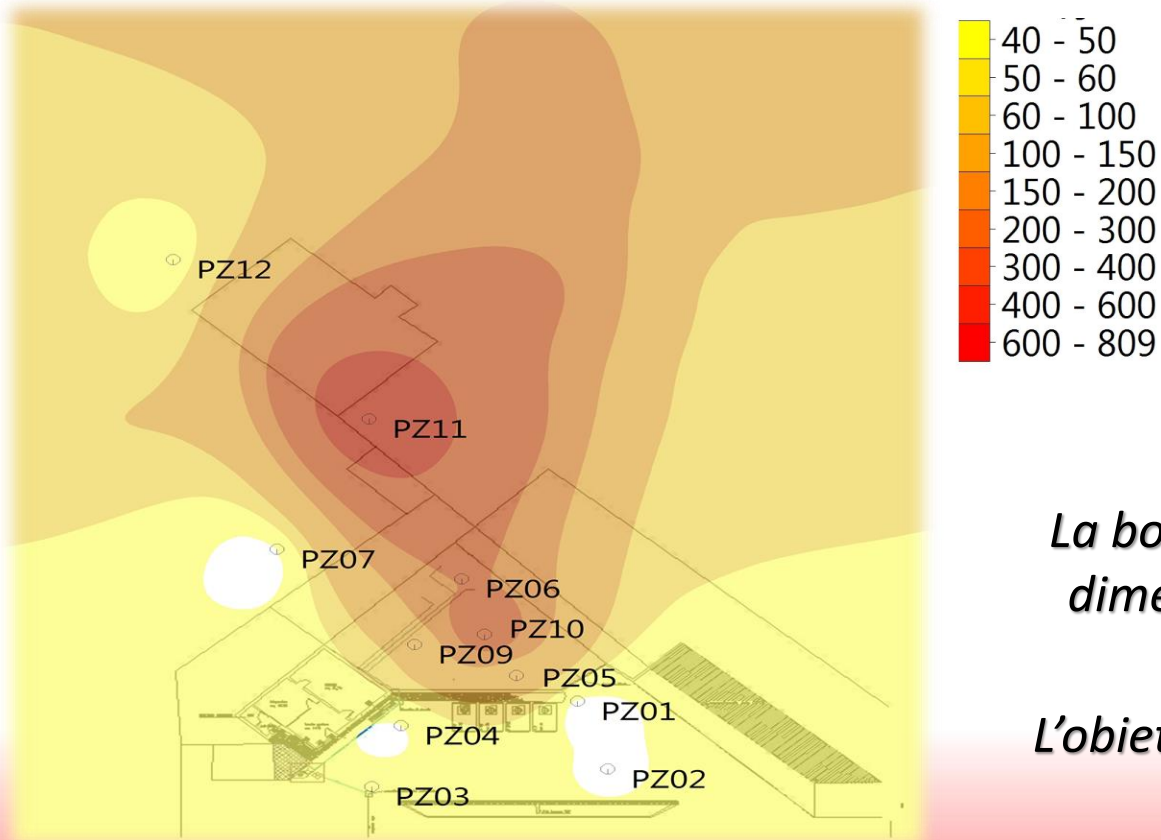
**Applicazione tecnologia ISCO al plume residuale di MTBE  
dopo esecuzione di una prova pilota**

**SOLUZIONE UTILIZZATA: persolfato di sodio attivato con perossido di calcio**





# ***DISTRIBUZIONE CONTAMINAZIONE AL TERMINE DEL PERIODO DI MONITORAGGIO POST BONIFICA – FASE II***



*La bonifica ISCO ha permesso di dimezzare le concentrazioni di MTBE.*

*L'obiettivo dei 40 µg/l non è stato ancora conseguito*

## ***CONSIDERAZIONI SULL'ESITO DELLA FASE II***

***APPLICATA A SCALA DI SITO, E A SCALA TEMPORALE DI LUNGO TERMINE, LA BONIFICA CON TECNOLOGIA ISCO ESEGUITA NON HA RISPETTATO IN PIENO LE PREMESSE POSITIVE RICAVATE DALLA PROVA PILOTA***

***IL SOTTOSUOLO SI È MOSTRATO RECALCITRANTE ALLA PROPAGAZIONE DELL'OSSIGENO NELLE ACQUE SOTTERRANEE: LA NOD (DOMANDA NATURALE DI OSSIGENO) DEL SOTTOSUOLO È ELEVATA. IL SOTTOSUOLO TENDE A «CONSUMARE» L'OSSIGENO, E NON NE CONSENTE UNA ADEGUATA MIGRAZIONE DAI PUNTI DI INIEZIONE ALLE AREE DI INTERVENO PREVISTE***

***PER COMPLETARE LA BONIFICA E TRAGUARDARE L'OBIETTIVO DEI 40 µg/l PER L'MTBE OCCORRE INDIVIDUARE UN SISTEMA CHE PERMETTA DI ARRICCHIRE DI OSSIGENO IL PLUME DI CONTAMINAZIONE RESIDUA SENZA RICHIEDERNE UNA MIGRAZIONE, PER CONSENTIRE L'OSSIDAZIONE CHIMICA E/O STIMOLARE LA BIODEGRADAZIONE AEROBICA***

# PROGETTO DI BONIFICA – FASE III (prova pilota n. 1)

Valutazione fattibilità Bioremediation mediante Test di laboratorio al microcosmo

Allestimento linee operative

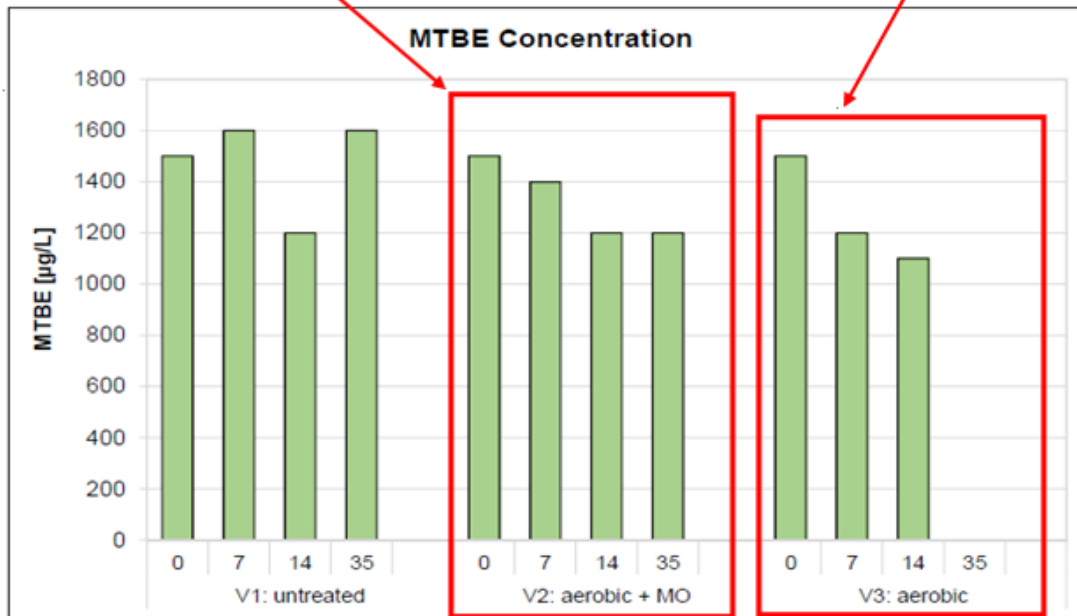
CAMPIONE NON MODIFICATO

CAMPIONE CON AGGIUNTA DI MICRORGANISMI E OSSIGENO

CAMPIONE CON SOLA AGGIUNTA DI OSSIGENO

Completa degradazione di  
MTBE al 35° giorno

Effetti controproducenti  
generati dall'inoculo



## CONCLUSIONE TEST:

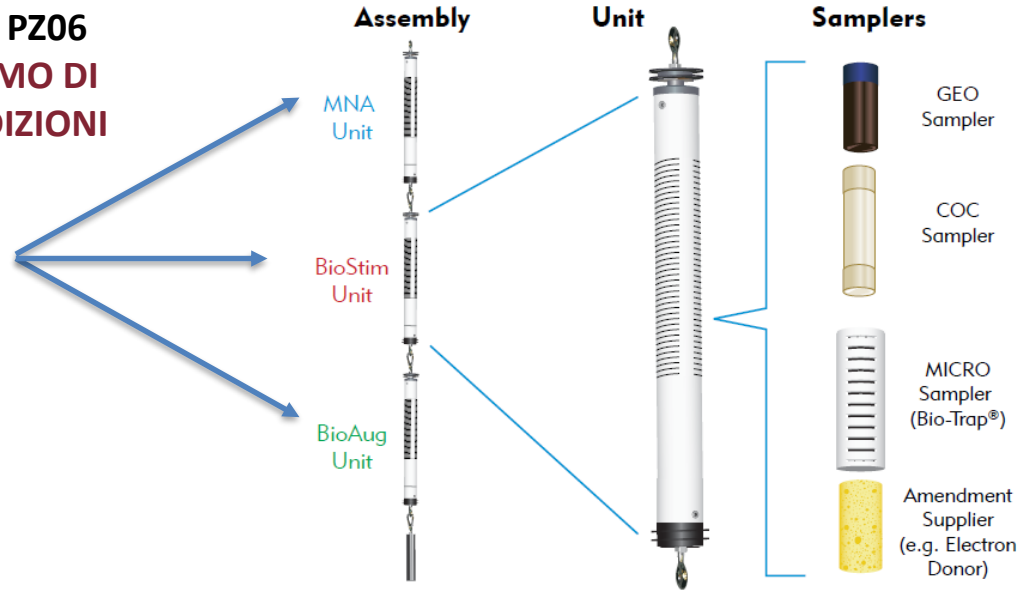
La flora autoctona è in grado di abbattere l'inquinante con la sola aggiunta di ossigeno

# PROGETTO DI BONIFICA – FASE III (prova pilota n. 2)

Valutazione fattibilità Bioremediation mediante 2° Test di laboratorio  
BIO-TRAPS

Piezometro oggetto della prova: PZ06  
OBIETTIVO: VALUTARE IL CONSUMO DI  
OSSIGENO IN 3 DIFFERENTI CONDIZIONI

ALLESTIMENTO CON 3 BIO-TRAPS



**MNA**: *Monitoring Natural Attenuation (CAMPIONE DI BIANCO)*

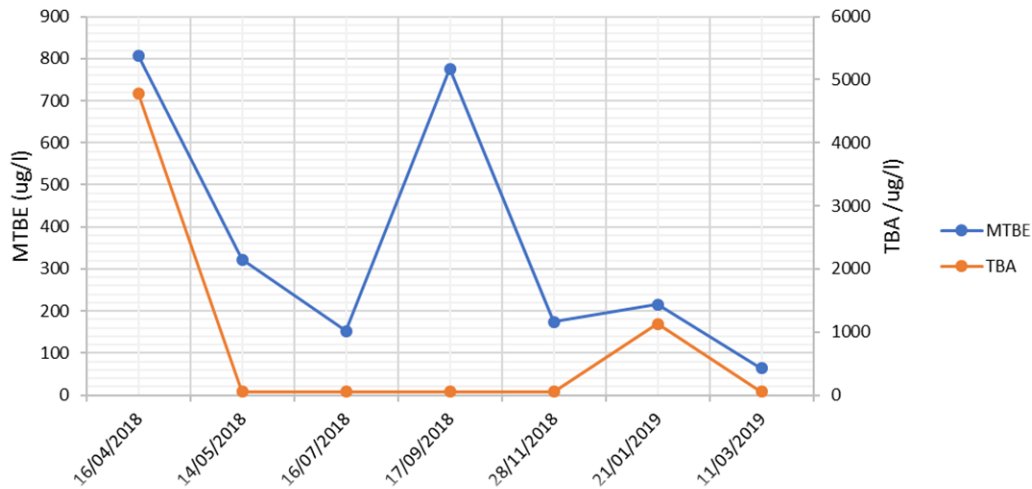
**BioStim1**: *arricchimento con un ammendante (nutrienti)*

**BioStim2**: *arricchita con prodotto a lento rilascio di ossigeno*

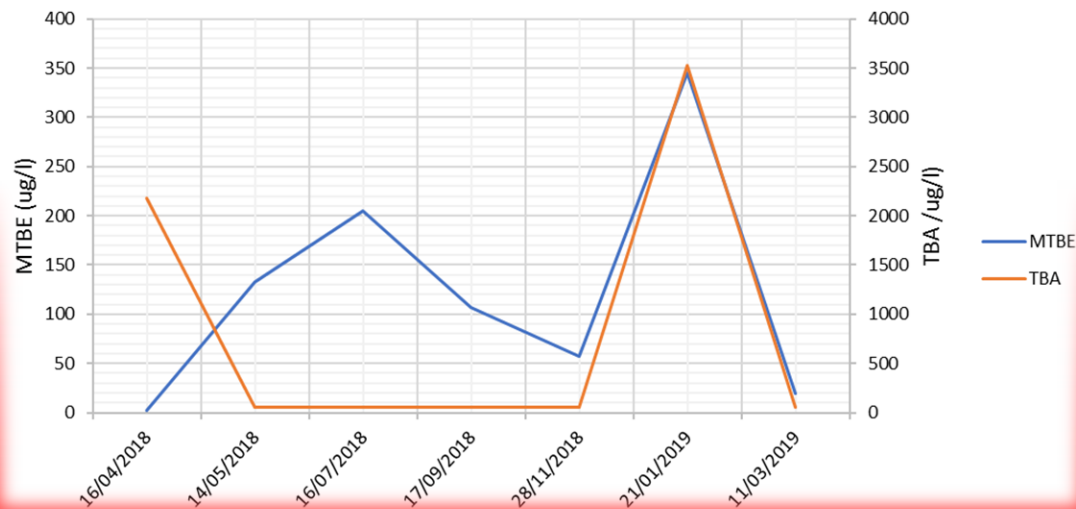
**TEMPO DI PERMANENZA BIO-TRAPS in PZ06**: 45 gg per successivo invio a laboratorio di analisi

# PROGETTO DI BONIFICA – FASE III (investigazione TBA)

## ANDAMENTO MTBE/TBA PZ06



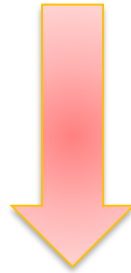
## ANDAMENTO MTBE/TBA PZ11





## ***PROGETTO DI BONIFICA – FASE III*** ***CONSIDERAZIONI FINALI PROVE PILOTA***

In sito è presente una potenzialità di biodegradazione dell'MTBE esercitata da parte della microflora autoctona. L'aggiunta di ossigeno in modo capillare è in grado di rendere la biodegradazione maggiormente efficace.



**PRESENTAZIONE PROGETTO DI BONIFICA – FASE III**

**ELETTROCINESI TRAMITE LA TECNOLOGIA EKO/GRID™**

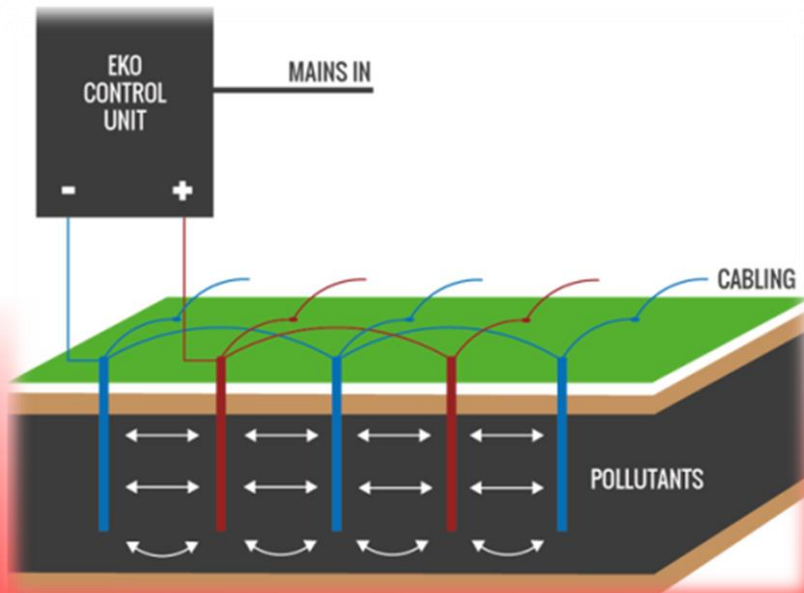
# PROGETTO DI BONIFICA – FASE III

## DESCRIZIONE TECNOLOGIA EKO/GRID™



La tecnologia EKOGRID™ è nata nel 2008 e deriva da un brevetto dell'azienda finlandese Eko Harden Technologies Oy, con cui la Mares ha avviato una partnership, e trova già da diversi anni diffusa applicazione all'estero.

Si basa sull'applicazione di una differenza di potenziale a basso voltaggio nel sottosuolo insaturo e/o saturo, in grado di innescare reazioni elettrocinetiche ed elettrochimiche. La molecola d'acqua viene scomposta in ossigeno e radicali liberi, senza iniezione di sostanze chimiche ossidanti.



elettrodi metallici installati in sito formano una rete con maglie di lato non superiore a 5 m

la centralina (EKO-UNIT) applica sul campo di elettrodi una differenza di potenziale a basso voltaggio, variabile con continuità nel tempo entro un range prestabilito (5 ÷ 20 Volt), generando in tal modo un passaggio di corrente pulsata attraverso il sottosuolo dell'ex PV

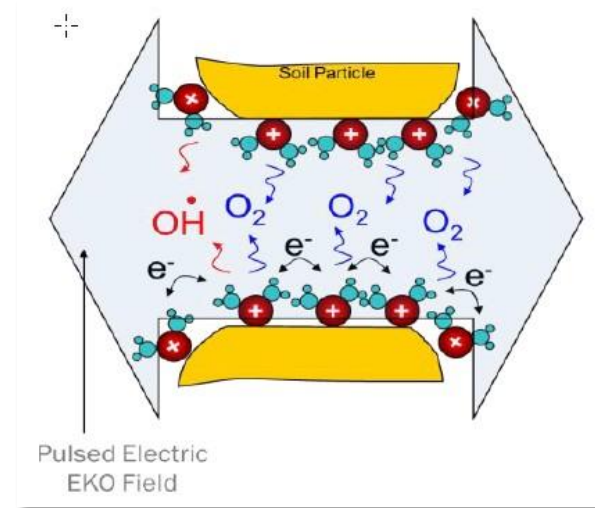
# PROGETTO DI BONIFICA – FASE III

## DESCRIZIONE TECNOLOGIA EKO/GRID™

La somministrazione della corrente nel sottosuolo produce i seguenti effetti:

- ✓ fenomeni di **elettro-osmosi, elettroforesi ed elettromigrazione**,
- ✓ fenomeni di **elettrolisi dell'acqua**, con formazione di ossigeno e radicali ossidrilici, con conseguenti
- ✓ fenomeni di **ossidazione** degli inquinanti organici;
- ✓ desorbimento dei contaminanti dal terreno, con aumento della biodisponibilità degli inquinanti;
- ✓ incentivazione dei fenomeni di **biodegradazione** aerobica, conseguenti all'arricchimento in ossigeno.

*Tali reazioni avvengono non solo in zona satura, ma anche in zona insatura purché in presenza di umidità del terreno  $\geq 20\%$ .*



*Le reazioni avvengono **senza trasferimento di massa**, nella posizione in cui gli inquinanti si trovano*

*I fenomeni di biodegradazione avvengono a opera dei **batteri autoctoni**, eventualmente con aggiunta di acqua e/o urea*

# CONSIDERAZIONI FINALI

Per valutare l'esistenza di rischio sanitario è stata applicata la procedura di AdR per l'MTBE a valle del sito in modalità forward

BERSAGLI CONSIDERATI: Residenziali on-site

## PERCORSI DI ESPOSIZIONE:

- ingestione di acque sotterranee
- volatilizzazione outdoor da acque sotterranee (on-site)
- volatilizzazione indoor da acque sotterranee (on-site)

Sorgente	CoC	u.m.	CRS	u.m.	VOLATILIZ. TO INDOOR AIR	VOLATILIZ. TO OUTDOOR AIR	INGESTIONE DI ACQUE
					ONSITE/RES	ONSITE/RES	ONSITE/RES
AS	MTBE	µg/l	969,0	adim.	2,7E-3	4,8E-6	7,2E-2
	Rischio individuale/cumulativo tossico	$HI \leq 1,0E+0$		adim.	2,7E-3	4,8E-6	7,2E-2



**AdR modalità diretta su MTBE a valle: accettabilità del rischio.**  
**Le concentrazioni residuali di MTBE nella porzione di valle non comportano rischio sanitario per i bersagli residenziali.**

## **SPUNTI DI RIFLESSIONE**

### **ANALISI DI RISCHIO SITO-SPECIFICA: sostenibilità legata alla definizione di sito**

*Se il concetto di sito fosse esteso alle matrici contaminate, senza limitarsi ai confini di proprietà, le bonifiche ne guadagnerebbero in sostenibilità, fermo restando la salvaguardia per la salute dei potenziali recettori da verificarsi mediante l'analisi di rischio igienico-sanitario.*

*Questo approccio è in linea con quanto previsto dagli standard internazionali per l'applicazione dell'analisi di rischio:*

#### **- ASTM E2081-00 (2015), "Standard Guide for Risk-Based Corrective Action":**

*3.2.50 site – The area(s) defined by the likely physical distribution of the chemical(s) of concern from a source area. A site could be an entire property or facility, a defined area or portion of a facility or property or multiple facilities or properties. One facility may contain multiple sites. Multiple sites at one facility may be addressed individually or as a group*

#### **- ASTM E1739-95 (2015), "Standard Guide for Risk-Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites":**

*3,1,35 site – the area(s) defined by the extent of migration of the chemical(s) of concern*

## **SPUNTI DI RIFLESSIONE**

*Se fosse possibile applicare il **concetto di sito a tutta la matrice con superamenti dei valori soglia** (quindi a tutta l'effettiva Area Sorgente), il sito oggetto di studio sarebbe conforme dal 2014, ossia dal termine della Fase I della bonifica tramite MPVE: infatti le concentrazioni residuali di MTBE al PoC ed esternamente al sito, non conformi al limite ISS di 40 µg/l, non determinano rischio sanitario, come dimostrato tramite l'applicazione della procedura di AdR in modalità forward.*



## **CONSIDERAZIONI FINALI**

*L'attuale approccio normativo impone invece di proseguire gli interventi di bonifica, specialmente, come per il caso di studio presentato, quando persiste la presenza residuale di MTBE, sostanza di per sé poco tossica e non classificata come cancerogena.*

*Nel caso specifico, il dover proseguire gli interventi di bonifica, con dispendio di risorse, tempo, costi, disagi per i lavoratori e gli abitanti ecc., pur in assenza di rischio sanitario, sembra disallinearsi con i principi di sostenibilità ambientale ed economica delle bonifiche, aspetto questo sempre più all'attenzione degli addetti ai lavori negli ultimi anni.*



GRAZIE PER L'ATTENZIONE,

Dott. Ruggero Arciello

Società Mares S.r.l.

Telefono 346.1814554

E-mail [ruggeroarciello@maresitalia.it](mailto:ruggeroarciello@maresitalia.it)