



Attività di bonifica  
o semplice produzione di rifiuti?!

Tanti problemi e qualche buona esperienza nel  
campo delle tecniche di risanamento on-site

dr. geol. Giovanni Porto

**Bari, 16 Settembre 2015**

---

# CRITERI SCELTA INTERVENTO

## (D.Lgs. 152/06 - Parte IV - Titolo V – All. 3)



- Privilegiare tecniche che riducano permanentemente e significativamente le concentrazioni, gli effetti tossici e la mobilità degli inquinanti;
- privilegiare tecniche in situ e on site, che consentano il riutilizzo del terreno sul sito;
- privilegiare tecniche che blocchino gli inquinanti in composti stabili;
- privilegiare tecniche che permettano il trattamento e il riutilizzo anche dei materiali di risulta;
- evitare rischi per la popolazione, rischi aggiuntivi di inquinamento, rumori e odori.

# Principali tecnologie

---



## Principio

## Ex situ

## In situ

*Biologico*

Biopile  
Landfarming  
Bioreattori

Phytoremediation  
Bioventing  
Biosparging  
Attenuazione naturale o assistita

*Fisico-chimico*

Lavaggio

Estrazione di vapori  
Air sparging  
Barriere reattive  
permeabili

Recupero  
di prodotto

Ossidazione chimica

*Termico*

Desorbimento

La decontaminazione può essere ottenuta combinando differenti tecnologie, realizzate in contemporanea o in sequenza temporale.

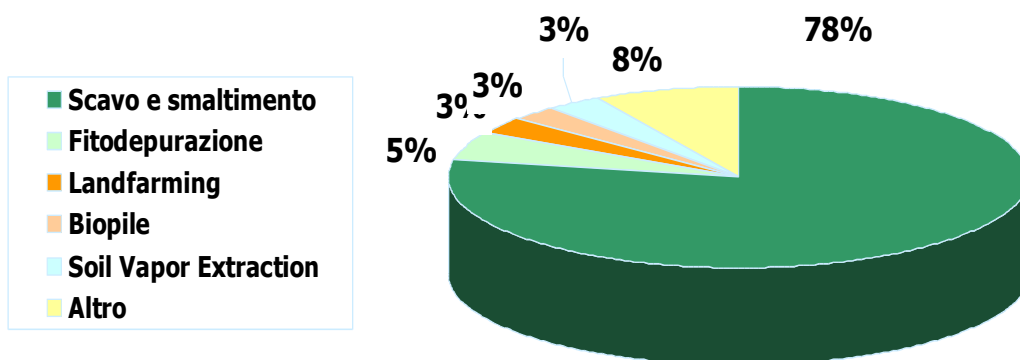
Ad esempio:

*estrazione di vapori + bioventing;*

*air sparging + estrazione di vapori*

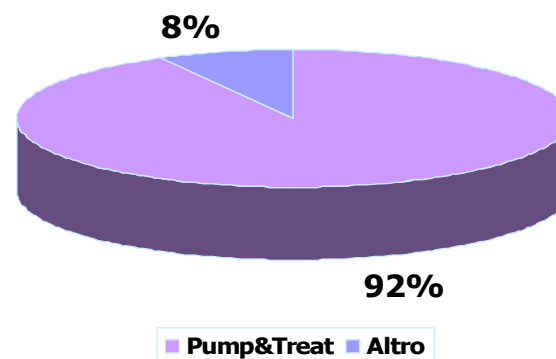
*ossidazione chimica + biosparging*

# Stato di applicazione delle tecnologie (\*)



**Terreni**

**Acque  
sotterranee**



(\* dati Ispra 2007)

# Costi unitari delle tecnologie di bonifica in Italia



Valori ricavati dalla letteratura o estrapolati da casi di studio real

Trattamenti termici di incenerimento on/off-site	<b>120-350 €/m<sup>3</sup></b>
Trattamenti termici di desorbimento on/off-site	<b>50-280 €/m<sup>3</sup></b>
Trattamenti biologici avanzati on/off-site	<b>25-150 €/m<sup>3</sup></b>
Biopile/compostaggio on-site	<b>30-125 €/m<sup>3</sup></b>
Lavaggio dei terreni on/off-site	<b>30-250 €/m<sup>3</sup></b>
Phytoremediation on-site	<b>25-125 €/m<sup>3</sup></b>
Ventilazione/bioventilazione in-situ	<b>30-75 €/m<sup>3</sup></b>
Estrazione/iniezione di vapore in-situ	<b>25-120 €/m<sup>3</sup></b>
Desorbimento termico in-situ	<b>60-240 €/m<sup>3</sup></b>
Flussaggio biologico in-situ	<b>25-120 €/m<sup>3</sup></b>

# In Regione Lombardia

Aree censite nell'Anagrafe Regionale dei siti da bonificare (tot. 4.465)  
Rif Di Nuzzo nov.2014

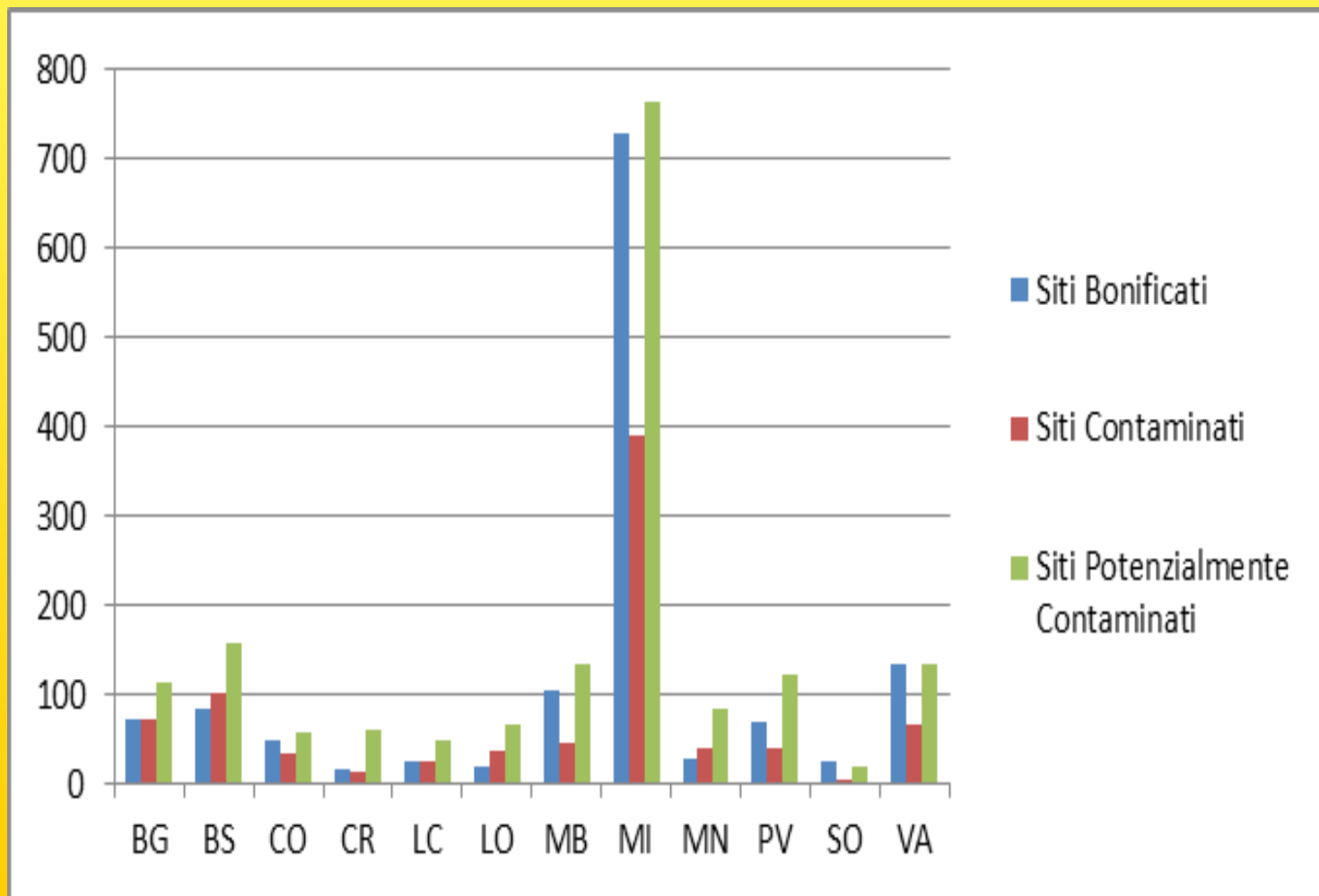


**Bonificati**  
**1396**

**Contaminati**  
**818**

**Potenzialmente  
Contaminati**  
**1599**

**Non  
contaminati**  
**652**

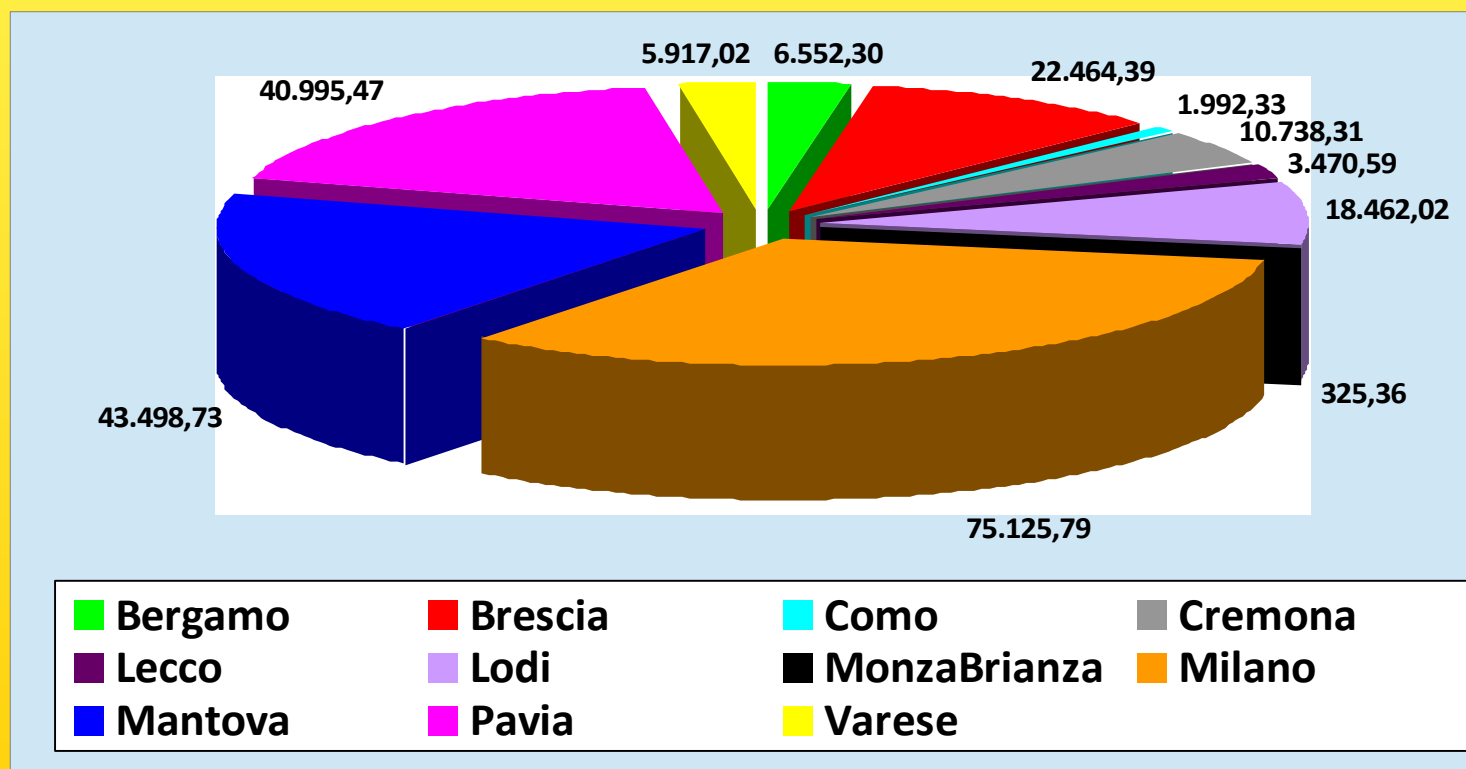


# In Regione Lombardia

Rif Di Nuzzo nov.2014



## Finanziamenti regionali 2001/2011 per Provincia (in migliaia di Euro )



Totale dal 1992 al 2011 – erogati circa **229.540.000 €**



# **Cosa impedisce la diffusione delle tecnologie in sito ?**

---



- ✓ **Incertezza dei tempi e dei costi**
- ✓ **Incertezza nella procedura amministrativa**
- ✓ **Difficoltà nella gestione dei materiali**
- ✓ **Scarsa diffusione di competenze, sia in campo professionale che negli organi di controllo**
- ✓ **Modesta diffusione del monitoraggio ambientale**

# **Cosa impedisce la diffusione delle tecnologie in sito ?**

---



## **Incertezza dei tempi e dei costi**

**Poca attenzione in fase di Caratterizzazione, incertezze nel modello concettuale;**

**Difficoltà di affidamento di progetti complessi, in particolare per la P.A.**

**Incompatibilità tra riutilizzo del sito e sistemi di bonifica di lunga durata**

**Difficoltà nel raggiungimento di obiettivi conservativi stabiliti a priori con Analisi di Rischio in modalità inversa**

# Cosa impedisce la diffusione delle tecnologie in sito ?

---



## Incertezza nella procedura amministrativa

**Differenze nell'applicazione della norma sul territorio nazionale e nei diversi procedimenti (SIN, SIR, etc..)**

**Modifiche normative nel corso dei procedimenti**

**Scarsa gestione del contenzioso e intervento dell'autorità giudiziaria**

# **Cosa impedisce la diffusione delle tecnologie in sito ?**

---



## **Difficoltà nella gestione dei materiali**

**“abbuffata” normativa nel campo delle terre e rocce da scavo**

**Scarsità di impianti seriamente attrezzati per il recupero delle terre contaminate**

**Difficoltà nella gestione e recupero dei suoli**



**Destinazione “discarica” per le terre contaminate  
in particolare quelle a matrice fine**

# **Cosa impedisce la diffusione delle tecnologie in sito ?**

---



## **Scarsa diffusione di competenze**

**Lacune nella formazione  
universitaria**

**Necessità di un approccio  
multidisciplinare**

**Difficoltà per le “piccole”  
Amministrazioni procedenti**

**In Lombardia: l'Attivazione di una Convenzione tra  
Ordine dei Geologi ed ARPA per l'Aggiornamento  
Professionale Continuo - APC**

# Cosa impedisce la diffusione delle tecnologie in sito ?

---



## Scarsa diffusione di una moderna cultura del monitoraggio ambientale

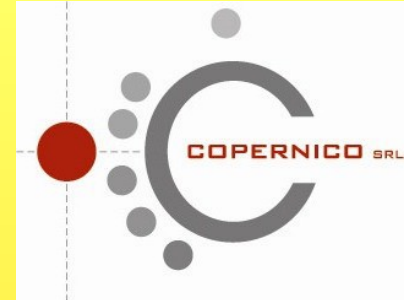
Il monitoraggio come strumento di comprensione, e condivisione sociale, dei fenomeni ambientali;

L'analisi dei dati nel tempo (trend) può dare maggiori garanzie sulla bontà delle scelte tecniche e del loro impatto sul contesto ambientale

I dati devono essere pubblici e facilmente accessibili, secondo le indicazioni delle convenzioni internazionali (Aarhus 1998)

**ALCUNI BUONE ESPERIENZE...**

---



# **MONITORAGGIO E GESTIONE DEI DATI ON-LINE**

**MONIQA**





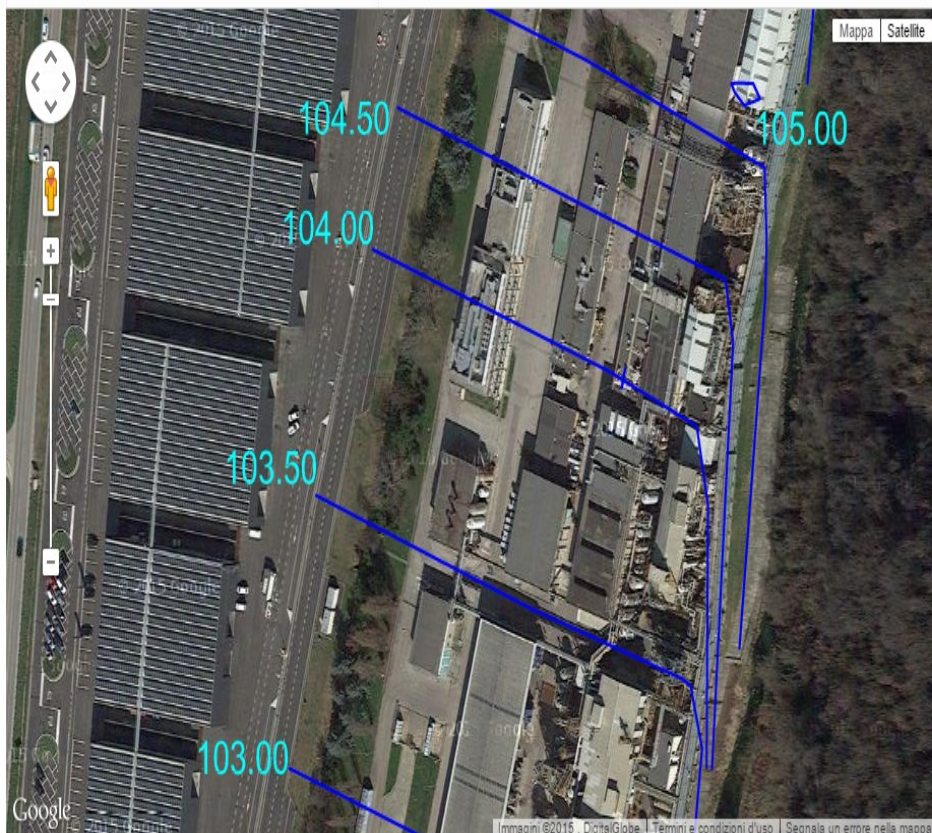
## Mappe (MITENI - mappa miteni)

Ultima mappa disponibile del punto di misura selezionato. Aggiornata ogni 5 minuti.

Area di Monitoraggio	Punto di misura
Mitni SpA - Trissino (VI)	mappa miteni

Punti di misura MITENI - mappa miteni

Mappe 2015\_07\_06\_piezometria.kmz delle 24/07/2015 11:38:04



FILE 2015\_07\_06\_PIEZOMETRIA.KMZ DELLE 24/07/2015 11:38:04  
 Ultimo aggiornamento pagina web 28/07/2015 10:43:43  
 Aggiornamento automatico pagina web ogni 5 minuti



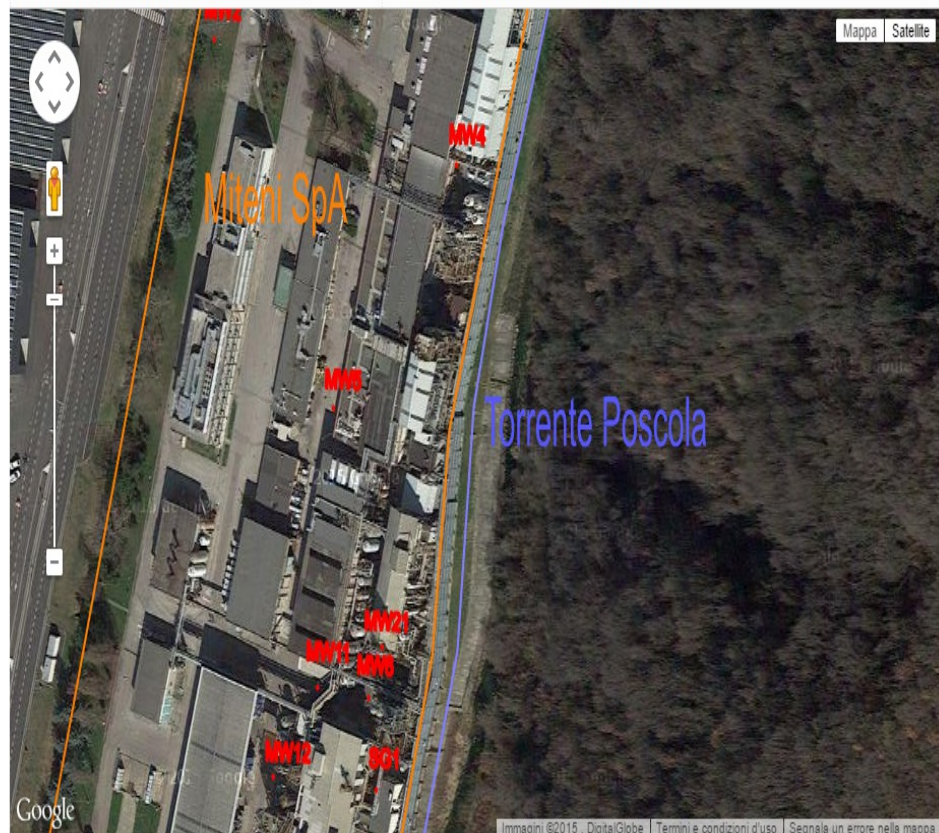
## Mappe (MITENI - mappa miteni)

Visualizzazione della mappa selezionata. Aggiornata ogni 5 minuti.

Area di Monitoraggio	Punto di misura
Mitni SpA - Trissino (VI)	mappa miteni

Punti di misura MITENI - mappa miteni

Mappe base\_MitniSpA3.kmz delle 01/07/2015 11:52:02



FILE BASE\_MITENISPA3.KMZ DELLE 01/07/2015 11:52:02  
 Ultimo aggiornamento pagina web 28/07/2015 10:43:43  
 Aggiornamento automatico pagina web ogni 5 minuti



Area di monitoraggio

MITENI

Data da

18/06/2013

Data a

14/09/2015

Area di Monitoraggio	Punto di misura
Miteni SpA - Trissino (VI)	POZZO D - POZZO BARRIERA POZZO E - POZZO BARRIERA

☐ MW16

☐ MW17

☐ MW18

☐ POZZO 4

☐ POZZO A

☐ POZZO B

☐ POZZO C

☒ POZZO D

☒ POZZO E

☐ POZZO F

☐ POZZO G

Cerca

Aggiorna

Ieri

Settimana

Anno

Mappa

Limiti



☒ PFOA ug/l

☐ PFOS ug/l

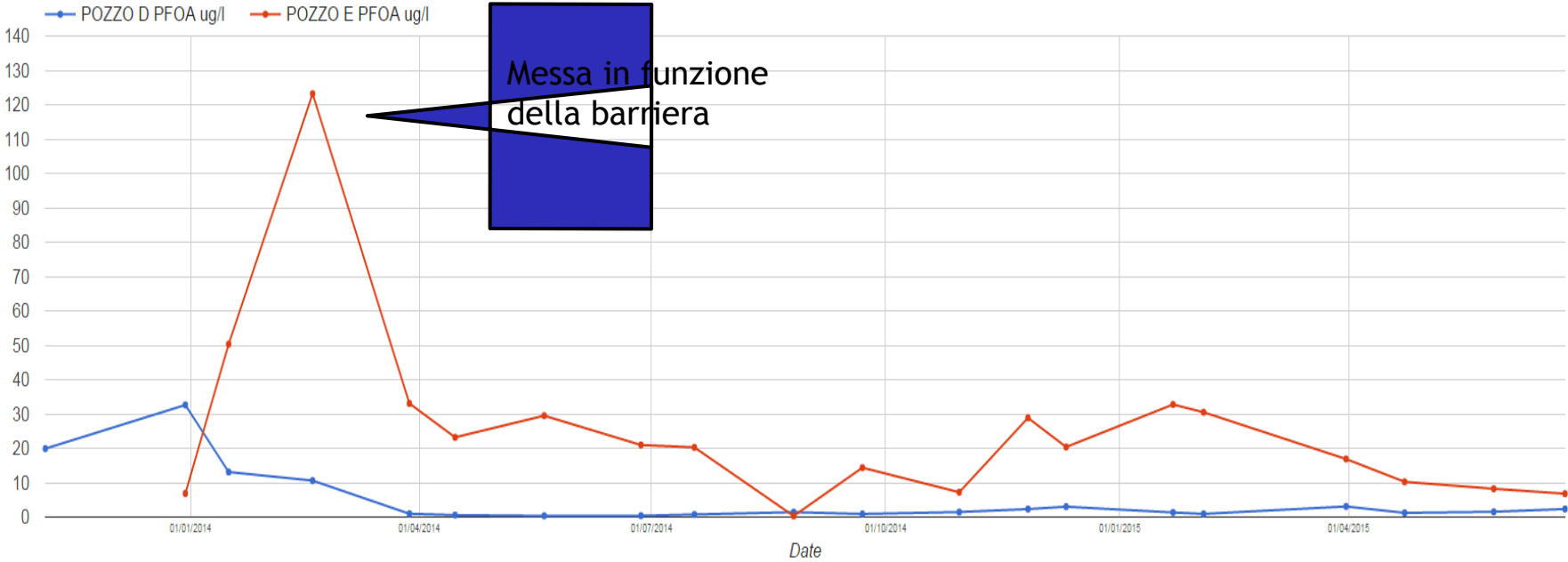
☐ Somma PFAS ug/l

☐ Sommatoria derivati Ammino-BTF ug/l

☐ Sommatoria derivati BTF ug/l

☐ Sommatoria derivati Nitro-BTF ug/l

Misurazioni acque



Punti di misura	Data misurazione	Parametro	Valore	Unita di misura
MITENI - POZZO D	09/10/2013	Sommatoria derivati BTF	926,5000	ug/l
MITENI - POZZO D	09/10/2013	Sommatoria derivati Ammino-BTF	35,3000	ug/l
MITENI - POZZO D	09/10/2013	Sommatoria derivati Nitro-BTF	32,6000	ug/l
MITENI - POZZO D	05/11/2013	Somma PFAS	40,2800	ug/l



## Mappe (Depuratore - Odori)

Ultima mappa disponibile del punto di misura selezionato. Aggiornata ogni 5 minuti.

Area di Monitoraggio Punto di misura  
Demo - Mappe Odori Demo Simod\_RT - Odori



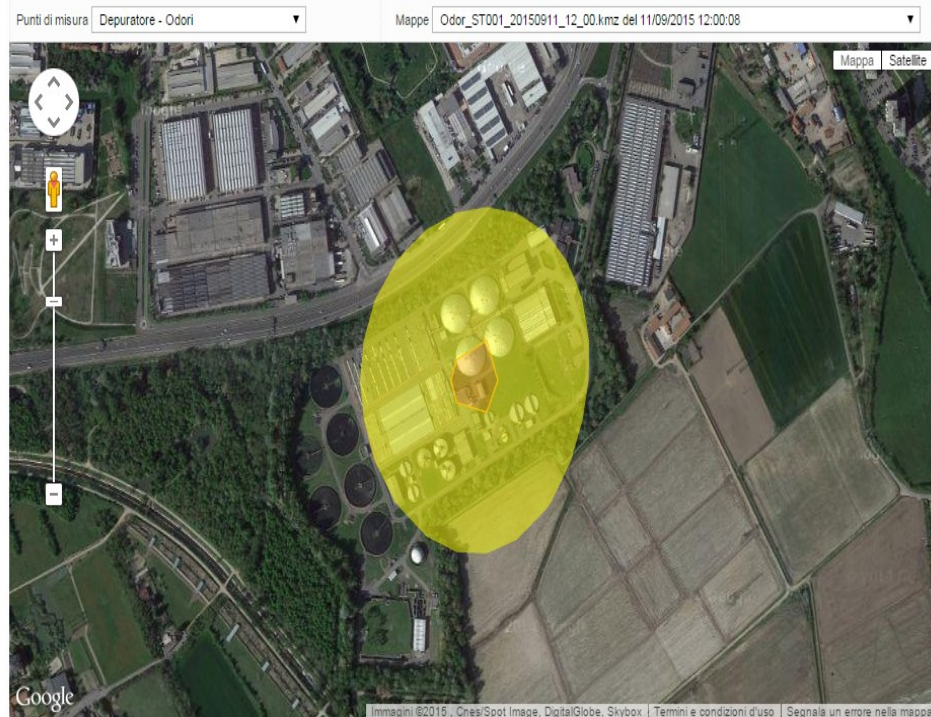
FILE ODOR\_ST001\_20150911\_15\_10.KMZ DEL 11/09/2015 15:10:09  
Ultimo aggiornamento pagina web 11/09/2015 15:11:54  
Aggiornamento automatico pagina web ogni 5 minuti



## Mappe (Depuratore - Odori)

Visualizzazione della mappa selezionata. Aggiornata ogni 5 minuti.

Area di Monitoraggio Punto di misura  
Demo - Mappe Odori Demo Simod\_RT - Odori



FILE ODOR\_ST001\_20150911\_12\_00.KMZ DEL 11/09/2015 12:00:08  
Ultimo aggiornamento pagina web 11/09/2015 15:11:54  
Aggiornamento automatico pagina web ogni 5 minuti

# Monitoraggio in continuo della dispersione di inquinanti in atmosfera.

Area di monitoraggio  
Fossalon

Data da  
6/06/2015

Data a  
06/06/2015

☐ Barometro ☐ mercurio\_interstiziale

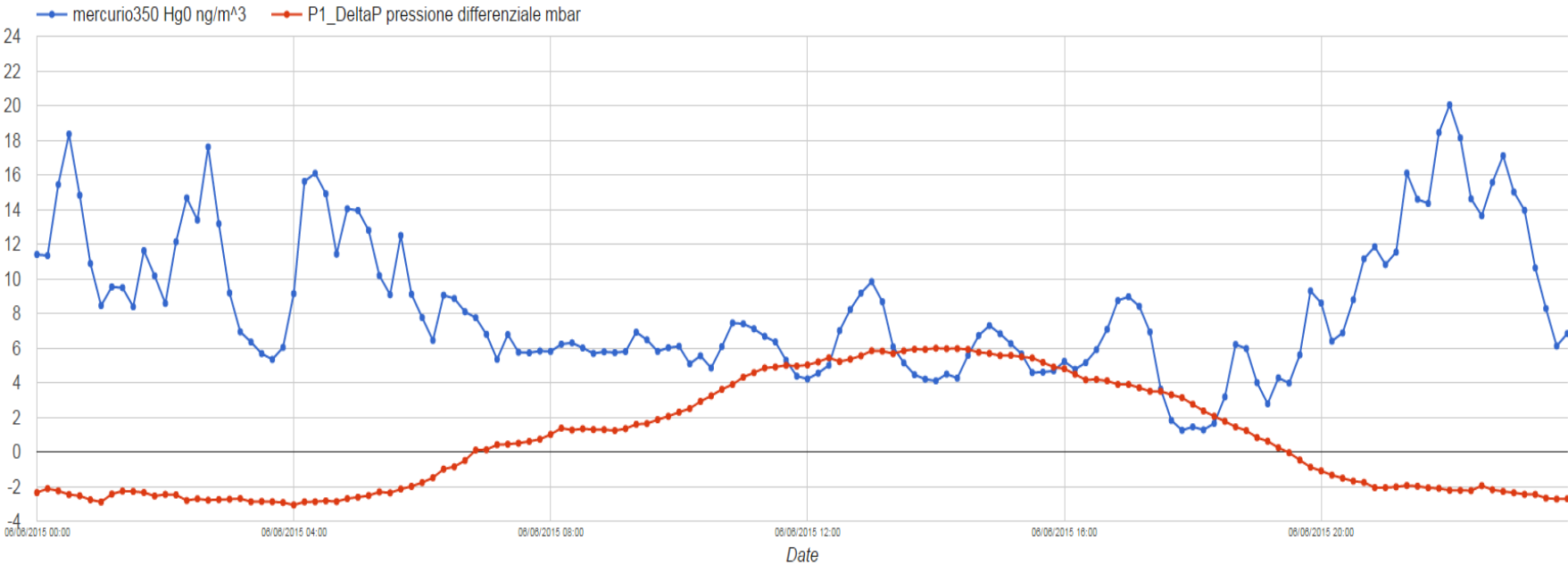
Cerca Aggiorna Ieri Settimana Anno Mappa Limiti



# Dati di tipo aria: monitoraggio delle variazioni di parametri atmosferici.

☒ Hg0 ng/m^3 ☒ pressione differenziale mbar

Misurazioni aria



Punti di misura	Data misurazione	Parametro	Valore	Unita di misura
Fossalon - mercurio350	06/06/2015 00:00	Hg0	11,3970	ng/m^3
Fossalon - P1_DeltaP	06/06/2015 00:00	pressione differenziale	-2,3570	mbar
Fossalon - mercurio350	06/06/2015 00:10	Hg0	11,3310	ng/m^3
Fossalon - P1_DeltaP	06/06/2015 00:10	pressione differenziale	-2,1270	mbar

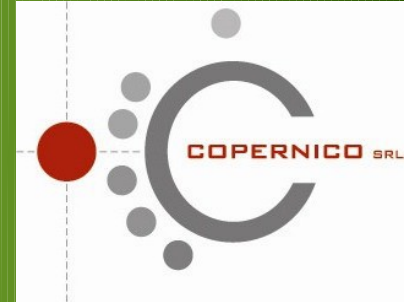


**Rischio da mercurio:**

**il caso di contaminazione diffusa nella  
valle dell'Isonzo**



# LA STAZIONE DI MISURA

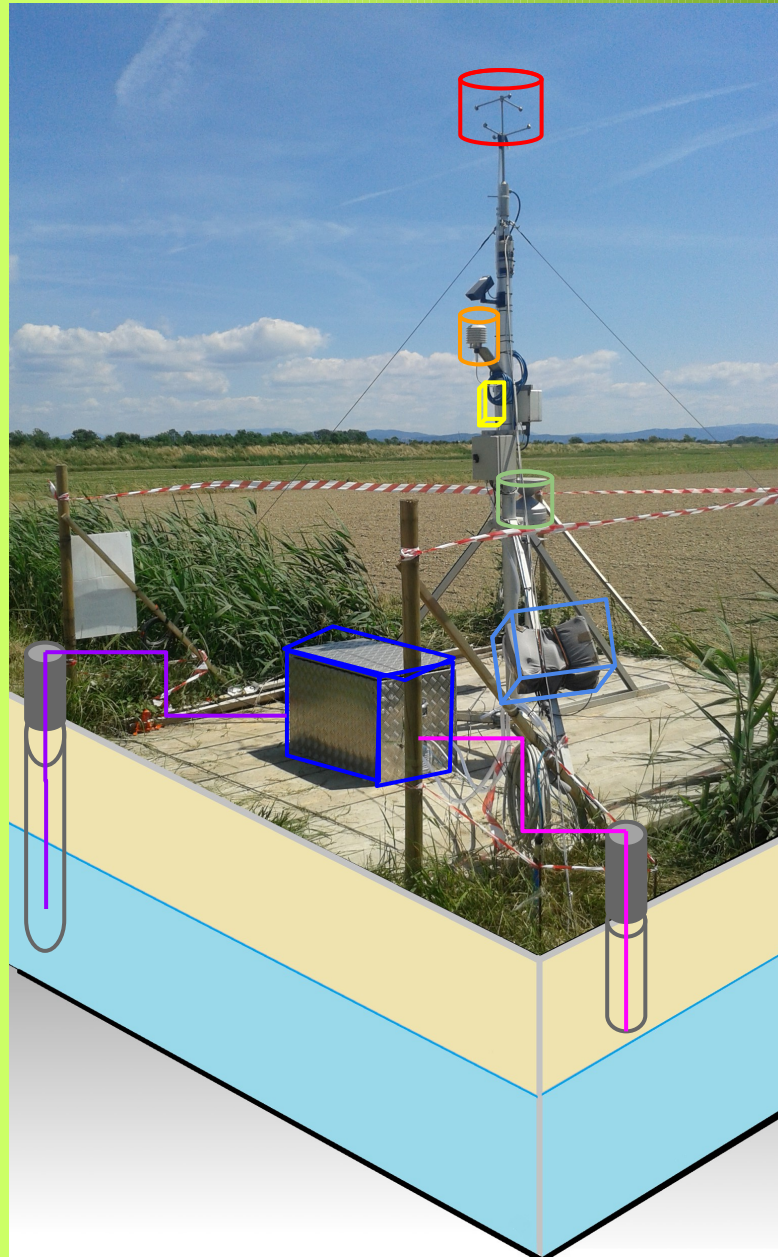


Termo-igrometro

Barometro

Due sensori di  
mercurio elementare (Hg0)

Misuratore del livello  
di falda



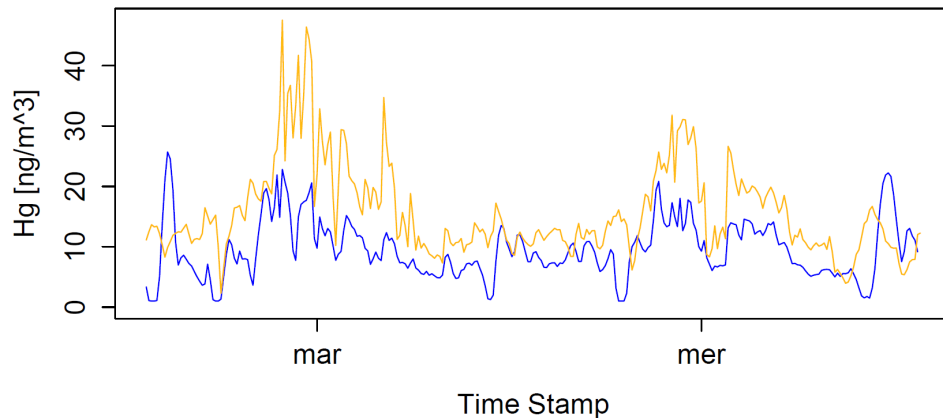
Anemometro  
ultrasonico tri-assiale

Pluviometro

Misuratore di  
pressione differenziale

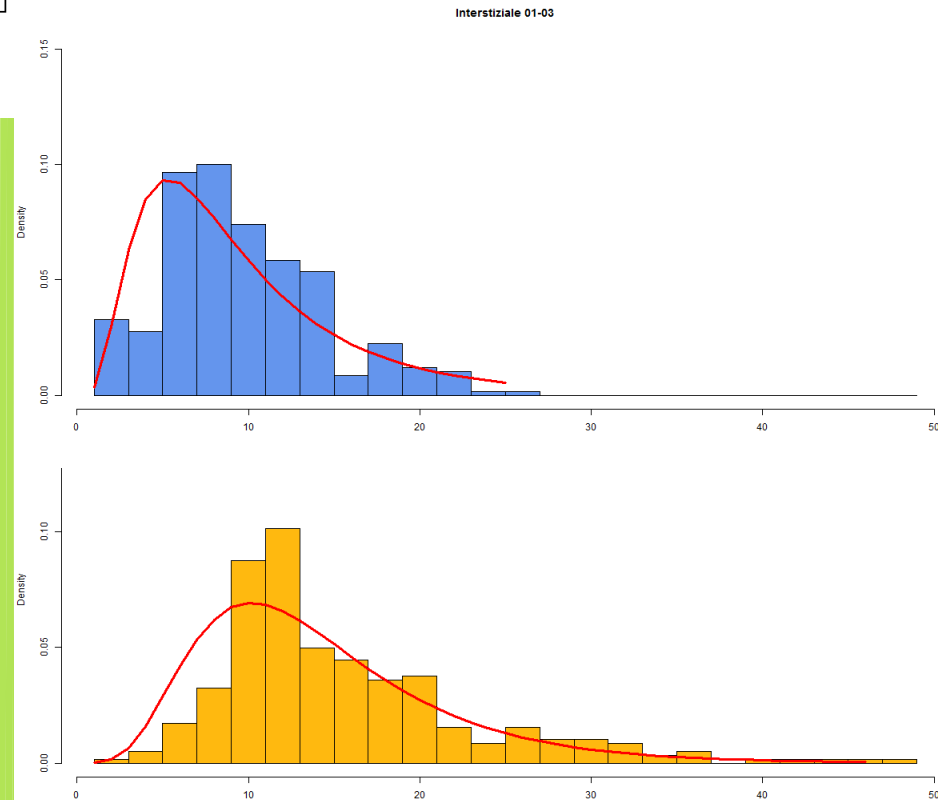
Termometro interstiziale

# PRIMI RISULTATI: DINAMICA INTERSTIZIALE



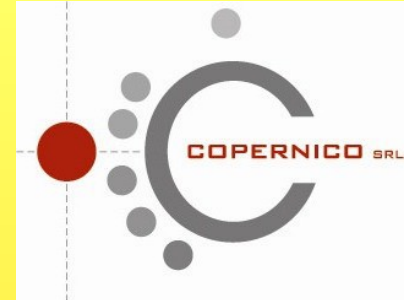
Le misure di mercurio interstiziale, mostrano la medesima dinamica delle misure di mercurio a 3.5 m a grossa scala, si evidenziano però andamenti molto diversi passando a scale temporali più fini.

La distribuzione di densità del mercurio interstiziale mostra un comportamento, molto vicino a quello di una distribuzione log-normale, che non può essere spiegato con una sorgente costante e uniforme.



**ALCUNI BUONE ESPERIENZE...**

---



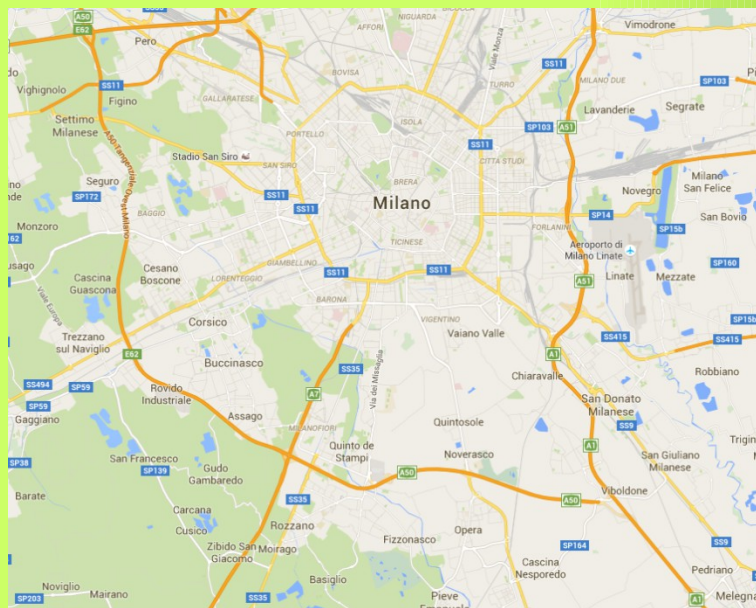
# **SISTEMI DI BONIFICA IN SITU**

*A cura di COPERNICO srl*



# SOLUZIONI INTEGRATE PER LA BONIFICA DELLE ANILINE IN FALDA

## Ex insediamento farmaceutico – Opera (MI)



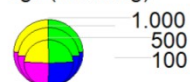


## CONTAMINAZIONE DELLA FALDA

Ammine aromatiche in falda:

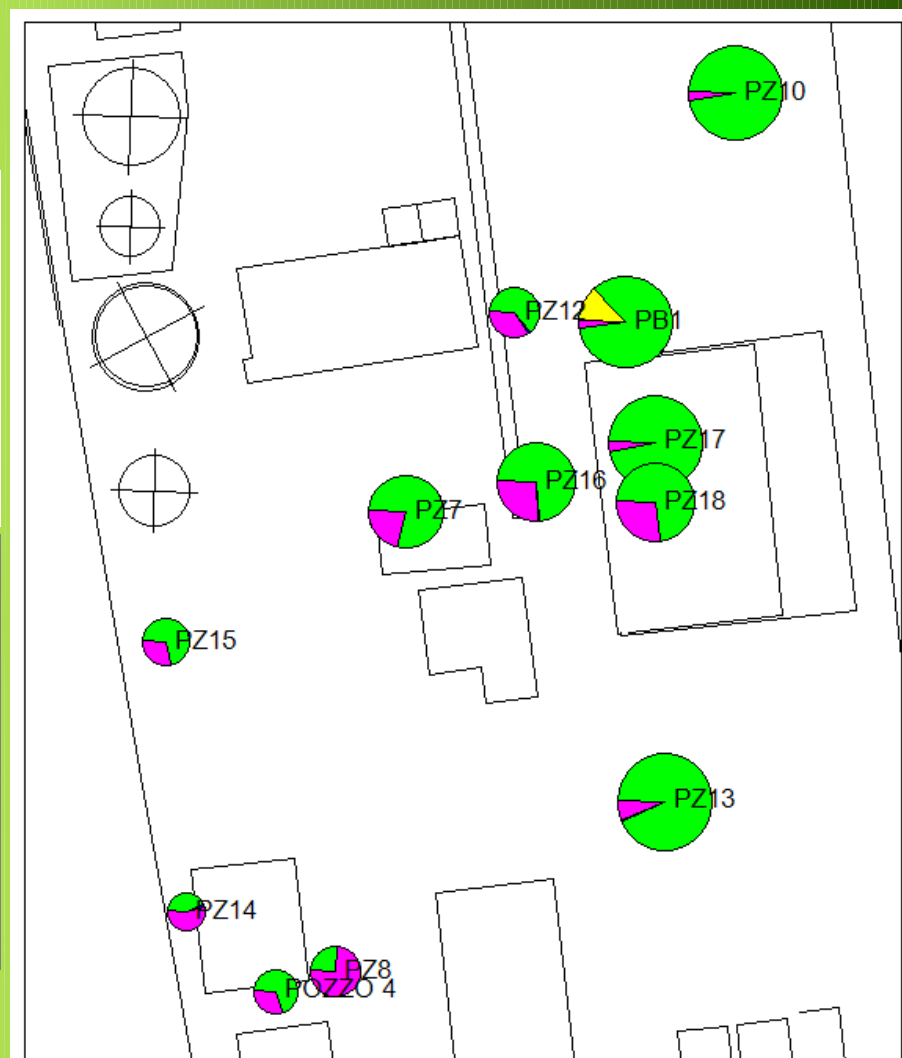
- Anilina
- N,N-dietilanilina
- N,N-dimetilanilina
- N-etilanilina

Aniline in falda  
ug/l (scala log)



■ Anilina  
 ■ N\_N\_dietilanilina  
 ■ N\_N\_dimetilanilina  
 ■ N\_etilanilina

Well	Anilina	N N dietilanilina	N N dimetilanilina	N etilanilina
PB1	703	4.688	2	138
POZZO 4	0	40.2	0	18
PZ10	0	5.042	1	155
PZ12	0	64	1	35
PZ13	0	8.728	52	663
PZ14	0	11	1	13
PZ15	0	47	0	19
PZ16	0	995	1	361
PZ17	0	6.144	3	244
PZ18	0	963	1	362
PZ20	0	26	0	27
PZ7	0	672	1	188
PZ8	0	32	0	86



# BONIFICA FALDA



## BIOSPARGING

### ➤ Zona sorgente

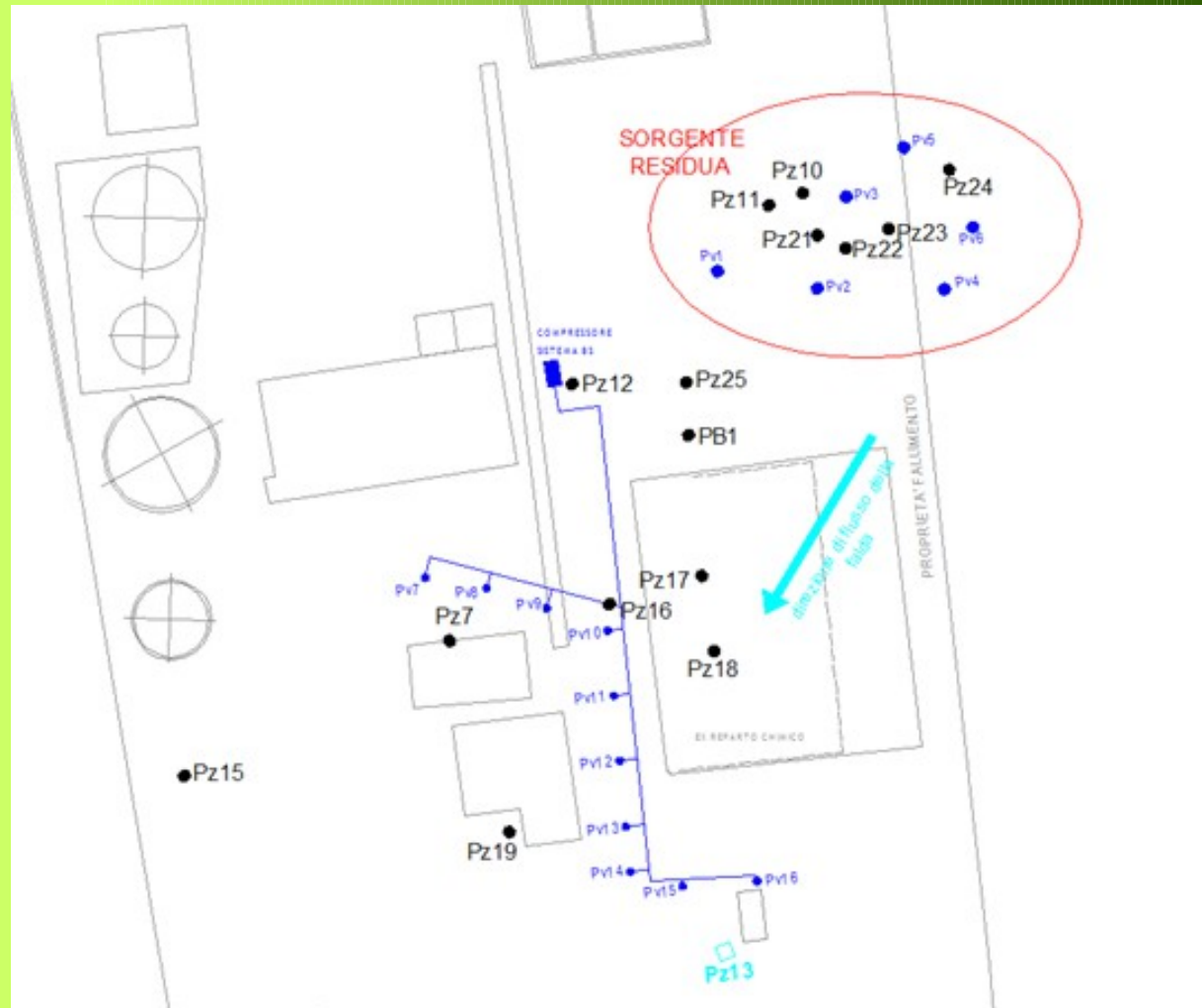
- *n° 5 pozzi di ventilazione*
- *profondità:*

### ➤ Zona di valle

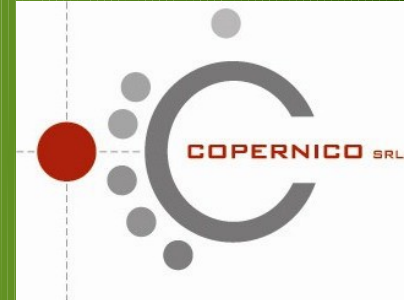
- *n° 10 pozzi di ventilazione*
- *profondità : 15-15,50 m p.c.*

### Monitoraggio

- *Popolazioni batteriche*
- *Ammine*
- *Metalli*



# BONIFICA FALDA



## ISCO – Persolfato di sodio

### Esecuzione

*n. pozzi di iniezione: 33*

*n. piezometri monitoraggio: 9*

*profondità di iniezione: 6-9 m p.c.*

*area trattata: 460 mq*

*volume trattato: 1380 mc*

*quantitativo persolfato: 10000 Kg*

*n. iniezioni successive: 2*

### Monitoraggio

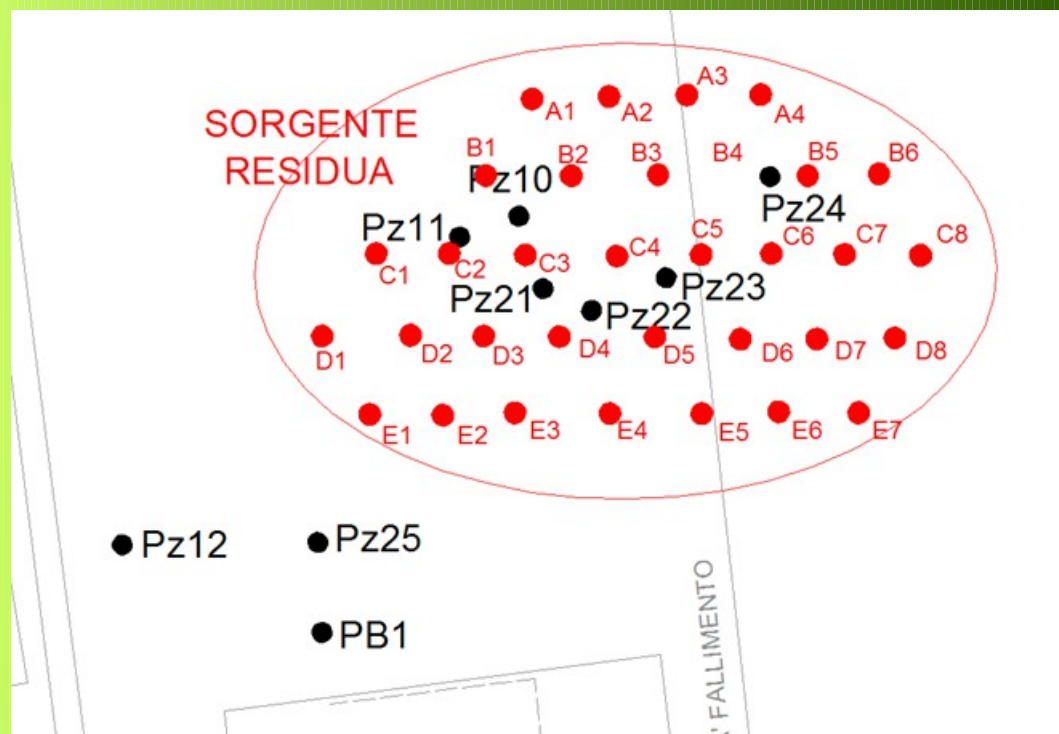
*COD, Solfuri, Nitrati*

*Ammine in soluzione*

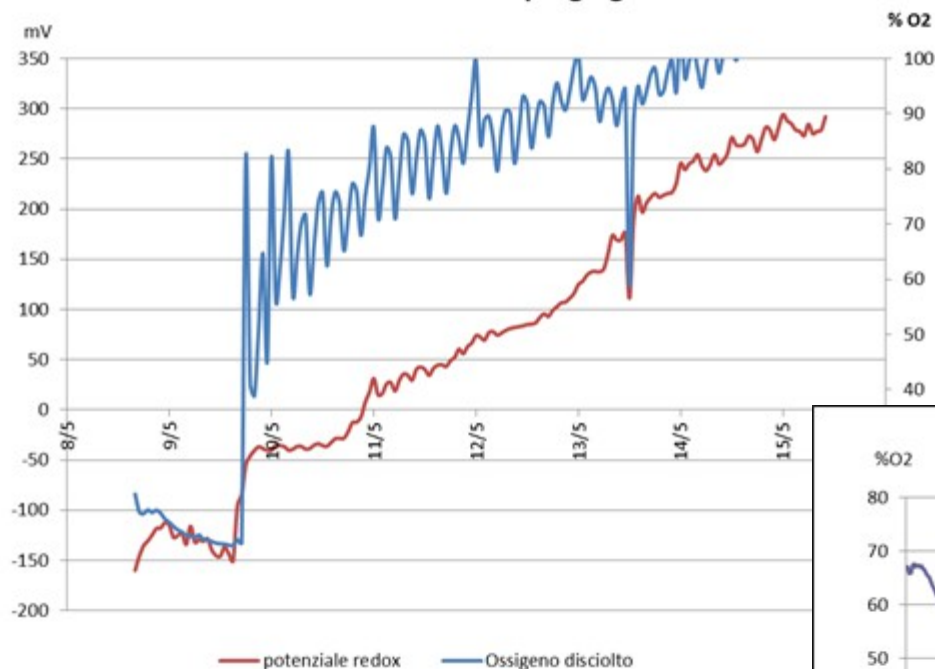
*Metalli in soluzione*

*Parametri chimico/fisici*

*Benzene*



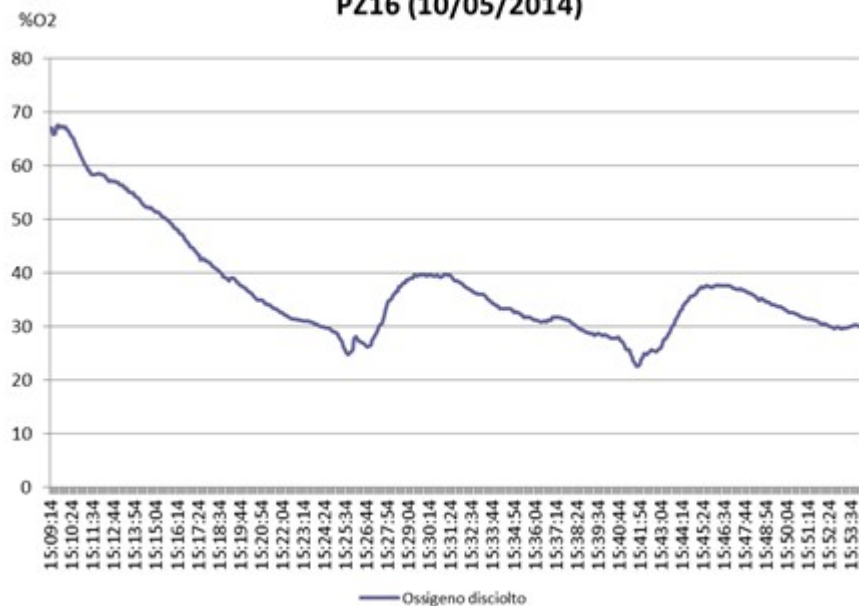
**Pz16 - Avvio Biosparging**



*Ossigeno disciolto in falda*

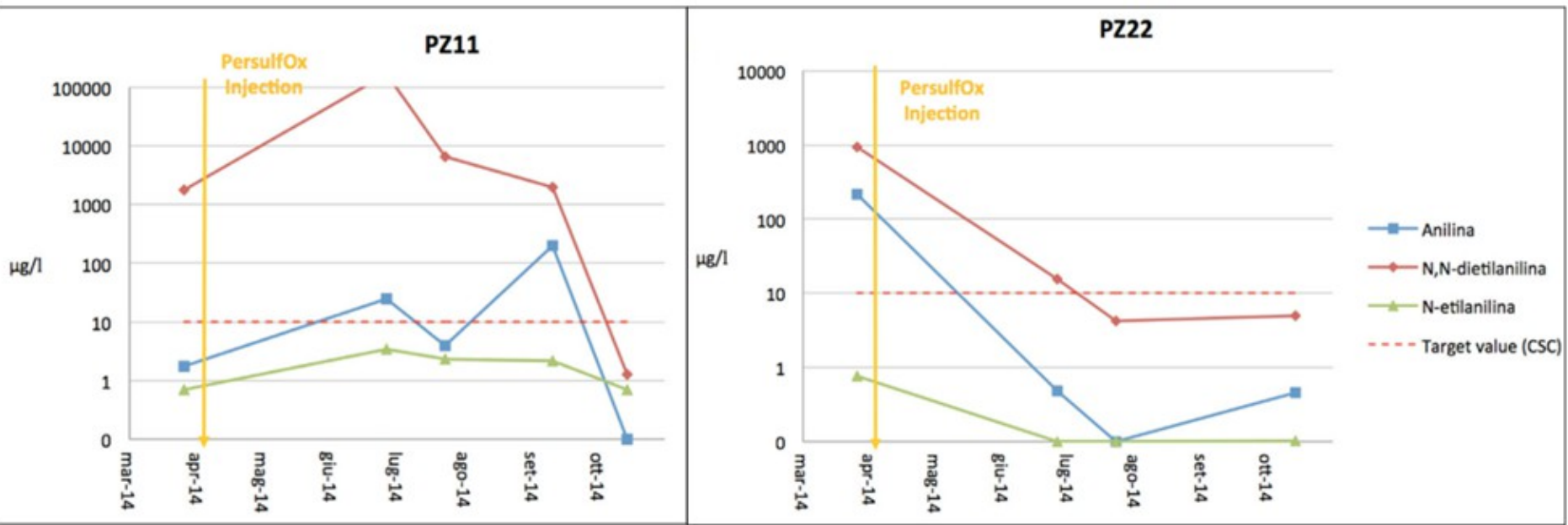
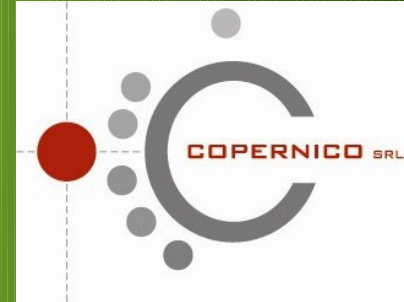
*Piezometro di monitoraggio  
PZ16*

**PZ16 (10/05/2014)**



# BONIFICA FALDA

## MONITORAGGIO ANALITICO

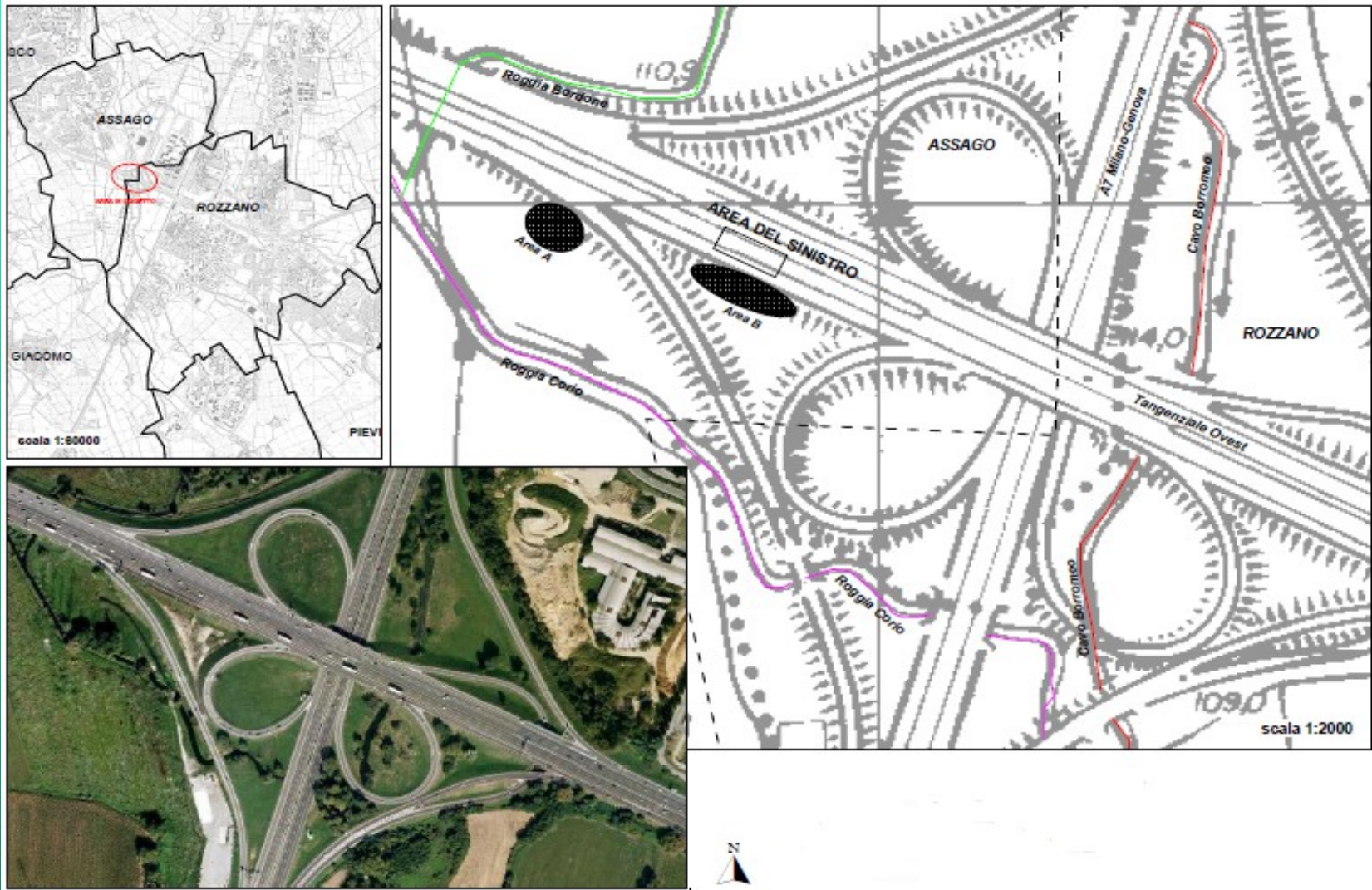


Riduzione delle concentrazioni di Aniline al di sotto della concentrazione obiettivo nei piezometri PZ11 e PZ22 (porzione superficiale dell'acquifero) nei 6 mesi successivi all'intervento ISCO



# BONIFICA IN SITU DI FALDA CONTAMINATA DA MTBE

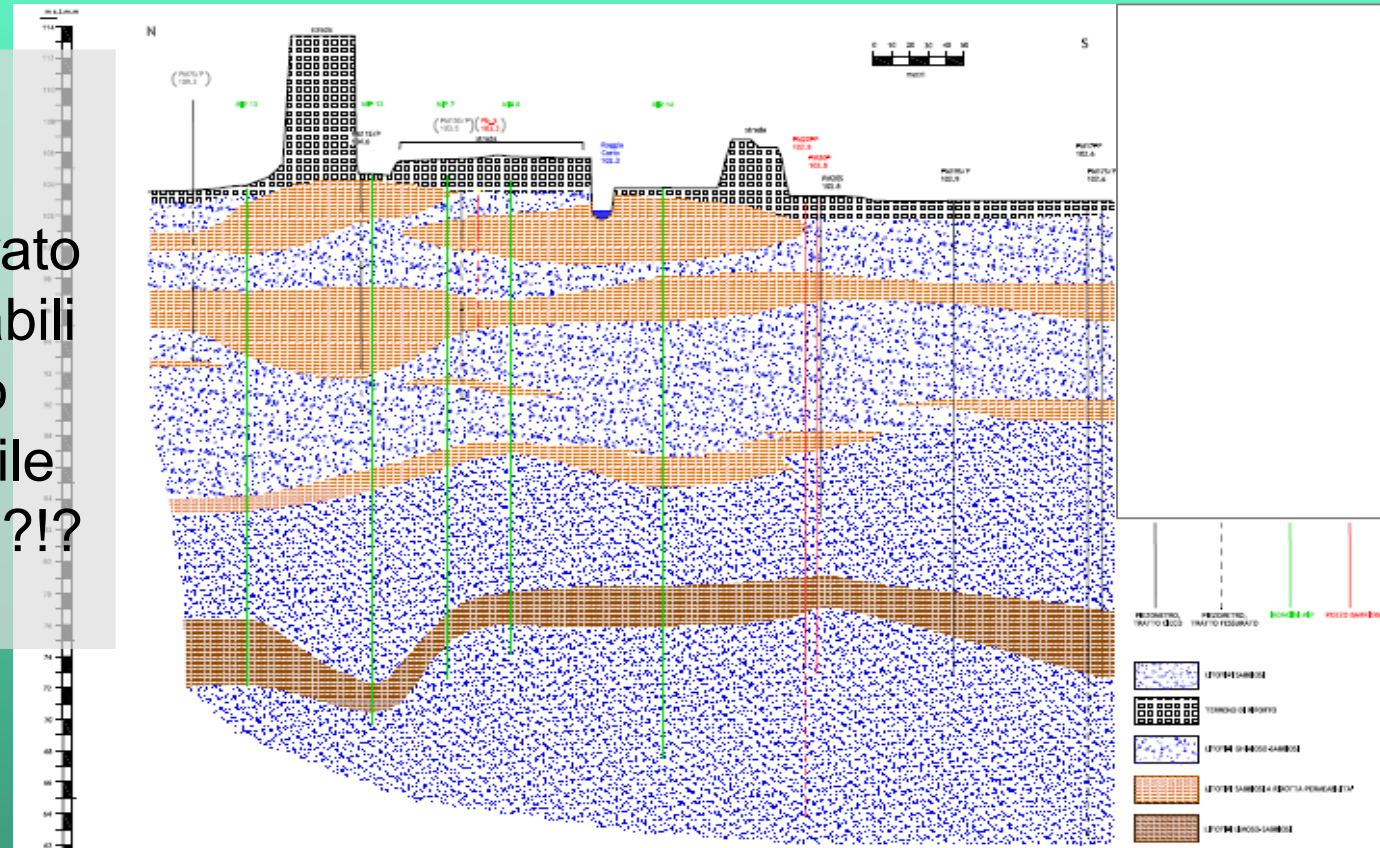
## UBICAZIONE AREA D'INTERVENTO



# MODELLO CONCETTUALE

## CRITICITA'

- Acquifero multistrato
- Piezometrie variabili
  - Plumen esteso
- Composto solubile
- Biodegradazione ?!?



## OBIETTIVI

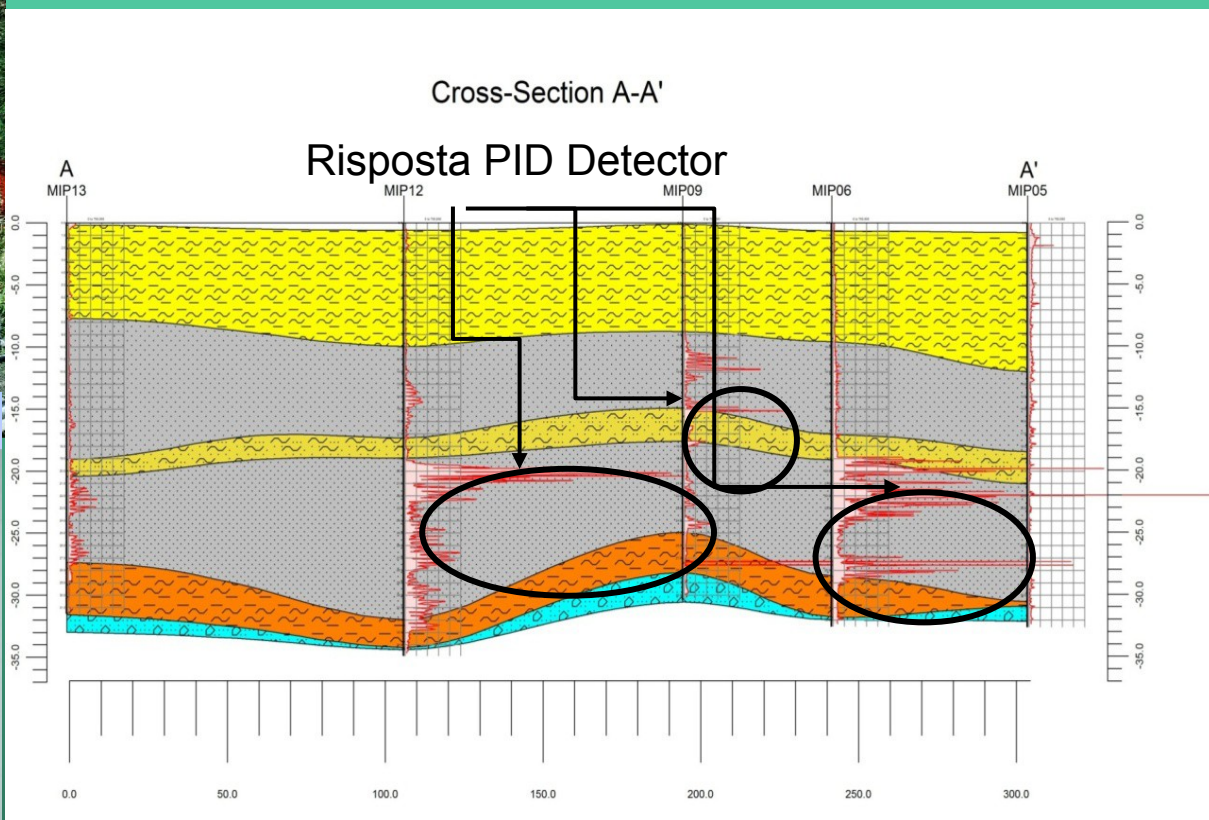
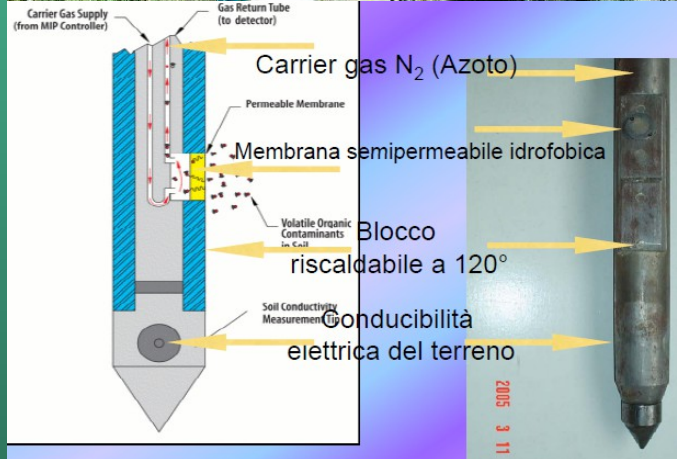
- Descrizione idrogeologica di dettaglio
- Definizione del volume di acquifero contaminato
- Caratterizzazione delle cinetiche biodegradative
- Individuazione della migliore tecnologia di bonifica



# INDAGINI INTEGRATIVE MEDIANTE M.I.P. (Membrane Interface Probe) PER LA RICOSTRUZIONE DEL PLUME DI CONTAMINAZIONE DA MTBE



- **PID** (Photo Ionization Detector) – Idrocarburi, VOC, BTEX
- **FID** (Flame Ionization Detector) – Idrocarburi alifatici, Metano, Butano
- **DELCD** (Dry Electrolytic Detector) – Solventi clorurati

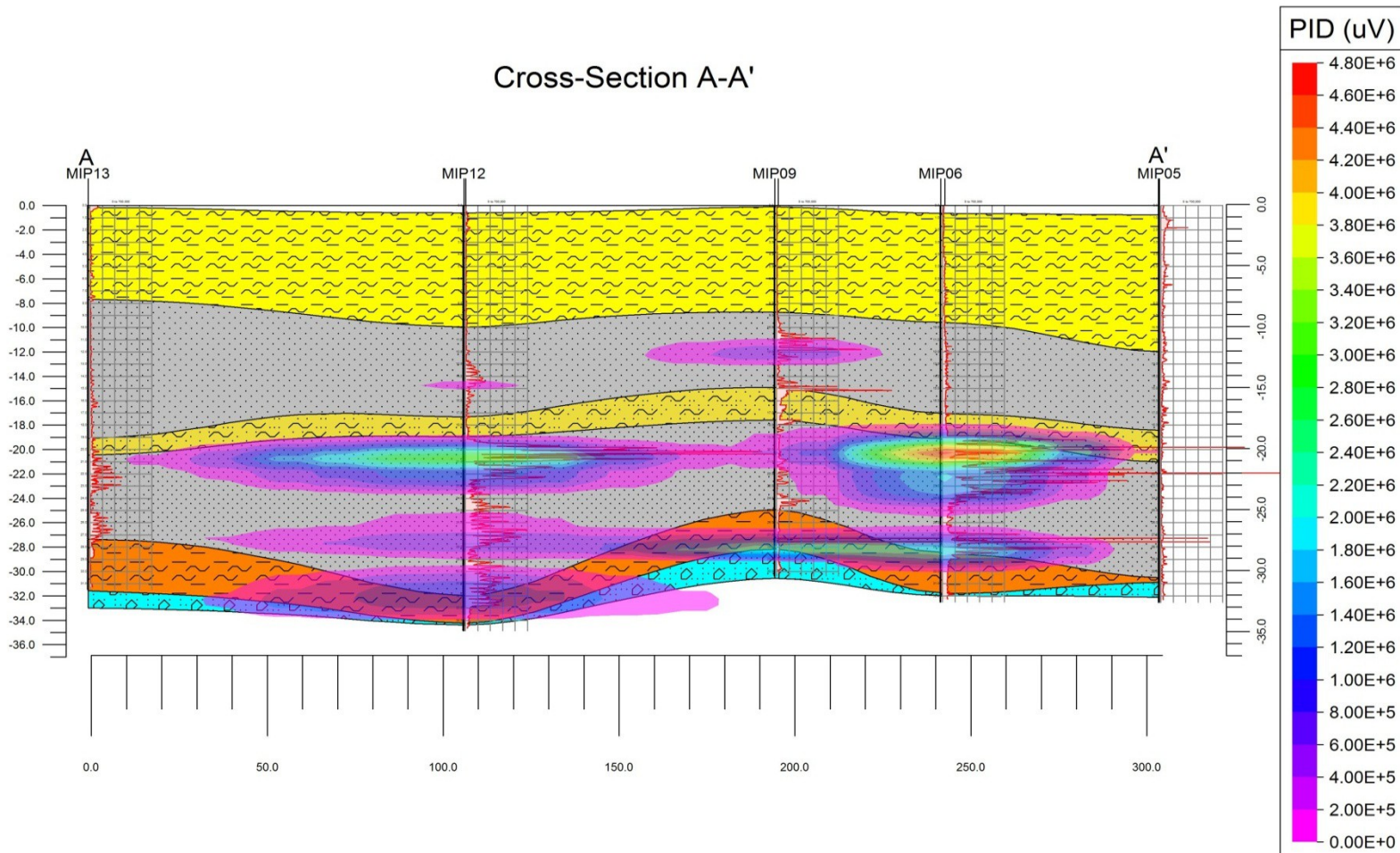




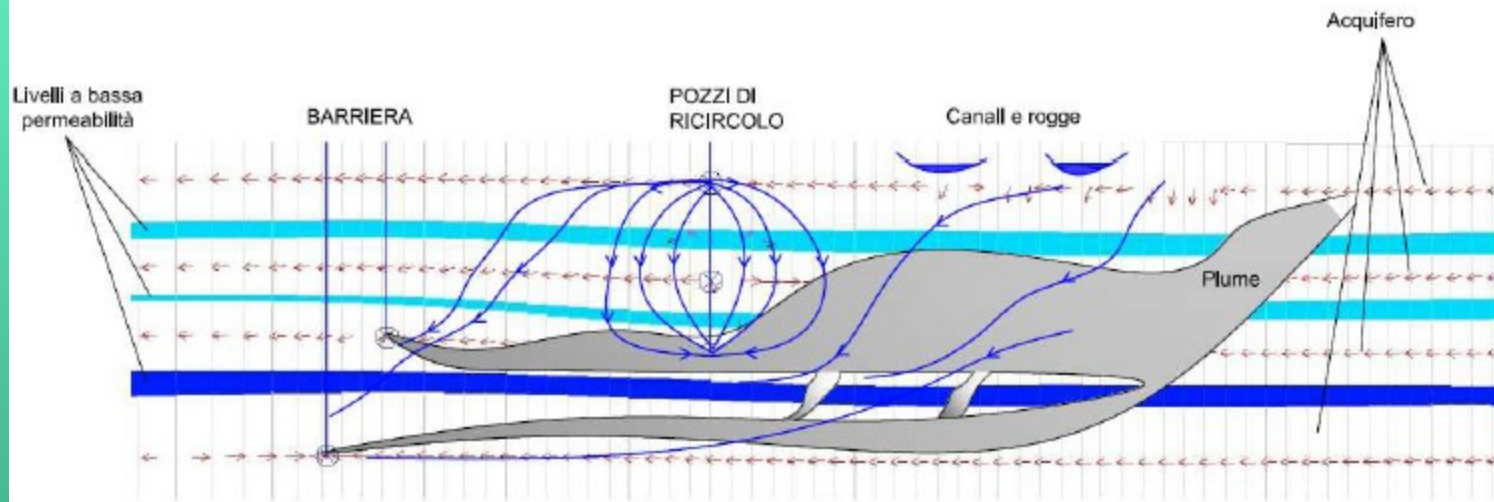
# Sezione Geoambientale



Cross-Section A-A'



# SOLUZIONE PROPOSTA – POZZI DI RICIRCOLO

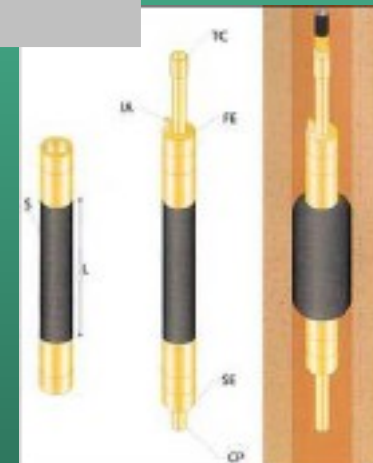


- N. 3 POZZI DI RICIRCOLO CON PROFONDITÀ 25m - DIAMETRO DI PERF.NE 300mm
- FILTRI : 3-11m // 21-24m DA p.c., SEPARATI DA PACKER AD ARIA COMPRESSA
- TRATTAMENTO DELLE ACQUE CON TORRI DI STRIPPAGGIO

*\* efficacia dei sistemi di strippaggio per la rimozione dell'MTBE;*

*\* aumento dei gradienti idraulici per la mobilitazione dei contaminanti operando su pochi punti di ricircolo, superando le difficoltà logistiche determinate dalla presenza dello svincolo autostradale;*

*\* rimozione biologica del TBA attraverso l'effetto ossigenante garantito dal sistema di ricircolo.*





# UBICAZIONE E REALIZZAZIONE IMPIANTO



# CALCOLO DEL TEMPO DI RISANAMENTO



- PER LA DEFINIZIONE DEI TEMPI DI BONIFICA È STATO IMPLEMENTATO UN MODELLO DI FLUSSO E TRASPORTO IN REGIME TRANSITORIO :

