



- Raffineria di Trecate -

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

PROGETTO OPERATIVO DI BONIFICA

D. Lgs. 152/06

Luglio 2021



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. 07

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 Treocate -

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

PROGETTO OPERATIVO DI BONIFICA

D. Lgs. 152/06

RELAZIONE				N. Elaborato	
				B16/020/06	
				Scala:	
				-	
					
Emissione:	Revisione:		Emesso:	Verificato:	Approvato:
23 luglio 2021	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. 07

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: B16/020/06 POB

INDICE

1.	PREMESSA	4
2.	OBIETTIVI DI BONIFICA	6
3.	INTERVENTI MISE ACQUE SOTTERRANEE	8
3.1	INTERVENTI DI MANUTENZIONE.....	10
4.	MODELLO CONCETTUALE DEFINITIVO.....	11
4.1	SORGENTI DI CONTAMINAZIONE.....	11
4.1.1	AREE E VOLUMI TERRENO CONTAMINATO.....	12
4.1.2	ACQUE SOTTERRANEE ON SITE.....	12
4.1.1.1	ZONA MANOMISSIONE – MONTE BARRIERA IDRAULICA	13
4.1.1.2	BARRIERA IDRAULICA	14
4.1.1.3	VALLE BARRIERA – POC	18
4.1.3	ACQUE SOTTERRANEE OFF SITE	19
5.	BONIFICA TERRENO INSATURO – SCAVO E SMALTIMENTO OFF SITE	21
5.1	CRITICITÀ PROGETTUALI.....	21
5.2	FASI OPERATIVE.....	22
5.2.1	CAMPIONAMENTO TERRENO PER ANALISI OMOLOGA.....	23
5.2.2	NUOVA BARRIERA IDRAULICA	24
5.2.3	ACCANTIERAMENTO INTERVENTO SCAVO	25
5.2.4	INTERVENTO DI BONIFICA	25
5.2.4.1	SCAVO E ACCANTONAMENTO TEMPORANEO TERRENO NON CONTAMINATO	26
5.2.4.1	RIMOZIONE TRATTO OLEODOTTO DISMESSO	26
5.2.4.2	SCAVO E AVVIO A DESTINO TERRENO CONTAMINATO.....	27
5.2.5	RITOMBAMENTO SCAVI E RIPRISTINI	27
6.	COLLAUDO BONIFICA TERRENO INSATURO	29
6.1	PROCEDURE DI CAMPIONAMENTO	29
6.2	SET ANALITICO	31
7.	BONIFICA DEL SATURO E DELLE ACQUE SOTTERRANEE	32

7.1	FASI OPERATIVE.....	33
7.2	PUMP & TREAT	33
7.2.1	POZZI BARRIERA.....	34
7.2.2	IMPIANTI DI EMUNGIMENTO ACQUE	34
7.2.3	IMPIANTO TRATTAMENTO ACQUE	35
7.2.4	GESTIONE IMPIANTO TRATTAMENTO	36
7.2.5	PIEZOMETRIA DINAMICA	36
7.2.6	INTEGRAZIONE RETE PIEZOMETRICA.....	40
7.3	ADSORBIMENTO E BIODEGRADAZIONE POTENZIATA AREA SCAVO	41
7.3.1	DIMENSIONAMENTO INTERVENTI	42
7.3.2	MODALITÀ SOMMINISTRAZIONE	43
7.4	FASE OPZIONALE – ADSORBIMENTO E BIODEGRADAZIONE POTENZIATA MONTE POC.....	44
7.4.1	DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE DEGLI INTERVENTI	44
7.4.2	MODALITÀ SOMMINISTRAZIONE	44
8.	COLLAUDO BONIFICA ACQUE SOTTERRANEE	45
9.	MONITORAGGIO INTERVENTI BONIFICA	46
9.1	PROCEDURE CAMPIONAMENTO E SET ANALITICO.....	46
9.1.1	PUMP & TREAT.....	46
9.1.2	ACQUE SOTTERRANEE	47
10.	MODALITÀ COMUNICAZIONE E TRASMISSIONE DATI	49
11.	PIANO TEMPORALE DEGLI INTERVENTI.....	50
12.	COMPUTO METRICO ESTIMATIVO INTERVENTI	53

ELENCO ELABORATI

B16/020/06	RELAZIONE
B16/020/07	DIFFUSIONE CONTAMINAZIONE
B16/020/08	INTERVENTI BONIFICA TERRENO INSATURO
B16/020/09	INTERVENTI PUMP & TREAT
B16/020/10	RETE MONITORAGGIO FALDA – PUMP&TREAT

ELENCO TAVOLE

TAVOLA 1 SCHEMA INIEZIONI FASE OPZIONALE

ELENCO ALLEGATI

ALLEGATO 1 RAPPORTI DI PROVA MONITORAGGIO P&T 16/9/19 – 25/5/21
ALLEGATO 2 RAPPORTI DI PROVA MONITORAGGIO FALDA 21/5/19 – 25/5/21
ALLEGATO 3 RAPPORTI DI PROVA CARATTERIZZAZIONE-ELUATO TEST DI CESSIONE CER 170504
ALLEGATO 4 SCHEDE TECNICHE PRODOTTI REGENESIS

1. PREMESSA

Il presente documento, redatto su incarico di **SARPOM S.r.l.** costituisce il Progetto Operativo di Bonifica ai sensi del D.Lgs. 152/06, relativamente al sito di Gravellona Lomellina (PV), Località Salto Crocetta, risultato contaminato a seguito di due tentativi di effrazione sull'Oleodotto DN 8" Trecate Savona Vado Ligure, denominati "Manomissione n. 1" e "Manomissione n. 2".

Le varie campagne di indagine che hanno interessato il sito hanno permesso di circoscrivere la contaminazione prodotta dai tentativi di effrazione alla sola zona della "Manomissione 1" mentre per quanto attiene la zona della "Manomissione 2" non sono state rilevate situazioni di non conformità nelle matrici ambientali.

In relazione alla contaminazione riscontrata in falda a valle del punto "Manomissione 1" è stato realizzato un impianto di MISE, basato su tecnologia Pump & Treat, che risulta attivo dal settembre 2019.

L'elaborato in oggetto segue il documento di Analisi di Rischio sito specifica (Elaborati B16/020/04 e B16/020/05) approvato dal Comune di Gravellona Lomellina con Determinazione del Responsabile del Servizio Tecnico n. 40 del 4/12/2020, attraverso il quale sono state determinate le Concentrazioni Soglia di Rischio, da raggiungere per la bonifica del sito e delle matrici ambientali risultate contaminate.

Considerato il quadro ambientale che caratterizza l'area in esame, come descritto nel presente elaborato, la bonifica dell'insaturo verrà realizzata attraverso un intervento di scavo e conferimento presso impianto off site del terreno contaminato mentre, per la bonifica del terreno saturo e per la falda, si prevede un intervento mediante tecnologia in situ basata sui principi dell'adsorbimento e della biodegradazione potenziata.

In ragione dell'interferenza e dei rischi legati alla presenza dell'Oleodotto in esercizio durante l'esecuzione dei lavori di bonifica sono state avviate le necessarie verifiche, di natura amministrativa e tecnico-operativa, per valutare la possibilità di deviare la linea al di fuori dell'area di intervento, ritenendo tale scelta necessaria per consentire di operare nelle condizioni di maggiore sicurezza possibile per gli operatori, oltre che nelle migliori condizioni per garantire l'efficacia degli interventi.

Dalle verifiche di fattibilità effettuate è stata constatata la possibilità di realizzare una variante del tracciato dell'Oleodotto, in zona esterna all'area di intervento, con conseguente dismissione del tratto interferente con i lavori di bonifica.

I lavori di realizzazione della variante, che non sono oggetto del presente elaborato, verranno avviati e conclusi prima dell'avvio degli interventi di bonifica del sito i quali, per le peculiarità dell'area e per garantirne la massima efficacia, dovranno avviati all'inizio del 2022 e concludersi, per quanto attiene il terreno insaturo, entro il termine della stessa stagione invernale.

Nel presente elaborato viene infine dato riscontro alle prescrizioni assegnate dagli enti nell'ambito della Conferenza dei Servizi che ha approvato l'Analisi di rischio e vengono forniti in allegato i rapporti di prova della attività di monitoraggio mensili condotte a partire dal febbraio 2019, non oggetto di precedente trasmissione, che hanno interessato i piezometri PZ2 e PZ4, oltre all'impianto P&T.

2. OBIETTIVI DI BONIFICA

L'Analisi di Rischio sito specifica ha permesso di determinare i seguenti obiettivi di bonifica:

PARAMETRO	CSR SS (mg/Kg ss)
Idrocarburi C>12	7.320

Tabella 1 – CSR Suolo superficiale

PARAMETRO	CSR SP (mg/Kg ss)
Idrocarburi C<12	19
Idrocarburi C>12	249
Benzene	0,1
Etilbenzene	0,5
Stirene	0,5
Toluene	0,5
Xilene (e suoi isomeri)	0,5
MtBE	10

Tabella 2 – CSR Suolo profondo

PARAMETRO	CSR FALDA (µg/L) - POC
Idrocarburi totali come n-Esano	350
Benzene	1
Etilbenzene	50
Stirene	25
Toluene	15
Xilene (e suoi isomeri)	10
MtBE	40

Tabella 3 – CSR Acque sotterranee

Come meglio dettagliato nell'analisi di rischio e nelle relative integrazioni, il confronto tra gli obiettivi di bonifica e le concentrazioni nelle sorgenti individuate ha permesso di concludere come segue:

- Il suolo superficiale risulta non contaminato e non necessita di interventi di bonifica;
- Il suolo profondo e le acque sotterranee risultano contaminati e necessitano di interventi di bonifica, atti a ridurre le concentrazioni entro gli obiettivi approvati.

Le aree che dovranno essere oggetto di bonifica sono rappresentate graficamente nell'Elaborato B16/020/07.

Riguardo alle acque sotterranee gli obiettivi di bonifica approvati, pari alle CSC di cui all'Allegato 5 Titolo V Parte Quarta Tabella 2 del D.Lgs. 152/06, dovranno essere raggiunti al punto di conformità, ovvero al confine di proprietà, in corrispondenza del piezometro PZ2.

Infine, come meglio specificato nel capitolo seguente, presso il sito è attivo un intervento di Messa in Sicurezza d'Emergenza che prevede l'emungimento delle acque contaminate attraverso una barriera idraulica a tale scopo realizzata; le acque emunte vengono in seguito trattate in un impianto costituito da filtri a carboni attivi e, successivamente, vengono recapitate in corpo idrico superficiale (Cavo Distretto Autonomo Gravellona) in forza di concessione del Consorzio Irriguo Est Sesia n. 4733 e di autorizzazione n. 43/2018-AQ rilasciata dalla Provincia di Pavia.

3. INTERVENTI MISE ACQUE SOTTERRANEE

Come indicato in precedenza, presso il sito è attivo un sistema di Messa in Sicurezza d’Emergenza per il contenimento della contaminazione in falda, basato su un impianto Pump&Treat; l’impianto consiste in 4 pozzi di sbarramento idraulico, a costituzione di una barriera idraulica, la cui ubicazione è rappresentata nell’Elaborato B16/020/07.

Le acque emunte vengono trattate in un’Unità di Trattamento Acque costituita da 3 filtri a carboni attivi, collegati in serie, ciascuno della capacità di 2500 Kg; le acque trattate vengono in seguito convogliate, attraverso una tubazione di scarico realizzata allo scopo, nel corpo idrico superficiale denominato Cavo Distretto Autonomo Gravellona, su concessione idraulica rilasciata dal Consorzio Irriguo Est Sesia, per una portata massima di 6 Lt/s.

Lo scarico è stato autorizzato dalla Provincia di Pavia con propria Autorizzazione n. 43/2018-AQ, avente validità fino al settembre 2022; si prevede di presentare la richiesta di rinnovo nel mese di settembre 2021, un anno prima della scadenza del provvedimento attualmente vigente, come prescritto nello stesso atto autorizzativo.

Dall’avvio degli impianti, con frequenza mensile, viene eseguito un monitoraggio dell’efficienza degli impianti installati, mediante campionamento e analisi delle acque prelevate in corrispondenza delle seguenti sezioni dell’impianto:

- Ingresso all’unità di trattamento (INGRESSO-IN);
- Uscita dal primo filtro (USCITA F1-MID1);
- Uscita dal secondo filtro (USCITA F2-MID2);
- Uscita dal terzo filtro (SCARICO-OUT).

I campioni prelevati sono sottoposti ad analisi presso il laboratorio Labanalysis, accreditato ACCREDIA (n. 77), prevedendo la determinazione dei seguenti parametri:

- Idrocarburi totali espressi come somma delle frazioni C5-C10 e C10-C40;
- Composti Organici Aromatici.

I dati relativi ai campioni in uscita dall’unità di trattamento (SCARICO-OUT) vengono confrontati con i limiti stabiliti in autorizzazione, coincidenti con quelli previsti dalla Tabella 3 Colonna A (scarico in corpo idrico superficiale) Allegato 5 alla Parte Terza del D.Lgs. 152/06.

Nella seguente tabella viene riportato il dettaglio dei risultati delle analisi sin qui condotte sui campioni prelevati in ingresso e in uscita dall'unità di trattamento; si evidenzia che parte dei risultati sotto riportati è già stata resa disponibile agli enti in occasione della trasmissione dei dati relativi alle campagne di monitoraggio trimestrale delle acque sotterranee e dello stesso impianto.

IN-OUT	Idrocarburi totali		Solventi organici aromatici	
Limiti - mg/L	-	5	-	0,2
16/09/2019	15	0,0406 (uscita F1)	13,9	0,000322 (uscita F1)
23/09/2019	26,1	<0,029 (uscita F2)	12,8	0,017 (uscita F2)
30/09/2019	14,6	<0,029 (uscita F2)	5,7	0,0000714 (uscita F2)
07/10/2019	5,7	<0,029 (uscita F2)	2,08	0,000136 (uscita F2)
29/10/2019	7,1	<0,029	3,32	0,000111
11/11/2019	3,25	<0,029	1,34	0,0000469
26/11/2019	7,6	<0,029	3,95	0,0000613
11/12/2019	6,9	<0,029	3,33	<0,000034
28/01/2020	3,06	<0,029	1,79	<0,000042
24/02/2020	2,93	0,0332	1,04	<0,000027
28/04/2020	1,66	<0,029	0,93	0,0000422
26/05/2020	2,67	0,217	1,96	<0,000042
25/06/2020	1,89	<0,029	0,95	<0,000027
28/07/2020	5,8	0,209	2,86	0,0000355
03/09/2020	31,2	<0,028	13,8	0,000321
24/09/2020	10,6	0,0307	3,92	0,000126
28/10/2020	3,36	<0,034	1,78	<0,000042
24/11/2020	21,4	<0,034	3,77	0,0000565
22/12/2020	4,1	0,134	3,19	0,00107
26/01/2021	8,8	0,0398	4,09	<0,000024
24/02/2021	2,66	0,163	1,46	0,00029
18/03/2021	2,27	<0,034	1,01	0,000305
16/04/2021	2,44	0,146	1,2	0,0113
25/05/2021	3,7	<0,034	1,51	0,007

Tabella 4 – Risultati monitoraggio acque all'uscita dell'unità trattamento acque

I risultati indicano che la qualità delle acque immesse nel corpo idrico recettore risulta sempre conforme ai limiti previsti in autorizzazione; per quanto attiene invece la resa di abbattimento dei contaminanti, il confronto tra le concentrazioni in ingresso e quelle in uscita fornisce valori compresi tra 92% e 100% per gli idrocarburi e tra 99% e 100% per i solventi aromatici.

In allegato 1 sono riportati i rapporti di prova emessi dal laboratorio incaricato per l'esecuzione delle analisi che non sono ancora stati oggetto di trasmissione.

3.1 INTERVENTI DI MANUTENZIONE

Ai fini di mantenere efficace il presidio di MISE installato vengono eseguite alcune attività periodiche di manutenzione dei filtri a carbone attivo che consistono nell'esecuzione di interventi di controlavaggio degli stessi; le attività vengono svolte invertendo il senso di flusso dell'acqua nel filtro oggetto di intervento, inducendo un incremento della pressione all'interno, agendo sulla saracinesca di uscita, al fine di favorire la rimozione di eventuali occlusioni e di percorsi preferenziali.

Tali interventi sono stati svolti e vengono svolti in occasione di aumenti anomali della pressione in testa ai filtri o in corrispondenza di diminuzioni delle rese di abbattimento rilevate attraverso le analisi di monitoraggio mensili.

Le acque prodotte dalle attività di controlavaggio vengono raccolte attraverso una linea di collettamento appositamente installata presso i filtri che recapita in apposite cisterne installate a bordo impianto; successivamente, tali acque vengono avviate a smaltimento presso impianti autorizzati, attraverso imprese in possesso di idonee abilitazioni.

La conduzione di tali attività comporta periodicamente la necessità di interrompere l'emungimento della barriera, che viene immediatamente ripristinato a conclusione delle stesse.

4. MODELLO CONCETTUALE DEFINITIVO

In relazione alle conclusioni dell'Analisi di Rischio nel seguente capitolo viene illustrato il modello concettuale definitivo del sito, in funzione degli interventi di bonifica che si renderanno necessari per la riduzione delle concentrazioni dei contaminanti al di sotto dei valori obiettivo definiti dalle CSR.

4.1 SORGENTI DI CONTAMINAZIONE

Come indicato nei precedenti capitoli, le sorgenti di contaminazione – ovvero le matrici ambientali – relativamente alle quali risulta necessario prevedere un intervento di bonifica risultano essere:

- Suolo profondo insaturo, tra la profondità di -1 mt da piano campagna e la frangia capillare;
- Acque sotterranee, nella porzione di sito sottesa al terreno insaturo contaminato e a valle del punto di manomissione n.1.

Per quanto attiene lo spessore di suolo profondo insaturo da considerarsi contaminato ai fini degli interventi previsti dal presente elaborato progettuale, viene preso in considerazione l'andamento delle soggiacenze misurate presso il sito in esame a partire dal 2017.

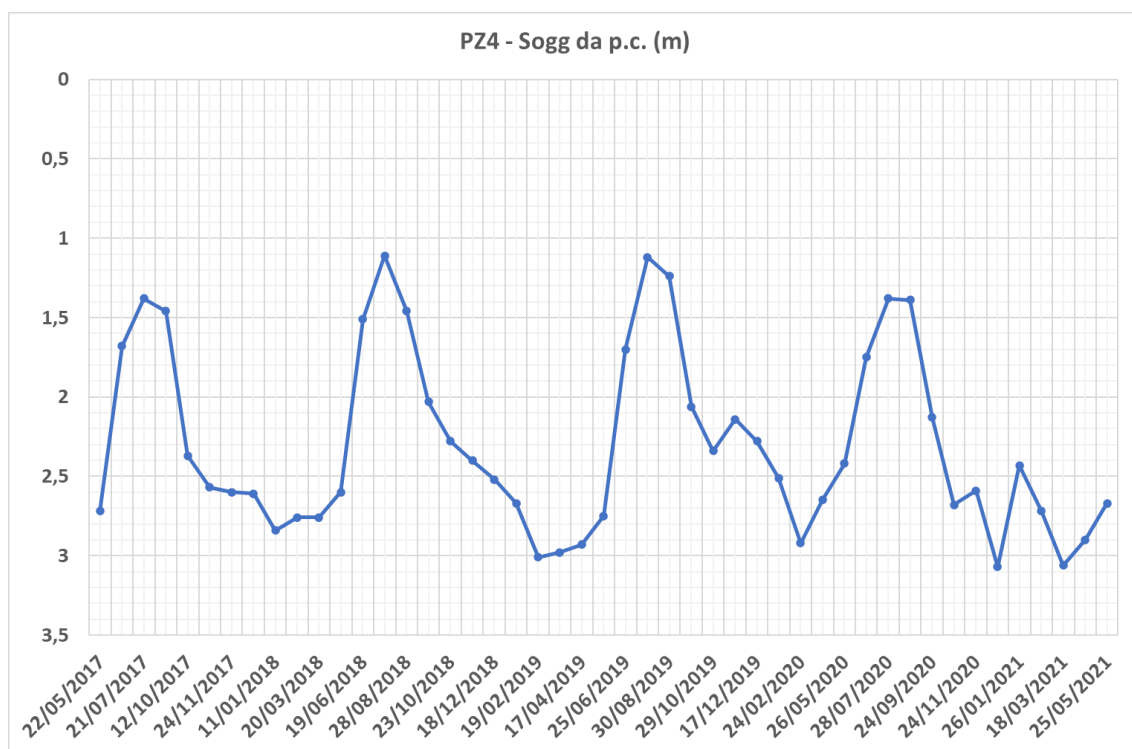


Figura 1 – Andamento soggiacenze PZ4. Misure riferite a piano campagna.

Nello specifico, lo storico più consistente è relativo al piezometro PZ4, interno alla zona di intervento, relativamente al quale nella precedente figura è mostrato il grafico dell'andamento dei livelli misurati, riferiti al piano campagna; come si evince, i valori massimi di soggiacenza sono riferiti ai periodi invernali (dicembre – febbraio) e risultano dell'ordine di $2,7 \div 3$ mt.

In ragione dei risultati dell'analisi di rischio il suolo superficiale compreso tra piano campagna e -1 mt di profondità risulta non contaminato e, pertanto verrà gestito come tale nell'ambito degli interventi previsti.

4.1.1 AREE E VOLUMI TERRENO CONTAMINATO

Nell'Elaborato B16/020/07 è rappresentata graficamente l'area in corrispondenza della quale sono stati riscontrati superamenti degli obiettivi di bonifica unitamente alle sezioni rappresentative della diffusione della contaminazione; la perimetrazione dell'area contaminata è stata effettuata in base al criterio dei poligoni di Thiessen-Voronoi, considerando contaminati i poligoni relativi a punti caratterizzati da superamenti delle CSR.

In ragione dei criteri di delimitazione adottati la superficie dell'area caratterizzata da terreno insaturo contaminato risulta avere estensione pari a circa 990 mq; per quanto attiene lo spessore di terreno insaturo contaminato oggetto di intervento di bonifica, come illustrato nelle sezioni e con riferimento al valore di massima soggiacenza in PZ4, questi risulta essere compreso tra 1 mt (zone più distanti dal punto di manomissione) e 1,7-2 mt (in prossimità del punto di manomissione).

Il volume complessivo di terreno insaturo contaminato risulta pertanto essere pari a circa $1.300 \div 1.700$ mc ovvero, considerando un peso specifico compreso tra 1,8 e 2 ton/mc, un quantitativo compreso tra 2.350 e 3.400 ton, stimato in 3.000 ton.

4.1.2 ACQUE SOTTERRANEE ON SITE

La superficie interessata da contaminazione delle acque sotterranee può essere considerata come la somma di due componenti:

- Una componente rappresentata dalla falda contaminata sottesa al terreno insaturo contaminato;

- Una componente rappresentata dal pennacchio di contaminazione sotteso a terreno insaturo non contaminato.

Per quanto attiene il quadro analitico delle acque sotterranee interne al sito sono stati presi a riferimento i risultati delle varie campagne di monitoraggio sin qui svolte in corrispondenza della rete piezometrica interna al sito (Elaborato B16/020/09), con particolare attenzione ai piezometri PZ2 e PZ4, i soli presso i quali sia stata rilevata contaminazione, e ai 4 pozzi barriera realizzati nell'ambito degli interventi di MISE descritti nei precedenti capitoli.

I rapporti di prova relativi alle analisi condotte che non sono stati oggetto di precedente trasmissione sono riportati in allegato 2.

4.1.1.1 ZONA MANOMISSIONE – MONTE BARRIERA IDRAULICA

L'andamento dei dati di concentrazione riscontrati in corrispondenza di PZ4, ubicato in prossimità della zona di effrazione, a monte della barriera idraulica, è mostrato nel grafico seguente, in scala semilogaritmica, riferito ai contaminanti Idrocarburi Totali come n-Esano, Benzene (rappresentativo per tutti i composti BTEX) e MtBE.

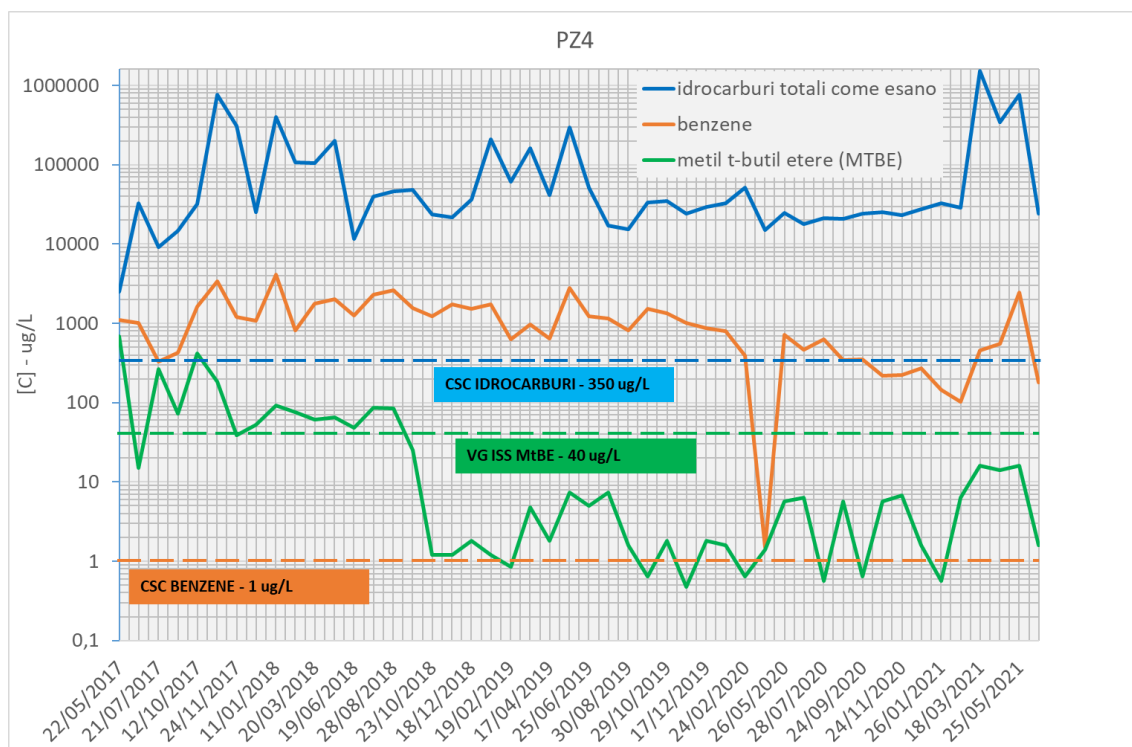


Figura 2 – Andamento temporale contaminazione PZ4

I valori di concentrazione osservati risultano stabilmente superiori alle CSC; il solo parametro che mostra una tendenza alla diminuzione delle concentrazioni osservate rispetto a quelli iniziali è l'**MtBE**, ormai stabilmente su valori inferiori al valore guida ISS e, pertanto, conforme agli obiettivi di bonifica.

Per quanto attiene l'andamento degli altri composti BTEX non riportati in grafico la tendenza risulta assimilabile a quella osservata per il Benzene.

4.1.1.2 BARRIERA IDRAULICA

Per quanto attiene la barriera idraulica nelle seguenti figure sono illustrati gli andamenti, in scala semilogaritmica, delle concentrazioni osservate per i parametri Idrocarburi Totali come n-Esano, Benzene (rappresentativo per tutti i composti BTEX) e MtBE nei pozzi barriera.

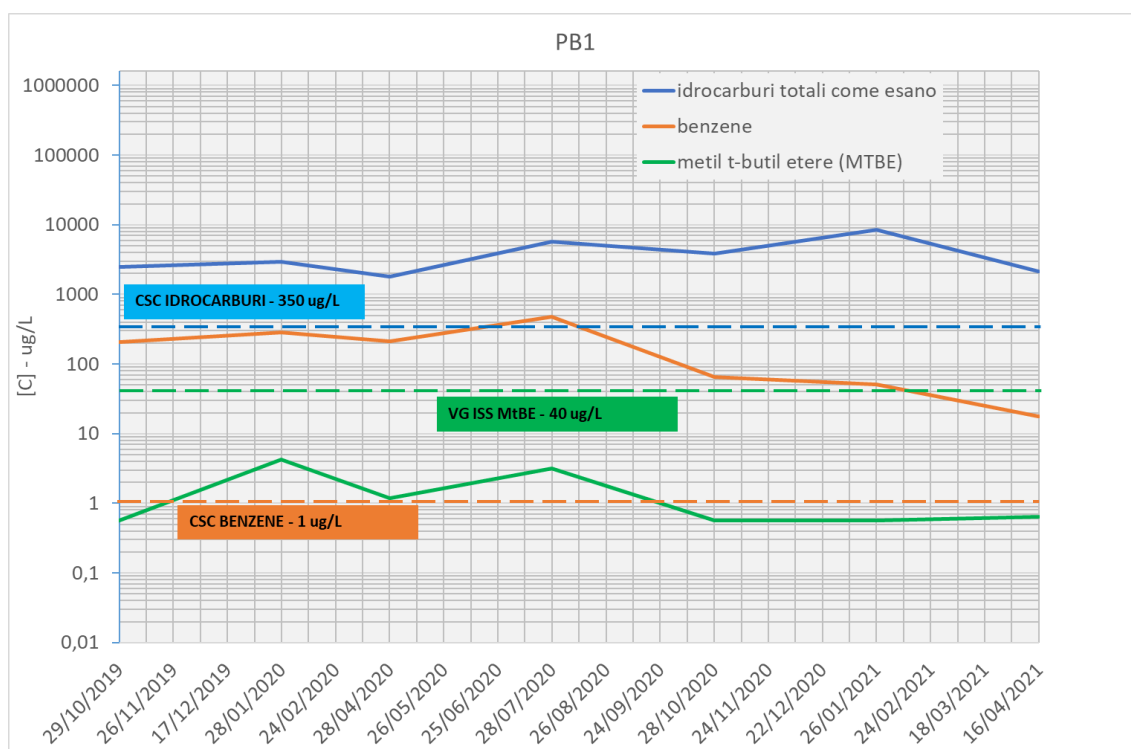


Figura 3 – Andamento temporale contaminazione PB1

Il punto PB1, il più prossimo alla zona di effrazione, mostra concentrazioni stabilmente superiori alle CSC per quanto attiene Idrocarburi Totali come n-Esano e Benzene mentre, **per l'MtBE**, le concentrazioni osservate dall'avviamento del pozzo risultano essere sempre inferiori al valore guida ISS e, dalla campagna di ottobre 2020, inferiori a limite di rilevabilità.

Per quanto riguarda le tendenze **si osserva una progressiva diminuzione delle concentrazioni di Benzene** che, pur permanendo su valori superiori alle CSC, risultano essere diminuite di circa un ordine di grandezza.

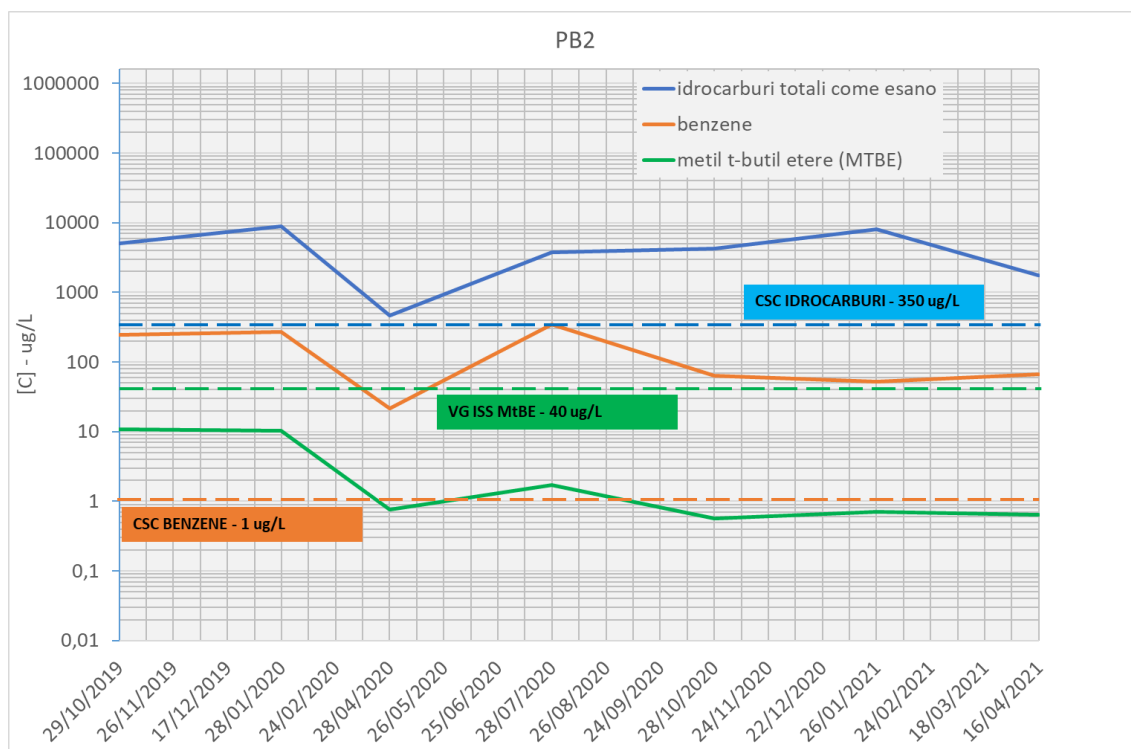


Figura 4 – Andamento temporale contaminazione PB2

Le tendenze osservate in PB2, ubicato più a sud di PB1, riconducono alle stesse considerazioni esposte in precedenza per quest'ultimo, evidenziando concentrazioni stabilmente superiori alle CSC per Idrocarburi Totali come n- Esano e Benzene mentre, **per l'MtBE, i valori di concentrazione rilevati sono stabilmente inferiori al valore guida ISS dall'avvio**; rispetto ai valori osservati in PB1 i valori osservati in PB2 risultano essere sostanzialmente allineati e confrontabili.

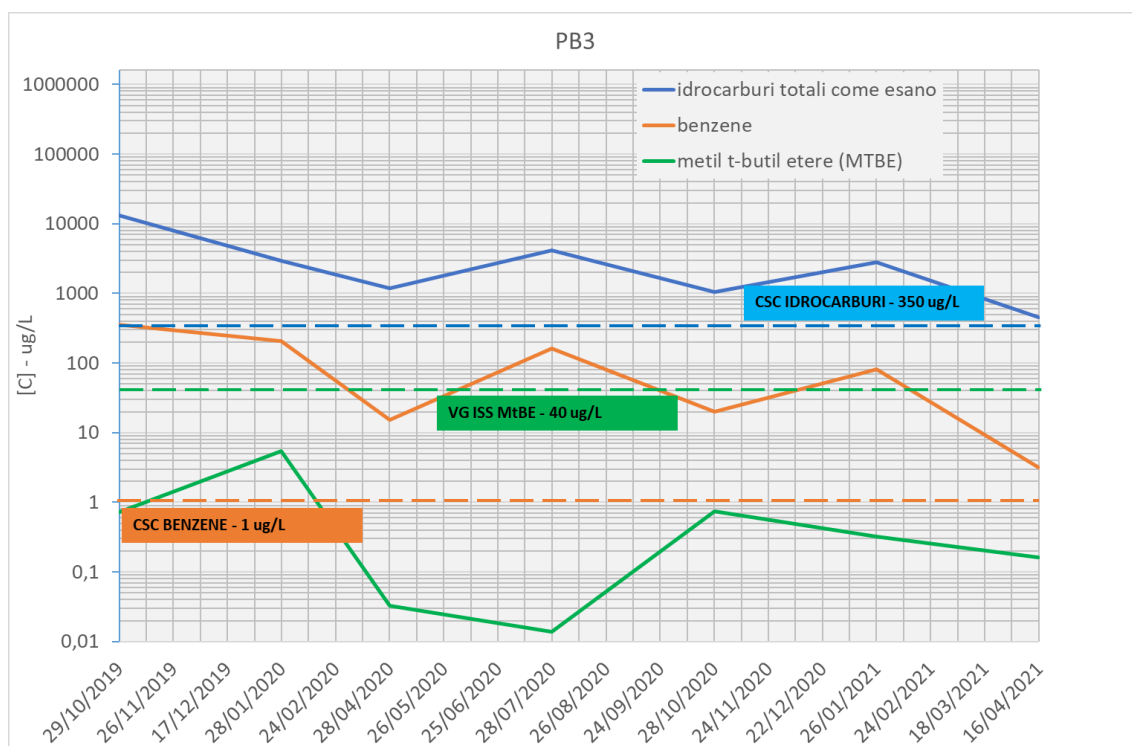


Figura 5 – Andamento temporale contaminazione PB3

Gli andamenti osservati in PB3, ubicato più a sud di PB2 e PB1, e più distante dalla zona di manomissione, **mostrano una più marcata tendenza alla diminuzione delle concentrazioni**; per quanto attiene **Idrocarburi Totali come n- Esano e Benzene le ultime campagne** condotte hanno fornito **risultati tendenti alle CSC** mentre, per quanto attiene l'**MtBE** dall'avvio del pozzo i valori sono **sempre** risultati essere **conformi al valore guida ISS**, con tendenza alla diminuzione.

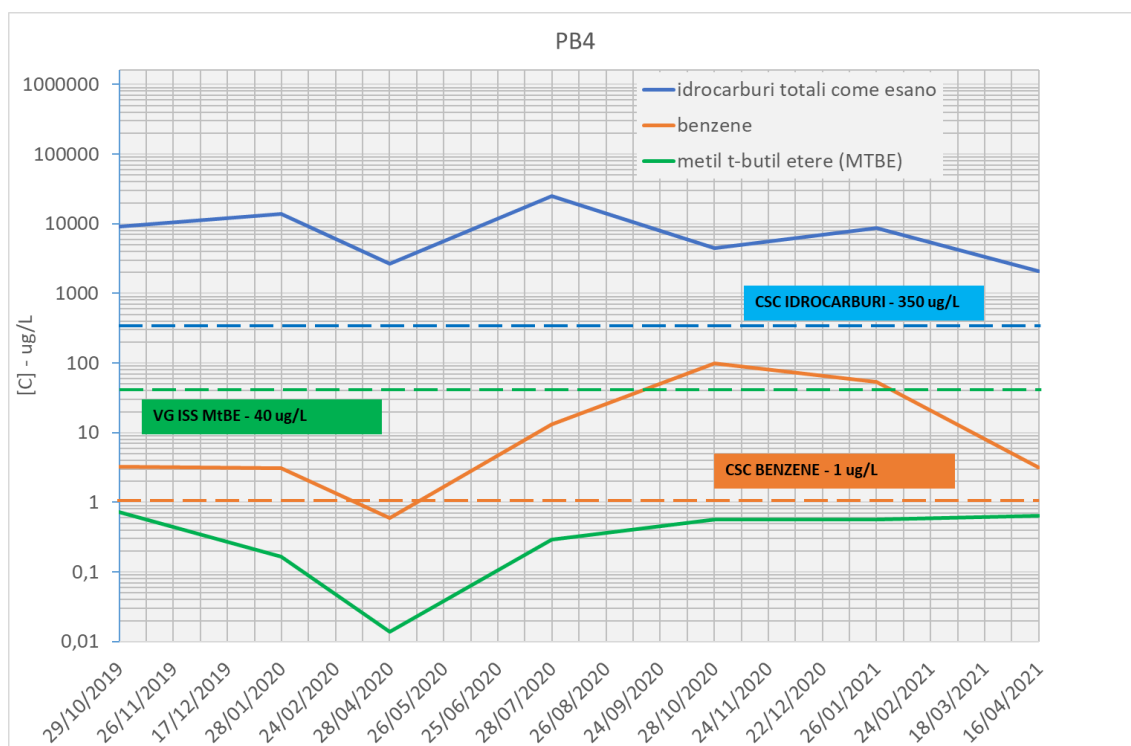


Figura 6 – Andamento temporale contaminazione PB4

Per il pozzo PB4, ubicato più a sud dei pozzi PB1-2-3, ovvero il più distante dalla zona di manomissione, le tendenze osservate per i tre parametri di valutazione sono differenti: **per quanto riguarda Idrocarburi Totali come n- Esano i valori risultano in diminuzione**, ad eccezione di un isolato picco riscontrato nel luglio 2020 con concentrazione, nell’ultima campagna, pari a circa 2.000 ug/L.

Per quanto attiene il **Benzene** si osserva un aumento delle concentrazioni nel periodo compreso tra l’aprile 2020 e l’ottobre 2020 e, successivamente, una diminuzione che **nell’ultima campagna ha fornito un risultato tendente alla CSC**; per quanto attiene l’**MtBE**, come negli altri casi, le **concentrazioni rilevate** dalla messa in marcia del pozzo sono **sempre risultate conformi** ai valori guida forniti da ISS, ovvero conformi all’obiettivo di bonifica.

Una particolare influenza sugli andamenti osservati è dovuta alle escursioni della falda che durante i periodi irrigui risale fino a rendere sature le porzioni di terreno insaturo in cui risiede la contaminazione, provocando un incremento delle concentrazioni.

Nel complesso, la valutazione degli andamenti delle concentrazioni osservate nei 4 pozzi barriera evidenziano una tendenza al miglioramento della qualità presso i pozzi più distanti

dalla zona di manomissione, con concentrazioni in progressiva diminuzione e, in alcuni casi, tendenti alle CSC; nella zona più prossima al punto di effrazione le concentrazioni riscontrate sono ancora significativamente elevate, per quanto decisamente inferiori rispetto a quelle riscontrate nel piezometro PZ4 ubicato a monte della barriera idraulica.

4.1.1.3 VALLE BARRIERA – POC

La situazione a valle della barriera idraulica è monitorata attraverso il piezometro PZ2, ubicato al confine del sito e avente funzione di POC; il grafico relativo all'evoluzione temporale della contaminazione in PZ2, in scala semilogaritmica, è rappresentato nella seguente figura.

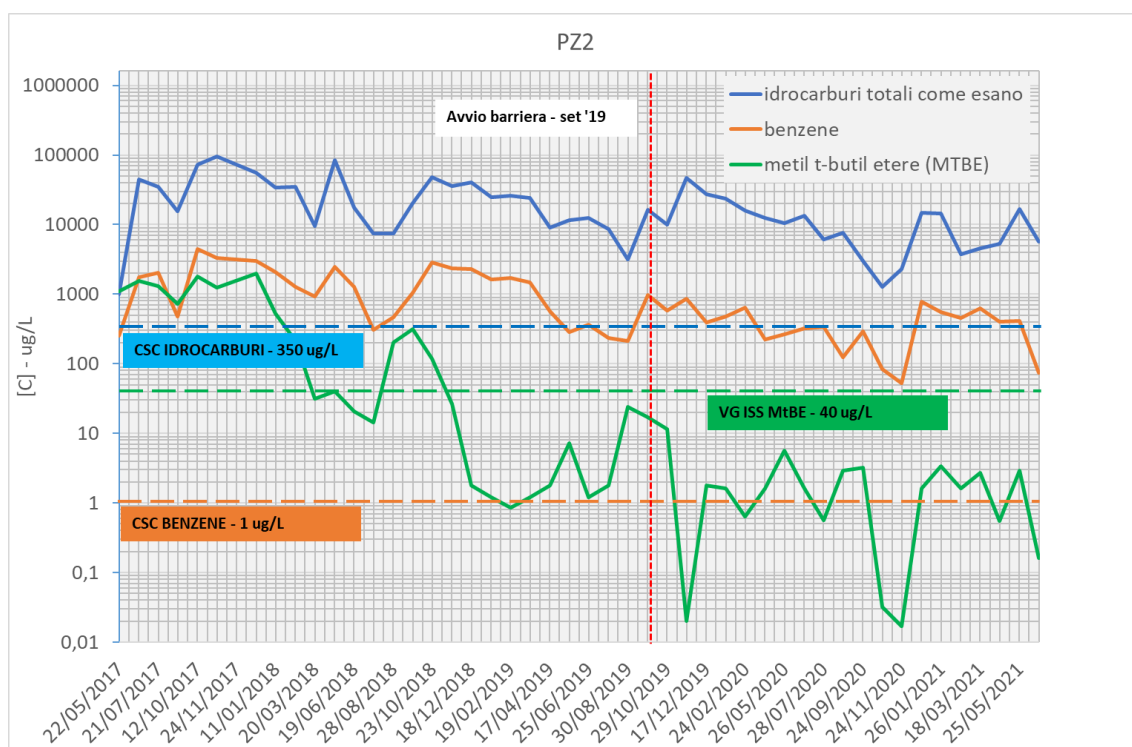


Figura 7 – Andamento contaminazione PZ2

I valori di concentrazione osservati in PZ2 mostrano una tendenza complessiva alla diminuzione, più marcata dall'avvio della barriera idraulica; rispetto ai valori iniziali, alla fine del 2020 le concentrazioni sono diminuite sino a 2 ordini di grandezza.

Dal dicembre 2020 è stata osservata una risalita delle concentrazioni, verosimilmente legata alla mobilitazione di contaminanti presenti nell'insaturo a valle della barriera, ovvero al di fuori del fronte di cattura, innescate da una significativa e anomala risalita della falda osservata tra dicembre 2020 e gennaio 2021 (§ grafico PZ4, paragrafi precedenti).

Analizzando l'andamento delle concentrazioni dei singoli contaminanti dalla messa in funzione della barriera idraulica si osserva che per gli **Idrocarburi Totali come n- Esano e il Benzene** la diminuzione osservata, prima della risalita osservata da fine 2020 – inizio 2021, ha prodotto un **significativo avvicinamento alle CSC mentre; per l'MtBE, si osserva una stabile situazione di conformità dalla campagna del dicembre 2018**, ovvero prima dell'avviamento della barriera idraulica.

4.1.3 ACQUE SOTTERRANEE OFF SITE

Per quanto attiene la situazione a valle del punto di conformità, le valutazioni di seguito esposte sono state condotte sulla base dei risultati delle campagne di monitoraggio sin qui condotte presso la rete di piezometri esterni di controllo, la cui ubicazione è mostrata negli Elaborati B16/020/10; i dati, resi disponibili agli enti attraverso precedenti invii, hanno mostrato risultati non conformi presso il solo piezometro PZ8 mentre, gli altri piezometri sono sempre risultati conformi.

Riguardo a PZ8, le situazioni di non conformità sono state riscontrate per i parametri Idrocarburi Totali come n-Esano, Benzene e MtBE (rif. valore guida ISS); nel seguente grafico viene mostrato l'andamento temporale delle concentrazioni rilevate presso PZ8 per i 3 parametri sopra indicati.

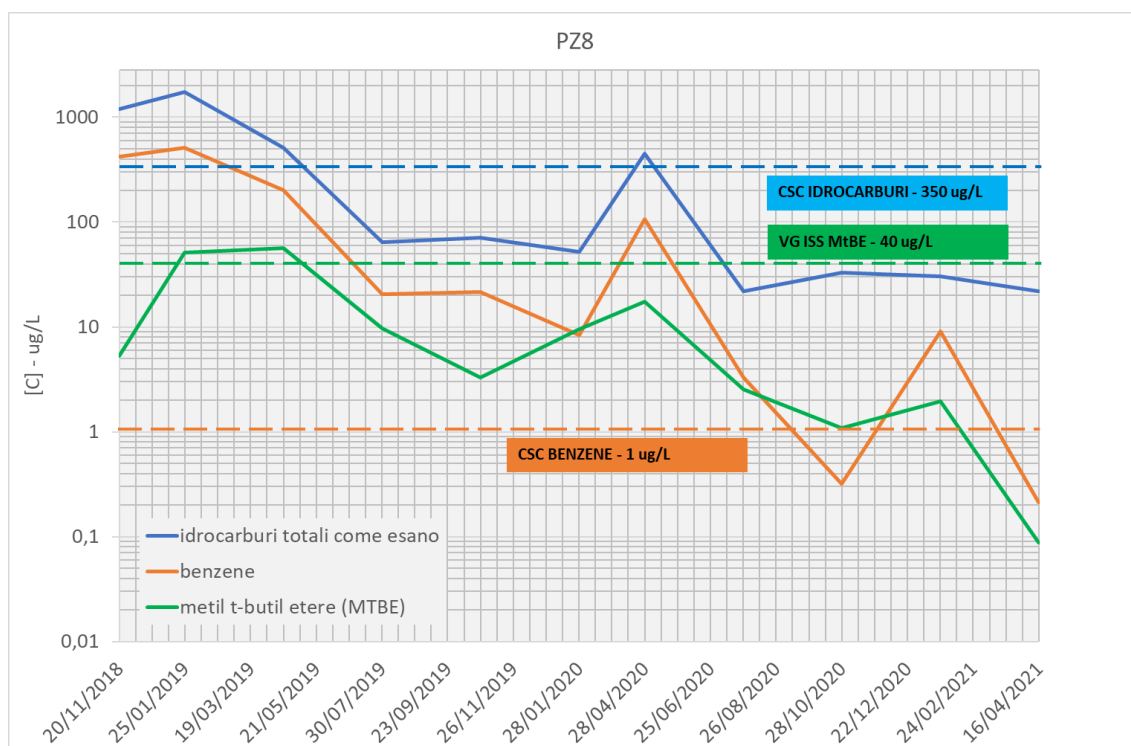


Figura 8 – Andamento temporale contaminazione PZ8

Il grafico mostra come, a partire dall'avvio delle attività di monitoraggio, si sia riscontrata una **progressiva diminuzione delle concentrazioni per tutti e 3 i contaminanti indice, con valori diminuiti dei circa 2 ordini di grandezza.**

Nello specifico, per il parametro **Idrocarburi totali come n-Esano, al netto di un isolato caso riscontrato nella campagna di aprile 2020, si rileva una situazione stabilmente conforme alla CSC a partire dalla campagna di luglio 2019.**

Per quanto attiene **l'MtBE l'evoluzione osservata indica una situazione di stabile conformità** rispetto al valore di guida di concentrazione accettabile suggerito da ISS a partire dalla campagna di luglio 2019.

Per quanto attiene il **Benzene, l'evoluzione osservata conferma una forte tendenza al miglioramento della qualità delle acque, pur rilevando ancora situazioni di non conformità alle CSC, di limitata entità.**

5. BONIFICA TERRENO INSATURO – SCAVO E SMALTIMENTO OFF SITE

Considerata l'ubicazione del sito e il contesto agricolo in cui lo stesso ricade, sono state scartate le ipotesi di intervento mediante tecnologie di bonifica in situ basate sui principi di ventilazione del suolo (Bioventing e Soil Vapour Extraction).

Tale scelta è stata dettata dalle difficoltà operative ed economiche prevedibili per la realizzazione di una linea elettrica di potenza tale da soddisfare il fabbisogno degli impianti; inoltre, considerati gli elevati valori di concentrazione di partenza e gli stringenti obiettivi da raggiungere, si è valutato che tale approccio non risultasse vantaggioso in termini di costi – benefici e di tempi necessari per il completamento della bonifica.

Per tale motivo, per la bonifica dell'insaturo si è optato per un intervento di scavo e conferimento off site del terreno contaminato che permetterà di ridurre notevolmente i tempi per il raggiungimento degli obiettivi di bonifica, producendo allo stesso tempo un rapido miglioramento della qualità delle acque sotterranee sia all'interno che all'esterno del sito.

Considerate le escursioni della falda, illustrate nell'ambito del modello concettuale del sito, la maggior efficacia dell'intervento di scavo richiederebbe di eseguire e completare tale attività nel periodo invernale, comunque prima dell'avvio della successiva stagione irrigua, in modo tale da rimuovere il massimo spessore possibile di terreno contaminato.

5.1 CRITICITÀ PROGETTUALI

La progettazione e l'esecuzione dell'intervento di bonifica mediante scavo del terreno insaturo contaminato comportano una serie di criticità.

In primo luogo, l'intervento impatterà sulla barriera idraulica, che risulta ubicata all'interno dell'area di scavo e renderà necessario realizzare nuovi pozzi di sbarramento in posizione di valle idrogeologica dello stesso scavo, oltre a nuovi collegamenti elettrici e idraulici.

Parte dell'intervento di scavo interesserà inoltre il fosso colatore che scorre parallelamente alla Strada della Rovellina, così come i relativi attraversamenti; considerato che tale fosso è inutilizzato durante i periodi dell'anno in cui non vengono svolte pratiche irrigue (tarda primavera – estate) non si ritiene al momento necessario prevederne la deviazione temporanea,

in considerazione del fatto che il periodo ideale per lo svolgimento dei lavori di scavo è la stagione invernale, in cui non viene impiegato.

Anche il terreno sottostante la Strada della Rovellina, un cui tratto ricade all'interno dell'area di intervento, dovrà essere oggetto di scavo; per tale motivo dovrà esserne prevista l'interruzione e l'esiguo numero di mezzi in transito durante il periodo invernale dovrà essere deviato su altre strade poderali.

In funzione della necessità di fare transitare i mezzi adibiti al trasporto dei terreni contaminati, è prevista la realizzazione di un'area di manovra per gli automezzi deputati al carico e trasporto del terreno contaminato generato dagli scavi; considerata l'esigenza di mantenere in essere la viabilità interna al cantiere il programma degli scavi prevedrà di eseguire l'intervento in due fasi, come meglio specificato nei capitoli successivi.

La presenza della tubazione dismessa dell'Oleodotto all'interno della zona di intervento non viene considerata una criticità progettuale in quanto, completati i lavori di realizzazione e la messa in funzione della variante dello stesso Oleodotto, verrà rimossa durante gli scavi di bonifica.

5.2 FASI OPERATIVE

Dal punto di vista operativo, la sequenza delle attività che si prevede di svolgere, dettagliatamente descritte nel seguito del documento, è la seguente:

- Caratterizzazione del terreno ai fini dell'attribuzione del CER e omologa per l'impianto di destinazione finale, già eseguita;
- Realizzazione nuovi pozzi barriera, allacciamenti elettrici e idraulici;
- Accantieramento area intervento;
- Interventi bonifica (Area Nord Strada Rovellina):
 - Scavo suolo superficiale (0-1 mt) non contaminato e accantonamento temporaneo in attesa di riutilizzo;
 - Messa a giorno e rimozione del tratto dell'Oleodotto dismesso, durante l'esecuzione dello scavo;
 - Scavo, carico e avvio a smaltimento suolo profondo contaminato fino alla messa a giorno della falda;

- Collaudo pareti di scavo eseguito in contraddittorio con ARPA Pavia;
- Ritombamento scavo Area Nord;
- Interventi bonifica (Area Sud e Strada Rovellina):
 - Scavo suolo superficiale (0-1 mt) non contaminato e accantonamento temporaneo in attesa di riutilizzo;
 - Messa a giorno e rimozione del tratto dell'Oleodotto dismesso, durante l'esecuzione dello scavo;
 - Scavo, carico e avvio a smaltimento suolo profondo contaminato fino alla messa a giorno della falda;
 - Collaudo pareti di scavo eseguito in contraddittorio con ARPA Pavia;
- Ritombamento scavo Area Sud e ripristino Strada Rovellina;
- Ripristino area oggetto di intervento:
 - Ripristino fosso e attraversamenti;
 - Rimozione viabilità cantiere;
 - Sistemazione terreno agrario;
 - Rimozione del cantiere.

Ultimati gli interventi e ripristini a seguito dei lavori di bonifica dell'insaturo verranno mantenuti, per il tempo necessario al completamento della bonifica della falda, i pozzi, i piezometri, i collegamenti elettrici ed idraulici, l'impianto Pump & Treat e le cisterne per la raccolta delle acque di spurgo.

5.2.1 CAMPIONAMENTO TERRENO PER ANALISI OMOLOGA

Durante alcune attività preliminari svolte nell'ambito delle verifiche di fattibilità dei lavori di bonifica è stato eseguito un campionamento del terreno ai fini della caratterizzazione di base per l'attribuzione del CER e verifica della tipologia di impianto di destinazione.

Il prelievo è stato effettuato in corrispondenza della zona di manomissione 1, caratterizzata dal maggior grado di contaminazione, mediante impiego di escavatore meccanico e prelevando aliquote di terreno a partire dal rinvenimento della contaminazione (profondità circa -1 mt da piano campagna) fino alla quota di rinvenimento della falda (profondità circa -3 mt da piano campagna).

Il terreno prelevato è stato confezionato tal quale, all'interno di idoneo sacco in polietilene, in quantità sufficiente da risultare rappresentativo dello spessore campionato; successivamente, dopo etichettatura e registrazione su apposita catena di custodia, il campione è stato collocato in contenitore refrigerato ed è stato consegnato al laboratorio incaricato per le analisi, COMIE S.r.l. di Sizzano, in possesso di accreditamento ACCREDIA n. 346.

Sul campione prelevato sono state eseguite le seguenti determinazioni:

a) Caratterizzazione di base per l'attribuzione del CER:

- Metalli (As, Cd, Cr tot, Cr VI, Hg, Ni, Pb, Cu, Zn);
- IPA;
- Solventi organici.

b) Analisi dell'eluato da test di cessione ai sensi del D.Lgs. 36/03 e s.m.i.

I risultati delle analisi svolte, i cui rapporti di prova sono riportati in Allegato 3, hanno evidenziato che il rifiuto costituito dal terreno oggetto di scavo risulta privo di pericolosità e può pertanto essere classificato come **rifiuto speciale non pericoloso**, con **CER 170504**.

Per quanto attiene l'eluato da test di cessione l'analisi ha evidenziato che il terreno in questione può essere **conferito in impianto di discarica per rifiuti speciali non pericolosi**, essendo risultato conforme ai limiti di cui al D.Lgs. 36/03 come modificati dal D.Lgs. 121 del 3/9/2020 All. 4 Paragrafo 2.

5.2.2 NUOVA BARRIERA IDRAULICA

Come anticipato nei capitoli precedenti, preventivamente all'esecuzione dello scavo per la bonifica, si renderà necessario procedere alla realizzazione della nuova barriera idraulica, da ubicarsi in posizione di valle idrogeologica rispetto al confine est dello scavo previsto (§ Elaborato B16/020/09); l'esecuzione di tale fase operativa preliminare dovrà avvenire in tempo utile per fare sì che lo scavo di bonifica venga eseguito con la nuova barriera idraulica in funzione, in modo tale da garantire il contenimento dell'eventuale contaminazione mobilizzata dallo scavo.

Le caratteristiche costruttive della nuova barriera, degli impianti di emungimento da installare, delle linee elettriche e idrauliche e dell'impianto di trattamento verranno illustrate nell'ambito della descrizione degli interventi di bonifica della falda e del saturo.

5.2.3 ACCANTIERAMENTO AREA INTERVENTO

Preliminarmente all'avvio delle operazioni di scavo si procederà con la rimozione, ove presente, della vegetazione infestante sviluppatasi sulla porzione di sito non impiegata; successivamente verrà installata la recinzione perimetrale, il cui sviluppo verrà definito in fase esecutiva, a delimitazione delle aree di intervento, dotata di varco di ingresso con chiusura, uffici e servizi igienici di cantiere.

Nell'ambito dell'area di cantiere recintata, per ciascuna delle due aree di scavo, verranno individuate distinte zone di accumulo per il terreno agrario organico derivante dallo scortico dello strato più superficiale, e per il suolo superficiale non contaminato da riutilizzare ai fini del ripristino, a fine intervento (§ Elaborato B16/020/08); verrà realizzata un'area temporanea di manovra per gli automezzi deputati al trasporto, anch'essa all'interno dell'area di cantiere.

5.2.4 INTERVENTO DI BONIFICA

Come accennato, al fine di consentire di operare nelle condizioni più favorevoli per massimizzare l'efficacia degli interventi previsti, gli scavi di bonifica dovranno essere condotti durante la stagione invernale, caratterizzate dai valori di soggiacenza della falda più elevati, in modo tale da consentire la rimozione del maggior quantitativo possibile di terreno contaminato e limitare le interferenze con le attività agricole e le relative pratiche irrigue.

Durante l'esecuzione degli scavi verranno mantenute idonee pendenze al fine di garantire la stabilità delle pareti e impedire franamenti del terreno; la planimetria di intervento e le sezioni di scavo tipo sono rappresentate nell'Elaborato B16/020/08).

In relazione alla necessità di mantenere la viabilità interna al cantiere si prevede di eseguire gli interventi di scavo in due fasi, operando dapprima presso l'area a Nord della Strada Rovellina e, successivamente, dopo collaudo e ritombamento dello scavo Nord, operando a Sud e al di sotto della stessa Strada.

Le modalità esecutive degli interventi presso le due zone saranno le medesime descritte di seguito, prevedendo tuttavia distinte zone di accumulo del terreno non contaminato, come indicato nell'Elaborato B16/020/08.

5.2.4.1 SCAVO E ACCANTONAMENTO TEMPORANEO TERRENO NON CONTAMINATO

La prima fase dell'intervento di scavo prevede lo scortico del terreno agrario superficiale non contaminato e l'accantonamento temporaneo dello stesso in area esterna a quella di bonifica, opportunamente individuata tramite cartellonistica; il terreno agrario resterà accantonato in attesa di essere reimpiegato per il ripristino delle aree al termine dei lavori di bonifica.

Lo spessore di terreno agrario superficiale è pari a circa 20-25 cm; per tale motivo, considerando un'area di circa 990 mq, il volume complessivo di terreno agrario da accantonare si attesta a circa 200-250 mc, di cui circa 40-50 mc provenienti dall'Area Nord e i rimanenti 150-200 mc provenienti dall'Area Sud.

Ultimata la rimozione del terreno agrario si procederà con lo scavo del suolo superficiale non contaminato, fino alla quota di -1 mt da piano campagna originario; il terreno verrà accantonato all'interno del cantiere, in aree non interessate da bonifica, opportunamente individuate mediante cartellonistica, in attesa di riutilizzo per il ripristino delle aree al termine dei lavori di bonifica.

Considerato uno spessore di circa 75-80 cm di suolo superficiale non contaminato e considerando un'area di circa 990 mq, il volume complessivo di terreno da accantonare si attesta a circa 750-800 mc, di cui circa 100 mc dell'Area Nord e i rimanenti 650-700 mc dell'Area Sud.

5.2.4.1 RIMOZIONE TRATTO OLEODOTTO DISMESSO

Durante l'esecuzione degli scavi, quando intercettato, si procederà al taglio e alla rimozione del tratto di Oleodotto dismesso sotteso all'area di intervento, e al conferimento del rottame metallico presso impianto autorizzato.

5.2.4.2 SCAVO E AVVIO A DESTINO TERRENO CONTAMINATO

Ultimata l'asportazione del suolo superficiale non contaminato e del tratto di Oleodotto dismesso si procederà con lo scavo e la rimozione del suolo profondo contaminato; lo scavo verrà eseguito a mezzo di escavatore meccanico di adeguate dimensioni procedendo dalla superficie in profondità.

Il terreno scavato verrà direttamente caricato sui mezzi adibiti al trasporto, regolarmente autorizzati, e conferito presso l'impianto di destinazione individuato.

Qualora nel corso delle attività di scavo si dovesse verificare la formazione di una fase separata si prevede di eseguire l'aspirazione della stessa e lo smaltimento, attraverso autospurgo autorizzato.

5.2.5 RITOMBAMENTO SCAVI E RIPRISTINI

Ultimati gli interventi presso ciascuna delle due aree, verificato il completamento degli stessi attraverso positivo collaudo delle pareti di scavo eseguito in contraddittorio con ARPA, le cui modalità sono descritte al capitolo successivo, si procederà con il completo ripristino e la restituzione delle aree; si osserva che, prima del ritombamento degli scavi, verrà condotta la fase di trattamento descritta nel capitolo inerente alla bonifica del saturo e della falda.

Il ripristino delle aree prevedrà dapprima il ritombamento dello scavo mediante mista naturale di cava certificata, di pari caratteristiche granulometriche rispetto a quella rimossa nell'ambito della bonifica; il ritombamento dello scavo verrà effettuato con tale materiale sino al raggiungimento della profondità di -1 mt dal piano campagna e verrà eseguito per strati di spessore non superiore a 50 cm, prevedendo il costipamento del materiale attraverso il solo transito dei mezzi meccanici impiegati per la movimentazione del materiale stesso.

Raggiunta la quota di -1 mt da piano campagna si procederà con la stesura del suolo superficiale non contaminato precedentemente accantonato in attesa di riutilizzo e, a seguire, con il terreno agrario più superficiale precedentemente scarificato, avendo cura di ripristinare lo stato iniziale dei luoghi.

Ultimati i ritombamenti si procederà con il ripristino del tratto di Strada della Rovellina interessato dagli interventi, così come verrà eseguito il ripristino del canale irriguo e degli attraversamenti interessati dall'intervento di bonifica.

In ultimo, nelle more del completamento degli interventi previsti a carico dell'insaturo e della falda, oggetto dei capitoli successivi, verranno mantenuti idonei accessi ai piezometri di monitoraggio e i pozzi barriera; verranno altresì realizzate idonee sistemazioni per mantenere in sicurezza sia le linee idrauliche sia le linee elettriche della barriera idraulica, fintanto che la stessa verrà mantenuta in funzione.

6. COLLAUDO BONIFICA TERRENO INSATURO

Ultimate le operazioni di bonifica del terreno insaturo presso ciascuna delle due aree, immediatamente prima di procedere al ritombamento delle stesse, si prevede di eseguire le attività di collaudo degli interventi, da svolgersi in contraddittorio con ARPA Pavia, attraverso due distinte campagne, una per ciascuna area di intervento; considerato che la bonifica dell'insaturo riguarda il suolo profondo non si prevede di sottoporre a collaudo il suolo superficiale, in quanto non contaminato e non oggetto degli interventi previsti dal presente elaborato.

Come indicato nei paragrafi precedenti, tali attività di collaudo hanno lo scopo di accertare il raggiungimento degli obiettivi di bonifica previsti in corrispondenza delle pareti dello scavo realizzato, mediante prelievo di campioni di terreno da destinare ad analisi; considerato che lo scavo verrà approfondito sino alla falda, non si prevede di prelevare campioni di terreno per il collaudo del fondo dello scavo, in quanto tutto il terreno insaturo contaminato verrà rimosso, mettendo a giorno la stessa falda.

Laddove non risultasse possibile programmare le attività di collaudo a scavo aperto si potranno prevedere collaudi mediante carotaggi; l'ubicazione dei sondaggi dovrà risultare idonea alla verifica dell'efficacia delle attività di bonifica e il numero dovrà essere pari al numero di campioni previsti per il collaudo a scavo aperto.

Nei paragrafi seguenti viene dato dettaglio delle procedure di campionamento previste per i collaudi a scavo aperto presso le due aree di intervento.

6.1 PROCEDURE DI CAMPIONAMENTO

Considerato lo sviluppo lineare delle pareti da sottoporre a collaudo si propone l'applicazione del *"Protocollo Operativo per il campionamento e l'analisi dei siti contaminati – Fondo Scavo e Pareti"* proposto da ISPRA (2006) per il SIN di Porto Marghera.

Come previsto dal protocollo, considerato che la litologia del suolo profondo da sottoporre a collaudo è omogeneamente sabbiosa e l'altezza di ciascuna parete sarà pari a circa 1,7-2 mt, si propone di eseguire il campionamento delle pareti per celle di 100 mq; rispetto agli sviluppi delle

pareti delle due aree di intervento si propone di prelevare un campione per ciascuna parete, come di seguito proposto:

Area Nord:

- Parete Nord (PN 1-3 mt);
- Parete Est (PE 1-3 mt);
- Parete Ovest (PW 1-3 mt).

Per il collaudo di quest'area non si prevede il campionamento della Parete Sud, in quanto coincidente con il terreno sottostante la Strada Rovellina, che dovrà essere oggetto di bonifica nell'ambito degli scavi previsti presso l'Area Sud.

Area Sud:

- Parete Sud (PS 1-3 mt);
- Parete Est (PE 1-3 mt);
- Parete Ovest (PW 1-3 mt).

Per il collaudo di quest'area non si prevede il campionamento della Parete Nord, coincidente con il terreno impiegato per il ritombamento dell'Area Nord, in quanto il terreno sottostante la Strada Rovellina verrà rimosso nell'ambito degli interventi presso l'Area Sud.

Da ciascuna delle celle individuate si procederà con il prelievo, manuale o mediante MMT, di almeno 5 contributi di terreno distribuiti casualmente sulla superficie della stessa cella; i contributi verranno raccolti in un unico contenitore in quantità sufficiente da formare le aliquote previste.

Dal materiale tal quale, prima di procedere con la vagliatura, saranno formate le aliquote per la determinazione dei composti volatili (BTEXS, Idrocarburi Leggeri C<12 e MtBE), confezionate in fiale EPA Vials da 40 ml per il laboratorio di parte, e in vasi da 250 cc in vetro con tappo a vite per il laboratorio ARPA.

Successivamente il materiale verrà setacciato a 2 cm e dal sottovaglio ottenuto si procederà con la formazione delle aliquote destinate all'analisi dei composti non volatili (Idrocarburi Pesanti C>12), confezionate in vasi di vetro con tappo a vite da 500 ml.

Ciascuno dei contenitori verrà etichettato e alloggiato in frigoriferi portatili e consegnato, unitamente alla catena di custodia e nel più breve tempo possibile, al laboratorio incaricato per l'esecuzione delle prove previste; tutte le operazioni di campionamento, nonché le sigle identificative di ciascun campione, verranno annotate su apposita modulistica, in modo da garantirne la tracciabilità nel tempo.

Per ciascuno dei campioni prelevati, le aliquote previste saranno le seguenti:

- Per i composti non volatili 3 aliquote totali, di cui 1 per il laboratorio di parte, 1 per il laboratorio ARPA e 1 da conservarsi per eventuali ulteriori analisi in caso di discordanza tra i risultati ottenuti dai due laboratori;
- Per i composti volatili, 2 aliquote totali, di cui 1 per il laboratorio di parte, 1 per il laboratorio ARPA.

6.2 SET ANALITICO

Su ciascuno dei campioni prelevati verranno determinati i seguenti parametri:

- Idrocarburi Leggeri C<12;
- Idrocarburi Pesanti C>12;
- Composti organici aromatici;
- MtBE.

Le metodiche analitiche impiegate per le determinazioni saranno le medesime adottate in fase di caratterizzazione, concordate con il Laboratorio ARPA e saranno in ogni caso oggetto di verifica preventiva all'avvio delle analisi.

Laddove le analisi di collaudo determinassero l'assenza di superamenti delle CSR sui campioni prelevati si potrà ritenere concluso l'intervento di bonifica a carico del terreno insaturo.

7. BONIFICA DEL SATURO E DELLE ACQUE SOTTERRANEE

In considerazione della natura della contaminazione che caratterizza il saturo e la falda si prevede di attuare due diverse tecnologie di bonifica, finalizzate al raggiungimento degli obiettivi, rappresentati dalle CSC per le acque sotterranee da verificarsi al POC, ovvero al confine del sito; la combinata azione della bonifica dell'insaturo e degli interventi proposti di seguito potranno tuttavia portare al raggiungimento degli obiettivi di bonifica in falda più a monte del POC.

Come meglio illustrato nei paragrafi seguenti, si prevede di adottare le seguenti tecnologie di bonifica:

- Pump & Treat;
- Adsorbimento e biodegradazione potenziata nella zona di intervento per la bonifica dell'insaturo;
- Fase opzionale (eventuale) di intervento di adsorbimento e biodegradazione potenziata immediatamente a monte del confine di valle idrogeologica del sito, laddove i risultati dei primi due interventi non risultassero sufficienti per il raggiungimento degli obiettivi previsti.

L'intervento Pump & Treat risulta già in essere quale MISE ai fini del contenimento della diffusione della contaminazione in falda verso valle idrogeologica; nell'ambito del presente progetto di bonifica, come anticipato nei capitoli precedenti, considerato che i pozzi barriera, le linee idrauliche ed elettriche esistenti risultano ad oggi ubicati all'interno della zona presso la quale verranno eseguiti gli scavi per la bonifica dell'insaturo, si renderà necessario prevedere la realizzazione di una nuova barriera idraulica da ubicarsi a valle idrogeologica rispetto alla suddetta zona di intervento, prevedendo di adeguare conseguentemente gli allacciamenti elettrici ed idraulici.

La nuova barriera idraulica consentirà di contenere la contaminazione in falda durante il periodo di esecuzione degli interventi di bonifica dell'insaturo, mantenendo un presidio attivo anche ai fini dell'intercettazione della contaminazione eventualmente mobilizzata dall'esecuzione degli scavi.

L'intervento basato su tecnologie di bonifica di adsorbimento e biodegradazione potenziata interesserà la zona oggetto di scavo per la bonifica dell'insaturo e avrà lo scopo di contenere e rimuovere la contaminazione insistente nel saturo, impedendone la migrazione verso valle e ripristinando nel tempo condizioni di conformità alle CSC già all'interno dell'area di intervento.

L'efficacia dell'intervento proposto produrrà altresì un miglioramento della qualità delle acque anche a valle del sito, favorendo il ripristino di condizioni di conformità alle CSC anche nel piezometro PZ8, ad oggi caratterizzato da superamenti dei limiti di modesta entità.

Un'eventuale seconda fase di intervento attraverso tale tecnologia di bonifica potrà essere implementata in prossimità del confine di valle idrogeologica del sito, a monte dei POC, qualora la qualità delle acque, a seguito degli interventi già previsti, non mostrasse il significativo miglioramento atteso.

7.1 FASI OPERATIVE

Le fasi attraverso le quali si svilupperanno gli interventi di bonifica della falda e del terreno saturo sono elencate di seguito:

- Realizzazione nuova barriera idraulica – Pump & Treat;
- Integrazione rete piezometrica di controllo;
- Intervento di adsorbimento e biodegradazione potenziata negli scavi, da eseguirsi in due distinti step;
- Eventuale intervento opzionale di adsorbimento e biodegradazione potenziata a valle dello scavo.

7.2 PUMP & TREAT

Come indicato in premessa, nell'ambito delle attività di MISE, è stata predisposta una barriera idraulica, costituita da 4 pozzi di sbarramento, denominati PB1, PB2, PB3, PB4; nell'ambito della realizzazione della nuova barriera si prevede di realizzare un pozzo aggiuntivo, ubicato a sud del nuovo PB4 e denominato PB5, in modo tale da permettere di intercettare eventuali contaminanti in diffusione dalla porzione più meridionale dello scavo previsto per la bonifica dell'insaturo verso il confine del sito, a sud di PZ2 (§ Elaborato B16/020/09).

7.2.1 POZZI BARRIERA

I pozzi verranno realizzati mediante tecnica a distruzione di nucleo, con diametro di perforazione 219 mm; la perforazione di ciascun pozzo verrà approfondita sino a 12 mt dal piano campagna e, una volta ultimata, in ciascun perforo verrà installata una tubazione in PVC del diametro di 8", cieca nel primo metro e fessurata per il rimanente tratto.

L'intercapedine perforo tubazione verrà completata con ghiaietto siliceo selezionato avente diametro 2-3 mm mentre il tratto sommitale, tra -1 mt e la base della cameretta d'avampozzo, verrà completato con boiaccia cementizia; lo schema costruttivo dei pozzi barriera è rappresentato in Elaborato B16/020/09.

In corrispondenza di ciascuno dei pozzi realizzati verrà installata una cameretta d'avampozzo prefabbricata, in cemento, di adeguate dimensioni per contenere la testa del pozzo e le componenti da installare (saracinesca, contalitri, rubinetto di prelievo, tubazione di raccordo alla linea di collettamento acque), dotata di coperchio protettivo in lamiera metallica.

Ultimata la realizzazione ciascun pozzo verrà sottoposto a spurgo prolungato fino all'ottenimento di acque chiare; le acque emunte verranno trattate all'interno dell'impianto di trattamento a carboni attivi a servizio del Pump & Treat o, se necessario, avviate a smaltimento presso impianto autorizzato, con CER 191307.

7.2.2 IMPIANTI DI EMUNGIMENTO ACQUE

Ciascun pozzo verrà dotato di una pompa elettrica avente caratteristiche tali da garantire le portate e le prevalenze di seguito elencate.

Q (l/s)	0	0,67	1	1,33	1,67	2	2,33	2,67
H (m)	57	53	51	48	44	39	32	21

Tabella 5 – Caratteristiche pompa

La pompa verrà dotata di tubazione di mandata in HDPE di diametro 1"-1^{1/4}", che verrà collegata alla linea di collettamento delle acque emunte, costituita da una tubazione in HDPE del diametro di 4", il cui tracciato è rappresentato in Elaborato B16/020/09.

La nuova linea di collettamento verrà collegata al tratto terminale di quella esistente e convoglierà le acque all'impianto di trattamento presente, costituito da 3 filtri a carbone attivo collegati in serie, di dimensioni pari a 5 mc cadauno, contenenti ciascuno 2.500 Kg di carbone per il trattamento acque.

Le acque in uscita dalla sezione trattamento verranno convogliate attraverso la tubazione esistente al recapito autorizzato entro il canale Cavo Distretto Irriguo Gravellona.

I collegamenti elettrici verranno ripristinati, collegando le pompe installate al quadro di controllo esistente, prolungando opportunamente la cablatura della linea esistente; il nuovo tracciato dei collegamenti elettrici tra singoli pozzi e punto di alimentazione ai filtri è rappresentato in Elaborato B16/020/09.

7.2.3 IMPIANTO TRATTAMENTO ACQUE

Al fine di garantire il trattamento delle acque emunte e renderle conformi ai limiti tabellari per il recapito in corpo idrico superficiale, è presente un impianto di trattamento costituito da tre filtri a carboni attivi posti in serie, installati su un'area ubicata a W del sito di intervento, ovvero all'esterno della zona interessata da contaminazione e dagli interventi di bonifica in progetto.

Ciascuno dei filtri ha capacità pari a 5 mc (circa 2500 Kg di carbone attivo), e l'insieme è stato dimensionato in modo da poter operare in perfetta efficienza fino a portate totali di 8-10 l/sec, pur non avendo mai superato i valori autorizzati di 6 l/sec.

Sono stati inoltre installati rubinetti di campionamento, manometri per il controllo della pressione sulle linee e sui filtri, misuratore di portata e contatore volumetrico sulla linea di scarico.

Le acque in uscita dall'impianto di trattamento vengono collettate in una linea di scarico per poi venire recapitate all'interno del Cavo Distretto Irriguo Gravellona, secondo concessione rilasciata dal Consorzio Irriguo Est Sesia n. 4733, e in forza di autorizzazione provinciale 43/2018-AQ.

7.2.4 GESTIONE IMPIANTO TRATTAMENTO

Sulla base degli esiti delle previste attività di monitoraggio dell'impianto verrà programmata la periodica sostituzione dei carboni attivi esauriti; tenuto conto dei dati sin qui acquisiti i carboni attivi posati nei 3 filtri all'avviamento della MISE sono ancora efficienti in quanto permettono ad ogni step un significativo abbattimento della contaminazione.

Sulla scorta dei dati sin qui acquisiti si ritiene che l'eventuale sostituzione dei carboni possa essere programmata al raggiungimento di concentrazioni allo scarico pari 70% dei valori limite in autorizzazione ovvero per concentrazioni superiori a 3,5 mg/L per gli Idrocarburi totali e 0,14 mg/L per i Solventi Organici Aromatici.

I carboni esauriti verranno avviati all'impianto di destinazione individuato, in possesso delle necessarie autorizzazioni, attraverso impresa di trasporto rifiuti iscritta all'albo nazionale gestori ambientali.

Ultimate le operazioni di svuotamento dei filtri dal carbone esaurito verrà eseguito il carico del carbone attivo rigenerato, ripristinando il funzionamento dell'impianto di trattamento.

7.2.5 PIEZOMETRIA DINAMICA

Il dimensionamento della barriera idraulica è stato definito attraverso l'elaborazione di piezometrie dinamiche, mediante appositi programmi di calcolo (ISOMAP[®] e INQUIMAP[®], distribuiti da GEO&SOFT), basandosi sui dati di piezometrici in condizioni statiche, rilevati su base settimanale / mensile, riferite alle condizioni di minima e massima soggiacenza.

Il programma ISOMAP[®], ideato e sviluppato da GEO&SOFT di Torino, consente di svolgere un'operazione di base principale, sulla quale sono poi possibili operazioni aggiuntive correlate al trattamento di dati idrogeologici, mediante l'utilizzo di differenti applicativi, tra cui INQUIMAP[®].

Il calcolo della superficie di partenza, in condizioni statiche, è basato su due fasi di trattamento, la prima delle quali consiste nella creazione di una griglia regolare a partire da un "seminato" di punti sparsi, la seconda nella ricostruzione delle curve a partire dalla griglia regolare.

La prima fase può essere realizzata attraverso i due noti metodi del reciproco della distanza e del Kriging, oppure attraverso un algoritmo di interpolazione ed estrapolazione basato sul riconoscimento di una tendenza regionale di tipo polinomiale.

Il Kriging, impiegato per la modellizzazione della piezometria statica nel caso in esame, è un metodo di stima basato su un approccio statistico piuttosto che non puramente geometrico; il principio generale consiste nell'analisi delle letture effettuate e nella costruzione di un semivariogramma $G(D)$ esprimendo quindi la varianza delle differenze tra le letture stesse in funzione della loro reciproca distanza D .

In particolare, il modello di semivariogramma elaborato è caratterizzato dall'annullamento della varianza nell'origine e da un andamento lognormale nella restante parte del grafico; una volta definito il semivariogramma si procede a definire il set di pesi $L(i)$ che consentono la stima:

$$Z'(p) = \sum_{i=1}^n (Z(i) * L(i))$$

Dove:

$Z'(p)$ = valore stimato al punto p

$Z(i)$ = valore misurato al punto i

n = numero di punti di misura

Tale set di pesi deve ovviamente possedere la proprietà $\sum L(i) = 1$ e garantire la minimizzazione dell'espressione generale che rappresenta la varianza dell'errore associato alla stima relativa al punto p .

$$2 * \sum_{i=1}^n (L(i) * G(D(i, p)) - g(D(p, p)) - \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^n (L(i) * L(j) * G(D(i, j))) \right))$$
$$2 * \sum_{i=1}^n (L(i) * G(D(i, p)) - g(D(p, p)) - \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^n (L(i) * L(j) * G(D(i, j))) \right))$$

$G(D(x,y))$ = varianza media associata alla distanza tra i punti x e y

n = numero di punti di misura

Tale minimizzazione viene ottenuta con la tecnica dei minimi vincolati di Lagrange, attraverso la soluzione di un sistema di $n+1$ equazioni lineari.

A partire dalla piezometria statica così calcolata, la piezometria dinamica può essere calcolata con il metodo della sovrapposizione degli effetti, simulando la messa in opera di uno o più pozzi, anche con portate differenti, potendo operare su un acquifero libero, semiconfinato o confinato, in regime stazionario o transitorio.

Il metodo della sovrapposizione degli effetti è basato sull'ipotesi che l'acquifero, nell'intorno di ogni singolo pozzo di cui viene simulata la messa in opera, sia costituito da un mezzo isotropo ed omogeneo; in un punto della falda gli abbassamenti saranno determinati dalla sovrapposizione degli effetti di tutti i pozzi il cui raggio di influenza risulti superiore alla distanza del pozzo dal punto stesso, e governati dalle seguenti espressioni, per acquiferi rispettivamente liberi e confinati:

$$H^2 - h^2 = Q / (K\pi) \ln(R / r)$$

Oppure

$$H - h = Q / (2 K \pi E) \ln(R / r)$$

Dove:

H = altezza della falda indisturbata rispetto all'impermeabile;

h = altezza della falda a regime;

Q = portata emunta;

K = permeabilità nell'intorno del pozzo;

R = raggio di influenza del pozzo;

r = distanza corrispondente al punto di altezza h;

E = potenza dell'acquifero.

Le ipotesi che soddisfano appieno la formulazione indicata sono le seguenti:

- Pozzi completi;
- Omogeneità dei parametri idrogeologici nell'intorno di ogni pozzo.

I dati in input che vengono richiesti dal programma per la simulazione sono i seguenti:

- **Nome pozzo:** permette all'utente un veloce riconoscimento del pozzo;
- **Ascissa:** è l'ascissa, espressa in metri, della posizione planimetrica del pozzo rispetto al medesimo sistema di coordinate utilizzato per la costruzione della griglia;
- **Ordinata:** è l'ordinata, espressa in metri, della posizione planimetrica del pozzo, rispetto al medesimo sistema di coordinate utilizzato per la costruzione della griglia;
- **Portata:** la portata relativa ad ogni pozzo costituente la barriera idraulica, espressa in metri cubi al secondo;
- **Permeabilità:** le formule utilizzate presumono l'esistenza di un mezzo omogeneo ed isotropo per tutta l'estensione del cono di influenza. Viene quindi espressa la permeabilità media locale nell'intorno del pozzo. Nel caso in esame il valore inserito è stato ricavato da prove in sito, confermate dai dati di bibliografia;
- **Raggio del pozzo:** è particolarmente importante per la determinazione dell'abbassamento effettivo dell'acqua nel pozzo;
- **Raggio di influenza:** è il raggio di massima estensione del cono di influenza.

La simulazione è stata effettuata considerando:

- Livelli di falda misurati nei pozzi barriera esistenti, considerando le condizioni idrogeologiche relative a periodi di minima e massima soggiacenza. Nello specifico, per la minima soggiacenza è stata considerata la piezometria statica relativa alla campagna dello scorso 25 giugno 2020 mentre, per le condizioni di massima soggiacenza, è stata considerata la piezometria statica relativa alla campagna dello scorso 22 dicembre 2020;
- Portata di emungimento complessiva **18 mc/h** (1 lt/s su ciascuno dei 5 pozzi);
- Diametro pozzi = **8"**;
- Raggio di influenza dei pozzi = in via cautelativa posto pari a **7 m**.
Il valore ricavato dai dati di campo, applicando la relazione empirica $R=3000 \cdot S \cdot K^{\frac{1}{2}}$ in cui S rappresenta l'abbassamento, dedotto da misure effettuate sui piezometri presenti, nel corso delle varie campagne di monitoraggio svolte, e K è la permeabilità, ha fornito un raggio di influenza compreso tra 10 e 13 mt;
- Conducibilità idraulica = **$1,5 \cdot 10^{-4}$ m/s**, ricavata attraverso le prove di campo eseguite, che risulta in linea con i dati nella relazione geologica a supporto del PGT Comunale;

Sulla scorta dei dati sopra indicati sono state elaborate le piezometrie dinamiche delle due condizioni considerate, rappresentate in Elaborato B16/020/09, unitamente ai relativi fronti di richiamo della barriera.

La rappresentatività dei dati impiegati per il dimensionamento della barriera è stata confermata attraverso il confronto con le misure di campo; nello specifico è stata verificato l'abbassamento in PB2 apportando una portata pari a quella simulata (1 L/s) e l'abbassamento reale è risultato essere pari 0,45 mt, contro 0,454 mt indicati dal modello di calcolo, suffragio delle assunzioni fatte.

Si ritiene infine opportuno sottolineare che le simulazioni e le prove di campo sono state svolte, cautelativamente, impostando una portata di esercizio e un raggio di influenza inferiori a quelli reali; pertanto, si ritiene ragionevole ipotizzare un fronte reale di cattura più ampio di quello rappresentato, ad ulteriore garanzia del grado di protezione della nuova barriera verso il confine del sito.

7.2.6 INTEGRAZIONE RETE PIEZOMETRICA

Nell'ambito delle attività di perforazione dei pozzi saranno realizzati 3 ulteriori piezometri (PZ10-PZ12) di controllo, da ubicarsi come in Elaborato B16/020/10, e di seguito esposto:

- PZ10 e PZ11 verranno realizzati lungo il confine del sito, ad una distanza pari a 12 mt a nord e sud di PZ2, in modo tale da allargare il fronte di controllo e delimitare l'ampiezza del pennacchio di contaminazione al confine del sito. La realizzazione di questi due ulteriori presidi permetterà inoltre di acquisire ulteriori dati per l'eventuale fase di adsorbimento e biodegradazione, ipotizzata come opzionale, nel caso in cui l'efficacia del trattamento all'interno dello scavo, di cui al paragrafo successivo, non consenta il raggiungimento degli obiettivi di bonifica al POC;
- Un ulteriore piezometro da ubicarsi a valle di PZ8, denominato PZ12, richiesto dagli enti nell'ambito dei pareri resi dalla Conferenza dei Servizi che ha approvato l'analisi di rischio, avente funzione di mantenere sotto controllo lo stato di qualità delle acque a valle del sito e confermare il miglioramento già osservato ad oggi presso lo stesso PZ8;

I piezometri verranno realizzati secondo le stesse modalità operative già descritte per i pozzi barriera in precedenza e avranno le stesse caratteristiche costruttive e di profondità, ad

eccezione del diametro, che sarà pari a 3"; le teste piezometro verranno successivamente alloggiate all'interno di elementi metallici protettivi sporgenti da piano campagna, dotati di occhiello di chiusura a lucchetto, in modo tale da poter essere individuati e riconoscibili nel tempo.

I nuovi piezometri, così come i pozzi di sbarramento costituenti la nuova barriera, saranno oggetto di una campagna di livellazione topografica per rilevarne le coordinate x, y e z.

7.3 ADSORBIMENTO E BIODERADAZIONE POTENZIATA AREA SCAVO

Al fine di consentire la bonifica della falda contaminata si prevede di eseguire un intervento finalizzato ad una riduzione dei tempi previsti per il raggiungimento degli obiettivi di bonifica, mediante somministrazione di preparati atti a favorire l'adsorbimento dei contaminanti e la loro degradazione naturale, accelerandone il decorso.

La tecnologia di bonifica prevede la somministrazione sul fondo dello scavo eseguito per la bonifica dell'insaturo di un prodotto brevettato e commercializzato da Regenes Ltd., noto come PETROFIX™, prodotto a base di carbone attivo colloidale, la cui applicazione permetterà la rimozione delle frazioni disciolte in falda mediante adsorbimento e la biodegradazione nel medio/lungo periodo dei contaminanti adsorbiti.

Per favorire l'instaurarsi di un ambiente idoneo all'innescio di processi biodegradativi naturali si prevede di somministrare, unitamente a PETROFIX™, anche una miscela di ammendanti arricchiti in solfati e nitrati a lento rilascio, quali elettro-accettori, nota con il nome di EAB.

Le schede tecniche e di sicurezza dei prodotti che si prevede di impiegare sono riportate in Allegato 4.

Il trattamento che si prevede di eseguire non andrà ad interferire con la nuova barriera idraulica, realizzata sufficientemente a valle della zona di scavo; la barriera resterà in ogni caso in funzione anche dopo il completamento della fase di trattamento nello scavo al fine di garantire un'ulteriore cautela rispetto alla possibile diffusione della contaminazione verso valle.

PETROFIX™ è un prodotto a base di carbone attivo vergine in forma colloidale, ingegnerizzato principalmente per applicazioni all'interno di zone sorgenti di contaminazione caratterizzate dalla presenza di composti organici; le azioni di trattamento fornite sono:

- adsorbimento dei contaminanti sul carbone attivo in forma colloidale (matrice) somministrato, con rapida rimozione dalla fase disciolta: una volta somministrato, il prodotto crea un film sulle particelle di suolo, fornendo un'elevatissima superficie adsorbente e determinando, nella zona di trattamento e nelle porzioni di valle idrogeologica, significative riduzioni delle concentrazioni;
- biodegradazione potenziata dei contaminanti adsorbiti sulla matrice colloidale: l'adsorbimento dei contaminanti sul carbone determina una concentrazione della massa di contaminanti sulla matrice stessa, che viene colonizzata dai microrganismi autoctoni in grado di degradare quei contaminanti specifici, agendo quindi come un catalizzatore per i processi di biodegradazione, sfruttando la miscela di elettro-accettori impiegata quale ammendante.

Sulla matrice adsorbente i processi di biodegradazione dei contaminanti risultano accelerati per effetto della maggiore massa di contaminante che viene accumulata, rendendo maggiormente disponibile il substrato per i microrganismi, evitando il fenomeno della *starvation* e favorendo cinetiche di degradazione del primo ordine, ovvero processi in cui la velocità di degradazione è proporzionale alla concentrazione del contaminante; i processi di biodegradazione dei contaminanti determinano una rigenerazione del carbone colloidale, rendendo la longevità del prodotto, virtualmente infinita.

7.3.1 DIMENSIONAMENTO INTERVENTI

Per l'intervento di bonifica mediante adsorbimento e biodegradazione potenziata è stato ipotizzato un dimensionamento sulla base dei dati ad oggi noti e in relazione al fatto che verrà eseguito a valle dell'intervento di scavo nella zona in corrispondenza della quale si è verificata la manomissione dell'Oleodotto, il che comporterà una riduzione del carico contaminante potenzialmente trasferito alla falda alla ripresa dell'attività irrigua e della risalita della superficie piezometrica.

Considerate le dimensioni dell'area di intervento e il grado di contaminazione in falda, il quantitativo di PETROFIX™ necessario per il trattamento risulta pari a circa 4.600 kg; per quanto attiene l'ammendante si prevede un impiego di circa 235 Kg complessivi.

7.3.2 MODALITÀ SOMMINISTRAZIONE

La somministrazione di PETROFIX™, su indicazione del produttore, avviene previa diluizione del prodotto concentrato con acqua, in proporzione 1:10; prima di eseguire la miscelazione il concentrato PETROFIX™ deve essere accuratamente mescolato all'interno del contenitore originario, mediante l'impiego di un miscelatore o una paletta manuale.

Il PETROFIX™ viene trasferito in una vasca di dimensioni adeguate, a fondo conico o piatto, mescolato utilizzando una pompa ad alto flusso tramite ricircolo o meccanicamente, utilizzando un mixer provvisto di pale; viene quindi completata la miscelazione aggiungendo il quantitativo d'acqua previsto e, successivamente, il quantitativo di EAB.

La miscela così ottenuta presenta una densità dell'ordine di 1500-3500 cP e viene trasferita alla zona di trattamento mediante idonee pompe ad alta portata per liquidi densi; una volta somministrato il prodotto nella zona di trattamento si procede al rimescolamento dello stesso con il terreno saturo, mediante l'impiego della benna di un escavatore, per uno spessore pari a circa 0,5-1 mt sotto il livello di falda.

La somministrazione verrà eseguita nelle due aree di scavo, in due distinti momenti, al termine di ciascuna campagna di collaudo delle pareti; dapprima si procederà con la somministrazione nell'Area Nord e, successivamente nell'Area Sud.

La somministrazione verrà condotta attraverso l'ausilio di un escavatore meccanico che procederà all'aspersione sulla superficie del fondo scavo della miscela di preparati; successivamente, attraverso il rivoltamento del terreno, operato con la benna dello stesso mezzo, provvederà alla distribuzione del prodotto nel saturo.

7.4 FASE OPZIONALE – ADSORBIMENTO E BIODEGRADAZIONE POTENZIATA MONTE POC

Laddove gli interventi previsti sul saturo in corrispondenza dell'area di scavo non producessero il raggiungimento degli obiettivi di bonifica al POC, si prevede la realizzazione di un'ulteriore fase di intervento che interesserà l'area compresa tra la barriera idraulica e il confine del sito.

Tale fase di intervento si baserà sullo stesso principio di adsorbimento e biodegradazione potenziata descritto in precedenza per la bonifica entro l'area di scavo, mediante l'impiego di PETROFIX™ e di EAB quale ammendante, attraverso la realizzazione di una barriera iniettiva ubicata secondo quanto indicato in Tavola 1.

7.4.1 DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE DEGLI INTERVENTI

Il dimensionamento preliminare di questa fase opzionale di intervento prevede la somministrazione di un quantitativo complessivo di PETROFIX™ pari a 3.625 Kg, distribuito su un fronte circa 40 mt, attraverso iniezione entro 25-28 punti complessivi, aventi spaziatura di 1,5 mt, con trattamento di uno spessore pari a circa 3 mt di saturo; l'esatto dimensionamento potrà in ogni caso essere oggetto di adeguamento in base ai risultati ottenuti dal monitoraggio post bonifica dell'insaturo.

7.4.2 MODALITÀ SOMMINISTRAZIONE

L'iniezione del prodotto, la cui preparazione sarà eseguita secondo le stesse modalità descritte in precedenza per il trattamento entro l'area di scavo, avverrà mediante tecnica "direct push"; il prodotto concentrato verrà diluito in acqua in proporzione di 145 Kg in 1.250 Lt d'acqua per ogni punto, con l'aggiunta di circa 6,8 Kg di EAB.

La realizzazione della barriera verrà eseguita nell'ambito di un'unica campagna di iniezione; l'iniezione "direct push" avverrà mediante l'impiego di aste cave dotate di punta retrattile forata o fenestrata, in modo da favorire una migliore distribuzione del prodotto nella porzione di saturo da trattare.

L'iniezione avverrà in modalità Bottom – Top, con manovre che intesseranno spessori di circa 30-50 cm, pressione di somministrazione compresa tra 2 e 4 bar e portate comprese tra 10 e 40 L/min, in modo da favorire una distribuzione il più omogenea possibile; ultimata l'iniezione in un punto il foro verrà essere sigillato con bentonite o cemento.

8. COLLAUDO BONIFICA ACQUE SOTTERRANEE

Il collaudo della bonifica delle acque sotterranee sarà eseguito attraverso campagne di monitoraggio delle stesse da condursi nel periodo invernale e nel periodo estivo, ovvero in condizioni di massima e minima soggiacenza.

Le campagne di collaudo interesseranno l'intera rete di piezometri di controllo (PZ1-PZ12) e le modalità di campionamento saranno le medesime già previste per l'esecuzione del monitoraggio degli interventi, descritte nel seguente capitolo.

Si ritiene che la bonifica della falda possa essere collaudata positivamente al verificarsi, in entrambe le campagne di collaudo previste, di concentrazioni pari o inferiori agli obiettivi di bonifica nei 3 piezometri considerati POC (PZ2, PZ10 e PZ11) e nei piezometri ubicati a valle (PZ6, PZ7, PZ8, PZ9, PZ12).

9. MONITORAGGIO INTERVENTI BONIFICA

L'andamento e il completamento della bonifica saranno verificati attraverso l'attuazione di un piano di monitoraggio delle acque sotterranee, di seguito illustrato:

- Monitoraggio mensile impianto P&T con prelievo e analisi di campioni dall'ingresso (IN), all'uscita di ciascuno dei filtri (MID1, MID2, OUT);
- Monitoraggio ristretto delle acque sotterranee in corrispondenza dei punti PZ2, PZ10 e PZ11, ubicati al confine del sito. Tale monitoraggio verrà eseguito con cadenza mensile il primo anno e trimestrale dal secondo anno, ovvero dopo spegnimento della barriera idraulica;
- Monitoraggio completo dell'intera rete di piezometri di controllo, compresi i pozzi barriera. Tale monitoraggio verrà eseguito con cadenza trimestrale fino allo spegnimento della barriera idraulica e, successivamente, verrà portato a frequenza semestrale, ovvero a partire dall'inizio del secondo anno.

Il piano di monitoraggio verrà rimodulato laddove gli interventi previsti non consentissero il raggiungimento degli obiettivi di bonifica ai POC e a valle del sito, ovvero in funzione dell'eventualità di eseguire la fase opzionale di iniezione.

9.1 PROCEDURE CAMPIONAMENTO E SET ANALITICO

9.1.1 PUMP & TREAT

I campioni prelevati in corrispondenza dell'impianto P&T verranno formati previo avvinamento del gruppo di prelievo (rubinetto e della tubazione), in modo tale da garantire l'eliminazione dei ristagni e delle particelle solide eventualmente presenti; i campioni verranno raccolti in fiale vials da 40 ml per quanto riguarda la ricerca dei composti volatili mentre, per quanto attiene la ricerca dei composti non volatili verranno impiegate bottiglie in vetro scuro da 1 Lt, dotate di tappo di chiusura filettato.

Per ciascun campione verranno prelevate 2 bottiglie e 4 fiale vials; i campioni prelevati verranno etichettati e unitamente alla catena di custodia, verranno consegnati al laboratorio incaricato per l'esecuzione delle prove, il quale dovrà essere in possesso di accreditamento ACCREDIA.

Tutte le informazioni relative alle attività di campionamento svolte verranno annotate su apposita modulistica da campo in modo tale da rendere tracciabili nel tempo le operazioni svolte; su ciascuno dei campioni prelevati verranno determinati i seguenti parametri:

- Idrocarburi totali come n-esano, espressi come somma delle frazioni C5-C10 e C10-C40;
- Solventi organici aromatici.

I risultati verranno confrontati con i limiti previsti dalla Tabella 3 Allegato 5 Parte Terza del D.Lgs. 152/06 per scarichi in acque superficiali, in aderenza con l'Autorizzazione rilasciata dalla Provincia di Pavia.

9.1.2 ACQUE SOTTERRANEE

Per quanto attiene il monitoraggio di pozzi e piezometri verranno adottate le seguenti procedure.

Preventivamente al prelievo, presso ciascun piezometro, dovrà essere eseguito uno spurgo preliminare di almeno 3-5 volumi e comunque sino a chiarificazione delle acque; tale operazione andrà eseguita per i piezometri mentre per i pozzi, essendo gli stessi in emungimento continuo, non si renderà necessaria.

Le acque di spurgo provenienti dai piezometri caratterizzati da contaminazione verranno raccolte ed accantonate all'interno dei bulk già presenti presso il sito, opportunamente etichettati e ubicati in area dedicata; al riempimento delle cisterne si provvederà ad avviare a smaltimento tali acque, attraverso imprese in possesso delle necessarie autorizzazioni.

I campioni verranno prelevati direttamente dalla tubazione di mandata, a basso flusso, evitando gorgogliamento dal rubinetto di prelievo, e verranno confezionati in bottiglie di vetro scuro da 1 L di volume, ovvero in fiale vials da 40 cc, per la ricerca dei contaminanti volatili, opportunamente avvinati prima del prelievo; per ogni campione si prevede di prelevare un quantitativo pari a 2 bottiglie e 4 fiale vials.

I campioni prelevati verranno etichettati e registrati su apposita modulistica, al fine di garantire nel tempo la tracciabilità delle operazioni di campionamento; successivamente, i campioni verranno riposti in frigoriferi portatili e, unitamente alla catena di custodia, consegnati nel minor

tempo possibile al laboratorio incaricato per l'esecuzione delle analisi, che dovrà essere in possesso di accreditamento ACCREDIA.

Con riferimento alla Tabella 2, Titolo V, Parte Quarta del D.Lgs. 152/06 (acque sotterranee), su ciascun campione verranno condotte le seguenti determinazioni analitiche:

- Solventi organici aromatici;
- MtBE;
- Idrocarburi totali come n-esano (somma C5-C10 + C10-C40).

Le metodiche di analisi saranno quelle sinora adottate, condivise con il Laboratorio ARPA; oltre alle analisi di cui sopra, tramite l'impiego di strumentazione portatile assoggettata ad un protocollo di manutenzione, calibrazione e taratura certificato ISO9001, verranno misurati i seguenti parametri di campo:

- Soggiacenza (presso i piezometri e i pozzi barriera)
- Ossigeno Disciolto;
- pH;
- Conducibilità;
- Temperatura;
- Potenziale Redox.

Infine, per verificare il monitoraggio della bonifica mediante somministrazione di PETROFIX™ e EAB, si prevede di integrare il set analitico delle acque sotterranee con i seguenti parametri:

- Solfati;
- Nitrati;
- Ferro;
- Manganese;
- BOD₅ e COD.

La determinazione di tali parametri verrà eseguita in almeno due campagne di monitoraggio prima della somministrazione dei preparati e, successivamente, per un anno dal completamento della somministrazione in scavo; laddove si dovesse procedere con la fase opzionale di bonifica, tali parametri verranno determinati per un ulteriore anno.

10. MODALITÀ COMUNICAZIONE E TRASMISSIONE DATI

L'avvio delle attività di scavo, la data di esecuzione dei collaudi previsti per il terreno insaturo, e le date delle campagne di monitoraggio periodiche saranno comunicate con congruo anticipo, al fine di consentire le previste attività di controllo degli enti, e il prelievo di campioni in contraddittorio da parte di ARPA.

I risultati delle varie attività di monitoraggio saranno trasmessi agli enti secondo le modalità attualmente adottate; con cadenza semestrale verrà invece trasmesso un report periodico riepilogativo delle attività svolte e dello stato di avanzamento degli interventi di bonifica.

Nell'ambito dei primi report trasmessi verranno valutati i dati analitici al fine di verificare l'effettiva necessità di attuare la fase opzionale di intervento a valle della barriera idraulica; in tal caso verrà rivalutato il dimensionamento preliminare proposto nel presente documento, laddove questo non risultasse congruo con la situazione rilevata.

Al termine delle attività di bonifica è prevista, come da normativa vigente, la presentazione di una relazione di fine lavori, con i relativi contenuti previsti, da allegare all'istanza per l'ottenimento della certificazione provinciale di avvenuta bonifica.

11. PIANO TEMPORALE DEGLI INTERVENTI

Gli interventi di bonifica proposti nel presente elaborato potranno essere sviluppati e conclusi in 3 anni, così come rappresentato nel diagramma di Gantt di cui alla figura riportata nella pagina seguente; il piano temporale proposto è stato elaborato ipotizzando che il Progetto possa essere discusso e approvato dalla Conferenza dei Servizi entro la fine del prossimo autunno, in modo tale da poter avviare i lavori entro l'inizio dell'inverno 2021, sfruttando la prima stagione utile per eseguire le attività di scavo previste per la bonifica dell'insaturo.

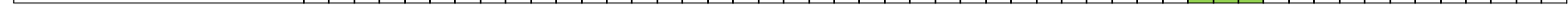
I lavori per la realizzazione della variante dell'Oleodotto verranno condotti e conclusi prima dell'avvio dei lavori di bonifica in modo tale che il tratto interferente risulti preventivamente dismesso.

Come indicato nel cronoprogramma, ipotizzando l'approvazione del Progetto entro il prossimo autunno, si prevede di poter completare le attività preliminari (realizzazione e messa in funzione della nuova barriera idraulica, integrazione della rete piezometrica) entro la fine dell'anno corrente; successivamente, a partire dal 2022, sfruttando le condizioni di massima soggiacenza, verrà avviata la bonifica dell'insaturo, la cui durata è stimata in 3 mesi complessivi, considerata la necessità di operare secondo le modalità indicate nei capitoli precedenti.

Programmando il collaudo degli interventi entro fine inverno si ritiene plausibile programmare il ritombamento dello scavo e le opere di ripristino entro il mese di aprile, in tempo utile per la successiva stagione irrigua.

A tale proposito si evidenzia che, qualora i risultati delle analisi di parte relative al collaudo dello scavo fossero ampiamente conformi agli obiettivi di bonifica, nelle more del ricevimento dei risultati ARPA, lo stesso scavo verrà ripristinato, interponendo tra il perimetro e il materiale di riempimento uno strato di tessuto non tessuto che permetta di individuare i limiti degli interventi eseguiti.

Quanto sopra per consentire di eseguire eventuali ulteriori ampliamenti qualora risultassero necessari a seguito delle controanalisi ARPA o delle analisi sulle III aliquote.



• • •

Prima di procedere con i ritombamenti degli scavi presso le due aree di intervento, come previsto, verrà eseguito il trattamento del terreno saturo mediante somministrazione di PETROFIX™ e EAB.

Completate le fasi sopra descritte, si ritiene opportuno mantenere sotto controllo l'evoluzione della qualità delle acque sotterranee per 1 anno, attraverso le campagne di monitoraggio previste con cadenza mensile (monitoraggio ristretto, unitamente al monitoraggio P&T) e trimestrale (monitoraggio completo).

Laddove al termine del 2022 il quadro analitico osservato confermasse stabilmente il raggiungimento degli obiettivi di bonifica ai POC e nei piezometri di valle si procederà con lo spegnimento della barriera idraulica e la rimodulazione delle frequenze del piano, portando il monitoraggio ristretto da mensile a trimestrale e il monitoraggio completo da trimestrale a semestrale.

In questa ipotesi le campagne complete previste nel gennaio e luglio 2024 (periodi di massima e minima soggiacenza) verrebbero considerate campagne di collaudo per la bonifica della falda, da svolgersi in contraddittorio con ARPA; confermato il raggiungimento degli obiettivi di bonifica ai POC e nei piezometri di valle, si ritiene di poter considerare conclusi gli interventi di bonifica e si procederà con la predisposizione della relazione di fine lavori e dell'istanza per la certificazione degli stessi interventi.

Durante l'iter di certificazione degli interventi si procederà con la dismissione degli impianti, dei pozzi e degli apprestamenti realizzati nell'ambito degli interventi previsti, in modo tale da restituire completamente il sito agli usi legittimi.

Le attività e le tempistiche definite fino alla fine del 2022 saranno le stesse anche nel caso in cui risultasse necessaria l'attuazione della fase opzionale; al termine del 2022, in relazione ai risultati osservati, laddove se ne riscontrerà la necessità, verrà rivalutato il dimensionamento qui proposto e ridefinito il piano di monitoraggio.

12. COMPUTO METRICO ESTIMATIVO INTERVENTI

Il computo metrico estimativo per l'esecuzione degli interventi previsti dal presente documento progettuale ammonta a complessivi **€ 997.516,50 + IVA**.

A - ATTIVITA' PRELIMINARI				
DESCRIZIONE ATTIVITA'	U.M.	QUANTITA'	COSTO UNITARIO (€)	COSTO TOTALE (€)
Perforazione nuovi pozzi barriera	cad	5	€ 3.000,00	€ 15.000,00
Perforazione piezometri PZ10-11-12	cad	3	€ 2.000,00	€ 6.000,00
Collegamenti elettrici e idraulici	a.c.	1	€ 15.000,00	€ 15.000,00
TOTALE VOCE A)				€ 36.000,00
B - BONIFICA INSATURO				
DESCRIZIONE ATTIVITA'	U.M.	QUANTITA'	COSTO UNITARIO (€)	COSTO TOTALE (€)
Accantieramento e opere accessorie	a.c.	1	€ 85.000,00	€ 85.000,00
Movimentazione e movimentazione terreno non contaminato, allestimento deposito temporaneo e ricollocazione a fine lavori	mc	1500	€ 30,00	€ 45.000,00
Scavo e carico terreno contaminato	mc	1500	€ 15,00	€ 22.500,00
Trasporto e smaltimento terreno contaminato (CER 170504)	ton	3000	€ 150,00	€ 450.000,00
Fornitura in loco e posa inerte da cava per ritombamento scavo	mc	1500	€ 25,00	€ 37.500,00
Collaudo bonifica insaturo (prelievo e analisi)	cad	8	€ 300,00	€ 2.400,00
Ripristini e dismissione impianti	a.c.	1	€ 75.000,00	€ 75.000,00
TOTALE VOCE B)				€ 717.400,00
C - PUMP & TREAT				
DESCRIZIONE ATTIVITA'	U.M.	QUANTITA'	COSTO UNITARIO (€)	COSTO TOTALE (€)
Noleggio mensile impianto di trattamento acque, compreso trasporto AR	cad	15	€ 2.750,00	€ 41.250,00
Fornitura e posa cariche di carbone attivo rigenerato, compreso svuotamento filtri, insaccamento big bag, trasporto a impianto di destino	Kg	7500	€ 3,20	€ 24.000,00
TOTALE VOCE C)				€ 65.250,00
D - ADSORBIMENTO E BIODEGRADAZIONE POTENZIATA NELLO SCAVO				
DESCRIZIONE ATTIVITA'	U.M.	QUANTITA'	COSTO UNITARIO (€)	COSTO TOTALE (€)
Trasporto e fornitura preparati PETROFIX™, EAB Regenesi	kg	4835	€ 13,90	€ 67.206,50
Preparazione e somministrazione in scavo	ac	1	€ 10.000,00	€ 10.000,00
TOTALE VOCE D)				€ 77.206,50
E - MONITORAGGI E COLLAUDO BONIFICA FALDA				
DESCRIZIONE ATTIVITA'	U.M.	QUANTITA'	COSTO UNITARIO (€)	COSTO TOTALE (€)
Monitoraggi Pump & Treat (IN-MID1-MID2-OUT)	cad	60	€ 340,00	€ 20.400,00
Monitoraggio ristretto falda (PZ2-PZ4-PZ10-PZ11)	cad	72	€ 340,00	€ 24.480,00
Monitoraggio completo falda (PZ1-PZ3-PZ5-PZ6-PZ7-PZ8-PZ9-PZ12-PB1-PB2-PB3-PB4-PB5)	cad	78	€ 340,00	€ 26.520,00
Monitoraggio collaudo (due campagne)	cad	34	€ 340,00	€ 11.560,00
TOTALE VOCE E)				€ 82.960,00
F-REPORTISTICA E ONERI PROFESSIONALI				
DESCRIZIONE ATTIVITA'	U.M.	QUANTITA'	COSTO UNITARIO (€)	COSTO TOTALE (€)
Redazione report periodici semestrali	cad	5	€ 2.500,00	€ 12.500,00
Livellazione planialtimetrica teste pozzo / piezometri, rilievo scavi	ac	1	€ 1.200,00	€ 1.200,00
TOTALE VOCE F)				€ 13.700,00
G-CERTIFICAZIONE INTERVENTI				
DESCRIZIONE ATTIVITA'	U.M.	QUANTITA'	COSTO UNITARIO (€)	COSTO TOTALE (€)
Relazione finale per istanza certificazione bonifica	cad	1	€ 5.000,00	€ 5.000,00
TOTALE VOCE G)				€ 5.000,00
IMPORTO TOTALE (IVA ESCLUSA)				€ 997.516,50

Tabella 6 – Computo metrico estimativo