



- Raffineria di Trecate -

Contaminazione area Oleodotto SARPOM DN 8"
Trecate Savona Vado Ligure
in Comune di Gravellona Lomellina – Loc. Salto Crocetta

ANALISI DI RISCHIO FALDA
REPORT ANDAMENTO BONIFICA

Ottobre 2023



Beta S.r.l.

Tecnologie di Bonifica e Monitoraggio
www.betabonifiche.com

Certificato ISO 14001:2015 **RINA** n. EMS-6774/S

Certificato ISO 9001:2015 **Apave Certification Italia** n.° SC 07-1373 Rev. 08

Uffici di Progettazione: Corte degli Arrotini, 1 28100 NOVARA Tel. 0321/499488 Fax 0321/520037 e-mail: novara@betabonifiche.com

Sede Operativa: Via Segrino, 6 20098 Sesto Ulteriano di S. Giuliano Mil.se (MI) Tel. 02/9880762 Fax 02/98281628 e-mail: milano@betabonifiche.com



- Raffineria di Trecate -

Contaminazione area Oleodotto SARPOM DN 8"
Trecate Savona Vado Ligure
in Comune di Gravellona Lomellina – Loc. Salto Crocetta

ANALISI DI RISCHIO FALDA
REPORT ANDAMENTO BONIFICA

RELAZIONE				N. Elaborato	
				B16/020/17	
				Scala:	
				-	
					
Emissione:	Revisione:		Emesso:	Verificato:	Approvato:
18 ottobre 2023	n.	del:	L. Quarto	L. Quarto	M. Carmine
IL PRESENTE ELABORATO E' DI PROPRIETA' DELLA BETA S.R.L.; E' PERTANTO PROIBITA, A TERMINE DI LEGGE, OGNI RIPRODUZIONE TOTALE O PARZIALE DI ESSO EFFETTUATA SENZA LA PREVENTIVA AUTORIZZAZIONE.					



Beta S.r.l.

Tecnologie di Bonifica e Monitoraggio
www.betabonifiche.com

Certificato ISO 14001:2015 **RINA** n. EMS-6774/S

Certificato ISO 9001:2015 **Apave Certification Italia** n.° SC 07-1373 Rev. 08

Uffici di Progettazione: Corte degli Arrotini, 1 28100 NOVARA Tel. 0321/499488 Fax 0321/520037 e-mail: novara@betabonifiche.com

Sede Operativa: Via Segrino, 6 20098 Sesto Ulteriano di S. Giuliano Mil.se (MI) Tel. 02/9880762 Fax 02/98281628 e-mail: milano@betabonifiche.com

Nome file: B16/020/17 Adr falda

INDICE

1.	PREMESSA	5
2.	AGGIORNAMENTO DEL QUADRO AMBIENTALE DEL SITO	6
2.1	TERRENO INSATURO	6
2.2	IMPIANTO P&T.....	6
3.	ACQUE SOTTERRANEE	7
3.1	PIEZOMETRIA.....	7
3.2	MONTE SITO (PZ1) E PIEZOMETRI INTERNI DI CONTROLLO (PZ3 E PZ5)	9
3.3	ZONA EFFRAZIONE (PZ4 E PZ15)	9
3.4	POZZI BARRIERA (PB1÷PB5)	10
3.4.1	CONCLUSIONI RELATIVE AI POZZI BARRIERA.....	16
3.5	VALLE BARRIERA (PZ2 – PZ10 – PZ11 – PZ13 – PZ14).....	17
3.5.1	CONCLUSIONI RELATIVE ALLA ZONA VALLE BARRIERA	24
3.6	VALLE SITO (PZ6÷PZ9)	25
4.	AGGIORNAMENTO DEL MODELLO CONCETTUALE DEL SITO	29
4.1	SORGENTI SECONDARIE DI CONTAMINAZIONE	29
4.2	MECCANISMI DI TRASPORTO E PERCORSI DI ESPOSIZIONE.....	30
4.3	BERSAGLI DELLA CONTAMINAZIONE	30
5.	ANALISI DI RISCHIO	31
5.1	MODALITÀ DI SVILUPPO DELLO STUDIO.....	31
5.2	CONCENTRAZIONI RAPPRESENTATIVE SORGENTE – CRS.....	31
5.3	PARAMETRI ESPOSIZIONE LAVORATORI	32
5.4	CARATTERISTICHE DEL SITO	33
5.4.1	GEOMETRIA SORGENTE	34
5.4.2	ZONA INSATURA – TESSITURA.....	35
5.4.3	ZONA INSATURA – CARATTERISTICHE	35
5.4.4	AMBIENTE OUTDOOR – DATI METEO	36
6.	RISULTATI	37
7.	CONCLUSIONI RELATIVE ALL’ANALISI DI RISCHIO	39
8.	PROPOSTA PROSECUZIONE INTERVENTI	41

8.1	RIMODULAZIONE CRONOPROGRAMMA	41
8.2	RIMODULAZIONE PIANO DI MONITORAGGIO.....	43

ELENCO TAVOLE

TAVOLA 1	UBICAZIONE POZZI – PIEZOMETRI – IMPIANTO P&T
TAVOLA 2	PIEZOMETRIE
TAVOLA 3	SORGENTE CONTAMINAZIONE FALDA
TAVOLA 4	ESTENSIONE SORGENTE DIREZIONE VENTO PREVALENTE
TAVOLA 5	PROPOSTA AGGIORNAMENTO PIANO DI MONITORAGGIO

ELENCO ALLEGATI

ALLEGATO 1	RAPPORTI DI PROVA MONITORAGGIO P&T
ALLEGATO 2	RAPPORTI DI PROVA MONITORAGGIO FALDA
ALLEGATO 3	FILE DATI METEO STAZIONI ARPA N. 6717 E 6729 – VIGEVANO (PV)
ALLEGATO 4	FILE ADR IN FORMATO EDITABILE
ALLEGATO 5	REPORT SOFTWARE ADR

1. PREMESSA

Il presente documento, redatto su incarico di SARPOM S.r.l., rappresenta la relazione descrittiva dell'analisi di rischio a riscontro della richiesta pervenuta da ARPA Lombardia – Dipartimento di Lodi e Pavia a mezzo PEC il 5 giugno 2023, relativamente al sito di Gravellona Lomellina (PV), località Salto Crocetta, contaminato a seguito di tentativo di effrazione con furto di prodotti idrocarburici nel 2016.

La richiesta si inquadra nella procedura avviata dalla Committente per quanto attiene la conclusione del procedimento di bonifica del terreno insaturo, in relazione alla quale è stata inviata la Relazione di Fine Lavori, redatta dalla scrivente, a seguito di collaudo positivo degli interventi, eseguito in contraddittorio con ARPA.

Al fine di definire le condizioni al contorno dell'analisi di rischio, nonché aggiornare il Modello Concettuale del sito, nel presente documento viene fornito un aggiornamento del quadro analitico che caratterizza le acque sotterranee soggiacenti l'area in esame.

In relazione alle risultanze delle attività di monitoraggio sinora condotte, con particolare riguardo a quelle svolte dopo la conclusione della bonifica del terreno insaturo, viene inoltre proposta una rimodulazione del piano di monitoraggio, nonché una revisione del cronoprogramma degli interventi.

2. AGGIORNAMENTO DEL QUADRO AMBIENTALE DEL SITO

2.1 TERRENO INSATURO

Come accennato in premessa, nel periodo compreso tra i mesi di Dicembre 2021 e Luglio 2022, il terreno insaturo è stato oggetto di un intervento di bonifica che ha previsto lo scavo e lo smaltimento della porzione risultata contaminata, fino al raggiungimento della falda.

I risultati del collaudo svolto, già oggetto di trasmissione agli enti, hanno evidenziato presso tutte le pareti, il raggiungimento di valori di concentrazione agli obiettivi di bonifica approvati, attestando la completa rimozione della contaminazione originata dall'effrazione.

In ragione di quanto sopra esposto la sorgente di contaminazione secondaria nel terreno insaturo risulta completamente rimossa e, pertanto, non più presente.

Riguardo all'intervento è stata redatta e inviata ad ARPA la Relazione di Fine Lavori di parte, al fine di acquisire la relativa relazione istruttoria dell'ente, necessaria per presentare istanza di rilascio della Certificazione di Fine Bonifica da parte della Provincia di Pavia.

2.2 IMPIANTO P&T

A partire dall'avvio dell'impianto il sistema P&T, inizialmente quale intervento di MISE e, dopo approvazione del Progetto, come intervento di bonifica, viene sottoposto mensilmente a monitoraggio della qualità delle acque emunte dalla barriera idraulica e allo scarico, in uscita dalla sezione di trattamento mediante filtrazione su carbone attivo.

I risultati delle attività di monitoraggio, i cui rapporti di prova che non sono stati oggetto di precedente trasmissione sono riportati in Allegato 1, hanno sinora mostrato la piena conformità delle acque allo scarico rispetto ai limiti previsti in autorizzazione.

3. ACQUE SOTTERRANEE

La contaminazione a carico della matrice acque sotterranee è oggetto di controllo periodico attraverso la rete piezometrica di monitoraggio realizzata, rappresentata in Tavola 1; le attività di monitoraggio delle acque sotterranee vengono eseguite secondo le cadenze definite, con le seguenti periodicità:

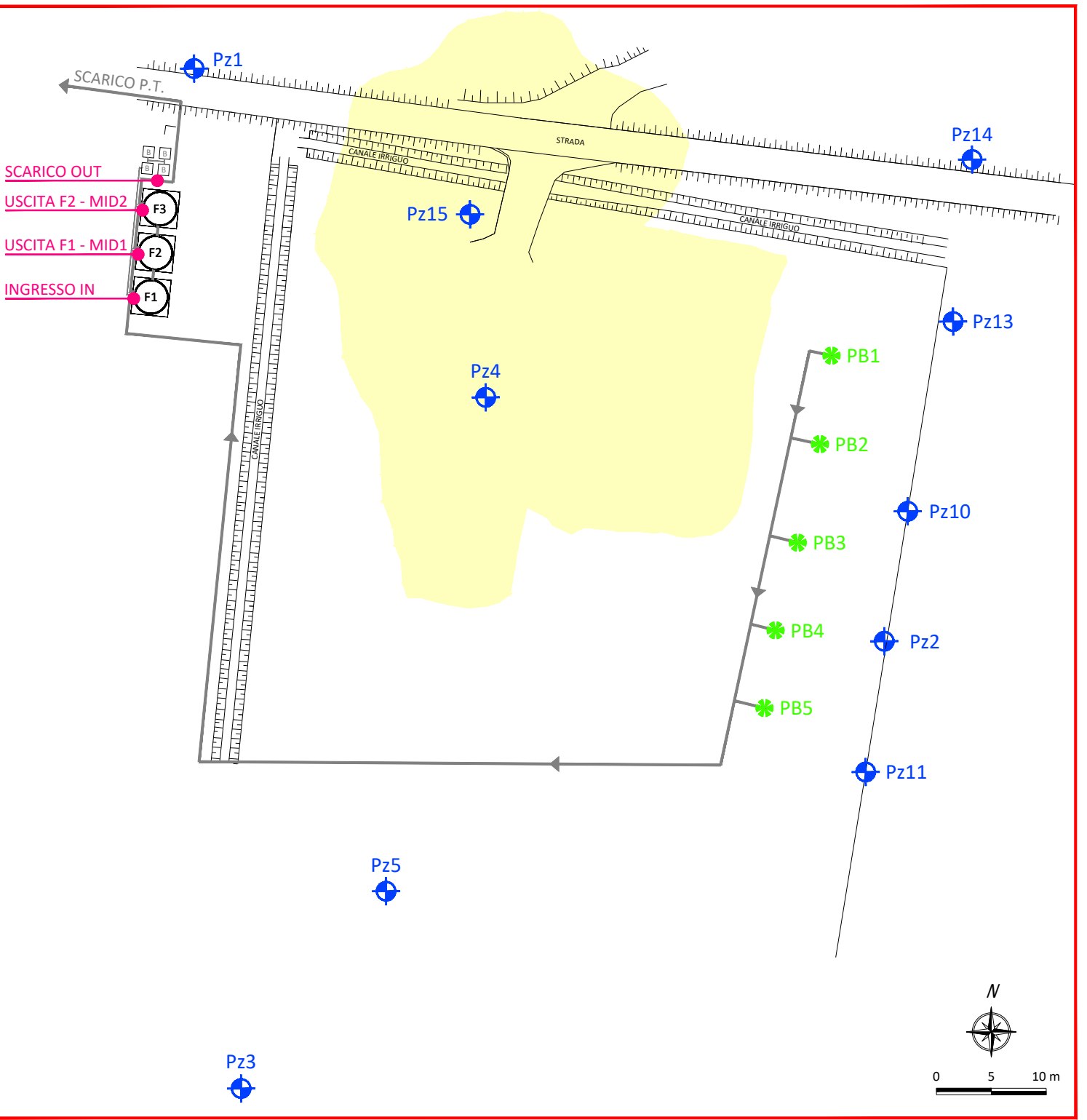
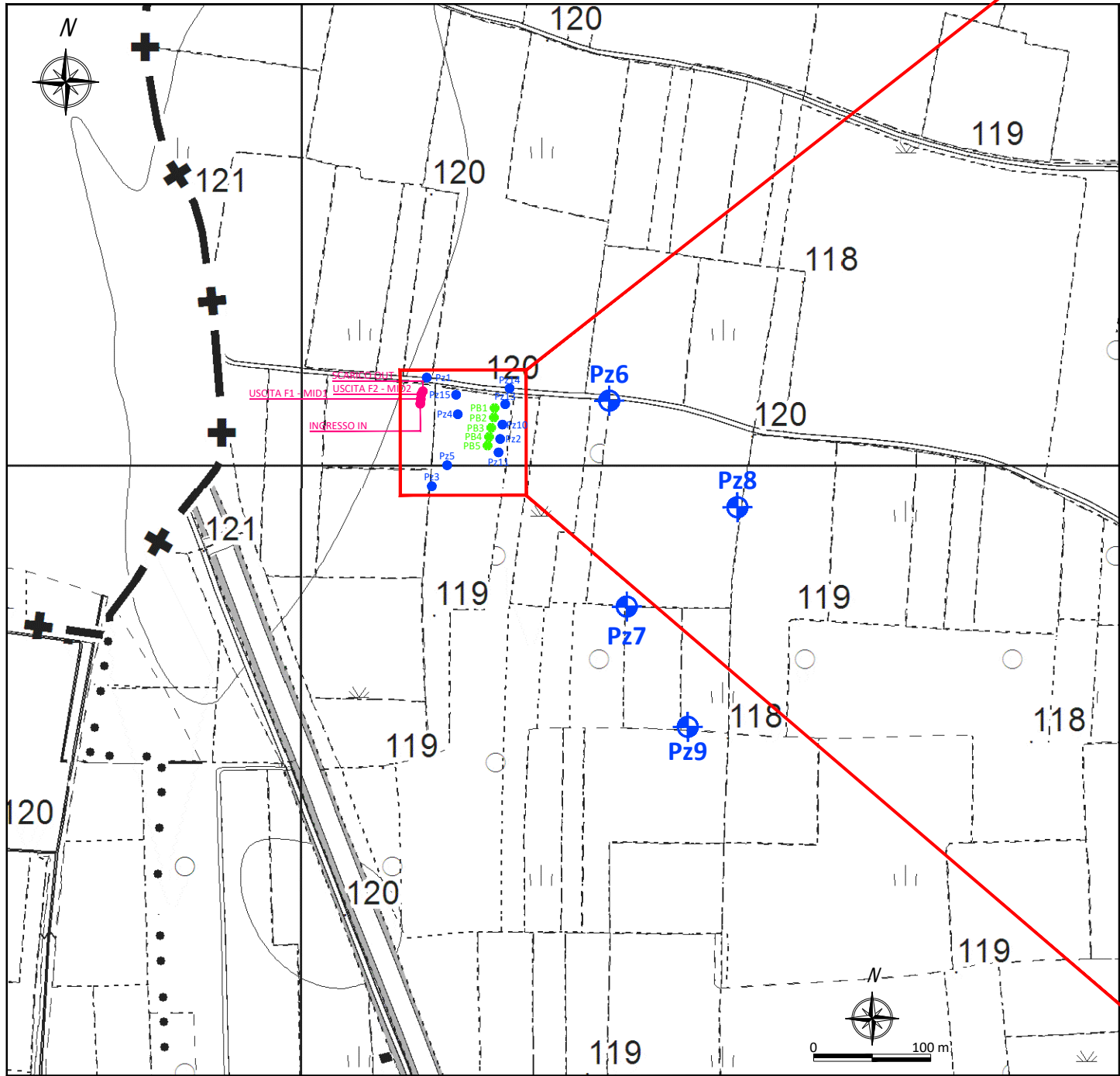
- Piezometri valle barriera PZ2, PZ10, PZ11, PZ13, PZ14: monitoraggio mensile;
- Pozzi sbarramento idraulico PB1, PB2, PB3, PB4, PB5: monitoraggio trimestrale. I pozzi PB1÷PB4 sono stati riperforati preventivamente all'avvio dei lavori di bonifica dell'insaturo mentre il PB5 è stato realizzato ex novo;
- Piezometri controllo interni al sito PZ3, PZ5: monitoraggio trimestrale;
- Piezometri controllo esterni al sito PZ1 (monte idrogeologico), PZ6, PZ7, PZ8, PZ9 (valle idrogeologica): monitoraggio trimestrale;
- Ulteriori piezometri di monitoraggio interni al sito PZ4 (esistente prima della bonifica del terreno, riperforato nel luglio 2023) e PZ15 (realizzato ex novo nel luglio 2023): monitoraggio mensile, come da prescrizioni assegnate.

Lo storico dei risultati delle campagne sin qui svolte è riportato sinteticamente nelle seguenti tabelle e grafici; per quanto attiene i dati pregressi si rimanda alla documentazione già agli atti mentre, in Allegato 2, si riportano i Rapporti di Prova che non sono stati oggetto di precedente trasmissione.

3.1 PIEZOMETRIA

Nell'ambito delle varie campagne di monitoraggio sin qui condotte sono stati eseguiti i rilievi delle soggiacenze in corrispondenza dei punti di monitoraggio esistenti e dei pozzi di sbarramento idraulico; le misure eseguite, in corrispondenza dei piezometri PZ1 (monte idrogeologico) e PZ2 (confine del sito valle idrogeologico) sono state elaborate al fine di produrre il grafico seguente, rappresentativo delle oscillazioni stagionali del livello di falda.

STRALCIO C.T.R. REGIONE LOMBARDIA SEZIONE A6C5
scala 1:5.000



- UBICAZIONE PIEZOMETRI
- POZZI BARRIERA
- PUNTI DI CAMPIONAMENTO IMPIANTO P&T
- FILTRI A CARBONE
- BULK RACCOLTA ACQUE CONTROLAVAGGIO CER 191307

AREA DI BONIFICA TERRENO INSATURO

Committente: SARPOM - Raffineria di Treccate -		
Titolo: Contaminazione area Oleodotto SARPOM DN 8" Treccate Savona Vado Ligure in Comune di Gravellona Lomellina - Loc. Salto Crocetta ANALISI DI RISCHIO FALDA REPORT ANDAMENTO BONIFICA B16/020/17		
Descrizione: UBICAZIONE POZZI - PIEZOMETRI - IMPIANTO P&T		
Tav n.: 1	Scala: Varie	Data: Ottobre 2023
Emesso: M.Magri	Verificato: L.Quarto	Approvato: M.Carmine
TECNOLOGIE DI BONIFICA E MONITORAGGIO Sede Operativa: Via Segrino, 6 - 20098 Sesto Utl. di S. Giuliano Mil.se (MI) Tel. 02/9880762 Fax 02/98281628 Uffici di Progettazione: Corte degli Arrotini, 1 - 28100 NOVARA Tel. 0321/499488 Fax 0321/520037		

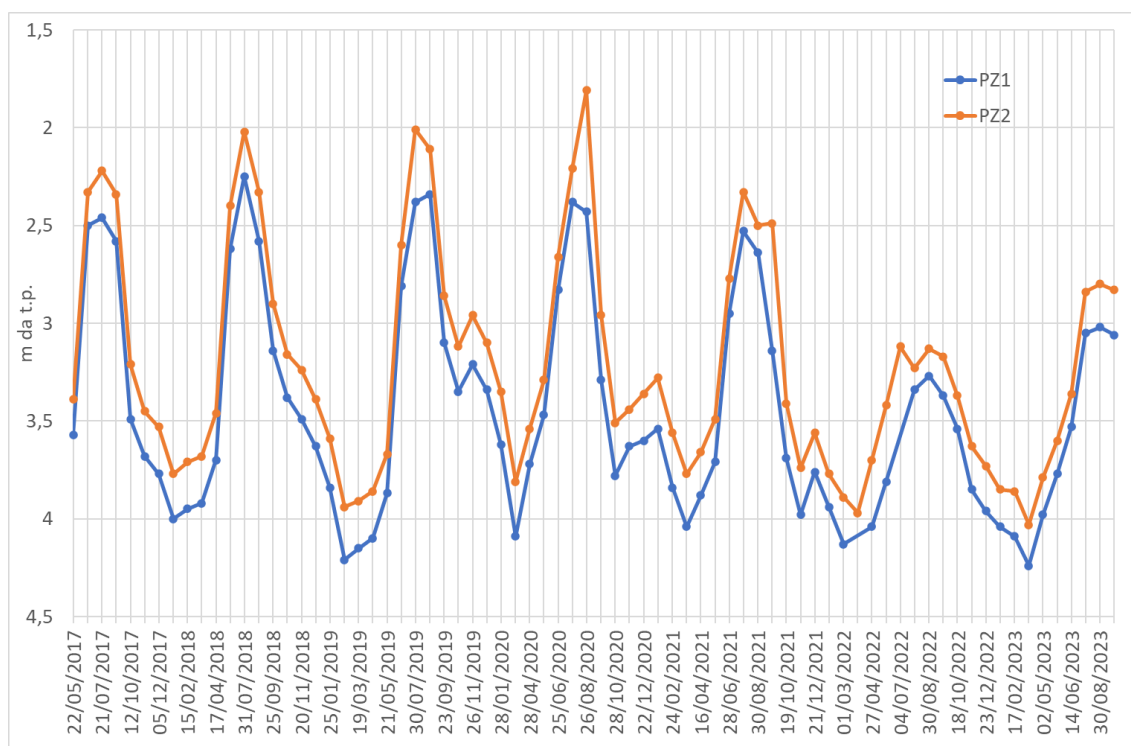


Figura 1 – Andamento soggiacenze piezometri PZ1 e PZ2 (maggio 2017 – settembre 2023)

Il grafico rappresentativo dell'evoluzione dei livelli di falda, riferito allo storico complessivo rilevato presso i piezometri PZ1 e PZ2 permette di rilevare che:

- Gli andamenti del livello di falda mostrano il raggiungimento del massimo piezometrico al culmine della stagione estiva (luglio – agosto), in corrispondenza con i periodi di irrigazione dei fondi;
- Il minimo del livello piezometrico si registra tendenzialmente in corrispondenza della stagione invernale (gennaio – marzo);
- Per quanto osservabile, i livelli di massima risalita della falda in PZ2 sono compresi tra 1,81 e 2,22 mt mentre i livelli di minima sono compresi tra 3,77 e 3,97 mt;
- Per PZ1 i livelli di massima risultano compresi tra 2,25 e 2,46 mt mentre i livelli di minima tra 4 e 4,21 mt.

In questi range di misure risulta evidente come gli anni 2021 e 2022 siano stati caratterizzati da picchi di morbida meno elevati rispetto a quelli degli anni precedenti, con valori che nel 2022 sono risultati inferiori di oltre 1 mt; nel 2023 il livello di picco estivo è risultato maggiore del 2022, di circa 50 cm, pur restando distante dai valori degli anni precedenti.

Si ritiene che quanto osservato sia da correlarsi con le condizioni meteorologiche degli anni 2021-2022, caratterizzati da ridotti apporti meteorici e che hanno verosimilmente condizionato i contributi irrigui delle stagioni estive, producendo un ridotto innalzamento rispetto agli anni precedenti.

I dati misurati presso la rete piezometrica vengono elaborati al fine di verificare la piezometria dell'area che indicano una direzione di flusso falda stabilmente orientata da WNW verso ESE; a titolo di esempio, nella Tavola 2, si riportano le piezometrie elaborate per la stagione estiva (alto piezometrico, 4 luglio 2022) e per l'invernale (basso piezometrico, 20 marzo 2023).

3.2 MONTE SITO (PZ1) E PIEZOMETRI INTERNI DI CONTROLLO (PZ3 E PZ5)

Il quadro analitico che caratterizza i piezometri PZ1 (monte idrogeologico) e i piezometri PZ3 e PZ5, ubicati sul lato sud dell'area, monitorati con frequenza trimestrale evidenzia una situazione di stabile conformità rispetto alle CSC per tutti i parametri; tale situazione è confermata da un numero complessivo di 24 campagne consecutive condotte su base trimestrale, a partire dal maggio 2017.

3.3 ZONA EFFRAZIONE (PZ4 E PZ15)

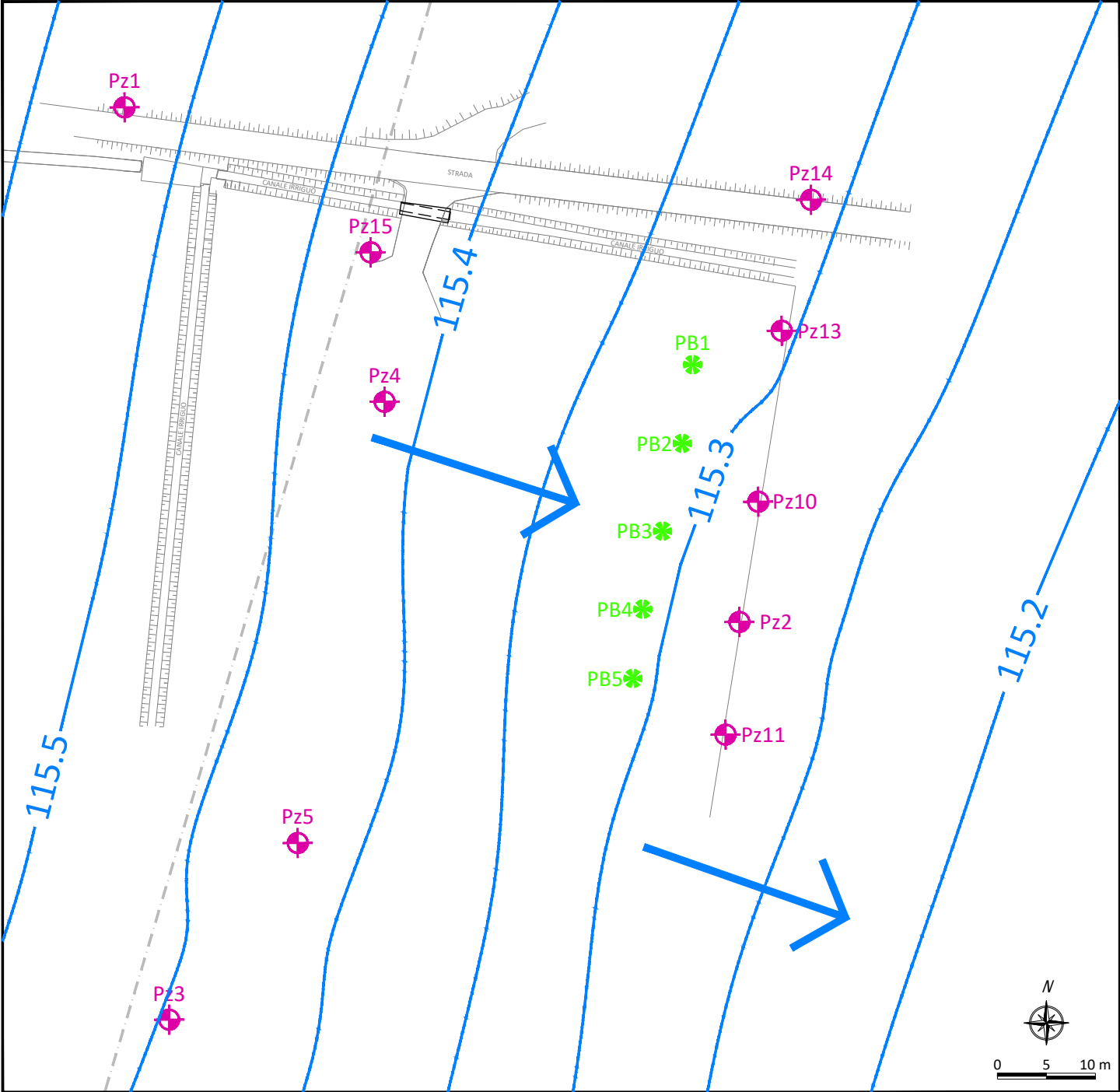
I piezometri PZ4 e PZ15 sono ubicati all'interno del sito, in corrispondenza dell'area sottoposta a bonifica del terreno insaturo; il piezometro PZ4 risulta ubicato in corrispondenza della sua posizione originaria, prima degli interventi di bonifica del terreno insaturo, in relazione ai quali è stato rimosso, mentre PZ15, di nuova realizzazione, risulta ubicato più a Nord.

Entrambi presidi sono stati realizzati a fine luglio 2023 e sono stati sottoposti a monitoraggio con cadenza mensile a partire dall'agosto 2023; i dati acquisiti sono riportati nella seguente tabella.

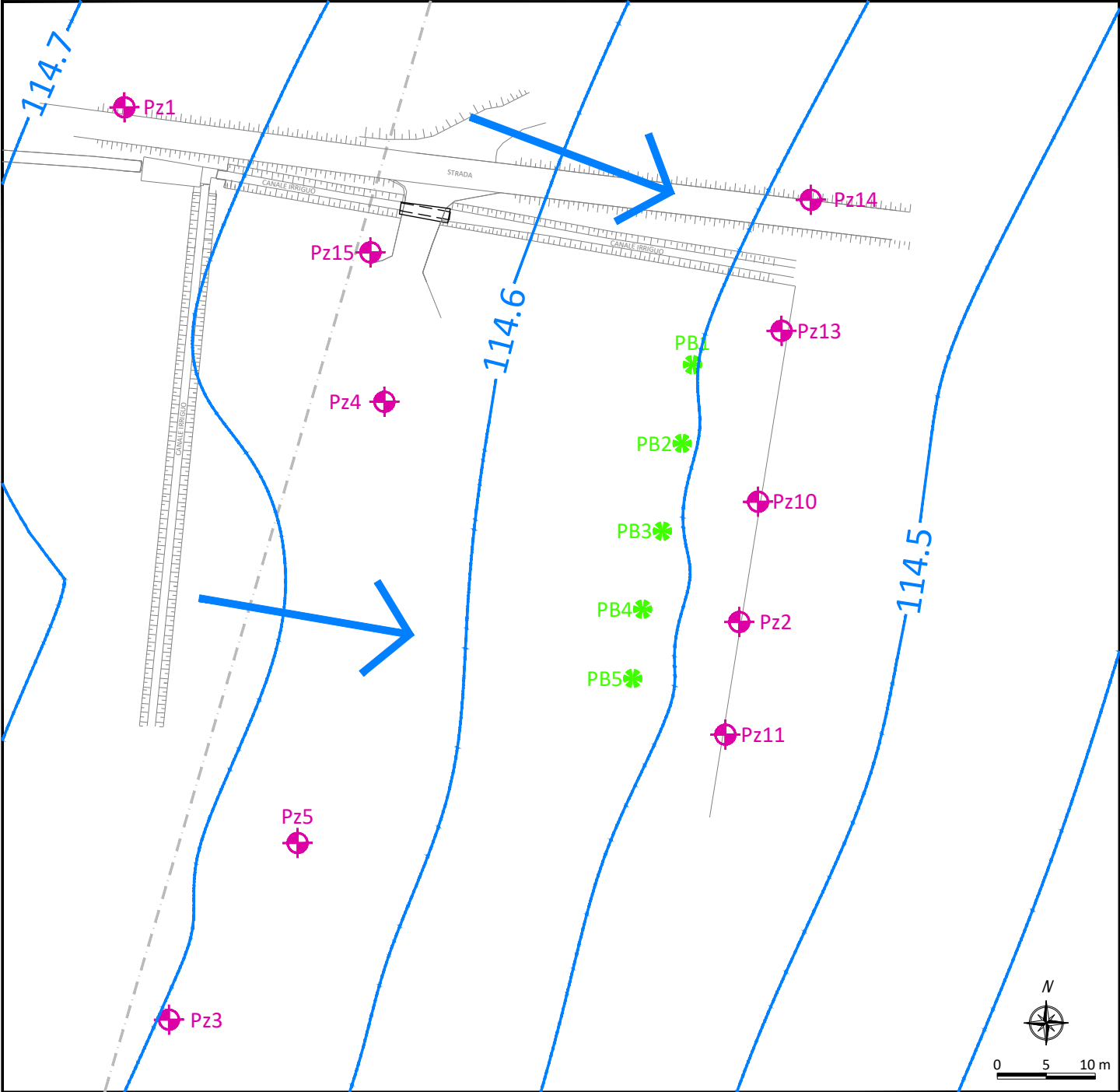
PZ4	30/08/2023	21/09/2023
Soggiacenza (m da t.p.)	2,31	2,39
Benzene (ug/L)	0,0277	0,0441
Etilbenzene (ug/L)	0,211	<0,014
Stirene (ug/L)	<0,014	<0,014
Toluene (ug/L)	0,64	0,32
o-xilene (ug/L)	0,41	0,143
m,p-xilene (ug/L)	0,95	0,32
metil t-butil etere (MTBE) (ug/L)	0,0228	<0,012
idrocarburi totali come esano (ug/L)	<20	<20

Tabella 1 – Risultati monitoraggio PZ4 post bonifica

PIEZOMETRIA 04 LUGLIO 2022
(MINIMA SOGGIACENZA)



PIEZOMETRIA 20 MARZO 2023
(MASSIMA SOGGIACENZA)



 UBICAZIONE PIEZOMETRI

 POZZI BARRIERA

 LINEE ISOFREATICHE m s.l.m.

 DIREZIONE DI FLUSSO DELLA FALDA

Committente:			SARPOM - Raffineria di Treocate -		
Titolo:			Contaminazione area Oleodotto SARPOM DN 8" Trecate Savona Vado Ligure in Comune di Gravellona Lomellina - Loc. Salto Crocetta ANALISI DI RISCHIO FALDA REPORT ANDAMENTO BONIFICA B16/020/17		
Descrizione:			PIEZOMETRIE		
Tav n.:	2	Scala:	Varie	Data:	Ottobre 2023
Emesso:	M.Magri	Verificato:	L.Quarto	Approvato:	M.Carmine
 TECNOLOGIE DI BONIFICA E MONITORAGGIO Sede Operativa: Via Segrino, 6 - 20098 Sesto Utl. di S. Giuliano Mil.se (MI) Tel. 02/9880762 Fax 02/98281628 Uffici di Progettazione: Corte degli Arrotini, 1 - 28100 NOVARA Tel. 0321/499488 Fax 0321/520037					

PZ15	30/08/2023	21/09/2023
Soggiacenza (m da t.p.)	2,29	2,37
Benzene (ug/L)	0,0469	0,0295
Etilbenzene (ug/L)	0,4	<0,014
Stirene (ug/L)	<0,014	<0,014
Toluene (ug/L)	1,01	0,29
o-xilene (ug/L)	0,86	0,16
m,p-xilene (ug/L)	2,11	0,56
metil t-butil etere (MTBE) (ug/L)	<0,012	<0,012
idrocarburi totali come esano (ug/L)	<20	42,2

Tabella 2 – Risultati monitoraggio PZ15 post bonifica

I dati riportati in tabella evidenziano, per entrambi i presidi, risultati conformi alle CSC.

3.4 POZZI BARRIERA (PB1÷PB5)

La messa in esercizio dei pozzi di sbarramento idraulico PB1÷PB4 è avvenuta nell'ottobre 2019; nel dicembre 2021, in previsione dell'avvio delle attività di bonifica del terreno insaturo i pozzi sono stati riperforati secondo quanto previsto dal progetto approvato e la barriera è stata integrata con un ulteriore pozzo, PB5.

I dati analitici relativi al monitoraggio dei pozzi sono riportati nella seguente tabella, dall'avvio degli interventi di bonifica dell'insaturo (gennaio 2022); si evidenzia che le campagne eseguite dall'ottobre 2022 sono relative al periodo successivo al completamento della bonifica dell'insaturo.

PB1	LIMITE (ug/L)	25/01/2022	27/04/2022	27/07/2022	18/10/2022	25/01/2023	02/05/2023	24/07/2023
Soggiacenza	-	3,93	3,77	3,12	3,25	3,8	3,67	2,72
benzene	1	50	22,4	12,3	4,3	1,45	5,4	23,4
etilbenzene	50	105	80	31	177	2,7	51	191
stirene	25	<0,18	<0,014	<0,14	<0,018	<0,018	<0,014	<0,24
toluene	15	411	658	81	77	7,5	293	916
o-xilene	10*	157	125	183	238	16,9	89	354
m,p-xilene	10	323	326	486	653	41	201	768
metil t-butil etere (MTBE)	40*	0,145	0,0409	<0,14	<0,012	<0,013	<0,012	<0,014
idrocarburi totali come esano	350	2980	1640	1610	3380	351	1230	4120
PB2	LIMITE (ug/L)	25/01/2022	27/04/2022	27/07/2022	18/10/2022	25/01/2023	02/05/2023	24/07/2023
Soggiacenza	-	3,86	3,74	3,14	3,33	3,78	3,72	2,74
benzene	1	22,5	22,9	226	50	3	5,9	5,8
etilbenzene	50	75	78	350	455	16,9	21,8	30
stirene	25	<0,18	<0,014	<0,57	<0,018	<0,018	<0,014	<0,012
toluene	15	448	717	4700	3790	21,2	9,77	157
o-xilene	10*	137	131	1240	435	58	25	76
m,p-xilene	10	269	321	3080	998	158	36	169
metil t-butil etere (MTBE)	40*	<0,12	0,0499	<0,57	<0,012	<0,013	0,02	<0,014
idrocarburi totali come esano	350	2770	1650	19500	14700	930	223	2090
PB3	LIMITE (ug/L)	25/01/2022	27/04/2022	27/07/2022	18/10/2022	25/01/2023	02/05/2023	24/07/2023
Soggiacenza	-	3,73	3,8	3,21	3,29	3,77	3,73	2,79
benzene	1	91	7,7	241	144	5,4	11,7	7,9
etilbenzene	50	106	24	379	189	15,4	32	197
stirene	25	<0,18	<0,014	<0,57	<0,018	<0,018	<0,014	<0,014
toluene	15	374	114	4680	1550	94	100	513
o-xilene	10*	170	55	1220	382	68	55	341
m,p-xilene	10	322	83	2980	778	116	108	885
metil t-butil etere (MTBE)	40*	0,239	0,0349	<0,57	<0,012	<0,013	0,0172	<0,012
idrocarburi totali come esano	350	3420	1070	20600	7130	1210	619	4370
PB4	LIMITE (ug/L)	25/01/2022	27/04/2022	27/07/2022	18/10/2022	25/01/2023	02/05/2023	24/07/2023
Soggiacenza	-	3,6	3,75	3,13	3,28	3,67	3,72	2,74
benzene	1	103	4,8	70	58	0,0899	6,3	36
etilbenzene	50	98	15,2	236	356	0,25	86	310
stirene	25	<0,72	<0,014	<0,57	<0,018	<0,018	<0,014	<0,27
toluene	15	802	76	2650	2720	1,59	156	1630
o-xilene	10*	175	34	511	636	1,34	60	554
m,p-xilene	10	353	57	1340	1540	2,05	334	1030
metil t-butil etere (MTBE)	40*	0,624	0,0338	<0,57	<0,012	0,0147	<0,012	<0,25
idrocarburi totali come esano	350	6510	646	10500	10100	22,5	1150	7660
PB5	LIMITE (ug/L)	25/01/2022	27/04/2022	27/07/2022	18/10/2022	25/01/2023	02/05/2023	24/07/2023
Soggiacenza	-	3,48	3,57	3,02	3,16	3,62	3,58	2,58
benzene	1	56,8	55	2,83	1,63	0,119	0,476	6,4
etilbenzene	50	73,3	72	120	201	9,9	71	62
stirene	25	<0,18	<0,014	<0,58	<0,018	<0,018	<0,068	<0,014
toluene	15	467	770	1100	948	49	106	286
o-xilene	10*	123	126	406	379	42	151	141
m,p-xilene	10	264	254	1060	1020	110	371	334
metil t-butil etere (MTBE)	40*	0,224	0,0933	<0,57	<0,012	<0,013	0,0662	<0,012
idrocarburi totali come esano	350	4010	1550	3750	4950	821	1340	3440

Tabella 3 – Storico dati monitoraggio pozzi barriera idraulica

Al fine di valutare gli andamenti dei valori e le relative tendenze rispetto al periodo di esecuzione degli interventi di bonifica dell'insaturo e del periodo successivo al completamento degli stessi sono stati elaborati alcuni grafici, di seguito proposti.

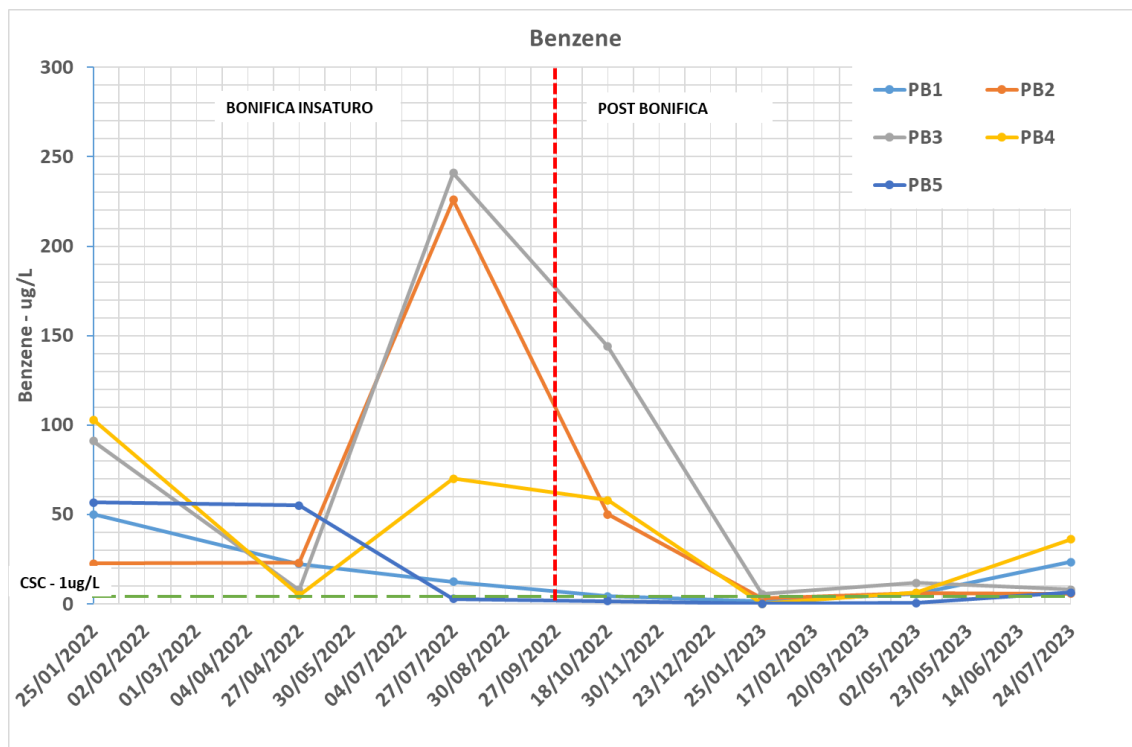


Figura 2 – Andamento [Benzene] pozzi barriera

Il grafico relativo evoluzione delle concentrazioni di **Benzene** nei pozzi barriera permette di osservare quanto segue:

- Le concentrazioni osservate nel periodo successivo al completamento della bonifica dell'insaturo risultano complessivamente inferiori a quelle osservate nel periodo antecedente;
- In termini assoluti i valori di concentrazione riscontrati sono diminuiti da un massimo di 144 ug/L, rilevato nella campagna di ottobre 2022 (PB3), a 36 ug/L, rilevato nell'ultima campagna di luglio 2023 (PB4);
- Per quanto attiene gli andamenti, analizzando il periodo post bonifica, per i pozzi PB2 e PB3, si osserva una tendenza alla diminuzione dei valori mentre, per quanto riguarda gli altri presidi, dopo la campagna di gennaio 2023, i valori mostrano una tendenza all'aumento.

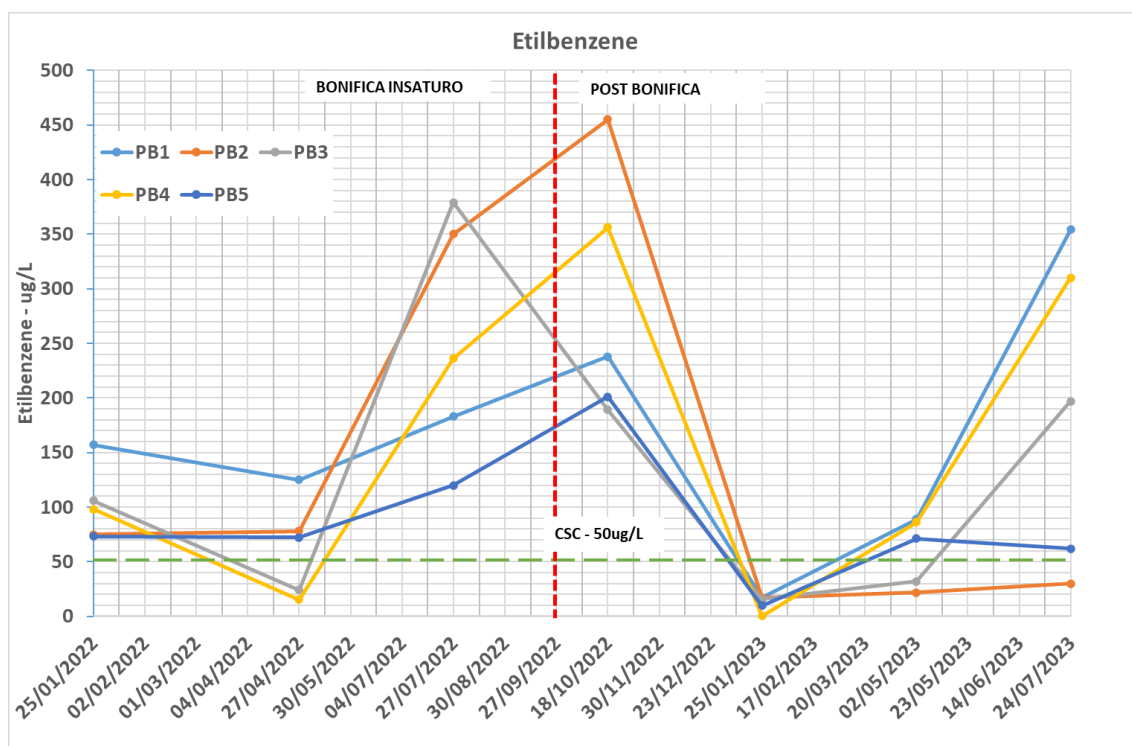


Figura 3 – Andamento [Etilbenzene] pozzi barriera

Il grafico relativo all'**Etilbenzene** permette di rilevare un'evoluzione simile a quella osservata per il Benzene, evidenziando:

- Per quanto attiene a PB2 e PB5 la tendenza dei valori di concentrazione risulta complessivamente in diminuzione;
- Per quanto attiene ai pozzi PB3 e PB4 la tendenza dei valori risulta in aumento, dopo una prima diminuzione osservata nella campagna di gennaio 2023, raggiungendo valori in linea con quelli della prima campagna post bonifica insaturo;
- Per quanto attiene a PB1, dopo la campagna di gennaio 2023, i valori risultano in aumento, raggiungendo concentrazioni superiori rispetto alla prima campagna post bonifica di ottobre 2023.

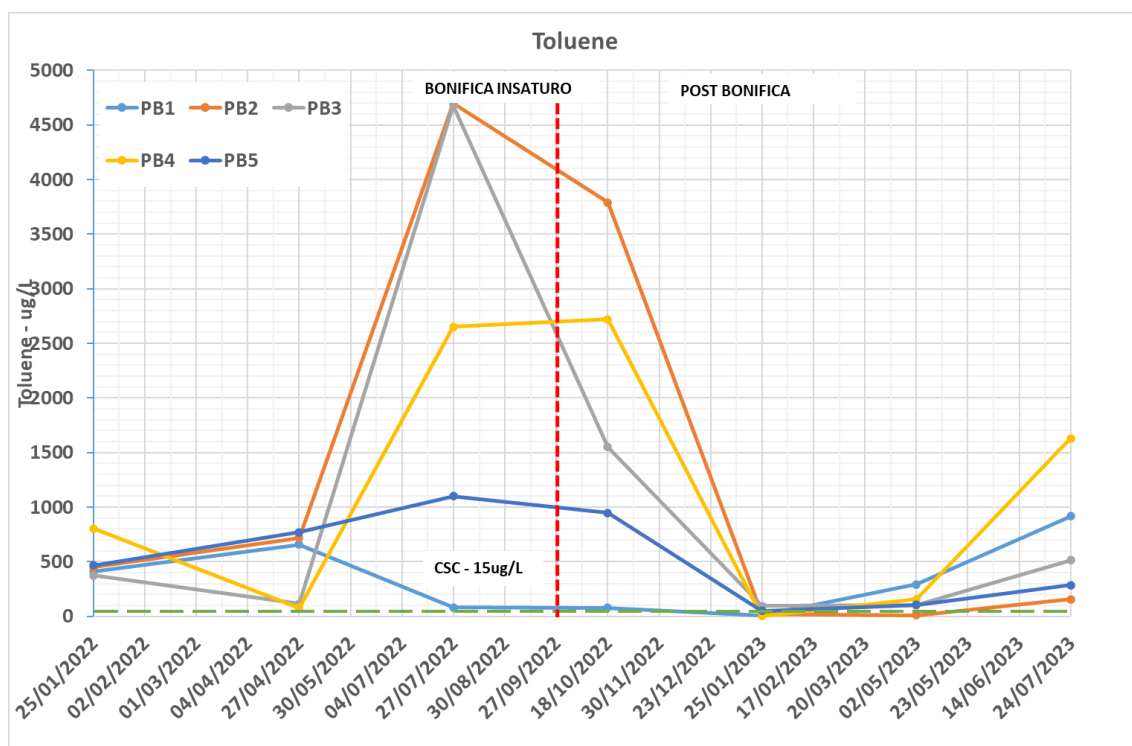


Figura 4 – Andamento [Toluene] pozzi barriera

La tendenza osservata per il **Toluene** risulta simile a quella osservata in precedenza per Benzene e Etilbenzene, con valori in aumento successivamente alla campagna di gennaio 2023.

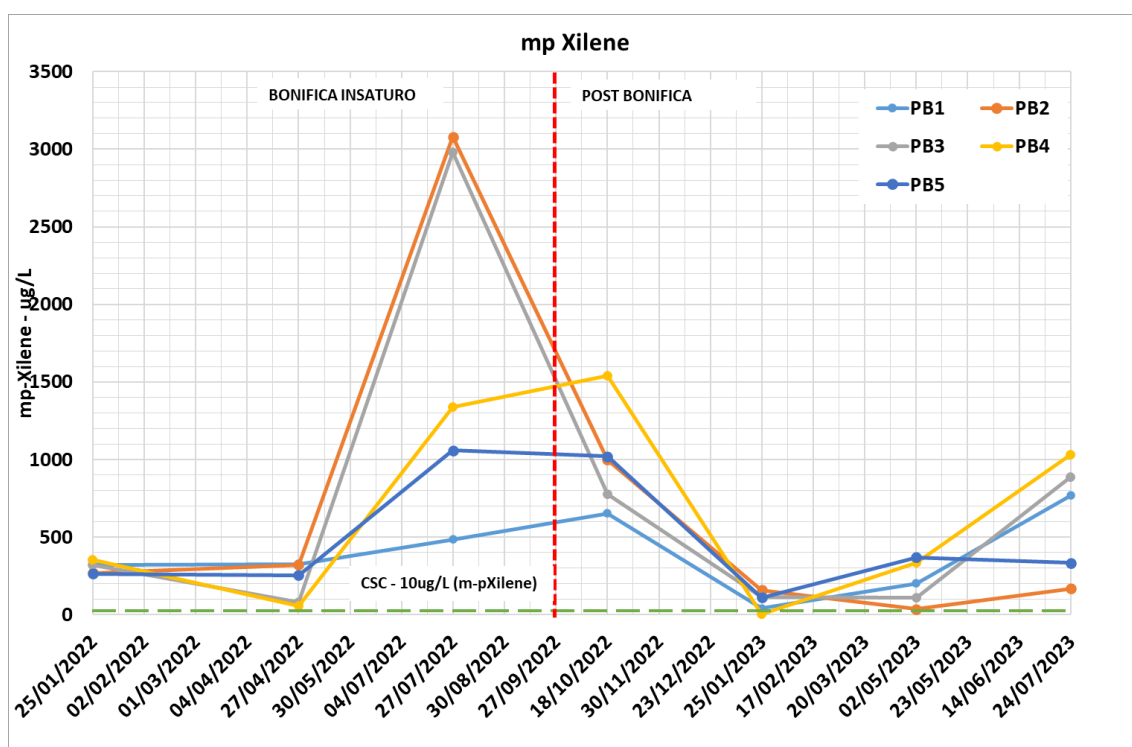


Figura 5 – Andamento [m,p - Xilene] pozzi barriera

L'andamento delle concentrazioni di **m,p – Xilene**, rappresentato nel grafico sopra riportato, risulta sostanzialmente sovrapponibile con quelli riportati relativamente agli altri solventi aromatici.

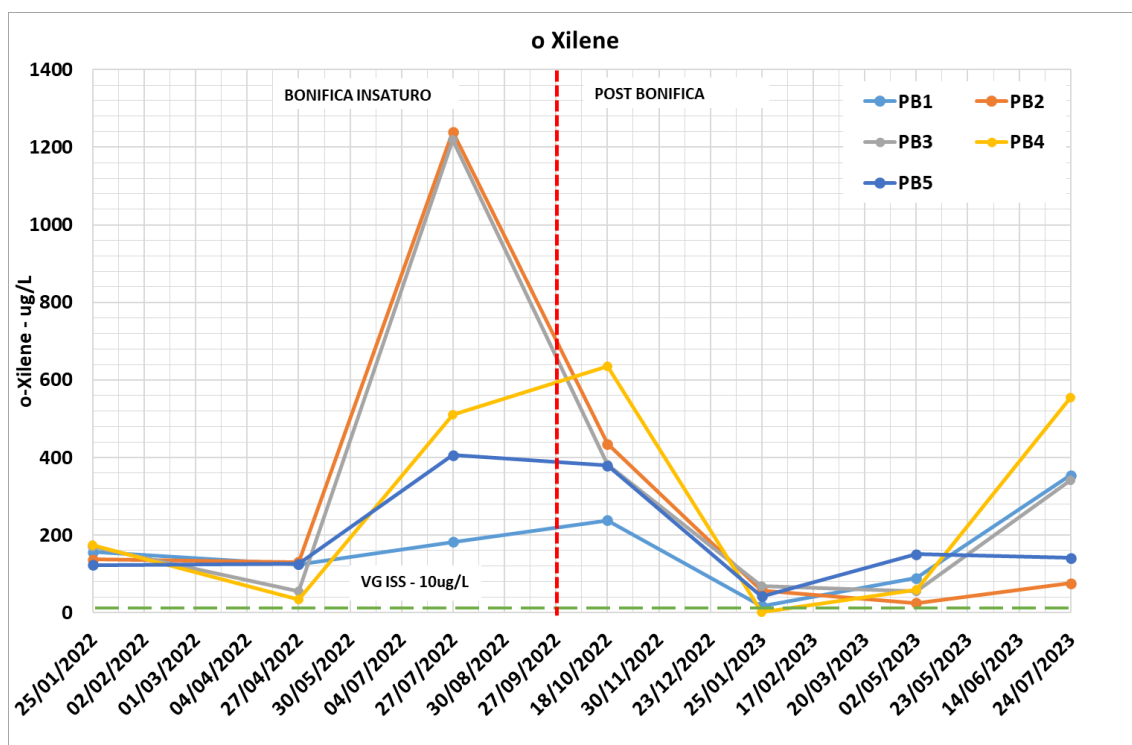


Figura 6 – Andamento [o - Xilene] pozzi barriera

Il grafico relativo all'andamento delle concentrazioni di **o-Xilene** risulta sovrapponibile a quello relativo agli altri contaminanti, riportati in precedenza, con tendenze del tutto simili.

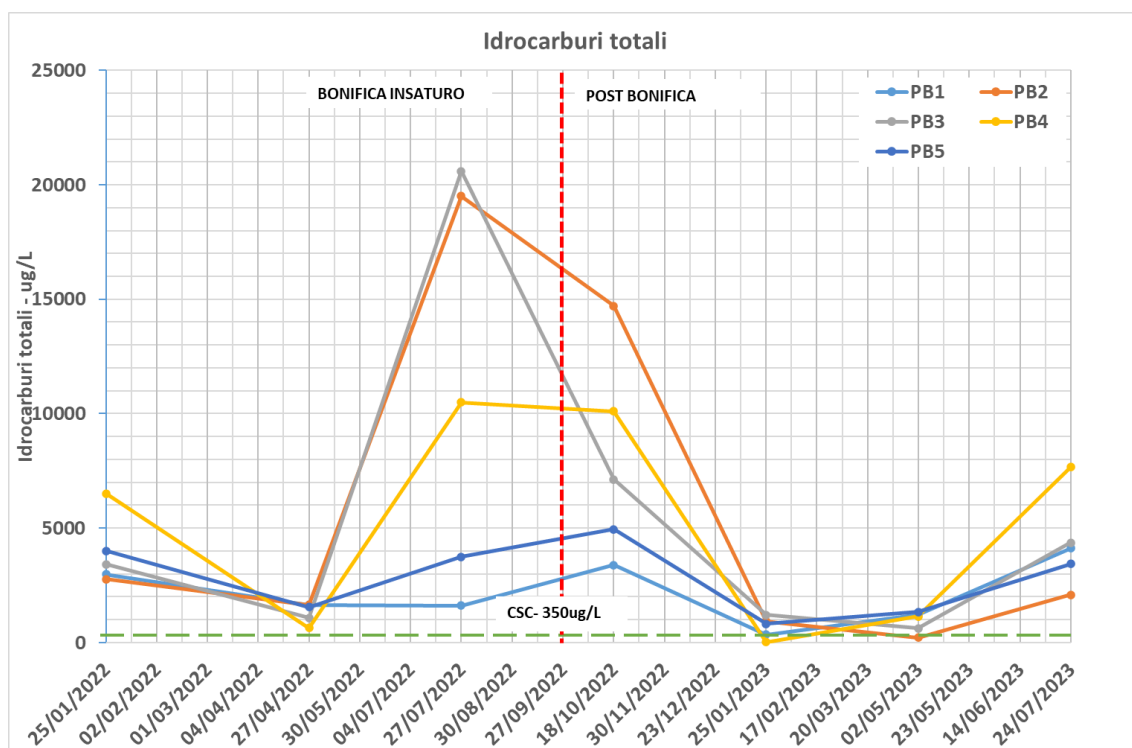


Figura 7 – Andamento [Idrocarburi totali] pozzi barriera

Anche per quanto attiene agli **Idrocarburi totali come n-esano** l'andamento ricavabile dal grafico evidenzia una tendenza complessivamente simile a quelle degli altri contaminanti oggetto di monitoraggio.

3.4.1 CONCLUSIONI RELATIVE AI POZZI BARRIERA

I dati rappresentati nei precedenti grafici evidenziano il quadro analitico che caratterizza i pozzi costituenti la barriera idraulica a partire dall'avvio degli interventi di bonifica a carico dell'insaturo, con focus sul periodo successivo al completamento degli interventi, ovvero dalla campagna di ottobre 2022.

Per quanto osservabile, per tutti i contaminati ricercati si riscontra una diminuzione della concentrazione dei valori nella campagna di gennaio 2023, con valori che in alcuni casi sono risultati inferiori alla CSC / Valore Guida ISS.

Nel periodo seguente, in cui sono state svolte due campagne di monitoraggio (inizio maggio e fine luglio 2023) le concentrazioni rilevate mostrano una tendenza all'aumento, con concentrazioni che, in alcuni casi, risultano inferiori a quelli di ottobre 2022 mentre, in altri casi, risultano in linea o superiori.

Quanto osservato può verosimilmente essere ascritto ad una condizione del sottosuolo non ancora in equilibrio successivamente al completamento degli interventi di bonifica e al ripristino dell'area di scavo, oltre ad una diversa mobilità dei contaminanti; le campagne in programma nei prossimi mesi potranno fornire un quadro più preciso dell'evoluzione del quadro analitico.

3.5 VALLE BARRIERA (PZ2 – PZ10 – PZ11 – PZ13 – PZ14)

Il quadro relativo alla qualità delle acque di falda a valle della barriera idraulica è mantenuto sotto controllo attraverso il monitoraggio dei piezometri PZ2 (già realizzato dal 2017 e monitorato con cadenza mensile) e dai presidi di nuova realizzazione PZ10-PZ11-PZ13-PZ14, oggetto di monitoraggio mensile a partire da inizio febbraio 2022.

Le campagne di monitoraggio che hanno complessivamente interessato i presidi sopra indicato sono rispettivamente 75 per quanto attiene a PZ2, e 21 per quanto attiene agli altri presidi; i risultati delle campagne di monitoraggio sin qui svolte sono riportati nelle seguenti tabelle.

PZ2-valle	LIMITE (ug/L)	22/05/2017	07/07/2017	21/07/2017	04/09/2017	12/10/2017	09/11/2017	05/12/2017	11/01/2018	15/02/2018	20/03/2018	17/04/2018	19/06/2018	31/07/2018	28/08/2018	25/09/2018	23/10/2018
Soggiacenza	-	3,39	2,33	2,22	2,34	3,21	3,45	3,53	3,77	3,71	3,68	3,46	2,4	2,02	2,33	2,9	3,16
benzene	1	254	1740	2020	479	4490	3300	3010	2080	1270	926	2500	1290	309	461	1050	2850
etilbenzene	50	6,5	208	148	144	884	766	1470	2560	312	220	3180	522	119	95	266	777
stirene	25	<0,83	<0,83	<2,1	<2,7	<1,8	<0,35	<8,3	<0,35	<5,5	<1,4	<27	<0,70	<0,18	<0,022	<1,4	<1,2
toluene	15	215	10100	11400	2510	24900	23300	17100	9880	6840	5190	32600	9420	1720	2070	4720	15300
o-xilene	10*	233	1810	1190	250	1760	1880	1970	1510	666	498	5840	1140	246	163	737	1280
m,p-xilene	10	439	3170	2700	553	5300	4180	4070	3860	1360	2550	18900	2400	537	451	1600	2740
metil t-butil etere (MTBE)	40*	1100	1540	1310	717	1810	1230	2000	521	214	31,6	<40	20,8	14,5	202	312	118
idrocarburi totali come esano	350	<990,0	44300	34600	15400	72100	96500	56000	34400	34900	9520	84200	17500	7470	7390	20300	48100
PZ2-valle	LIMITE (ug/L)	20/11/2018	18/12/2018	25/01/2019	19/02/2019	19/03/2019	17/04/2019	21/05/2019	25/06/2019	30/07/2019	30/08/2019	23/09/2019	29/10/2019	26/11/2019	17/12/2019	28/01/2020	24/02/2020
Soggiacenza	-	3,24	3,39	3,59	3,94	3,91	3,86	3,67	2,6	2,01	2,11	2,86	3,12	2,96	3,1	3,35	3,81
benzene	1	2350	2300	1630	1720	1490	570	288	369	235	213	971	588	855	391	481	638
etilbenzene	50	1210	706	960	462	393	234	230	268	129	32,5	172	103	777	1940	335	307
stirene	25	<1,2	<1,3	<1,2	<0,88	<1,2	<1,3	<5,0	25	<1,3	<0,13	<0,55	<0,50	<0,014	<1,3	<1,4	<0,55
toluene	15	17100	15700	9800	14100	7940	3750	3840	4220	2130	394	1900	2620	17700	9590	7060	2640
o-xilene	10*	1070	1670	1050	848	679	581	481	484	396	105	967	341	2070	1340	839	1010
m,p-xilene	10	2600	3910	2470	1930	1460	1010	1090	1130	814	238	1500	667	5060	3930	1540	1770
metil t-butil etere (MTBE)	40*	26,3	<1,8	<1,2	<0,85	<1,2	<1,8	<7,3	<1,2	<1,8	23,8	17	11,4	0,0203	<1,8	<1,6	<0,64
idrocarburi totali come esano	350	36100	40500	24700	26000	23900	9150	11600	12600	8660	3140	16500	10000	46600	27100	23800	15800
PZ2-valle	LIMITE (ug/L)	28/04/2020	26/05/2020	25/06/2020	28/07/2020	26/08/2020	24/09/2020	28/10/2020	24/11/2020	22/12/2020	26/01/2021	24/02/2021	18/03/2021	16/04/2021	25/05/2021	28/06/2021	27/07/2021
Soggiacenza	-	3,54	3,29	2,66	2,21	1,81	2,96	3,51	3,44	3,36	3,28	3,56	3,77	3,66	3,49	2,77	2,33
benzene	1	223	266	319	339	124	296	84	53	780	556	458	622	401	414	74	107
etilbenzene	50	413	297	416	229	118	41	54	144	466	477	268	355	254	679	146	147
stirene	25	<1,4	<7,3	<1,4	<0,73	<3,7	<0,018	<1,8	<0,014	<1,4	<0,73	<0,18	<0,014	<0,18	<0,14	<0,14	<0,14
toluene	15	4330	4200	3180	1540	3390	322	90	70	2040	2970	192	287	77	4060	602	23,6
o-xilene	10*	404	692	695	538	244	178	30,6	80	896	718	397	184	267	609	295	240
m,p-xilene	10	890	1730	1460	1250	521	420	157	494	1660	1680	626	508	317	1510	593	317
metil t-butil etere (MTBE)	40*	<1,6	<5,7	<1,6	<0,57	<2,9	3,2	0,0323	<0,017	<1,6	3,41	1,6	2,72	0,555	2,93	<0,16	2,05
idrocarburi totali come esano	350	12600	10600	13400	6170	7670	3010	1270	2280	14700	14400	3780	4550	5280	16900	5750	3940
PZ2-valle	LIMITE (ug/L)	30/08/2021	27/09/2021	19/10/2021	23/11/2021	21/12/2021	02/02/2022	01/03/2022	04/04/2022	27/04/2022	30/05/2022	04/07/2022	27/07/2022	30/08/2022	27/09/2022	18/10/2022	30/11/2022
Soggiacenza	-	2,5	2,49	3,41	3,74	3,56	3,77	3,89	3,97	3,7	3,42	3,12	3,23	3,13	3,17	3,37	3,63
benzene	1	423	644	536	41	102	436	567	254	133	0,201	0,0181	0,31	267	25	86	14,5
etilbenzene	50	221	557	752	99	531	529	502	258	152	0,68	0,0563	5,2	145	5,6	8,2	0,99
stirene	25	<0,14	4,3	<0,14	<0,018	<0,18	<0,14	<0,18	<0,018	<0,014	<0,018	<0,018	<0,014	<0,014	<0,014	<0,018	<0,018
toluene	15	146	67	541	27	568	123	74	9,6	112	0,65	0,0274	1,61	42	0,61	1,53	0,28
o-xilene	10*	570	109	323	30	231	99	54	3,2	37	0,27	0,0309	12,5	31	0,95	3,7	0,5
m,p-xilene	10	878	549	945	69	606	382	300	26	148	0,73	0,0709	23,2	108	2,43	3,6	0,27
metil t-butil etere (MTBE)	40*	6,5	1,02	0,718	<0,013	<0,12	0,403	2,42	0,617	0,49	<0,013	<0,013	<0,014	0,0188	0,025	<0,012	0,0272
idrocarburi totali come esano	350	6000	4710	11300	2230	4830	3770	4240	2190	1070	48,5	69	71	1260	133	151	65
PZ2-valle	LIMITE (ug/L)	23/12/2022	25/01/2023	17/02/2023	20/03/2023	02/05/2023	23/05/2023	14/06/2023	24/07/2023	30/08/2023	20/09/2023						
Soggiacenza	-	3,73	3,85	3,86	4,03	3,79	3,6	3,36	2,84	2,8	2,83						
benzene	1	2,7	4,9	4,7	43	0,77	0,74	0,202	0,168	2,9	7,4						
etilbenzene	50	7,8	18,2	18,4	83	3,6	3,8	1,07	0,42	1,96	1,01						
stirene	25	<0,018	<0,014	<0,018	<0,018	<0,014	<0,014	<0,014	<0,014	<0,014	<0,014						
toluene	15	1,28	1,16	14,4	48	8,7	2,1	0,55	0,75	0,86	0,43						
o-xilene	10*	1,29	32	12,4	59	6	3,9	0,56	0,58	0,99	0,34						
m,p-xilene	10	6,1	3,3	28	108	12	4,9	0,9	1,26	1,43	0,59						
metil t-butil etere (MTBE)	40*	0,0193	<0,014	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012						
idrocarburi totali come esano	350	145	312	397	1100	103	157	211	259	89,7	28,2						

Tabella 4 – Storico dati monitoraggio piezometro PZ2 valle barriera interno al sito

		PERIODO ESECUZIONE BONIFICA INSATURO								POST BONIFICA INSATURO												
PZ10-valle	LIMITE (ug/L)	02/02/2022	01/03/2022	04/04/2022	27/04/2022	30/05/2022	04/07/2022	27/07/2022	30/08/2022	27/09/2022	18/10/2022	30/11/2022	23/12/2022	25/01/2023	17/02/2023	20/03/2023	02/05/2023	23/05/2023	14/06/2023	24/07/2023	30/08/2023	20/09/2023
Soggiacenza	-	3,56	3,68	3,76	3,64	3,21	2,91	3,03	2,91	2,96	3,16	3,42	3,12	3,64	3,66	3,81	3,59	3,39	3,15	2,64	2,59	2,67
benzene	1	10,6	0,45	0,137	173	33	6,3	53	62	138	318	61	66	382	247	104	55	45	25	13,8	0,0708	8,4
etilbenzene	50	169	23	0,3	98	17,3	2,49	280	400	255	498	80	141	360	226	158	106	68	39	8,14	0,183	4,3
stirene	25	<0,014	<0,018	<0,018	<0,014	<0,018	<0,018	<0,58	<0,58	<0,014	<0,018	<0,090	3	<0,091	<0,090	<0,018	<0,068	<0,014	<0,068	<0,014	<0,014	<0,014
toluene	15	3,3	0,57	0,58	293	2,6	0,45	135	1080	6,7	77	21,8	23,7	522	445	463	242	70	2,35	1,78	0,5	0,73
o-xilene	10*	2,9	0,86	0,33	187	2,09	4,9	701	349	19,9	141	27	15,6	289	263	328	168	81	11	7,3	0,34	0,77
m,p-xilene	10	64	1,21	1,2	293	14,9	0,49	1410	842	84	193	117	121	663	569	640	321	146	28	2,45	0,74	0,88
metil t-butil etere (MTBE)	40*	<0,014	<0,012	<0,012	0,217	<0,013	0,039	<0,57	<0,57	<0,014	<0,012	0,89	<0,013	<0,063	<0,062	<0,012	0,0677	<0,012	<0,062	0,0437	<0,012	<0,012
idrocarburi totali come esano	350	1780	427	<21	1800	<18	57	3770	5180	848	1980	1530	1620	9340	3410	3150	1950	1550	328	151	30,5	164
PZ11-valle	LIMITE (ug/L)	02/02/2022	01/03/2022	04/04/2022	27/04/2022	30/05/2022	04/07/2022	27/07/2022	30/08/2022	27/09/2022	18/10/2022	30/11/2022	23/12/2022	25/01/2023	17/02/2023	20/03/2023	02/05/2023	23/05/2023	14/06/2023	24/07/2023	30/08/2023	20/09/2023
Soggiacenza	-	3,64	3,78	3,85	3,84	3,29	3	3,1	3	3,05	3,24	3,51	3,61	3,74	3,74	3,91	3,67	3,46	3,34	2,77	2,7	2,5
benzene	1	24,5	0,127	0,124	1,49	0,242	0,0346	<0,016	1,38	<0,016	0,87	<0,014	<0,014	0,0779	<0,018	<0,018	<0,014	<0,014	0,0244	<0,014	0,0328	0,0509
etilbenzene	50	50	0,52	0,25	1,9	0,52	0,0316	0,0246	8,8	0,0307	3,5	<0,023	0,199	0,118	<0,019	<0,019	0,0164	0,0155	0,0714	0,0221	0,182	0,0258
stirene	25	5,7	<0,018	<0,018	<0,014	<0,018	<0,018	<0,014	<0,014	<0,014	<0,018	<0,018	<0,018	<0,014	<0,018	<0,018	<0,014	<0,014	<0,014	<0,014	<0,014	<0,014
toluene	15	5,8	1,4	0,54	6,3	0,144	0,118	0,0816	10,8	0,0889	0,72	0,0628	0,119	0,177	0,0637	0,0434	0,0443	0,0746	0,39	0,0643	0,36	0,0933
o-xilene	10*	217	0,99	0,3	3,9	0,133	0,0559	0,0765	7,6	0,0576	0,95	0,0362	<0,018	0,157	0,0452	0,0198	0,0614	0,0271	0,103	0,0284	10,7	1,49
m,p-xilene	10	488	1,85	1,04	5,8	0,44	0,0754	0,101	14,8	0,124	1,77	0,0781	0,193	0,28	0,0635	0,0551	0,0611	0,0619	0,26	0,0683	0,95	0,123
metil t-butil etere (MTBE)	40*	0,0332	<0,012	<0,012	0,0395	<0,013	<0,012	<0,014	<0,014	<0,014	<0,012	0,0246	<0,013	<0,014	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	0,0158
idrocarburi totali come esano	350	2610	52	<21	62	<22	<21	<22	86	<22	23	<22	<22	<22	<21	<21	<20	<20	<20	<20	68	<20
PZ13-valle	LIMITE (ug/L)	02/02/2022	01/03/2022	04/04/2022	27/04/2022	30/05/2022	04/07/2022	27/07/2022	30/08/2022	27/09/2022	18/10/2022	30/11/2022	23/12/2022	25/01/2023	17/02/2023	20/03/2023	02/05/2023	23/05/2023	14/06/2023	24/07/2023	30/08/2023	20/09/2023
Soggiacenza	-	3,44	3,59	3,68	3,55	3,11	2,82	2,91	2,84	2,88	3,07	3,35	3,16	3,58	3,59	3,73	3,5	3,33	3,07	2,56	2,49	2,6
benzene	1	1,04	0,136	0,162	0,0411	0,0275	<0,018	<0,016	<0,016	<0,016	0,0639	<0,014	<0,014	<0,014	0,0198	0,0866	0,95	0,223	0,186	0,34	0,0236	<0,014
etilbenzene	50	13,6	0,215	0,33	0,134	0,89	0,0739	<0,017	0,0733	0,0835	0,13	<0,023	0,113	0,0607	<0,019	<0,019	0,02	<0,014	0,0715	0,0195	0,0561	0,0259
stirene	25	<0,014	<0,018	<0,018	<0,014	<0,018	<0,018	<0,014	<0,014	<0,014	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,014	<0,014	<0,014	<0,014	<0,014	<0,014
toluene	15	0,97	0,54	0,71	0,28	0,169	0,46	0,105	0,178	0,0713	0,109	0,0691	0,115	0,0368	0,0582	0,26	0,0608	0,0417	0,33	0,0606	0,25	0,0864
o-xilene	10*	1,74	0,81	0,37	0,234	0,33	0,7	0,0208	0,0854	0,0585	0,0547	0,0312	<0,018	0,232	1,49	0,46	3,1	0,36	0,208	1,91	0,25	0,0397
m,p-xilene	10	6,4	1,09	1,41	0,44	0,72	0,91	0,0421	0,183	0,117	0,104	0,0657	<0,041	0,0417	0,0601	1,03	0,29	0,3	0,27	0,173	0,27	0,0985
metil t-butil etere (MTBE)	40*	<0,014	<0,012	<0,012	0,0148	<0,013	<0,012	<0,014	<0,014	<0,014	<0,012	0,0215	<0,013	<0,013	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012
idrocarburi totali come esano	350	32,8	56,3	<21	<22	<22	<21	<22	<22	<22	<21	<22	<22	<22	<21	70	23,6	20,7	<20	<20	<20	<20
PZ14-valle	LIMITE (ug/L)	02/02/2022	01/03/2022	04/04/2022	27/04/2022	30/05/2022	04/07/2022	27/07/2022	30/08/2022	27/09/2022	18/10/2022	30/11/2022	23/12/2022	25/01/2023	17/02/2023	20/03/2023	02/05/2023	23/05/2023	14/06/2023	24/07/2023	30/08/2023	20/09/2023
Soggiacenza	-	3,09	3,24	3,55	3,19	2,77	2,48	2,55	2,48	2,51	2,46	3,01	3,06	3,22	3,24	3,37	3,02	2,98	2,73	2,2	2,11	2,24
benzene	1	0,0978	0,0608	0,25	0,72	0,0138	0,0247	<0,016	<0,016	<0,016	0,037	<0,014	<0,014	<0,014	<0,018	<0,018	<0,014	<0,014	0,0397	<0,014	0,0262	<0,014
etilbenzene	50	0,241	0,27	0,87	1	0,29	0,0413	<0,017	0,0417	0,0533	0,0879	<0,023	0,1	0,106	<0,019	<0,019	0,0146	<0,014	0,13	0,0282	0,0463	0,0324
stirene	25	<0,014	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,014	<0,014	<0,014	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,014	<0,014	<0,014	<0,014	<0,014	<0,014
toluene	15	0,27	1,18	0,53	3,2	0,131	0,37	0,136	0,15	0,0741	0,11	0,0735	0,0852	0,0582	0,0588	0,0597	0,046	0,0615	0,73	0,0811	0,222	0,107
o-xilene	10*	0,26	0,65	0,33	2,13	0,109	0,0843	0,0228	0,0674	0,0464	0,0358	0,0376	<0,018	0,0317	0,0293	0,0208	0,0372	0,0185	0,172	0,0349	0,14	0,0508
m,p-xilene	10	0,97	1,24	1,31	3,2	0,25	0,166	0,0545	0,189	0,0969	0,0848	0,0689	<0,041	0,0681	0,05	0,0481	0,0486	0,0433	0,46	0,0826	0,199	0,127
metil t-butil etere (MTBE)	40*	<0,014	<0,012	<0,012	<0,012	<0,013	<0,012	<0,014	<0,014	<0,014	<0,012	0,0178	<0,013	<0,013	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012
idrocarburi totali come esano	350	<22	26	<21	42,1	<22	<21	<22	<22	<22	<21	<22	<22	<22	<21	<21	<20	<20	<20	<20	<20	<20

Tabella 5 – Storico dati monitoraggio piezometri valle barriera interni al sito

Per quanto osservabile dai dati riportati nelle tabelle precedenti si può rilevare che:

- PZ14 presenta concentrazioni conformi sin dalla prima campagna di monitoraggio condotta, per tutti i parametri ricercati;
- PZ13, ad eccezione della prima campagna eseguita a inizio febbraio 2022 (concentrazione di Benzene lievemente superiore alla CSC) risulta sempre conforme per tutti i parametri ricercati;
- PZ11, al netto della prima campagna ed eccetto due isolati casi (Benzene lievemente superiori alla CSC nelle campagne di aprile e agosto 2022, m,p-Xilene lievemente superiore alla CSC del p-Xilene nella campagna di agosto 2022), la qualità delle acque osservata evidenzia valori conformi ai limiti di riferimento per tutti i parametri ricercati;
- Presso i piezometri PZ2 e PZ10, nello storico acquisito, si rilevano valori di concentrazione che eccedono i limiti di riferimento e, al fine di valutare gli andamenti le relative tendenze rispetto al periodo di esecuzione degli interventi di bonifica dell'insaturo e del periodo successivo, sono stati elaborati alcuni grafici, di seguito proposti.

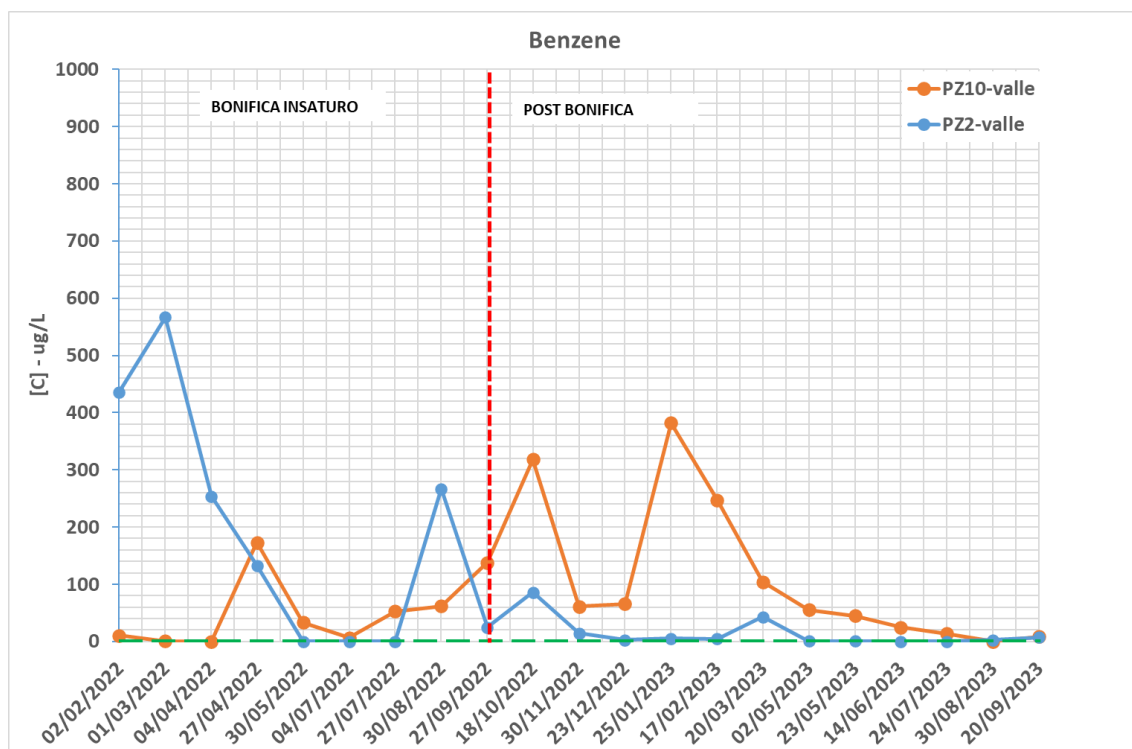


Figura 8 – Andamento [Benzene] piezometri PZ2-PZ10, valle barriera interno sito

Il grafico rappresentativo degli andamenti delle concentrazioni di **Benzene** in PZ2 e PZ10 permette di rilevare quanto segue:

- Entrambi i piezometri mostrano, nel periodo successivo alla conclusione della bonifica dell'insaturo, una diminuzione delle concentrazioni;
- Tale tendenza ha portato, per quanto attiene a PZ2, al raggiungimento della conformità dalla campagna del 2 maggio 2023 mentre le ultime 2 campagne agosto evidenziano un modesto superamento della CSC;
- Riguardo a PZ10 la tendenza osservata risulta meno marcata di quella relativa a PZ2 pur rilevando, nell'ultima campagna condotta, valori simili;
- In ultimo si evidenzia le campagne di luglio e agosto 2023, le prime successive al termine del primo anno dalla conclusione della bonifica dell'insaturo, mostrino un quadro complessivo nettamente migliore rispetto alla stesse del 2022, confermando il miglioramento in atto.

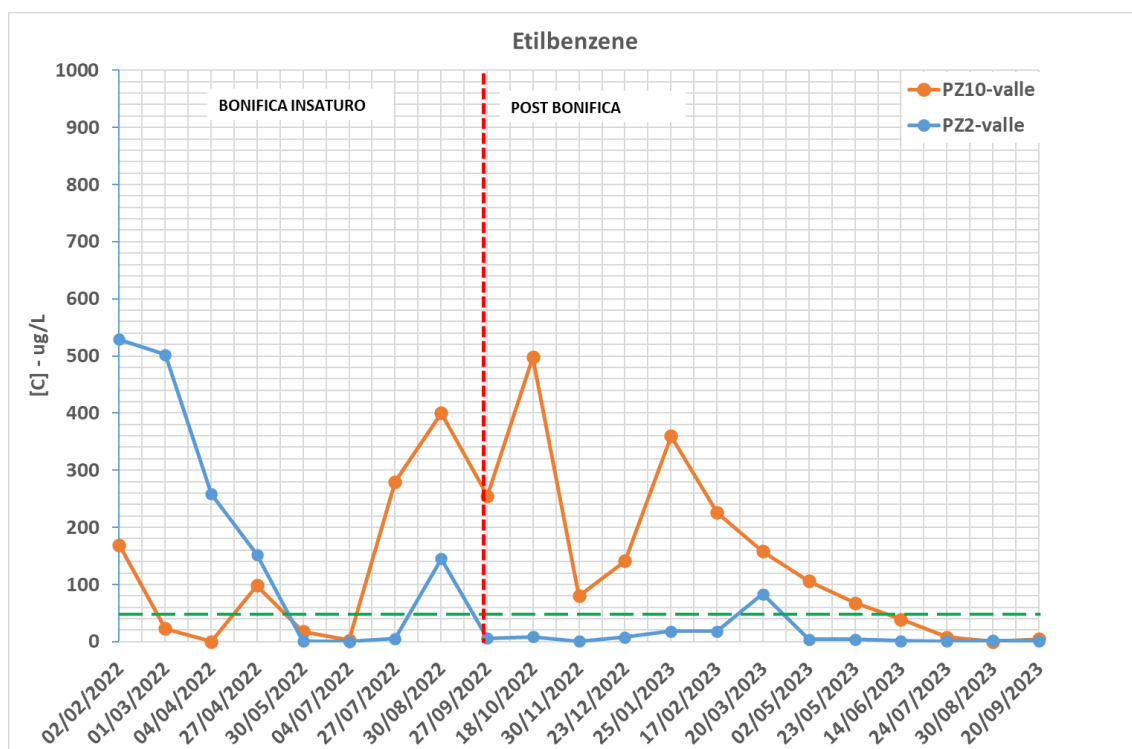


Figura 9 – Andamento [Etilbenzene] piezometri PZ2-PZ10, valle barriera interno sito

Il grafico relativo degli andamenti delle concentrazioni di **Etilbenzene** in PZ2 e PZ10 permette di rilevare tendenze confrontabili con quelle del Benzene, evidenziando tuttavia un quadro relativo alla qualità delle acque migliore, con PZ2 in stabile conformità da 6 campagne e PZ10 da 4 campagne.

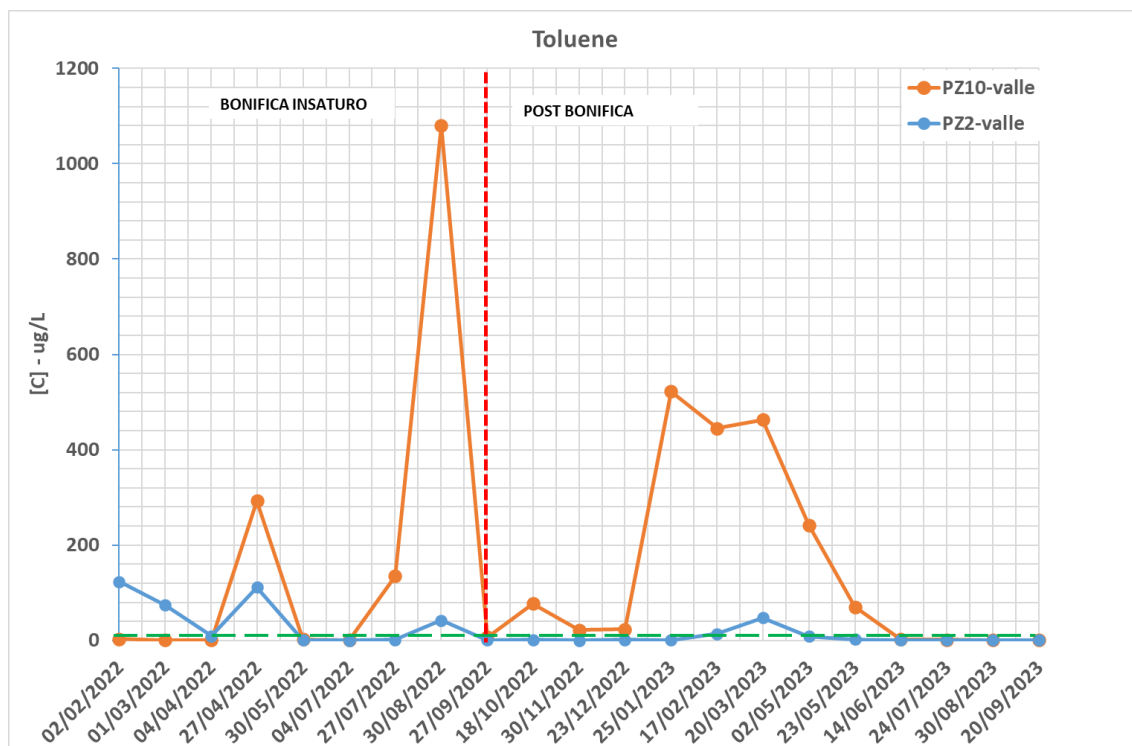


Figura 10 – Andamento [Toluene] piezometri PZ2-PZ10, valle barriera interno sito

Per quanto attiene al Toluene si riscontra una situazione analoga a quella precedentemente descritta per l'Etilbenzene, con conformità raggiunta per PZ2 da 6 campagne consecutive e per PZ10 da 4 campagne consecutive.

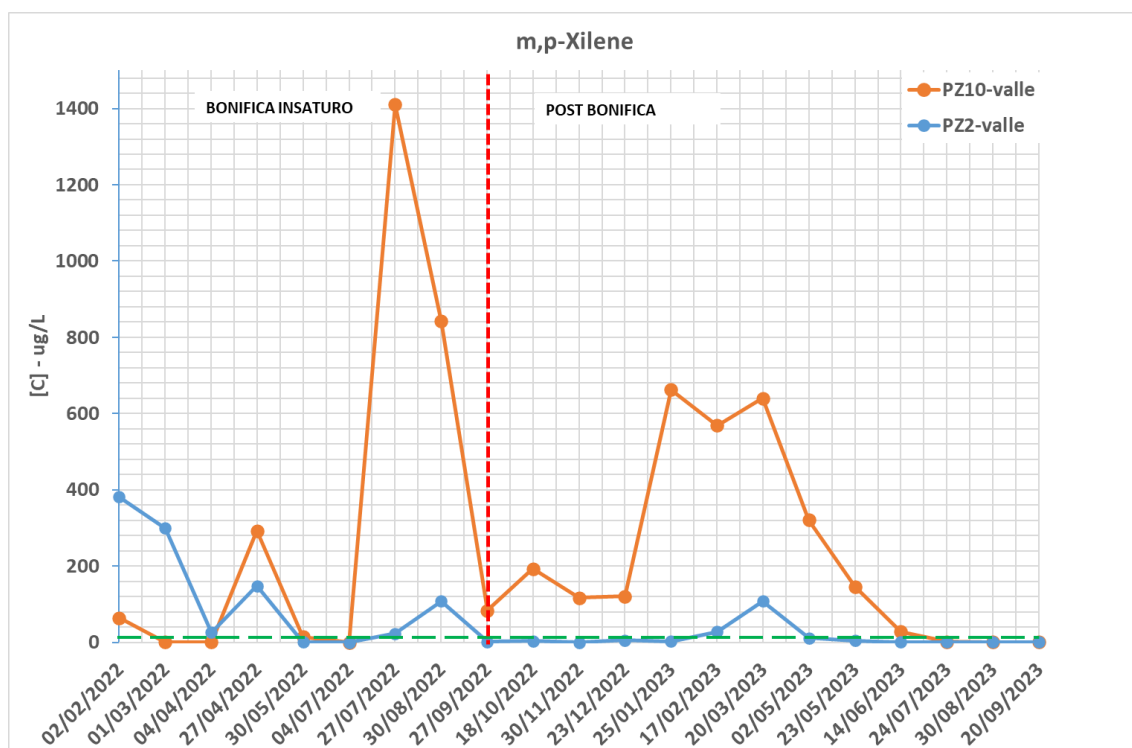


Figura 11 – Andamento [m,p-Xilene] PZ2-PZ10, valle barriera interno sito

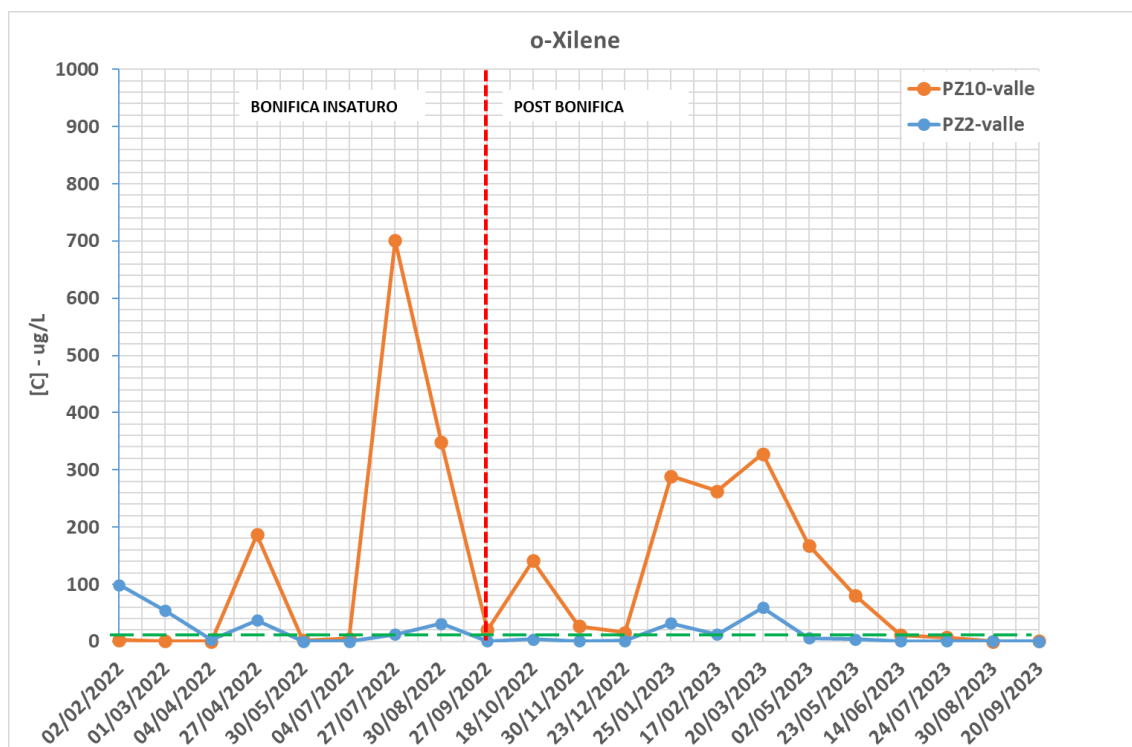


Figura 12 – Andamento [o-Xilene] PZ2-PZ10, valle barriera interno sito

L'evoluzione relativa alle concentrazioni degli Xileni evidenzia una tendenza simile a quelle precedentemente descritte, con valori conformi raggiunti in entrambi i presidi nelle ultime campagne condotte (5-6 campagne per PZ2 e 3-4 campagne per PZ10).

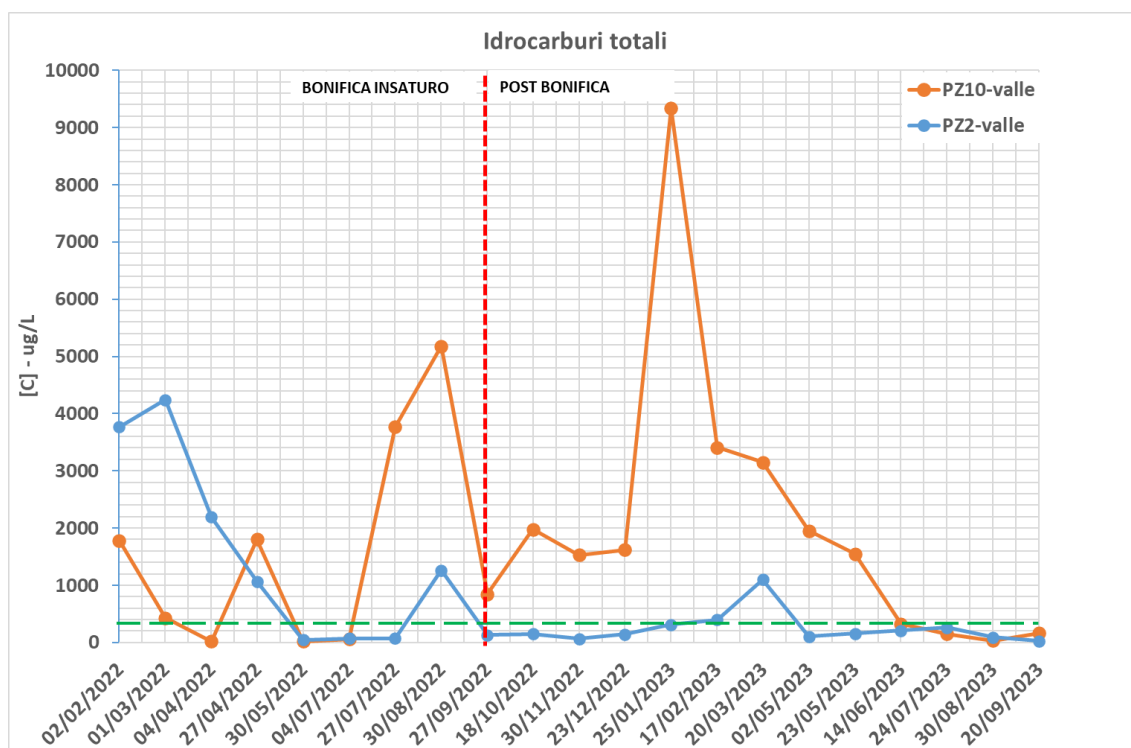


Figura 13 – Andamento [Idrocarburi totali] PZ2-PZ10, valle barriera interno sito

In ultimo, anche per quanto attiene agli idrocarburi la situazione si presenta in miglioramento, con valori conformi stabilmente raggiunti da 6 campagne per quanto attiene a PZ2 e da 4 campagne per quanto attiene a PZ10.

3.5.1 CONCLUSIONI RELATIVE ALLA ZONA VALLE BARRIERA

Il quadro analitico osservato nei presidi ubicati a valle barriera idraulica, indica una situazione di sostanziale e stabile conformità per quanto attiene ai piezometri PZ11, PZ13 e PZ14; per quanto attiene ai due presidi PZ2 e PZ10, la tendenza osservata ha indicato un netto miglioramento della qualità nel periodo seguente alla conclusione degli interventi di bonifica dell'insaturo, con raggiungimento di condizioni quasi completamente conformi nell'ambito delle due ultime campagne svolte.

Le prossime campagne di monitoraggio previste permetteranno di acquisire ulteriori dati e di valutare in maniera più accurata quanto sinora osservato.

3.6 VALLE SITO (PZ6÷PZ9)

Il quadro analitico relativo alla qualità della falda a valle del sito è valutabile attraverso i dati di monitoraggio relativi ai piezometri PZ6÷PZ9, realizzati e sottoposti a controllo trimestrale a partire dal gennaio 2019; nel complesso tali presidi sono stati oggetto di un numero di campagne di monitoraggio pari a 18 e i risultati delle analisi condotte sono riportati nella seguente tabella di riepilogo.

PZ6-valle	LIMITE (ug/L)	25/01/2019	17/04/2019	30/07/2019	29/10/2019	28/01/2020	28/04/2020	28/07/2020	28/10/2020	26/01/2021	16/04/2021	27/07/2021	19/10/2021	02/02/2022	27/04/2022	27/07/2022	18/10/2022	25/01/2023	02/05/2023	24/07/2023
Soggiacenza	-	2,3	2,56	0,8	1,76	2,27	2,26	0,98	2,1	1,98	2,37	1,06	1,98	2,35	2,55	1,98	2,04	2,51	2,5	1,54
benzene	1	0,0194	<0,014	<0,014	0,0234	<0,015	0,73	0,0233	<0,015	<0,015	<0,015	<0,016	0,0186	0,12	0,0707	<0,016	<0,018	<0,016	<0,014	<0,014
etilbenzene	50	<0,045	<0,017	<0,017	0,0333	<0,022	0,133	<0,022	<0,022	<0,022	<0,022	<0,017	0,0394	0,181	0,138	0,0181	<0,019	0,41	0,0157	0,02
stirene	25	<0,012	<0,013	<0,013	<0,013	<0,018	<0,014	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,014	0,107	<0,014	<0,014	<0,014	<0,018	<0,014	<0,014	<0,014
toluene	15	0,156	0,0859	0,0659	0,227	0,0595	0,34	0,0568	0,055	0,0351	<0,015	0,107	0,139	0,232	0,3	0,23	0,0701	0,0652	0,0388	0,0534
o-xilene	10*	0,0413	0,0234	<0,015	0,0456	<0,019	0,263	<0,019	0,0251	<0,019	<0,019	0,0253	0,0652	0,175	0,182	0,0237	0,0169	0,0332	0,0349	0,0189
m,p-xilene	10	0,0982	0,0707	<0,034	0,11	<0,042	0,55	0,0497	0,0629	<0,042	<0,042	0,065	0,143	0,9	0,41	0,068	0,0376	0,0915	0,0516	0,0526
metil t-butil etere (MTBE)	40*	<0,012	<0,018	<0,018	<0,018	<0,014	<0,016	<0,014	<0,014	<0,014	<0,014	<0,014	<0,014	<0,014	0,0221	<0,014	<0,012	<0,014	<0,012	<0,012
idrocarburi totali come esano	350	<35	<21	<21	<21	<22	<22	<22	<33	<22	<22	<22	65	<22	<22	<22	<21	<22	<20	<20
PZ7-valle	LIMITE (ug/L)	25/01/2019	17/04/2019	30/07/2019	29/10/2019	28/01/2020	28/04/2020	28/07/2020	28/10/2020	26/01/2021	16/04/2021	27/07/2021	19/10/2021	02/02/2022	27/04/2022	27/07/2022	18/10/2022	25/01/2023	02/05/2023	24/07/2023
Soggiacenza	-	2,26	2,52	0,85	1,74	2,26	2,2	1,02	2,1	1,92	2,3	1,12	2,03	2,33	2,48	1,89	2,01	2,47	2,51	
benzene	1	<0,014	<0,014	0,0677	<0,014	<0,015	<0,016	0,0265	<0,015	<0,015	<0,015	<0,016	0,0295	0,0998	0,44	<0,016	0,0362	<0,016	<0,014	
etilbenzene	50	<0,045	<0,017	0,0179	<0,017	<0,022	<0,015	<0,022	0,209	<0,022	<0,022	<0,017	0,0223	0,184	0,67	0,0361	0,0945	0,0767	0,0165	
stirene	25	<0,012	<0,013	<0,013	<0,013	<0,018	<0,014	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,014	0,166	<0,014	0,0522	<0,014	<0,018	<0,014	<0,014	
toluene	15	0,141	0,0283	0,137	0,0355	0,0637	0,0267	0,0394	0,61	0,0334	<0,015	0,0256	0,0841	0,25	2,38	0,21	0,58	0,0795	0,051	
o-xilene	10*	0,038	<0,015	0,0213	<0,015	<0,019	<0,014	<0,019	0,74	0,095	<0,019	<0,013	<0,014	0,173	1,34	0,0421	0,0997	0,0292	0,0371	
m,p-xilene	10	0,0949	<0,034	0,0617	<0,034	<0,042	<0,027	<0,042	1,35	0,0754	<0,042	<0,028	<0,027	0,93	2,06	0,13	0,28	0,0652	0,0534	
metil t-butil etere (MTBE)	40*	<0,012	<0,018	<0,018	<0,018	<0,014	<0,016	<0,014	0,0303	0,0165	<0,014	<0,014	<0,016	<0,014	0,0318	<0,014	0,0136	<0,014	0,0142	
idrocarburi totali come esano	350	32,5	<21	<21	<21	<22	<22	37,2	<33	<22	<22	33,8	33,4	<22	<22	<22	<21	<22	<20	
PZ8-valle	LIMITE (ug/L)	25/01/2019	17/04/2019	30/07/2019	29/10/2019	28/01/2020	28/04/2020	28/07/2020	28/10/2020	26/01/2021	16/04/2021	27/07/2021	19/10/2021	02/02/2022	27/04/2022	27/07/2022	18/10/2022	25/01/2023	02/05/2023	24/07/2023
Soggiacenza	-	2,3	2,57	0,9	1,76	2,26	2,28	1,06	2,04	1,96	2,34	1,13	1,94	2,36	2,53	1,94	2,06	2,49	2,5	1,52
benzene	1	512	202	20,4	21,4	8,3	106	3,3	0,32	9	0,212	0,0443	0,0564	0,0878	0,0652	<0,016	<0,018	<0,016	0,41	0,144
etilbenzene	50	0,836	1,11	0,0345	0,0451	<0,015	0,196	0,239	0,0714	0,271	0,47	0,114	0,239	0,153	0,124	0,0197	<0,019	0,047	0,017	0,0206
stirene	25	<0,12	<0,13	<0,013	<0,013	0,0306	<0,014	<0,018	<0,018	<0,018	<0,014	<0,014	0,141	<0,014	<0,014	<0,014	<0,018	<0,014	<0,014	<0,014
toluene	15	0,91	2,15	0,194	0,214	0,061	0,46	0,38	0,286	0,65	0,77	0,41	0,57	0,184	0,37	0,107	0,0494	0,0558	0,0468	0,0781
o-xilene	10*	1,08	0,963	0,0707	0,1	0,138	1,27	0,321	0,277	0,54	0,63	0,235	0,44	0,146	0,167	0,0251	<0,014	0,0347	0,0329	0,0271
m,p-xilene	10	3,7	2,06	0,125	0,195	<0,027	0,83	0,67	0,33	1,01	1,71	0,49	1,18	0,76	0,37	0,0696	0,0353	0,0846	0,0631	0,0742
metil t-butil etere (MTBE)	40*	51	56,7	9,7	3,31	9,6	17,3	2,55	1,09	1,95	0,0877	0,0764	0,0591	<0,014	0,0613	<0,014	<0,012	<0,014	0,0383	0,43
idrocarburi totali come esano	350	1750	513	64	71	52	445	<22	<33	30,5	<22	47,6	26,5	<22	<22	<22	<21	21,9	<20	<20
PZ9-valle	LIMITE (ug/L)	25/01/2019	17/04/2019	30/07/2019	29/10/2019	28/01/2020	28/04/2020	28/07/2020	28/10/2020	26/01/2021	16/04/2021	27/07/2021	19/10/2021	02/02/2022	27/04/2022	27/07/2022	18/10/2022	25/01/2023	02/05/2023	24/07/2023
Soggiacenza	-	3,1	3,36	1,66	2,58	3,08	3,06	1,83	2,91	2,76	3,13	1,94	2,81	3,16	3,32	2,72	2,83	3,3	3,25	2,31
benzene	1	0,0169	<0,014	0,0783	0,144	<0,015	0,209	0,0277	<0,015	<0,015	<0,016	<0,016	0,0211	0,0946	0,0443	<0,016	0,0372	<0,016	<0,014	<0,014
etilbenzene	50	<0,045	<0,017	<0,017	0,0211	<0,022	0,262	<0,022	<0,022	<0,022	<0,015	<0,017	0,0455	0,168	0,114	<0,017	0,0902	0,0961	0,0203	0,0191
stirene	25	<0,012	<0,013	<0,013	<0,013	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,014	<0,014	0,16	<0,014	<0,014	<0,014	<0,018	<0,014	<0,014	<0,014
toluene	15	0,173	0,0363	0,0882	0,137	0,0378	0,52	0,0362	0,0617	0,0369	0,0195	0,0829	0,131	0,208	0,247	0,145	0,49	0,0813	0,0565	0,0614
o-xilene	10*	0,0429	<0,015	<0,015	0,0268	<0,019	0,47	<0,019	0,028	<0,019	<0,014	0,0238	0,0598	0,164	0,155	0,0179	0,0946	0,0418	0,0461	0,0178
m,p-xilene	10	0,112	<0,034	<0,034	0,0604	<0,042	1,03	<0,042	0,0736	0,0471	0,0327	0,0631	0,136	0,88	0,34	0,0547	0,29	0,113	0,0754	0,0581
metil t-butil etere (MTBE)	40*	<0,012	<0,018	0,0292	<0,018	<0,014	0,0179	<0,014	0,0144	<0,014	0,0171	<0,014	<0,016	<0,014	<0,014	<0,014	<0,012	<0,014	0,0154	<0,012
idrocarburi totali come esano	350	<35	<21	<21	<21	<22	<22	29,4	<33	<22	<22	<22	<22	<22	<22	<22	<21	36,9	<20	<20

Tabella 6 – Risultati monitoraggio piezometri valle idrogeologica rispetto al sito

I dati analitici riportati nella precedente tabella permettono di rilevare quanto segue:

- I piezometri PZ6, PZ7 (non campionato nel luglio 2023 in quanto non accessibile), PZ9 risultano caratterizzati da una situazione di stabile conformità, confermata sin dalla prima campagna di monitoraggio condotta nel gennaio 2019, ovvero da oltre 3 anni consecutivi;
- Il piezometro PZ8 è l'unico presidio che, nei primi periodi dalla realizzazione, è risultato impattato da contaminazione, avendo rilevato concentrazioni eccedenti le CSC / valori guida ISS per:
 - Benzene, fino alla campagna di gennaio 2021;
 - MtBE, nelle prime due campagne condotte (gennaio e aprile 2019);
 - Idrocarburi totali, fino alla campagna di aprile 2020.
- Successivamente ai periodi sopra indicati, per 9 campagne consecutive svolte sino ad oggi (oltre 2 anni) la situazione riscontrata presso tale presidio è di stabile conformità.

Il seguente grafico mostra l'andamento delle concentrazioni osservate presso PZ8 relativamente ai tre contaminanti sopra indicati.

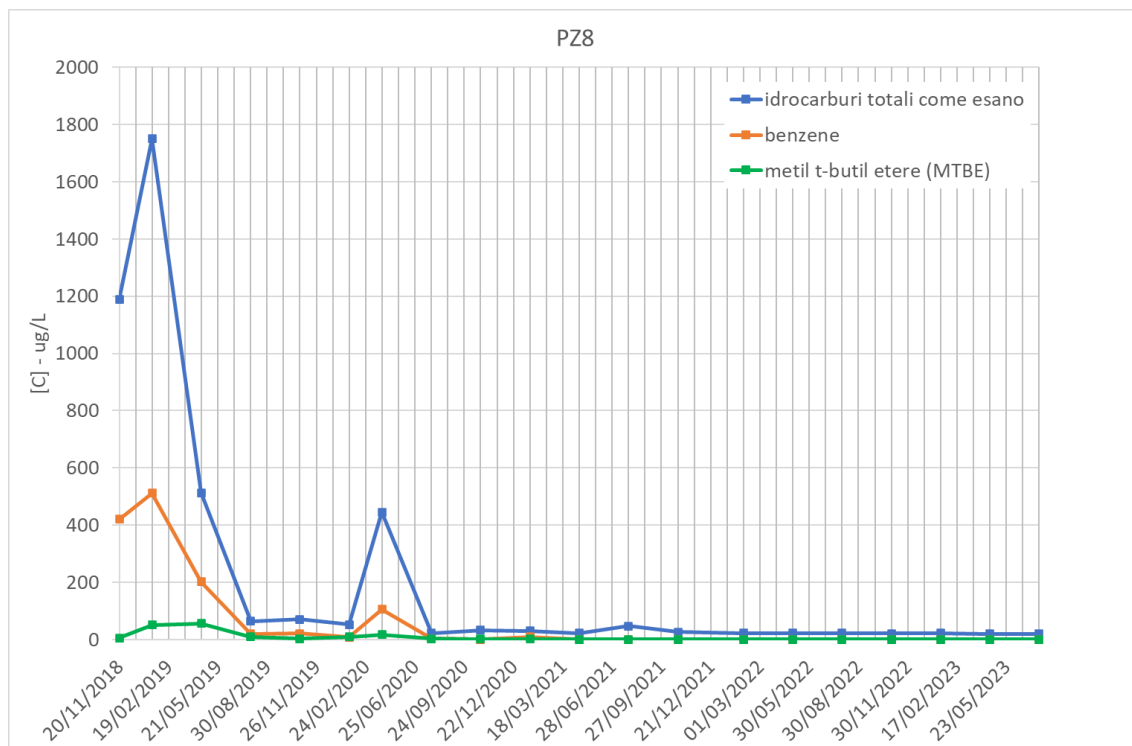


Figura 14 – Andamento concentrazioni contaminanti PZ8

Quanto osservato e descritto in precedenza risulta verosimilmente da ricondurre ai seguenti aspetti:

- La contaminazione inizialmente osservata in PZ8 è da attribuirsi al periodo precedente la realizzazione della barriera idraulica, in cui le attività di MISE erano costituite da soli interventi di Pump & Stock;
- Successivamente all'avvio della barriera (ottobre 2018) è stato posto in essere un presidio di interruzione del flusso di contaminante all'esterno del sito funzionante in continuo, che ha favorito il raggiungimento di condizioni di conformità presso il piezometro PZ8;
- I benefici prodotti dalla bonifica dell'insaturo, unitamente al potenziamento della barriera idraulica, che ha già favorito un netto miglioramento della situazione al confine del sito, costituiscono ulteriori elementi atti ad indicare l'interruzione del potenziale pennacchio di contaminazione in falda in uscita dal sito, a protezione delle aree a valle idrogeologica dello stesso.

4. AGGIORNAMENTO DEL MODELLO CONCETTUALE DEL SITO

Sulla base di quanto indicato nella richiesta di ARPA, alla luce dei conclusi interventi di bonifica dell'insaturo e del quadro analitico esposto nei capitoli precedenti relativamente alla falda nel presente capitolo viene illustrato il Modello Concettuale del sito, aggiornato allo stato di fatto e in funzione dell'analisi di rischio, come rappresentato schematicamente nella figura seguente.

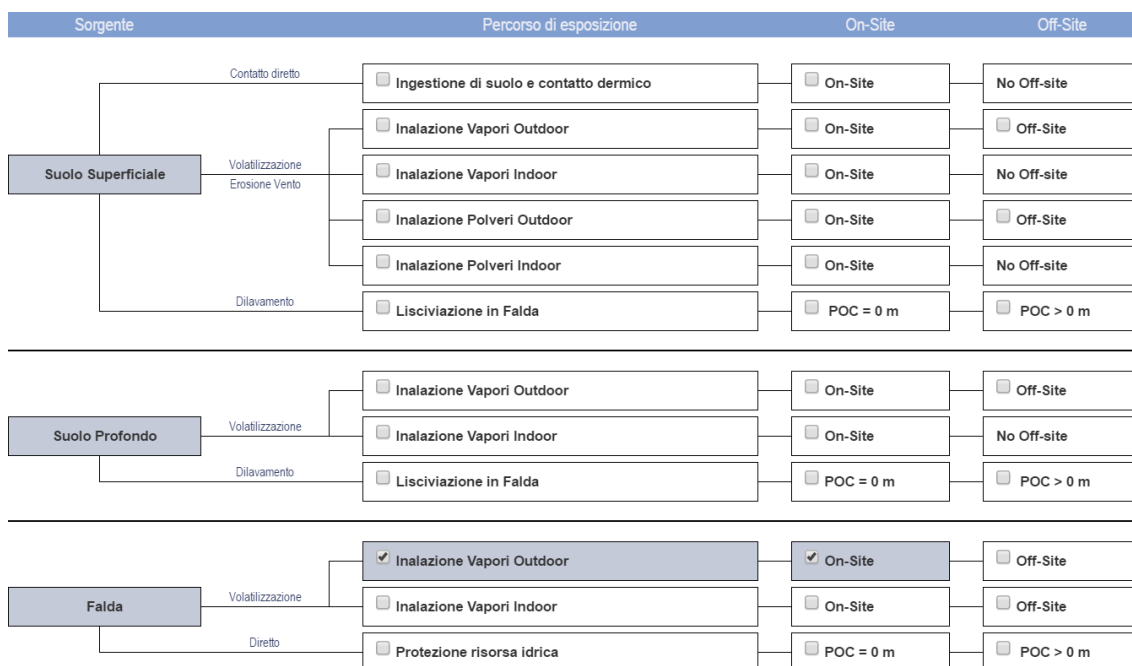


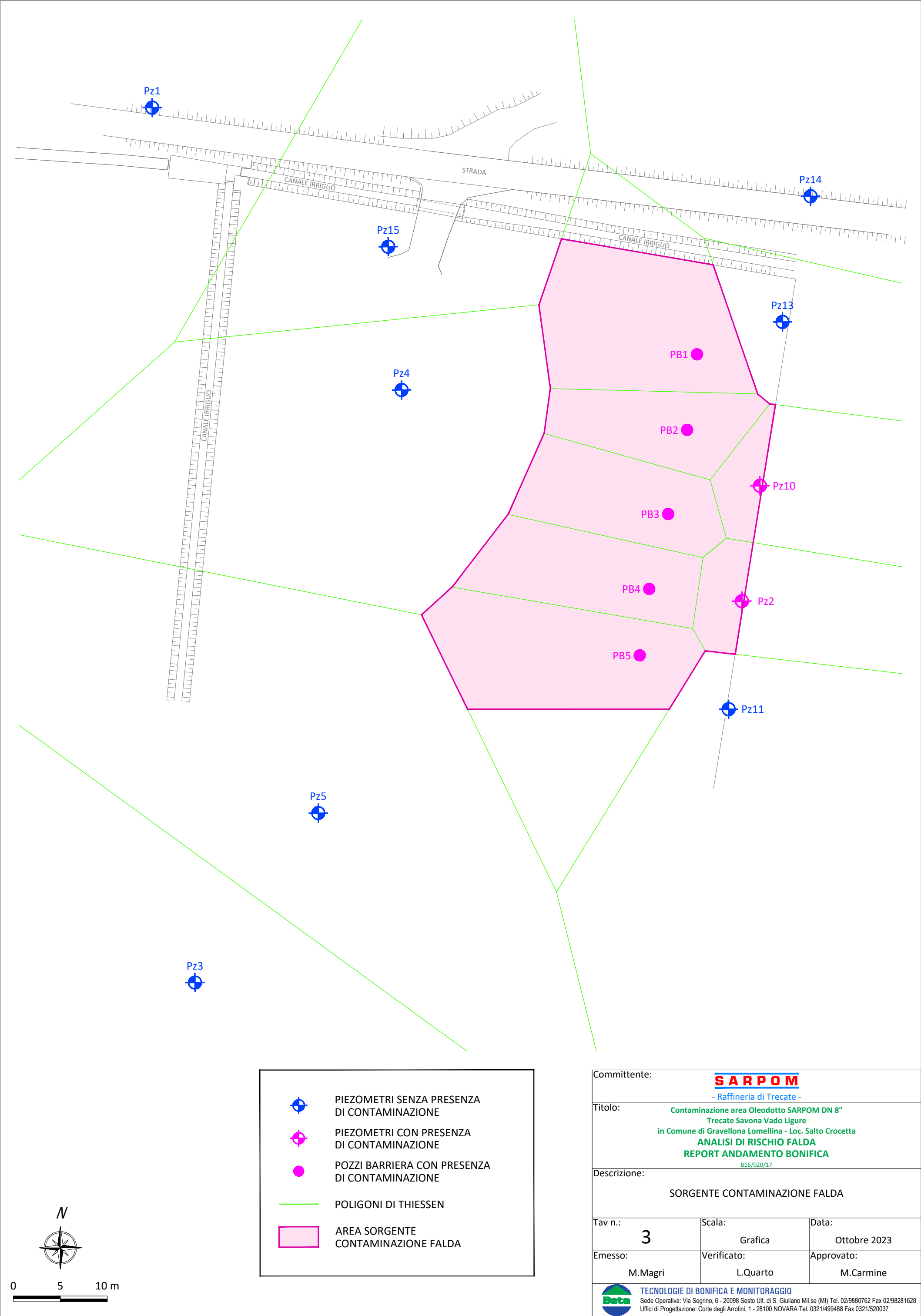
Figura 15 – Schema modello concettuale del sito

4.1 SORGENTI SECONDARIE DI CONTAMINAZIONE

Considerato il buon esito della bonifica del terreno insaturo, la sola sorgente secondaria di contaminazione insistente è rappresentata dalle acque sotterranee, relativamente alle quali è in corso una bonifica mediante impianto Pump & Treat.

In relazione alle risultanze delle attività di monitoraggio sinora condotte, la contaminazione può essere circoscritta, in via cautelativa, all'impronta dell'area di intervento di bonifica, ai pozzi barriera e ai piezometri di valle barriera PZ2, PZ10, sino al confine del sito, come rappresentato in Tavola 3, attraverso il criterio dei poligoni di Thiessen Voronoi, tenendo conto anche del perimetro dell'area oggetto di bonifica del suolo insaturo.

Si evidenzia che il confine Nord e il confine Sud dell'area sorgente sono stati delimitati a livello grafico considerando il limite del sito, che risulta ricadere all'interno del poligono di Thiessen



interessato (PB1 a Nord e PB5 a Sud); tale criterio non influenza tuttavia i risultati, in quanto l'estensione della sorgente richiesta ai fini dello studio (in direzione di vento prevalente) non varia.

Per quanto indicato dalle analisi, tutti gli ulteriori presidi di controllo sottoposti a monitoraggio risultano stabilmente esenti da contaminazione o mai impattati.

4.2 MECCANISMI DI TRASPORTO E PERCORSI DI ESPOSIZIONE

In relazione agli obiettivi del presente studio e delle richieste formulate da ARPA Lombardia – Dipartimento di Lodi e Pavia – il meccanismo di trasporto da considerarsi attivo è rappresentato dalla potenziale migrazione di vapori provenienti dalla falda verso il solo ambiente outdoor; non sono infatti presenti edifici o strutture edificate nel raggio di alcune centinaia di metri dal sito, ad eccezione della centrale sul Canale Quintino Sella, ubicata al monte idrogeologico e, pertanto in zona non interessata dalla contaminazione della falda nel sito in oggetto.

Il percorso di esposizione attivo rispetto al meccanismo di trasporto sopra indicato è costituito dall'inalazione di vapori in ambiente outdoor.

4.3 BERSAGLI DELLA CONTAMINAZIONE

Considerato che la destinazione d'uso del sito risulta essere agricola, i bersagli della contaminazione ai fini del presente studio sono rappresentati dai lavoratori agricoli operanti presso il sito.

5. ANALISI DI RISCHIO

L'analisi di rischio verrà sviluppata mediante l'utilizzo del software Risk Net PRO versione 3.1pro; il software è stato sviluppato nell'ambito della rete RECONnet (Rete Nazionale sulla gestione e la Bonifica dei Siti Contaminati) su iniziativa del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ingegneria Informatica dell'Università degli studi di Roma "Tor Vergata".

Il software permette di calcolare il rischio e gli obiettivi di bonifica legati alla presenza di contaminanti all'interno di un sito, applicando la procedura APAT-ISPRA di analisi di rischio sanitaria ("Criteri metodologici l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati"; APAT-ISPRA 2008) in accordo con quanto previsto dalla normativa italiana (D.Lgs. 152/06 e D.Lgs. 04/08) e delle ultime Linee Guida MATTM del 2014-2015.

La versione 3.1.1 pro del software risulta aggiornata con l'ultima versione della Banca Dati ISS-INAIL rilasciata il marzo 2018.

5.1 MODALITÀ DI SVILUPPO DELLO STUDIO

Sulla base degli scopi del presente studio e del Modello Concettuale descritto in precedenza, si rende necessario lo sviluppo di un'unica elaborazione, denominata di seguito E1, avente per oggetto la sorgente falda e l'esposizione di lavoratori outdoor.

5.2 CONCENTRAZIONI RAPPRESENTATIVE SORGENTE – CRS

In considerazione del fatto che i punti da considerarsi come contaminati sono complessivamente 7 (PZ2, PZ10, PB1÷PB5), le CRS per i contaminanti di interesse vengono definite secondo il criterio della Cmax; in relazione agli scopi dello studio, secondo il quale si rende necessario valutare i potenziali rischi dalla falda per i fruitori dell'area, si ritiene opportuno e necessario considerare la popolazione dati relativa alle campagne che sono state eseguite successivamente alla conclusione degli interventi di bonifica del terreno insaturo, ovvero:

- Campagne trimestrali dal 27/07/2022 al 24/7/2023 per i pozzi barriera;
- Campagne mensili dal 27/07/2022 al 20/9/2023 per i piezometri PZ2, PZ10;

Stante il criterio sopra indicato le Cmax riscontrate presso ciascun presidio risultano essere le seguenti.

PUNTO	[Benzene]	[Etilbenzene]	[Toluene]	[mp-Xilene]	[o-Xilene]	[Idroc. Tot.]
	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L
PB1	23,4	191	916	768	354	4.120
PB2	226	455	4.700	3.080	1.240	19.500
PB3	241	379	4.680	2.980	1.220	20.600
PB4	70	356	2.720	1.540	636	10.500
PB5	6,4	201	1.100	1.060	406	4.950
PZ2	267	145	48	108	59	1.260
PZ10	382	498	1.080	1.410	701	9.340
CRS	382	498	4.700	3.080	1.240	20.600

Tabella 7 – CRS sorgente falda

Sulla base delle Cmax determinate per ciascun contaminante di interesse per ciascuno dei punti ricadenti in sorgente è stata determinata la CRS da inputare nel software che, per ciascun contaminante sarà pari al valore massimo assoluto tra quelli individuati.

Per quanto attiene agli idrocarburi totali, considerando la necessità di esprimere le CRS secondo le classi idrocarburiche previste dalla banca dati ISS INAIL, il valore di Cmax viene di seguito ricalcolato secondo analisi di speciazione condotte nell'ambito della campagna di monitoraggio del 24 luglio 2023, sul campione PB4, risultato essere quello caratterizzato dalla concentrazione maggiore di idrocarburi.

CLASSE MADEP	[C] – ug/L	%	CRS – ug/L
Alif. C5-C8	1.360	34	7.008
Alif. C9-C12	2.140	54	11.027
Alif. C13-C18	29	1	149
Alif. C19-C36	44	1	227
Arom. C9-C10	313	8	1.613
Arom. C11-C12	52	1	268
Arom. C13-C22	60	2	309

Tabella 8 – Speciazione e CRS classi MADEP

5.3 PARAMETRI ESPOSIZIONE LAVORATORI

Come accennato, il sito e l'area vasta circostante, sono caratterizzati da una destinazione d'uso agricola e i potenziali bersagli sono rappresentati solo dai lavoratori agricoli in ambiente outdoor; per quanto attiene i parametri sono stati posti pari ai valori di default indicati nella tabella 3.4-3 di cui alle Linee Guida ISPRA ex APAT per bersaglio commerciale / industriale, trattandosi di lavoratori.

Tale approccio risulta estremamente cautelativo, alla luce del fatto che la reale esposizione dei lavoratori agricoli presso l'area è estremamente inferiore rispetto a quella considerata ai fini del presente studio.

FATTORI DI ESPOSIZIONE (EF)	Simbolo	Unità di Misura	Residenziale		Ricreativo		Com/Ind
			Adulto	Bambino	Adulto	Bambino	Adulto
Fattori comuni a tutte le modalità di esposizione							
Peso corporeo	BW	kg	70	15	70	15	70
Tempo medio di esposizione per le sostanze cancerogene	ATc	anni	70	70	70	70	70
Tempo medio di esposizione per le sostanze non cancerogene	ATn	anni	ED	ED	ED	ED	ED
Inalazione di Aria Outdoor (AO)							
Durata di esposizione	ED	anni	24	6	24	6	25
Frequenza di esposizione	EF	giorni/anno	350	350	350	350	250
Frequenza giornaliera di esposizione outdoor	EFgo	ore/giorno	24	24	3	3	8
Inalazione outdoor	Bo	m³/ora	0,9 (a)	0,7 (a)	3,2	1,9	2,5 (b)
Frazione di particelle di suolo nella polvere	Fsd	adim.	1	1	1	1	1
Inalazione di Aria Indoor (AI)							
Durata di esposizione	ED	anni	24	6	---	---	25
Frequenza di esposizione	EF	giorni/anno	350	350	---	---	250
Frequenza giornaliera di esposizione indoor	EFgi	ore/giorno	24	24	---	---	8
Inalazione indoor	Bi	m³/ora	0,9	0,7	---	---	0,9 (b)
Frazione indoor di polvere	Fi	adim.	1	1	---	---	1
Contatto dermico con Suolo (SS)							
Durata di esposizione	ED	anni	24	6	24	6	25
Frequenza di esposizione	EF	giorni/anno	350	350	350	350	250
Superficie di pelle esposta	SA	cm²	5700	2800	5700	2800	3300
Fattore di aderenza dermica del suolo	AF	mg/(cm² giorno)	0,07	0,2	0,07	0,2	0,2
Fattore di assorbimento dermico	ABS	adim.	0,1 / 0,01(*)				
Ingestione di Suolo (SS)							
Durata di esposizione	ED	anni	24	6	24	6	25
Frequenza di esposizione	EF	giorni/anno	350	350	350	350	250
Frazione di suolo ingerita	FI	adim.	1	1	1	1	1
Tasso di ingestione di suolo	IR	mg/giorno	100	200	100	200	50

Figura 16 – Tabella 3.4-3 pag. 108 Linee Guida ISPRA ex APAT

5.4 CARATTERISTICHE DEL SITO

Nella seguente tabella si riportano in sintesi i dati di input descriventi le caratteristiche del sito, secondo l'ordine di inserimento richiesto dal software; nei paragrafi successivi vengono illustrati i criteri secondo i quali sono stati determinati i valori.

GEOMETRIA SORGENTI – FALDA		U.M.	E1
L _{GW}	Soggiacenza della falda	m	1,45
δ _{air}	Altezza della zona di miscelazione	m	2
W'	Estensione della sorgente nella direzione principale del vento	m	38
ZONA INSATURA – TESSITURA		U.M.	E1
TESSITURA RAPPRESENTATIVA			SILT LOAM
θ _e	Porosità efficace del terreno in zona insatura	adim.	0,383
θ _w	Contenuto volumetrico di acqua	adim.	0,255
θ _a	Contenuto volumetrico di aria	adim.	0,128
θ _{wcap}	Contenuto volumetrico di acqua nella frangia capillare	adim.	0,297

θ_{acap}	Contenuto volumetrico di aria nella frangia capillare	adim.	0,086
h_{cap}	Spessore frangia capillare	m	0,682
h_{cr}	Carico idraulico critico (potenziale di matrice)	m	-0,3621
$K_{sat,S}$	Conducibilità idraulica del terreno insaturo	m/s	1,25E-06
H_W	Battente idrico in superficie	adim	0,25
ZONA INSATURA – CARATTERISTICHE		U.M.	E1
ρ_s	Densità del suolo	g/cm ³	1,7
pH	pH	adim.	6,8
S_r	Frazione residua dei pori nel suolo (per calcolo Cres)	m	0,04
h_v	Spessore della zona insatura	m	0,768
AMBIENTE OUTDOOR – DATI METEO		U.M.	E1
U_{air}	Velocità del vento	m/s	0,82

Tabella 9 – Dati input ADR. In arancio sono indicati i valori di default o calcolati dal software

5.4.1 GEOMETRIA SORGENTE

L_{GW} – Soggiacenza della falda

Il valore attribuito al parametro risulta pari a **1,45 m** e rappresenta il minimo storicamente misurato presso la rete di controllo interna al sito.

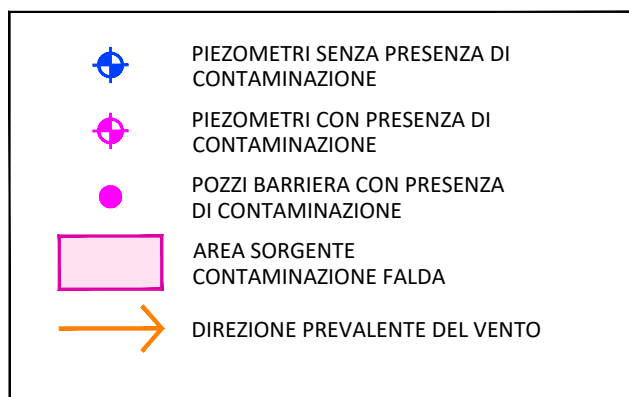
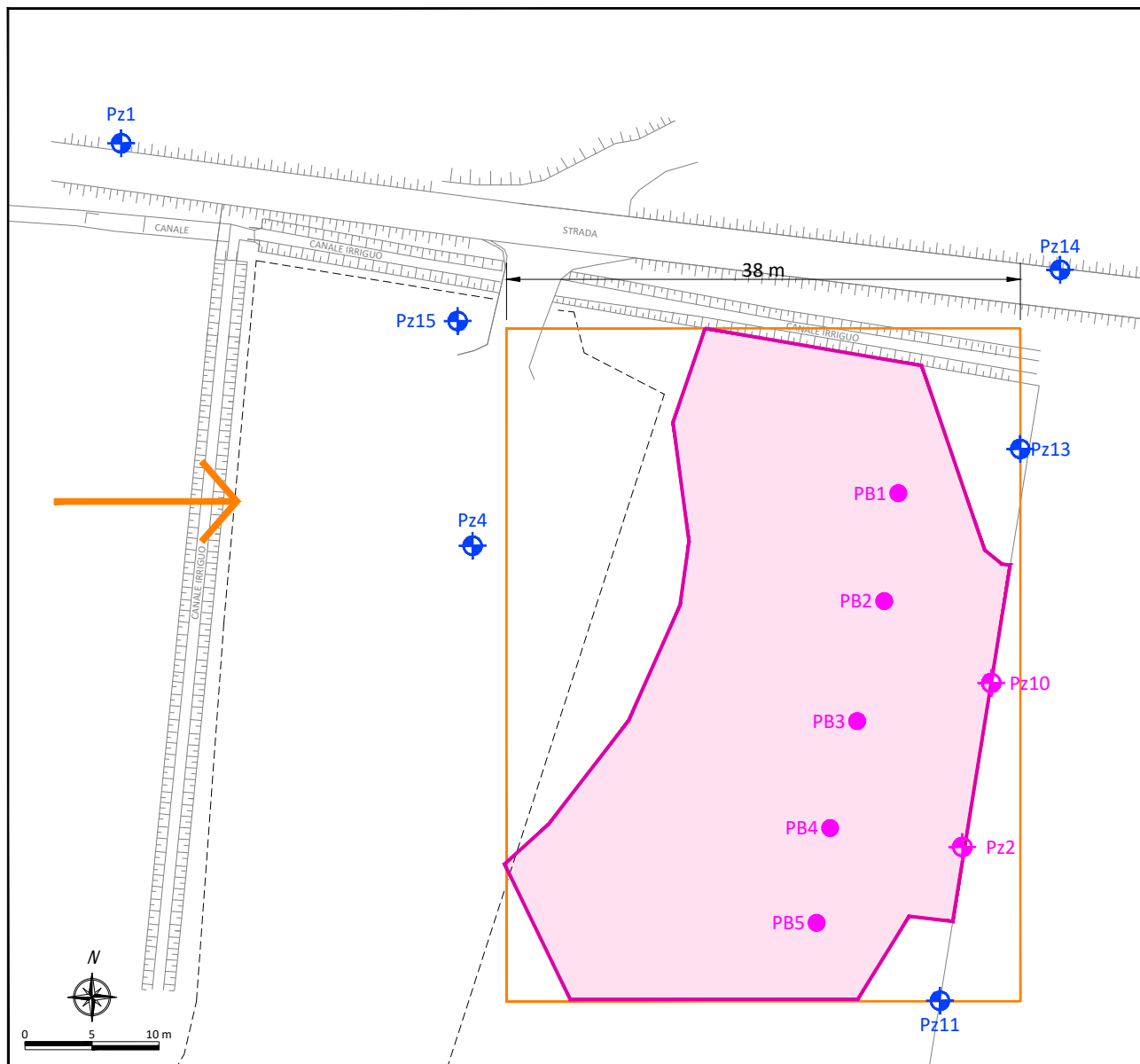
δ_{air} – Altezza zona miscelazione

Il valore attribuito al parametro è pari a **2 m**, valore di default indicato nelle Linee Guida.

W' – Estensione sorgente nella direzione principale del vento

Il valore attribuito al parametro è pari a **38 m**, considerando la sorgente definita secondo i criteri definiti in precedenza e secondo quanto risultante dalla Tavola 4.

La direzione del vento prevalente è stata determinata attraverso l'elaborazione dei dati meteo della stazione ARPA Lombardia di Vigevano n. 6717, ubicata in contesto geografico analogo a quello in esame, e risulta essere orientata W-E, come da diagramma anemologico di seguito riportato.



Committente:		
SARPOM - Raffineria di Treccate -		
Titolo:		
Contaminazione area Oleodotto SARPOM DN 8" Treccate Savona Vado Ligure in Comune di Gravellona Lomellina - Loc. Salto Crocetta ANALISI DI RISCHIO FALDA REPORT ANDAMENTO BONIFICA B16/020/17		
Descrizione:		
ESTENSIONE SORGENTE DIREZIONE VENTO PREVALENTE		
Tav n.:	Scala:	Data:
4	Grafica	Ottobre 2023
Emesso:	Verificato:	Approvato:
M.Magri	L.Quarto	M.Carmine
TECNOLOGIE DI BONIFICA E MONITORAGGIO Sede Operativa: Via Segrino, 6 - 20098 Sesto Utl. di S. Giuliano Mil.se (MI) Tel. 02/9880762 Fax 02/98281628 Uffici di Progettazione: Corte degli Arrotini, 1 - 28100 NOVARA Tel. 0321/499488 Fax 0321/520037		

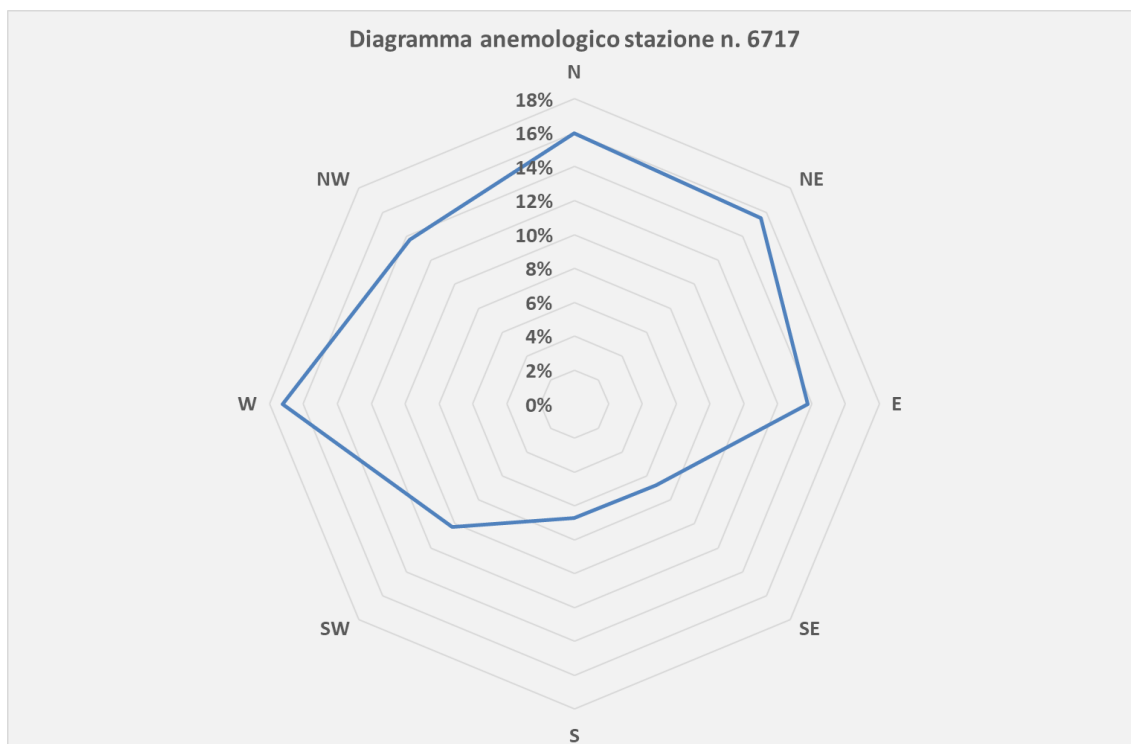


Figura 17 – Diagramma anemologico stazione meteo n. 6717 Vigevano (PV)

5.4.2 ZONA INSATURA – TESSITURA

Tessitura rappresentativa

La tessitura rappresentativa attribuita all'insaturo è stata determinata su base sito specifica e risulta essere pari a **Silt Loam**, come già indicato nell'analisi di rischio approvata nell'ambito del procedimento di bonifica.

I parametri correlati alla tessitura determinata sono pari ai valori di default di cui alle Linee Guida ISPRA ex APAT.

5.4.3 ZONA INSATURA – CARATTERISTICHE

pH

Il valore attribuito al parametro è **6,8**, pari al valore di default indicato nelle Linee Guida.

h_v – Spessore zona insatura

Il valore attribuito a tale parametro è calcolato direttamente dal software sulla base di parametri precedentemente definiti; il software indica un valore pari a **0,768 m**.

5.4.4 AMBIENTE OUTDOOR – DATI METEO

U_{air} – Velocità del vento

La velocità del vento è stata determinata elaborando i dati misurati dalla stazione ARPA n. 6729 di Vigevano, riferiti alla quota altimetrica di 10 mt (Allegato 3) e ubicata in un contesto geografico assimilabile a quello in esame; i dati orari misurati sono stati elaborati al fine di ricavare i valori medi su base annua, selezionando il minimo tra i valori calcolati, rappresentativo delle condizioni di maggiore cautela.

Il valore ottenuto, pari a **1,05 m/s** è stato inserito nel software il quale, sulla base delle caratteristiche dell'area (grado di urbanizzazione e classe di stabilità atmosferica), attraverso le equazioni di cui alle Linee Guida ISPRA ex APAT di pagina 74, riporta il valore alla quota di 2 mt da piano campagna; considerata una classe di stabilità di tipo "D" e una rugosità superficiale tipica di un suolo rurale, tale valore risulta pari a **0,82 m/s**.

6. RISULTATI

Il file relativo all'elaborazione in formato editabile e il relativo report sono riportati rispettivamente in Allegato 4 e 5; nei seguenti paragrafi vengono riportati in sintesi tabellare e illustrati i risultati ottenuti.

Rischio dalla Falda			
Contaminante	CRS	R (HH)	HI (HH)
	µg/L	-	-
<i>Alifatici C5-C8</i>	7.008	-	1,74E-01
<i>Alifatici C9-C12</i>	11.027	-	3,07E-01
<i>Alifatici C13-C18</i>	149	-	4,14E-03
<i>Alifatici C19-C36</i>	227	-	4,83E-03
<i>Aromatici C9-C10</i>	1.613	-	1,75E-03
<i>Aromatici C11-C12</i>	268	-	2,81E-05
<i>Aromatici C13-C22</i>	309	-	1,62E-05
<i>Benzene</i>	382	2,55E-08	3,05E-04
<i>Etilbenzene</i>	498	1,15E-08	1,29E-05
<i>Toluene</i>	4.700	-	2,33E-05
<i>p-Xilene</i>	3.080	-	6,97E-04
<i>o-Xilene</i>	1.240	-	2,15E-04
Cumulato Outdoor (On-site)		3,70E-08	4,93E-01
Soglia accettabilità individuale		1,00E-06	1,00E+00
Soglia accettabilità cumulata		1,00E-05	1,00E+00
GIUDIZIO		ACCETTABILE	ACCETTABILE

Tabella 10 – Risultati analisi di rischio

I risultati riportati nella tabella sopra indicano quanto segue:

- I rischi di tipo cancerogeno individuali R_i , calcolati per Benzene ed Etilbenzene, risultano accettabili in quanto entrambi inferiori alla soglia di $1,00E-06$;
- Anche in termini cumulati i rischi di tipo cancerogeno R_{TOT} , dati dal contributo dei due contaminanti sopra indicati, sono accettabili in quanto inferiori alla soglia di $1,00E-05$;
- I rischi di tipo sanitario individuali HI_i risultano accettabili per tutti i contaminanti in quanto inferiori alla soglia di accettabilità di 1;
- Anche in termini cumulati i rischi sanitari risultano accettabili in quanto il valore HI_{TOT} non eccede il limite di 1.

Per quanto osservabile, pertanto, il quadro analitico della falda sottostante il sito risulta tale da non comportare rischi per i fruitori dello stesso (lavoratori agricoli) e, pertanto, non pone controindicazioni alla restituzione dell'area agli usi legittimi.

7. CONCLUSIONI RELATIVE ALL'ANALISI DI RISCHIO

Il presente studio relativo al sito di Gravellona Lomellina è stato redatto su incarico di SARPOM S.r.l. a riscontro della richiesta ARPA pervenuta a mezzo PEC in data 5 giugno 2023, per il proseguimento dell'iter relativo alla conclusione del procedimento di bonifica dell'insaturo.

A tale proposito è stata redatta e trasmessa la relazione di fine lavori finalizzata al rilascio della relazione istruttoria da parte di ARPA, propedeutica alla presentazione dell'istanza di rilascio della Certificazione provinciale di Fine Bonifica.

Nell'ambito del presente documento, per gli scopi previsti, è stato fornito un aggiornamento del quadro analitico che caratterizza la qualità delle acque sotterranee soggiacenti il sito, alla luce dell'avanzamento degli interventi sinora condotti.

Per quanto osservabile e più dettagliatamente descritto nei precedenti capitoli, l'area affetta da contaminazione in falda risulta per lo più sottesa, in via cautelativa alla zona oggetto di bonifica dell'insaturo, sino alla barriera idraulica, sia pure con valori di concentrazione dei contaminanti ben lontani rispetto a quelli che si registravano prima del completamento degli interventi di bonifica del terreno.

Solo in due punti ubicati a valle della barriera, PZ2 e PZ10, il quadro analitico, in progressivo miglioramento, indica ancora situazioni di eccedenza rispetto ai limiti per alcuni contaminanti, indicando pertanto la necessità di prosecuzione degli interventi.

In questo quadro, considerato che l'intervento di bonifica del terreno si è concluso nel mese di luglio 2022, sulla base dei dati ad oggi disponibili, è stata elaborata l'analisi di rischio in modalità diretta, per la verifica di potenziali rischi da inalazione dei vapori dalla falda da parte dei fruitori dell'area che, per destinazione d'uso, sono lavoratori agricoli.

L'elaborazione è stata condotta mutuando e aggiornando, ove necessario, i dati di input già oggetto di valutazione e approvazione dell'ambito dell'AdR presentata in seno al procedimento di bonifica; sono stati aggiornati i dati relativi alle concentrazioni di contaminati in falda, alla luce del dataset acquisito dopo la conclusione della bonifica dell'insaturo.

I risultati dello studio hanno evidenziato la piena accettabilità dei rischi da inalazione vapori provenienti dalla falda, indicando pertanto l'assenza di potenziali limiti e / o vincoli alla restituzione delle aree agli usi legittimi.

Per quanto attiene la prosecuzione degli interventi di bonifica a carico della matrice falda, posto quanto già discusso in merito al quadro analitico della falda, si rende necessaria un aggiornamento del piano temporale degli interventi, meglio discussa nel seguente capitolo; in tale sede si ritiene opportuno proporre anche una rimodulazione del piano di monitoraggio e controllo delle acque sotterranee in aderenza alla situazione che si è ormai consolidata dall'avvio degli interventi.

8. PROPOSTA PROSECUZIONE INTERVENTI

In relazione ai risultati delle attività di monitoraggio sin qui svolte, descritte nei precedenti capitoli, tenuto conto dello stato di consolidata stabilità del quadro analitico conseguito presso alcuni dei presidi di monitoraggio si ritiene opportuno formulare una proposta tecnica di prosecuzione degli interventi attualmente in corso per la bonifica della falda, a parziale variazione di quanto previsto nel progetto approvato; in particolare, la proposta di seguito illustrata avrà per oggetto:

- Rimodulazione del cronoprogramma degli interventi e prosecuzione della fase di Pump & Treat, alla luce della non raggiunta condizione di spegnimento dei pozzi barriera;
- Posticipo della fase di valutazione per la realizzazione dell'intervento opzionale mediante Petrofix™, subordinato alla presentazione di un documento di variante da sottoporre a valutazione degli enti;
- Rimodulazione del piano di monitoraggio delle acque sotterranee.

8.1 RIMODULAZIONE CRONOPROGRAMMA

In relazione al fatto che, ad oggi, non risulta raggiunta la condizione di spegnimento dei pozzi di sbarramento idraulico, anche in relazione alla maggiore durata – rispetto al previsto – dell'intervento di bonifica dell'insaturo, si ritiene necessario prolungare la fase di intervento mediante impianto P&T fino al dicembre 2025; si riporta di seguito il diagramma di Gantt già presentato nel Progetto Operativo di Bonifica approvato, con le modifiche proposte.

Secondo quanto indicato, il termine degli interventi P&T potrà essere raggiunto entro il dicembre 2025 e, qualora verificate le condizioni di rispetto degli obiettivi di bonifica per 3 campagne di monitoraggio consecutive, potrà essere previsto lo spegnimento dei pozzi barriera.

A partire da tale termine potranno essere programmati i monitoraggi previsti ad impianto spento che dovranno risultare conformi per 4 campagne trimestrali, come previsto dal parere ARPA al progetto di bonifica approvato; infine, come previsto nello stesso contributo, per poter accertare la conclusione positiva degli interventi, dovranno essere eseguite 3 campagne di monitoraggio consecutive trimestrali conformi che, secondo il cronoprogramma proposto, potranno avere luogo a partire dal gennaio 2027.

Anno	2023			2024 - 2025												2026												2027												
Mese	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set				
Bonifica falda - Pump & Treat																																								
Bonifica mediante P&T																																								
Sostituzione carboni attivi esauriti e smaltimento (ipotesi frequenza annuale)																																								
Spegnimento impianto P&T per raggiunte condizioni																																								
Monitoraggio bonifica falda																																								
Monitoraggio P&T, rilievo soggiacenze																																								
Monitoraggio falda mensile (PZ2-PZ10)																																								
Monitoraggio falda completo (PZ2-PZ4-PZ8-PZ10-PZ11-PZ13-PZ14-PZ15-PB1÷PB5)																																								
Monitoraggio post spegnimento impianto																																								
Collaudo bonifica falda																																								
Campagne monitoraggio collaudo in contraddittorio																																								
Reportistica																																								
Report annuale																																								
Certificazione interventi																																								
Relazione fine lavori e richiesta certificazione ex art. 248 - Falda																																								

Figura 18 – Diagramma di Gantt aggiornato

Nelle more del raggiungimento delle condizioni atte a confermare la conclusione degli interventi verranno redatti e inviati agli enti report annuali descrittivi l'andamento della bonifica.

Il termine ultimo per la conclusione del procedimento relativo alla bonifica della falda, comprensivo della produzione della Relazione di Fine Lavori è previsto per il settembre 2027.

Come previsto dal progetto di bonifica approvato in funzione degli andamenti degli interventi potrà essere valutata la possibilità di una variante per la realizzazione della fase opzionale prevista nell'elaborato approvato, attraverso tecnologie di adsorbimento e biodegradazione potenziata.

In ultimo, come indicato nel cronoprogramma, per quanto attiene al monitoraggio degli interventi, sulla base dei dati sin qui acquisiti, nel capitolo seguente viene descritta la proposta di rimodulazione del piano di monitoraggio che tiene conto delle condizioni stabilmente raggiunte presso alcuni dei presidi facenti parte della rete di monitoraggio.

8.2 RIMODULAZIONE PIANO DI MONITORAGGIO

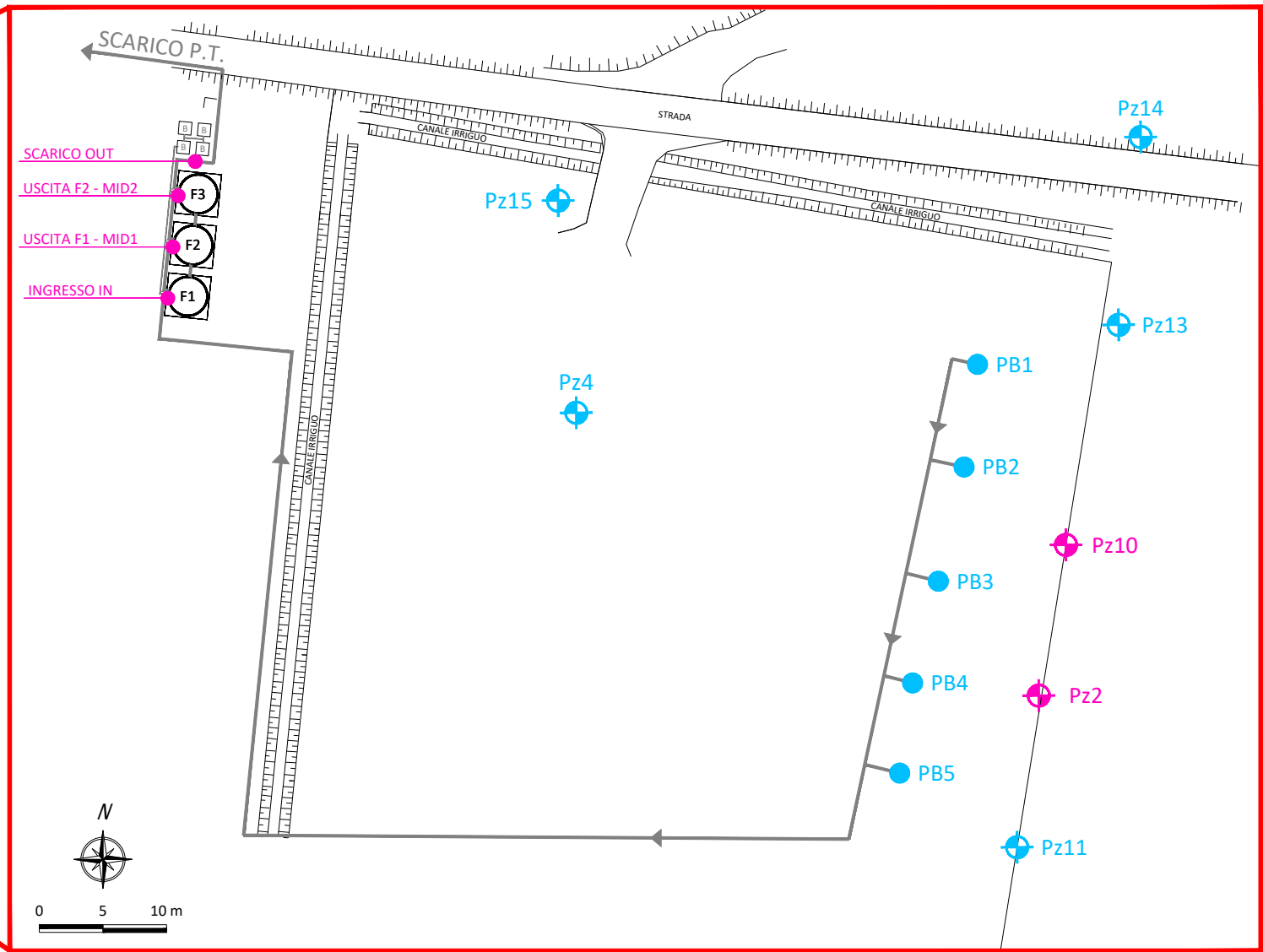
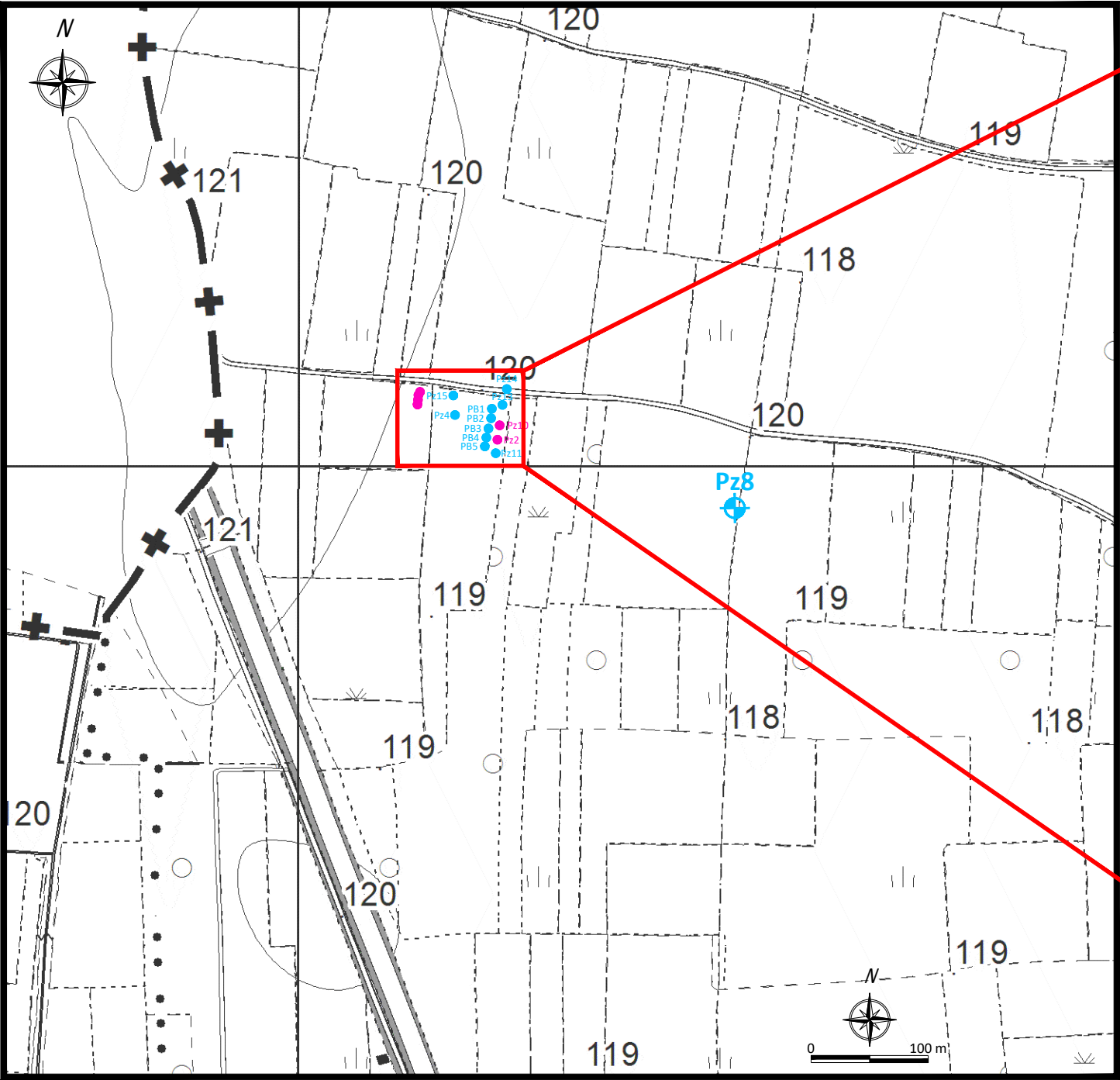
In relazione al quadro analitico che caratterizza la falda in funzione degli esiti dei monitoraggi sin qui condotti si ritiene opportuno proporre una rimodulazione del piano di monitoraggio della bonifica che tenga conto di quanto segue (§ Tavola 5):

- Accertata assenza di contaminazione dal maggio 2017 presso i piezometri PZ1, PZ3, PZ5;
- Accertata assenza di contaminazione dal gennaio 2019 presso i piezometri PZ6, PZ7, PZ9;
- Accertata assenza di contaminazione presso i piezometri valle barriera PZ11, PZ13, PZ14.

In funzione delle evidenze sopra indicate si propone di articolare il piano di monitoraggio come di seguito esposto:

- Monitoraggio mensile dell'impianto P&T come sinora svolto;
- Monitoraggio mensile delle acque di falda presso i piezometri PZ2, PZ10, come sinora svolto;
- Monitoraggio trimestrale delle acque di falda presso i pozzi barriera PB1÷PB5, presso i piezometri del monitoraggio mensile sopra elencati, i piezometri interni PZ4 e PZ15, presso i piezometri di valle barriera PZ11, PZ13, PZ14 e presso il piezometro esterno sito

STRALCIO C.T.R. REGIONE LOMBARDIA SEZIONE A6C5
scala 1:5.000



-  PUNTI DI PRELIEVO - FREQUENZA CAMPIONAMENTO MENSILE
-  PIEZOMETRI/POZZI - FREQUENZA CAMPIONAMENTO TRIMESTRALE

Committente: SARPOM - Raffineria di Treocate -		
Titolo: Contaminazione area Oleodotto SARPOM DN 8" Trecate Savona Vado Ligure in Comune di Gravellona Lomellina - Loc. Salto Crocetta ANALISI DI RISCHIO FALDA REPORT ANDAMENTO BONIFICA B16/020/17		
Descrizione: PROPOSTA AGGIORNAMENTO PIANO DI MONITORAGGIO		
Tav n.: 5	Scala: Varie	Data: Ottobre 2023
Emesso: M.Magri	Verificato: L.Quarto	Approvato: M.Carmine
 TECNOLOGIE DI BONIFICA E MONITORAGGIO Sede Operativa: Via Segrino, 6 - 20098 Sesto Utl. di S. Giuliano Mil.se (MI) Tel. 02/9880762 Fax 02/98281628 Uffici di Progettazione: Corte degli Arrotini, 1 - 28100 NOVARA Tel. 0321/499488 Fax 0321/520037		

PZ8, quest'ultimo per ulteriori 4 campagne. Qualora le 4 campagne confermassero l'assenza di contaminazione presso tale presidio, si propone di interromperne il monitoraggio.

In ragione di quanto sopra esposto si propone di interrompere il monitoraggio dei piezometri PZ1, PZ3, PZ5, PZ6, PZ7 e PZ9 ovvero di impiegarli solo quali presidi per il rilievo delle soggiacenze della falda; si ritiene infine che, stante lo stato qualitativo presso PZ8, ormai stabilmente conforme da oltre 2 anni, venga meno la necessità di realizzare il piezometro PZ12 che, da progetto, a recepimento di una precedente richiesta nel parere ARPA, avrebbe dovuto essere realizzato in area posta a valle di tale presidio.

L'eventuale realizzazione di tale ulteriore piezometro potrà tuttavia essere riconsiderata in funzione dell'andamento dei risultati del monitoraggio presso il PZ8, qualora gli esiti delle 4 prossime campagne di monitoraggi previste mostrassero un eventuale nuovo interessamento da contaminazione di tale presidio.

Per quanto attiene alle modalità di comunicazione, trasmissione dati, protocolli di prelievo e metodiche d'analisi si conferma il mantenimento delle modalità attualmente in essere.

Nella seguente tabella viene fornito riepilogo della proposta di rimodulazione del Piano di Monitoraggio seguendo quanto descritto nei paragrafi precedenti.

PUNTI	FREQUENZA MONITORAGGIO
IMPIANTO P&T (Ingresso, Uscite singoli filtri, Scarico)	Mensile
Piezometri area bonifica insaturo PZ4-PZ15	Trimestrale
Pozzi barriera PB1÷PB5	Trimestrale
Piezometri valle barriera PZ2-PZ10	Mensile
Piezometri valle barriera PZ11-PZ13-PZ14	Trimestrale
Piezometro valle sito PZ8	Trimestrale 2024. In caso di assenza di contaminazione di propone interruzione

Tabella 11 – Sintesi proposta rimodulazione piano di monitoraggio