

**FALLIMENTO LOMBARDA PETROLI S.r.l.**  
**c/o Curatore Dott.ssa Elisabetta Brugnoli**  
**Via Birolli, 6 - 20125 Milano**



Via Bosco Frati, 16 – 24044 Dalmine (BG)  
Tel. 035 / 37.35.83 – Fax. 035 / 41.50.603  
web-site: [www.proj-eco.com](http://www.proj-eco.com)  
e-mail: [info@proj-eco.com](mailto:info@proj-eco.com)



**AREA LOMBARDA PETROLI**  
**LOTTI B, D, E**  
**Villasanta (MB)**

## **VALUTAZIONE DEI COSTI DI BONIFICA DEL SITO**

---

**Redatto da**  
**Dott. Alfredo Manzoni**

---

**Verificato da**  
**Dott. Ing. Marco Bonassi**

---

**Approvato da**  
**Dott. Ing. Paola Morganti**

**Revisione n.00**  
**Protocollo n. 2720/2021**  
**Commessa n. 200/21**

## **INDICE**

<b><u>1. PREMESSA.....</u></b>	<b><u>4</u></b>
<b><u>2. STATO DELL'ARTE DEI PROCEDIMENTI DI BONIFICA IN CORSO D'OPERA E RELATIVA VALUTAZIONE ECONOMICA.....</u></b>	<b><u>8</u></b>
<b><u>3. STIMA ECONOMICA DELLA RIQUALIFICAZIONE DELL'AREA SULLA BASE DELL'IPOTESI PLANIVOLUMETRICA.....</u></b>	<b><u>13</u></b>
3.1. Caratterizzazione ambientale del Lotto E .....	14
3.2. Analisi di rischio ambientale sito-specifica.....	14
3.3. Progetto Operativo di Bonifica – Terreni insaturi .....	15
3.3.1. Metodi "ex situ" e "on site".....	16
3.3.1.1 Scavo, vagliatura e trasporto a discarica .....	16
3.3.1.2 Scavo e trattamento dei terreni con Biopile .....	18
3.3.1.3 Scavo e trattamento dei terreni con Landfarming.....	19
3.3.2. Trattamenti in situ.....	21
3.3.2.1 Aspirazione dei gas interstiziali (Soil Vapor Extraction - SVE).....	21
3.3.2.2 Insufflazione d'aria nel terreno (BioVenting - BV).....	22
3.3.3. Tecnologie ritenute più opportune per il sito .....	23
3.4. Messa in sicurezza delle acque di falda .....	24
<b><u>4. CONCLUSIONI.....</u></b>	<b><u>25</u></b>
<b><u>5. FIRME .....</u></b>	<b><u>27</u></b>

## **ALLEGATI**

- Allegato I:** Ipotesi planivolumetrica di massima con il PGT vigente al 16/03/21, predisposta dall'Arch. Giorgio Ponti
- Allegato II:** Estratto del "Progetto Operativo di Bonifica - Lotti B e D (rapporto n. B3004986/15.01 del 19 giugno 2015"
- Allegato III:** Copia del Verbale di Conferenza dei Servizi del 29.10.2010
- Allegato IV:** Estratto del documento "Integrazioni al Progetto Operativo di Bonifica del sottosuolo insaturo – Lotto C – Prot. 2017/641 – Rev.00 Aprile 2017"
- Allegato V:** Offerta relativa all'esecuzione delle attività relative alla bonifica impiantistica, alla demolizione degli impianti e dei fabbricati e manufatti presenti in sito – Off. N. RI 716.2010 del 18.10.2010
- Allegato VI:** Estratto del "Progetto operativo di bonifica delle acque sotterranee - Lotti A1, A2, B, C e D - rapporto n. B3 – 4986/15.02"
- Allegato VII:** Determinazione numero 91 del 06/03/2017

## **TAVOLE**

- Tavola 1:** Planimetria con l'ubicazione dei Lotti A1, A2, B, C, D, E1, E2, E3
- Tavola 2:** Sovrapposizione Lotti B, D, E con gli AT11.1 e AT11.2

## 1. PREMESSA

Il presente elaborato, come richiesto dal Curatore Fallimentare della società Lombarda Petroli S.r.l. Dott.ssa Elisabetta Brugnoli (in seguito Committente), è volto a fornire un quadro sintetico delle attività necessarie per il completamento dell'iter di bonifica dell'area Lombarda Petroli di Villasanta (MB), con particolare riferimento ai Lotti B, D ed E, includendo inoltre una valutazione economica di massima dei costi associati alle suddette attività, sulla base dall'ipotesi planivolumetrica predisposta dall'Arch. Giorgio Ponti (**Allegato I**).

In relazione alle risultanze della attività di indagine condotte sul sito, è stato possibile trarre le prime stime economiche sulle passività ambientali presenti. Si sottolinea che sarà possibile fornire un quadro completo ed esaustivo solo al completamento dell'iter progettuale ai sensi del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii., pertanto le quantità e gli importi riportati nel presente documento sono da considerarsi puramente indicativi.

Per quanto concerne gli aspetti legati alla potenziale contaminazione del suolo, del sottosuolo e delle acque sotterranee accertata sul sito, ad oggi non è possibile esprimere precise valutazioni in quanto è necessario preventivamente procedere, in attuazione all'art.242 del Titolo V del D.Lgs. 152/06, al completamento della caratterizzazione del sito (PdCa) nel suo complesso, alla successiva redazione dell'Analisi di Rischio Sanitario Ambientale (AdR) e alla progettazione operativa della bonifica (POB). Solo una volta definito il modello concettuale definitivo del sito ed effettuate le scelte progettuali in ordine alle modalità operative da adottare per eseguire gli interventi di bonifica, sarà possibile predisporre un computo metrico estimativo quanto più preciso; ad oggi questa valutazione non può essere fatta.

Il presente elaborato deve pertanto rappresentare una semplice valutazione preliminare delle attività necessarie per la bonifica del suolo superficiale, del suolo profondo e delle acque sotterranee, effettuata basandosi sullo scenario di riqualificazione previsto dall'ipotesi planivolumetrica predisposta dall'Arch. Giorgio Ponti (**Allegato I**) per gli Ambiti Territoriali AT11.1 e AT11.2 del PGT vigente dall'ipotesi. Le osservazioni contenute nel presente documento sono da ritenersi puramente indicative e sono volte a fornire un quadro generale rappresentativo delle passività associate a problematiche ambientali rilevate in sito. Il presente documento non deve pertanto costituire una stima della passività ambientale o un preventivo di costo per gli interventi di bonifica.

Si segnala infine che le considerazioni riportate nel presente elaborato scaturiscono dalla consultazione della documentazione fornita dal Committente, riassunta al paragrafo 1.1.

### **1.1. Documenti consultati**

1. "Relazione tecnico-descrittiva status interventi su area Lombarda Petroli e proposta di potenziamento della barriera idraulica esistente" redatto da Petroltecnica S.r.l. (ottobre 2006);
2. "Sintesi delle attività di caratterizzazione della matrice terreno (suolo sottosuolo) e delle procedure amministrative relative alla riqualificazione dell'ex area Lombarda Petroli – Relazione Tecnica" redatto da Fenice S.p.A. (ottobre 2006);
3. "Relazione Tecnica - Caratterizzazione Lotto C - Lombarda Petroli (Villasanta)" del 12 marzo 2008, redatta dalla società EDAM – soluzioni ambientali S.r.l.;
4. "Elaborati a supporto delle relazioni di caratterizzazione dei lotti B, C, D –Relazione Tecnica" redatto da Fenice S.p.A. (giugno 2008);
5. "Aggiornamento e revisione modellazione numerica idrogeologica", redatto da Fenice S.p.A., riferimento CSE-RL-241/09, (maggio 2009);
6. "Analisi di Rischio Sito-Specifica", redatto da Petroltecnica S.p.A. (febbraio 2009);
7. "Test Pilota impianto Air Sparging-Soil Vapor Extraction" redatto da Fenice S.p.A. (19/11/2009);
8. "Test Pilota impianto Soil Vapor Extraction-Bioventing" redatto da Fenice S.p.A. (25/11/2009);
9. "RT – Completamento degli interventi di messa in sicurezza di emergenza" rapporto n. B6c-00569/10.03 del 23 marzo 2010, redatto da Petroltecnica S.p.A. per conto di Lombarda Petroli S.p.A.;
10. "Integrazione al Piano della caratterizzazione (Lotto E3)" rapporto n. B3-3562/10.01 del 24 marzo 2010, redatto da Petroltecnica S.p.A. per conto di Lombarda Petroli S.p.A.;
11. Verbale Conferenza dei Servizi del 14/05/2010 presso il Comune di Villasanta", Comune di Villasanta - Settore Lavori Pubblici - Ufficio Ecologia;
12. "Piano della caratterizzazione (Lotto E)" rapporto n. B3-3562/10.02 del 30 giugno 2010, redatto da Petroltecnica S.p.A. per conto di Lombarda Petroli S.p.A.;
13. Offerta relativa all'esecuzione delle attività relative alla bonifica impiantistica, alla demolizione degli impianti e dei fabbricati e manufatti presenti in sito – Off. N. RI 716.2010 del 18.10.2010 redatta da Petroltecnica S.p.A.;
14. "Analisi di Rischio Sito-Specifica Revisione 1", redatto da Petroltecnica S.p.A. (novembre 2010);
15. Verbale Conferenza dei Servizi del 04/10/2010 presso il Comune di Villasanta", Comune di Villasanta - Settore Lavori Pubblici - Ufficio Ecologia;
16. "Documentazione integrativa al Piano della caratterizzazione" rapporto n. B3-3562/10.03 del 15 ottobre 2010, redatto da Petroltecnica S.p.A. per conto di Lombarda Petroli S.p.A.;

17. Interventi di bonifica suolo superficiale e profondo Lotti B, C e D – Valutazione budgettaria attività – Prot. 427.2011 del 01.07.2011 redatta da Petroltecnica S.p.A.;
18. "Analisi di Rischio Sito-Specifica Integrazione alla Revisione 1", redatto da Petroltecnica S.p.A. (settembre 2011);
19. "Analisi di Rischio Sito-Specifica Risposta alle osservazioni della Conferenza dei Servizi del 10/02/2012", redatto da Petroltecnica S.p.A.
20. "Verbale Conferenza dei Servizi del 18/07/2014 presso il Comune di Villasanta", Comune di Villasanta - Settore Lavori Pubblici - Ufficio Ecologia.
21. "Rapporto di monitoraggio trimestrale - ottobre 2014" rapporto n. B3004421/12.07 del 19 maggio 2015, redatto da Petroltecnica S.p.A. per conto di Lombarda Petroli s.r.l. in liquidazione;
22. "Progetto Operativo di Bonifica - Lotti B e D", rapporto n. B3004986/15.01 del 19 giugno 2015, trasmesso alle PP.AA. a mezzo PEC in data 10 agosto 2015, redatto da Petroltecnica S.p.A. per conto di Lombarda Petroli s.r.l. in liquidazione;
23. "Progetto Operativo di Bonifica del sottosuolo insaturo – Lotto C", trasmesso alle PP.AA. a mezzo PEC in data 25 settembre 2015, redatto da Proj.Eco Engineering s.r.l. per conto di Immobiliare Villasanta s.r.l. in liquidazione;
24. "Rapporto di monitoraggio trimestrale – aprile 2015" rapporto n. B3004421/12.08 del 28/09/2015, redatto da Petroltecnica S.p.A. per conto di Lombarda Petroli s.r.l. in liquidazione;
25. Verbale Conferenza dei Servizi del 29/10/2015 presso il Comune di Villasanta", Comune di Villasanta - Settore Lavori Pubblici - Ufficio Ecologia;
26. "Progetto operativo di bonifica delle acque sotterranee - Lotti A1, A2, B, C e D", rapporto n. B3 – 4986/15.02 del 30 novembre 2015, redatto da Petroltecnica S.p.A. per conto di Lombarda Petroli s.r.l. in liquidazione;
27. Verbale Conferenza dei Servizi del 10/02/2016 presso il Comune di Villasanta", Comune di Villasanta - Settore Lavori Pubblici - Ufficio Ecologia;
28. "Rapporto di monitoraggio trimestrale – settembre 2015" rapporto n. B3004421/12.09 del 28/07/2016, redatto da Petroltecnica S.p.A. per conto di Lombarda Petroli s.r.l. in liquidazione;
29. Progetto Operativo di Bonifica delle Acque Sotterranee - Risposta alle Prescrizioni della Conferenza dei Servizi del 10 febbraio 2016 (R.N. B3 – 4986/15.03)" del 30/09/2016, redatto da Petroltecnica S.p.A. per conto di Lombarda Petroli s.r.l. in liquidazione, trasmesso alle PP.AA. a mezzo PEC in data 30 settembre 2016;
30. "Rapporto di monitoraggio trimestrale – marzo 2016" rapporto n. B3004421/12.10 del 18/10/2016, redatto da Petroltecnica S.p.A. per conto di Lombarda Petroli s.r.l. in liquidazione;
31. Verbale Conferenza dei Servizi del 31/01/2017 presso il Comune di Villasanta", Comune di Villasanta - Settore Lavori Pubblici - Ufficio Ecologia;

32. Determinazione n.91 del 06/03/2017 di approvazione del "Progetto Operativo di Bonifica delle Acque Sotterranee - Risposta alle Prescrizioni della Conferenza dei Servizi del 10 febbraio 2016 (R.N. B3 – 4986/15.03) del 30/09/2016", redatto da Petroltecnica S.p.A.;
33. "Rapporto di monitoraggio trimestrale – novembre 2016" rapporto n. B3004421/12.11 del 15/06/2017, redatto da Petroltecnica S.p.A. per conto di Lombarda Petroli s.r.l. in liquidazione;
34. "Integrazioni al Progetto Operativo di Bonifica del sottosuolo insaturo – Lotto C", trasmesso alle PP.AA. a mezzo PEC in data 21/07/2017, redatto da Proj.Eco Engineering s.r.l. per conto di Immobiliare Villasanta s.r.l. in liquidazione;
35. Studio di valutazione del raggio di influenza ed efficienza della barriera idraulica – luglio 2017 – Redatto da Geotechnical Systems Srl.

## 2. STATO DELL'ARTE DEI PROCEDIMENTI DI BONIFICA IN CORSO D'OPERA E RELATIVA VALUTAZIONE ECONOMICA

L'Area Lombarda Petroli è suddivisa in 5 lotti A, B, C, D, E, due dei quali ulteriormente suddivisi nei lotti A1 – A2 ed E1 – E2 – E3; oggetto del presente elaborato sono i lotti B, D, E1, E2 ed E3, in quanto i restanti lotti (A1, A2 e C) sono di proprietà della società Immobiliare Villasanta S.r.l. in liquidazione e concordato preventivo; si segnala che i lotti A1 e A2 sono stati bonificati e riqualificati anche dal punto di vista edilizio. In **Tavola 1** viene fornita una planimetria dell'area con l'indicazione dei suddetti lotti.

A seguire viene fornito un quadro sintetico per ogni lotto, fornendo una prima stima delle passività ambientali associate ad ogni area, calcolate a seguito di quanto scaturito dai procedimenti di bonifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 tuttora in corso d'opera.

### 2.1. Lotti B e D

Per quanto riguarda i Lotti B e D è stato predisposto il Piano Operativo di Bonifica (in seguito POB), in particolare è stato redatto dalla società Petroltecnica S.p.A., per conto di Lombarda Petroli s.r.l. in liquidazione, il "Progetto Operativo di Bonifica - Lotti B e D" (rapporto n. B3004986/15.01 del 19 giugno 2015), trasmesso alle PP.AA. a mezzo PEC in data 10 agosto 2015 (si fornisce un estratto in **Allegato II**).

Il suddetto POB è stato approvato in sede di Conferenza dei Servizi (in seguito CDS) del 29.10.2010 (**Allegato III**) con prescrizioni; per la presentazione delle integrazioni al POB è stata richiesta una proroga di 30 giorni a partire dalla data di emissione della Determinazione di approvazione del Progetto di Bonifica delle acque sotterranee. Il POB delle acque sotterranee (si rimanda al paragrafo 2.4) è stato approvato con Determinazione n.91 del 06/03/2017 (**Allegato VII**), ma le integrazioni al POB per i Lotto B e D non sono ancora state trasmesse alle PP.AA.

I costi di ingegneria per la revisione del POB sono stimabili in circa 20.000,00 €.

La stima dei costi di bonifica inserita nel POB Lotto BD ammonta a 1.433.900,00 € (stima relativa alla prima revisione del documento, da integrare a seguito della CdS 29/10/2015); restano escluse le spese per l'alimentazione elettrica degli impianti e per eventuali interventi di manutenzione straordinaria che dovessero rendersi necessari. Inoltre non sono comprese le spese per le attività di monitoraggio post operam.

Prendendo in considerazione le prescrizioni di cui alla CDS del 29/10/2015, in attesa di una revisione completa del POB, allo stato attuale è possibile ipotizzare un incremento dei costi di bonifica del 50% circa; l'importo complessivo delle passività ammonterebbe pertanto a circa 2.150.000,00 €, che, considerando le spese per l'alimentazione elettrica, gli interventi di manutenzione straordinaria e le spese per le attività di monitoraggio post operam potrebbe arrivare a 3.000.000,00 €.



## 2.2. Lotto C

Al fine di ottenere un quadro generale dei procedimenti relativi all'area Lombarda Petroli, viene proposta una sintesi anche del Lotto C, di proprietà della società Immobiliare Villasanta S.r.l. in liquidazione e concordato preventivo, per la quale la scrivente ha redatto il "Progetto Operativo di Bonifica del sottosuolo insaturo – Lotto C", approvato dalla CDS del 29.10.2010 (**Allegato III**) con prescrizioni.

La scrivente ha pertanto predisposto, per conto di Immobiliare Villasanta s.r.l. in liquidazione, il documento "Integrazioni al Progetto Operativo di Bonifica del sottosuolo insaturo – Lotto C" (si fornisce un estratto in **Allegato IV**), trasmesso alle PP.AA. a mezzo PEC in data 21/07/2017; alla data odierna non è stata ancora indetta la CDS per la valutazione del POB trasmesso.

La stima dei costi di bonifica inserita nelle integrazioni al POB Lotto C ammonta a 950.700,00 €, oltre al 15% di imprevisti.

## 2.3. Lotto E

Per quanto riguarda il Lotto E (suddiviso a sua volta nei lotti E1, E2 e E3), l'iter di bonifica è ancora in fase di caratterizzazione ambientale ai sensi dell'art. 242 comma 3; a seguito della CDS del 04.10.2010 la società Petroltecnica S.p.A. ha redatto, per conto di Lombarda Petroli S.p.A., l'integrazione al Piano di Caratterizzazione (in seguito PdCa) "Documentazione integrativa al Piano della caratterizzazione" (rapporto n. B3-3562/10.03 del 15 ottobre 2010), che rappresenta il documento più recente a disposizione.

La documentazione a disposizione relativamente alla caratterizzazione del Lotto E è composta dai documenti "Integrazione al Piano della caratterizzazione (Lotto E3)" (rapporto n. B3-3562/10.01 del 24 marzo 2010, redatto da Petroltecnica S.p.A. per conto di Lombarda Petroli S.p.A.), "Verbale Conferenza dei Servizi del 14/05/2010 presso il Comune di Villasanta", "Piano della caratterizzazione (Lotto E)" (rapporto n. B3-3562/10.02 del 30 giugno 2010, redatto da Petroltecnica S.p.A. per conto di Lombarda Petroli S.p.A.), "Verbale Conferenza dei Servizi del 04/10/2010 presso il Comune di Villasanta", e "Documentazione integrativa al Piano della caratterizzazione" (rapporto n. B3-3562/10.03 del 15 ottobre 2010, redatto da Petroltecnica S.p.A. per conto di Lombarda Petroli S.p.A.).

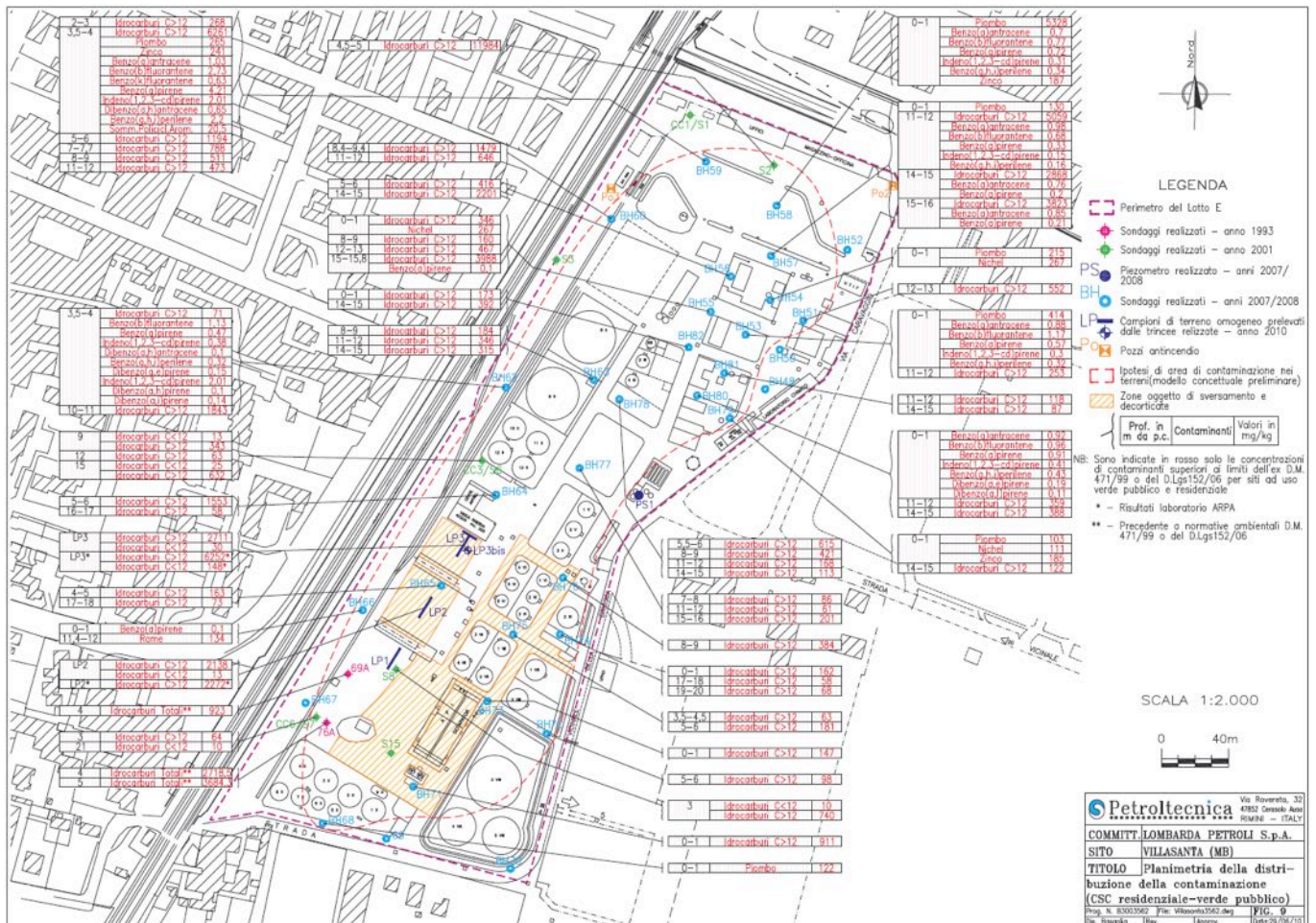
Facendo riferimento alla CDS del 14.10.2010, il Comune di Villasanta, in accordo con ARPA e Provincia, ha precisato che per il sito in oggetto la caratterizzazione dovrà cautelativamente fare riferimento ai limiti previsti dalla Tabella 1, colonna A dell'Allegato 5 alla Parte Quarta, titolo V del D.Lgs. 152/06 per *Siti ad uso verde pubblico e residenziale*.

Secondo quanto premesso, le indagini ambientali condotte nel 2001, nel 2007/2008 e nel 2010 (a seguito dell'intervento di MISE successivo allo sversamento doloso del 23.02.2010) hanno evidenziato superamenti delle CSC Colonna A in 33 punti, fino a profondità massima di 21 m da p.c. (terreni saturi), per i parametri Idrocarburi Pesanti C>12, Idrocarburi Leggeri C<12, Idrocarburi Policiclici Aromatici IPA, Metalli pesanti; per una trattazione nel dettaglio si rimanda al PdCa Lotto E (rapporto n. B3-3562/10.02 del 30 giugno 2010) presente agli atti.

Di questi, 16 punti mostrano superamenti delle CSC Colonna A negli strati superficiali (compresi fra 0 e -2 m circa da p.c.).

Come riportato nel suddetto PdCa, "con queste premesse si potrebbe stimare che la contaminazione abbia un'estensione pari a quella riportata in Figura 9a pari a circa 55.000 m<sup>2</sup>".

Approssimando, si può ipotizzare che il 50% della superficie contaminata interessi anche gli orizzonti più superficiali.



**Fig.1: Planimetria superamenti CSC col.A (Fig.9a - PdCa - rapporto n. B3-3562/10.03 del 15 ottobre 2010)**

Il PdCa del Lotto E, così come integrato, prevede un Piano di indagine in 5 fasi, mediante la realizzazione di n.72 sondaggi geognostici con metodo a perforazione a carotaggio continuo a secco, spinti fino alla profondità di circa 24 m da p.c.; sono inoltre previsti n.9 scavi da eseguire con pala meccanica fino a una profondità di 4 m da p.c. Per ogni sondaggio è previsto il prelievo e l'analisi di n.7 campioni di terreno, mentre per ogni scavo il prelievo e l'analisi di n.3 campioni di terreno, per un totale di 531 campioni di terreno. E' inoltre previsto il campionamento di 9 piezometri.

Il protocollo analitico per i campioni prelevati è il seguente:

- Idrocarburi totali C>12 C≤12 (espressi come n-esano per i campioni di acque);
- BTEX;
- IPA;
- Pb, As, Cd, Cr tot, Ni, Cu, Zn (solo per i terreni).

E' inoltre prevista la determinazione dei parametri sito specifici per l'eventuale Analisi di rischio.

Per le attività di caratterizzazione suddette, così come indicato nel PdCa e ss.mm.ii., si stimano i seguenti costi:

Attività	U.d.m.	Q.tà	Costo unitario (€)	Costo totale (€)
Realizzazione sondaggi a 24 m da p.c.	cad	72	2.000 €	144.000 €
Analisi campioni di terreno	cad	531	250 €	132.750 €
Analisi campioni di acque	cad	9	200 €	1.800 €
Determinazione parametri sito specifici	a corpo	1	20.000 €	20.000 €
Attività di campo (circa 6 mesi)	a corpo	1	60.000 €	60.000 €
Attività e analisi ARPA (circa 10% analisi + sopralluoghi)	a corpo	1	35.000 €	35.000 €
<b>TOTALE</b>				<b>393.550,00 €</b>

Le attività di caratterizzazione dovranno seguire un piano di dismissione per fasi del Lotto E; con riferimento al documento "*Offerta relativa all'esecuzione delle attività relative alla bonifica impiantistica, alla demolizione degli impianti e dei fabbricati e manufatti presenti in sito – Off. N. RI 716.2010 del 18.10.2010*" redatto da Petroltecnica S.p.A. (**Allegato V**), l'intervento di dismissione ha un costo stimato pari a circa 950.000,00 €.

Prendendo in considerazione le premesse del PdCa, stimando che la contaminazione del Lotto E abbia un'estensione pari a circa 55.000 m<sup>2</sup>, considerando che i contaminanti attualmente individuati sono analoghi a quelli rilevati nei Lotti B, C e D, sia per tipologia che per distribuzione in superficie e in profondità, è possibile effettuare una stima parametrica molto indicativa effettuando un raffronto con quanto già stimato nei POB relativi ai lotti BD e C.

Le considerazioni riportate in precedenza in merito al POB dei Lotti BD prevedono un importo complessivo dei costi di bonifica di circa 3.000.000,00 €, per una superficie di circa 83.000 m<sup>2</sup>; il costo al m<sup>2</sup> è pertanto pari a circa 36€/m<sup>2</sup>.

Per quanto riguarda il POB del Lotto C (di proprietà della società Immobiliare Villasanta S.r.l. in liquidazione e concordato preventivo), l'importo complessivo dei costi di bonifica è pari a circa 950.000,00 €, per una superficie di circa 19.000 m<sup>2</sup>; il costo al m<sup>2</sup> è pertanto pari a circa 50 €/m<sup>2</sup>.

Cautelativamente si ritiene opportuno utilizzare l'importo più alto (Lotto C), per cui i costi di bonifica dei terreni insaturi superficiali e profondi del Lotto E ammonta a circa 2.750.000,00 €, oltre imprevisti.

## 2.4. Acque sotterranee

Il "Progetto di Bonifica delle acque sotterranee Lotti A1, A2, B, C e D - Risposta alle Prescrizioni della Conferenza dei Servizi del 10 febbraio 2016 (R.N. B3 - 4986/15.03)" del 30/09/2016, redatto da Petroltecnica S.p.A. per conto di Lombarda Petroli s.r.l. in liquidazione, trasmesso alle PP.AA. a mezzo PEC in data 30 settembre 2016", è stato approvato con determinazione numero 91 del 06/03/2017 (**Allegato VII**).

L'approvazione del POB è subordinata ad alcune prescrizioni, fra le quali l'esecuzione del "Test pilota di Air/Bio sparging e microdiffusione di ossigeno" che confermi la validità delle tecnologie del POB, così come già descritto nel POB.

I costi legati all'esecuzione del test pilota sono stimabili in circa 100.000,00 €, mentre i costi di ingegneria per la revisione del POB sono stimabili in ulteriori 20.000,00 €.

La stima dei costi di bonifica inserita nel POB acque sotterranee Lotti A1, A2, B, C e D (si fornisce un estratto in **Allegato VI**) ammonta a 743.800,00 €, escluse le spese per l'alimentazione elettrica degli impianti e per eventuali interventi di manutenzione straordinaria che dovessero rendersi necessari che potrebbero portare il costo complessivo a circa 900.000,00 €.

Per quanto riguarda le acque sotterranee, vanno considerati anche i costi relativi alla gestione della barriera idraulica e ai monitoraggi periodici.

La rete di monitoraggio è costituita dai Pozzi Barriera (PoA, PoB, PoC, PoDbis e PoE), dai piezometri posti a valle della barriera stessa (Pi3bis, Pi X1, Pi Y1, Pi Z1, Pi X2, PR 1, PR2), dai punti di monitoraggio della falda superficiale (CC1, CC2 e Pi15fs), e dagli altri piezometri presenti in sito. Le campagne di monitoraggio hanno frequenza trimestrale (nonostante attualmente vengano condotte con cadenza semestrale), con una campagna di monitoraggio estesa, da effettuarsi nei mesi di marzo e settembre in tutti i punti (PoA, PoB, PoC, PoDbis, PoE, PoH, W1, Pi3bis, Pi1bis, Pi15, Pi13, Pi11, Pi7bis, Pi10, Pi8, Pi9, CC9, PP1, Pix1, Pix2, Piy1, Piz1, PR1, PR2, PR3, PR4, PR5 e PR6), e una ridotta (nei punti PoA, PoB, PoC, PoDbis, PoE, W1, Pix1, Pix2, Piy1, Piz1, PR1, PR2, PR3, PR4, PR5, PR6, Pi3bis, Pi8 e PP1), da effettuarsi nei mesi di giugno e dicembre. Il costo annuale per il monitoraggio delle acque sotterranee è stimabile in circa 30.000€; considerando che il monitoraggio dovrà essere proseguito per almeno 5 anni dal termine delle attività di bonifica, presupponendo che le opere di bonifica potranno ragionevolmente concludersi nell'arco di 5 anni, il costo complessivo per il monitoraggio delle acque di falda ammonta a circa 300.000,00 €.

Per quanto concerne la barriera idraulica, allo stato attuale non è possibile fornire una valutazione in termini economici, in quanto non è stato possibile acquisire la documentazione di pertinenza.



### 3. STIMA ECONOMICA DELLA RIQUALIFICAZIONE DELL'AREA SULLA BASE DELL'IPOTESI PLANIVOLUMETRICA

Nel presente capitolo viene presentata una prima ipotesi indicativa e non esaustiva dei costi potenzialmente associabili alle attività di bonifica delle matrici ambientali, con particolare riferimento all'ipotesi planivolumetrica predisposta dall'Arch. Giorgio Ponti (**Allegato I**) per gli Ambiti Territoriali AT11.1 e AT11.2 del PGT vigente (in seguito AT11.1 e AT11.2).

Come mostrato in **Tavola 2**, gli AT11.1 e AT11.2 corrispondono con i Lotti B, C ed E, di proprietà della Committente ed oggetto di studio del presente elaborato.

In particolare, l'AT11.1, con una superficie complessiva pari a circa 118.00 m<sup>2</sup>, comprende i Lotti E (E1, E2 ed E3) e la quasi totalità del Lotto D, così come illustrato in **Tavola 2**. Facendo riferimento alla Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte Quarta, titolo V del D.Lgs. 152/06, l'ipotesi planivolumetrica (**Allegato I**) prevede due destinazioni d'uso per l'AT11.1:

- Tabella 1, Colonna B: area a destinazione d'uso "commerciale-industriale"  
Area a destinazione prevalente logistica, oltre a uffici, esposizioni, depositi, piazzali, viabilità, etc., per una superficie di circa 82.000 m<sup>2</sup>, corrispondente con l'intero Lotto E;
- Tabella 1, Colonna A: area a destinazione d'uso "verde"  
Area a destinazione "verde pubblico", per una superficie di circa 36.000 m<sup>2</sup>, che comprende la quasi totalità del Lotto D (circa 80%).

L'AT11.2, con una superficie complessiva pari a circa 57.00 m<sup>2</sup>, comprende tutto il Lotto B e una quota parte del Lotto D (circa 20%). Anche per l'AT11.2 l'ipotesi planivolumetrica (**Allegato I**) prevede due destinazioni d'uso:

- Tabella 1, Colonna B: area a destinazione d'uso "commerciale-industriale"  
Area a destinazione prevalente commerciale, oltre a logistica, uffici, piazzali, viabilità, etc., per una superficie di circa 17.000 m<sup>2</sup> (quota parte del Lotto B);
- Tabella 1, Colonna A: area a destinazione d'uso "verde"  
Area a destinazione "verde pubblico", per una superficie di circa 40.000 m<sup>2</sup>, facente parte dei Lotti B e D.

Nei seguenti paragrafi vengono brevemente riassunti i passaggi necessari al completamento dell'iter di bonifica del sito, ai sensi del D.Lgs. 152/06 e s.m.i., che si ritengono necessari per la riqualificazione degli AT11.1 e AT11.2 in base all'ipotesi planivolumetrica allegata (**Allegato I**); come premesso, viene proposta inoltre una prima valutazione indicativa e non esaustiva dei costi di bonifica associati alle suddette attività.

### 3.1. Caratterizzazione ambientale del Lotto E

Come indicato al paragrafo 2.2, le attività di caratterizzazione ambientale del Lotto E non sono state ultimate. Facendo riferimento alla CDS del 14.10.2010, per la caratterizzazione del Lotto E cautelativamente si è fatto riferimento ai limiti previsti dalla Tabella 1, colonna A dell'Allegato 5 alla Parte Quarta, titolo V del D.Lgs. 152/06 per *Siti ad uso verde pubblico e residenziale*.

L'ipotesi planivolumetrica (**Allegato X**) prevede una destinazione d'uso di cui alla colonna B (*siti ad uso commerciale-industriale*), per cui sarà necessario revisionare il PdCa sulla base dei suddetti obiettivi di bonifica.

Allo stato attuale non è possibile stimare con esattezza i costi imputabili alla caratterizzazione ambientale del Lotto E, per cui si ritiene cautelativamente considerare le stime derivanti dal procedimento in essere (cfr. paragrafo 2.2), pari a circa **400.000,00 €**.

Le attività di caratterizzazione dovranno seguire un piano di dismissione per fasi del Lotto E; con riferimento al documento "*Offerta relativa all'esecuzione delle attività relative alla bonifica impiantistica, alla demolizione degli impianti e dei fabbricati e manufatti presenti in sito – Off. N. RI 716.2010 del 18.10.2010*" redatto da Petroltecnica S.p.A. (**Allegato V**), l'intervento di dismissione ha un costo stimato pari a circa 950.000,00 €. Considerando che la suddetta offerta è stata predisposta nel 2010, si ritiene ragionevole considerare una maggiorazione dell'importo di circa 25%, per un totale complessivo stimato pari a **1.200.000,00 €**.

### 3.2. Analisi di rischio ambientale sito-specifica

Gli scenari previsti dall'ipotesi planivolumetrica (**Allegato I**) costituiscono una sostanziale variante del modello concettuale sulla base del quale è stata predisposta l'Analisi di Rischio ambientale sito specifica (in seguito AdR), in ottemperanza alla normativa vigente (D.Lgs. 152/06 e s.m.i.), per i Lotti B e D; inoltre, al termine della caratterizzazione del Lotto E, si dovrà procedere all'elaborazione dell'AdR anche per questo lotto.

Verrà pertanto elaborato il modello concettuale definitivo del sito, con l'individuazione delle aree contaminate e la delimitazione superficiale e in profondità delle stesse. La procedura di AdR risulterà inoltre indispensabile in quanto le tecnologie di bonifica applicabili per gli orizzonti più profondi comporterebbero tempi e costi non compatibili con il progetto di riqualificazione del sito, per cui per le contaminazioni residue verrà calcolato il rischio residuo per i recettori dell'area (residenti, lavoratori, acque di falda - valutazione del rischio in modalità diretta) e saranno di conseguenza calcolate le CSR (Concentrazioni Soglia di Rischio) in modalità inversa.

Si potrà così definire, tramite AdR sito-specifica, lo stato di contaminazione delle matrici ambientali e, successivamente, descrivere gli interventi di risanamento da attuare per consentire la riqualificazione del sito secondo quanto previsto dall'ipotesi planivolumetrica (**Allegato I**).

I costi di ingegneria per la revisione dell'AdR "Lotti B-D" e per la progettazione dell'AdR "Lotto E" sono stimabili in circa **50.000,00 €**.

### 3.3. Progetto Operativo di Bonifica – Terreni insaturi

A partire dai risultati dell'AdR verrà pertanto definito il Progetto Operativo di Bonifica (POB) ai sensi del D.Lgs.152/06 e s.m.i.

Le possibili tecnologie per la bonifica dei terreni insaturi sono molteplici, a seguire vengono descritte quelle che, al momento, si ritengono più opportune per il sito in oggetto. Si tratta di una valutazione necessaria alla selezione delle tecnologie più appropriate, quindi principalmente rivolte a definire l'applicabilità e i pro e contro delle diverse alternative.

Qualsiasi proposta di bonifica deve fare riferimento ai seguenti aspetti:

- *Protezione dell'ambiente fisico e dell'uomo:* è il criterio fondamentale di valutazione, e si concretizza eliminando o riducendo i rischi di esposizione; nella pratica, questo si ottiene riducendo la mobilità, la tossicità e/o la massa di contaminanti presenti. Oltre a ciò, la tecnologia da adottare non deve incrementare i rischi, né a breve, né a lungo termine, o determinare impatti su matrici diverse da quelle oggetto del risanamento;
- *Raggiungimento degli obiettivi di bonifica:* la tecnologia deve far prevedere il raggiungimento degli obiettivi, desunti dalla normativa;
- *Efficacia a lungo e breve termine:* la tecnologia scelta deve consentire l'ottenimento di risultati duraturi e verificabili. Oltre a consentire effetti duraturi al termine delle operazioni, la tecnologia di bonifica deve anche fornire un'apprezzabile riduzione del rischio per i potenziali recettori;
- *Facilità di realizzazione e gestione:* la fattibilità tecnica, la disponibilità di materiali e servizi e la semplicità gestionale sono criteri sostanziali nella scelta della tecnologia di intervento. Questo si traduce nella possibilità di minimizzare i costi realizzativi e operativi ed i rischi di mal funzionamento della tecnologia;
- *Minimo impatto ambientale:* si traduce nella scelta di una tecnologia che riduce al minimo il contatto tra l'uomo e le matrici contaminate, il trasferimento di materiali nocivi presso altri siti, l'impatto visivo e sonoro, la produzione di rifiuti secondari, il consumo di risorse energetiche. Questo aspetto viene specificamente sottolineato dalla legislazione vigente, che consiglia fortemente l'applicazione di tecnologie in grado di minimizzare la produzione ed il trasferimento presso altri siti di materiali contaminati.

La scelta dell'intervento dovrà tener conto dei cinque aspetti sopra descritti.

In generale, una suddivisione delle tecniche di bonifica può essere basata sul luogo di effettiva realizzazione rispetto al sito oggetto di intervento:

- *In situ:* trattamento dell'impatto in posto, senza movimentazione del materiale interessato;
- *On site:* trattamento in loco, previa movimentazione (scavo) del materiale impattato;
- *Off site:* trattamento / conferimento del materiale impattato al di fuori del sito, previa movimentazione.

Un'ulteriore suddivisione delle tecniche / tecnologie o approcci di bonifica si basa sulla natura stessa dell'intervento, secondo la quale possono essere individuate le seguenti tipologie di trattamenti:

- Trattamenti fisici;
- Trattamenti chimici;
- Trattamenti biologici.

### **3.3.1. Metodi "ex situ" e "on site"**

Questa categoria di tecniche di bonifica comprende tutti i metodi che presuppongono il trattamento/smaltimento dei terreni previa asportazione per escavazione del terreno stesso.

#### **3.3.1.1 Scavo, vagliatura e trasporto a discarica**

Consiste nella rimozione fisica del terreno contaminato, lo stoccaggio temporaneo in sito, la caratterizzazione e lo smaltimento presso una discarica adeguata. Gli scavi sono quindi richiusi con terreni/materiali di provenienza certificata.

La bonifica mediante scavo e smaltimento ha il vantaggio di garantire la completa rimozione dei terreni contaminati e il raggiungimento degli obiettivi di bonifica in tempi relativamente limitati. Il metodo può essere facilmente utilizzato per aree di dimensioni ridotte, profondità limitate e terreni insaturi. Al contrario, nel caso sia necessario rimuovere terreni non superficiali, è necessario prevedere azioni per garantire l'esecuzione delle attività in condizioni di sicurezza, quali opere di sostegno delle pareti di scavo o la sagomatura delle pareti stesse con opportune scarpate. Quest'ultimo caso comporta la conseguente movimentazione di ingenti volumi di terreno potenzialmente non contaminati. Questa tecnica ha lo svantaggio di non permettere di trattare o riutilizzare il terreno in sito, e di costituire pertanto un trasferimento di contaminazione dal sito ad una discarica controllata.

In alternativa allo smaltimento del terreno contaminato tal quale, in terreni con granulometria grossolana, è possibile effettuare un intervento di vagliatura al fine di ridurre i volumi da inviare a discarica e di recuperare la frazione più grossolana presumibilmente non contaminata.

I costi di questa tecnologia di bonifica sono fortemente influenzati dai costi di smaltimento, dalla destinazione finale dei terreni scavati (impianti di trattamento o discariche per rifiuti inerti, non pericolosi o pericolosi), dall'eventuale vagliatura e dalle profondità di scavo da raggiungere.

#### **Fattibilità tecnica:**

Con riferimento al caso specifico, per la rimozione totale dei terreni impattati, lo scavo dovrebbe essere spinto fino al raggiungimento di profondità molto elevate. La realizzazione di uno scavo così profondo, potrebbe essere effettuata tramite:

- La realizzazione di scarpate di idonea pendenza, interrotte da gradonate. Le scarpate di scavo dovrebbero essere modellate in modo tale da garantire la stabilità dello scavo in ogni fase lavorativa; dovrebbero essere inoltre realizzate idonee rampe di accesso, per mettere ai mezzi di scavo e di conferimento, il raggiungimento del fondo scavo;
- L'impiego di opere di sostegno provvisoria degli scavi (quali ad esempio palancole o micropali); anche in questo caso, su uno dei lati dello scavo dovrebbe essere comunque realizzata un'ideale rampa di accesso, per permettere ai mezzi di lavoro il raggiungimento delle quote di scavo.

Inoltre sarebbe possibile vagliare i terreni contaminati, al fine di ridurre le quantità di terreno da inviare in discarica.



In entrambi i casi dovrebbero essere affrontate le seguenti problematiche tecniche:

- a) Caratterizzazione geotecnica dei terreni da attraversare (prove penetrometriche, analisi geotecniche di laboratorio, ecc). Necessaria per la verifica delle scarpate di scavo e per il dimensionamento delle opere di sostegno;
- b) Dimensionamento e verifica della stabilità degli scavi. Nel caso di scavo con scarpate: verifica della stabilità delle scarpate in ogni fase di lavoro. Nel caso di impiego di opere di sostegno: selezione della tecnica più adatta, valutazione con modello elastoplastico dello stato tensionale e deformativo della paratia. Nel caso di impiego di palancole dovrebbe anche essere considerata la potenziale presenza di strutture interrato che potrebbero creare problemi all'infissione delle stesse. Per quanto riguarda la falda sarebbe necessario calcolare attraverso reticoli di flusso l'affioramento a fondo scavo e dimensionare di conseguenza un idoneo impianto di aggettamento delle acque;
- c) Necessità di mettere in opera sistemi di aggettamento della falda. Per permettere di realizzare lo scavo in condizioni di sicurezza potrebbe essere necessario impiegare dei sistemi di well-point di più ordini;
- d) Necessità di reperire spazi per lo stoccaggio dei terreni. Sia per i terreni con concentrazioni inferiori alle CSC / CSR (in attesa di riutilizzo per il riempimento dello scavo), sia per i terreni contaminati (da sottoporre ad eventuale vagliatura), sarebbero necessari spazi per l'allestimento delle relative baie di stoccaggio.

#### Costi

Il costo di questo tipo di intervento è riconducibile alle operazioni di escavazione dei terreni, caratterizzazione e smaltimento dei terreni, riempimento dello scavo, realizzazione di piazzole di deposito temporaneo dei terreni, opere di drenaggio e convogliamento delle acque delle piazzole, costi di monitoraggio dell'intervento, costi dell'eventuale vagliatura, e in aggiunta l'eventuale confinamento/abbassamento della falda acquifera, realizzazione di opere di emungimento e/o aggettamento delle acque, trattamento/smaltimento delle acque emunte.

#### Vantaggi:

- Completa rimozione dei terreni contaminati;
- Raggiungimento degli obiettivi di bonifica in tempi relativamente limitati.

#### Svantaggi:

- Scarsa compatibilità ambientale: trasferimento della contaminazione da un sito ad un altro (seppur controllato), formazione di polveri durante le fasi di scavo, movimentazione e trasporto a discarica dei terreni;
- Protezione dei lavoratori: i lavoratori sarebbero potenzialmente esposti a rischi (esposizione a sostanze pericolose, seppellimento, sprofondamento e di caduta dall'alto). Dovrebbero pertanto essere previsti, in accordo alle normative vigenti, un idoneo piano di prevenzione e adeguati sistemi di sicurezza;
- Aumento dei volumi di scavo (soprattutto nel caso di scavo con scarpate); per raggiungere le profondità di scavo dovrebbero essere rimossi terreni non impattati. Ciò comporterebbe anche l'aumento delle analisi chimiche da effettuare per la caratterizzazione dei terreni potenzialmente riutilizzabili in sito e la necessità di reperire spazi all'interno del sito per lo stoccaggio provvisorio dei terreni in attesa di caratterizzazione/smaltimento/riutilizzo;

- Necessità di apportare terreno certificato dall'esterno per il riempimento degli scavi;
- Eventuale necessità di predisporre un idoneo impianto di trattamento e/o stoccaggio delle acque emunte che dovranno essere smaltite secondo le modalità della normativa vigente;
- Costi elevati.

### **3.3.1.2 Scavo e trattamento dei terreni con Biopile**

Consiste nella rimozione fisica del terreno contaminato, lo stoccaggio in sito, e l'esecuzione di ripetute operazioni atte ad areare i terreni da trattare, inoltre prevede l'inoculo di nutrienti o di microrganismi specializzati (ad esempio batteri idrocarburo degradanti) per migliorare le efficienze di degradazione. Il terreno deve presentare una granulometria non eccessivamente fine, per evitare problemi di diffusione dell'aria alla matrice da trattare.

#### *Fattibilità tecnica:*

Il trattamento in biopile prevede l'escavazione del terreno contaminato e il successivo mescolamento con ammendanti che dà luogo a un processo di compostaggio in pile statiche ed areate con soffianti o pompe per vuoto. L'efficacia del trattamento in biopile dipende dalle caratteristiche del suolo, in particolare dalla densità della popolazione microbica, intesa come "Colony Forming Units", dal contenuto in nutrienti, dal pH, dalla tessitura e dall'umidità. Una granulometria prevalentemente fine dei terreni potrebbe imporre l'impiego di sostanze in grado di costituire all'interno della biopila uno scheletro solido che ne aumenterebbe la porosità efficace o l'adozione di un trattamento preliminare di frantumazione degli eventuali aggregati. In tal modo si aumenterebbe l'areazione della biopila favorendo lo sviluppo delle reazioni di degradazione aerobica.

La biodegradazione dei contaminanti viene stimolata mediante un sistema di tubazioni installato entro la pila con le quali è possibile aggiungere ossigeno e nutrienti nel terreno contaminato. Il controllo dell'umidità può avvenire tramite l'immissione di aria satura di vapore d'acqua nel terreno da trattare o impiegando un impianto di irrigazione. L'accumulo in biopila ha un'altezza variabile da 1 a 3 m, larghezza non superiore a 2,5 m ed è sistemato sopra una superficie impermeabilizzata, tipo un telo polietilenico, e attrezzato con una rete di raccolta del percolato. Considerato che i prodotti petroliferi sono caratterizzati da frazioni a differente grado di volatilità, potrebbe rendersi necessario adottare un sistema di filtrazione dei gas generati prima della loro emissione in atmosfera.

La tecnica è idonea per il trattamento di suoli contaminati da idrocarburi con concentrazioni di TPH inferiori a 10.000 mg/Kg; qualora le concentrazioni di TPH fossero superiori a 50.000 mg/Kg si potrebbero verificare condizioni tossiche per lo sviluppo dei microrganismi e potrebbe essere necessario ammendare il terreno più contaminato con terreno meno contaminato al fine di mediare la concentrazione dei contaminanti. La tecnica, indicata nel trattamento di idrocarburi, prevede dei test preliminari per verificare i parametri sito specifici e la biodegradabilità dell'inquinante.

#### *Costi:*

Il costo di questo tipo di intervento è riconducibile alle operazioni di escavazione dei terreni, confinamento/abbassamento della falda acquifera, realizzazione di opere di emungimento e/o aggotamento delle acque, trattamento/smaltimento delle acque emunte, predisposizione delle aree di trattamento, opere di drenaggio e convogliamento delle acque, al costo di acquisto o noleggio dell'impianto di iniezione di ossigeno e nutrienti, ai consumi energetici e agli ordinari costi di monitoraggio dell'intervento.

Vantaggi:

- Possibilità di minimizzare i quantitativi di terreno da mandare a discarica, favorendone il recupero.

Svantaggi:

- Svantaggi legati allo scavo dei terreni (si veda il paragrafo precedente);
- Necessità di prevedere riempimenti o presidi agli scavi aperti fino al termine del trattamento;
- Tempi relativamente lunghi;
- Necessità di disporre di ampi spazi;
- Costi medio-alti (legati soprattutto allo scavo dei terreni).

### **3.3.1.3 Scavo e trattamento dei terreni con Landfarming**

Consiste nella rimozione fisica del terreno contaminato, lo stoccaggio in sito, e l'esecuzione di ripetute operazioni agricole (aratura, fresatura, discatura, erpicatura, ecc.) atte a favorire l'esposizione del terreno all'ossigeno atmosferico e a fornire, mediante concimazione, le opportune sostanze nutrienti necessarie a sostenere l'attività batterica dei microrganismi naturalmente presenti o eventualmente inoculati.

Fattibilità tecnica:

Il landfarming prevede la coltivazione del terreno al fine di promuovere la proliferazione della flora batterica e incrementare i processi di biodegradazione del contaminante tramite microrganismi che utilizzano le sostanze inquinanti come nutrienti e fonte di energia per i processi di riproduzione e moltiplicazione cellulare. Tale tecnica prevede due diverse tipologie di intervento da realizzarsi attraverso la moltiplicazione della popolazione microbica autoctona presente sul terreno con arricchimento dei nutrienti e dell'ossigeno o immissione nel terreno di popolazioni microbiche alloctone selezionate per gli inquinanti specifici (bioaugmentation).

La fattibilità tecnica del trattamento dipende dalle caratteristiche del terreno, in particolare dalla densità e tipologia di carica batterica, contenuto di nutrienti, pH, umidità e tessitura del suolo. Tali parametri devono essere valutati preliminarmente mediante test specifici.

Il terreno deve essere scavato, trasportato e distribuito su una superficie appositamente preparata. La configurazione ideale del landfarming consiste nella realizzazione di un bacino di trattamento confinato da opportuni argini e collocato sopra il p.c., oppure parzialmente interrato. In entrambi i casi, partendo dalla base inclinata dell'1-2% realizzata in argilla o calcestruzzo, viene sovrapposto un letto di sabbia di circa 20-30 cm e uno strato di 60-100 cm di terreno contaminato. Nello strato sabbioso è interrata una rete drenante, costituita da tubi fessurati, per la raccolta del percolato. Le acque di ruscellamento superficiale vengono raccolte ed allontanate tramite una canaletta posta al piede dello strato superiore. Le acque raccolte dalla suddetta canalina e dalla rete di drenaggio, una volta depurate attraverso filtri a carboni attivi, possono essere utilizzate per irrigare il bacino di trattamento. La periodica irrigazione e movimentazione del terreno da trattare mediante mezzi agricoli favorisce i processi biodegradativi.

Il livello di biodegradabilità dell'inquinante è una funzione delle caratteristiche dell'inquinante stesso e di quelle del suolo e può essere stimato preliminarmente mediante test di trattabilità.

#### Costi:

Il costo di questo tipo di intervento è riconducibile alle operazioni di escavazione dei terreni, confinamento/abbassamento della falda acquifera, realizzazione di opere di emungimento e/o aggettamento delle acque, trattamento/smaltimento delle acque emunte, predisposizione delle aree di trattamento, opere di drenaggio e convogliamento delle acque, al costo di acquisto o noleggio dell'impianto di iniezione di ossigeno e nutrienti, ai consumi energetici e agli ordinari costi di monitoraggio dell'intervento.

#### Vantaggi:

- Possibilità di minimizzare i quantitativi di terreno da mandare a discarica, favorendone il recupero.

#### Svantaggi:

- Svantaggi legati allo scavo dei terreni (si vedano i paragrafi precedenti);
- Necessità di prevedere riempimenti o presidi agli scavi aperti fino al termine del trattamento;
- Tempi relativamente lunghi;
- Necessità di disporre di ampi spazi;
- Costi medio-alti (legati soprattutto allo scavo dei terreni).

### **3.3.2. Trattamenti in situ**

#### **3.3.2.1 Aspirazione dei gas interstiziali (Soil Vapor Extraction - SVE)**

È una tecnica che rimuove fisicamente i composti organici volatili dai terreni della zona non satura. Essa consiste nell'applicare una depressione, tramite un aspiratore o una pompa da vuoto, ad uno o più pozzi entro la zona non satura. Si genera così un flusso continuo di gas interstiziale, che viene quindi estratto e trattato sul sito, prima dell'emissione in atmosfera. Ulteriore effetto di questa tecnologia è la promozione dei processi biodegradativi ad opera dei batteri autocni aerobi permettendo così una ulteriore riduzione della massa dei contaminanti.

I principali parametri che condizionano l'efficacia di questo metodo sono la tensione di vapore dei composti, la permeabilità dei terreni all'aria, l'umidità e il contenuto di materia organica dei terreni. Altri aspetti tecnici, quali la lunghezza e il tipo di filtri dei pozzi di aspirazione, la portata del sistema di estrazione e il tipo di impianto di aspirazione applicato possono influire significativamente sui risultati dell'intervento.

Ne caso di presenza anche di catene idrocarburiche lunghe, il trattamento può essere, in una seconda fase, convertito a Bioventing, tramite l'aerazione e l'ossigenazione del suolo da trattare al fine di promuovere la biodegradazione dei composti pesanti eventualmente residui.

##### Costi:

Il costo di questo tipo di intervento è riconducibile alla realizzazione dei pozzi di aspirazione, agli associati collegamenti pneumatici, al costo di acquisto o noleggio dell'impianto di aspirazione e di trattamento, ai consumi energetici, al sistema di trattamento dei vapori estratti e ai costi di monitoraggio dell'intervento.

##### Fattibilità tecnica:

Il metodo è largamente applicato nella bonifica di siti contaminati da idrocarburi e, una volta installato, riduce al minimo il disturbo al sito ed alle infrastrutture limitrofe. Data la natura dei contaminanti (estremamente volatili), e dei terreni oggetto di intervento (sabbie e ghiaie) lo SVE è applicabile nel caso specifico.

L'eventuale presenza dei composti più pesanti potrebbe essere trattata passando da una fase di Soil Vapor Extraction ad una di Bioventing. Per definire con cura il dimensionamento degli impianti è necessaria una prova pilota da eseguire sul sito.

Questa tecnica è applicabile esclusivamente ai terreni insaturi (sopra falda).

##### Vantaggi:

- Elevata compatibilità ambientale, grazie alla possibilità di riportare le concentrazioni dei contaminanti nei terreni entro i limiti normativi, senza movimentare terreno;
- Interferenze minime con il sito;
- Costi di bonifica contenuti.

##### Svantaggi:

- Tempi di bonifica più lunghi rispetto ad uno scavo e smaltimento;
- Necessità di trattare i vapori estratti in uscita dall'impianto.

### 3.3.2.2 Insufflazione d'aria nel terreno (BioVenting - BV)

Il trattamento di BioVenting (BV) prevede la circolazione forzata di aria atmosferica nei pori del terreno. Tale condizione si ottiene insufflando aria nel terreno contaminato per mezzo di pozzi, così da iniettare quantitativi d'ossigeno sufficienti ad incrementare l'attività batterica naturalmente presente nel sottosuolo.

Con l'ossigenazione del sottosuolo insaturo si ottiene un effetto benefico nei confronti delle colonie di batteri autoctoni aerobi presenti, il cui sviluppo permette di degradare velocemente il contaminante organico presente, mediante reazioni di ossidazione.

L'efficienza della tecnica di BioVenting è condizionata da numerosi fattori: in particolar modo la permeabilità del terreno ai gas ed il raggio d'influenza dell'aria insufflata, strettamente correlati alla granulometria del terreno, sono parametri di fondamentale importanza nella progettazione di un intervento di questo tipo.

#### Fattibilità tecnica:

I sistemi di BioVenting sono particolarmente utilizzati per la decontaminazione di terreni inquinati da idrocarburi (diesel e carburanti per aviazione, kerosene).

L'efficienza di rimozione varia considerevolmente dalle caratteristiche di permeabilità dei terreni; in presenza di terreni di medio impasto (elevate percentuali di scheletro e sabbia) l'efficienza di rimozione di carburanti sfiora il 95% in un periodo medio di 35 - 60 gg; in presenza di elevate quantità di argilla, limo, frazioni organiche, il periodo di trattamento si allunga considerevolmente (3 - 5 mesi).

Per definire con cura il dimensionamento degli impianti è necessaria una prova pilota da eseguire sul sito.

#### Costi:

I costi relativi all'intervento sono associati alla perforazione dei pozzi di ventilazione, agli associati collegamenti pneumatici, al costo di acquisto o noleggio del sistema di ventilazione, ai consumi energetici e ai costi di monitoraggio dell'intervento.

#### Vantaggi:

- Elevata compatibilità ambientale, grazie alla possibilità di riportare le concentrazioni dei contaminanti nei terreni entro i limiti normativi, senza movimentare terreno;
- Buona efficacia nel trattamento degli idrocarburi;
- I costi sono di bonifica sono contenuti;
- Non crea significative interferenze con le attività in superficie.

#### Svantaggi:

- Le combinazioni di alta umidità e granulometria fine della matrice sono sfavorevoli alla buona riuscita della bonifica con questa tecnica;
- Le basse temperature possono rallentare la bonifica;
- Il controllo del decorso della bonifica non è semplice;
- I tempi di bonifica possono essere relativamente lunghi;
- Minor efficacia con presenza di idrocarburi molto pesanti.

### 3.3.3. Tecnologie ritenute più opportune per il sito

In considerazione delle caratteristiche del sito, dei composti di interesse rilevati nei terreni insaturi (prevalentemente Idrocarburi Pesanti e Leggeri nel suolo superficiale e profondo, IPA e Metalli pesanti nel suolo superficiale), della loro concentrazione e distribuzione verticale, a seguire vengono indicate le migliori strategie di intervento per gli Ambiti Territoriali AT11.1 e AT11.2 di cui all'ipotesi planivolumetrica allegata (**Allegato I**); considerando che le stime sono state elaborate prendendo in considerazione i Progetto Operativi di Bonifica già predisposti per i Lotti del sito in oggetto (cfr. capitolo 2), i costi di bonifica vengono presentati facendo riferimento ai Lotti B, D ed E.

#### **Lotti B e D (AT11.2 e quota parte di AT11.1):**

Scavo, stoccaggio e smaltimento dei terreni superficiali.
---

Bonifica dei terreni profondi mediante trattamenti in situ:
---

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- SVE (Soil Vapor Extraction - Aspirazione dei gas interstiziali)</li><li>- BV (BioVenting - Insufflazione d'aria nel terreno)</li></ul> |
|--|

Impermeabilizzazione del sottosuolo ( <i>capping</i> ) finalizzata al blocco dei percorsi di inalazione di vapori e lisciviazione in falda dei contaminanti.
--

Per quanto concerne i Lotti B e D, che come già descritto in precedenza comprendono tutto l'AT11.2 e la quota parte di AT11.1 a destinazione d'uso "a verde", si ritiene opportuno tenere in considerazione le stime desunte dai progetti di bonifica approvati e descritti al capitolo 2.

Le tecnologie di bonifica in situ (SVE abbinato a BV) sono infatti idonee per la destinazione d'uso prevista dall'ipotesi planivolumetrica (**Allegato I**), considerando che il POB previsto per i Lotti B e D prevede inoltre la rimozione dei terreni superficiali potenzialmente contaminati.

Considerando che per l'AT11.2 è prevista la realizzazione di un complesso ad uso logistico/commerciale (ubicato nella porzione nord occidentale del Lotto B), per una superficie di circa 18.000 m<sup>2</sup>, si ritiene opportuno prevedere la progettazione di una barriera impermeabilizzante ("Capping") finalizzata al taglio del percorso di inalazione di eventuali vapori in ambienti chiusi e aperti (*Si segnala che il POB dei Lotti B e D prevede lo scavo e lo smaltimento dei terreni superficiali risultati contaminati in fase di caratterizzazione, pertanto i costi di smaltimento dei suddetti terreni, necessari anche per la posa del "capping" impermeabilizzante, non saranno ulteriormente conteggiati, in quanto già inclusi nel computo metrico del POB*).

**Lotto E (AT11.1 a destinazione "logistica"):**

Scavo, stoccaggio e smaltimento dei terreni superficiali.

Bonifica dei terreni profondi mediante trattamenti in situ:

- SVE (Soil Vapor Extraction - Aspirazione dei gas interstiziali)
- BV (BioVenting - Insufflazione d'aria nel terreno)

Impermeabilizzazione del sottosuolo (*capping*) finalizzata al blocco dei percorsi di inalazione di vapori e lisciviazione in falda dei contaminanti.

Per quanto riguarda il Lotto E, corrispondente alla porzione di AT11.1 a destinazione prevalente logistica/commerciale (superficie pari a circa 82.000 m<sup>2</sup>), allo stato attuale si ritiene ragionevole ipotizzare le tecnologie di bonifica previste per i Lotti B e D, considerando di effettuare un'impermeabilizzazione ("Capping") dell'area destinata alla realizzazione del capannone (circa 41.000 m<sup>2</sup>) e di ipotizzare l'installazione di un impianto di Soil Vapor Extraction (SVE) e BioVenting (BV) per il trattamento del sottosuolo insaturo nella restante area (circa 41.000 m<sup>2</sup>).

Inoltre, considerando gli esiti delle indagini di caratterizzazione descritte al paragrafo 2.3 (cfr. PdCa Lotto E - rapporto n. B3-3562/10.02 del 30 giugno 2010), si ritiene cautelativo prevedere lo smaltimento di una quota parte dei terreni superficiali dell'area considerata potenzialmente contaminata (pari a circa 55.000 m<sup>2</sup>). Come descritto in precedenza, circa il 50% dei sondaggi realizzati hanno mostrato superamenti delle CSC Colonna A negli strati superficiali (compresi fra 0 e -2 m circa da p.c.), per cui, approssimando, si può ipotizzare che il 50% della superficie contaminata interessi anche gli orizzonti più superficiali, pari a circa 27.500 m<sup>2</sup>, per un volume complessivo pari a circa 27.500 m<sup>3</sup> ( $\approx$  49.500 ton). Tali terreni, anche se conformi all'eventuale futura destinazione d'uso commerciale (CSC Colonna B), dovranno essere rimossi in fase di edificazione, realizzazione di piazzali e impermeabilizzazioni, pertanto dovranno essere gestiti come rifiuti speciali e inviati a smaltimento/recupero. Visti gli esiti delle indagini di caratterizzazione, i rifiuti derivanti dalle suddette attività di scavo dovrebbero potersi configurare quali rifiuti non pericolosi, con concentrazioni <CSC Col. B (CER 17.05.04).

**3.4. Messa in sicurezza delle acque di falda**

Per quanto riguarda le acque sotterranee, si ritiene opportuno considerare quanto previsto dal "*Progetto di Bonifica delle acque sotterranee Lotti A1, A2, B, C e D - Risposta alle Prescrizioni della Conferenza dei Servizi del 10 febbraio 2016 (R.N. B3 - 4986/15.03)*" del 30/09/2016, così come descritto al paragrafo 2.4.



#### 4. CONCLUSIONI

Considerando quanto riportato nei paragrafi precedenti, tenuto conto di quanto riportato in premessa, si riporta a seguire la valutazione economica di massima dei costi associati alla bonifica dei lotti dell'area Lombarda Petroli di Villasanta (MB) di proprietà della Committente, sulla base di quanto previsto dall'ipotesi planivolumetrica proposta in **Allegato I**. Le quantità e gli importi esposti sono da considerarsi puramente indicativi.

<b>ATTIVITA' DI BONIFICA – LOTTI B e D</b>				
<b>LOTTI BD - BONIFICA TERRENI INSATURI SUPERFICIALI E PROFONDI</b>				
	<b>U.M.</b>	<b>Quantità</b>	<b>Costo unitario (€)</b>	<b>Importo complessivo (€)</b>
Costi di bonifica ipotizzati considerando le revisioni al "Progetto Operativo di Bonifica - Lotti B e D".	CORPO	1,00	€ 3.000.000,00	€ 3.000.000,00
<b>LOTTI BD - ATTIVITA' DI MESSA IN SICUREZZA (CAPPING)</b>				
Realizzazione di un "capping" (impermeabilizzazione) su tutta la superficie a destinazione d'uso "logistica/commerciale" (≈ 18.000 m²).	M²	18.000,00	€ 35,00	€ 630.000,00
<b>SOMMA ATTIVITA' DI BONIFICA LOTTI B D</b>				<b>€ 3.630.000,00</b>

<b>ATTIVITA' DI BONIFICA – LOTTO E</b>				
<b>LOTTO E - BONIFICA TERRENI INSATURI SUPERFICIALI E PROFONDI</b>				
Intervento di dismissione in fasi di cui al documento "Offerta relativa all'esecuzione delle attività relative alla bonifica impiantistica, alla demolizione degli impianti e dei fabbricati e manufatti presenti in sito – Off. N. RI 716.2010 del 18.10.2010".	CORPO	1,00	€ 1.200.000,00	€ 1.200.000,00
Esecuzione delle indagini di caratterizzazione di cui al PdCa "Documentazione integrativa al Piano della caratterizzazione" (rapporto n. B3-3562/10.03 del 15 ottobre 2010)".	CORPO	1,00	€ 400.000,00	€ 400.000,00
Costi di bonifica dei terreni insaturi superficiali del Lotto E, considerando le risultanze delle indagini di caratterizzazione (cfr. paragrafo 2.3) e lo smaltimento di Rifiuti Non Pericolosi 17.05.04 (concentrazioni di contaminanti con CSC < Col B) derivanti da circa 27.500 m² (peso specifico pari a 1,8).	TON	49.500,00	€ 45,00	€ 2.227.500,00
Costi di bonifica dei terreni insaturi profondi del Lotto E, considerando le tecnologie di bonifica previste per i lotti B e D da applicarsi all'area non coperta da fabbricati (estensione pari a 41.000 m² e un costo di bonifica pari a 50€/m²).	M²	41.000,00	€ 50,00	€ 2.050.000,00
<b>LOTTO E - ATTIVITA' DI MESSA IN SICUREZZA (CAPPING)</b>				
Realizzazione di un "capping" (impermeabilizzazione) su tutta la superficie a destinazione d'uso "logistica/commerciale" (≈ 41.000 m²).	M²	41.000,00	€ 35,00	€ 1.435.000,00
<b>SOMMA ATTIVITA' DI BONIFICA LOTTO E</b>				<b>€ 7.312.500,00</b>

<b>ATTIVITA' DI MESSA IN SICUREZZA DELLE ACQUE DI FALDA</b>				
<b>ACQUE SOTTERRANEE</b>				
Costi per l'esecuzione del "Test pilota di Air/Bio sparging e microdiffusione di ossigeno".	CORPO	1,00	€ 100.000,00	€ 100.000,00
Costi di bonifica inseriti nel POB acque sotterranee Lotti A1, A2, B, C e D.	CORPO	1,00	€ 900.000,00	€ 900.000,00
Costi per il monitoraggio delle acque di falda, considerati nell'arco di 10 anni.	ANNO	10	€ 30.000,00	€ 300.000,00
<b>SOMMA ATTIVITA' DI MISO FALDA</b>				<b>€ 1.300.000,00</b>


<b>ATTIVITA' PROFESSIONALI</b>				
Costi previsti per attività di ingegneria relativi alla redazione dell'Analisi di rischio per il Lotto E e la revisione per i Lotti B e D, la progettazione del Piano Operativo di Bonifica e della messa in sicurezza (suolo, sottosuolo e acque di falda), per attività professionali di Direzione dei lavori di bonifica e Coordinamento della Sicurezza.	CORPO	1,00	€ 500.000,00	€ 500.000,00
<b>SOMMA ATTIVITA' PROFESSIONALI</b>				<b>€ 500.000,00</b>

<b>STIMA COMPLESSIVA PASSIVITA' AMBIENTALI</b>	
<b>IMPORTO COMPLESSIVO ATTIVITA' DI BONIFICA – LOTTI B e D</b>	<b>€ 3.630.000,00</b>
<b>IMPORTO COMPLESSIVO ATTIVITA' DI BONIFICA – LOTTO E</b>	<b>€ 7.312.500,00</b>
<b>IMPORTO COMPLESSIVO ATTIVITA' DI MISO FALDA</b>	<b>€ 1.300.000,00</b>
<b>IMPORTO COMPLESSIVO ATTIVITA' PROFESSIONALI</b>	<b>€ 500.000,00</b>
<b>TOTALE STIMATO</b>	<b>€ 12.742.500,00</b>

## 5. FIRME

**Proj.eco Engineering S.r.l.**

Redatto da:



**Dott. Alfredo Manzoni**

Verificato da:



**Dott. Ing. Marco Bonassi**

Approvato da:



**Dott. Ing. Paola Morganti**