



**REMTECH EXPO**

**REMTECH**

# APPROCCIO MODULARE PER LA BONIFICA DI UNA FALDA CONTAMINATA DA IDROCARBURI

*Ing. Corrado Thea - Golder Associates*

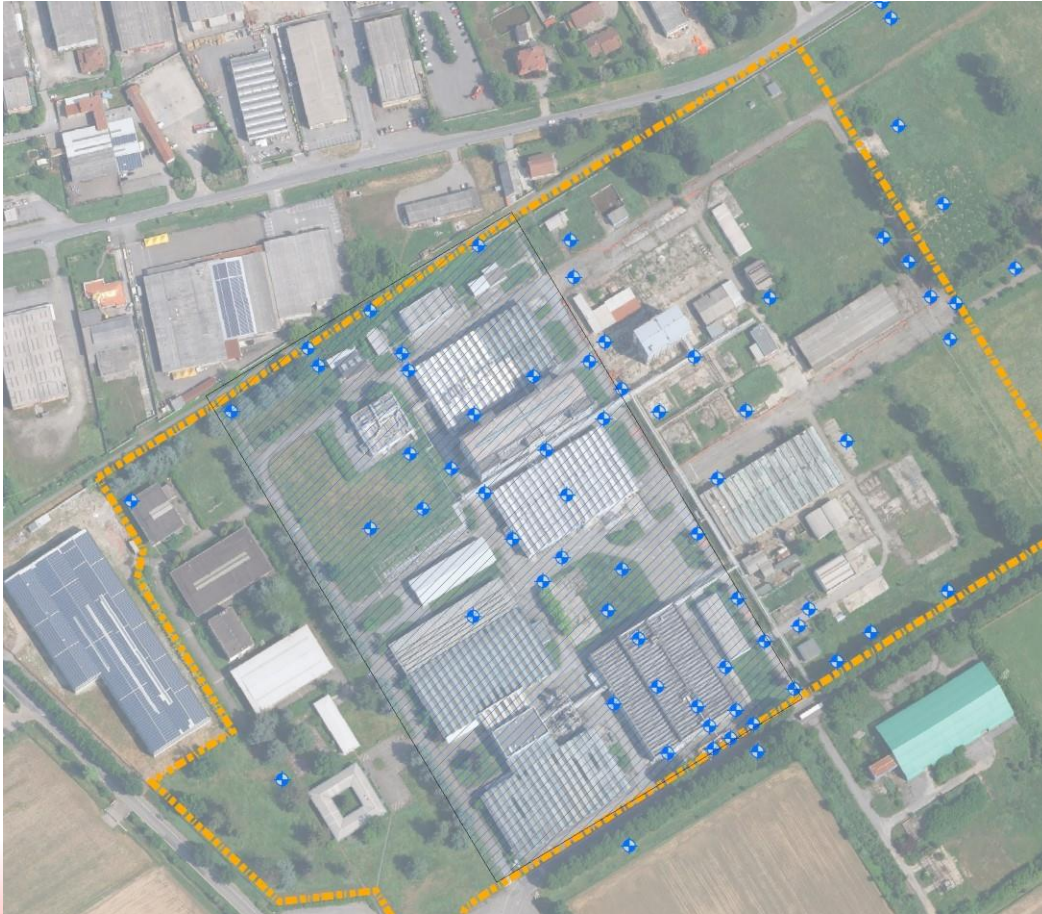
## **TECNOLOGIA DI BONIFICA DELLE ACQUE CONTAMINATE**

19 settembre 2019

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

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

# INQUADRAMENTO



- Stabilimento manifatturiero dismesso, operativo dagli anni 60 fino al 2010.
- Superficie totale di circa 20 ha ubicato in un'area industriale e confinante con aree ad uso agricolo
- Rilevati superamenti delle CSC per Idrocarburi leggeri BTEX (pincipalmente Toluene) ed elevati valori di Trimetilbenzeni e Indano nelle acque sotterranee fin dal 2011
- BTEX ~ 10.000 µg/l
- Idrocarburi tot ~ 10.000 µg/l
- TMB ~ 1000 µg/l
- Indano ~ 100 µg/l



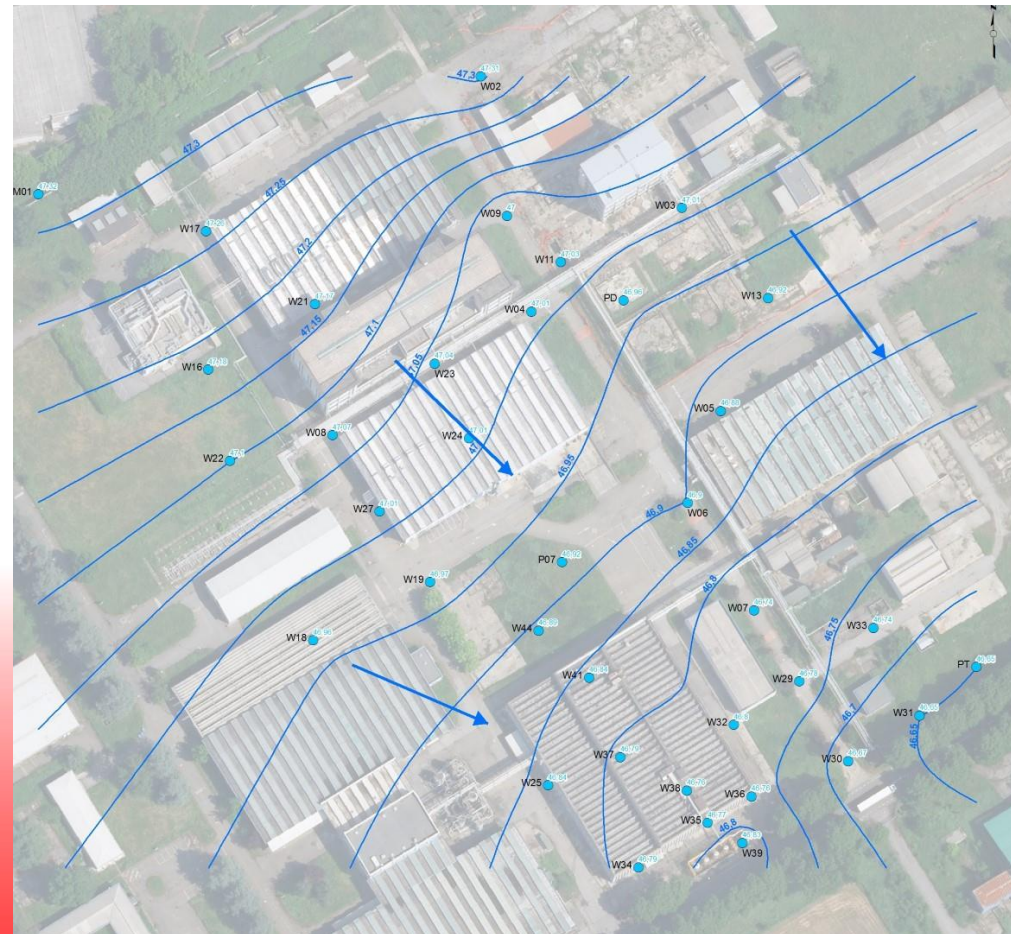
# INQUADRAMENTO

Idrogeologia

- Acquifero costituito da livelli sabbiosi omogenei;
- Soggiacenza tra 10 e 11 m da p.c.;
- Base dell'acquifero a 40 m da p.c.;
- Locale presenza di lenti limoso-argillose tra 5 e 9 m da p.c..

- Acquifero produttivo ( $k = 8 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ );
- Direzione prevalente di deflusso NW-SE negli ultimi 3 anni (prima N/NE - S/SW);
- Profondità dei piezometri 18 m da p.c..

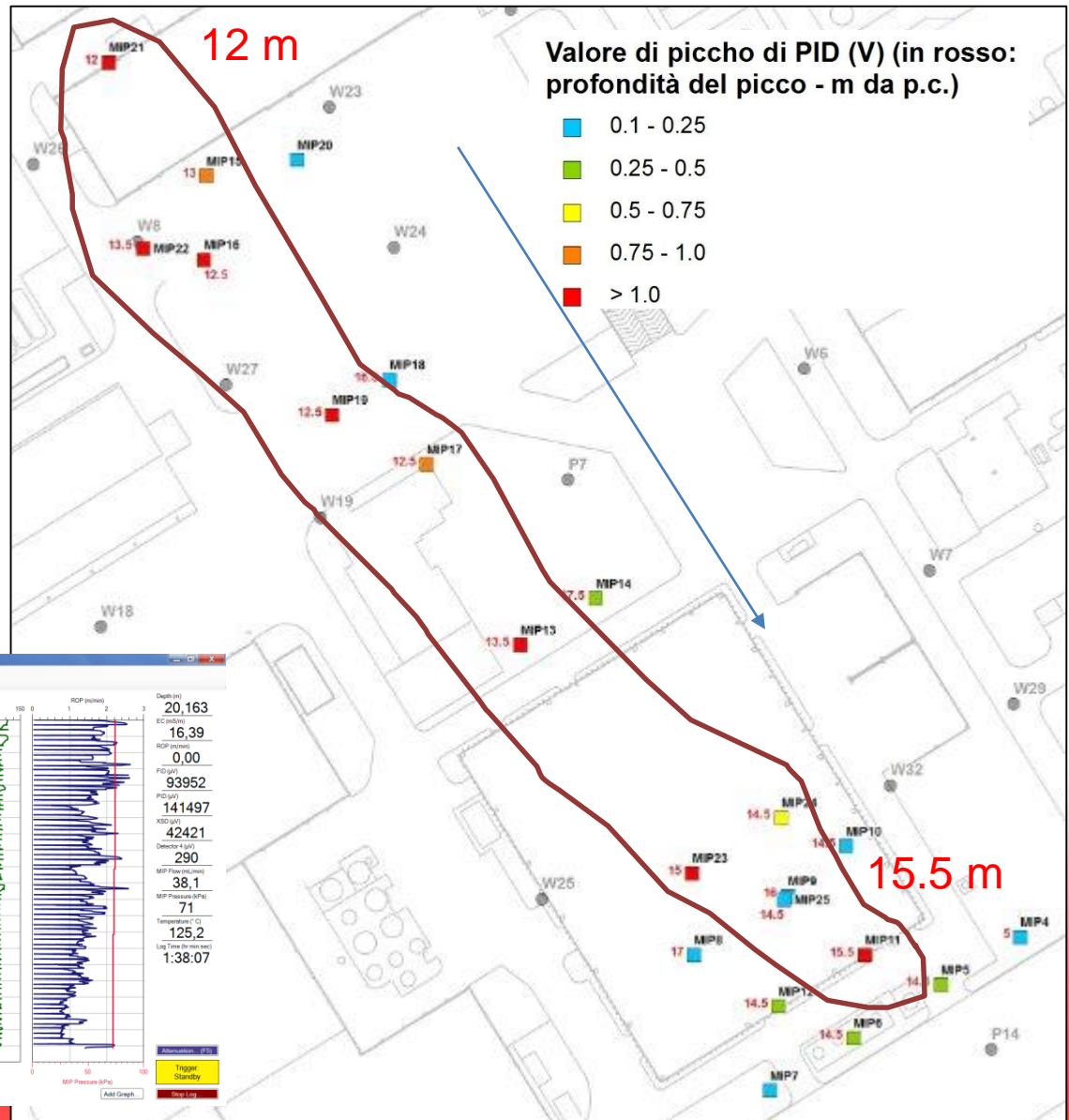
Depth (m top L)	Elevation (m a.s.l.)	STRATIGRAPHY		BOREHOLE INFORMATION			DRILLING INFORMATION													
		DESCRIPTION	LOG GRAPH	SAMPLE DEPTH (m)	Headspace test (ppt)	WELL SKETCH	Drill bit	Drill rate	Drill fluid	Drill mud	Drill water	Drill gas								
0.0 - 1.3		BACKFILL material		1.0	100															
1.3 - 1.5		Sandy SILT, ochre, soft, moist		1.5	200															
1.5 - 2.0		Silty SAND, medium, trace coarse gravel, ochre, loose, dry		2.0	300															
2.0 - 4.8		SAND, medium, ochre to light brown, loose, dry		4.8	400															
4.8 - 5.0		Sandy SILT, ochre, soft, dry		5.0																
5.0 - 11.0		SAND, medium, ochre to light brown, loose, dry		11.0																
11.0 - 13.0		SAND, medium, ochre to light brown, loose, wet		13.0																
13.0 - 13.5		SAND, medium, trace coarse gravel, ochre to light brown, loose, wet		13.5																
13.5 - 18.0		SAND, medium, ochre to light brown, loose, wet		18.0																



# CARATTERIZZAZIONE

Indagine MIP (Membrane Interface Probe)

- Plume delimitato lateralmente lungo e stretto
- Nessun picco di segnale nel terreno insaturo
- Approfondimento della contaminazione sotto falda da monte a valle (GW@10-11 m)

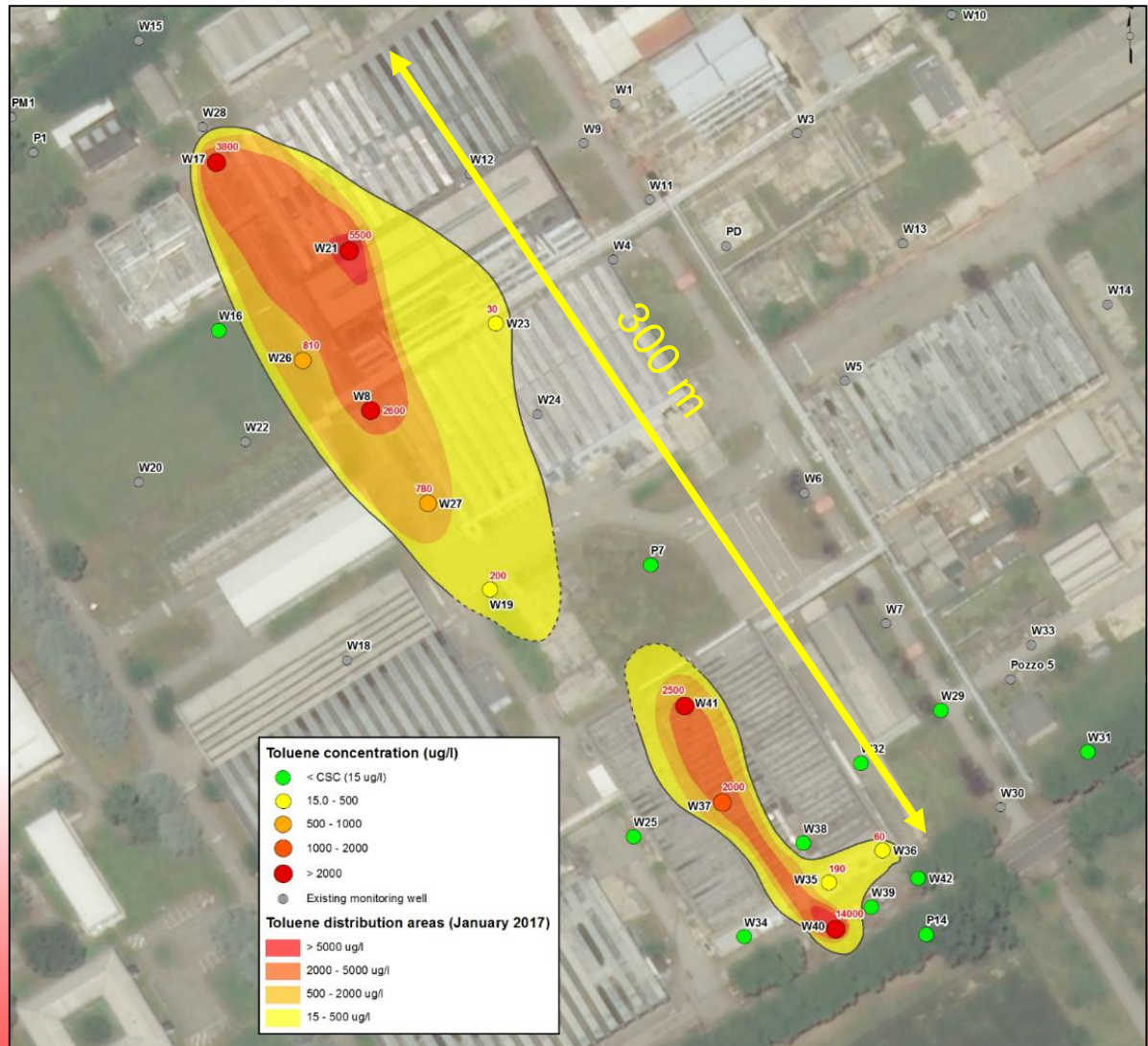




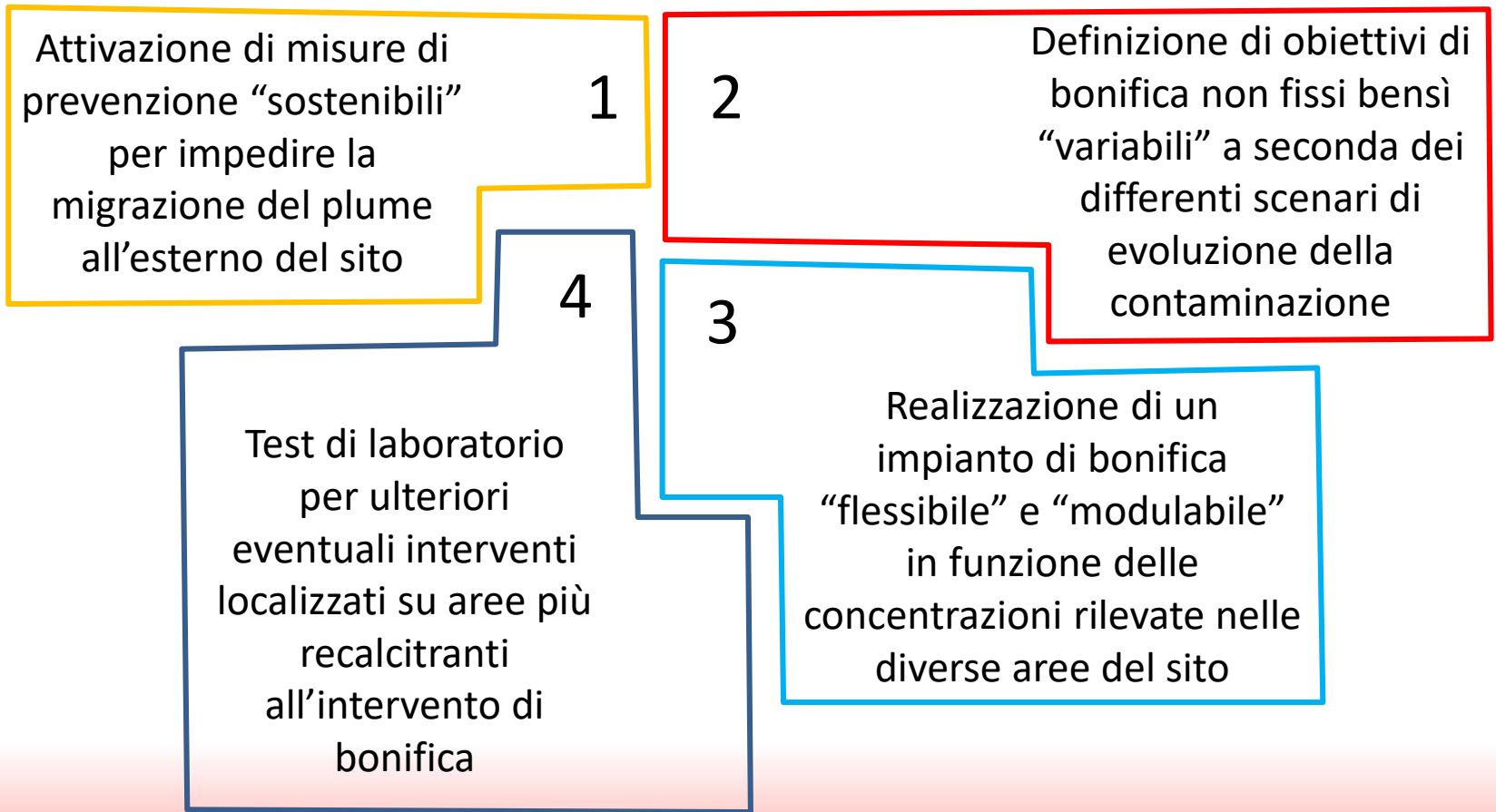
# CARATTERIZZAZIONE

Delimitazione della contaminazione nelle acque sotterranee

- Discontinuità spaziale nella contaminazione rilevata nelle acque sotterranee
- Le concentrazioni dei contaminanti principali appaiono dello stesso ordine di grandezza a monte e a valle
- I contaminanti sono gli stessi ma con diversi rapporti di concentrazione
- Nei piezometri posti a valle idrogeologica la contaminazione è rinvenuta a profondità maggiore
- Contaminazione prossima al confine del sito



# PROGETTAZIONE INTERVENTO - APPROCCIO "MODULARE"

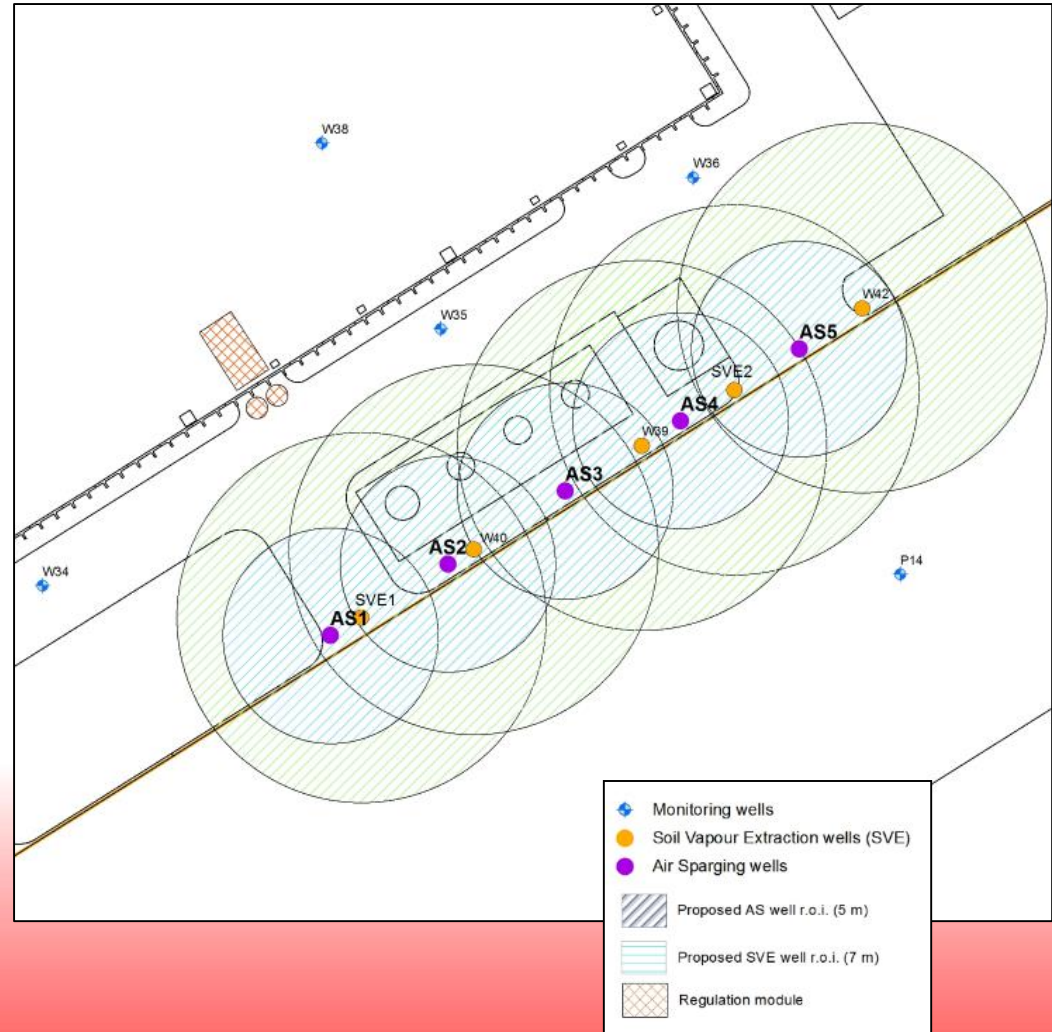


SOSTENIBILITA' AMBIENTALE ED ECONOMICA DELL'INTERVENTO

# 1 - MISURE DI PREVENZIONE ATTIVE

Barriera di Air Sparging e Soil Vapor Extraction

- Attivazione di una barriera di Air Sparging (“AS”) e Soil Vapor Extraction (“SVE”) al confine di valle del sito, perpendicolarmente alla direzione prevalente di deflusso (luglio 2017);
- Alternativa ad un classico e maggiormente oneroso Impianto di P&T;
- 5 coppie di pozzi di AS
- 5 pozzi di SVE
- Trattamento aria estratta con CA
- Piano di monitoraggio periodico delle acque sotterranee da piezometri interni ed esterni al sito
- Il sistema realizzato è stato utilizzato anche come “Impianto a scala pilota” per il successivo intervento full scale



## 2 – OBIETTIVI DI BONIFICA

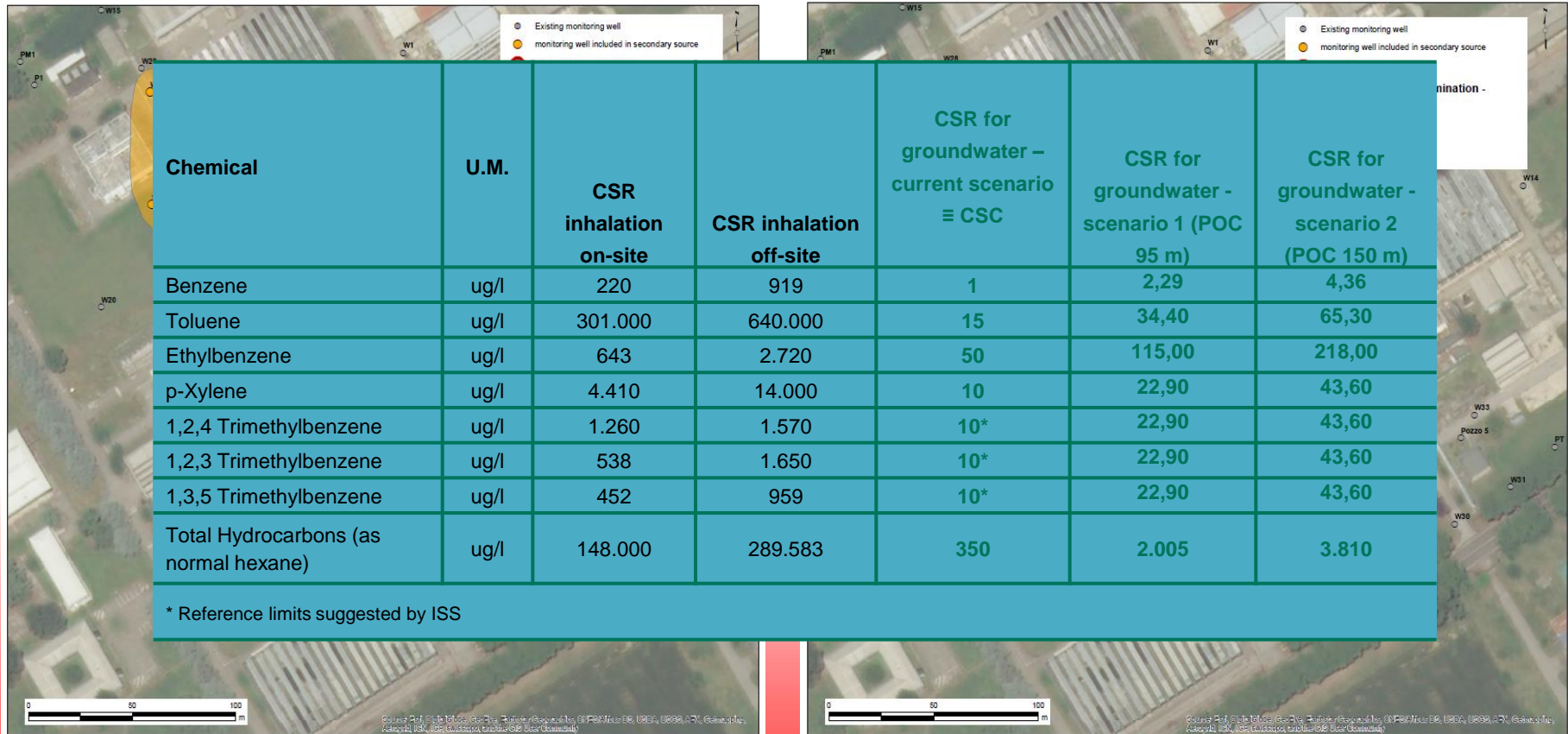
### Scenario iniziale

Fronte del plume di contaminazione in corrispondenza del confine di valle del Sito

### Possibili scenari futuri:

Scenario 1: Plume di contaminazione a 95 m di distanza dai POC individuati al confine del Sito (edificio);

Scenario 2: Plume di contaminazione a 150 m di distanza dai POC individuati al confine del Sito (a monte del pozzo W19).



Chemical	U.M.	CSR inhalation on-site	CSR inhalation off-site	CSR for groundwater – current scenario ≡ CSC	CSR for groundwater - scenario 1 (POC 95 m)	CSR for groundwater - scenario 2 (POC 150 m)
Benzene	ug/l	220	919	1	2,29	4,36
Toluene	ug/l	301.000	640.000	15	34,40	65,30
Ethylbenzene	ug/l	643	2.720	50	115,00	218,00
p-Xylene	ug/l	4.410	14.000	10	22,90	43,60
1,2,4 Trimethylbenzene	ug/l	1.260	1.570	10*	22,90	43,60
1,2,3 Trimethylbenzene	ug/l	538	1.650	10*	22,90	43,60
1,3,5 Trimethylbenzene	ug/l	452	959	10*	22,90	43,60
Total Hydrocarbons (as normal hexane)	ug/l	148.000	289.583	350	2.005	3.810

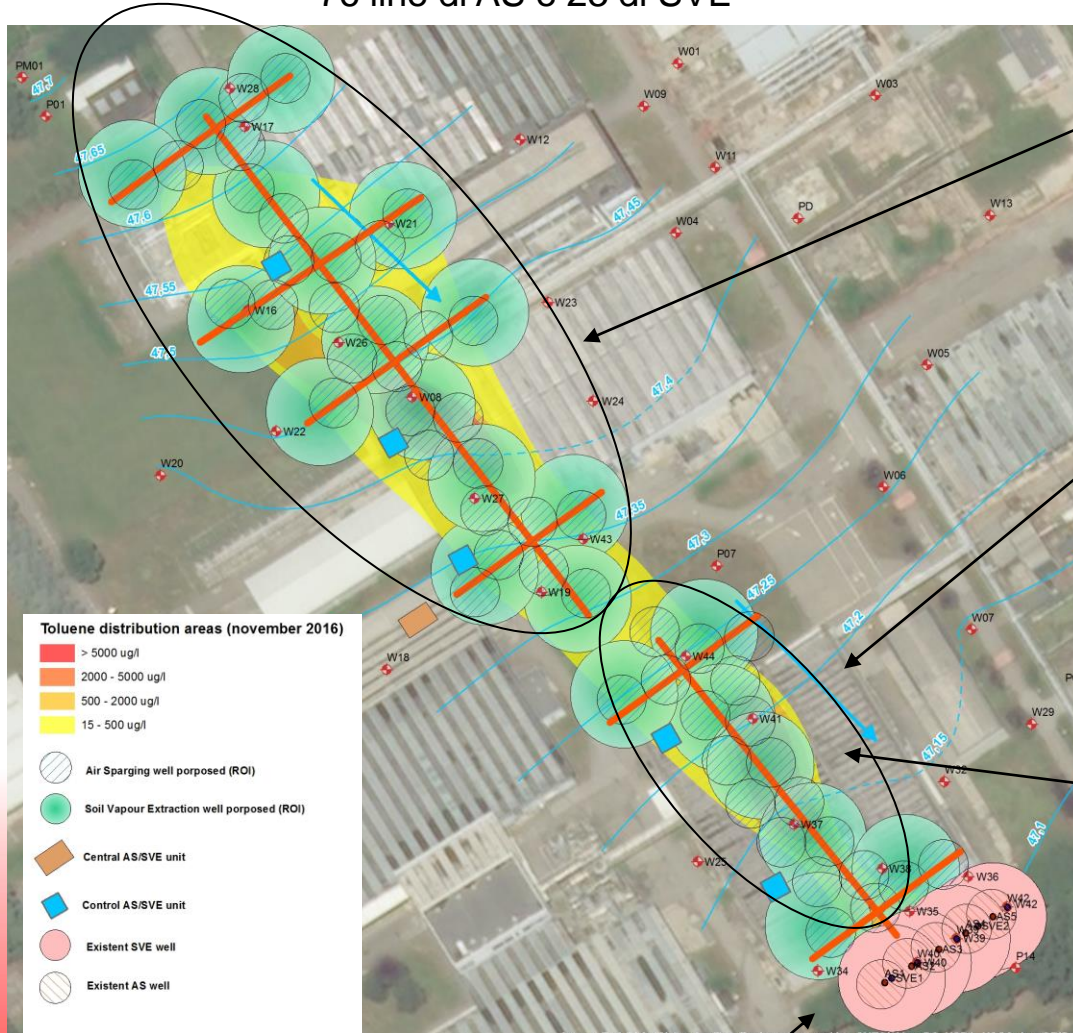
\* Reference limits suggested by ISS



# 3 – BONIFICA ACQUE SOTTERRANEE

Realizzazione pozzi di Air Sparging e Soil Vapor Extraction

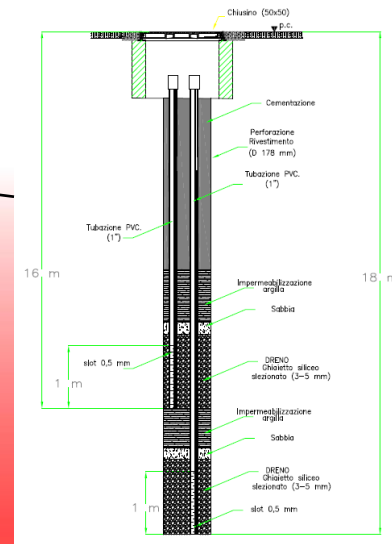
76 line di AS e 23 di SVE



■ Barriera AS/SVE al confine di valle

- 32 Pozzi di AS ubicati lungo la direzione prevalente di deflusso e in 4 transetti perpendicolari.
- 15 Pozzi di SVE posizionati in modo da garantire la copertura del raggio d'influenza dei Pozzi di AS

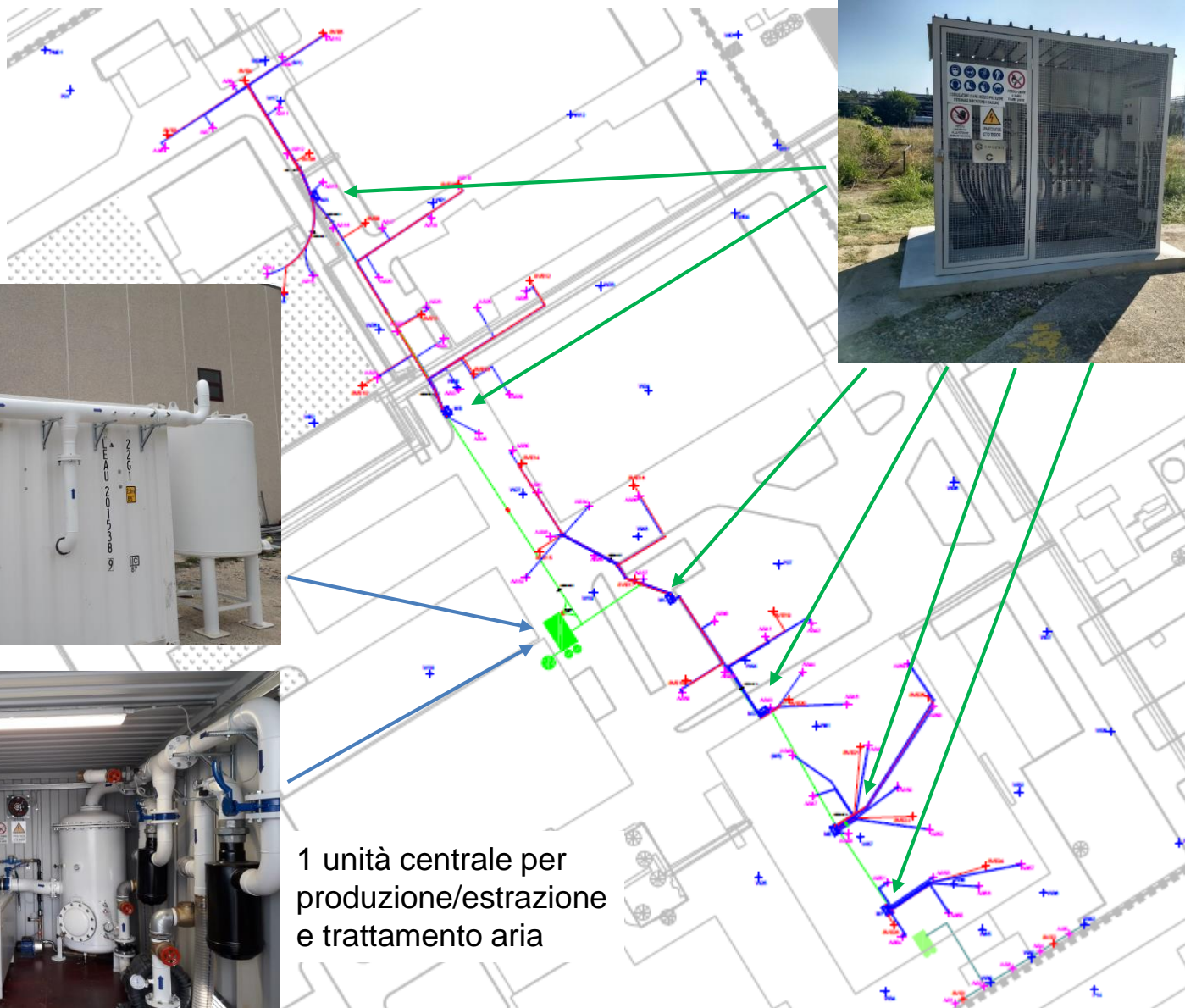
- 22 coppie di pozzi di AS ubicati lungo la direzione prevalente di deflusso e in 2 transetti perpendicolari.
- 8 Pozzi di SVE, posizionati in modo da garantire la copertura del raggio d'influenza dei pozzi di AS



Maggio 2019

# 3 – BONIFICA ACQUE SOTTERRANEE

Realizzazione Impianto di Air Sparging e Soil Vapor Extraction



6 moduli di regolazione dislocati sul sito per la gestione dei pozzi di AS/SVE



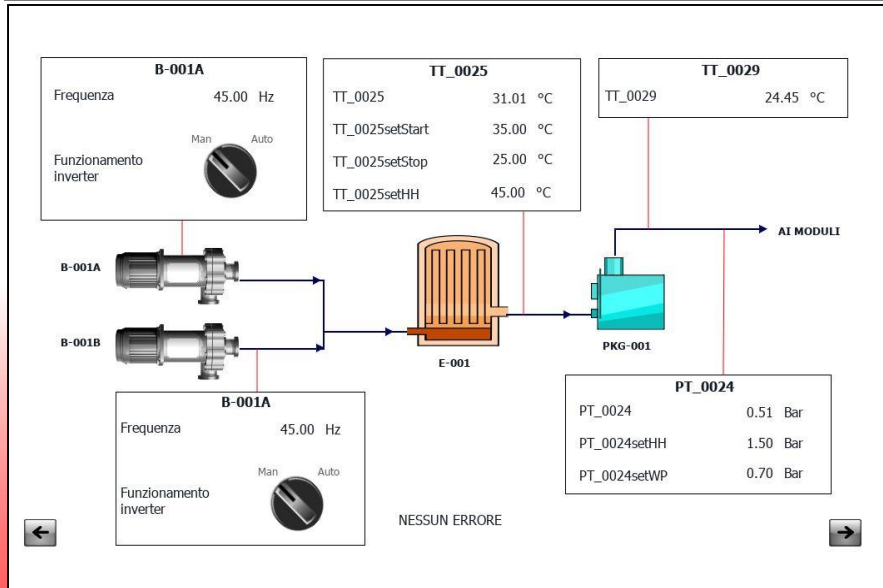
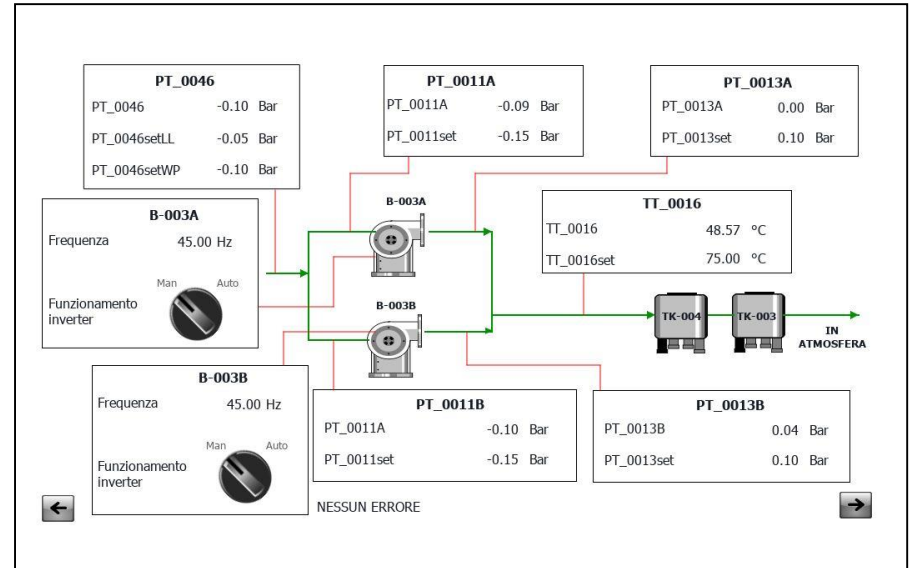
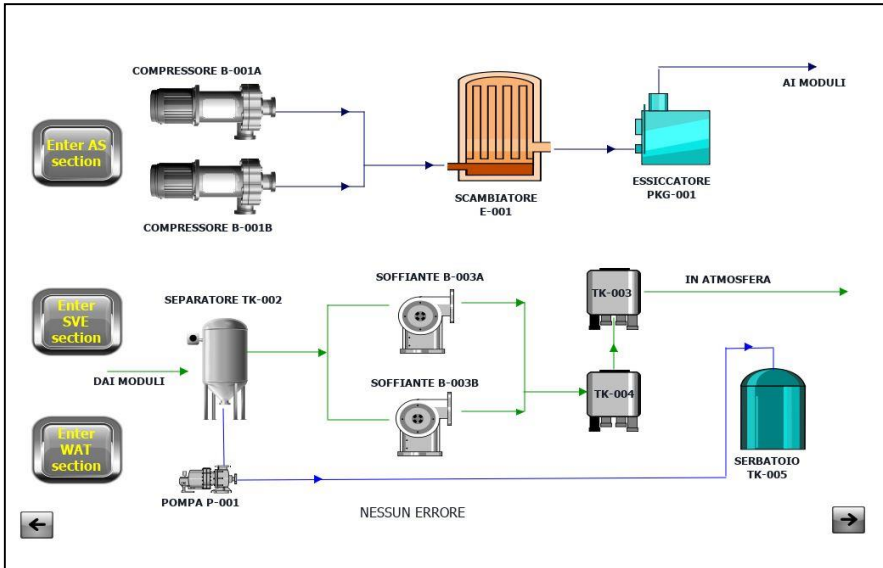
1 unità centrale per produzione/estrazione e trattamento aria





# 3 – BONIFICA ACQUE SOTTERRANEE

Automazione e remotizzazione



U.M. tempo:  giorni  ore  minuti

Durata totale ciclo (U.M. tempo): 144

Errore: Nessun errore

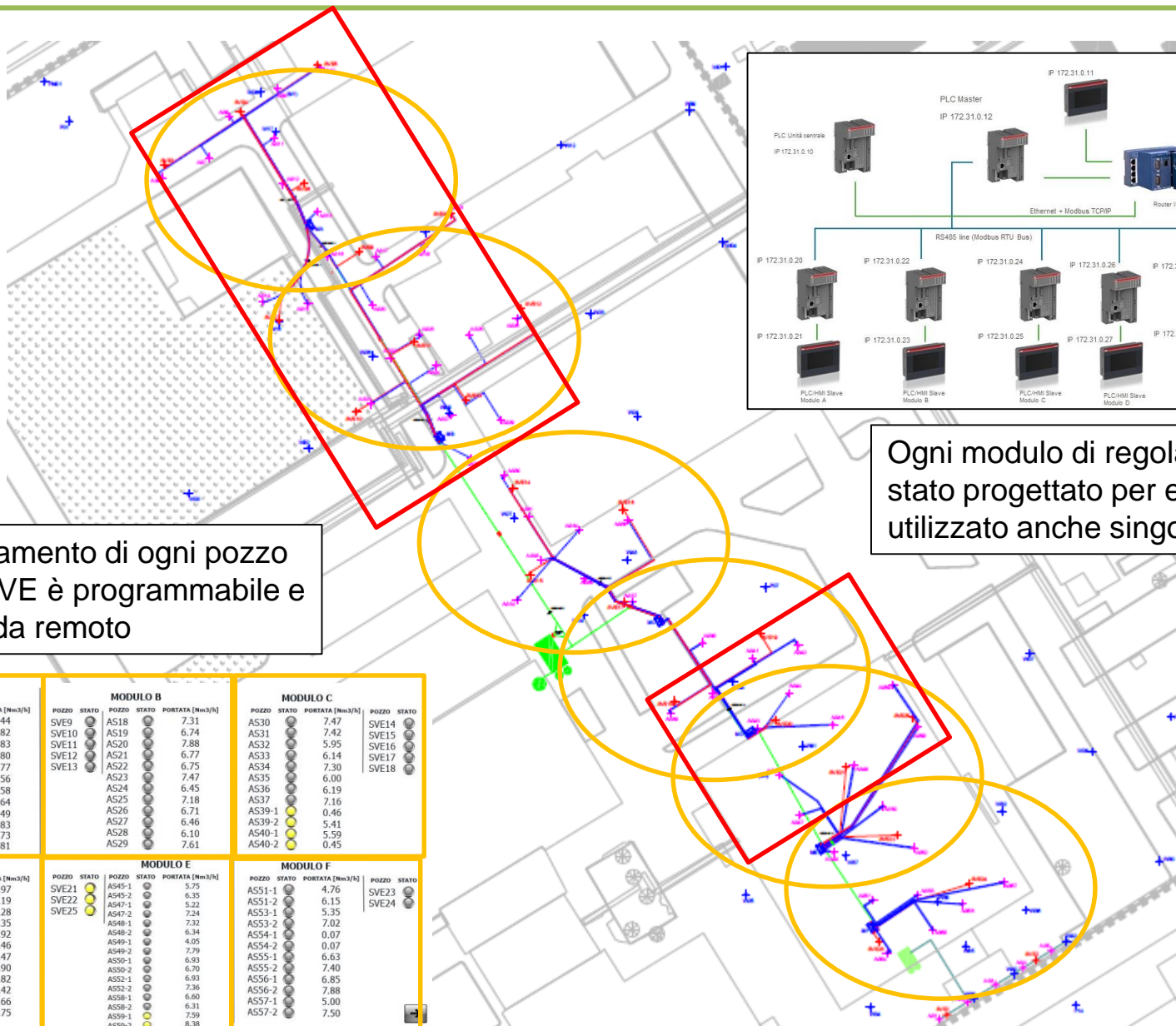
Reset errore

MODULO A			MODULO B			MODULO C			MODULO D			MODULO E			MODULO F		
Valvola	Shift	Lavoro	Valvola	Shift	Lavoro	Valvola	Shift	Lavoro	Valvola	Shift	Lavoro	Valvola	Shift	Lavoro	Valvola	Shift	Lavoro
AS6	0	24	AS18	0	48	AS30	48	24	AS38-1	48	48	AS45-1	96	24	AS51-1	120	24
AS7	0	24	AS19	0	48	AS31	48	24	AS38-2	48	48	AS45-2	96	24	AS51-2	120	24
AS8	0	24	AS20	24	24	AS32	48	24	AS41-1	48	48	AS47-1	96	24	AS53-1	120	24
AS9	0	24	AS21	24	24	AS33	48	24	AS41-2	48	48	AS47-2	96	24	AS53-2	120	24
AS10	0	24	AS22	24	24	AS34	48	24	AS42-1	48	48	AS48-1	96	48	AS54-1	120	24
AS11	0	24	AS23	24	24	AS35	48	24	AS42-2	48	48	AS48-2	96	48	AS54-2	120	24
AS12	0	48	AS24	0	48	AS36	48	24	AS43-1	72	24	AS49-1	96	48	AS55-1	120	24
AS13	0	48	AS25	24	24	AS37	48	24	AS43-2	72	24	AS49-2	96	48	AS55-2	120	24
AS14	0	48	AS26	24	24	AS39-1	48	48	AS44-1	72	24	AS50-1	96	24	AS56-1	120	24
AS15	0	48	AS27	0	48	AS39-2	48	48	AS44-2	72	24	AS50-2	96	24	AS56-2	120	24
AS16	0	48	AS28	24	24	AS40-1	48	48	AS46-1	72	48	AS52-1	96	48	AS57-1	120	24
AS17	0	48	AS29	0	48	AS40-2	48	48	AS46-2	72	48	AS52-2	96	48	AS57-2	120	24
SVE3	143	25	SVE9	0	24	SVE14	48	24	SVE19	48	48	SVE21	72	72	SVE23	96	48
SVE4	143	49	SVE10	0	24	SVE15	48	24	SVE20	48	96	SVE22	72	72	SVE24	96	48
SVE5	143	49	SVE11	24	24	SVE16	48	24				SVE25	72	72			
SVE6	0	24	SVE12	24	24	SVE17	48	24									
SVE7	0	24	SVE13	0	48	SVE18	48	24									
SVE8	0	25															

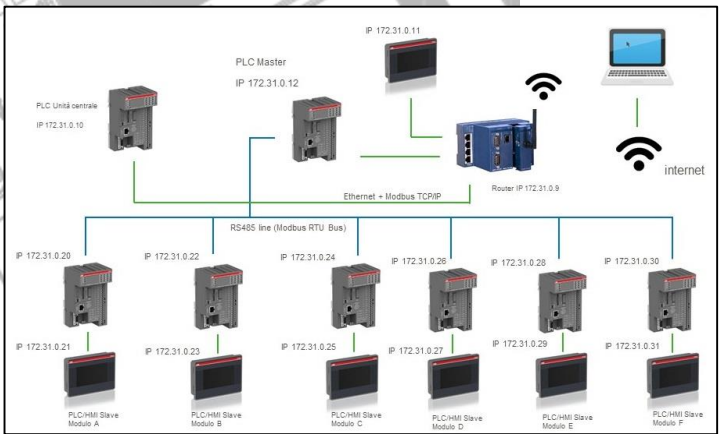


# 3 – BONIFICA ACQUE SOTTERRANEE

Funzionamento impianto di Air Sparging e Soil Vapor Extraction



Il funzionamento di ogni pozzo di AS o SVE è programmabile e gestibile da remoto



Ogni modulo di regolazione è stato progettato per essere utilizzato anche singolarmente

MODULO A			MODULO B			MODULO C			MODULO D			MODULO E			MODULO F		
POZZO	STATO	PORTATA [Nm <sup>3</sup> /h]	POZZO	STATO	PORTATA [Nm <sup>3</sup> /h]	POZZO	STATO	PORTATA [Nm <sup>3</sup> /h]	POZZO	STATO	PORTATA [Nm <sup>3</sup> /h]	POZZO	STATO	PORTATA [Nm <sup>3</sup> /h]	POZZO	STATO	PORTATA [Nm <sup>3</sup> /h]
SVE3	AS6	7.44	SVE9	AS18	7.31	AS30	AS7	7.47	SVE19	AS38-1	4.97	SVE21	AS45-1	5.75	AS51-1	AS4	4.76
SVE4	AS7	8.82	SVE10	AS19	6.74	AS31	AS8	7.42	SVE20	AS38-2	5.19	SVE22	AS45-2	6.35	AS51-2	AS5	6.15
SVE5	AS8	6.83	SVE11	AS20	7.88	AS32	AS9	5.95	AS41-1	AS41-1	4.28	AS47-1	AS47-1	5.22	AS53-1	AS6	5.35
SVE6	AS9	7.80	SVE12	AS21	6.77	AS33	AS10	6.14	AS41-2	AS42-1	6.35	AS47-2	AS48-1	7.24	AS53-2	AS7	7.02
SVE7	AS10	7.77	AS22	AS22	6.75	AS34	AS11	7.30	AS42-2	AS42-2	4.92	AS48-2	AS48-2	6.34	AS54-1	AS8	0.07
SVE8	AS11	7.56	AS23	AS23	7.47	AS35	AS12	6.00	AS42-2	AS42-2	5.46	AS49-1	AS49-1	4.05	AS54-2	AS9	0.07
	AS12	7.58	AS24	AS24	6.45	AS36	AS13	6.19	AS43-1	AS43-1	5.47	AS49-2	AS49-2	7.79	AS55-1	AS10	6.63
	AS14	7.64	AS25	AS25	7.18	AS37	AS14	7.16	AS43-2	AS43-2	5.90	AS50-1	AS50-1	6.93	AS55-2	AS11	7.40
	AS15	6.49	AS26	AS26	6.71	AS39-1	AS15	0.46	AS44-1	AS44-1	4.82	AS50-2	AS50-2	6.70	AS56-1	AS12	6.93
	AS16	2.83	AS27	AS27	6.46	AS39-2	AS16	5.41	AS44-2	AS44-2	6.42	AS52-1	AS52-1	4.82	AS56-2	AS13	7.88
	AS17	5.73	AS28	AS28	6.10	AS40-1	AS17	5.59	AS46-1	AS46-1	5.66	AS52-2	AS52-2	7.36	AS58-1	AS14	6.60
	AS18	6.81	AS29	AS29	7.61	AS40-2	AS18	0.45	AS46-2	AS46-2	5.75	AS59-1	AS59-1	7.59	AS58-2	AS15	6.31
															AS59-2	AS16	8.38

BACK TO PLANT

# 4 – TEST DI BIOTRATTABILITA'

Test di iniezione nitrati in falda

## Assunzioni:

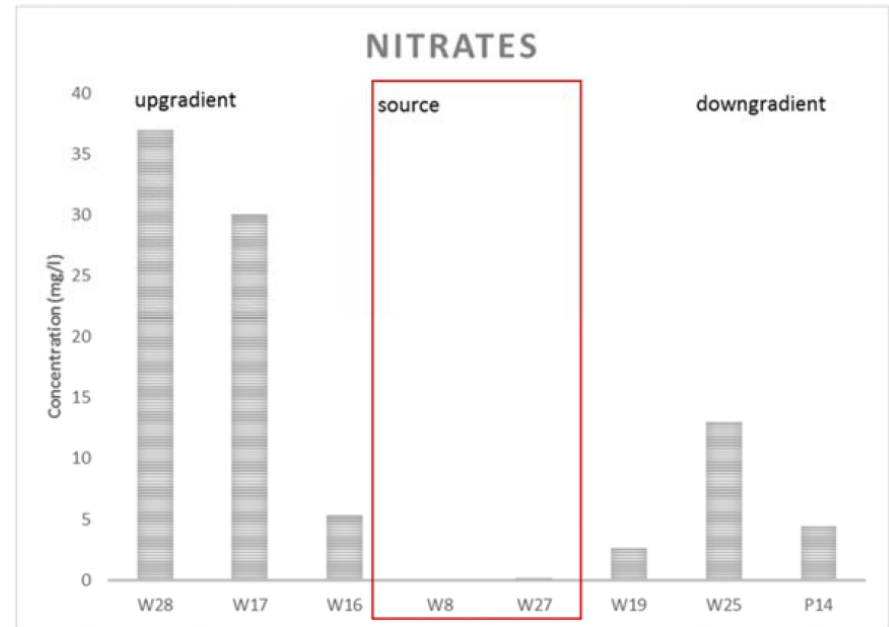
- I contaminanti d'interesse sono volatili (cost. Henry  $> 1 \times 10^{-5}$  atm m<sup>3</sup>/mol) e facilmente biodegradabili
- Nelle aree più impattate gli accettori di elettroni più efficienti ( $O_2 > NO_3^- > Mn^{4+} > Fe^{3+}$ ) sono già stati consumati
- Possibile utilizzo di nitrati quali accettori di elettroni per stimolare il naturale processo di biodegradazione.

## Test di laboratorio:

- Utilizzo di suoli e acque contaminate del sito per ricreare in laboratorio un microcosmo con iniezione di Nitrato di Potassio a differenti dosaggi

## Test pilota in campo

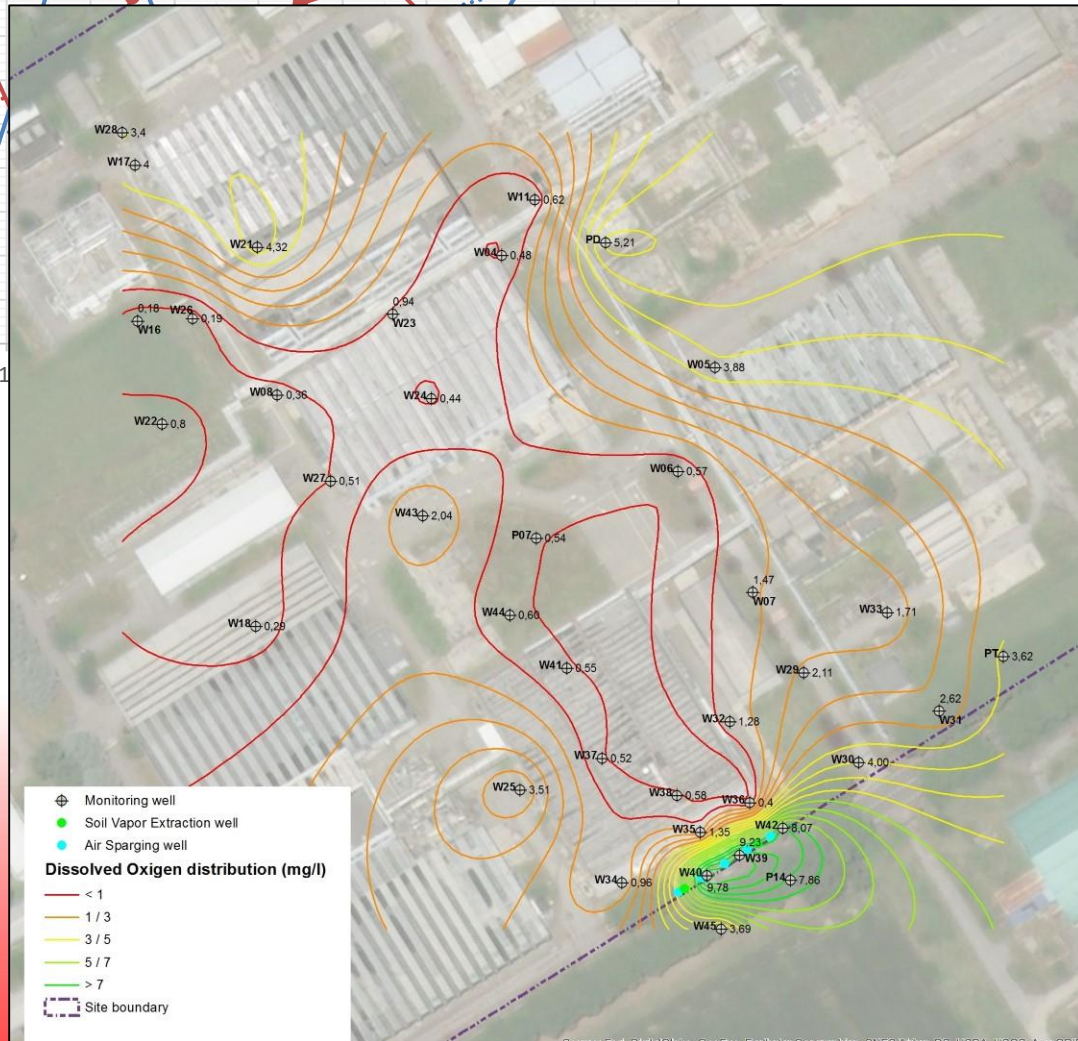
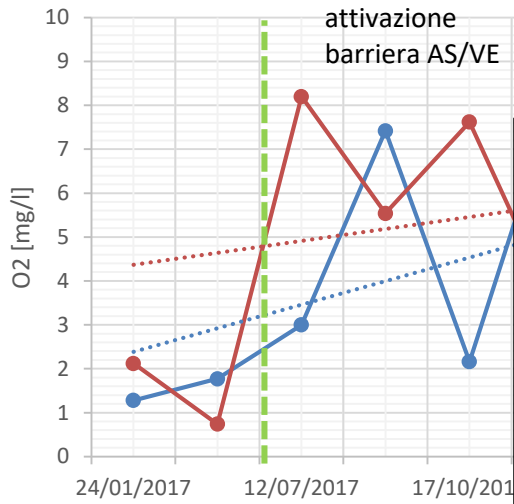
- Iniezione di nitrati tramite pozzi realizzati in una delle aree “mediamente” impattate del sito
- Monitoraggi periodici



# RISULTATI

Parametri chimico-fisici dell'acquifero – barriera AS/SVE

pozzo barriera AS/SVE

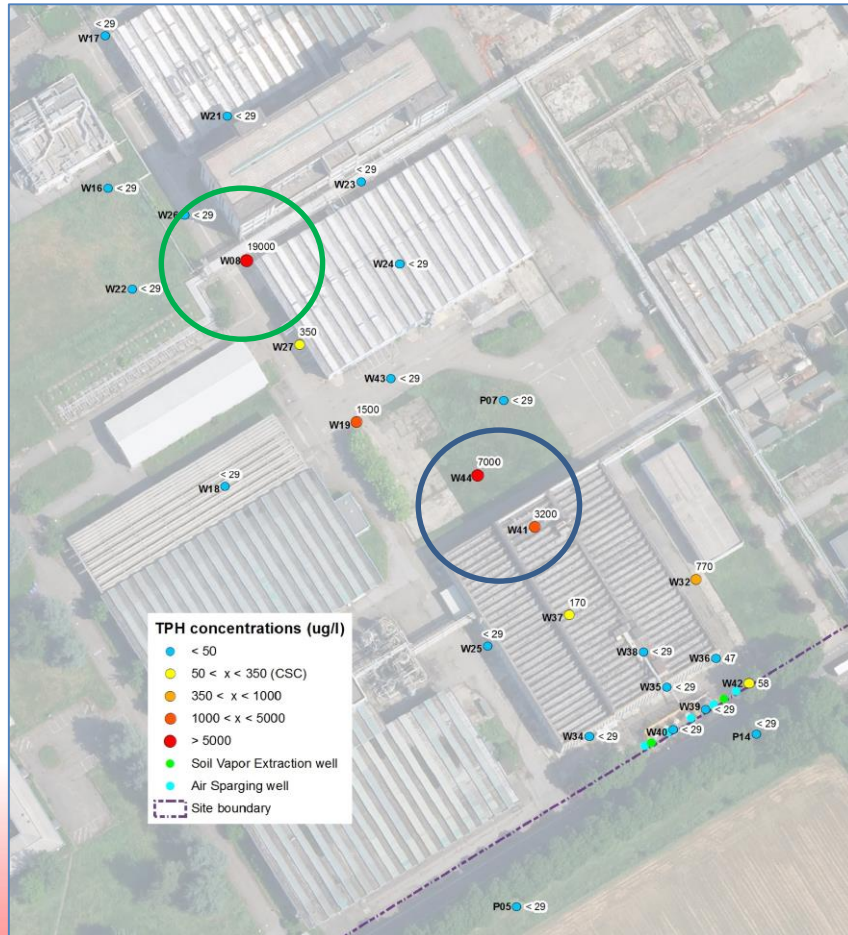




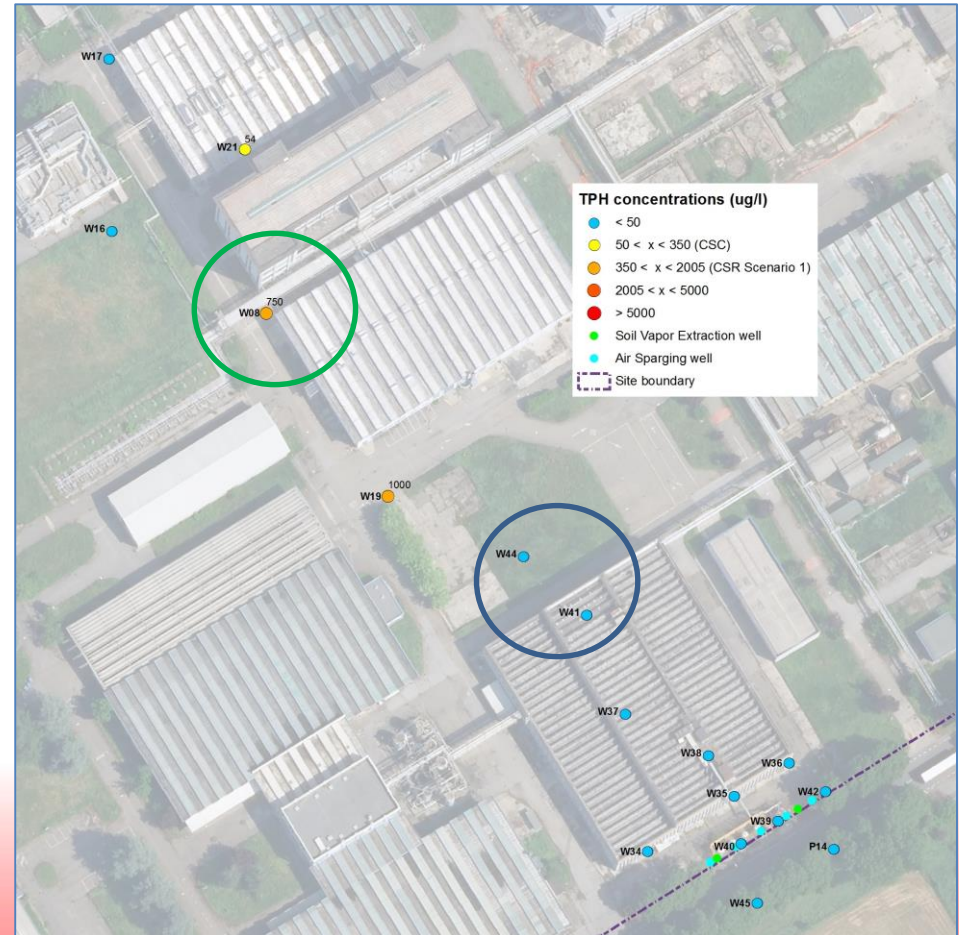
# RISULTATI

Concentrazioni nelle acque sotterranee – Idrocarburi totali

settembre 2018



giugno 2019

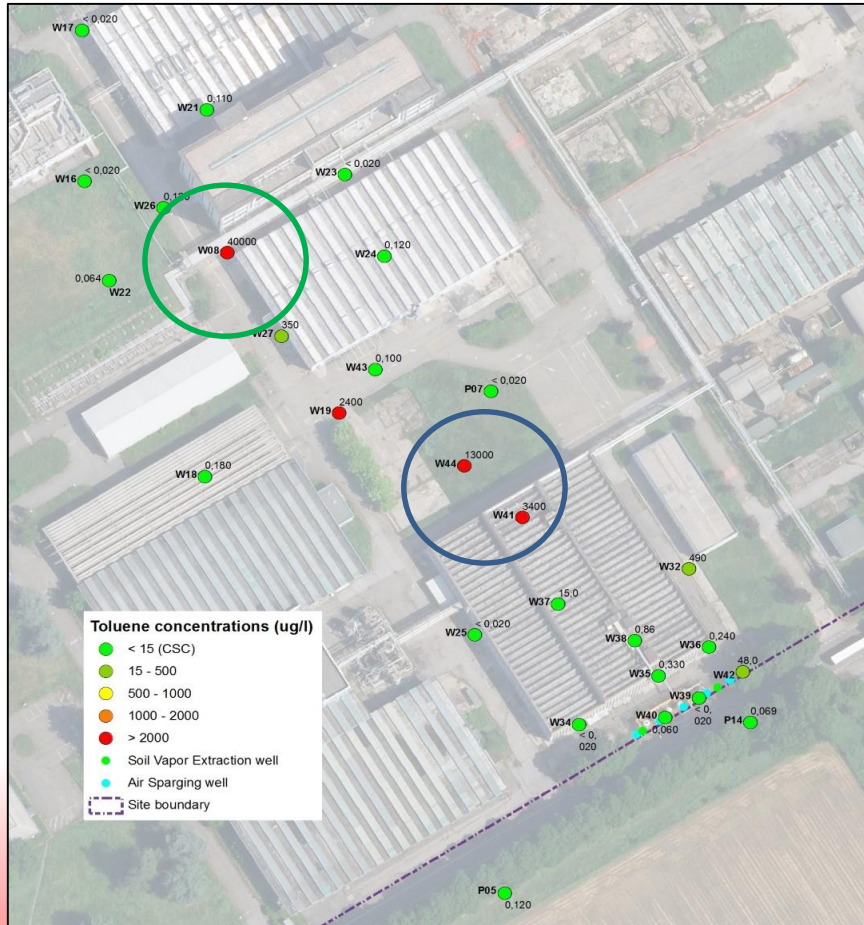




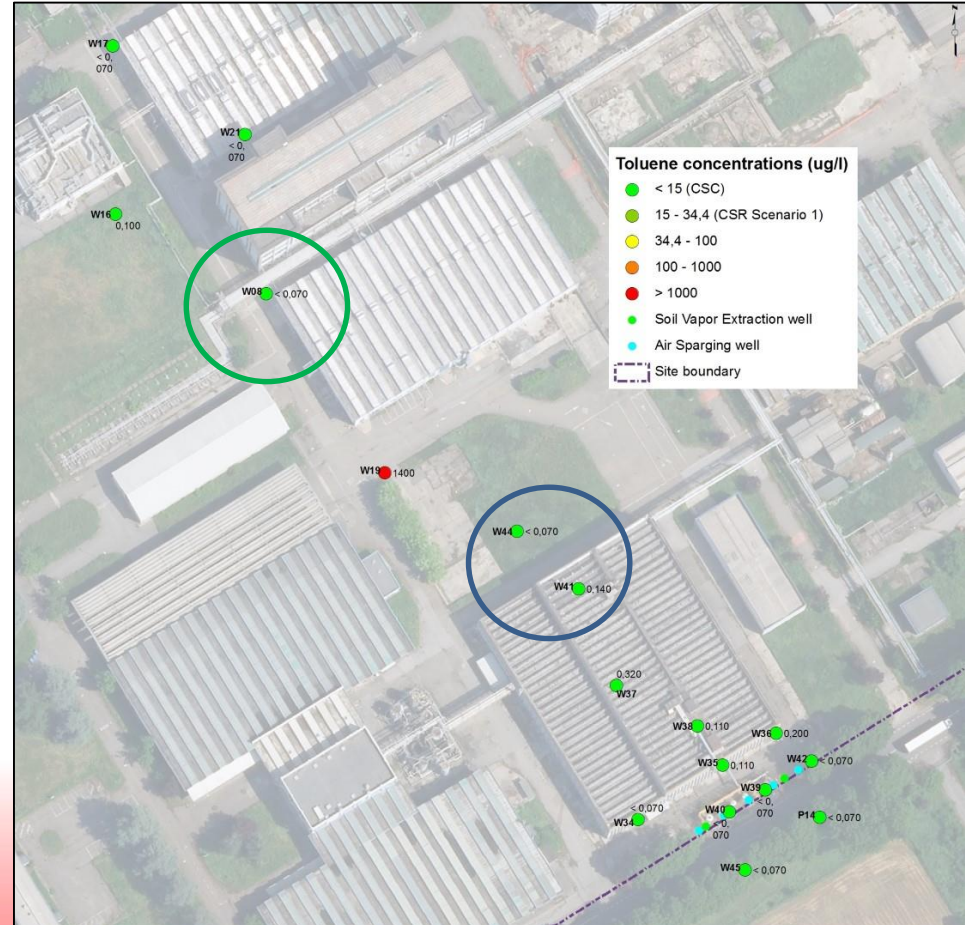
# RISULTATI

Concentrazioni nelle acque sotterranee - Toluene

settembre 2018



giugno 2019



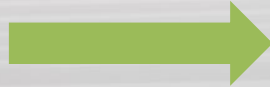
# CONSIDERAZIONI FINALI

- Tecnologia consolidata per siti con caratteristiche analoghe



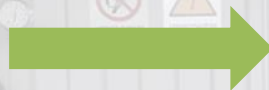
- Alta efficienza dell'intervento

- Obiettivi di bonifica variabili



- Risultato non vincolato al raggiungimento di un unico valore soglia per parametro

- Completa automazione e remotizzazione del sistema



- a fronte di un costo di realizzazione maggiore (~ 20%), è necessaria una minima presenza di personale in Sito (- 50%)
- gestione efficiente delle macchine
- il sistema necessita di minima manutenzione

- Realizzazione di un impianto "modulare"



- Impianto di taglia "minima"
- La flessibilità del sistema rende possibile concentrare il trattamento solo dove è più necessario (> concentrazioni e effetto "rebound")
- La varie componenti dell'impianto sono "riutilizzabili" al termine dell'intervento





**REMTECH EXPO**

**REMTECH**



**GOLDER**

**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**

*Paolo Berutti, Jean Pierre Davit, Anna De Fina, Elena Mangherini, Corrado Thea*

Contatti:

Telefono: 0112344211

E-mail: [cthea@golder.it](mailto:cthea@golder.it)