



## Refining & Marketing

Processi e Gestione Operativa Logistica Primaria  
Lungomare Caboto snc loc. Arzano, 04024 Gaeta (LT)  
Tel.: 0771 4681  
Fax.: 0771 468247  
[www.eni.com](http://www.eni.com)

VIA PEC

HSE LP  
Prot. n. 638/19

Gaeta, 31 maggio 2019

Spett.le **Comune di Morimondo**

Piazza Municipio, 1  
20081 Morimondo (MI)  
[comune.morimondo@pec.regione.lombardia.it](mailto:comune.morimondo@pec.regione.lombardia.it)

Spett.le **Parco Lombardo del Ticino**

U.O.4 - Territorio, Urbanistica e Siti Natura  
2000  
Via Isonzo, 1  
20013 Pontevicchio di Magenta (MI)  
[parco.ticino@pec.regione.lombardia.it](mailto:parco.ticino@pec.regione.lombardia.it)

Spett.le **Città Metropolitana di Milano**

Settore Rifiuti, Bonifiche e AIA  
Servizio bonifiche siti contaminati  
Viale Piceno, 60  
20129 Milano  
[protocollo@pec.cittametropolitana.mi.it](mailto:protocollo@pec.cittametropolitana.mi.it)

Spett.le **ATS Milano Città Metropolitana**

U.O.C. Sanità Pubblica  
Corso Italia, 19  
20122 Milano  
[protocollogenerale@pec.ats-milano.it](mailto:protocollogenerale@pec.ats-milano.it)

Spett.le **ARPA Lombardia**

Dipartimento di Milano  
U.O. Suolo Bonifiche  
Via Juvara, 22  
20129 Milano  
[dipartimentomilano.arpa@pec.regione.lombardia.it](mailto:dipartimentomilano.arpa@pec.regione.lombardia.it)

Egr. Sig. **Davide CATTANEO**

Via dei Mulini, 4  
20080 Albairate (MI)  
[mail@pec.cattaneoweb.com](mailto:mail@pec.cattaneoweb.com)

Spett.le **Regione Lombardia**

D.G. Ambiente, Energia e Sviluppo sostenibile  
Unità Organizzativa Attività estrattive, rifiuti e bonifiche  
Piazza Città di Lombardia, 1  
20124 Milano  
[ambiente\\_clima@pec.regione.lombardia.it](mailto:ambiente_clima@pec.regione.lombardia.it)

Spett.le **Prefettura U.T.G. di Milano**

Corso Monforte, 31  
20122 Milano  
[protocollo.prefmi@pec.interno.it](mailto:protocollo.prefmi@pec.interno.it)

Spett.le **Azienda di servizi alla Persona - Golgi Redaelli**

Via Olmetto, 6  
20123 Milano  
[servizi.sociosanitari@pec.golgiredaelli.it](mailto:servizi.sociosanitari@pec.golgiredaelli.it)

Spett.le **Fondazione IRCCS Ca' Granda -**

**Ospedale Maggiore Policlinico**  
Via Francesco Sforza, 28  
20122 Milano  
[cda@pec.policlinico.mi.it](mailto:cda@pec.policlinico.mi.it)  
[sitra@pec.policlinico.mi.it](mailto:sitra@pec.policlinico.mi.it)

Spett.le **Fondazione Sviluppo Ca' Granda**

Via Francesco Sforza, 28  
20122 Milano  
[fondazionesviluppocagrande@legalmail.it](mailto:fondazionesviluppocagrande@legalmail.it)

**Oggetto: Eni SpA - Area Nord - Oleodotto 10" Sannazzaro - Rho: Comune di Morimondo (MI) - Procedimento ai sensi artt. 242 e 245 e sensi del D.Lgs. 152/06 - Trasmissione documento "Progetto Operativo di Bonifica FASE I [ai sensi dell'All. 4 del D. Lgs. 152/06 e ss.mm.]."**

In riferimento all'iter ambientale in oggetto, si trasmette il documento "Progetto Operativo di Bonifica FASE I [ai sensi dell'All. 4 del D. Lgs. 152/06 e ss.mm.]", redatto dalla Società The IT Group Italia S.r.l. nostra consulente ambientale.

Rimanendo a disposizione per ogni eventuale chiarimento porghiamo,

Distinti saluti.

  
**Eni SpA**  
**Refining & Marketing**  
Processi e Gestione Operativa Logistica Primaria  
HSE Manager  
(Dr. Paolo Angelini)

**Nota:** Indirizzo PEC di Eni SpA Area Nord: [rm-ref\\_hubnord@pec.eni.com](mailto:rm-ref_hubnord@pec.eni.com)

## **PROGETTO OPERATIVO DI BONIFICA FASE I**

**[ai sensi All.4 del D. Lgs. 152/06 e ss.mm]**

**Sito:**

Oleodotto 10" Sannazzaro-Rho  
Comune di Morimondo (MI), località Cascina Cerina di Sopra

**Cliente:**

Eni S.p.A.  
Sede Legale  
Piazzale Enrico Mattei, 1  
00144 Roma - Italia

c/o Eni R&M  
HSE HUB Nord  
Lungomare Caboto snc loc. Arzano,  
04024 Gaeta (LT)

Progetto N.:	4018.07
Data:	Maggio 2019
Rapporto N.:	32

<b>Titolo:</b>	<b><i>Progetto Operativo di Bonifica FASE I [ai sensi dell'All. 4 del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.]</i></b>
<b>Redatto da:</b>	dott. Andrea Grossi <b><i>Progettista senior – Responsabile Operativo - The IT Group</i></b> dott.sa Stefania Bollani <b><i>Progettista senior – Project Manager - The IT Group</i></b> ing. Elisa Neri <b><i>Progettista senior – The IT Group</i></b>
<b>Revisionato da:</b>	ing. Elisa Neri <b><i>Project Manager – The IT Group</i></b>
<b>Approvato da:</b>	ing. Lisa Dall'Agata <b><i>Direttore Tecnico – The IT Group</i></b>

**THE IT GROUP ITALIA SRL**  
L.go Volontari del Sangue, 10  
20097 SAN DONATO MILANESE (MI)  
Tel. 02.51814311 - Fax 02.51814399  
P. IVA 10195280150 - C.F. 018998960136

#### DISCLAIMER

Quale autore e titolare, The IT Group Italia S.r.l. (di seguito ITG) si riserva tutti i diritti sul presente elaborato. La relativa riproduzione o diffusione, anche parziale, al di fuori della società Committente cui è direttamente destinato, è vietata senza il preventivo consenso scritto di ITG. ITG non assume alcuna responsabilità che possa derivare da un utilizzo incompleto, parziale o comunque difforme dalle clausole contrattuali, delle informazioni qui contenute da parte della società cliente o di terzi, o dall'utilizzo di eventuali dati, analisi e/o informazioni incomplete o errate fornite dalla Committente, salvo diversa clausola contrattuale. ITG non intende violare alcun Copyright. Le informazioni e la grafica qui raccolte sono, al meglio della nostra conoscenza, o di nostra esclusiva formulazione o di pubblico dominio o fornite dal Committente e soggette pertanto a vincoli di riservatezza o comunque autorizzate dagli autori. Se, involontariamente, è stato pubblicato materiale soggetto a copyright o in violazione alla legge si prega di comunicarlo e provvederemo immediatamente a rimuoverlo. Nomi di prodotti, nomi corporativi e società citati possono essere marchi di proprietà dei rispettivi titolari o marchi registrati di altre società e sono stati utilizzati a puro scopo esplicativo e a beneficio del possessore, senza alcun fine di violazione dei diritti di Copyright vigenti. ITG si riserva il diritto di modificare i contenuti del presente disclaimer in qualsiasi momento e senza alcun preavviso. I documenti possono contenere errori tipografici. Le stime dei costi, le raccomandazioni e le opinioni presentate in questo rapporto sono fornite sulla base della nostra esperienza e del nostro giudizio professionale e non costituiscono garanzie e/o certificazioni. Valutazioni in merito agli standard del servizio fornito devono tenere conto del momento e delle condizioni in cui il servizio è stato fornito. ITG è provvista di procedure ed istruzioni di qualità e di sicurezza per garantire la corretta gestione dei documenti forniti dal Committente al fine di evitarne la perdita, l'uso improprio e l'alterazione dei dati.

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>7</b>
1.1	PREMESSA .....	7
1.2	AGGIORNAMENTO ITER AMBIENTALE.....	7
1.3	NORMATIVA E LIMITI DI RIFERIMENTO .....	8
1.4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	9
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO DEL SITO .....</b>	<b>11</b>
2.1	UBICAZIONE DEL SITO E INQUADRAMENTO URBANISTICO .....	11
2.2	INQUADRAMENTO RISPETTO AL PTC DEL PARCO DEL TICINO .....	12
2.3	AREE NATURA 2000 INTERESSATE .....	13
<b>3</b>	<b>RIASSUNTO DELLE INDAGINI AMBIENTALI (OTTOBRE 2015-DICEMBRE 2017) .....</b>	<b>14</b>
3.1	INDAGINI PRELIMINARI (OTTOBRE 2015 – APRILE 2016) .....	14
3.2	PIANO DI CARATTERIZZAZIONE (APRILE-GIUGNO 2016) .....	15
3.3	SOIL GAS SURVEY (GIUGNO 2016 - MAGGIO 2017) .....	15
3.4	PIANO DI CARATTERIZZAZIONE INTEGRATIVO (NOVEMBRE 2017).....	16
3.4.1	<i>Indagini realizzate</i> .....	16
3.5	MONITORAGGIO ACQUE DI FALDA, RISORGIVE/RUSCELLAMENTI/TRINCEE, SUPERFICIALI E RILIEVO FREATIMETRICO (OTTOBRE 2015 - GENNAIO 2019).....	17
3.5.1	<i>Monitoraggio acque di falda</i> .....	17
3.5.2	<i>Monitoraggio acque Risorgive/Ruscellamenti/Trincee e Superficiali (Roggia Rabica).....</i>	17
3.5.3	<i>Rilievo freatimetrico</i> .....	18
<b>4</b>	<b>ATTIVITÀ DI MESSA IN SICUREZZA.....</b>	<b>19</b>
4.1	SISTEMA DI PUMP&TREAT (P&T) .....	20
4.2	SISTEMA DI RECUPERO AUTOMATICO DI PRODOTTO (SAMIS) .....	22
4.3	PANNE/BARRIERE OLEOADSORBENTI.....	25
4.4	ATTREZZATURE/STRUTTURE DI PERTINENZA DELLE ATTIVITÀ DI MIS .....	25
<b>5</b>	<b>MODELLO CONCETTUALE DEL SITO.....</b>	<b>26</b>

5.1	GEOMORFOLOGIA .....	26
5.2	LITOLOGIA .....	26
5.3	IDROGEOLOGIA .....	28
5.4	STATO QUALITATIVO DEI TERRENI.....	30
5.5	STATO QUALITATIVO DELLE ACQUE SOTTERRANEE .....	32
5.6	STATO QUALITATIVO DELLE ACQUE DI RISORGIVA/RUSCELLAMENTI/TRINCEE E DELLE ACQUE SUPERFICIALI (ROGGIA RABICA) .....	33
5.7	STATO QUALITATIVO GAS INTERSTIZIALI .....	33
5.8	PRESENZA DI PRODOTTO SURNATANTE IN FASE SEPARATA.....	35
5.9	SORGENTI, GRADO ED ESTENSIONE NELLE DIVERSE MATRICI AMBIENTALI .....	37
5.10	PERCORSI DI MIGRAZIONE DELLA CONTAMINAZIONE IN RELAZIONE AI BERSAGLI INDIVIDUATI.....	38
<b>6</b>	<b>PROGETTO DI BONIFICA .....</b>	<b>40</b>
6.1	OBIETTIVI DI BONIFICA .....	41
6.2	VALUTAZIONE DELLE TECNOLOGIE DI BONIFICA.....	43
6.2.1	<i>Scavo e smaltimento</i> .....	46
6.2.2	<i>Landfarming/Biopile</i> .....	46
6.2.3	<i>Soil Flushing</i> .....	47
6.2.4	<i>Biorisanamento</i> .....	48
6.2.5	<i>Barriere microbiologiche</i> .....	55
6.2.6	<i>La fitorimediazione</i> .....	55
6.3	CRITERI DI VALUTAZIONE DELLE TECNOLOGIE .....	56
6.3.1	<i>Area Effrazione</i> .....	57
6.3.2	<i>Area Monte Risorgive</i> .....	59
6.3.3	<i>Area Risorgive (Area Bosco)</i> .....	59
<b>7</b>	<b>PROGETTO DI BONIFICA AREA EFFRAZIONE.....</b>	<b>61</b>
7.1	INDAGINE AMBIENTALE DI DETTAGLIO.....	62

7.2	INTERVENTO DI BONIFICA SUOLO SUPERFICIALE .....	63
7.3	INTERVENTO DI BONIFICA SUOLO PROFONDO .....	66
7.3.1	<i>Pump&amp;Treat</i> .....	67
7.3.2	<i>Reimmissione delle acque in falda</i> .....	70
7.3.3	<i>Soil Flushing</i> .....	71
7.3.4	<i>Test pilota Soil Flushing</i> .....	72
7.3.5	<i>Test pilota di SF con iniezione surfactanti</i> .....	74
7.3.6	<i>Bioventing</i> .....	76
7.3.7	<i>Test pilota Bioventing</i> .....	78
7.3.8	<i>Campo test pilota BV</i> .....	79
7.3.9	<i>Attrezzatura da utilizzarsi per il test pilota</i> .....	80
7.3.10	<i>Esecuzione del test pilota</i> .....	81
7.3.11	<i>Esecuzione test respirometrico</i> .....	82
<b>8</b>	<b>PROGETTO DI BONIFICA AREA MONTE RISORGIVE .....</b>	<b>84</b>
8.1	INDAGINE AMBIENTALE INTEGRATIVA DI DETTAGLIO .....	85
8.2	INTERVENTO DI BONIFICA SUOLO PROFONDO .....	85
8.3	INTERVENTO DI MISE PER LE ACQUE SOTTERRANEE .....	88
<b>9</b>	<b>PROGETTO DI BONIFICA AREA RISORGIVE .....</b>	<b>89</b>
9.1	INTERVENTO DI BONIFICA SUOLO PROFONDO MEDIANTE BIOVENTING.....	89
9.2	RIMOZIONE DEL PRODOTTO IN PZ21.....	90
9.2.1	<i>Tempistiche e durata del trattamento</i> .....	91
9.3	PRESIDIO DI MESSA IN SICUREZZA MEDIANTE SAMIS .....	92
9.3.1	<i>Mantenimento presidio con SAMIS</i> .....	92
9.4	INTERVENTI COADIUVANTI LA BONIFICA: FITORISANAMENTO .....	92
9.4.1	<i>Classificazione Flora delle aree dove potrà essere prevista la realizzazione delle stazioni di fitodepurazione</i> .....	95
9.4.2	<i>Proposta d'intervento con Fitorisanamento</i> .....	97

9.4.3	<i>Proposta di Fitorimedio in area d'incolto/PZ21 con piantumazione a pioppi ed ontani</i> .....	98
9.4.4	<i>Proposta in Sorgente ALTA di un impianto a Phragmites australis – in fase di valutazione</i> .....	102
<b>10</b>	<b>ATTIVITA' COMPENSATIVA - MIGLIORAMENTO BOSCHIVO</b> .....	<b>108</b>
10.1	PIANTUMAZIONE SPECIE ARBOREE A TITOLO COMPENSATIVO .....	108
10.1.1	<i>I fase di intervento</i> .....	108
10.1.2	<i>II fase di intervento</i> .....	108
10.2	INSERIMENTO DI PIANTINE DI FELCE REALE A TITOLO COMPENSATIVO .....	108
<b>11</b>	<b>MONITORAGGIO DELLE ACQUE SOTTERRANEE</b> .....	<b>110</b>
11.1	AREA EFFRAZIONE .....	110
11.2	AREA MONTE RISORGIVE .....	111
11.3	ZONA RISORGIVE, AREE ESTERNE E PRIVATI .....	111
11.3.1	<i>Monitoraggi e gestione del sistema di emungimento in PZ21</i> .....	112
11.4	RIEPILOGO GENERALE .....	112
<b>12</b>	<b>MONITORAGGIO DELLE ACQUE SUPERFICIALI</b> .....	<b>114</b>
<b>13</b>	<b>GESTIONE RIFIUTI</b> .....	<b>115</b>
<b>14</b>	<b>COLLAUDI, MONITORAGGI POST OPERAM E RIPRISTINO DELLE AREE OGGETTO DI BONIFICA</b> .....	<b>116</b>
14.1	AREA EFFRAZIONE .....	116
14.1.1	<i>Suolo Superficiale - Collaudo scavi</i> .....	116
<b>15</b>	<b>DURATA DEGLI INTERVENTI PROPOSTI NEL PROGETTO FASE I</b> .....	<b>117</b>
<b>16</b>	<b>STIMA DEI COSTI</b> .....	<b>118</b>
<b>17</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>119</b>

## TABELLE

<b>TABELLA 1A</b>	Andamento delle concentrazioni di contaminanti nelle acque sotterranee
<b>TABELLA 1B</b>	Andamento delle concentrazioni di contaminanti nelle acque sotterranee
<b>TABELLA 2</b>	Riepilogo analisi effettuate sui terreni
<b>TABELLA 3</b>	Screening matrix delle tecnologie proposte
<b>TABELLA 4</b>	Computo metrico
<b>TABELLA 5</b>	Cronoprogramma

## TAVOLE

<b>TAVOLA 1</b>	Planimetria generale del sito con ubicazione dei punti di monitoraggio/campionamento (acque sotterranee e superficiali)
<b>TAVOLA 1A</b>	Planimetria del sito con ubicazione piezometri su stralcio di mappa catastale
<b>TAVOLA 1B1</b>	Planimetria del sito con definizione del sito potenzialmente contaminato e dei mappali di riferimento – Suolo superficiale – Area Effrazione
<b>TAVOLA 1B2</b>	Planimetria del sito con definizione del sito potenzialmente contaminato e dei mappali di riferimento – Suolo profondo – Area Effrazione
<b>TAVOLA 1C</b>	Planimetria del sito con definizione del sito potenzialmente contaminato e dei mappali di riferimento – Suolo profondo – Monte risorgive
<b>TAVOLA 1D</b>	Planimetria del sito con definizione del sito potenzialmente contaminato e dei mappali di riferimento – Suolo profondo – Area risorgive bosco
<b>TAVOLA 1E</b>	Planimetria del sito con ubicazione piezometri su stralcio di mappa catastale
<b>TAVOLA 2 A</b>	Carta piezometrica del maggio 2018
<b>TAVOLA 2B</b>	Carte piezometrica del luglio 2018
<b>TAVOLA 2C</b>	Carte piezometrica del settembre 2018
<b>TAVOLA 2D</b>	Carte piezometrica del dicembre 2018
<b>TAVOLA 2E</b>	Carte piezometrica del marzo 2019
<b>TAVOLA 3A1</b>	Poligoni di Thiessen suolo insaturo superficiale - Area Effrazione
<b>TAVOLA 3A2</b>	Area Sorgente suolo insaturo superficiale - Area Effrazione
<b>TAVOLA 3B</b>	Areale di scavo proposto, suolo insaturo superficiale – Area effrazione
<b>TAVOLA 3C</b>	Ubicazione punti di collaudo proposti dello scavo del terreno insaturo superficiale presso Area Effrazione
<b>TAVOLA 4A1</b>	Poligoni di Thiessen sottosuolo insaturo profondo - Area Effrazione
<b>TAVOLA 4A2</b>	Areale da sottoporre a bonifica sottosuolo insaturo profondo – Area Effrazione



<b>TAVOLA 5</b>	Ubicazione indagini integrative Area Effrazione maglia 5x5 m
<b>TAVOLA 6</b>	Barriera idraulica ed ubicazione pozzi di reimmissione - Area Effrazione
<b>TAVOLA 6A</b>	Layout impianto di P&T stato attuale
<b>TAVOLA 6B</b>	Stralcio P&ID della barriera idraulica stato attuale
<b>TAVOLA 7</b>	Layout preliminare dell'impianto di reimmissione
<b>TAVOLA 8</b>	P&ID preliminare dell'impianto di reimmissione
<b>TAVOLA 9A</b>	Ubicazione campo prova test pilota SF
<b>TAVOLA 9B</b>	Ubicazione campo prova test pilota BV
<b>TAVOLA 10</b>	Ubicazione indagini integrative Area Monte Risorgive maglia 10x10 m
<b>TAVOLA 11A1</b>	Poligoni di Thiessen sottosuolo insaturo profondo presso Area Monte Risorgive e Risorgive
<b>TAVOLA 11A2</b>	Areale di contaminazione sottosuolo insaturo profondo presso Area Monte Risorgive
<b>TAVOLA 12A</b>	Poligoni di Thiessen sottosuolo insaturo superficiale presso Area Risorgive
<b>TAVOLA 12B</b>	Areale di contaminazione sottosuolo insaturo profondo presso Area Risorgive
<b>TAVOLA 13</b>	Schema Processo di Fitorisanamento
<b>TAVOLA 14</b>	Fitorisanamento/Compensazione – Area Risorgive
<b>TAVOLA 15</b>	Fitorisanamento con piantumazione Pioppi/Ontani
<b>TAVOLA 16</b>	Fitorisanamento con Phragmites
<b>TAVOLA 17</b>	Attività compensativa Piantumazione
<b>TAVOLA 18</b>	Schema di impianto (1 ha) Pioppi/Ontani

## **ALLEGATI**

<b>ALLEGATO A</b>	Determina del Comune di Morimondo n. 131 del 23/07/2018 di “Approvazione della Revisione analisi di rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06”
<b>ALLEGATO B</b>	Schede di sicurezza Ivey-sol® 103 e Ivey-sol® 106

## **APPENDICI – omissis (seguirà invio tramite CD-rom)**

<b>APPENDICE 1</b>	Modello di flusso
<b>APPENDICE 2</b>	Studio Bibliografico Fitorisanamento
<b>APPENDICE 3</b>	Studio Microbiologico - Università degli Studi di Milano

## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 PREMESSA

La scrivente The IT Group Italia S.r.l. (nel seguito IT Group), su incarico della società Eni S.p.A. (Eni), ha redatto per l'effrazione dell'Oleodotto 10" Sannazzaro-Rho, in località Cascina Cerina di Sopra, Comune di Morimondo (MI), notificata da Eni ai sensi degli articoli 242 e 245 del D.Lgs. 152/06 (Sito), il presente documento "*Progetto Operativo di Bonifica Fase I*", ai sensi del D.Lgs. 152/06 e in ottemperanza a quanto indicato nella Determina del Comune di Morimondo n. 131 del 23/07/2018 di "Approvazione della Revisione analisi di rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06" (Allegato A).

Lo scopo del presente documento è quello di fornire dati, indicazioni e dettagli ai fini della bonifica della matrice insatura, definita (mediante Analisi di Rischio Sito Specifica) come "contaminata".

In questa prima fase progettuale vengono proposti interventi finalizzati alla rimozione del prodotto saltuariamente rilevato nella matrice acque sotterranee, nonché a ricondurre le concentrazioni delle sostanze inquinanti individuate nel suolo/sottosuolo, entro i valori limite accettabili, definiti come obiettivi di bonifica (CSR/CSC). Tuttavia ai fini di una migliore progettazione di dettaglio, per un corretto dimensionamento degli impianti di bonifica nonché per verificare in campo l'applicabilità e l'efficienza delle tecnologie di bonifica individuate, si procederà con la realizzazione di indagini di dettaglio e con l'esecuzione di alcuni test pilota di campo.

Completate le indagini integrative ed i test pilota di campo si procederà a formulare un Progetto di Bonifica Fase II.

### 1.2 AGGIORNAMENTO ITER AMBIENTALE

In data 06/10/2015 è stata notificata da Eni la fuoriuscita d'idrocarburi avvenuta per manomissione dolosa dell'oleodotto 10" Sannazzaro-Rho nel Comune di Morimondo (MI), località Cascina Cerina di Sopra, ai sensi dell'art. 249 e 245 del D.Lgs. 152/06 e, in data 15/10/2015, convertita alla procedura ordinaria, ai sensi dell'art. 242 del D.Lgs. 152/06.

In data 04/11/2015 è stato inviato agli Enti (comunicazione Eni prot. n. 487/15) il documento "*Piano di Caratterizzazione, ai sensi dell'art. 242 del D.Lgs. 152/06*" (PdC), a cui si rimanda per i dettagli. Il PdC è stato valutato dagli Enti in sede di Conferenza dei Servizi (CdS) del 26/02/2016 e approvato dal Comune di Morimondo con Determina n. 1/2016.

A seguito del nulla osta ricevuto da parte dell'Ente Parco e dei proprietari delle aree d'interesse, nel periodo aprile-giugno 2016 sono state realizzate le indagini di caratterizzazione previste (sondaggi/piezometri e SGS).

Ad agosto 2016 è stato inviato agli Enti il documento "*Analisi di Rischio Sito Specifica, ai sensi del D.Lgs. 152/06 e D.Lgs. 04/08*" (AdR) (comunicazione Eni del 18/08/2016, Prot. n. 901/16). L'Analisi di Rischio sito-specifica è stata oggetto di discussione in sede di CdS del 28/10/2016, in occasione della quale gli Enti hanno richiesto ulteriori indagini integrative al fine di caratterizzare al meglio il Sito ed elaborare un modello concettuale definitivo.

A dicembre 2016 è stato inviato alle PP.AA. il documento "*Riscontro a pareri presentati*

dagli Enti in sede di CdS del 28/10/16 e Piano di Caratterizzazione Integrativo” (comunicazione Eni del 21/12/2016, prot. n. 1356/16), approvato con determina comunale n. 166 del 03/10/2017.

Le indagini integrative sono state realizzate a novembre 2017.

A marzo 2018 è stato inviato agli Enti il documento “*Revisione Analisi di Rischio Sito Specifica, ai sensi del D.Lgs. 152/06 e D.Lgs. 04/08*” (comunicazione Eni del 29/03/2018, Prot. n. 390/18), approvato (con condizioni e prescrizioni) dalle PP.AA. in sede di CdS (Istruttoria e Decisoria) del 10/07/2018 (Allegato A).

A ottobre 2018 è stato inviato agli Enti il documento “*Verifica stato qualitativo terreni area esterna*” (comunicazione Eni del 30/10/2018, Prot. n. 1203/18), al fine di ottemperare alla richiesta della Regione emersa in sede di CdS del 10/07/2018, in attesa di approvazione. Tale documento riporta una proposta d’indagine integrativa da svolgere in area esterna (mappale 65, Foglio 10 e mappale 10, Foglio 14 del Comune di Morimondo) al fine di confermare quanto individuato mediante poligoni di Thiessen e l’esclusione di tale area/mappali da eventuali vincoli legati all’applicazione di uno studio di Analisi del rischio ai sensi dell’art. 242 del D.Lgs. 152/06.

### 1.3 NORMATIVA E LIMITI DI RIFERIMENTO

Il riferimento normativo attualmente in vigore per la valutazione dello stato di qualità di suolo, sottosuolo ed acque sotterranee e per la bonifica dei siti contaminati è costituito dalla Parte Quarta, Titolo V del Decreto Legislativo n. 152 del 3 aprile 2006 (nel seguito D.Lgs. 152/06), recante “*Norme in materia ambientale*”.

In fase di caratterizzazione, ai fini della valutazione dello stato di qualità dei terreni e delle acque sotterranee, sulla base del ciclo produttivo e/o dei dati storici relativi al Sito, ai sensi del D.Lgs. 152/06 è stato definito un set standard di analiti con le relative Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) riportare nell’Allegato 5, Parte Quarta, Titolo V del D.Lgs. 152/06 (Tabella 1.1 e 1.2).

**TABELLA 1.1 - CONCENTRAZIONI SOGLIA DI CONTAMINAZIONE (CSC) NEI TERRENI INSATURI (TAB. 1, ALL. 5, PARTE IV, TITOLO V DEL D.LGS. 152/06, COLONNA A)**

N. Ord.	Parametro	CSC Siti a verde pubblico, privato e residenziale (mg/Kg)
94	Idrocarburi leggeri $C \leq 12$	10
95	Idrocarburi pesanti $C > 12$	50
19	Benzene	0,1
20	Etilbenzene	0,5
21	Stirene	0,5
22	Toluene	0,5
23	Xilene	0,5
24	Sommatoria organici aromatici	1
-	MtBE	-

**TABELLA 1.2 - CONCENTRAZIONI SOGLIA DI CONTAMINAZIONE (CSC) NELLE ACQUE SOTTERRANEE (TAB. 2, ALL. 5, PARTE IV, TITOLO V DEL D.LGS. 152/06)**

N. Ord.	Parametro	CSC Acque sotterranee (µg/l)
90	Idrocarburi totali (n-esano)	350
24	Benzene	1
25	Etilbenzene	50
26	Stirene	25
27	Toluene	15
28	p-Xilene	10
-	MtBE	-

Per il parametro MtBE, non normato, si è fatto riferimento ai limiti proposti dall'ISS per i terreni e acque di falda. Nel dettaglio:

- il limite proposto da ISS per MtBE nei terreni, per i suoli ad uso verde pubblico privato e residenziale, è di 10 mg/kg (Parere ISS del 2001 n. 57058 IA/12);
- il limite proposto da ISS per MtBE nelle acque di falda è 40 µg/l (Parere ISS del 12/09/2006 n. 45848).

#### 1.4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Per la predisposizione del presente elaborato si è fatto riferimento alla seguente documentazione tecnica, alla quale si rimanda per dettagli:

- *“RT Avanzamento attività di prevenzione, Messa in Sicurezza e Indagini Preliminari”* redatto da IT Group a ottobre 2015, inviato alle PP.AA. con comunicazione Eni del 02/11/2016 (HSE HUB Prot. n. 481/15);
- *“Piano di Caratterizzazione”* redatto da IT Group a novembre 2015, inviato alle PP.AA. con comunicazione Eni del 04/11/2016 (HSE HUB Prot. n. 487/15);
- *“RT Aggiornamento Attività di Messa in Sicurezza (Novembre 2015-Gennaio 2016)”* redatto da IT Group a gennaio 2016, inviato alle PP.AA. con comunicazione Eni del 05/02/2016 (HSE HUB Prot. n. 97/16);
- *“Messa in Sicurezza delle acque di falda, passaggio da Sistema Pump&Stock a Sistema di Pump&Treat”* redatto da IT Group a febbraio 2016, inviato alle PP.AA. con comunicazione Eni del 18/02/2016 (HSE HUB Prot. n. 146/16);
- *“RT Aggiornamento Attività di Messa in Sicurezza Gennaio – Aprile 2016”* redatto da IT Group a maggio 2016 ed inviato alle PP.AA. con comunicazione Eni del 15/06/2016 (HSE HUB Prot. n. 669/16);
- *“Analisi di Rischio Sito Specifica, ai sensi del D.Lgs. 152/06 e D.Lgs. 81/08”* redatto da IT Group ad agosto 2016 ed inviato alle PP.AA. con comunicazione Eni del 18/08/2016 (HSE HUB Prot. n. 901/16);
- *“RT Aggiornamento Attività di Messa in Sicurezza Maggio - Luglio 2016”* redatto da IT Group a ottobre 2016 ed inviato alle PP.AA. con comunicazione Eni del 07/12/2016 (HSE HUB Prot. n. 1308/16);

- *“Riscontro a pareri presentati dagli Enti in sede di CdS del 28/10/16 e Piano di Caratterizzazione Integrativo”* redatto da IT Group a dicembre 2016 ed inviato alle PP.AA. con comunicazione Eni del 21/12/2016, (HSE HUB Prot. n. 1356/16);
- *“RT Aggiornamento Attività di Messa in Sicurezza Agosto - Ottobre 2016”* redatto da IT Group a marzo 2017 ed inviato alle PP.AA. con comunicazione Eni del 11/04/2017 (HSE HUB Prot. n. 390/17);
- *“RT Aggiornamento Attività di Messa in Sicurezza Novembre 2016 – Aprile 2017”* redatto da IT Group a giugno 2017 ed inviato alle PP.AA. con comunicazione Eni del 30/01/2018 (HSE HUB Prot. n. 94/18);
- *“Revisione Analisi di Rischio Sito Specifica, ai sensi del D.Lgs. 152/06 e D.Lgs. 81/08”* redatto da IT Group a marzo 2018 ed inviato alle PP.AA. con comunicazione Eni del 29/03/2018, Prot. n. 390/18;
- *“RT Aggiornamento Attività di Messa in Sicurezza Maggio – Ottobre 2017”* redatto da IT Group a marzo 2018 ed inviato alle PP.AA. con comunicazione Eni del 15/05/2018 (HSE HUB Prot. n. 571/18);
- *“Verifica stato qualitativo terreni area esterna”* redatto da IT Group ad agosto 2016 ed inviato alle PP.AA. con comunicazione Eni del 30/10/2018, Prot. n. 1203/18;
- *“RT Aggiornamento Attività di Messa in Sicurezza Novembre 2017 – Aprile 2018”* redatto da IT Group a settembre 2018 ed inviato alle PP.AA. con comunicazione Eni del 08/11/2018 (HSE HUB Prot. n. 1252/18);
- *“RT Aggiornamento Attività di Messa in Sicurezza Maggio 2018 – Ottobre 2018”* redatto da IT Group (di prossimo invio).

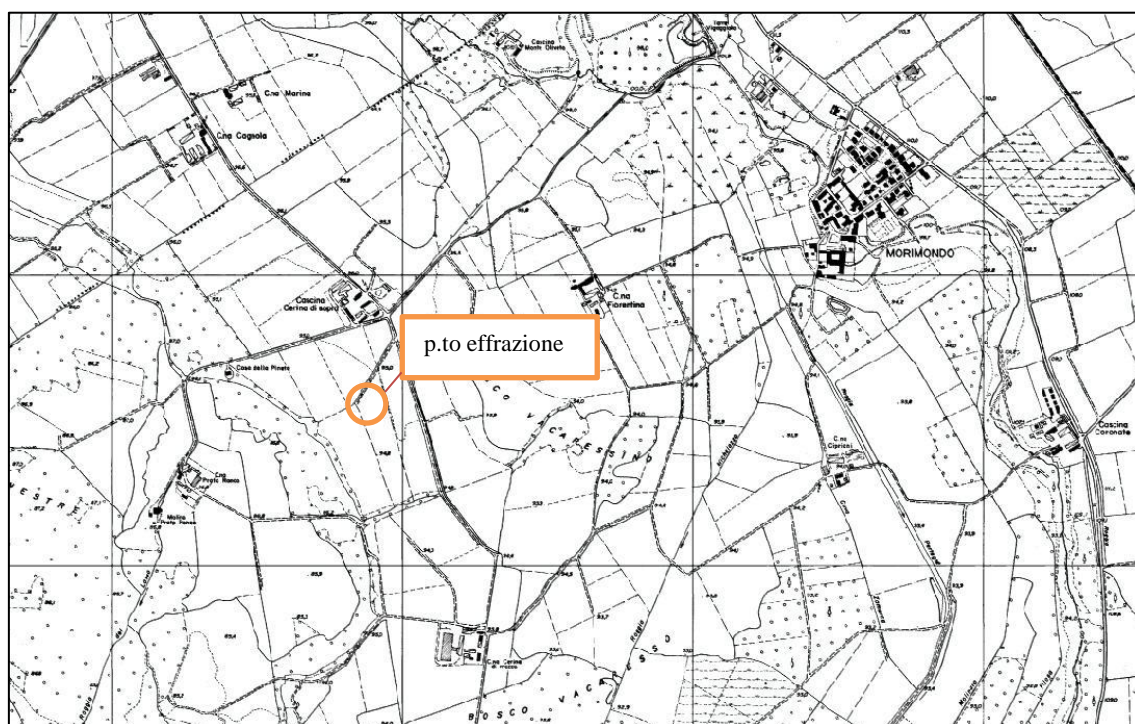


## 2 INQUADRAMENTO DEL SITO

### 2.1 UBICAZIONE DEL SITO E INQUADRAMENTO URBANISTICO

L'evento di effrazione dolosa è avvenuto in un'area agricola, ubicata nei pressi della località Cascina Cerina di Sopra nel Comune di Morimondo (MI) (Figura 2.1).

**FIGURA 2.1 - LOCALIZZAZIONE DELL'EVENTO DI EFFRAZIONE (CTR).**



Il Comune di Morimondo è ubicato nel settore sud-occidentale della Provincia di Milano, al confine con la Provincia di Pavia, ed è interamente compreso entro i confini del Parco Lombardo del Ticino, un'area protetta regionale nonché Sito di Interesse Comunitario (SIC) e Zona di Protezione Speciale (ZPS). Nello specifico, l'area di effrazione si colloca all'interno della ZPS "Boschi del Ticino" IT2080301" e del SIC IT2080002 "Basso corso e sponde del Ticino". Nell'area di studio, situata in corrispondenza di un terrazzo fluvio-glaciale, sono state individuate le seguenti aree d'interesse (Tavola 1):

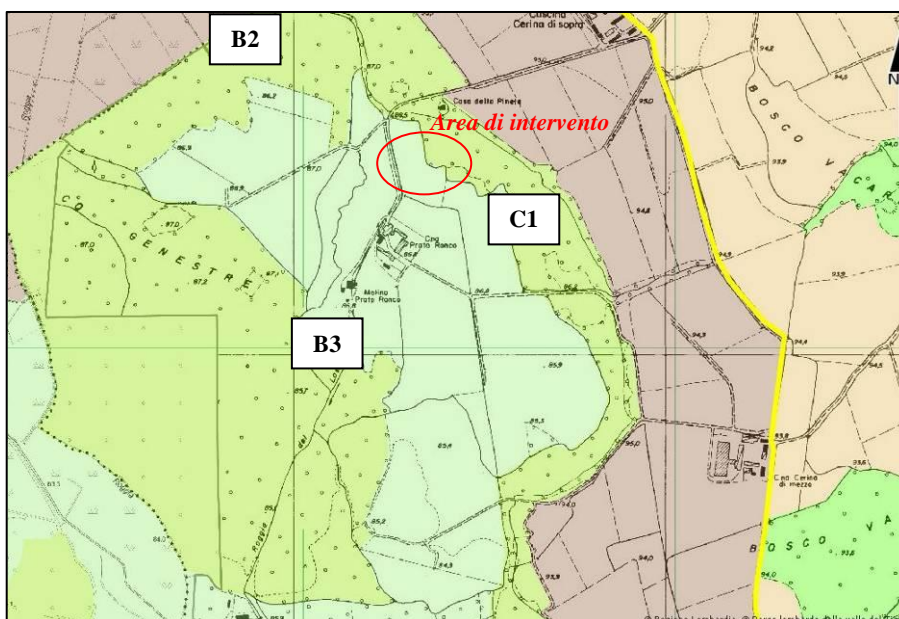
- *Area di effrazione:* in corrispondenza dell'oleodotto dove è avvenuta la fuoriuscita degli idrocarburi;
- *Area a monte delle risorgive:* a valle dell'effrazione, in corrispondenza del bordo del terrazzo (al limite dei campi con il bosco);
- *Area risorgive:* in area bosco (lungo il versante del terrazzo) dove la falda affiora generando risorgive e/o ristagni d'acqua (emergenze diffuse della falda acquifera);
- *Area esterna:* area posto a valle idrogeologico delle precedenti aree;
- *Roggia Rabica:* corso d'acqua posto ai piedi del versante del terrazzo, in area bosco, a cui convogliano i ruscellamenti indotti dalle risorgive.

## 2.2 INQUADRAMENTO RISPETTO AL PTC DEL PARCO DEL TICINO

Il Comune di Morimondo è interamente compreso entro i confini del Parco Lombardo del Ticino, istituito nel 1974, un'area protetta regionale, con una estensione totale di 91.000 ettari.

Nel Piano Territoriale di Coordinamento del Parco l'area interessata dagli interventi si colloca (vedi Figura 2.2) a cavallo tra la zona C1 (Zone agricole e forestali a prevalente interesse faunistico - Dcr 7/919 del 2003 Art. 7) e la zona B2 (Zona naturalistica di interesse botanico – Dcr 7/919 del 2003 Art. 6).

**FIGURA 2.2:** PTC DEL PARCO DEL TICINO ED AREA DI INTERVENTO



### 2.3 AREE NATURA 2000 INTERESSATE

L'area di effrazione e di intervento si collocano in Comune di Morimondo, all'interno della Zona Speciale di Conservazione (ZSC) "Boschi del Ticino" IT2080301, istituita ai sensi dell'art. 4 della Direttiva 79/409/CE del Consiglio del 2 aprile 1979 (c.d. Direttiva Uccelli), ora abrogata e sostituita dalla Direttiva 2009/147/CE, e della ZSC IT2080002 "Basso corso e sponde del Ticino", istituito ai sensi della dir 92/43 CEE. Per entrambe le Aree Natura 2000 l'Ente gestore di riferimento è il Parco Lombardo della Valle del Ticino.

Le ZPS insieme ai Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e alle Zone Speciali di Conservazione (ZSC), istituiti ai sensi della Direttiva 92/43/CE del Consiglio del 21 maggio 1992 (c.d. Direttiva Habitat), garantiscono la presenza, il mantenimento e/o il ripristino di habitat e di specie peculiari del continente europeo, particolarmente minacciati di frammentazione ed estinzione e costituiscono la Rete Ecologica europea denominata Rete Natura 2000.

Come evidenziato nel paragrafo 1.3, la ZSC IT2080002 "Basso corso e sponde del Ticino" e la ZSC IT2080301 "Boschi del Ticino" non sono dotate di Piano di Gestione approvato ai sensi della DGR 1791/2006 ma sono interessate da Misure di Conservazione Sito-Specifiche contenute nel Documento Unico di Programmazione (DGR 4429/2015).



### **3 RIASSUNTO DELLE INDAGINI AMBIENTALI (OTTOBRE 2015-DICEMBRE 2017)**

#### **3.1 INDAGINI PRELIMINARI (OTTOBRE 2015 – APRILE 2016)**

L'effrazione dolosa dell'oleodotto ha comportato la dispersione nel sottosuolo di prodotti petroliferi che si sono propagati fino a raggiungere la prima falda acquifera, posta ad una profondità di circa 5-6 m da p.c. e i punti di risorgiva posti a valle gradiente (situati a circa 200 m dal punto di effrazione), denominati *Sorgente Alta*, *Sorgente Media*, *Sorgente NS* (Tavola 1).

A seguito dell'evento, Eni ha provveduto ad attivare e ad eseguire in Sito le opportune attività di Messa in Sicurezza d'Emergenza (MISE) e d'indagine preliminare previsti dal D.Lgs. 152/06, al fine di mitigare e contenere l'impatto del prodotto idrocarburico fuoriuscito dall'oleodotto sulle matrici ambientali nonché verificare lo stato qualitativo delle matrici ambientali stesse a seguito degli interventi eseguiti/in corso.

Nello specifico, nel periodo di riferimento sono state realizzate le seguenti indagini:

- prelievo/analisi di campioni di terreno dalle pareti/fondo dello scavo/scariche eseguito/e in fase di MISE presso l'area effrazione;
- realizzazione di n. 3 saggi esplorativi nell'intorno dell'area di effrazione, con il prelievo/analisi di campioni di terreno dalle verticali d'indagine;
- realizzazione di n. 11 sondaggi attrezzati a pozzi di monitoraggio delle acque di falda (piezometri PZ1, PZ2, PZ3, PZ4, PZ5, PZ6, PZ7, PZ8, PZ9, PZ10 e PZ11), con il prelievo/analisi di campioni di terreno dalle verticali d'indagine;
- monitoraggi periodici delle acque di falda (rilievo fluidi e campionamento/analisi acque c/o rete piezometrica) e delle acque superficiali (campionamento/analisi c/o i punti di risorgiva/ruscellamento posti a valle effrazione e lungo la Roggia Rabica).

Per l'ubicazione dei punti di campionamento/verifica si faccia riferimento alla Tavola 1.

Per maggiori approfondimenti e dettagli si rimanda al documento “*Analisi di Rischio Sito Specifica, ai sensi del D.Lgs. 152/06 e D.Lgs. 81/08*” redatto da IT Group ad agosto 2016 ed inviato alle PP.AA. con comunicazione Eni del 18/08/2016 (HSE HUB Prot. n. 901/16), che si assume noto.

### 3.2 PIANO DI CARATTERIZZAZIONE (APRILE-GIUGNO 2016)

Così come previsto dal documento “*Piano di Caratterizzazione ai sensi del D.Lgs. 152/06*”, condiviso con gli enti in sede di CdS del 26/02/2016 e approvato con determina n.1/2016 del Comune di Morimondo in data 30/03/2016, nel periodo di aprile-giugno 2016, per la definizione del modello concettuale del sito sono state realizzate le seguenti indagini:

- realizzazione di n. 5 sondaggi (BH1, BH2, BH3, BH4 e BH5), con il prelievo/analisi di campioni di terreno dalle verticali d’indagine;
- realizzazione di n. 13 sondaggi attrezzati a pozzi di monitoraggio delle acque di falda (PZ12, PZ13, PZ14, PZ15, PZ16, PZ17, PZ18, PZ19, PZ20, PZ21, PZ22, PZ23 e PZ24), con il prelievo/analisi di campioni di terreno dalle verticali d’indagine;
- monitoraggio delle acque di falda, in corrispondenza di tutta la rete piezometrica (rilievo fluidi e campionamento/analisi acque);
- realizzazione di n. 3 sondaggi, attrezzati con sonde di monitoraggio dei gas interstiziali Nesty Probe (SGS1, SGS2 e SGS3);
- monitoraggio gas interstiziali (campagna rappresentativa della stagione estiva);

Per l’ubicazione dei punti di campionamento/verifica si faccia riferimento alla Tavola 1.

Per maggiori dettagli ed approfondimenti si rimanda al documento “*Analisi di Rischio Sito Specifica, ai sensi del D.Lgs. 152/06 e D.Lgs. 81/08*” redatto da IT Group ad agosto 2016 ed inviato alle PP.AA. con comunicazione Eni del 18/08/2016 (HSE HUB Prot. n. 901/16), che si assume noto.

### 3.3 SOIL GAS SURVEY (GIUGNO 2016 - MAGGIO 2017)

L’utilizzo delle misure dirette dai gas interstiziali per la verifica dei risultati ottenuti con l’applicazione modellistica risulta essere in accordo con il PUNTO 2 delle *Linee guida per l’applicazione dell’analisi di rischio sito specifica - MATTMAT* prot.0029706/TRI del 18.11.2014 - Errata corregge prot. 0002277/STA del 19/02/2015.

Pertanto, in fase di caratterizzazione, sono stati realizzati n. 3 punti di monitoraggio gas interstiziali (SGS), denominati SGS1, SGS2 e SGS3, posti nell’intorno dei sondaggi BH5, BH2 e BH4 (Tavola 1), ossia in area effrazione dove, in fase d’indagine preliminare, è stata riscontrata la contaminazione nella matrice insatura.

Gli SGS sono stati realizzati in data 17/06/2016 mediante sonda, fino ad una profondità di 1,8 m da p.c.

Il primo campionamento dei gas interstiziali è stato effettuato il 23/06/2016, rappresentativo della stagionalità estiva. Le campagne di monitoraggio rappresentative delle altre tre stagioni si sono effettuate nei giorni 03/11/2016 (autunno), 23/01/2017 (inverno), 22/05/2017 (primavera). Durante il monitoraggio sono state seguite modalità di campionamento in accordo con le direttive ASTM D7663-12 ed in funzione dei limiti di rilevabilità strumentali.

Si rimanda alla documentazione pregressa per approfondimenti in merito.

### 3.4 PIANO DI CARATTERIZZAZIONE INTEGRATIVO (NOVEMBRE 2017)

In data 28/10/2016, si è tenuta una Conferenza dei Servizi per la valutazione del documento “*Analisi di Rischio Sito Specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 e D.Lgs. 04/08*”, inviato agli enti in data 18/08/2016 (HSE HUB Prot. n. 901/16). In sede della sopracitata CdS, gli Enti hanno espresso osservazioni/prescrizioni e richiesto una integrazione d’indagine.

Pertanto, in ottemperanza alle osservazioni/richieste emerse in sede di CdS del 28/10/2016, con nota Eni del 21/12/2016 (HSE HUB Prot. n. 1356/16) è stato inviato alle PPAA il documento “*Riscontro ai pareri presentati dagli Enti in sede di Conferenza dei Servizi del 28/10/2016 e Piano di Caratterizzazione Integrativo*”.

Il succitato documento è stato valutato dalle PP.AA. e approvato con determina comunale n. 166 del 03/10/2017.

Le indagini integrative sono state realizzate, in contraddittorio e condivisione con ARPA, a novembre 2017.

Di seguito si riportano per completezza le informazioni principali, mentre per tutti i dettagli si faccia riferimento al documento “*Revisione Analisi di Rischio Sito Specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 e D.Lgs. 04/08*” inviato agli Enti con comunicazione Eni del 29/03/2018, Prot. n. 390/18, e che si assume noto.

#### 3.4.1 Indagini realizzate

In data 20-22/11/2017 si sono realizzati n.6 sondaggi e n.10 saggi esplorativi con le caratteristiche riassunte di seguito e la cui ubicazione è riportata in Tavola 1.

Nel dettaglio sono stati realizzati:

in area effrazione e a monte delle risorgive:

- n. 7 sondaggi (BH6, BH7, BH8-BH8bis, BH9, BH12 e BH10), spinti fino alla profondità variabile da 4,5 m a 6,2 da p.c.;

in area risorgive (area bosco):

- n. 8 sondaggi (S3, S4, S5, S7, S8, S9, S10 e BH12) spinti fino alla profondità variabile da 0,4 a 4,5 m da p.c.;
- n. 4 saggi (BH11, S6, S11 e S12) spinti sino alla profondità variabile da 0,5 a 1 m da p.c.

Lungo la verticale di ciascun sondaggio sono stati prelevati campioni di terreno medi composti a diverse profondità.

I risultati delle determinazioni analitiche realizzate sui campioni di terreno sono riportati nel documento “*Revisione Analisi di Rischio Sito Specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 e D.Lgs. 04/08*”.

### **3.5 MONITORAGGIO ACQUE DI FALDA, RISORGIVE/RUSCELLAMENTI/TRINCEE, SUPERFICIALI E RILIEVO FREATIMETRICO (OTTOBRE 2015 - GENNAIO 2019)**

Di seguito si riporta un resoconto delle attività di monitoraggio/verifica delle acque sotterranee e di risorgiva/superficiali eseguite in Sito, dall'avvio del procedimento (ottobre 2015) sino a gennaio 2019.

Per i dettagli sulle attività svolte nel periodo di riferimento si rimanda ai documenti (report tecnici di restituzione dati e/o progettuali) citati al paragrafo 1.4 e che si assumono noti.

#### **3.5.1 Monitoraggio acque di falda**

Dall'avvio del procedimento (ottobre 2015) sono stati eseguiti in Sito campionamenti periodici delle acque sotterranee, in corrispondenza della rete piezometrica installata (piezometri PZ1÷PZ24) e di n. 2 pozzi privati posti nell'intorno del Sito (denominati “*Pozzo Sig. Cattaneo*” e “*Pozzo Cascina Prato Ronco*”), la cui ubicazione è riportata nella Tavola 1.

Nell'anno 2018, il rilievo dei fluidi è stato realizzato a cadenza mensile mentre le campagne di monitoraggio sono state realizzate a cadenza bimensile, nei mesi di gennaio, marzo, maggio, luglio, settembre e novembre (quest'ultimo eseguito in contraddittorio con ARPA Lombardia), in corrispondenza dei punti di osservazione di principale interesse, in linea con il pregresso.

#### **3.5.2 Monitoraggio acque Risorgive/Ruscellamenti/Trincee e Superficiali (Roggia Rabica)**

Per la verifica dello stato qualitativo delle acque in corrispondenza delle risorgive e del corso d'acqua Roggia Rabica (poste/o a valle effrazione), dall'avvio del procedimento sono stati individuati in area risorgive (area bosco) e lungo la roggia dei punti di verifica rappresentativi, da monitorare/campionare periodicamente.

In area Bosco, le acque di risorgiva e i relativi ruscellamenti nonché le acque intercettare dalle trincee (eseguite in sito in fase di MISE - Tavola 1) sono il risultato dell'emergenza o della messa a giorno della falda acquifera. Per la valutazione dello stato qualitativo delle acque in tali zone si è scelto di prelevare dei campioni di acqua direttamente dai punti di risorgiva, lungo i ruscellamenti d'interesse e dalle trincee.

Allo stesso modo, la verifica dello stato qualitativo delle acque superficiali (Roggia Rabica) viene svolta prelevando campioni di acqua dal corso d'acqua, lungo il tratto di roggia ritenuto d'interesse.

La Tavola 1 riporta i punti di campionamento oggetto di verifica, quali: Sorgente Alta, Sorgente Media, Sorgente NS, S3(a), in corrispondenza dei principali ruscellamenti (es. NSvalle, SMVP, SAVPvalle, SNPvalle, SOPvalle), in corrispondenza delle trincee (Trincea 1, Trincea 2a, Trincea 2b, Trincea 2c) e lungo la Roggia Rabica (es. RRAM, RRA0, RRA4, RRA5).

In area Bosco, le acque di risorgiva e i relativi ruscellamenti nonché le acque intercettare dalle trincee (eseguite in sito in fase di MISE) sono il risultato dell'emergenza o della messa a giorno della falda acquifera. Per la valutazione dello stato qualitativo delle acque in tali zone si è scelto di prelevare dei campioni di acqua direttamente dai punti di risorgiva, lungo i ruscellamenti d'interesse e dalle trincee.

Allo stesso modo, la verifica dello stato qualitativo delle acque superficiali (Roggia Rabica) viene svolta prelevando campioni di acqua dal corso d'acqua, lungo il tratto di roggia ritenuto d'interesse.

I risultati analitici ottenuti sono riassunti in Tabella 1 allegata.

### **3.5.3 Rilievo freatimetrico**

Dall'avvio del procedimento, è stata eseguita a cadenza periodica, in corrispondenza della rete piezometrica esistente, la misura del livello di falda (rilievo freatimetrico) per mezzo di una sonda d'interfaccia in grado di segnalare l'attraversamento di due fluidi caratterizzati da diversa densità, utilizzando suoni diversi (in genere uno continuo, l'altro intermittente). In tal modo è stato possibile misurare e verificare nel tempo la profondità del fluido surnatante (eventualmente presente) e della sottostante interfaccia (soggiacenza dell'acqua di falda), individuando/verificando lo spessore di una eventuale fase in galleggiamento (spessore prodotto surnatante).

Il rilievo freatimetrico è stato eseguito, nel periodo Ottobre 2015 – Marzo 2017, con frequenza quasi giornaliera. Successivamente, nel periodo Aprile – Giugno 2017 con frequenza settimanale. Infine, da Luglio 2017 a Dicembre 2018 con cadenza mensile. Si faccia riferimento alla documentazione pregressa per la consultazione dei rilievi dei fluidi

## 4 ATTIVITÀ DI MESSA IN SICUREZZA

Nel presente capitolo viene fornito un breve resoconto degli interventi di Messa in Sicurezza realizzati e attivi in Sito, a seguito dell'evento di effrazione di Ottobre 2015.

Immediatamente dopo l'evento doloso, in Area Effrazione, si è provveduto alla rimozione e allo smaltimento del terreno contaminato nell'intorno del punto di effrazione per un'area di circa 55 m<sup>2</sup>, fino ad una profondità di circa 3 m da p.c. In Area Risorgive e lungo la Roggia Rabica si sono posizionate panne e barriere oleo-assorbenti oltre all'azionamento di opportuni interventi di spurgo/recupero prodotto surnatante.

Nel periodo Novembre 2015 – Gennaio 2016, sono stati installati e avviati due sistemi di MISE di tipo Pump&Stock: in area Effrazione (Area 1) mettendo in emungimento n. 3 punti PZ2, PZ4 e PZ6; in area Monte Risorgive (Area 2) con n. 6 punti di emungimento PZ5, PZ7 – PZ11. In area Risorgive (area Bosco), sono state mantenute le panne e i fogli oleo-assorbenti, in corrispondenza delle risorgive e dei ruscellamenti, e le barriere rigide lungo la Roggia Rabica.

A dicembre 2015, in Area Risorgive, a seguito del rinvenimento di nuove evidenze di prodotto in fase separata, sono state realizzate (per la messa in sicurezza del sito) due trincee al fine di agevolare/consentire l'accumulo e la rimozione del prodotto.

Nello stesso periodo, sempre in Area Risorgive, si è provveduto all'aspirazione di acqua e prodotto mediante n. 3 skimmer attivi, dai punti con maggiore afflusso, nei pressi di Sorgente Alta e dalle Trincee.

Durante tutto il 2016 e fino a maggio 2017, in aggiunta ai presidi già installati in Area Risorgive, si è proceduto, mediante autobotte, allo spurgo dei piezometri non in emungimento posti a valle barriera risultanti non conformi e dove veniva riscontrata presenza di prodotto.

Il 23 maggio 2017, a seguito dell'autorizzazione allo scarico in corpo idrico superficiale da parte della Città Metropolitana di Milano e all'autorizzazione a procedere da parte dell'Ente Parco, è stato installato/attivato il sistema Pump&Treat (in sostituzione ai Sistemi di Pump&Stock), integrando il barrieramento con l'attrezzaggio (mediante pompe pneumatiche) dei punti PZ21, PZ23, PZ24, Sorgente Alta, e Trincea 2c.

Ad agosto 2017 è stato installato il sistema SAMIS (Sistema Automatico di Messa in Sicurezza) in corrispondenza della Sorgente Alta, in sostituzione alle panne/barriere oleo-assorbenti e allo skimmer attivo. Tale sistema permette il recupero automatico del prodotto surnatante eventualmente presente.

A partire da luglio 2017 si è proceduto a sostituire alcune barriere in polipropilene con panne in grafene, caratterizzate da maggior durata e resistenza.

Pertanto, ad oggi rimangono attivi come interventi di Messa in Sicurezza le seguenti attività:

- Gestione Sistema di Pump&Treat con barrieramento idraulico in area effrazione e a monte delle risorgive e in area risorgive;
- Manutenzione/gestione di presidi in area risorgive mediante barriere/panne olio-adsorbenti e di Sistema di recupero automatico di prodotto (SAMIS) in area risorgive, c/o la Sorgente Alta;



- Monitoraggi periodici di verifica delle acque di falda e risorgive/ruscellamento e superficiali (ad integrazione e a supporto delle attività di caratterizzazione).

Per maggiori dettagli sulle attività di MIS e sulla relativa gestione dei rifiuti si rimanda alle relazioni tecniche periodiche di aggiornamento inviate (citare al paragrafo 1.4) e che si assumono note.

#### **4.1 SISTEMA DI PUMP&TREAT (P&T)**

Facendo seguito alla valutazione di incidenza positiva rilasciata dal Parco Lombardo della Valle del Ticino in data 28/10/2016 (Prot. n. 2016/0010376) e all'Autorizzazione 9671/2016 del 25/10/2016 (rilasciata alla Società NCE - società operativa incaricata dalla Società Eni) per lo scarico di acque emunte da barriera idraulica in corso d'acqua superficiale, in data 23/05/2017 è stato avviato in sito il Sistema di Pump & Treat con i seguenti adeguamenti:

- pompe elettriche in corrispondenza dei pozzi PZ2, PZ4 e PZ6 (in area Effrazione);
- pompe pneumatiche in corrispondenza dei pozzi PZ7, PZ9, PZ8, PZ5, PZ10, PZ11 (in area Monte delle Risorgive);
- pompe pneumatiche in corrispondenza dei piezometri PZ23, PZ24, PZ21 (in area Risorgive - Bosco);
- pompe sommergibili/autoadescanti in corrispondenza della Sorgente Alta e della TRINCEA 2 (in area Risorgive - Bosco).

In data 18/12/2017 sono stati installati nei pozzi barriera PZ2, PZ4 e PZ6 (pozzi attrezzati con pompe elettriche) degli skimmer passivi al fine di agire sul recupero del prodotto eventualmente richiamato dal barrieramento in essere.

Ad Aprile 2018, invece, sono stati eseguiti i lavori di predisposizione delle linee idrauliche ed elettriche per la sostituzione dei suddetti skimmer passivi con skimmer attivi collegati direttamente all'impianto di P&T in esercizio.

Pertanto, ad oggi l'impianto è costituito da n. 3 pompe elettrosommerse, n. 3 skimmer attivi, n. 9 pompe pneumatiche, n. 1 pompa a membrana, n. 1 pompa pneumatica modificata, n. 1 filtro a sabbia, n. 4 filtri a carbone, n. 1 disoleatore, n. 3 pompe di rilancio, n. 2 cisterne di stoccaggio acque di controlavaggio, n. 1 cisterna di stoccaggio prodotto (cfr. P&ID in Tavola 6B).

In data 28/08/2017, con Autorizzazione Dirigenziale n. 7095/2017 della Città Metropolitana di Milano, l'autorizzazione allo scarico di acque emunte dalla barriera idraulica è stata trasferita a favore della Società ACR di Reggiani Albertino S.p.a (Ditta operativa subentrata, su incarico di Eni, ad Agosto 2017 alla Società NCE).

Pertanto, come previsto dal "Progetto impianto di Pump & Treat" riportato nella valutazione di incidenza (inviato da Eni come allegato alla Richiesta di Valutazione di Incidenza in data 28/09/2016), valutata positivamente dal Parco Lombardo della Valle del Ticino (Prot. n. 2016/0010376 del 28/10/2016) nonché dalla sopraccitata autorizzazione allo scarico, sono attivi i seguenti accorgimenti:

- per la verifica dell'oscillazione della falda in area boschiva, viene effettuato un rilievo periodico (mensile) della soggiacenza della falda in corrispondenza di n. 4

piezometri posti in area bosco (PZ21÷PZ24) e delle trincee poste immediatamente a monte del punto di scarico;

- per la verifica dell'apporto dei volumi di acqua emunti e immessi nel sistema idrico locale vengono effettuate letture dei contaltri installati, in corrispondenza dei pozzi barriera e della colonna filtrante (cadenza mensile);
- per monitorare la qualità delle acque, viene effettuato un campionamento dell'acqua in ingresso e in uscita all'impianto di trattamento per la determinazione dei parametri analitici Idrocarburi totali, solventi aromatici totali e MTBE (cadenza mensile).

In merito alle portate di esercizio adottate per il barrieramento in esercizio, si precisa che, nel rispetto della portata di scarico massima autorizzata (pari a 8 m<sup>3</sup>/h), si riporta in Tabella 4.1 un riepilogo delle portate massime di esercizio previste per ogni punto in emungimento.

**TABELLA 4.1: IMPIANTO SISTEMA P&T - PORTATE DI ESERCIZIO MASSIME PREVISTE.**

ID pozzo	Tipo di attrezzatura	Ø pozzo	Q max	
		(“)	(mc/h)	(lt/min)
Area Effrazione				
PZ2	Pompa elettrosommersa e skimmer attivo	8	2,2	36,67
PZ4	Pompa elettrosommersa e skimmer attivo	8	2,2	36,67
PZ6	Pompa elettrosommersa e skimmer attivo	6	2,2	36,67
Area Monte Risorgive				
PZ7	Pompa pneumatica	6	0,12	2
PZ9	Pompa pneumatica	6	0,12	2
PZ8	Pompa pneumatica	6	0,12	2
PZ5	Pompa pneumatica	6	0,12	2
PZ10	Pompa pneumatica	6	0,12	2
PZ11	Pompa pneumatica	6	0,12	2
Area Risorgive				
PZ23	Pompa pneumatica	4	0,12	2
PZ24	Pompa pneumatica	4	0,12	2
PZ21	Pompa pneumatica	4	0,12	2
Sorgente Alta	Pompa pneumatica	-	0,12	2
Trincea 2c	Pompa pneumatica	-	0,12	2
Portata totale			7,32	122
Portata totale autorizzata per lo scarico in Roggia Rabica			8,0	132

Si precisa inoltre che dallo “*Studio di Incidenza*”, elaborato in conformità agli articoli 5 e 6 del D.P.R. n. 357/97 e alla DGR 14106/2003, per l'installazione e avvio di un Sistema di Messa in Sicurezza di tipo Pump&Treat (P&T), e dai dati osservati in campo (es. oscillazione della falda in area boschiva), ne deriva che le attività di gestione/mantenimento del sistema di P&T in esercizio hanno impatti trascurabili sugli habitat vegetazionali e sulla matrice acquosa e relative componenti.



## 4.2 SISTEMA DI RECUPERO AUTOMATICO DI PRODOTTO (SAMIS)

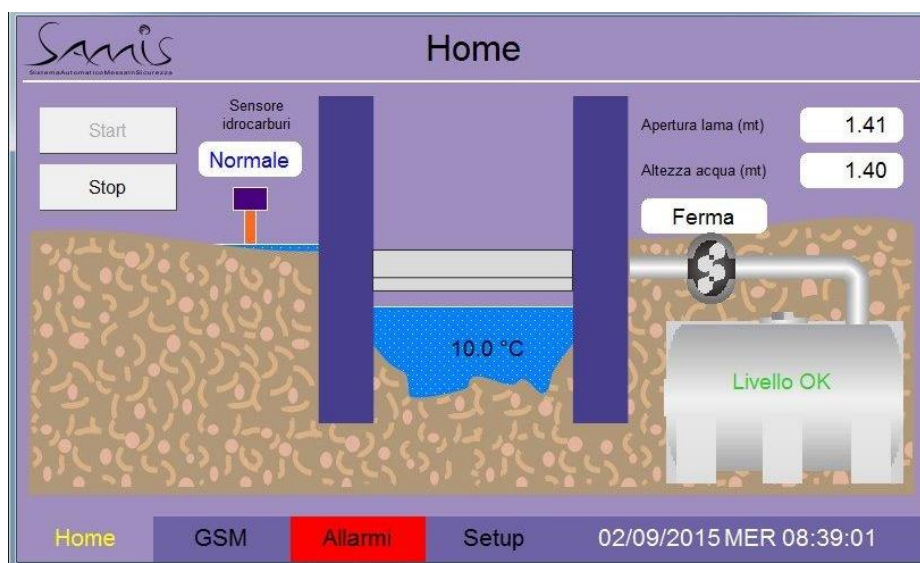
Il sistema denominato “Sistema Automatico di Messa In Sicurezza” (*SAMIS*), brevettato dalla Società Petroltecnica S.p.A., è un sistema automatico innovativo per il confinamento e il conseguente recupero automatico e immediato, delle sostanze liquide, tossico-nocive, infiammabili o comunque pericolose, rilasciate accidentalmente.

Il *SAMIS* è composto dalle seguenti componenti principali:

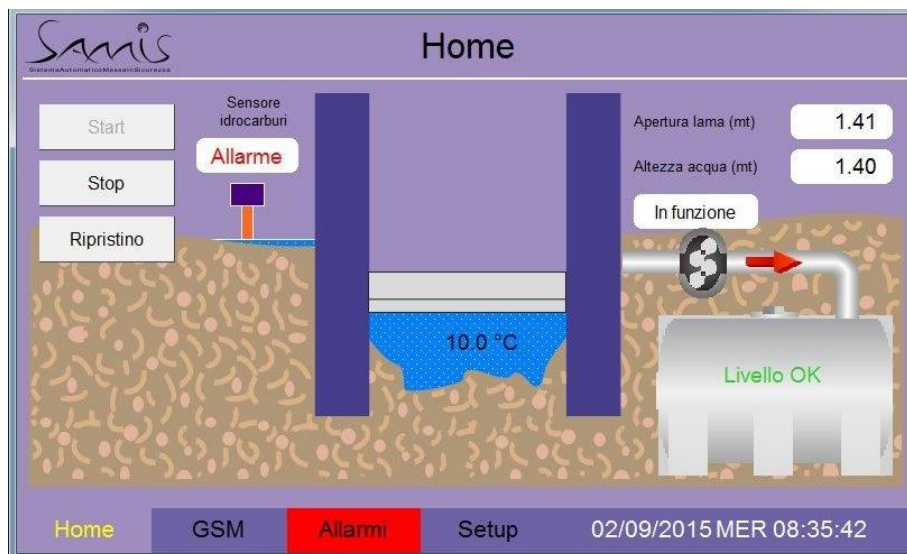
- un gruppo di rilevamento degli inquinanti monitorabile in remoto che trasmette in tempo reale gli allarmi (via email, sms, software dedicato) ai soggetti preposti. Il sistema di rilevamento è configurato in funzione della sostanza che si vuole identificare/recuperare;
- un gruppo di blocco automatico degli inquinanti; il gruppo è configurato in funzione della tipologia di sistema (tubazioni, canali, vasche);
- un gruppo di recupero automatico degli inquinanti;
- gruppo di attivazione allarmi;
- cisterna di stoccaggio reflui recuperati.

Le Figure 4.1 e 4.2 riportano layout del software di gestione con la barriera in condizioni normali (a riposo) e in condizione di allarme (in esercizio).

**FIGURA 4.1: SISTEMA SAMIS, IN CONDIZIONE NORMALE (A RIPOSO).**



**FIGURA 4.2: SISTEMA SAMIS, IN CONDIZIONE DI ALLARME (IN ESERCIZIO)**



Presso il sito in esame, il sistema SAMIS è stato posizionato presso la Sorgente Alta ed è in funzione per la MISE del Sito da agosto 2017, in sostituzione dei precedenti presidi (skimmer e/o attività di spurgo forzato) (comunicazioni Eni del 30/05/2017 - HSE HUB Prot. n. 596/17 e del 30/08/2017 - HSE HUB Prot. n. 932/17).

Esso consente il recupero del prodotto o delle iridescenze eventualmente provenienti dalla suddetta sorgente, grazie ai sensori installati in grado di riconoscere la presenza di idrocarburi. L'installazione del Sistema ha comportato la posa di un "sistema di recupero" composto da n. 3 moduli in lega metallica prefabbricata (basamento, barriera e tettoia) in corrispondenza del ruscellamento della Sorgente Alta (a circa 10-12 metri dalla risorgiva) e di un "sistema di stoccaggio dei reflui recuperati" composto da una cisterna da 10 mc, posizionato nelle vicinanze del sistema di recupero (in Area Monte Risorgive).

Il sistema automatico agisce creando un'azione di sbarramento mediante una paratia mobile che, in condizioni di non attività del sistema, penetra nel flusso di acqua per circa 1/4 dello spessore totale del ruscellamento, mantenendo la fenditura adibita al recupero dell'inquinante sopra il pelo dell'acqua. In questo modo la parte superficiale del flusso acquoso viene trattenuta mentre la parte inferiore defluisce secondo il deflusso delle acque. L'azione di sbarramento consente l'accumulo di iridescenze e prodotto in galleggiamento e, quando il sensore riconosce la presenza di idrocarburi il sistema si attiva abbassando la paratia mobile fino a che la fenditura adibita al recupero dell'inquinante traguardi la quota del pelo d'acqua, in modo da consentirne il recupero dell'inquinante intercettato. Il refluo recuperato viene rilanciato all'apposita cisterna di stoccaggio collegata al sistema.

Le sponde del tratto di ruscellamento che dalla risorgiva va fino al sistema di recupero SAMIS sono state opportunamente impermeabilizzate mediante la posa e/o sistemazione (nei punti dove sono già presenti) di pannelli in legno (ricoperti con telo impermeabile), al fine di impedire che l'eventuale prodotto in uscita dalla Sorgente Alta possa seguire altre vie preferenziali e/o impattare l'alveo stesso.

Si precisa che, nel caso in esame, non essendoci grandi spessori di prodotto libero in galleggiamento e vista la variabilità dell'oscillazione del pelo d'acqua del ruscellamento

intercettato dal sistema, le succitate operazioni di recupero comportano il recupero sia del prodotto intercettato che dell'eventuale contaminante disciolto in quanto una quota parte di acqua inevitabilmente confluisce della fenditura insieme al prodotto, con un rapporto prodotto acqua pari a circa 1/3.

Dall'avvio si sono riscontrate varie attivazioni del sistema, a causa del rilevamento da parte dei sensori di prodotto surnatante.

La seguente tabella 4.2 riporta tutte le attivazioni del SAMIS avvenute nel periodo 2017-Aprile 2019, e mostra una maggiore frequenza di attivazione nei periodi primaverili ed estivi, corrispondenti agli innalzamenti della falda legati alle irrigazioni che contraddistinguono l'area in studio.

**TABELLA 4.2:** ATTIVAZIONI DEL SAMIS NEL PERIODO 2017 – 2018.

<b>ATTIVAZIONI SAMIS 2017-2018</b>	
<b>Anno 2017</b>	
<b>Mese</b>	<b>Data di attivazione</b>
Luglio	25 luglio – Installazione SAMIS
Agosto	18-19
Settembre	Nessuna attivazione
Ottobre	Nessuna attivazione
Novembre	Nessuna attivazione
Dicembre	Nessuna attivazione
<b>Anno 2018</b>	
<b>Mese</b>	<b>Data di attivazione</b>
Gennaio	Nessuna attivazione
Febbraio	23
Marzo	Nessuna attivazione
Aprile	01-03-18-25-27
Maggio	01-04-06-15-16-22-23-25
Giugno	Nessuna attivazione
Luglio	Nessuna attivazione
Agosto	08-09
Settembre	Nessuna attivazione
Ottobre	21
Novembre	Nessuna attivazione
Dicembre	Nessuna attivazione
<b>Anno 2019</b>	
<b>Mese</b>	<b>Data di attivazione</b>
Gennaio	Nessuna attivazione
Febbraio	Nessuna attivazione
Marzo	Nessuna attivazione
Aprile	18-19-20-21-22-27

Si propone il mantenimento del presidio con il sistema SAMIS. La sua eventuale disinstallazione sarà valutata in funzione delle verifiche di campo condotte.

I rifiuti prodotti sono stati gestiti nel rispetto della normativa vigente in materia di recupero/smaltimento del rifiuto secondo la classificazione dell'Elenco Europeo dei Rifiuti.

Le strutture/opere succitate sono a corredo delle attività di MIS del Sito, a carattere non permanente e non comportano modifiche e/o impatti significativi all'ambiente.

#### **4.3 PANNE/BARRIERE OLEOASSORBENTI**

In area risorgive e lungo la Roggia Rabica, ad oggi sono presenti presidi per la MISE del Sito quali panne/barriere oleoassorbenti, che vengono periodicamente verificate/sostituite (ove necessario).

Nello specifico:

- panne/barriere oleoassorbenti (in polipropilene o in grafene) sono poste in corrispondenza dei punti “Sorgente Media”, “Sorgente NS”, lungo i ruscellamenti originati da tali risorgive e della “Sorgente Alta” e in prossimità delle Trincee;
- barriere oleoassorbenti (in polipropilene) poste (cautelativamente) lungo la Roggia Rabica, disposte in prossimità dei punti di confluenza dei ruscellamenti di maggiore interesse (es. derivanti dalla Sorgente Alta o Media) e a valle gradiente, in località Prato Ronco.

Tali presidi sono a corredo delle attività di MIS del Sito, a carattere non permanente e non comportano modifiche e/o impatti significativi all'ambiente.

#### **4.4 ATTREZZATURE/STRUTTURE DI PERTINENZA DELLE ATTIVITÀ DI MIS**

La gestione delle attività/sistemi di MIS descritte/i nei precedenti paragrafi comporta la presenza in Sito, in forma temporanea, delle seguenti strutture:

- n. 2 container adibiti ad ufficio e n.1 container per uso magazzino/ritiro attrezzature, per un totale di circa 40 m<sup>3</sup> (posti in Area Monte delle Risorgive);
- n. 1 container di circa 60 m<sup>3</sup> per lo stoccaggio temporaneo di big bag con panne oleoassorbenti esauste (posti in Area Monte delle Risorgive).

## 5 MODELLO CONCETTUALE DEL SITO

Il presente capitolo illustra il Modello Concettuale formulato per il Sito sulla base dei dati ad oggi disponibili, raccolti durante le varie fasi d'indagine e di MISE svolte in sito dalla notifica fino a dicembre 2018, utilizzato per l'implementazione dell'ultimo documento progettuale inviato e approvato (Revisione Analisi di Rischio), integrato con i dati raccolti rilevati nell'anno 2018.

### 5.1 GEOMORFOLOGIA

L'area in esame, dal punto di vista geomorfologico, ricade in corrispondenza di uno dei terrazzi di origine fluvio-glaciale che formano la sponda idrografica sinistra della valle dove scorre il Fiume Ticino, denominato terrazzo "intermedio".

Quest'ultimo presenta quote variabili tra 87 e 95 m s.l.m. e va a raccordarsi al terrazzo sottostante denominato "basso" (con quote variabili tra 82 e 87 m s.l.m.) con una scarpata di altezza media di circa 8-9 m e pendenza variabile tra circa 5° e 15°.

Nel dettaglio, a scala locale, sono state individuate le seguenti aree d'interesse (Tavola 01):

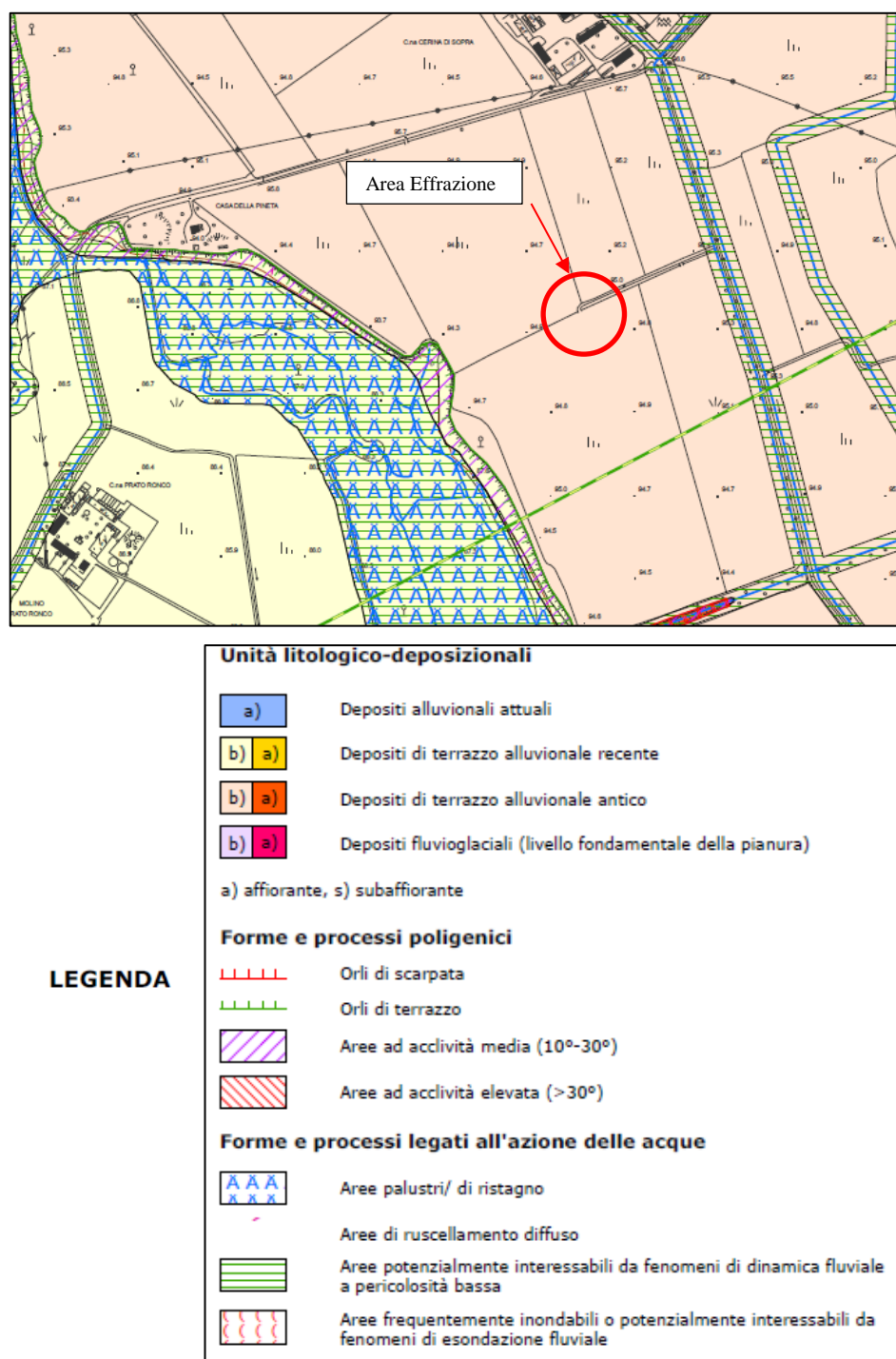
- AREA EFFRAZIONE: area posta in corrispondenza del tratto di oleodotto dove è avvenuta la fuoriuscita degli idrocarburi per manomissione dolosa, posta ad una quota media di 94,21 m s.l.m (terrazzo "intermedio");
- AREA MONTE RISORGIVE: a valle dell'effrazione, che si estende fino al bordo del terrazzo "intermedio" (limite dei campi con il bosco), posta ad una quota media di 94,21 m s.l.m;
- AREA RISORGIVE/BOSCO: in corrispondenza della scarpata del terrazzo "intermedio" (area boschiva), dove la falda affiora generando risorgive e/o ristagni d'acqua;
- AREA ESTERNA: posta in corrispondenza del terrazzo "basso", con una quota media di circa 86,21 m s.l.m.

### 5.2 LITOLOGIA

Dalla *"Carta litologica e della dinamica geomorfologica con elementi di prima caratterizzazione geotecnica"* del PGT del comune di Morimondo (Figura 7.1) si evince che nell'area oggetto di studio sono presenti *"Depositi di terrazzo alluvionale antico"* (sub-affioranti) e *"Depositi di terrazzo alluvionale recente"* (affioranti).

Nel dettaglio, le alluvioni antiche (superfici terrazzate sospese) sono depositi messi in posto successivamente al Livello Fondamentale della Pianura, a quota inferiore ad esso, costituiti generalmente da ghiaie e sabbie ciottolose passanti a ghiaie sabbiose. Possono inoltre essere intercalati dei livelli sabbioso-limosi riconducibili ad eventi di esondazione. Le alluvioni recenti (piane alluvionali inondabili), invece, sono depositi costituiti da ghiaie e sabbie con lenti argillose e limose più o meno estese.

**FIGURA 5.1:** STRALCIO DELLA “CARTA LITOLOGICA E DELLA DINAMICA GEOMORFOLOGICA CON ELEMENTI DI PRIMA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA” – TAV. N. 1B DI NOVEMBRE 2011, DEL P.G.T DEL COMUNE DI MORIMONDO



Al fine di ricostruire con maggior dettaglio l'assetto litologico dell'area d'interesse, indagata in fase di caratterizzazione con la realizzazione di sondaggi spinti fino alla profondità indicativa di 10-12 m da p.c., sono state elaborate n.2 sezioni litologiche, una orientata nord-ovest sud-est (Sezione n.1) e una orientata nord-sud (Sezione n. 2), così come riportato nelle Tavole IIIA e IIIB, in Allegato D all'ADR approvata e a cui si rimanda.



La Sezione 1 si estende dal piezometro PZ1 a nord-est al PZ21 a sud-ovest, per una lunghezza complessiva di circa 300 m. È stata elaborata utilizzando le stratigrafie di n.10 sondaggi, aventi profondità massima pari a 13 m da p.c. Il piano campagna lungo la sezione risulta sub pianeggiante dal piezometro PZ1 al PZ8, con quote poco inferiori a 94,5 m s.l.m.; procedendo oltre il PZ8, la quota del piano campagna (p.c.) tende a diminuire fino a circa 87 m s.l.m. (PZ21). A partire dal piano campagna, si identifica la presenza di ghiaia sabbiosa fino a circa 7 m di profondità da p.c., sostituita più in profondità da sabbia medio-fine ghiaiosa debolmente limosa. Sono presenti alcune lenti di materiale più fine, costituite da sabbia limosa e limo sabbioso, che non risultano continue spazialmente. Lungo la Sezione 1, tra i piezometri PZ1 e PZ23, affiorano i depositi del terrazzo alluvionale antico, identificati nel PGT del comune di Morimondo, a quote comprese tra 87 e 97 m s.l.m. e composti principalmente da ghiaia e ciottoli con sabbia; spostandosi verso sud-ovest rispetto al PZ23, affiorano i depositi del terrazzo alluvionale recente, identificati nel PGT del comune di Morimondo, a quote comprese tra 82 e 87 m s.l.m. e composti principalmente da ghiaia con sabbia.

La Sezione 2 si estende dal piezometro PZ13 a nord-ovest al PZ12 a sud-est, per una lunghezza complessiva di circa 180 m. Tale sezione è stata elaborata utilizzando le stratigrafie di n. 8 sondaggi, aventi profondità massima pari a 13 m da p.c. Il piano campagna lungo la Sezione 2 risulta sub pianeggiante, con quote comprese tra 94,1 e 94,4 m s.l.m. Tale sezione è disposta in direzione parallela all'orlo del terrazzo e risultano affioranti i depositi del terrazzo alluvionale antico. A partire dal piano campagna, si identifica la presenza di ghiaia sabbiosa con uno spessore di circa 6 m a nord che aumenta fino a 10 m circa spostandosi verso sud. In corrispondenza del piezometro PZ9, lo spessore del livello di ghiaia si riduce a 4 m circa. Al di sotto della ghiaia sabbiosa è presente sabbia medio-fine ghiaiosa debolmente limosa, con intercalazioni di alcune lenti di materiale fine che non risultano continue spazialmente.

### 5.3 IDROGEOLOGIA

L'area in esame è caratterizzata da un acquifero freatico impostato in “sabbie ghiaiose, localmente limose”, con una direzione di flusso prevalente orientata da NORD EST verso SUD OVEST e gradiente idraulico medio pari a 0,00633 nell'AREA EFFRAZIONE E MONTE RISORGIVE e pari a 0,0264 nell'AREA RISORGIVE/BOSCO.

Dall'interpretazione di prove idrauliche eseguite in sito e dalla successiva calibrazione dei dati tramite PEST (calibrazione inversa attraverso l'ausilio di PEST - Doherty, Hunt, 2010, implementata con modello di flusso tridimensionale quale Fase Tier 3) ne deriva la seguente CONDUCEBILITÀ IDRAULICA DELL'ACQUIFERO:

- in Area Effrazione la conducibilità risulta pari a circa  $1,2 \cdot 10^{-3}$  m/s mentre a Monte delle Risorgive varia tra  $7 \cdot 10^{-4}$  m/s e  $2,5 \cdot 10^{-3}$  m/s;
- in Area delle Risorgive e Area Esterna la conducibilità ha valori compresi tra  $1 \cdot 10^{-4}$  m/s e  $7 \cdot 10^{-5}$  m/s.

La morfologia del sito, caratterizzata dalla presenza di un terrazzo fluvio-glaciale con un dislivello di quota di circa 9 metri, condiziona la soggiacenza della falda e fa sì che:

- in AREA EFFRAZIONE E MONTE RISORGIVE, in corrispondenza del terrazzo “intermedio”, ad una quota media pari a 88,6 m s.l.m. la soggiacenza media si attesta a 5,55 m da p.c.;
- in AREA RISORGIVE/BOSCO, in corrispondenza della scarpata del terrazzo “intermedio”, ad una quota media di 87,20 m s.l.m. la falda tende ad affiorare generando risorgive e/o ristagni d’acqua e nei punti di monitoraggio eseguiti (piezometri PZ21-PZ24) la falda viene intercettata ad una profondità media di 0,45 m da p.c. (in PZ21 e PZ22) e 3,45 m da p.c. (in PZ23 e PZ24);
- in AREA ESTERNA, in corrispondenza del terrazzo “basso” (alla base del terrazzo “intermedio”), ad una quota media pari a 85,47 m s.l.m. la falda viene intercettata ad una profondità media di 0,56 m da p.c.

In funzione dell’elevato numero di dati di soggiacenza disponibili, in corrispondenza di ogni punto della rete è stata effettuata un’analisi statistica degli stessi al fine di individuare, in dettaglio per ogni area e per ogni punto di monitoraggio, il confine tra porzione insatura e satura del suolo, così come descritto in dettaglio nel seguito:

- per l’AREA EFFRAZIONE E MONTE RISORGIVE, è stato individuato un valore di massima soggiacenza della falda per l’intera area, pari a 6,403 m da p.c., corrispondente al massimo degli UCL calcolati per ogni punto di monitoraggio; analogamente, è stato individuato un valore di minima soggiacenza della falda, pari a 4,480 m da p.c., corrispondente al minimo degli LCL calcolati per ogni punto di monitoraggio;
- per l’AREA RISORGIVE/BOSCO, data la topografia del terreno, non è stato possibile utilizzare un valore unico per l’intera area e si è quindi ragionato puntualmente, prendendo come riferimento il singolo valore di UCL/LCL calcolato.



## 5.4 STATO QUALITATIVO DEI TERRENI

In Tabella 5. si riportano i campioni di terreno ad oggi analizzati (ottobre 2015÷novembre 2017), eccedenti le CSC di riferimento.

**TABELLA 5.4 – SUPERAMENTI DELLE CSC RILEVATI NEI TERRENI (OTTOBRE 2015 - NOVEMBRE 2017)**

AREA DEL SITO	CAMPIONE	TPH C>12	TPH C<12	XILENE	Σ ORGANICI AROMATICI
	CSC COL. A	50 (mg/kg)	10 (mg/kg)	0,5 (mg/kg)	1 (mg/kg)
<b>SUOLO SUPERFICIALE</b>					
AREA EFFRAZIONE	BH5 (0 – 1 m)	142	65	0,97	1,04
	S1PB (0 – 1 m)	822,7	-	-	-
	SC1PA1	63,6	-	-	-
	SC1PB1	1.240	-	-	-
	SC1F1 (-1,8 m)*	3.532	66,8	-	-
	SC1PA2	6.375	64,5	-	-
	SC1PB2	3.217,3	81,2	-	-
	SC1PA3	59,3	-	-	-
	SC1F2 (-1,8 m)*	2.934,9	76,3	-	-
AREA RISORGIVE/ BOSCO	SC2FA (-1 m)	-	36,6	-	-
	BH11 (0-1 m)	166	-	-	-
	S8 (0,6-1 m)	159	-	-	-
	PZ21 (0,6 - 1,6 m)	277	50	0,75	1,1
	PZ22 (0 - 0,6 m)	52	-	-	-
<b>SUOLO PROFONDO INSATURO</b>					
AREA EFFRAZIONE	BH3 (2 – 3 m)	1.030	44	-	-
	BH3 (3,5 – 4,5 m)	51	-	-	-
	BH4 (3,5 – 4,5 m)	1.690	117	2,41	2,5
	BH5 (3,5 – 4,5 m)	3.750	330	24,5	26,7
	BH5 (3,5 – 4,5 m) Arpa	1.497	183	-	2,2
	PZ2 (2 – 3 m)	2.300	28,9	-	-
	S1PA1 (1 – 2,8 m)	2.170	189,8	-	-
	S1PB (1 – 2,8 m)	1.660	140,4	-	-
	S1PD (1 – 2,8 m)	-	390,7	-	-
	S1PFA1 (-2,8 m)	5.490	188,6	-	-
	S1PFA2 (-2,8 m)	-	242,8	-	-
	SC1PA1	63,6	-	-	-
	SC1PB1	1.240	-	-	-
	SC1F1 (-1,8 m)	3.532	66,8	-	-
	SC1PA2	6.375	64,5	-	-
	SC1PB2	3.217,3	81,2	-	-
	SC1F2 (-1,8 m)	2.934,9	76,3	-	-
	SC1PA3	59,3	-	-	-
	SC2FA (-1 m)	-	36,6	-	-
	BH8bis (3,5 – 4,5 m)	64	-	-	-
AREA MONTE RISORGIVE	PZ14 (5 – 6 m)	1.130	103	-	-
	PZ7 (5,2 – 6,2 m)	1.116,6	77,7	-	-
	PZ8 (5,2 – 6,2 m)	165,9	-	-	-
AREA RISORGIVE	PZ21 (0,6-1,6 m)	277	50	0,75	1,1
	PZ21 (1,6-2,6 m)**	144	14,2	-	-
	PZ24 (4 - 5 m)	1.020	92	5,1	5,5

\*CAMPIONE DI FONDO FOSSO

\*\* CAMPIONE POSTO NEL SATURO

Dall'esame dei dati sopra riportati si evidenzia che:

- i superamenti riscontrati in sito hanno interessato sia il suolo superficiale sia il suolo profondo insaturo per i parametri IDROCARBURI LEGGERI  $C \leq 12$ , IDROCARBURI PESANTI  $C > 12$ , XILENI e/o SOMMATORIA ORGANICI AROMATICI;
- in AREA ESTERNA nessun campione di terreno ha mostrato il superamento dei limiti normativi per i parametri analizzati;
- dall'analisi delle quote a cui è stata rilevata la contaminazione in PZ24 e BH11 si evince che la potenziale contaminazione del SUOLO SUPERFICIALE rilevata in BH11 è attribuibile alla migrazione della contaminazione riscontrata in PZ24 nel SUOLO PROFONDO INSATURO.

Inoltre, secondo quanto esposto nel paragrafo precedente, dall'analisi statistica della soggiacenza delle acque sotterranee in corrispondenza dei punti di monitoraggio è stato verificato che:

- in corrispondenza del piezometro PZ21, per il quale è stata rilevata una massima escursione della falda pari a 1,024 m da p.c. (UCL 95%) nel periodo di osservazione (OTTOBRE 2015-DICEMBRE 2017), i superamenti riscontrati per il campione PZ21 (0,6-1,6 m) e PZ21 (1,6-2,6 m) sono da considerarsi rispettivamente in parte e totalmente nella porzione satura del suolo profondo;
- in corrispondenza del piezometro PZ22, per il quale è stata rilevata una massima escursione della falda pari a 0,284 m da p.c. (UCL 95%) nel periodo di osservazione (OTTOBRE 2015-DICEMBRE 2017), i superamenti riscontrati per il campione PZ22 (0,0-0,6 m) sono da considerarsi in parte nella porzione satura del suolo superficiale;
- per il superamento riscontrato in S8 (0,6-1,0 m), non avendo a disposizione un valore puntuale di soggiacenza della falda, si è fatto riferimento alla massima escursione rilevata in PZ21 (piezometro posto nelle vicinanze) da p.c. (UCL 95% pari a 1,024 m da p.c.), corrispondente ad una quota assoluta pari a 86,299 m s.l.m; poiché l'intervallo di prelievo del campione S8 (0,6-1,0 m) risulta avere una quota assoluta compresa tra 86,064 e 85,664 m s.l.m, tale campione è da considerarsi nella porzione satura del suolo superficiale.

## 5.5 STATO QUALITATIVO DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Dall'analisi dei risultati analitici ottenuti dai campioni di acqua di falda (prelevati in corrispondenza della rete piezometrica presente in sito), relativi al periodo di OTTOBRE 2015 – APRILE 2019 (cfr. Tabella 1 in allegato), è possibile evincere le seguenti considerazioni:

### AREA EFFRAZIONE E MONTE RISORGIVE

- la conformità dei limiti di riferimento (CSC D.Lgs. 152/06, Parere ISS) viene rispettata in corrispondenza dei punti di monitoraggio PZ1 e PZ16 (sempre conforme), PZ3 (sempre conforme, ad eccezione di due monitoraggi di ottobre 2015), PZ4 (sempre conforme dal maggio 2018, in precedenza però non campionato per presenza di prodotto surnatante);
- una riduzione nel tempo dei superamenti (rilevati per i parametri IDROCARBURI TOTALI (COME N-ESANO), BTEXS e/o MTBE), fino al raggiungimento delle CSC, è stata ottenuta in corrispondenza dei punti di monitoraggio PZ5 (conforme da agosto 2017), PZ7 (conforme da maggio 2017), PZ8 (conforme da ottobre 2016), PZ9 (conforme da settembre 2016), PZ10 (conforme da giugno 2016), PZ11 (conforme da giugno 2016), PZ12 (conforme da settembre 2016), PZ13 (conforme da settembre 2016), PZ14 (conforme da gennaio 2017) e PZ15 (conforme da agosto 2016); solo recentemente, a marzo 2019, in corrispondenza del PZ5 è stata rilevata la presenza occasionale di prodotto surnatante; al fine di verificare l'attendibilità del rilievo effettuato, nel presente documento sono state previste attività di indagine indiretta per valutare la eventuale diffusione del prodotto nell'intorno del piezometro stesso;  
Si rammenta che i punti PZ5, PZ7, PZ8, PZ9, PZ10 e PZ11 fanno parte del presidio di messa in sicurezza delle acque di falda attivato in area *monte risorgive*;
- evidenze di contaminazione (con presenza di prodotto o di concentrazioni superiori ai limiti di riferimenti), invece, permangono in corrispondenza dei punti di monitoraggio PZ2, PZ4 e PZ6, con la presenza periodica di prodotto (rilevato principalmente nel periodo autunnale-invernale) o di superamenti delle CSC, per IDROCARBURI TOTALI (COME N-ESANO). I succitati punti fanno parte del presidio di messa in sicurezza delle acque di falda attivato in *area effrazione*;

### AREA RISORGIVE/BOSCO

- la conformità dei limiti di riferimento (CSC D.Lgs. 152/06, Parere ISS) viene sempre rispettata in corrispondenza del piezometro PZ22;
- una riduzione nel tempo dei superamenti (rilevati per i parametri IDROCARBURI TOTALI (COME N-ESANO), BTEXS e/o MTBE), fino al raggiungimento delle CSC, è stata ottenuta in corrispondenza del punto di monitoraggio PZ23 (conforme da maggio 2017);
- evidenze di contaminazione (con presenza di prodotto o di concentrazioni superiori alle CSC di riferimento), invece, permangono in corrispondenza del piezometro PZ21, con la presenza periodica di prodotto (rilevato principalmente nel periodo autunnale-invernale) o di superamenti delle CSC, per IDROCARBURI TOTALI (COME

N-ESANO) o MTBE. Il succitato punto fa parte del presidio di messa in sicurezza delle acque di falda attivato in *area risorgive*;

#### AREA ESTERNA

- si conferma la piena conformità alle CSC di riferimento in corrispondenza di tutti i piezometri ubicati in tale area (PZ17 – PZ20) e dei pozzi privati (Pozzo Sig. Cattaneo e Pozzo C.na Prato Ronchi).

### **5.6 STATO QUALITATIVO DELLE ACQUE DI RISORGIVA/RUSCELLAMENTI/TRINCEE E DELLE ACQUE SUPERFICIALI (ROGGIA RABICA)**

#### **SORGENTI E RUSCELLAMENTI**

Nel periodo di riferimento (ottobre 2015-dicembre 2018), si osserva in corrispondenza delle sorgenti una diminuzione delle concentrazioni dei parametri indagati fino al raggiungimento dei limiti di rilevabilità strumentale in corrispondenza di Sorgente Media (da maggio 2017) e Sorgente 3a (da giugno 2016).

In corrispondenza di Sorgente Alta e Sorgente NS si rilevano periodicamente iridescenze di origine idrocarbureca e/o concentrazioni di IDROCARBURI TOTALI (COME N-ESANO) superiori ai limiti di rilevabilità, con trend decrescente.

In corrispondenza dei ruscellamenti si osservano concentrazioni decrescenti per i parametri IDROCARBURI TOTALI (COME N-ESANO) e MTBE, fino al traguardo dei limiti di rilevabilità da maggio 2017 a gennaio 2019.

#### **TRINCEE**

In corrispondenza delle Trincee si sono rilevate concentrazioni di BTEXS sempre al di sotto dei limiti di rilevabilità. I parametri MTBE e IDROCARBURI TOTALI (COME N-ESANO) invece si presentano solo sporadicamente con concentrazioni inferiori al limite di rilevabilità, ad eccezione di un superamento del limite fissato dall'ISS per le acque della Trincea 2a a dicembre 2017.

Per l'MtBE si rilevano concentrazioni disciolte dell'ordine di 20-50 µg/L mentre per gli idrocarburi, oltre alla presenza sporadica di iridescenze (in particolare in corrispondenza della Trincea 2c), sono state registrate nel passato concentrazioni disciolte variabili da circa 100 a 11.000 µg/L, tuttavia da settembre 2017 al gennaio 2019 sono state tragguardate le CSC di riferimento.

#### **ROGGIA RABICA**

Nelle campagne di monitoraggio dal luglio 2017 al gennaio 2019, sono state registrate per tutti i punti oggetto di verifica concentrazioni quasi sempre prossime o inferiori ai limiti di rilevabilità.

### **5.7 STATO QUALITATIVO GAS INTERSTIZIALI**

Le n. 4 campagne di monitoraggio SOIL GAS eseguite nel periodo GIUGNO 2016÷MAGGIO 2017 hanno mostrato delle concentrazioni generalmente inferiori ai limiti di rilevabilità per tutti i parametri analizzati, con ordini di grandezza compresi tra 0,000358 e 0,0622 mg/Nm<sup>3</sup>.

Nella campagna rappresentativa della stagionalità primaverile (maggio 2017) sono state rilevate dei valori di concentrazione leggermente superiori per i composti AROMATICI C11-C12 ( $1,45 \div 2,16$  mg/Nm<sup>3</sup>) e AROMATICI C13-C22 ( $0,835 \div 1,74$  mg/Nm<sup>3</sup>) (cfr Tabella 5 in coda al testo), ma non sufficientemente elevati da richiedere ulteriori approfondimenti.

## 5.8 PRESENZA DI PRODOTTO SURNATANTE IN FASE SEPARATA

Man mano che aumenta la concentrazione di contaminante adeso al terreno può accadere che il contaminante, se fluido, non venga più trattenuto dal suolo stesso e percoli fino a raggiungere la frangia capillare e poi il pelo libero dell'acqua di falda e qui rimanere in galleggiamento.

Gli idrocarburi liquidi in fase libera diventano mobili, e possono percolare per gravità solo quando la loro quantità supera la capacità di assorbimento meccanico macroscopico del suolo/sottosuolo. Tale quantità viene denominata “saturazione residua”. La saturazione residua dipende da un lato delle caratteristiche del fluido, ovvero densità e viscosità della sostanza, e dall'altro dalla composizione e tessitura del suolo. L'ordine di grandezza in termini di concentrazione residua per i composti idrocarburici è delle migliaia di mg/Kg.

L'espressione “saturazione residua” indica quindi il prodotto residuo che resta intrappolato nel suolo/sottosuolo che aveva i suoi pori saturi della massa di fluidi che è poi percolata per gravità verso il basso, lasciando nel terreno una parte immobile, trattenuta per capillarità e tensioni superficiali, e che è detta appunto saturazione residua.

Al fine di verificare quali delle concentrazioni di contaminante presenti nel sottosuolo insaturo (definite in fase di caratterizzazione) possa essere potenzialmente fonte di percolazione di prodotto in falda, sono state prese in esame le concentrazioni indicative di saturazione residua per composti idrocarburici indicate nell'Appendice V al manuale “Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati” (elaborata dal Gruppo di Lavoro ISPRA-ARPA/APPA-ENEA-ISS-ISPEL) (Tabella V.5.4-1 e 2).

Nello specifico, la succitata tabella riporta i seguenti valori di “saturazione residua” per i composti idrocarburici GRO e DRO.

	Saturazione residua [mg/Kg]			
	ghiaia grossolana	ghiaia e sabbia grossolana	sabbia	limi e argille
GRO (C>12)	1.000	1.700	3.400	10.000
DRO (C<12)	2.000	3.900	7.700	22.800

Note: DRO = Diesel range organics; GRO = Gasoline range organics

La tabella riporta i valori più cautelativi tra i dati forniti dall'American Petroleum Institute (API, 2000) in base alla granulometria del suolo. Ovviamente tali dati si ritengono validi nell'ipotesi che non vi siano vie preferenziali per la migrazione della fase separata verso la falda.

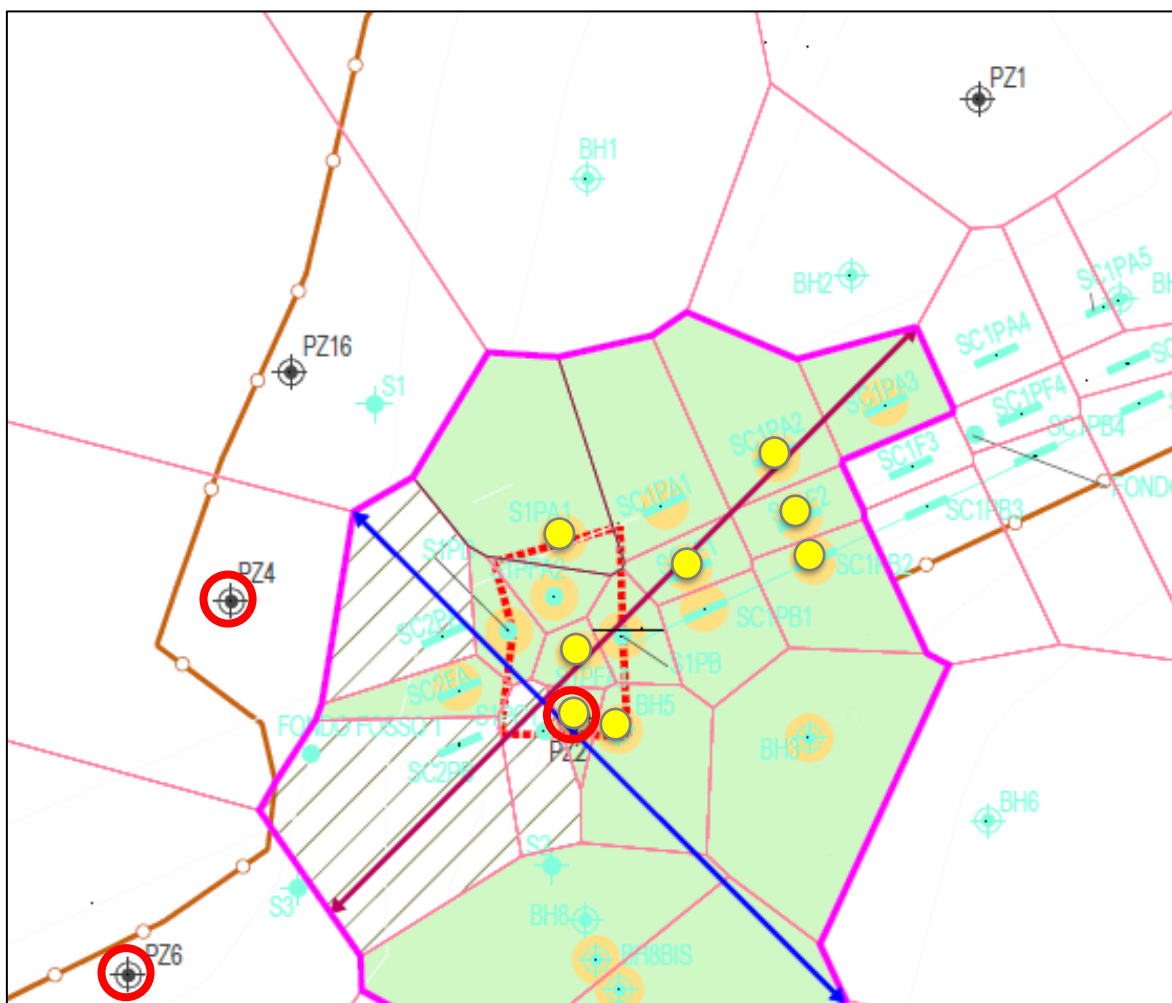
Litologicamente, l'area in esame è caratterizzata dalla presenza di ghiaia sabbiosa. Pertanto, si assumono come concentrazioni di saturazione residua i valori di 1.700 mg/Kg per C>12 e 3.900 mg/Kg per C<12.

Dall'esame dei risultati analitici rilevati nei terreni in fase di caratterizzazione emerge che si hanno concentrazioni superiori alle *Concentrazioni di Saturazione Residua di Riferimento* in area effrazione, per il parametro C>12, in corrispondenza dei seguenti campioni, evidenziati nella figura 5.2:

- SC1F1 (-1,8 m);
- SC1PA2;

- SC1PB2;
- SC1F2 (-1,8 m);
- BH5 (3,5 – 4,5 m);
- PZ2 (2 – 3 m);
- S1PA1 (1 – 2,8 m);
- S1PFA1 (-2,8 m);

**FIGURA 5.2:** STRALCIO DELLA TAVOLA 9B DEL DOCUMENTO “REVISIONE ANALISI DI RISCHIO”; I PUNTI GIALLI EVIDENZIANO I PUNTI DI CAMPIONAMENTO CARATTERIZZATI DA UNA CONCENTRAZIONE DI  $C > 12$  SUPERIORE ALLE “CONCENTRAZIONI DI SATURAZIONE RESIDUA”; I CERCHI ROSSI EVIDENZIANO I PUNTI DI MONITORAGGIO (PIEZOMETRI PZ2, PZ4 E PZ6) CHE ATTUALMENTE MOSTRANO IN TALE AREA (AREA EFFRAZIONE) SALTUARIA PRESENZA DI PRODOTTO SURNATANTE (A CADENZA CIRCA STAGIONALE).





Dall'esame dei rilievi fluidi eseguiti nei succitati piezometri emerge che si rileva prodotto in falda in fase separata con una soggiacenza della falda acquifera compresa indicativamente nel range 5 – 6 m da p.c. (corrispondenza alla frangia capillare).

Recentemente, marzo 2019, in area Monte Risorgiva e precisamente in corrispondenza del PZ5 è stata rilevata la occasionale presenza di prodotto surnatante; le indagini integrative previste nel presente elaborato determineranno l'effettiva estensione ed ampiezza dell'area interessata dalla eventuale diffusione del prodotto rilevato. Si segnala in ogni caso che il succitato piezometro è in emungimento, quale attività di MIS.

In area risorgive, vi sono vie preferenziali di propagazione in corrispondenza di zone sabbiose-ghiaiose, poste principalmente lungo la porzione di versante dell'area Boschiva posta in prossimità della Sorgente Alta e/o in prossimità del punto di monitoraggio PZ21, alternate a zone a matrice limoso-argillosa.

## 5.9 SORGENTI, GRADO ED ESTENSIONE NELLE DIVERSE MATRICI AMBIENTALI

In generale, possono essere individuate due tipologie di sorgenti di contaminazione, suddivise in primarie e secondarie:

- **sorgenti primarie**: sono potenzialmente costituite da anomalie strutturali a carico di manufatti o tubazioni, nonché dagli incidenti che possono occorrere durante lo svolgimento delle attività lavorative sito-specifiche;
- **sorgenti secondarie**: sono dovute alla presenza di prodotti estranei alla natura originaria del suolo, adsorbiti al suolo e/o diffusi allo stato gassoso e/o disciolti nelle acque sotterranee e/o superficiali.

Nel caso in esame è possibile affermare che in sito insiste una sorgente di contaminazione secondaria indotta dal contaminante residuo (prodotto idrocarburico sversato a seguito dell'effrazione/manomissione dell'oleodotto Eni) adsorbito al suolo e disciolto nelle acque sotterranee.

In accordo con quanto indicato dalla vigente normativa “[...] *Nelle more del completamento dei necessari interventi di rimozione del surnatante presente in falda, come sorgente primaria di contaminazione, saranno portate avanti le procedure amministrative relative all'analisi di rischio, allo scopo di garantire che l'effettiva bonifica del sito avvenga in tempi brevi*”.

Le sorgenti di contaminazione sono rappresentate nelle tavole dell'elaborato progettuale dell'ADR, si consulti pertanto il relativo documento che si assume noto.



### **5.10 PERCORSI DI MIGRAZIONE DELLA CONTAMINAZIONE IN RELAZIONE AI BERSAGLI INDIVIDUATI**

È stata condotta un'analisi per l'individuazione dei percorsi di migrazione attivi, delle modalità di esposizione e dei recettori che possono potenzialmente entrare in contatto con le sostanze presenti nel sottosuolo del sito in esame.

#### **MATRICI AMBIENTALI**

Nel seguito sono riportate le matrici ambientali valutate nella presente elaborazione:

- **SUOLO SUPERFICIALE:** il livello più superficiale di sottosuolo, compreso tra piano campagna e 1 m di profondità;
- **SUOLO PROFONDO:** il livello di sottosuolo compreso tra la base del precedente e la massima profondità interessata da contaminazione;
- **ARIA OUTDOOR:** la porzione di ambiente aperto, aeriforme, ove si possono avere concentrazioni di vapori di sostanze inquinanti, provenienti dal sottosuolo o sospensione di articolato contaminato;
- **ACQUE SOTTERRANEE:** la falda (superficiale e/o profonda) direttamente interessata dalla presenza di terreno inquinato, oppure le acque sotterranee contaminate dalla lisciviazione di sostanze inquinanti presenti nel terreno insaturo.

#### **PERCORSI DI ESPOSIZIONE**

In linea teorica, ed in assenza di adeguate misure di messa in sicurezza e/o di bonifica, ad ogni sorgente di contaminazione possono corrispondere più vie di esposizione, a seconda della situazione fisico-antropica del sito.

Nel seguito sono state riportate le modalità di contatto tra l'inquinante e il bersaglio della contaminazione, ritenute attive nella presente elaborazione, in funzione dell'ubicazione del Sito e dello stato d'uso pregresso/attuale e di progetto:

- INGESTIONE E CONTATTO DERMICO DI SUOLO;
- INALAZIONE VAPORI E POLVERI ALL'APERTO (*OUTDOOR*) DA SUOLO SUPERFICIALE;
- INALAZIONE VAPORI ALL'APERTO (*OUTDOOR*) DA SUOLO PROFONDO;
- INALAZIONE VAPORI ALL'APERTO (*OUTDOOR*) DA FALDA.

Sono stati valutati attivi i percorsi di "esposizione diretta" con il SUOLO SUPERFICIALE (inalazione particolato, ingestione e contatto dermico) poiché l'area in esame risulta priva di pavimentazione.

È stato valutato il rischio derivante dal percorso "inalazione vapori e polveri *outdoor*" da SUOLO SUPERFICIALE, "inalazione vapori *outdoor*" da SUOLO PROFONDO INSATURO e "inalazione vapori *outdoor*" da ACQUE SOTTERRANEE in corrispondenza del sito (*on site*).

Nella presente elaborazione è stato considerato attivo il percorso di lisciviazione e trasporto della potenziale contaminazione adsorbita al SUOLO SUPERFICIALE e al SUOLO PROFONDO INSATURO sia dell'AREA EFFRAZIONE E MONTE RISORGIVE sia dell'AREA RISORGIVE/BOSCO verso le ACQUE SOTTERRANEE, simulando le concentrazioni attese ai POC, individuati nei piezometri PZ17 (SORGENTE 2S e 2P), PZ18 (SORGENTE 1P) e PZ20 (SORGENTE 1S), generalmente conformi ai valori di riferimento, e calcolando i rischi per la risorsa idrica.

A titolo conoscitivo, si è inoltre operato con l'attivazione del percorso di migrazione della potenziale contaminazione disciolta nelle ACQUE SOTTERRANEE sia dell'AREA EFFRAZIONE E

MONTE RISORGIVE sia dell'AREA RISORGIVE/BOSCO, al fine di individuare le tempistiche attese per il superamento dei valori di riferimento al POC, individuato nel piezometro PZ17 per entrambi gli areali sorgenti (SORGENTE 1A e 2A), per modulare il programma di monitoraggio delle ACQUE SOTTERRANEE.

### **MECCANISMI DI TRASPORTO**

Lo schema riportato in Tabella 5. sintetizza i meccanismi di trasporto mediante i quali i bersagli potrebbero entrare in contatto con le specie chimiche contaminanti considerate negli scenari di rischio elaborati.

**TABELLA 5.5 – MATRICE SORGENTE DI CONTAMINAZIONE / MECCANISMI DI TRASPORTO**

<b>MECCANISMI TRASPORTO / CONTATTO</b>	<b>SORGENTE CONTAMINAZIONE</b>	<b>TERRENO INSATURO</b>	<b>DISCIOLTA NELLE ACQUE SOTTERRANEE</b>	<b>PRODOTTO IN FASE LIBERA</b>	<b>SEDIMENTI ACQUE SUPERFICIALI</b>
EROSIONE DEL VENTO E DISPERSIONE IN ATMOSFERA		X	-	-	-
VOLATILIZZAZIONE E DISPERSIONE IN ATMOSFERA		X	X	-	-
VOLATILIZZAZIONE E ACCUMULO IN SPAZI CONFINATI		-	-	-	-
LISCIVIAZIONE/TRASPORTO NELLE ACQUE SOTTERRANEE		X	-	-	-
MIGRAZIONE DEL PRODOTTO IN FASE LIBERA		-	-	-	-
DILAVAMENTO/TRASPORTO IN ACQUE SUPERFICIALI		-	-	-	-
CONTATTO DERMICO/INGESTIONE		X	-	-	-

### **RECETTORI/BERSAGLI**

Per l'AREA EFFRAZIONE E MONTE RISORGIVE, inserita in un contesto prettamente agricolo, in funzione dell'attuale utilizzo dell'area in esame, quali bersagli sensibili della contaminazione per i percorsi di esposizione diretta al SUOLO SUPERFICIALE, di inalazione vapori e/o polveri *outdoor* da SUOLO SUPERFICIALE, da SUOLO PROFONDO INSATURO e da ACQUE SOTTERRANEE dovrebbero essere individuati i potenziali fruitori dell'area (recettori *on site* assimilabili al COMMERCIALE). Ciò nonostante, al fine di evitare vincoli per il futuro utilizzo dell'area stessa, sono stati individuati quali bersagli sensibili gli eventuali futuri fruitori, legati ad uno scenario di tipo residenziale (recettore ADULTO e BAMBINO ADJUSTED RESIDENZIALE *on site*).

Per l'area risorgive/bosco è stato ipotizzato un utilizzo cautelativo dell'area di tipo ricreativo, individuando quali potenziali recettori i fruitori dell'area i recettori ADULTO e BAMBINO ADJUSTED RICREATIVO *on site*.

## 6 PROGETTO DI BONIFICA

Lo scopo del presente documento progettuale è quello di indicare le tecnologie e modalità di intervento per pervenire alla bonifica delle matrici ambientali individuate dall'esito della Analisi di Rischio Sito Specifica.

Nello specifico, si rende necessario intervenire sulle seguenti matrici ambientali:

- SUOLO INSATURO SUPERFICIALE E PROFONDO AREA EFFRAZIONE E INSATURO PROFONDO AREA MONTE RISORGIVE (SORGENTI 2S E 2P) (Tabella 6.1, Tavola 3A1, 4A1 e 11A1);
- SUOLO PROFONDO dell'AREA BOSCO/RISORGIVE (SORGENTE 1P) (Tabella 6.2, Tavola 11A1 e 12A).

In merito alla matrice ambientale acque sotterranee si dovranno prevedere interventi finalizzati al recupero e rimozione del prodotto surnatante ancora saltuariamente presente ed implementare un monitoraggio idrochimico al fine di verificare il mantenimento del rispetto delle CSC in corrispondenza dei punti di conformità individuati (POC) e delle CSR nei restanti punti di osservazione (piezometri d'interesse) (Tabella 6.1 e 6.2, Tavola 1).

**TABELLA 6.1:** SORGENTI E PUNTI D'INTERESSE DELL'AREA EFFRAZIONE E AREA MONTE RISORGIVE  
(IN ARANCIONE LE SORGENTI E I PARAMETRI OGGETTO DI BONIFICA)

SORGENTI/POC	ESTENSIONE/PUNTI DI INTERESSE	PARAMETRO
TERRENO INSATURO		
SORGENTE 2S (INSATURO SUPERFICIALE)	(AREA EFFRAZIONE) ~ 209 m <sup>2</sup>	TPH C>12
SORGENTE 2P (INSATURO PROFONDO)	(AREA EFFRAZIONE) ~ 365 m <sup>2</sup>	TPH C≤12
	(AREA MONTE RISORGIVE)	TPH C>12
	~ 3.400 m <sup>2</sup>	XILENI
ACQUE SOTTERRANEE		
SORGENTE 2A	(AREA EFFRAZIONE) PZ1, PZ16, PZ3, PZ4*, PZ2*, PZ6* (AREA MONTE RISORGIVE) PZ14, PZ15, PZ13, PZ8, PZ9, PZ7, PZ5*, PZ10, PZ11	n.a.
POC	(AREA ESTERNA) PZ17	n.a.

\* PIEZOMETRO CHE STAGIONALMENTE PRESENTA PRODOTTO IN FASE SEPARATA/IRIDISCENZA

**TABELLA 6.2:** SORGENTI E PUNTI D'INTERESSE PER AREA RISORGIVE/ESTERNA  
(IN ARANCIONE LE SORGENTI E I PARAMETRI DA BONIFICARE)

SORGENTE	ESTENSIONE/ID PZ D'INTERESSE	PARAMETRO
SORGENTE 1S (INSATURO SUPERFICIALE)	(AREA RISORGIVE)	n.a.
SORGENTE 1P (INSATURO PROFONDO)	(AREA RISORGIVE) ~ 1.700 m <sup>2</sup>	XILENI
SORGENTE 1A	(AREA RISORGIVE) PZ22BIS, PZ21* PZ23, PZ24	n.a.
POC	(AREA ESTERNA) PZ20, PZ18	n.a.

\* PIEZOMETRO CHE SPORADICAMENTE/STAGIONALMENTE PRESENTA PRODOTTO IN FASE SEPARATA

## 6.1 OBIETTIVI DI BONIFICA

Gli obiettivi di bonifica sono le concentrazioni limite definite mediante AdR, ovvero le CSR individuate per il suolo superficiale e/o sottosuolo profondo e per le acque sotterranee descritti al Capitolo 6. Solo per i punti di conformità definiti per le acque sotterranee (POC) si dovrà fare riferimento alle concentrazioni CSC definite dal D.Lgs. 152/06.

Si precisa che, come indicato nel verbale della conferenza di servizi istruttoria del 10/07/2018, parte integrante della determina di approvazione dell'AdR (Determinazione n. 131 del 23/07/2018), nella predisposizione del presente documento progettuale si terrà conto, oltre al traguardo degli obiettivi sopraccitati, anche l'eventuale possibilità di raggiungere valori più restrittivi (es. le CSC del D.Lgs 152/06), senza che ciò precluda gli adempimenti di certificazione previsti dal D.Lgs. 152/06.

Nel dettaglio gli areali da sottoporre a bonifica/trattamento e/o controllo, risultano quelli sottesi dai punti di indagine evidenziati in grassetto riportati nella seguente Tabella 6.3:

**TABELLA 6.3. PUNTI DI INDAGINE CON CRS > CSR RIPORTATI IN GRASSETTO**

AREA DEL SITO	CAMPIONE	TPH C>12 (mg/kg)	TPH C<12 (mg/kg)	XILENE (mg/kg)
	CSC COL. A	50	10	0.5
<b>SUOLO SUPERFICIALE</b>				
AREA EFFRAZIONE	<b>CSR</b>	<b>1893,44</b>	<b>62,4</b>	<b>23,46</b>
	<b>BH5 (0 – 1 m)</b>	142	<b>65</b>	0,97
	S1PB (0 – 1 m)	822,7	-	-
	SC1PA1	63,6	-	-
	SC1PB1	1240	-	-
	<b>SC1F1 (-1,8 m)*</b>	<b>3532</b>	<b>66,8</b>	-
	<b>SC1PA2</b>	<b>6375</b>	<b>64,5</b>	-
	<b>SC1PB2</b>	<b>3217,3</b>	<b>81,2</b>	-
	SC1PA3	59,3	-	-
	<b>SC1F2 (-1,8 m)*</b>	<b>2934,9</b>	<b>76,3</b>	-
	SC2FA (-1 m)	-	36,6	-
AREA RISORGIVE	<b>CSR</b>	<b>277</b>	<b>82,77</b>	<b>1,87</b>
	BH11 (0-1 m)	166	-	-
	S8 (0,6-1 m)**	159	-	-
	PZ21 (0,6 - 1,6 m)	277	50	0,75
	PZ22 (0 - 0,6 m)	52	-	-
<b>SUOLO PROFONDO INSATURO</b>				
	<b>CSR</b>	<b>936,91</b>	<b>56,22</b>	<b>0,5</b>
AREA EFFRAZIONE	<b>BH3 (2 – 3 m)</b>	<b>1030</b>	44	-
	BH3 (3,5 – 4,5 m)	51	-	-
	<b>BH4 (3,5 – 4,5 m)</b>	<b>1690</b>	<b>117</b>	<b>2,41</b>
	<b>BH5 (3,5 – 4,5 m)</b>	<b>3750</b>	<b>330</b>	<b>24,5</b>
	<b>BH5 (3,5 – 4,5 m) Arpa</b>	<b>1497</b>	<b>183</b>	-
	<b>PZ2 (2 – 3 m)</b>	<b>2300</b>	28,9	-
	<b>S1PA1 (1 – 2,8 m)</b>	<b>2170</b>	<b>189,8</b>	-
	<b>S1PB (1 – 2,8 m)</b>	<b>1660</b>	<b>140,4</b>	-
	<b>S1PD (1 – 2,8 m)</b>	-	<b>390,7</b>	-

AREA DEL SITO	CAMPIONE	TPH C>12 (mg/kg)	TPH C<12 (mg/kg)	XILENE (mg/kg)
	CSC COL. A	50	10	0.5
	S1PFA1 (-2,8 m)	5490	188,6	-
	S1PFA2 (-2,8 m)	-	242,8	-
	SC1PA1	63,6	-	-
	SC1PB1	1240	-	-
	SC1F1 (-1,8 m)	3532	66,8	-
	SC1PA2	6375	64,5	-
	SC1PB2	3217,3	81,2	-
	SC1F2 (-1,8 m)	2934,9	76,3	-
	SC1PA3	59,3	-	-
	SC2FA (-1 m)	-	36,6	-
	BH8bis (3,5 – 4,5 m)	64	-	-
AREA MONTE RISORGIVE	PZ14 (5 – 6 m)	1130	103	-
	PZ7 (5,2 – 6,2 m)	1116,6	77,7	-
	PZ8 (5,2 – 6,2 m)	165,9	-	-
AREA RISORGIVE	CSR	1020	87	3,41
	PZ21 (0,6-1,6 m)	277	50	0,75
	PZ21 (1,6-2,6 m)**	144	14,2	-
	PZ24 (4 - 5 m)	1020	92	5,1

\*CAMPIONE DI FONDO FOSSO

\*\* CAMPIONE POSTO NEL SATURO

I valori di riferimento degli obiettivi di bonifica sono riepilogati nelle seguenti Tabelle 6.4 (per le aree effrazione e monte risorgiva) e 6.5 (per l'area risorgiva).

**TABELLA 6.4. OBIETTIVI DI BONIFICA (CSR/CSC) PER AREA EFFRAZIONE E AREA MONTE RISORGIVE - “NELLE MORE DELLA RIMOZIONE DEL PRODOTTO SURTANTE”** (IN ARANCIONE LE SORGENTI E I PARAMETRI DA BONIFICARE)

				OBIETTIVI DI BONIFICA (in grassetto)	
SORGENTE	ESTENSIONE/PUNTI D'INTERESSE	PARAMETRO	INPUT	CSC	CSR
TERRENO INSATURO (mg/kg)					
SORGENTE 2S (INSATURO SUPERFICIALE)	(AREA EFFRAZIONE) ~ 209 m <sup>2</sup>	TPH C≤12	59,84	10	62,4
		TPH C>12	4.763	50	1.893,44
		XILENI	0,97	0,5	23,46
SORGENTE 2P (INSATURO PROFONDO)	(AREA EFFRAZIONE) ~ 365 m <sup>2</sup> (AREA MONTE RISORGIVE) ~ 3.400 m <sup>2</sup>	TPH C≤12	181,1	10	56,22
		TPH C>12	3.105	50	936,91
		XILENI	10,86	0,5	0,5
		ACQUE SOTTERRANEE (µg/l)			
SORGENTE 2A	(AREA EFFRAZIONE) PZ1, PZ16, PZ3, PZ4*, PZ2*, PZ6*	BENZENE	8,161	1	1.764,1
		ETILBENZENE	9,537	50	5.231,37
		TOLUENE	7,734	15	9.014,85
	(AREA MONTE RISORGIVE) PZ14, PZ15, PZ13, PZ8, PZ9, PZ7, PZ5*, PZ10, PZ11	P-XILENE	37,8	10	3.243,05
		MTBE	384	40**	65.855,62
		TPH N-ESANO	454	350	4.653

				OBIETTIVI DI BONIFICA (in grassetto)	
SORGENTE	ESTENSIONE/PUNTI D'INTERESSE	PARAMETRO	INPUT	CSC	CSR
POC	(AREA ESTERNA) PZ17	BENZENE	-	<b>1</b>	-
		ETILBENZENE	-	<b>50</b>	-
		TOLUENE	-	<b>15</b>	-
		P-XILENE	-	<b>10</b>	-
		MtBE	-	<b>40**</b>	-
		TPH N-ESANO	-	<b>350</b>	-

\* PIEZOMETRO CHE SPORADICAMENTE/STAGIONALMENTE PRESENTA PRODOTTO IN FASE SEPARATA

\*\*PARERE ISS DEL 12/09/2006 N. 45848

**TABELLA 6.5.** OBIETTIVI DI BONIFICA (CSR/CSC) PER AREA RISORGIVE - “NELLE MORE DELLA RIMOZIONE DEL PRODOTTO SURNATANTE” (IN ARANCIONE LE SORGENTI E I PARAMETRI DA BONIFICARE)

				OBIETTIVI DI BONIFICA (in grassetto)	
SORGENTE	ESTENSIONE/PUNTI D'INTERESSE	PARAMETRO	INPUT	CSC	CSR
TERRENO INSATURO (mg/kg)					
SORGENTE 1S (INSATURO SUPERFICIALE)	(AREA RISORGIVE)	TPH C≤12	48,9	10	<b>82,77</b>
		TPH C>12	277	50	<b>277</b>
		XILENI	0,75	0,5	<b>1,87</b>
SORGENTE 1P (INSATURO PROFONDO)	(AREA RISORGIVE) ~ 1.700 m²	TPH C≤12	48,9	10	<b>87</b>
		TPH C>12	277	50	<b>1.020</b>
		XILENI	5,10	0,5	<b>3,41</b>
ACQUE SOTTERRANEE (µg/l)					
SORGENTE 1A	(AREA RISORGIVE) PZ22BIS, PZ21* PZ23, PZ24	BENZENE	3,878	1	<b>785,41</b>
		P-XILENE	19,34	10	<b>549,67</b>
		MTBE	31,1	40**	<b>1.601,04</b>
		TPH N-ESANO	1798	350	<b>2.813</b>
POC	(AREA ESTERNA) PZ20, PZ18	BENZENE	-	<b>1</b>	-
		P-XILENE	-	<b>10</b>	-
		MTBE	-	<b>40*</b>	-
		TPH N-ESANO	-	<b>350</b>	-

\* PIEZOMETRO CHE SPORADICAMENTE/STAGIONALMENTE PRESENTA PRODOTTO IN FASE SEPARATA

\*\*PARERE ISS DEL 12/09/2006 N. 45848

## 6.2 VALUTAZIONE DELLE TECNOLOGIE DI BONIFICA

L'applicabilità delle diverse tecnologie di bonifica va valutata in funzione di una serie di parametri connessi sia alla tipologia degli inquinanti, alla loro concentrazione e distribuzione spaziale, sia alle caratteristiche della matrice, ai volumi di terreno coinvolti, all'uso, alle dimensioni e alla collocazione delle aree su cui intervenire, sia infine alle condizioni operative, ai costi a essi connessi e all'impatto sull'ambiente circostante e alla società.

L'analisi della sostenibilità delle bonifiche ha come obiettivo quello di identificare e valutare gli impatti di un progetto in ambito ambientale, sociale ed economico; la finalità è quella di mettere a confronto un range di alternative progettuali e determinare/valutare gli effetti in tutte le fasi di processo, evidenziando eventuali difficoltà oggettive di parametrizzazione, di previsioni socio-economiche o lacune normative.

Tra le tecnologie di bonifica, quelle percepite come più comuni a livello italiano sono scavo e smaltimento, realizzazione di capping, Soil Vapour Extraction/Air Sparging (SVE/AS), Pump&Treat (P&T), barriere di confinamento fisico e tecnologie di biorisanamento, trattamenti chimici (ISCO, ecc.). Tra le meno utilizzate a livello nazionale troviamo invece i trattamenti termici, le barriere permeabili reattive (PRB) e i sistemi di fitorimediazione.

Tra le procedure o tecnologie sostenibili rientrano i sistemi di bonifica in situ o on site a basso impatto quali biorimediazione, fitorimediazione, attenuazione naturale e barriere permeabili. Inoltre, ricoprono un ruolo importante la valutazione sulla mobilità dei contaminanti e la promozione del riutilizzo dei materiali bonificati.

Facendo seguito al parere del Parco Lombardo della Valle del Ticino del 09/07/2018, parte integrante della determina di approvazione dell'AdR (Determinazione n. 131 del 23/07/2018), nella scelta delle migliori tecnologie di bonifica da applicare al sito in esame sarà data priorità alle tecnologie di biorimediazione e fitorimediazione (ove applicabili).

In Tabella 6.6 è stato effettuato un primo screening delle tecnologie di bonifica disponibili ed applicabili al sito in oggetto sulla base del modello concettuale in essere.

**TABELLA 6.6 – ANALISI DELLE TECNOLOGIE DI BONIFICA DISPONIBILI**

TECNICHE DI BONIFICA	MATRICE	APPLICABILITÀ AL SITO	OSSERVAZIONI IN MERITO ALL'APPLICABILITÀ SITO-SPECIFICA
Dig & Dump (Scavo e Smaltimento)	Suolo/sottosuolo	Applicabile a limitate zone	Applicabile per la tipologia di contaminati. In considerazione della profondità della contaminazione riscontrata la rimozione dell'intero volume interessato presenta costi elevati e problemi logistici nella realizzazione degli scavi. Questa tecnologia è da prendersi in considerazione solo per i livelli impattati più superficiali e gli hot spot presenti in area effrazione.
Soil Vapor Extraction	Suolo/sottosuolo	Applicabile	Applicabile al sottosuolo per la bonifica di composti C<12 ed eventualmente in abbinamento al Bioventing. Rispetto a Bioventing presenta un impatto ambientale maggiore dovuto alla necessità di trattare l'aria estratta dal sottosuolo.
Bioventing	Suolo/sottosuolo	Applicabile	Applicabile
Air Sparging	Acque sotterranee	Applicabile	Applicata per la bonifica della matrice acque sotterranee in alcuni contesti specifici e con terreni che presentano una buona permeabilità all'aria potrebbe essere sfruttata per ossigenare porzioni di suolo insaturo
Soil Flushing (SF)	Suolo/sottosuolo/ Acque sotterranee	Applicabile	La litologia presente in sito e la disponibilità di buoni quantitativi d'acqua da poter recuperare mediante la reimmissione in falda permetterebbero l'applicazione della tecnologia che prevede l'immissione d'acqua nel sottosuolo insaturo per trasferire la contaminazione dal terreno insaturo alla falda (per poi essere recuperato mediante emungimento).
ISCO	Acque sotterranee	Applicabile con riserva	L'utilizzo di ossidanti chimici per determinare l'ossidazione degli idrocarburi può avvenire essenzialmente in presenza della falda e quindi il suo utilizzo è generalmente limitato alla matrice ambientale acque sotterranee. Potrebbe essere applicato al contesto in oggetto e limitatamente ad alcune zone se fosse abbinato al Soil Flushing e al P&T, tuttavia in considerazione della natura del luogo in cui ci troviamo ad operare, l'immissione di sostanze ossidanti nel sottosuolo/acque sotterranee potrebbe implicare alterazioni degli ecosistemi di difficile previsione e quantificazione, senza considerare che l'effetto ossidante dei composti iniettati genererebbe la "sterilizzazione" del sottosuolo inibendo l'attività microbiologica per lungo tempo.
Desorbimento chimico	Suolo/sottosuolo/ Acque sotterranee	Applicabile con riserva	Permette l'asportazione di una o più sostanze contaminanti dal suolo mediante l'utilizzo di particolari prodotti chimici anche biodegradabili, quali ad esempio i surfattanti.
Biosparging	Acque sotterranee	Applicabile con riserva	Non specificatamente indicato per il trattamento del suolo insaturo, ma se utilizzato per il trattamento dell'insaturo e frangia capillare può determinare effetti benefici anche sulla parte insatura più prossima alla frangia.



TECNICHE DI BONIFICA	MATRICE	APPLICABILITÀ AL SITO	OSSERVAZIONI IN MERITO ALL'APPLICABILITÀ SITO-SPECIFICA
Pump & Treat	Acque sotterranee	Applicabile	Applicabile alle acque sotterranee per coadiuvare il recupero del prodotto sumatante e se abbinato ad altre tecnologie può essere utile al raggiungimento degli obiettivi anche per la matrice sottosuolo (reimmissione delle acque emunte mediante Soil flushing e recupero della contaminazione asportata)
Dual Phase High Vacuum Extraction (DPHVE)	Acque sotterranee /suolo/sottosuolo	N.A.	La tecnologia risulta efficace per valori di permeabilità medio bassi, inferiori a quelli rilevati in sito, non è quindi applicabile al sito in oggetto.
Landfarming	Suolo/sottosuolo	Applicabile con riserva	Il sito presenta spazi disponibili per il trattamento del suolo contaminato. Tuttavia è necessario l'esecuzione di test pilota di laboratorio e di campo per verificarne l'effettiva efficienza.
Biopile	Suolo/sottosuolo	Applicabile con riserva	Il sito presenta spazi disponibili per il trattamento con tale tecnologia del suolo contaminato. Necessità dell'esecuzione di test pilota di laboratorio e di campo.
Multi-Phase Extraction (MPE)	Terreno/ Acque sotterranee	N.A.	Non idoneo per il trattamento di una unica fase di contaminazione; non applicabile nel suolo insaturo superficiale e permeabilità eccessiva per il sottosuolo
Inertizzazione	Suolo/sottosuolo	N.A.	Tecnicamente applicabile ma dato che si configurerebbe come MISP (Messa in sicurezza Permanente), non permetterebbe la piena fruizione futura dell'area da parte della Proprietà.
Desorbimento Termico (ISTD)	Suolo/sottosuolo	N.A.	Costi molto elevati in relazione ai volumi da trattare e produzione di elevati quantitativi di CO <sub>2</sub> legati alla necessità di produzione di grandi quantità di calore.
Fitorimediazione	Acque sotterranee /Terreno	Applicabile	Applicabile per la bonifica del suolo, sottosuolo e frangia capillare, con impatti ambientali nulli e rapporto costi/benefici molto positivi. In ogni caso si necessita di lunghi tempi di bonifica.
Attenuazione Naturale Monitorata (MNA)	Acque sotterranee /Terreno	Applicabile	Applicabile al sito una volta rimosso completamente il prodotto libero, ma tempi di bonifica molto elevati.

Di seguito si riporta una sintetica descrizione delle tecnologie di bonifica indicate come idonee in relazione alla matrice ambientale impattata di riferimento.

### 6.2.1 Scavo e smaltimento

La tecnologia di bonifica mediante scavo consiste nel rimuovere il terreno insaturo contaminato dal sito e recuperarlo/smaltirlo in impianti autorizzati. Tale approccio di bonifica è applicabile a tutti i tipi di inquinanti e garantisce la totale rimozione degli stessi dal sito in tempi limitati.

Per la definizione degli interventi è necessario verificare la necessità di opere provvisorie a garanzia della sicurezza dei fronti di scavo, per la verifica della stabilità di eventuali edifici prossimi e/o per la gestione delle eventuali acque sotterranee/superficiali.

**TABELLA 6.7 – ANALISI DELLA TECNOLOGIA APPLICATA AL SITO – DIG & DUMP**

VANTAGGI	SVANTAGGI
Tempi rapidi	Costi/m <sup>3</sup> elevati per quantitativi ingenti
Applicabilità a qualsiasi contaminante adsorbito al terreno insaturo	Eventuale necessità di opere provvisorie e/o cantierizzazioni specifiche
Garanzia del raggiungimento degli Obiettivi di Bonifica	Elevati impatti sul traffico veicolare (escavatori, automezzi, ecc.)
-	Mancato riciclo del terreno

### 6.2.2 Landfarming/Biopile

Sono due tecniche di risanamento biologico dei terreni che si basano sulle capacità dei microrganismi autoctoni di degradare alcuni tipi di contaminanti (tra cui gli idrocarburi) in determinate condizioni ambientali.

I terreni vengono escavati e sistemati in cumuli per le Biopile o distesi su ampie aree di limitato spessore per il landfarming per essere decontaminati tramite biodegradazione. L'attività biologica aerobica viene infatti stimolata nei terreni attraverso aerazione e aggiunta di nutrienti, minerali e acqua, degradando così i prodotti adsorbiti al terreno. L'utilizzo di biopile e del landfarming è particolarmente consigliato nei casi in cui la contaminazione è costituita da idrocarburi e si rinviene in concentrazioni non eccessivamente elevate, per siti in cui sono disponibili aree di elevate dimensioni e dove i tempi di trattamento possono essere lunghi.

Entrambe le tecnologie sono basate sulla stimolazione della crescita e della moltiplicazione dei batteri aerobici tramite l'uso di ossigeno, per la degradazione aerobica dei contaminanti. La differenza principale tra le due tecnologie è che nel landfarming il terreno viene ossigenato movimentandolo, mentre nelle biopile l'aria viene fatta circolare nel terreno attraverso tubature con tecniche di estrazione/iniezione.

**TABELLA 6.8 – ANALISI DELLA TECNOLOGIA APPLICATA AL SITO IN OGGETTO – LANDFARMING/BIOPILE**

VANTAGGI	SVANTAGGI
Semplice progettazione ed implementazione	Difficile ottenere una riduzione delle concentrazioni > 95% e concentrazioni finali che rispettino le CSC per uso residenziale e/o verde
Costi competitivi e gestione dei sistemi poco rilevanti	Necessaria la realizzazione di test di laboratorio e di campo per verificarne l'efficienza e la riuscita
	Richiede ampi spazi. In particolare il Landfarming prevede la gestione dei terreni contaminati mediante il trattamento di strati non superiori a 60 – 80 cm per ciclo. Risulta necessaria una turnazione per consentire il trattamento dei volumi di terreno da sottoporre a tale tecnologia.
-	È necessario un rivestimento del piano di posa del terreno per evitare la diffusione di percolato e la relativa gestione
	Produzione di rifiuti (acque di percolazione, teli plastici, materiali vari)

### 6.2.3 Soil Flushing

Il Soil Flushing è una tecnologia in situ, basata sull'uso di una soluzione di lavaggio che penetri attraverso il suolo contaminato permettendo di attivare il trasporto dei contaminanti dal terreno insaturo/frangia capillare verso la falda dove poi può essere rimossa. La soluzione di lavaggio può essere generalmente di due tipi: solo acqua o acqua ed additivi (quali prodotti chimici o desorbenti).

Il processo prevede l'installazione di pozzi/trincee d'iniezione e di captazione per il recupero delle acque/soluzioni iniettate che poi sono inviate ad un impianto di trattamento prima del loro riutilizzo nel processo e/o smaltimento.

La tecnologia in oggetto può essere abbinata ad altre tecnologie di bonifica in funzione della tipologia di contaminazione rilevata, alla litologia alla logistica del sito ecc.

**TABELLA 6.9 – ANALISI DELLA TECNOLOGIA APPLICATA AL SITO IN OGGETTO – SOIL FLUSHING**

VANTAGGI	SVANTAGGI
Trattamento in situ poco invasivo	Occorre una caratterizzazione e relativo modello concettuale molto dettagliata al fine di dimensionare l'opera in modo efficiente ed efficace
Costi competitivi e gestione dei sistemi poco rilevanti	Necessaria la realizzazione di test di campo per verificare la diffusione dell'acqua e quindi dimensionare gli impianti
Riutilizzo in situ dell'acqua di falda	Necessita di un impianto di trattamento delle acque emunte
Applicabilità per la contaminazione in oggetto	

#### 6.2.4 Biorisanamento

La Tecnica del Biorisanamento utilizza il potenziale metabolico dei microorganismi al fine di decontaminare ambienti inquinati.

In generale, le tecniche di biorisanamento prevedono modificazioni ambientali ottenute mediante aggiunta di nutrienti, areazione forzata e/o aggiunta di appropriati organismi degradativi. Il biorisanamento interessa frequentemente ambienti multifasici ed eterogenei, quali suoli in cui il contaminante è presente in associazione con le particelle di terreno, liquidi disciolti e gas.

Il biorisanamento offre molti vantaggi rispetto alle tecnologie chimico-fisiche, in particolar modo per i contaminanti diluiti e sparsi su una vasta superficie. Il trattamento *in situ* è uno dei vantaggi più efficaci di questa tecnologia in quanto non prevede il trasporto di contaminanti e ha un impatto ambientale minimo. Il trattamento *in situ*, inoltre, può essere poco costoso, può distruggere selettivamente gli inquinanti organici senza danneggiare flora e fauna, e può essere usato per gli inquinanti che sono presenti a concentrazioni basse ma rilevanti dal punto di vista ambientale.

Le tecniche di biorisanamento possono essere classificate come *ex situ* o *in situ* (Boopathy, 2000). Le prime sono trattamenti che prevedono la rimozione fisica del materiale contaminato per i processi di trattamento, mentre le seconde prevedono il trattamento del materiale contaminato sul posto. Di seguito alcuni esempi di biorisanamento *in situ*:

- Bioventilazione: trattamento di suoli contaminati mediante insufflaggio di ossigeno attraverso il suolo per stimolare l'attività microbica (Soil Vapour Extraction, Bioventing, Biosparging, Airsparging).
- Bioattenuazione: è un metodo per monitorare il naturale avanzamento della degradazione per assicurarsi che il processo di biodegradazione diminuisca con il tempo in punti di campionamento selezionati.
- Biomiglioramento: è un modo per aumentare le capacità biodegradative di siti contaminati per mezzo dell'inoculo di batteri con capacità catalitiche desiderate. Questo è un approccio efficace nel caso di composti molto difficile da degradare ma ha lo svantaggio di avere effetti sconosciuti sugli ecosistemi. È necessario accertarsi che i batteri inoculati muoiano dopo il risanamento e che non influenzino la comunità microbica indigena per un lungo periodo.
- Biostimolazione: se non avviene la degradazione naturale o se questa è troppo lenta, è necessario stimolare la biodegradazione con la biostimolazione. Questa include l'aggiunta di nutrienti quali azoto e fosforo, con accettori di elettroni come l'ossigeno, e l'aggiunta di substrati quali metano, fenolo e toluene. Alcuni di questi additivi chimici usati come substrati (ad es. fenolo e toluene) sono note sostanze tossiche e quindi la loro concentrazione dovrebbe essere monitorata attentamente, ma nonostante tutto la biostimolazione è in linea di massima una tecnologia attendibile e sicura.
- Biorisanamento intrinseco: biorisanamento che non richiede alcun intervento ad eccezione del monitoraggio

L'influenza del biorisanamento sulle comunità microbiche è indispensabile per dimostrare

la sicurezza del biorisanamento in situ. È pertanto importante determinare le differenze temporali o spaziali nelle popolazioni batteriche nonché monitorare le variazioni nella diversità delle comunità batteriche.

Per la buona riuscita del biorisanamento è fondamentale avere i microrganismi adatti nel posto adatto e con i fattori ambientali adatti per la degradazione (Boopathy, 2000). Il biorisanamento ha però anche dei limiti. In alcuni casi, il metabolismo microbico dei contaminanti può produrre metaboliti tossici per gli stessi microrganismi. Il biorisanamento è quindi una procedura che deve essere adeguata alle condizioni sito-specifiche. Ciò significa che richiede studi su piccola scala e in laboratorio prima di procedere alla ripulitura del sito contaminato.

La valutazione del successo complessivo di un programma di biorisanamento in situ è spesso molto difficile. Questo perché non è semplice valutare il contributo dei microrganismi al processo di degradazione e riconoscere i fattori (ad es. volatilizzazione e trasformazione chimica) che avvengono simultaneamente all'interno del sistema.

Il biorisanamento dei suoli è una tecnica che presenta molti vantaggi ed è inoltre un processo specifico e molte volte efficace per varie ragioni, tra cui ricordiamo l'eterogeneità dei contaminanti e la forza con cui sono legati alla materia particolata dei suoli, l'alta concentrazione degli idrocarburi (che potrebbe essere tossica o inibitoria per i microrganismi) o la loro bassa concentrazione (che potrebbe non essere adeguata per sostenere le attività microbiche), le condizioni variabili quali la tipologia e la profondità del suolo, il valore di pH, la temperatura, la disponibilità di ossigeno, il potenziale redox, l'umidità e la biodisponibilità del substrato. I due approcci generali per il biorisanamento dei suoli sono la biostimolazione ambientale (ad es. l'aggiunta di fertilizzanti e l'aerazione forzata) e il bioincremento, cioè l'aggiunta di microrganismi in grado di degradare gli idrocarburi. L'obiettivo degli studi di fattibilità svolti in laboratorio è quello di identificare i fattori limitanti e le migliori strategie per superare queste limitazioni in campo.

Indicativamente, gli studi di fattibilità del biorisanamento prevedono:

- Conta microbica - La conta dei microrganismi eterotrofi e dei microrganismi in grado di degradare gli idrocarburi può fornire informazioni utili sulle attività biologiche del suolo e su quanto le popolazioni microbiche indigene si siano acclimatate alle condizioni del sito. Molto spesso, infatti, esiste una forte correlazione tra conta microbica e degradazione degli idrocarburi e durante il biorisanamento di suoli contaminati da idrocarburi sono state osservati aumenti del numero totale di colonie formanti unità anche di quattro ordini di grandezza;
- Attività deidrogenasica - L'ossidazione biologica dei composti organici è generalmente un processo di deidrogenazione catalizzata da deidrogenasi. Questi enzimi hanno un ruolo essenziale nell'ossidazione della materia organica mediante il trasferimento di idrogeno dai substrati organici agli accettori di elettroni. Il saggio della deidrogenasi in suoli contaminanti può essere quindi usato come un metodo semplice per esaminare il possibile effetto inibitorio dei contaminanti sulle attività microbiche;
- Test respirometrici - È una metodica preliminare per gli studi di fattibilità e ha il vantaggio di essere rapida e precisa, soprattutto nella valutazione degli effetti dell'integrazione dei nutrienti e dell'inoculazione microbica. Durante i test di

respirazione, il consumo di ossigeno e la produzione di anidride carbonica può essere monitorata con una strumentazione abbastanza semplice e poco costosa come ad esempio il metodo respirometrico delle bottiglie. La diminuzione della produzione di anidride carbonica che si ottiene alla fine dei trattamenti di biorisanamento è causata probabilmente dall'esaurimento della frazione organica facilmente degradabile. I test respirometrici possono anche essere applicati per accertare i possibili effetti inibitori di metalli pesanti, composti tossici e pH sulle attività microbiche del suolo;

- Test di biodegradazione in microcosmo - Il “microcosmo” può essere definito come una “parte” intatta di un ecosistema portata in laboratorio al fine di studiarlo nel suo stato naturale. I microcosmi possono variare nella loro complessità, ma per avere buoni risultati devono essere il più possibile simili ai modelli ambientali reali. Queste metodiche, oltre ad accertare il potenziale biodegradativo della contaminazione da idrocarburi, permettono lo sviluppo di modelli per predire il destino di questi inquinanti. Possono così essere descritte le cinetiche dei processi di degradazione ed ottenere informazioni sulla trasformazione degli idrocarburi. Per determinare il tasso di biodegradazione degli idrocarburi, sono indispensabile analisi accurate e attendibili;
- Composti bioindicatori - La valutazione della degradazione degli idrocarburi in campo è molto più difficile di quella in laboratorio a causa dell'eterogeneità della contaminazione. In campo, infatti, è complicato ottenere dati statisticamente significativi senza il ricorso all'analisi di un gran numero di campioni, la quale è oltretutto molto costosa. A causa di queste difficoltà nella quantificazione degli idrocarburi su larga scala, per determinare la degradazione degli idrocarburi possono essere usati i rapporti dei composti idrocarburici. Oltre alla dimostrazione dell'efficacia del trattamento, è necessario dimostrare che il biorisanamento non produca prodotti intermedi tossici ed evitare effetti ambientali ed ecologici indesiderati. I fertilizzanti non dovrebbero essere applicati a tassi eccessivi e l'uso di nitrati è sconsigliabile a causa della sua tendenza a lisciviare nelle falde. È altresì necessario contenere le misure di biorisanamento nella zona contaminata, senza coinvolgere anche le aree circostanti al sito d'interesse.

#### 6.2.4.1 Attenuazione naturale controllata

Il termine “attenuazione naturale controllata” (MNA: Monitored Natural Attenuation) si riferisce ai casi in cui il risanamento di un sito contaminato si basi sulla capacità potenziale che hanno i processi naturali di consentire la riduzione del grado di contaminazione e quindi il raggiungimento degli obiettivi di bonifica specifici per il sito stesso. In tempi ragionevolmente compatibili con quello tipico delle altre tecnologie di risanamento convenzionali. I processi di attenuazione naturale così coinvolti includono una varietà di processi fisici, chimici e biologici, che, sotto condizioni favorevoli, agiscono senza l'intervento antropico per ridurre la massa, la tossicità, la mobilità, il volume e le concentrazioni degli inquinanti nei suoli e nelle acque sotterranee. Questi processi in situ includono la biodegradazione; la dispersione; la diluizione; l'adsorbimento; la volatilizzazione; la stabilizzazione chimica o biologica, la trasformazione o la distruzione dei contaminanti.

Di seguito si riportano i principali fenomeni che possono essere considerati parte integrante del processo di attenuazione naturale; è inserita una descrizione sommaria dei singoli processi e degli effetti sulla concentrazione del contaminante.

**TABELLA 6.10 – PRINCIPALI PROCESSI CHE CONCORRONO ALL'ATTENUAZIONE NATURALE DEI CONTAMINANTI**

Processo	Descrizione	Dipendenze	Effetto
Advezione	Movimento del soluto per effetto del moto dell'acqua di falda	Dipende dalle proprietà dell'acquifero (conducibilità idraulica, porosità efficace, gradiente idraulico)	Uno dei principali meccanismi che governa il moto dei contaminanti nel sottosuolo
Dispersione	Miscelazione dei fluidi per movimento delle acque di falda ed eterogeneità dell'acquifero	Dipende dalle proprietà dell'acquifero e dalla scala di osservazione	Causa una dispersione longitudinale, trasversale e verticale del pennacchio. Riduce la concentrazione del soluto
Diffusione	Dispersione e diluizione del contaminante per diffusione molecolare	Dipende strettamente dalle proprietà delle sostanze e dai gradienti di concentrazione (leggi di Fick)	Diffusione da aree con alte concentrazioni ad aree a bassa concentrazione; in genere ha un ruolo meno rilevante rispetto alla dispersione
Adsorbimento	Relazione fra matrice solida e soluto, in particolare tra i composti idrofobici e la sostanza organica o i minerali argillosi	Dipende dalle proprietà della matrice solida (contenuto di carbonio organico e argilla, porosità, superficie specifica etc.) e dei contaminanti (solubilità, idrofobicità ...)	Tende a ridurre la velocità di avanzamento del contaminante in falda, con rimozione dei soluti dalla matrice liquida a quella solida
Ricarica	Movimento dell'acqua attraverso la superficie piezometrica nella zona satura del terreno	Dipende dalle proprietà della matrice acquifero, dalla profondità dell'acquifero, dall'interazione con le acque superficiali e dal clima	Può causare la diluizione della contaminazione del pennacchio e riportare buone quantità di accettori di elettroni (specialmente ossigeno disciolto)
Volatilizzazione	Volatilizzazione del contaminante in forma gassosa	Dipende dalla pressione di vapore del composto e dalla legge di Henry	Rimuove i contaminanti per trasferirli in fase gassosa
Biodegradazione	Reazioni di ossidoriduzione che avvengono mediante attività microbiologica	Dipendono dalla geochimica del sistema, dalle popolazioni microbiche presenti e dalle proprietà dei contaminanti. La biodegradazione può avvenire sia per via aerobica che in condizioni anaerobiche	Può comportare anche la completa degradazione dei contaminanti
Degradazione abiotica	Trasformazioni chimiche che degradano i contaminanti senza l'aiuto dell'attività microbica. È noto tale comportamento per i composti alogenati in acqua	Dipende dalla profondità dei contaminanti e dalla geochimica del sistema	Può comportare la parziale o completa degradazione dei contaminanti. I tassi di degradazione sono in genere decisamente inferiori a quelli dei processi di biodegradazione
Partizione della fase liquida non acquosa NAPAL	Passaggio dal contaminante della fase NAPAL alle altre matrici (solida, liquida, aeriforme). I pennacchi di NAPL, quando mobili o residui, tendono a comportarsi come una sorgente continua di contaminazione	Dipende dalla matrice dell'acquifero e delle proprietà del contaminante, così come dalla massa di flusso idrico sotterraneo che attraversa il pennacchio	La dissoluzione dei contaminanti dal NAPAL rappresenta la sorgente primaria della contaminazione disciolta in falda acquosa



In particolare, la biodegradazione è un meccanismo di attenuazione naturale distruttivo in quanto ad opera di microorganismi autoctoni trasforma numerosi composti inquinanti in altre sostanze riducendone così concentrazione e massa. I principali artefici dei processi di biodegradazione sono i microorganismi che si trovano nel terreno. La degradazione dei contaminanti è una complessa reazione di ossidoriduzione.

In particolare, i processi principali e le fasi che regolano il sistema sono:

- *da condizioni ossigeno-riducenti a nitrati-riducenti*: una volta che l'ossigeno presente è stato consumato, la popolazione aerobica attiva comincia ad utilizzare i nitrati presenti; l'utilizzo dei nitrati continua fino al loro esaurimento o quando le fonti di carbonio utilizzabili diventano limitanti;
- *da condizioni nitrati-riducenti a manganese-riducenti*: una volta consumati i nitrati, le popolazioni che riducono il manganese potrebbero diventare attive; il metabolismo dei batteri, sempre in relazione ai substrati utilizzati dalle popolazioni manganese-riducenti, continuerà finché la concentrazione dell'ossido di Manganese diventa limitante;
- *da condizioni manganese-riducenti a ferro-riducenti*: quando l'ossido di manganese diventa limitante, la riduzione del ferro diventa il meccanismo di reazione predominante. Generalmente la riduzione del ferro non inizia finché tutto l'ossido di manganese è consumato; in aggiunta, la respirazione dei batteri che utilizzano il manganese appare limitata alle aree in cui i solfati sono bassi o quasi completamente assenti;
- *da condizioni ferro-riducenti a solfato-riducenti*: la riduzione del ferro continua finché il substrato o le limitazioni relative alla disponibilità di carbonio consentono ai batteri solfato-riduttori di diventare attivi; questi ultimi dominano finché il carbonio utilizzabile è disponibile o le limitazioni relative ai solfati impediscono la loro attività;
- *da condizioni solfato-riducenti a metanogeniche*: una volta che il carbonio utilizzabile o i solfati diventano il fattore limitante, i batteri metanogenici iniziano a dominare il sistema.

Il potenziale di ossido-riduzione (redox) è un indicatore che fornisce un utile screening per capire in quale delle fasi sopra descritte si trova il sistema. Se il potenziale redox è positivo, è possibile assumere che l'ossigeno disciolto è presente e che il sistema non è ancora sottoposto a stress da attività biologica. Se il potenziale redox è significativamente negativo, i processi favoriti per via aerobica sono ad un livello molto basso. L'indicazione del potenziale redox per definire in quale fase dei processi degradativi ci si trovi, non è rapportabile da sito a sito, ma consente piuttosto di avere un'indicazione dei processi che stanno avvenendo all'interno dello stesso plume. Una volta stabilite le condizioni al contorno e di fondo, le misure dell'ossigeno disciolto, dei nitrati, del ferro, del manganese e dei solfati devono essere eseguite sull'asse del pennacchio e trasversalmente a esso, per caratterizzare l'attività biologica e le reazioni che stanno accadendo all'interno del sistema acquifero. Il tasso di ricambio e le concentrazioni dei vari composti consentono attraverso l'utilizzo di modelli predittivi, di caratterizzare i fenomeni di attenuazione naturali e futuri, in relazione ai processi degradativi.

Pertanto, affinché possa avvenire la biodegradazione dei composti inquinanti, sono necessari alcuni requisiti. Innanzitutto deve sussistere in sito una popolazione microbica in grado di metabolizzare il contaminante presente in sito, quindi devono esserci fonti di energia e di carbonio organico, eventualmente rappresentate dall'inquinante stesso, e accettori di elettroni per consentire il verificarsi delle reazioni redox. Poiché queste ultime sono mediate da esseri viventi, è necessario che esistano condizioni ambientali favorevoli alla loro crescita e attività. Particolarmente importanti sono la temperatura, il pH, l'umidità che devono essere consoni per la vita e lo sviluppo dei batteri. Questi necessitano anche di nutrienti, quali azoto, fosforo, calcio, magnesio, potassio, necessari per la loro funzionalità enzimatica. Oltre alle condizioni ambientali sfavorevoli l'attività microbica può essere inibita dalla presenza di sostanze tossiche o inattivanti.

#### 6.2.4.2 *Soil Vapour Extraction*

L'estrazione di vapori dal sottosuolo (Soil Vapor Extraction, SVE) è una tecnologia di bonifica in situ del terreno insaturo. Una depressione, generalmente inferiore ai 200 mbar, è indotta nel sottosuolo, al fine di rimuovere gli inquinanti volatili e semivolatili da formazioni con medio-alta permeabilità.

Questa tecnologia si applica per la bonifica di terreni contaminati da Composti Organici Volatili (COV), da idrocarburi aromatici e da alcuni combustibili e comunque a composti aventi una costante di Henry maggiore di  $0,0002 \text{ atm} \times \text{m}^3 \times \text{moli}^{-1}$  a  $25^\circ\text{C}$  oppure tensione di vapore maggiore di 0,5 mmHg.

I gas aspirati devono essere trattati prima del loro rilascio in atmosfera mediante colonne filtranti generalmente a carbone attivo.

È necessaria una copertura dell'area sottoposta a trattamento con materiale impermeabile (se l'area non è pavimentata) per prevenire cortocircuiti del flusso d'aria (rischio di aria atmosferica).

Successivamente, quando le concentrazioni di vapori idrocarburici nei gas estratti si sono ridotte, il sistema può essere convertito in un impianto per l'iniezione di aria nel sottosuolo al fine di stimolare l'attività di biodegradazione aerobica dei contaminanti e rimuovere così anche la contaminazione residua (Bioventing - BV).

**TABELLA 6.11 – ANALISI DELLA TECNOLOGIA APPLICATA AL SITO IN OGGETTO – SVE**

VANTAGGI	SVANTAGGI
Efficacia nota (tecnologia testata)	Difficile ottenere riduzioni di concentrazioni > 90% Necessità di capping per il trattamento degli strati superficiali
Strumenti facilmente reperibili e di semplice installazione	Scarsa efficacia in siti con suoli a bassa permeabilità o stratificati
Scarso disturbo delle attività del sito	Può richiedere trattamenti costosi per i vapori estratti (costi crescenti con le concentrazioni di contaminanti estratte)
Costi competitivi	Si può trattare solo la zona insatura
Facilmente associabile ad altri interventi/tecnologie di bonifica	Tempi di trattamento medio lunghi (> 1/2 anni in condizioni ottimali)
	Produzione di rifiuti quali ad esempio: carboni attivi esausti, acque di condensa, materiali plastici utilizzati per il capping

#### 6.2.4.3 *Bioventing (BV)*

Il bioventing è una tecnologia di bonifica *in situ* applicata alla matrice sottosuolo insaturo che ha per obiettivo la stimolazione della biodegradazione aerobica degli inquinanti adsorbiti al terreno, ad opera dei microrganismi già presenti nel suolo (flora microbica autoctona) o inoculati (flora microbica alloctona), fornendo loro ossigeno e, ove necessario, nutrienti minerali. La tecnica di Bioventing è uno degli approcci di biorimediazione più largamente utilizzato per la bonifica dei suoli insaturi, risultando particolarmente utile per la bonifica dei suoli contaminati da idrocarburi di origine petrolifera (benzina, gasolio, olio combustibile). Il sistema di bioventilazione prevede l'allestimento di una serie di pozzi d'iniezione d'aria, collegati a delle soffianti in grado di generare grandi volumi d'aria a pressioni ridotte in grado di permettere la circolazione dell'aria nel sottosuolo.

Occorre ottimizzare la fornitura dell'ossigeno ai batteri, impiegando flussi d'aria ridotti per minimizzare i rischi di volatilizzazione dei contaminati e massimizzare il tempo di residenza del flusso d'aria entro il volume di terreno contaminato, in modo tale da fornire soltanto l'ossigeno necessario a sostenere l'attività microbica.

**TABELLA 6.12 – ANALISI DELLA TECNOLOGIA APPLICATA AL SITO IN OGGETTO – BV**

VANTAGGI	SVANTAGGI
Efficacia nota (tecnologia testata)	Difficile ottenere riduzioni di concentrazioni > 90%.
Strumenti facilmente reperibili e di semplice installazione	Scarsa efficacia in siti con suoli a bassa permeabilità o stratificati.
Scarso disturbo delle attività del sito	Si può trattare solo la zona insatura
Costi competitivi	Tempi di trattamento medio lunghi con concentrazioni elevate di contaminazione (> 2 anni in condizioni ottimali)
Facilmente associabile ad altri interventi/tecnologie di bonifica.	
Assenza della produzione di rifiuti	-

### 6.2.5 Barriere microbiologiche

Una porzione di terreno o un idoneo supporto solido colonizzati da microrganismi viene posto trasversalmente rispetto al flusso della falda da decontaminare; i contaminanti vengono degradati dalla flora microbica durante il passaggio dell'acqua attraverso la barriera; il movimento della falda è quello naturale. Tale tecnologia è applicabile ad acque contaminate da solventi solubili in acqua e da BTEX e su falde poco profonde e in formazioni con adeguata permeabilità. Tali sistemi sono di breve durata poiché la crescita dei microrganismi tende a far progressivamente diminuire la permeabilità della barriera stessa.

### 6.2.6 La fitorimediazione

Processo di bonifica che utilizza le piante e i microrganismi associati alla rizosfera per degradare, rimuovere o contenere contaminanti (composti organici clorurati, esplosivi, pesticidi, idrocarburi, metalli pesanti, radionuclidi, percolati di discarica) presenti nel suolo e nelle acque. È necessario mettere in contatto l'apparato radicale con la matrice contaminata. Tra gli svantaggi ci sono i tempi di bonifica che sono necessariamente lunghi e la possibilità che le sostanze tossiche siano veicolate attraverso la catena alimentare. I vantaggi invece sono i costi contenuti, l'applicabilità in casi di contaminazione diffusa su ampie superfici ed il buon impatto sull'opinione pubblica grazie alle intrinseche qualità estetiche.

Di seguito lo schema sinottico dei meccanismi di fitorimediazione.

**TABELLA 6.13 – SCHEMA SINOTTICO DEI MECCANISMI DI FITORIMEDIAZIONE**

Degradazione	Rizodegradazione (effetto rizosfera)	Degradazione degli inquinanti da parte dei microrganismi della rizosfera
	Fitodegradazione (fitotrasformazione)	Degradazione dei contaminanti traslocati all'interno della pianta o, all'esterno, mediante enzimi prodotti dalla pianta
Estrazione	Fitoestrazione (fitoaccumulo)	Traslocazione degli inquinanti all'interno della pianta
	Fitovolatilizzazione	Estrazione dell'inquinante, eventualmente trasformazione, e traspirazione attraverso le foglie
	Rizofiltrazione	Assorbimento o precipitazione dell'apporto radicale di inquinanti presenti in soluzione acquosa
Contenimento Immobilizzazione	Controllo idraulico (phytopumping)	Limitazione della migrazione degli inquinanti nella falda ottenuta grazie al consumo di acqua da parte delle piante
	Fitostabilizzazione	Immobilizzazione dell'inquinante per precipitazione, assorbimento o in conseguenza della stabilizzazione della matrice

### 6.3 CRITERI DI VALUTAZIONE DELLE TECNOLOGIE

In Tabella 6.14 vengono riassunti i criteri di assegnazione dei punteggi relativi ad ogni singola categoria considerata nella screening matrix.

Da una valutazione con approccio tradizionale (con i criteri di cui sopra) ne derivano le screening matrix riportate nella Tabella 3 allegata in coda al documento.

**TABELLA 6.14 – CRITERI DI ASSEGNAZIONE DEL PUNTEGGIO**

CATEGORIA	MODALITÀ DI ASSEGNAZIONE DEL PUNTEGGIO
<b><u>FATTIBILITÀ TECNICA</u></b>	MINORE RISULTA LA FACILITÀ D'INSEDIAMENTO DELLA TECNOLOGIA (DATE ANCHE LE SPECIFICHE CONDIZIONI AL CONTORNO FISCALE, NATURALI ED ANTROPOLOGICHE DEL SITO), MINORE SARÀ IL PUNTEGGIO ASSEGNATO. MAGGIORE È LA COMPLESSITÀ DELLA SCELTA TECNOLOGICA, MINORE SARÀ IL PUNTEGGIO DA ASSEGNARE.
<b><u>STATO DELLA TECNOLOGIA</u></b>	LE NUOVE TECNOLOGIE, AD UN LIVELLO EMBRIONALE DI SVILUPPO, AVRANNO PUNTEGGI BASSI (COME SUGGERISCE L'EPA, SOTTO LA MEDIA, PER CUI SOTTO IL VALORE 3), MENTRE QUELLE AD UNO STADIO MATURO AVRANNO PUNTEGGI PIÙ ALTI (OVVERO SOPRA LA MEDIA, CIOÈ SOPRA IL 3).
<b><u>DISPONIBILITÀ DEI FORNITORI</u></b>	L'EPA SUGGERISCE DI DIVIDERE IN CATEGORIE: <ul style="list-style-type: none"> <li>• DA 2 A 4 FORNITORI: NELLA MEDIA (=3);</li> <li>• MENO DI 2 FORNITORI: SOPRA LA MEDIA (&lt;3).</li> </ul>
<b><u>APPLICABILITÀ AL SUOLO SUPERFICIALE INSATURO</u></b>	SE L'AREA D'INTERESSE È COMPRESA NEL SATURO O SEMISATURO, PIÙ LA TECNOLOGIA RISULTA ADATTA A RIDURRE LE CONCENTRAZIONI DI INQUINANTI IN TALE PORZIONE DEL SITO PIÙ È ALTO IL PUNTEGGIO. IL PUNTEGGIO È PARI A 1 PER TECNOLOGIE NON INDICATE PER LE CONDIZIONI DI SITO.
<b><u>APPLICABILITÀ AI CONTAMINANTI IN SITO</u></b>	QUESTE CATEGORIE RAPPRESENTANO IL CAMPO DI APPLICAZIONE AL CONTAMINANTE DA RIDURRE NEL CORSO DELL'INTERVENTO. MAGGIORE È L'EFFICACIA DI BONIFICA DELLA TECNOLOGIA IN ESAME VERSO UNO DI QUESTI INQUINANTI E MAGGIORE SARÀ IL RISPETTIVO PUNTEGGIO. LADDOVE LA TECNOLOGIA NON FOSSE APPLICABILE A QUALCUNA DI QUESTE CATEGORIE DI INQUINANTI IL PUNTEGGIO DEVE ESSERE POSTO PARI A 1.
<b><u>ACCETTABILITÀ DA PARTE DELLA PP.AA.</u></b>	IN QUESTA CATEGORIA VENGONO RIASSUNTI I GIUDIZI DELLE PUBBLICHE AMMINISTRAZIONI (PPAA) RISPETTO ALLE SCELTE DI INTERVENTO. SE LE PPAA MOSTRANO SODDISFAZIONE DALLA SCELTA DI UNA DETERMINATA TECNOLOGIA IL PUNTEGGIO SARÀ MASSIMO, SE, INVECE, SI PREVEDONO DEGLI ATTRITI A CAUSA DELLA MANCATA ACCETTAZIONE DA PARTE DELLE AUTORITÀ, ALLORA IL PUNTEGGIO SI RIDUCE.
<b><u>TEMPO DI BONIFICA</u></b>	IL PUNTEGGIO POTRÀ ESSERE ASSEGNATO SECONDO IL SEGUENTE CRITERIO: <ul style="list-style-type: none"> <li>• TEMPI DI RAGGIUNGIMENTO DEGLI OBIETTIVI DI BONIFICA INFERIORI AI 6 MESI: 5 PUNTI;</li> <li>• TEMPI DI RAGGIUNGIMENTO DEGLI OBIETTIVI DI BONIFICA DAI 6 MESI AD 1 ANNO: 4 PUNTI;</li> <li>• TEMPI DI RAGGIUNGIMENTO DEGLI OBIETTIVI DI BONIFICA DA 1 A 2 ANNI: 3 PUNTI;</li> <li>• TEMPI DI RAGGIUNGIMENTO DEGLI OBIETTIVI DI BONIFICA SUPERIORI AI 2 ANNI: 2 PUNTI.</li> </ul>
<b><u>O&amp;M COSTS E CAPITAL INVESTMENTS</u></b>	QUESTE CATEGORIE TENGONO CONTO DEGLI ESBORSI FINANZIARI DA EFFETTUARE, INTESI COME INVESTIMENTO DI CAPITALE INIZIALE E COSTI OPERATIVI E DI MANUTENZIONE. RELATIVAMENTE A QUESTE CATEGORIE È STATO ASSEGNATO UN PUNTEGGIO SECONDO LA SCALA 1-5, RAPPORTATO ALLA CONVENIENZA DEI COSTI D'INVESTIMENTO INIZIALE E DELLA MEDIA DEI COSTI DI MANUTENZIONE PER OGNI ANNO.
<b><u>RAPPORTO COSTI/BENEFICI</u></b>	CON QUESTO CAMPO SI INTENDE RIASSUMERE L'EFFICIENZA DI UN APPROCCIO DI BONIFICA RISPETTO AD UN ALTRO. ESSO INFATTI SINTETIZZA L'EFFICACIA DELL'INTERVENTO, CONFRONTANDO I BENEFICI (INTESI COME RIDUZIONE DELLA CONTAMINAZIONE) RISPETTO AI COSTI AFFRONTATI. MINORE È TALE RAPPORTO E MINORE DEVE ESSERE IL PUNTEGGIO ASSEGNATO.
<b><u>SOSTENIBILITÀ</u></b>	COEFFICIENTE DI SOSTENIBILITÀ $IS=A+B+C$ A= COEFFICIENTE ENERGETICO ENERGIA UTILIZZATA RISPETTO ALLA MEDIA B= % RECUPERO DI ACQUA = VOLUME ACQUA RECUPERATA/VOLUME ACQUA PRELEVATA (SARÀ BUONO SE È > 50%) C= % RECUPERO TERRENO = VOLUME TERRENO RECUPERATO/VOLUME TERRENO PRELEVATO

La screening matrix mette a confronto le tecnologie riportate in Tabella 6.6.

Dalle dettagliate valutazioni effettuate sulle tecnologie di bonifica applicabili al sito in oggetto, valutazioni che tengono fortemente in considerazione il contesto in cui è inserita l'area oggetto di intervento, e non in ultimo la valutazione dell'iterazione tra le differenti tecnologie di bonifica, sono state individuate per ogni area del sito le migliori tecnologie applicabili; nel seguito si descrivono e riassumono i dettagli. Eventuali variazioni e nuove valutazioni sulle tecnologie di bonifica individuate e proposte in questa prima fase progettuale potranno essere avanzate alla conclusione delle attività di approfondimento previste nel seguito (indagini indirette ed esecuzione dei test pilota di campo).

Lo scopo del presente capitolo è definire a livello progettuale le tecnologie e le modalità di applicazione delle stesse per raggiungere gli obiettivi di bonifica prefissati (paragrafo 6.1 e tabella 6.3).

Gli interventi di bonifica sono differenziati in funzione delle aree di intervento, vengono pertanto individuate n.3 macro aree così distinte:

- Area Effrazione;
- Area Monte Risorgive;
- Area Risorgive, Esterna e Roggia Rabica.

Le attività di bonifica previste per ogni macro area sono descritte nei successivi paragrafi.

### **6.3.1 Area Effrazione**

**Sorgente 2S** (contaminata per potenziale rischio outdoor).

La contaminazione (superamenti delle CSR calcolate) interessa perlopiù le pareti ed il fondo del canale ad uso irriguo presente in sito (ad oggi in disuso in quanto bypassato con altro canale).

Sono previste le seguenti azioni:

1. rimozione/smaltimento del terreno impattato (volume massimo ipotizzabile, circa 212 m<sup>3</sup> – considerando anche un eventuale interessamento di alcuni degli areali con CRS<CSR);

Tenuto conto della destinazione d'uso dell'area su cui intervenire (canale irrigui/area agricola) si ritiene quale intervento di bonifica più idoneo lo scavo/smaltimento del terreno contaminato con ripristino del canale una volta completate tutte le attività di bonifica.

Poiché il tratto di canale interessato dalla contaminazione superficiale è anche interessato da una contaminazione più profonda (sorgente 2P), l'intervento di scavo sarà approfondito anche in corrispondenza della parte più profonda del canale al fine di evitare in futuro qualsiasi rischio di lisciviazione.

L'intervento potrebbe comportare il danneggiamento e/o la distruzione del pozzo PZ2 posto al limite dell'area d'intervento, premesso che saranno messe in atto tutte le azioni necessarie per evitare danneggiamenti al pozzo di emungimento, nel caso di guasti si procederà al suo completo ripristino.

**Sorgente 2P** (contaminata per rischio lisciviazione e con POC esterno alla sorgente



conforme), la contaminazione (superamenti delle CSR calcolate) interessa un'areale che ha un'estensione di circa 365 m<sup>2</sup>, la profondità varia al variare del punto indagato in ogni caso resta compresa tra circa - 1,0 e - 4,5 m da p.c., ed il volume è potenzialmente di ~420 m<sup>3</sup>; la contaminazione è rappresentata C>12, C<12 e Xileni e si propongono le seguenti azioni:

- monitoraggio di almeno 12 – 16 mesi delle acque di falda al POC (PZ17), al fine di verificarne/confermarne la conformità alle CSC, verificata in campo mediante i periodici monitoraggi della falda;
- intervento di biorisanamento con Bioventing localizzato, sarà comunque necessario realizzare un test pilota di campo per verificarne l'efficienza e definirne il dimensionamento finale;
- rimozione del prodotto surnatante che saltuariamente compare ancora in alcuni pozzi;
- P&T, in parte con reimmissione delle acque emunte in falda mediante pozzi di resa ed in parte con scarico in roggia; successivamente ai test di campo relativi al Soil Flushing l'acqua di reimmissione potrà essere utilizzata per il SF;
- Soil flushing (con utilizzo quali acque di processo le acque di reimmissione emunte dall'impianto di P&T) da applicarsi esclusivamente a seguito dell'esecuzione di un test pilota di campo che ne valuti l'efficienza e l'efficacia e di un'indagine di dettaglio integrativa che valuti la precisa distribuzione della contaminazione nella porzione insatura e satura del sito.

Tenuto conto della destinazione d'uso dell'area su cui intervenire (area agricola) ed i limitati volumi di terreno da trattare, l'opzione che creerebbe meno impatto sarebbe sicuramente il monitoraggio delle sole acque sotterranee al POC. Tuttavia, vista la persistenza di prodotto in corrispondenza dei pozzi barriera PZ2, PZ4 e PZ6 e la necessità di intervenire sul sottosuolo per raggiungere le CSR calcolate, si rende necessario prevedere un intervento atto ad agire attivamente sull'abbattimento dei residui di contaminanti adese al sottosuolo insaturo (potenziali sorgenti di lisciviazione del prodotto in falda) e al recupero e rimozione del prodotto ancora presente.

Nello specifico, si propone il mantenimento del barrieramento idraulico in essere (P&T) opportunamente potenziato/integrato al fine di consentire un idoneo barrieramento, con reimmissione in falda delle acque emunte.

Oltre all'applicazione del P&T, i cui emungimenti non graveranno sul bilancio idrologico locale, così come si evince dal modello di flusso realizzato allo scopo e riportato in Appendice 1, essendo necessario intervenire con attività di bonifica sul sottosuolo insaturo, potrà essere applicata la tecnologia Soil Flushing; infatti grazie alla disponibilità di discreti quantitativi di acqua derivanti dall'emungimento del P&T, sarà possibile applicare con notevoli vantaggi questa tecnologia ed utilizzando quale liquido di *lavaggio* le acque stesse di reimmissione. Infine, le acque reimmesse in falda tramite Soil flushing saranno ciclicamente miscelate con dei prodotti surfactanti in grado di desorbire il contaminante ancora adeso al terreno per poi trasferirlo in falda e da qui recuperato dall'azione di emungimento indotta dai pozzi barriera.

L'applicazione di questa tecnologia sarà soggetta a verifica mediante la realizzazione di un test pilota di campo meglio descritto nei paragrafi 7.3.4 e 7.3.5..

In ultimo per la contaminazione relativa al sottosuolo profondo limitatamente ai poligoni di



Thyssen individuati dai punti BH3 e BH4, si procederà la tecnologia del Bioventing, previa verifica dell'applicabilità della tecnologia mediante l'esecuzione di test pilota di campo, meglio descritti nei paragrafi da 7.3.7 a 7.3.11.

### 6.3.2 Area Monte Risorgive

**Sorgente 2P** (contaminata per rischio lisciviazione ma con POC esterno sempre conforme). La contaminazione determinata da C>12, C<12 e Xileni interessa alcune aree la cui superficie totale è pari a ~3.400 m<sup>2</sup>, ed è compresa nell'intervallo 5,0 – 6,2 m da p.c. con un volume complessivo stimato in 3.400 m<sup>3</sup>.

Si propongono le seguenti azioni:

- intervento con Bioventing (a seguito degli esiti del test pilota da eseguirsi presso l'area effrazione e a valle delle indagini integrative).

Quali attività di messa in sicurezza per le acque si prevede:

- monitoraggio di almeno 12 – 16 mesi delle acque di falda al POC (PZ17), al fine di verificarne/confermarne la conformità alle CSC;
- mantenimento in attività della barriera idraulica ad oggi installata fino al raggiungimento degli obiettivi di bonifica, prevedendo la trasformazione del PZ5 in pozzo del tipo dualpump, mediante l'installazione di una pompa elettro-sommersa in luogo dell'attuale pompa pneumatica presente e l'installazione di n.1 skimmer attivo per il recupero di eventuale prodotto; l'installazione di quest'ultimo sarà finalizzata solo nel caso in cui, durante le prossime campagne di rilievo fluidi, si ripresentasse prodotto, così come segnalato nel paragrafo 5.5.

In funzione degli esiti delle indagini indirette di cui è prevista la realizzazione nel presente documento progettuale, e degli esiti dei monitoraggi delle acque di falda, sarà calibrato il funzionamento dei pozzi appartenenti al barriera in area *monte risorgive*.

### 6.3.3 Area Risorgive (Area Bosco)

**Sorgente 1P** (contaminata per rischio lisciviazione ma con POC esterni conformi).

Soggetta a contaminazione per Xileni per un'area con potenziale estensione pari a 1.700 m<sup>2</sup> (dato estremamente cautelativo desunto a seguito di interpolazione con poligoni di Thiessen) alla profondità compresa tra circa 4,0 – 5,0 m da p.c. (in particolare in corrispondenza dello strato di oscillazione della frangia) e volume stimato in 1.700 m<sup>3</sup>.

Si propongono le seguenti azioni:

- intervento con BV nello stretto intorno di PZ24;
- interventi di fitorimediazione;

Vista la presenza, seppur sporadica e con limitato spessore - velo o iridescenze, di prodotto surnatante e alcuni superamenti delle CSC incorsi nel 2018 (sebbene inferiori alle CSR calcolate) in corrispondenza del pozzo PZ21, si propongono interventi mirati in PZ21 e di fitorisanamento, quest'ultimo quale coadiuvante nel processo di risanamento della matrice ambientale acque sotterranee.

Nello specifico, si propone di:

- mantenere l'emungimento in essere nel piezometro/pozzo PZ21, rivampando il sistema di pompaggio;
- intervenire presso le zone ritenute critiche (es. area di incolto nell'intorno del PZ21) mediante fitorimediazione.

Quali presidi di Messa in Sicurezza, si opererà con le seguenti:

- mantenimento del presidio di sicurezza con il sistema SAMIS;
- monitoraggio per almeno 12 – 16 mesi delle acque di falda ai POC (PZ20, PZ18), al fine di verificarne/confermarne la conformità alle CSC.

E' in fase di valutazione la sostituzione del sistema SAMIS con un sistema di Fitodepurazione, attraverso la piantumazione di Phragmites, di cui nei capitoli successivi vengono forniti i principi di base.

## 7 PROGETTO DI BONIFICA AREA EFFRAZIONE

Come già illustrato nei paragrafi precedenti, l'area in esame dovrà essere sottoposta ad attività di bonifica per le matrici ambientali suolo e sottosuolo; tuttavia il saltuario rinvenimento di prodotto libero in galleggiamento in alcuni pozzi qui presenti imporranno che le attività di bonifica interessino anche la matrice ambientale acque sotterranee.

Per il raggiungimento degli obiettivi di bonifica sono stati individuati gli interventi indicati nella seguente tabella 7.1 e suddivisi in funzione delle matrici ambientali oggetto di bonifica.

**TABELLA 7.1. INTERVENTI DI BONIFICA PROPOSTI.**

MATRICE AMBIENTALE	TECNOLOGIA DI BONIFICA INDIVIDUATA
Suolo (sorgente 2S insaturo superficiale)	Scavo e smaltimento
Sottosuolo (sorgente 2P insaturo profondo)	Soil flushing+iniezione di prodotti surfactanti+Bioventing
Acque sotterranee	P&T+reimmissione in falda

In considerazione del fatto che presso i pozzi di emungimento PZ2, PZ4 e PZ6 si rinviene saltuariamente prodotto libero in galleggiamento, al fine di poter dimensionare correttamente gli interventi di bonifica nonché confermare l'applicabilità delle tecnologie di bonifica individuate, preliminarmente a qualsiasi attività sarà eseguita un'indagine di dettaglio per definire e circoscrivere l'estensione della contaminazione nella porzione insatura e satura dell'area in oggetto. Nei paragrafi successivi si riportano i dettagli per eseguire l'indagine sopracitata.

Inoltre per verificare l'applicabilità e l'efficienza di alcune delle tecnologie di bonifica individuate e proposte si effettueranno dei test pilota di campo, i cui dettagli sono riportati nei paragrafi dal 7.3.4. al 7.3.11. .

I test pilota di campo potranno essere realizzati in seguito al completamento delle opere di bonifica previste per il suolo superficiale e la realizzazione dei pozzi di resa.

## 7.1 INDAGINE AMBIENTALE DI DETTAGLIO

Ai fini di una più accurata individuazione e circoscrizione della contaminazione (sia arealmente che verticalmente compresa la zona satura) ed in particolare per individuare con esattezza l'eventuale presenza di prodotto libero, si eseguirà una campagna di indagine indiretta di dettaglio. Tale attività risulta propedeutica al dimensionamento delle opere di bonifica.

L'indagine potrà essere effettuata mediante indagini indirette, previa verifica di applicabilità tecnica in campo, utilizzando la tecnologia LIF (Laser Induced Fluorescence).

Questa tecnica di analisi in tempo reale prevede l'infissione nel terreno di una punta dotata di un sensore ottico all'ultravioletto che è in grado di discriminare la contaminazione da idrocarburi sia nel terreno insaturo sia in quello saturo e quindi in falda. La fluorescenza del prodotto idrocarburico è indotta dalla luce del laser (LIF) che eccita le molecole fluorescenti contenute nella maggior parte dei liquidi in fase non acquosa (NAPL) tra cui appunto gli idrocarburi. Il laser accendendosi causa una emissione di luce che contiene uno spettro di quattro lunghezze d'onda; dato che ogni idrocarburo emette fluorescenza con una combinazione di lunghezze d'onda caratteristiche, le differenze tra le varie distribuzioni di lunghezza d'onda registrate può discriminare la tipologia di contaminazione presente nel mezzo indagato e dare risultati in tempo reale. Il fatto che sia possibile ottenere dati in tempo reale permette di coprire ampie superfici in poco tempo e dirottare le indagini là dove si registrano le evidenze di contaminazione.

La realizzazione dell'indagine mediante LIF sarà effettuata a seguito di prove di campo che ne dimostrino l'applicabilità in relazione alla litologia grossolana presente; eventualmente l'inserimento della sonda LIF, se tecnicamente attuabile, potrà avvenire a seguito della realizzazione di *prefori* realizzati a percussione e/o a rotazione.

L'area oggetto d'indagine è quella riportata in Tavola 05, la maglia di acquisizione preliminare sarà di 5x5 metri con l'ubicazione del punto di indagine posizionato all'incirca nel centro della maglia. In corso d'opera potranno essere realizzati, se ritenuti necessari, ulteriori punti di indagine ad infittimento della maglia proposta in funzione dei risultati ottenuti e della distribuzione della contaminazione individuata. Preliminarmente l'esecuzione delle indagini il tragitto dell'oleodotto sarà picchettato al fine di evitare danneggiamenti in fase di perforazione.

Al completamento dell'indagine saranno realizzate mappe di distribuzione della contaminazione a varie quote di profondità con relative sezioni verticali. In funzione della distribuzione dei contaminanti e della diffusione del prodotto libero, si potrà valutare la necessità di effettuare ulteriori indagini mediante carotaggi continui per il prelievo di campioni di terreno da sottoporre ad analisi chimica.

Le verifiche si spingeranno oltre il livello di falda per almeno 2 m; la profondità definitiva sarà decisa in funzione dei dati acquisiti sul campo al momento dell'esecuzione dell'indagine.

## 7.2 INTERVENTO DI BONIFICA SUOLO SUPERFICIALE

L'ADR approvata ha individuato quello che è l'areale sorgente di contaminazione relativo alla matrice ambientale suolo superficiale; considerando i soli superamenti delle CSR calcolate, l'areale d'intervento individuato, e che sarà sottoposto alle attività di bonifica mediante rimozione, ha una superficie complessiva pari a ~212 m<sup>2</sup>; in Tavola 3A è possibile osservarne la distribuzione planimetrica.

È stato pertanto individuato un'areale che comprende tutti i punti che hanno mostrato il superamento delle CSR, tuttavia l'effettiva area di scavo proposta risulta essere di dimensioni inferiori rispetto al sopraccitato areale in quanto si ritiene molto probabile che la reale estensione della contaminazione sia inferiore rispetto a quanto emerso dall'utilizzo dei poligoni di Thiessen (dove le interpolazioni geometriche tengono conto del numero e dalla distanza dei punti di indagine ed in alcuni casi si può sovrastimare l'effettiva estensione della contaminazione).

Come sarà meglio descritto nel seguito, l'areale di scavo potrà essere ampliato in funzione di effettivi superamenti delle CSR, determinati mediante analisi chimiche direttamente su campioni di terreno prelevati in campo.

L'intervento di bonifica mediante scavo e smaltimento del suolo contaminato, sarà articolato nelle seguenti macro attività:

- stima dei volumi e delle quantità di terreno da rimuovere;
- caratterizzazione rifiuto solido, per classificazione secondo il catalogo europeo dei rifiuti CER;
- attività di rimozione e trasporto presso sito autorizzato del terreno contaminato (recupero e/o smaltimento del terreno contaminato rimosso - rifiuto solido);
- verifica della contaminazione residua al terreno rimasto in posto (operazione di collaudo);
- rinterro degli areali di scavo e ripristino area.

L'asportazione del materiale contaminato avverrà secondo le procedure operative e gestionali descritte nei capitoli seguenti.

### 7.2.1.1 *Stima dei volumi e delle quantità di terreno da rimuovere*

La profondità stimata di scavo sarà posta in media a circa – 1,0 m da p.c., mentre in corrispondenza della parte centrale del fosso sarà raggiunta la profondità massima di – 2,0 m dal p.c., profondità leggermente superiore alla base dell'intervallo di prelievo dei campioni più profondi eccedenti le CSR (1,8 m da p.c. riferendosi in particolare ai punti SC1F1 e SC1F2), così come indicato nel layout di scavo riportato in Tavola 3B.

Il quantitativo di terreno da sottoporre a scavo e quindi la relativa produzione di rifiuti potrebbe aumentare nel caso in cui le operazioni di rimozione interessassero un'area maggiore rispetto a quella proposta ed individuata in Tavola 3B, ma comunque non superiore all'area della sorgente di potenziale contaminazione utilizzata per la redazione dell'ADR (poligono identificato delle CRS) ed evidenziata in Tavola 3A.

La tabella 7.2 riporta una stima di massima dei volumi di terreno che saranno potenzialmente prodotti e movimentati dall'areale di scavo individuato (rif. Tavola XXX); per il calcolo si è tenuto conto della superficie dell'area di scavo proposta e pari a ~110 m<sup>2</sup> (~103 m<sup>2</sup> area di

scavo principale a cui si somma l'hot spot del punto SC2FA di circa  $\sim 7 \text{ m}^2$ ) e, nel caso peggiorativo e quindi in caso di allargamento degli scavi, della superficie dell'area sorgente di potenziale contaminazione pari a  $\sim 212 \text{ m}^2$ . Si consideri che è incluso nel conteggio anche l'areale individuato dal punto di campionamento SC2FA, seppure in quel punto è rispettata la CSR rappresentativa per l'area sorgente, trattandosi del futuro fondo del canale (che si intende ricostruire e ripristinare a bonifica ultimata).

Per i calcoli dell'area sulla quale si stima di intervenire, si è proceduto come segue:

- larghezza media del fosso pari a 4 m;
- profondità media (nell'area indagata) di 1,80 m da p.c., mentre la profondità del fosso in corrispondenza del punto SC2FA è pari a – 1,0 m da p.c.;
- dimensione dell'areale evidenziato in rosso in Tavola XXX, a cui è stata sottratta la quota di “vuoto” in corrispondenza del sedime del fosso.

Si consideri che i volumi riportati in tabella 7.2 si riferiscono al terreno in banco.

Data la natura litologica del materiale e la profondità di scavo si individua un valore di densità naturale pari a  $\rho = 1,8 \text{ t/m}^3$  per il terreno in posto.

**TABELLA 7.2 – VOLUME DEL TERRENO IN BANCO DA SOTTOPORRE A SCAVO  $\pm 20\%$ .**

SCAVO	STIMA DEL VOLUME DEL TERRENO PROVENIENTE DALL'AREA DI SCAVO			STIMA DEL VOLUME DI TERRENO POTENZIALMENTE AGGIUNTIVO CONSIDERANDO L'AREA SORGENTE IDENTIFICATA DELL'ADR (CRS)	
	Spessore m	$\text{m}^3$	t	$\text{m}^3$	t
SCAVO 0 -1,0 m DA P.C.	1	$\sim 70$	$\sim 126$	$\sim 150$	270
SCAVO FOSSO -1,0 - 2,00 m DA P.C.	1	$\sim 20$	$\sim 36$	$\sim 20$	36
<b>TOTALE</b>	-	<b><math>\sim 90</math></b>	<b><math>\sim 162</math></b>	<b><math>\sim 170</math></b>	<b><math>\sim 306</math></b>

Preliminarmente all'inizio delle attività di bonifica sarà prelevato un campione rappresentativo di terreno da sottoporre ad analisi di caratterizzazione rifiuto, al fine di assegnare al terreno da smaltire il corretto codice CER.

#### 7.2.1.2 Attività di rimozione del terreno

Le modalità di rimozione del terreno procederanno come così di seguito descritto:

- in corrispondenza dell'attuale piano campagna gli scavi saranno eseguiti partendo dalle sponde del canale procedendo ad allargare lo scavo verso il confine individuato dall'areale di scavo proposto, verificando al progredire degli scavi la qualità del terreno tramite strumentazione di campo (Fotoionizzatore portatile PID) e laboratorio mobile. Lo scavo procederà sino al raggiungimento di – 1,0 m da p.c. di profondità;
- in corrispondenza della parte centrale del fosso lo scavo sarà approfondito fino a raggiungere la profondità di – 2,0 m da p.c. con lo scopo di rimuovere la contaminazione rinvenuta fino a – 1,80 m da p.c.

Le operazioni di scavo saranno effettuate nel rispetto dell'attuale normativa vigente in

materia di sicurezza sul lavoro, utilizzando idonee attrezzature per il movimento terra e confinando opportunamente le aree interessate dagli scavi mediante idonea recinzione provvisoria di cantiere.

Si prevede di realizzare lo scavo senza adottare misure provvisionali di sostegno delle pareti, in considerazione delle ridotte profondità che lo stesso dovrà raggiungere; si rimanda in ogni caso alle valutazioni e/o decisioni della Direzione Lavori competente in materia di sicurezza sul lavoro. Sarà comunque necessario prevedere la perimetrazione dell'area intorno al fronte di scavo con apposite recinzioni dotate di segnalazioni ed il modellamento delle pareti dello scavo al fine di garantire lo svolgimento dei lavori in condizioni di sicurezza.

Il materiale di scavo sarà rimosso mediante l'utilizzo di escavatore, pala meccanica, terna gommata o altro mezzo meccanico idoneo alla movimentazione del materiale; si prevede lo scavo con carico diretto su automezzi senza la formazione di cumuli, si procederà infatti alla pre-caratterizzazione del materiale con successiva verifica in corso d'opera mediante laboratorio mobile. L'eventuale formazione di cumuli, dettata da qualsiasi esigenza si dovesse presentare in corso d'opera, sarà gestita al fine di evitare la dispersione e/o il dilavamento del materiale contaminato.

Le operazioni di conferimento in discarica dei rifiuti saranno eseguite in ottemperanza alla normativa vigente in materia di rifiuti.

In considerazione dei dati pregressi si prevede l'avvio a smaltimento con codice CER 19.13.02 - RIFIUTI SOLIDI PRODOTTI DA OPERAZIONI DI BONIFICA DI TERRENI, DIVERSI DA QUELLI DI CUI ALLA VOCE 19.13.01\* dei terreni sottoposti a scavo; in ogni caso saranno le analisi preliminari di caratterizzazione del rifiuto che definiranno il corretto codice CER da applicare.

Oltre alla rimozione del terreno sarà asportato, dall'area di scavo individuata, e smaltito secondo normativa vigente il telo plastico utilizzato per la messa in sicurezza del canale (con codice CER 17.02.03 o 17.02.04).

Poiché l'areale di scavo interessa anche parzialmente la strada sterrata che costeggia il canale, quest'ultima limitatamente all'area di ingombro dell'scavo, sarà rimossa; la stessa sarà ripristinata a bonifica ultimata.

#### 7.2.1.3 Collaudo scavi

Il collaudo dei terreni sarà effettuato immediatamente a seguito delle attività di scavo, così come indicato nel Capitolo 14, paragrafo 14.1..

#### 7.2.1.4 Ripristino degli scavi

Per il ritombamento sarà utilizzato materiale granulare vergine di provenienza certificato da – 2,0 m da p.c. fino alla quota di – 1,0 m da p.c., mentre per la restante parte, quindi da – 1,0 m sino a piano campagna sarà utilizzato terreno vegetale che presenti caratteristiche analoghe a quelle del terreno arativo limitrofo.

Sarà valutato l'utilizzo di terreno di coltivo proveniente da cava certificata oppure dal livellamento del campo limitrofo, previa verifica analitica in accordo al Dpr. 120/2017 (conformità all'Allegato 4).

Infine, sarà ripristinata con materiale granulare la strada carraia di accesso al cantiere ed



interessata dallo scavo.

Dato che nel sito oggetto di scavo è presente un fosso irriguo il ritombamento sarà effettuato in modo tale da ricostruire la geometria del fosso allo *status quo ante* evento di contaminazione; per la ricostruzione del fosso potrà essere utilizzata una benna trapezoidale di idonea sezione.

Per il ritombamento dell'areale di scavo si prevede di utilizzare da 40 a 60 m<sup>3</sup> di terreno granulare, e da 40 a 60 m<sup>3</sup> di terreno vegetale (i volumi saranno determinati in funzione dell'effettivo quantitativo terreno scavato e della geometria finale del canale irriguo).

### 7.3 INTERVENTO DI BONIFICA SUOLO PROFONDO

La bonifica del suolo profondo prevede l'applicazione contemporanea di differenti tecnologie di bonifica, in parte da testare direttamente in campo preliminarmente alla loro applicazione:

- P&T e reimmissione in falda;
- Soil Flushing (SF), la cui applicazione sarà soggetta a verifica mediante l'esecuzione di test pilota di campo;
- Iniezione di surfactanti, la cui applicazione sarà soggetta a verifica mediante l'esecuzione di test pilota di campo;
- Bioventing la cui applicazione sarà soggetta a verifica mediante l'esecuzione di test pilota di campo.

L'areale di contaminazione del sottosuolo insaturo profondo è riportato in Tavola 04 e mostra complessivamente una superficie pari a ~365 m<sup>2</sup>; una porzione di questo areale, ~195 m<sup>2</sup> potrà essere soggetto a trattamento di bonifica mediante SF (previa esecuzione del test pilota) mentre la restante parte, ~170 m<sup>2</sup>, sarà bonificato mediante BV (sempre previa esecuzione del test pilota). Per la stima del calcolo dei volumi di terreno contaminato si è tenuto conto dell'estensione di ogni poligono di Thyssen con CRS > CSRe dello spessore di contaminazione afferente al poligono in oggetto; nella tabella sottostante si riportano i quantitativi individuati che sono in ogni caso suscettibili di variazioni dell'ordine del ±20%.

**TABELLA 7.2A** – STIME DEI VOLUMI DI TERRENO CONTAMINATO NEL SOTTOSUOLO INSATURO PROFONDO DELL'AREA EFFRAZIONE.

Thyssen	Superficie (m <sup>2</sup> )	Spessore contaminazione (m)	Potenziale volume di terreno in posto contaminato (m3)
SA1PA1 (1-2,8)	50	1,80	90
S1PFA2 (-2,8)	8,4	1,80	15
S1PD (1-2,8)	10,3	1,80	18,5
S1PEA1 (-2,8)	6,8	1,80	12,2
S1PB (1-2,8)	11,5	1,80	20,7
SC1F1 (-1,8)	10,8	0,8	8,6
SC1F2 (-1,8)	11,60	0,8	9,3
SC1PB1	18,5	0,8	14,8
SC1PB2	25,4	0,8	20,3
PZ2 (2-3)	5,1	1,0	5,1
BH5	33,4	1,0	33,4
BH3	77,8	1,0	77,8
BH4	95,2	1,0	95,2
<b>Totale</b>	<b>365</b>		<b>421</b>

### 7.3.1 *Pump&Treat*

In considerazione del fatto che in area effrazione è ancora presente saltuariamente in alcuni piezometri prodotto libero in galleggiamento e che le tra le tecnologie di bonifica individuate ve ne siano alcune che interesseranno direttamente e/o indirettamente la matrice ambientale acque sotterranee (anche se quest'ultima non sarebbe oggetto di bonifica così come definito dall'ADR approvata), si metterà in atto in zona effrazione una barriera idraulica atta ad impedire l'eventuale diffusione di contaminazione. La barriera idraulica è già presente e rappresenta la messa in sicurezza attualmente in funzione in questa area ed interessa i piezometri PZ2, PZ4 e PZ6; le acque emunte sono al momento rilanciate all'impianto di trattamento situato in zona *Monte Risorgive* e da qui dopo il trattamento di depurazione sono scaricate in acque superficiali (Roggia Rabica). I pozzi sono inoltre dotati di skimmer attivi utilizzati per il recupero selettivo del prodotto libero che si accumula al loro interno anche grazie al richiamo indotto dall'emungimento. Si rimanda ai documenti pregressi e che si assumono noti per maggiori dettagli sull'attuale configurazione dell'impianto di messa in sicurezza e sulle sue caratteristiche tecniche. Si riporta invece per comodità di consultazione il layout ed il P&ID dell'impianto rispettivamente in tavola 6A e 6B.

L'impianto di messa in sicurezza attualmente presente sarà in parte integrato ed in parte *rivampato* per diventare a tutti gli effetti una barriera idraulica; nel seguito se ne descrive la configurazione e le caratteristiche tecniche principali. L'ubicazione dei pozzi e la loro portata d'emungimento è stata ottenuta a seguito dell'elaborazione di un modello di flusso che ha potuto definire la migliore possibile configurazione da applicare al caso in oggetto e che tiene conto ovviamente della componente reimmissione in falda di parte delle acque emunte tramite pozzi di resa; l'elaborato del modello di flusso è riportato nella sua interezza in Appendice 1, mentre nel seguito è descritto nel dettaglio la configurazione dell'impianto ed i principi di funzionamento.

#### *Impianto di Pump&Treat costituente la Barriera Idraulica*

L'impianto di sollevamento sarà costituito da n.3 pozzi di emungimento già esistenti (PZ2, PZ4 e PZ6).

Per la definizione della barriera idraulica e per il suo dimensionamento è stato implementato un modello matematico di flusso che ha tenuto conto dei seguenti aspetti principali:

- tenuta dell'opera in progetto rispetto al deflusso della falda dalla zona di effrazione tenendo in considerazione lo stato e la tipologia di contaminazione dell'area;
- minimizzazione degli effetti di impoverimento delle aree umide poste in prossimità della roggia Rabica (Area risorgive) ed appartenenti ad un'area protetta;
- reimmissione in falda di una quota parte dell'acqua estratta e trattata in falda allo scopo di accelerare i processi di bonifica del sottosuolo e frangia capillare, attraverso un sistema di trincee per la reimmissione in falda delle acque emunte.

La configurazione definitiva della barriera idraulica è stata verificata rispetto a due differenti condizioni di alimentazione riferibili:

- ad una situazione di "alto piezometrico" della falda (condizione tipica dei mesi estivi caratterizzati dal contributo dell'irrigazione)

- ad una situazione di “morbida della falda” (tipica dei mesi invernali, in assenza di irrigazione).

Le simulazioni sono state effettuate in regime stazionario che può essere assunto come un transitorio di lungo periodo. Il modello di flusso ha così permesso di individuare la migliore configurazione della barriera idraulica sia per i mesi invernali, quando è assente il contributo delle irrigazioni sia per i mesi estivi dove il contributo irriguo determina una consistente e differente alimentazione della falda. Per questo motivo sono stati individuati due differenti scenari di configurazione della barriera idraulica che mostrano emungimenti differenziati in funzione del periodo dell'anno di funzionamento.

Le portate di emungimento individuate dal modello di flusso (riportato in Appendice 1) sono indicate nella tabella seguente 7.3; alle portate della barriera idraulica della zona effrazione si devono aggiungere i volumi d'acqua emunti dalla barriera situata presso la zona monte risorgive e quanto emunto dal PZ21 situato in zona risorgive-bosco e di cui si relaziona al nei successivi paragrafi.

**TABELLA 7.3 – PORTATE DI EMUNGIMENTO COMPLESSIVE**

<b>Zona</b>	<b>Pozzo di emungimento</b>	<b>Tipologia di pompa prevista da progetto</b>	<b>Portata d'esercizio m<sup>3</sup>/h in assenza di contributo irriguo</b>	<b>Portata d'esercizio m<sup>3</sup>/h in presenza di contributo irriguo</b>
Effrazione	PZ2	sommersa	3,0	4,40
	PZ4	sommersa	3,0	3,60
	PZ6	sommersa	3,2	5,0
Monte Risorgive	PZ5	sommersa	1,0	1,0
	PZ7	pneumatica	0,12	0,12
	PZ8	pneumatica	0,12	0,12
	PZ9	pneumatica	0,12	0,12
	PZ10	pneumatica	0,12	0,12
	PZ11	pneumatica	0,12	0,12
Risorgive – Bosco	PZ21	sommersa	1,0	1,0
<b>Portata totale</b>			<b>11,8</b>	<b>15,6</b>

Per garantire il raggiungimento delle portate differenziate le n.3 pompe sommerse attualmente presenti nei pozzi saranno sostituite con idonee pompe sommerse dotate di inverter per il controllo del numero di giri del motore elettrico e quindi per la regolazione della portata di emungimento. Le pompe sommerse opereranno all'interno di un *range* di lavoro compreso tra i 3,0 e 5,0 m<sup>3</sup>/h  $\pm 25\%$ .

Le regolazioni delle portate saranno graduali ed in funzione dell'innalzamento del livello di falda caratteristico dei mesi estivi.

Al fine di garantire la massima efficienza dell'emungimento in relazione alle portate individuate, il pozzo PZ6 che ha attualmente un diametro di 6" sarà sostituito con un nuovo pozzo del diametro di 8" dalle caratteristiche costruttive identiche ai pozzi PZ4 e PZ2 e denominato PZ6Bis. Il pozzo PZ6 resterà in ogni caso in funzione con lo skimmer attivo per il recupero del prodotto e come piezometro di monitoraggio per la verifica dell'efficacia del nuovo pozzo barriera PZ6bis che sarà allestito con idonea pompa elettrosommersa e skimmer attivo per recupero prodotto.

L'acqua emunta sarà inviata all'impianto di trattamento già presente in sito presso la zona

*Monte Risorgive* dove sarà depurata mediante filtrazione su colonne filtranti a carboni attivi.

Poiché l'acqua depurata sarà scaricata in parte in acque superficiali presso la Roggia Rabica ed in parte sarà reimpressa nella zona effrazione tramite i dedicati pozzi di resa, il trattamento di depurazione delle acque sarà differenziato (differenti limiti da garantire allo scarico in acque superficiali rispetto a quelle da reimmettere in falda). Dato che l'attuale impianto di trattamento possiede le caratteristiche tecniche per garantire il raggiungimento dei limiti allo scarico in acque superficiali, l'acqua in uscita dall'impianto in questione che sarà destinata alla Roggia Rabica non subirà ulteriori trattamenti. Al contrario, l'acqua che sarà reimpressa in falda, dovendo rispettare le CSC indicate in tabella 2 Allegato 5, Parte Quarta, Titolo V del Dlgs. 152/06, dovrà subire un ulteriore trattamento al fine di garantire il completo rispetto dei limiti individuati dalla normativa. Per questa ragione in area effrazione saranno installati due filtri a carboni attivi che andranno a completare l'impianto di reimmissione.

Nella tabella sottostante si riportano le portate d'acqua reimmesse in falda e quelle scaricate in roggia.

**TABELLA 7.4 – PORTATE DI SCARICO**

<b>Punto di scarico</b>	<b>Portata d'esercizio m<sup>3</sup>/h in assenza di contributo irriguo</b>	<b>Portata d'esercizio m<sup>3</sup>/h in presenza di contributo irriguo</b>
Scarico in Roggia Rabica	2,8	6,6
Reimmissione in falda	9,0	9,0

L'acqua sarà scaricata in roggia mediante l'utilizzo di una pompa di rilancio comandata da un regolatore di portata costante in modo da garantire un flusso continuo alla portata d'esercizio individuata. La restante parte d'acqua sarà inviata all'impianto di reimmissione ubicato in area effrazione e dedicato alla reimmissione dell'acqua in falda mediante i pozzi di resa (paragrafo 7.1.3.2). Il rilancio dell'acqua dall'impianto di P&T posto in zona *Monte Risorgiva* all'impianto di Reimmissione situato in area effrazione avverrà tramite una pompa centrifuga con portata minima pari a ~20 m<sup>3</sup>/h e che sarà azionata dai galleggianti/sonde di livello contenute all'interno di uno dei due serbatoi costituenti l'impianto di reimmissione; al raggiungimento della capienza massima dei serbatoi il galleggiante bloccherà, nel caso, il flusso d'acqua.

La sezione dell'impianto dedicata al trattamento delle acque di falda dell'impianto di P&T situato nell'area *Monte Risorgive* è costituita da n.1 filtri a sabbia e da n.4 filtri a carboni; le acque transiteranno all'interno dei filtri a carboni attivi dove saranno depurate e pronte per essere scaricate in roggia e per essere rilanciate all'impianto di reimmissione per il successivo trattamento e la reimmissione in falda. Si rimanda al successivo paragrafo per la descrizione dell'impianto di reimmissione e per la definizione del programma di manutenzione e monitoraggio dell'impianto di P&T. In Tavola 08 si riporta il P&ID preliminare dell'impianto. L'impianto di P&T attualmente in funzione posto in area monte risorgive ed utilizzato per il progetto Fase I sarà gestito e *manutenzionato* con le stesse modalità fino ad ora applicate.

Le tempistiche di funzionamento del P&T sono H24 per 365 gg/anno, per una durata complessiva di almeno 12 – 16 mesi, dall'attivazione dei sistemi, entro i quali sarà presentato il Progetto di Bonifica Fase II che conterrà le tempistiche definitive per garantire il raggiungimento degli obiettivi di bonifica.

### 7.3.2 Reimmissione delle acque in falda

La reimmissione in falda delle acque emunte dal P&T avverrà tramite la realizzazione di n.2 pozzi di resa del diametro di 8" che raggiungeranno la profondità di 11,0 metri da p.c., la loro ubicazione è riportata in Tavola 06 e 07. I pozzi in oggetto denominati PozzoResa 1 e PozzoResa 2, saranno dotati di apposita testa pozzo che sigillerà ermeticamente il pozzo. Internamente al pozzo, dalla testa pozzo partirà un *drop tube* del diametro interno di 50 mm e di lunghezza di almeno 7 metri che traferirà l'acqua direttamente appena al di sotto del pelo libero dell'acqua di falda.

La portata di reimmissione delle acque sarà complessivamente di **9,0 m<sup>3</sup>/h** equamente suddivisa nei due pozzi di resa PozzoResa 1 e PozzoResa 2 pertanto **4,5 m<sup>3</sup>/h** per pozzo.

L'impianto di reimmissione delle acque in falda sorgerà in parte presso l'area effrazione ed in parte presso la zona monte risorgive dove attualmente risiede l'impianto di P&T e sarà costituito dai seguenti componenti principali:

- Gruppo di pressurizzazione costituito da n.2 pompe centrifughe (di cui n.1 quale scorta attiva) per rilanciare le acque dall'impianto di P&T all'impianto reimmissione, il gruppo di pressurizzazione si troverà presso l'impianto di P&T in zona monte risorgive;
- n.2 filtri a carbone attivi diametro 1000 mm ed altezza fasciame di 2000 mm;
- n.2 serbatoi in polietilene della capienza di 5 m<sup>3</sup> ciascuno, i serbatoi saranno collegati in serie tra loro;
- manifold di distribuzione;
- n.2 pompe sommergibili, di cui n.1 quale scorta attiva;
- quadro elettrico per la gestione delle pompe.

L'acqua provverrà dall'impianto di trattamento, attualmente situato presso l'area monte risorgive, e sarà rilanciata tramite un gruppo di pressurizzazione (costituito da due pompe centrifughe di cui una quale scorta attiva) ai sopracitati serbatoi. Galleggianti situati all'interno dei serbatoi gestiranno l'azionamento/spegnimento del gruppo di pressurizzazione evitando situazioni che possano generare la tracimazione delle acque rilanciate. Internamente ad uno dei due serbatoi troveranno posto due pompe sommergibili (di cui una quale scorta attiva) che provvederà a rilanciare l'acqua al manifold di distribuzione e da qui ai pozzi di reimmissione; galleggianti e/o sonde di livello situati all'interno del serbatoio comanderanno il funzionamento della pompa. La portata d'esercizio della pompa sommergibile da utilizzarsi per la reimmissione delle acque in falda, portata che dovrà essere mantenuta costante durante il suo funzionamento, sarà dell'ordine di 9 m<sup>3</sup>/h  $\pm 25\%$ .

Il manifold sarà costituito da un tratto di tubo in polietilene del diametro interno di 63 mm da cui si dirameranno n.2 linee costituite da tubazioni in polietilene del diametro di 50 mm. Su ogni singola linea si troverà posto in sequenza: una valvola a sfera per sezionamento, una valvola di non ritorno, un contaltri meccanico per la misurazione del quantitativo d'acqua reimpressa, una valvola a saracinesca per la regolazione della portata ed un manometro per la misurazione della pressione di reimmissione dell'acqua. Il manifold sarà infine dotato di cavo scaldante al fine di proteggere le sue componenti dal gelo durante i mesi invernali.

In considerazione del fatto che l'acqua di reimmissione provverà dall'impianto di trattamento P&T posto in zona monte risorgive, si può affermare che le concentrazioni dei contaminanti

trattati siano inferiori ai limiti di rilevabilità e/o comunque inferiori alle CSC, tuttavia quale misura di sicurezza si utilizzeranno due ulteriori filtri a carboni attivi così come sopra riportato. Poiché le acque in ingresso ai filtri dell'impianto di reimmissione saranno già depurate, la durata dei carboni attivi sarà estremamente elevata (> 2 anni).

In Tavola 07 e 08 si riporta rispettivamente il layout ed il P&ID preliminare dell'impianto di reimmissione in oggetto.

Le tempistiche di funzionamento della reimmissione sono legate al funzionamento del P&T e quindi H24 per 365 gg/anno, per una durata complessiva di almeno 12 – 16 mesi, dall'attivazione dei sistemi, entro i quali sarà presentato il Progetto di Bonifica Fase II che conterrà le tempistiche definitive per garantire il raggiungimento degli obiettivi di bonifica.

### **7.3.3 Soil Flushing**

La tecnologia individuata per la bonifica del terreno profondo insaturo, frangia capillare e terreno saturo è quella definita Soil Flushing (SF). Il progetto prevederà l'iniezione nel terreno insaturo di acqua proveniente dall'emungimento dei pozzi barriera tramite la realizzazione di trincee orizzontali disperdenti; le trincee sarebbero poste a circa – 2 m da p.c. presso l'area sorgente di contaminazione dell'area effrazione e disposte parallelamente all'oleodotto. L'acqua, iniettata in continuo, percolerà all'interno del terreno insaturo raggiungendo la falda per gravità, nel suo percorso asporterà in modo continuativo il contaminante adeso ai grani del terreno, trasferendo la contaminazione dal terreno alla falda e da qui recuperata grazie agli emungimenti dei pozzi barriera. Inoltre è previsto che ciclicamente le acque di lavaggio siano arricchite con dei prodotti biodegradabili desorbenti definiti surfactanti; questi prodotti favorirebbero il desorbimento della contaminazione dal terreno ed incrementerebbero la biodisponibilità del contaminante per essere biodegradato. La presenza della barriera idraulica a valle delle trincee di iniezione permetterà di recuperare tutta la contaminazione asportata e traferita all'acqua di falda ed il surfactante residuo.

Prima di poter applicare in modo adeguato e corretto questa tecnologia di bonifica dovranno essere allestiti una serie di test di campo per verificarne l'efficienza e l'efficacia. Nei paragrafi successivi si definiscono i test di campo proposti da effettuare in sito.

Nel caso in cui gli esiti dei test di campo siano positivi si potrà utilizzare questa tecnologia mediante l'iniezione in continuo nel terreno insaturo dell'acqua emunta e depurata dal sistema di Pump&Treat; inoltre, secondo cicli la cui frequenza sarà predefinita, l'acqua di reimmissione sarà additivata con sostanze in grado di desorbire la contaminazione presente nel terreno, così come accennato in precedenza.

Nello specifico, parte dell'acqua estratta dai pozzi barriera posti in area Effrazione e depurata dall'impianto di trattamento e pronta per la reimmissione in falda sarà utilizzata per effettuare il *lavaggio* della parte insatura e saturo del sottosuolo (Soil Flushing).

Ciclicamente, l'acqua sarà arricchita con dei surfactanti; l'aggiunta di surfactanti favorirà la biodegradazione e la mobilità del contaminante; i surfactanti provocano una "mobilizzazione" degli inquinanti adsorbiti al terreno favorendone l'asportazione, inoltre questi contaminanti risulteranno anche più biodisponibili per i processi biologici operati dalle colonie batteriche naturalmente presenti in sito, permettendo di accelerare il processo di degradazione con riduzione dei tempi di bonifica. L'iniezione dell'acqua permetterà di agire direttamente sulla contaminazione della porzione insatura e saturo del sottosuolo grazie all'azione di



dilavamento indotta dal flusso dell'acqua che per gravità raggiungerà il pelo libero dell'acque di falda. La contaminazione veicolata in falda sarà recuperata grazie alla presenza della barriera idraulica e all'azione dell'emungimento indotto dai pozzi già presenti in area effrazione: PZ2, PZ4 e PZ6.

L'oscillazione del livello di falda che caratterizza l'area al variare dei periodi stagionali permetterà di intervenire su tutti i livelli contaminati che ciclicamente si trovano nella zona insatura e satura del sottosuolo.

L'acqua e/o le miscele saranno iniettate a bassa pressione in apposite trincee.

Modalità di iniezione, durata e portate saranno definite a seguito della realizzazione del test pilota che fornirà tutti i dati necessari per il corretto dimensionamento dell'opera del progetto Fase II.

### **7.3.4 Test pilota Soil Flushing**

Per la verifica della applicabilità della tecnologia di SF e per dimensionare adeguatamente l'impianto, nonché per individuare la portata d'acqua da reimmettere sarà realizzato un test pilota di campo che è nel seguito descritto.

Si prevede di realizzare una trincea pilota orizzontale di immissione della lunghezza di 5 metri e posta alla profondità di – 2 m da p.c.; la trincea avrà un diametro interno di circa 100 mm (4") e sarà realizzata in HDPE corrugato con micro fessure di 0,5 – 1,0 mm disposte su tutta la sezione del tubo. La tubazione sarà circondata da un dreno costituito da ghiaietto siliceo > 1,0 mm e < di 10,0 mm; infine, lo scavo della trincea sarà colmato con materiale granulare fino alla quota di – 1,0 da p.c. mentre la restante parte con terreno agrario.

La trincea pilota sarà collegata in superficie con una tubazione verticale in polietilene del diametro interno di 50 mm; sulla tubazione troverà posto una valvola di non ritorno, una valvola a saracinesca per la regolazione della portata, un contalitri meccanico, una valvola a sfera ed un manometro.

Nell'intorno della trincea pilota saranno realizzati dei punti di monitoraggio per la verifica della distribuzione del flusso d'acqua immesso nel terreno in modo da determinare con precisione e a differenti portate il raggio di influenza della trincea. I punti di monitoraggio saranno costituiti da tubazioni in pvc del diametro di 2" che raggiungeranno la profondità di – 5,0 m da p.c. e saranno realizzati mediante l'esecuzione di carotaggi continui che successivamente saranno così allestiti: il tratto di tubo fenestrato andrà da – 1,5 a – 5,0 m da p.c. il restante tratto di tubo sarà cieco, nell'intorno del tratto microfessurato troverà posto un dreno costituito da ghiaietto siliceo calibrato. I punti di monitoraggio saranno posizionati a distanze progressivamente maggiori dalla trincea ed ubicati così come riportato in Tavola 9A.

Sarà inoltre realizzato un piezometro di monitoraggio per la verifica dell'effetto indotto dal SF sulle acque di falda; il piezometro sarà denominato PZSF1, avrà diametro di 4" e raggiungerà la profondità di 11 m da p.c.; il tratto cieco sarà compreso tra 0 – 2,0 m da p.c. e il restante da – 2,0 a – 11,00 m da p.c. sarà microfessurato. Mediante il continuo monitoraggio chimico-fisico delle acque di falda durante lo svolgimento del test pilota sarà possibile verificare l'efficacia ed efficienza del SF.

Al fine di ottimizzare le scelte in funzione di dati più aggiornati e circoscritti all'area di



intervento in funzione dell'esito delle indagini integrative di dettaglio da realizzarsi presso il sito, la procedura per la realizzazione dei test di campo e l'ubicazione del campo prova potrà essere rivista, integrata e/o modificata.

#### Modalità e criteri d'esecuzione del test pilota per il Soil Flushing

I test di SF saranno realizzati utilizzando l'acqua proveniente dall'impianto di depurazione del P&T presente presso l'area monte risorgive oppure, se già attivo, dall'impianto di reimmissione situato presso l'area effrazione. In ogni caso l'acqua utilizzata rispetterà le CSC di riferimento indicate dalla tabella 2 Allegato 5, Parte Quarta, Titolo V del Dlgs. 152/06.

#### Prova a gradini con portata costante

Per la verifica del raggio di influenza della trincea pilota si realizzeranno preliminarmente n.3 gradini di portata costante di iniezione d'acqua. Le portate preliminari individuate (portate che potranno essere soggette a variazioni in corso d'opera in funzione delle risposte che si otterranno alle varie iniezioni) sono: 3,0 – 5,0 – 7,0 m<sup>3</sup>/h.

All'interno del piezometro PZSF1 sarà installato un datalogger per la misurazione in continuo del livello di falda, un altro datalogger sarà installato nel piezometro PZ16 per effettuare i rilievi del livello di falda in condizioni indisturbate (assenza di influenze indotte dal SF) e per la verifica della variazione naturale del livello di falda per i successivi confronti.

Il test inizierà con l'immissione d'acqua in trincea alla portata costante individuata del primo gradino a 3,0 m<sup>3</sup>/h e proseguirà per almeno 24 ore consecutive per dare modo al sistema di stabilizzarsi ed equilibrarsi.

Passate le 24 ore dall'inizio dell'immissione d'acqua si procederà con la verifica dei livelli d'acqua presenti all'interno dei punti di monitoraggio SF1÷SF6.

Nell'arco della giornata lavorativa e con cadenza oraria si procederà alla lettura del livello di soggiacenza dell'acqua da ogni punto di monitoraggio. Il giorno successivo si procederà ad effettuare il secondo gradino di portata costante a 5,0 m<sup>3</sup>/h (tra un gradino e l'altro non sarà interrotta l'immissione d'acqua) e contestualmente alla variazione della portata si verificheranno i livelli d'acqua nei punti di monitoraggio e piezometro, le letture proseguiranno ogni ora per almeno 8 ore. Il giorno successivo si incrementerà la portata a 7 m<sup>3</sup>/h ripetendo le misurazioni nei punti di monitoraggio. In funzione dell'esito delle prove effettuate con i vari gradini di portata costante potrà essere valutata la realizzazione di ulteriori gradini a portata maggiore e/o testare la massima portata d'acqua che la trincea può ricevere in relazione agli effetti indotti nei punti di monitoraggio.

Dalla lettura della soggiacenza dell'acqua all'interno dei punti di monitoraggio posti a differenti distanze dalla trincea potrà essere determinato, a date portate, il raggio di influenza della trincea stessa. I dati ottenuti saranno quindi utilizzati per il dimensionamento dell'impianto di SF, per definire il numero di trincee da realizzare, per individuare le portate d'acqua da iniettare e per definire le sequenze di cicli di iniezione.

Una volta individuata la miglior portata di immissione in relazione al raggio di influenza ottenuto e alla portata di infiltrazione della trincea si realizzerà un test di lunga durata.

### Prova di lunga durata

Il test di lunga durata avrà lo scopo di fornire informazioni sugli aspetti derivanti dall'immissione d'acqua in trincea e monitorare gli effetti indotti sulla qualità delle acque di falda per un dato periodo di tempo; questo test durerà almeno 30 gg.

Durante l'effettuazione del test si procederà con l'immettere acqua H24 nella trincea alla portata individuata; con cadenza giornaliera per la prima settimana e successivamente con cadenza settimanale, si verificheranno i livelli d'acqua all'interno dei punti di monitoraggio SF1÷SF6 e i livelli di soggiacenza della falda nei piezometri PZSF1, PZ2 e PZ16 (i piezometri PZSF e PZ16 saranno dotati di datalogger per la registrazione in continuo del livello di falda).

Preliminarmente all'avvio della prova di lunga durata saranno prelevati dei campioni di acqua quale *base line* dal PZ2 e dal PZSF1, campioni che saranno sottoposti alla determinazione analitica dei seguenti parametri: Idrocarburi totali come n-esano, BTEX e MtBE.

Successivamente all'avvio del test si procederà al prelievo ed analisi di un campione d'acqua dai succitati piezometri con cadenza settimanale (1° campione a distanza di una settimana dall'avvio del test, 2° campione a distanza di 2 settimane d'avvio del test e così via) per un totale di 4 settimane.

Oltre al prelievo ed analisi dei campioni, alle misure di soggiacenza della falda e dell'acqua all'interno dei punti di monitoraggio si controlleranno e registreranno con cadenza giornaliera, per la prima settimana e settimanale per quelle successive, i parametri di processo relativi all'iniezione d'acqua, quali: portata di immissione e pressione di immissione registrata in testa alla trincea mediante l'apposito manometro.

### **7.3.5 Test pilota di SF con iniezione surfactanti**

Per velocizzare i processi di trattamenti della contaminazione presente in fase adsorbita al suolo insaturo/saturo, si propone l'iniezione ciclica di surfactanti nel sottosuolo associata alla reimmissione d'acqua tramite SF.

La tecnologia in esame si avvale di svariate tipologie di surfactanti reperibili sul mercato, con formulazioni specifiche per il trattamento selettivo dei diversi composti petroliferi. Il tipo di surfactanti proposto nel presente progetto di bonifica non presenta alcun elemento di tossicità per l'ambiente e per l'uomo, è completamente biodegradabile, non genera sottoprodotti e non persiste nell'ambiente dopo l'applicazione.

La tecnologia proposta, è già stata utilizzata con successo in vari siti contaminati in Italia nel Nord America ed in Europa ed è in grado di incrementare il recupero di contaminanti rispetto alla sola azione indotta da un generico impianto di pompaggio di acqua dal sottosuolo. Infatti, il 95% dei contaminanti organici, inclusi benzine e gasoli, si presentano nel sottosuolo insaturo e/o saturo in forma assorbita/adsorbita al terreno, con conseguente ridotta mobilità e bassa solubilità in acqua. Tale fenomeno costituisce il principale fattore limitante all'efficacia delle tecnologie di trattamento in-situ, ivi compreso il Pump&Treat.

La particolare formulazione dei surfactanti favorisce i processi di desorbimento dei composti inquinanti, aumentandone significativamente la mobilità ed incrementando la "disponibilità" degli stessi ad essere recuperati dai sistemi di pompaggio presenti.

La finalità ultima dei surfactanti è quella di favorire il desorbimento dei contaminati dalla matrice suolo, rendendoli più “*idraulicamente disponibili*” per l’estrazione dal sottosuolo mediante pompaggio, più “*biologicamente disponibili*” per la biodegradazione da parte dei batteri e più “*chimicamente disponibili*” per eventuali trattamenti ossidativi.

Quando gli inquinanti sono presenti sia in fase disciolta in falda che in fase adsorbita al suolo saturo, la sola azione di pompaggio e trattamento delle acque non è efficace sulla frazione aggregata alla superficie dei grani di terreno, a causa delle caratteristiche idrofobiche dei composti idrocarburici, che ne riducono la solubilità in acqua.

Con l’iniezione di surfactanti, che sono costituiti da un gruppo idrofobico e da uno idrofilico, si verificano le reazioni di seguito descritte:

- la parte idrofoba del surfactante instaura un legame molecolare con i contaminanti adsorbiti al suolo, contemporaneamente, la parte idrofilica viene attratta dalle molecole dell’acqua sotterranea;
- tali forze opposte tendono ad allontanare i contaminanti dalla matrice suolo per trasferirli alla fase liquida;
- una volta sospesi in acqua, gli inquinanti risultano più “*idraulicamente disponibili*” per l’estrazione dal sottosuolo mediante pompaggio e più “*biologicamente disponibili*” per la biodegradazione;
- la tensione superficiale dell’acqua si abbassa da  $72 \times 10^{-5}$  N/M a meno di  $30 \times 10^{-5}$  N/M, incrementando la permeabilità all’acqua dei suoli.

L’azione combinata di surfactanti e Pump&Treat massimizza l’azione di mobilizzazione e recupero della contaminazione dal suolo saturo e dalle acque sotterranee.

A livello progettuale è stato individuato il prodotto denominato Ivey-sol<sup>®</sup> ed in particolare sono state scelte due formulazioni specifiche da applicare al caso in oggetto:

- Ivey-sol<sup>®</sup> 103;
- Ivey-sol<sup>®</sup> 106.

In Allegato B sono riportate le schede di sicurezza dei due prodotti. I due prodotti agiscono in modo differenziato in funzione del prodotto idrocarburico sul quale agire, uno è specifico per il trattamento della contaminazione originata da benzine (103) mentre l’altro per contaminazioni dovute a gasolio (106).

#### Modalità d’esecuzione del test pilota

Il test pilota per l’utilizzo dei surfactanti sarà effettuato al termine del test pilota di lunga durata del SF e descritto nei paragrafi precedenti. Terminato il test di lunga durata la reimmissione d’acqua in trincea proseguirà senza interruzione simulando quindi l’eventuale funzionamento a full scale dell’impianto di SF. In prossimità della trincea si preparerà una miscela di acqua e surfactanti all’interno di un serbatoio della capienza di ~5.000 litri (o più bulk da 1.000 litri), la miscela sarà costituita per 1:25 (4,0 %) di surfactante ed il resto di acqua. Come surfactante sarà utilizzato un *blend* di surfactanti costituito dal 50% di Ivey-sol<sup>®</sup> 103 ed il restante 50% di Ivey-sol<sup>®</sup> 106. Saranno necessari quindi 100 litri di Ivey-sol<sup>®</sup> 103 e 100 litri di Ivey-sol<sup>®</sup> 106 da diluire in ~5000 litri d’acqua. Una volta miscelati correttamente e a miscela pronta si procederà ad iniettarla mediante apposita pompa attraverso la tubazione di mandata dell’acqua di iniezione in trincea. Durante l’iniezione della miscela sarà sospesa l’iniezione di altra acqua.

L'iniezione avverrà alla portata limitata di 2 – 3 m<sup>3</sup>/h. Al termine dell'iniezione di tutta la miscela (~5.000 litri) si riattiverà l'iniezione di sola acqua.

Successivamente all'iniezione della miscela di surfactanti si procederà alla verifica diretta dell'arrivo della miscela in falda ed in particolare presso i piezometri/pozzi di monitoraggio (PZSF1 e PZ2) si preleverà un campione d'acqua con le seguenti cadenze: 4 ore, 8 ore, 24 ore e 48. Questi campioni serviranno per valutare in tempo reale lo stato della tensione superficiale dell'acqua mediante analisi visiva diretta; infatti in condizioni normali una goccia d'acqua posizionata su un vetrino (tipo quello da microscopio) mostrerà la formazione di un menisco convesso, mentre a seguito dell'iniezione dei surfactanti l'acqua diminuirà la propria tensione superficiale mostrando, se disposta sul vetrino, l'assenza di qualsiasi convessità, la goccia d'acqua diventa piatta. Questa semplice prova di campo indicherà in modo immediato la presenza del surfactante nell'acqua di falda monitorata.

Una volta accertata, mediante le verifiche speditive di campo sopra descritte, l'arrivo del surfactante nei piezometri di monitoraggio, si provvederà ad effettuare il consueto rilievo dei fluidi ed il campionamento delle acque sotterranee (in assenza di prodotto libero in galleggiamento) dai pozzi/piezometri PZSF1 e PZ2 da sottoporre ad analisi chimica per la determinazione di: Idrocarburi totali come n-esano, BTEX e MtBE.

Il test proseguirà con l'iniezione di sola acqua per una durata complessiva di 15 gg consecutivi, dove con cadenza settimanale saranno prelevati i campioni d'acqua sotterranea sempre dai piezometri/pozzi PZSF1 e PZ2.

Terminato il test e quindi sospesa l'iniezione d'acqua, si procederà con cadenza settimanale e per le 4 settimane successive, al prelievo di campioni d'acqua sempre da PZSF1 e PZ2 su cui ricercare: Idrocarburi totali come n-esano, BTEX e MtBE.

Frequenze di campionamento, parametri da ricercare e modalità di campionamento potranno essere modificate in funzione delle evidenze di campo ed in base agli esiti dei monitoraggi.

Dalla successiva analisi dei dati si potrà definire l'efficacia ed efficienza dell'utilizzo di surfactanti in abbinamento con il SF ed eventualmente definire e/o stimare il numero di cicli di iniezioni da attuare ed utili al raggiungimento degli obiettivi di bonifica.

### **7.3.6 Bioventing**

Alcune aree con CRS>CSR non saranno oggetto di intervento mediante SF, perché non risulta possibile ampliare oltre quanto già previsto l'eventuale area interessata dalla posa delle trincee di immissione; inoltre, le tempistiche di intervento sarebbero eccessivamente lunghe in considerazione dei volumi di terreno da trattare in rapporto ai volumi d'acqua da reimmettere. Per questo motivo in alcune aree ben definite si interverrà con la tecnologia di bonifica mediante Bioventing (BV).

Si è preferito prediligere la tecnologia del BV in luogo del Soil Vapour Extration (SVE) in quanto, oltre alle favorevoli caratteristiche della contaminazione residua e alle condizioni litologiche locali che ne permettono in pieno la sua applicazione, il BV è una tecnologia molto più sostenibile rispetto allo SVE; infatti l'applicazione del BV permetterà di evitare l'utilizzo dei carboni attivi per il trattamento dei vapori che caratterizzano lo SVE e la formazione di acque di condensa, con conseguente assenza di produzione di rifiuti, loro trasporto e smaltimento e trasporto di nuova materia prima (carboni attivi) con evidenti vantaggi ambientali.

L'areale di contaminazione che sarà oggetto di bonifica è quello individuato dai poligoni di Thyssen relativi ai punti BH3 e BH4 riportati in Tavola 04; la superficie complessiva è di **172 m<sup>2</sup>** (77 m<sup>2</sup> per il BH3 e 95 m<sup>2</sup> per il BH4), mentre il volume potenzialmente interessato dalla contaminazione è di **~80 m<sup>3</sup>** per l'areale del BH3 e di **~150 m<sup>3</sup>** per quello di BH4 (si considerino i deversi spessori di terreno contaminato in relazione ai diversi punti indagati).

In considerazione delle caratteristiche chimico – fisiche dei contaminanti rinvenuti nei due areali sopracitati poste in relazione alla litologia locale, si ritiene che un intervento mediante BV possa permettere il raggiungimento degli obiettivi di bonifica.

L'immissione d'aria del terreno determinerà un rapido incremento della concentrazione di ossigeno portandolo, nell'intorno della lancia, a valori prossimi a quelli di saturazione (20,9 %) rendendo l'ambiente favorevole alla biodegradazione degli idrocarburi. Poiché ci troviamo in un sito contraddistinto da un sottosuolo che ha una litologia molto grossolana (ghiaia in matrice sabbiosa) la permeabilità all'aria del terreno risulta essere molto elevata, pertanto, il raggio di influenza (ROI) che rappresenta la distanza massima dalla lancia di immissione in cui si riesce ad indurre una concentrazione in volume dell'ossigeno non inferiore al 5% può essere stimata nel nostro caso superiore agli 8 – 10 metri: più che sufficiente per il trattamento del terreno degli areali in oggetto.

Poiché i punti in oggetto (BH3 e BH4) determinano degli areali di limitata estensione si ritiene che n.4 punti di iniezione siano sufficienti per traguardare il raggiungimento degli obiettivi di bonifica. In ogni caso preliminarmente l'esecuzione della bonifica *fullscale* sarà predisposto un test pilota di campo per verificare nel dettaglio il raggio d'influenza, le portate d'aria da iniettare e la biodegradabilità dei contaminanti. Si rimanda al paragrafo successivo per tutti i dettagli del caso.

Terminati i test pilota di BV ed i relativi test respirometrici potrà essere dimensionato correttamente l'impianto definitivo di bonifica e definite le tempistiche di bonifica.

Al fine di ottimizzare le scelte in funzione di dati più aggiornati e circoscritti all'area di intervento in funzione dell'esito delle indagini integrative di dettaglio da realizzarsi presso il sito, la procedura per la realizzazione dei test di campo e l'ubicazione del campo prova potrà essere rivista, integrata e/o modificata.

### 7.3.7 Test pilota Bioventing

Sebbene la tecnologia di bonifica individuata sia ormai assodata e di uso comune nel campo della bonifica del sottosuolo insaturo, per poter calibrare al meglio l'intervento e renderlo più efficace si rende necessario predisporre un test pilota di campo.

Il test pilota di campo sarà realizzato nell'area Effrazione in corrispondenza del punto BH4, punto che presentava i valori massimi di concentrazioni di idrocarburi C>12 e C<12 pari rispettivamente a 1.690 mg/kg e 117 mg/kg e 2,5 mg/kg quale sommatoria degli organici aromatici. Le analisi di speciazione hanno mostrato la distribuzione delle classi delle catene idrocarburiche riportate in tabella 7.5.

**TABELLA 7.5. ANALISI DI SPECIAZIONE**

CAMPIONE	ALIFATICI C5-C8	ALIFATICI C9-C12	ALIFATICI C13-C18	ALIFATICI C19-C36	AROMATICI C9-C10	AROMATICI C11-C12	AROMATICI C13-C22
BH4 (3,5-4,5 m)	1,3	13,7	850	830	100	10	<1
BH3 (2-3 m)	1	6	385	640	37	5	<1

La speciazione mostra la presenza di catene idrocarburiche facilmente biodegradabili dall'azione dei batteri aerobici; anche la catena C19 – C36, generalmente la più ostica ad essere biodegradata, potrà essere, almeno in parte, trattata se saranno fornite le giuste condizioni al contorno (corrette concentrazioni di ossigeno che favoriscano la crescita delle colonie batteriche idonee all'abbattimento della sopracitata catena).

In considerazione delle concentrazioni rilevate nei punti in oggetto e degli obiettivi di bonifica individuati, in tabella 7.6 si riportano le percentuali di abbattimento della contaminazione relativa al parametro C>12 per raggiungerne la conformità.

**TABELLA 7.6. PERCENTUALI DI ABBATTIMENTO CONTAMINAZIONE PER OTTENERE IL RAGGIUNGIMENTO DEGLI OBIETTIVI DI BONIFICA**

PUNTO	C>12 INIZIALE MG/KG	CSR MG/KG	PERCENTUALE DI ABBATTIMENTO NECESSARIA
BH3 (2-3 m)	1.030	936,91	~ 9 %
BH4 (3,5-4,5 m)	1.690		~ 45 %

La litologia locale è estremamente favorevole all'applicazione della tecnologia di bonifica presa in esame in quanto la ghiaia in matrice sabbiosa che costituisce il materiale da trattare è estremamente permeabile all'aria garantendo un raggio di influenza significativo e la diffusione dell'aria in modo uniforme all'interno del mezzo.



### 7.3.8 *Campo test pilota BV*

Il campo prova per l'esecuzione del test pilota sorgerà nell'intorno dei punti BH4 e BH3. In particolare in perfetta corrispondenza del punto di indagine BH4 si realizzerà la lancia di immissione dell'aria che sarà denominata BV1; la lancia sarà realizzata mediante l'esecuzione di un carotaggio continuo che raggiungerà la profondità di – 5,0 m rispetto al p.c., il foro sarà poi allestito con una tubazione in pvc del diametro di 4" di cui il primo metro sarà costituito da un tratto cieco di tubazione mentre i restanti 4 metri da una tubazione microfessurata (con dimensione delle fessure pari a circa 0,2 mm). Attorno alla tubazione microfessurata sarà realizzato un dreno in ghiaietto siliceo di ~5,0 mm di diametro, mentre l'intorno del primo metro di tubazione cieca sarà sigillato con una miscela di cemento e bentonite. La tubazione fuoriuscirà dal terreno (e quindi dal piano campagna locale) di 0,5 metri. La testa della lancia sarà attrezzata con un'apposita flangia in pvc o abs dotata o-ring per garantire la tenuta all'aria e dotata di apposita filettatura per l'innesto della tubazione di mandata dell'aria.

Oltre alla lancia di immissione saranno realizzati dei punti di monitoraggio che serviranno per la verifica del funzionamento del BV, per il calcolo del ROI (raggio di influenza) e per l'esecuzione di test respirometrici. Saranno pertanto realizzati n.4 punti di monitoraggio disposti a distanze progressivamente più elevate nell'intorno della lancia BV1, in particolare saranno ubicati all'interno dei Thyssen individuati dal BH4 e BH3. I punti di monitoraggio saranno ubicati come riportato in Tavola 9B: il punto M1 sarà posto a 3 metri dalla lancia BV1, il punto M2 sarà ubicato a 6,0 metri dal BV1, il punto M3 sarà posto a 9,0 metri da BV1 ed infine il punto M4 sarà situato a 12 m da BV1.

Sarà inoltre realizzato un quinto punto di monitoraggio (denominato M-Umidità ed ubicato come riportato in Tavola 9B) per il monitoraggio della variazione dell'umidità del terreno. Una volta realizzata una perforazione a carotaggio continuo che raggiunga la profondità di – 3 m da p.c. si installeranno n.2 sensori elettrici di tipo capacitivo per la determinazione del valore di umidità del terreno, uno sarà installato alla profondità di – 3,0 m e l'altro a – 1,5 m da p.c. I sensori saranno dotati di cavo interrabile che li colleghi alla superficie ed ai quali sarà collegato lo strumento portatile di lettura; i terminali dei cavi saranno ospitati all'interno di un pozzetto fuori terra. Una volta installato il primo sensore si procederà al riempimento del foro avendo cura di riutilizzare il terreno estratto durante il carotaggio rispettandone il profilo stratigrafico. La verifica ed il monitoraggio di eventuali variazioni dell'umidità del terreno durante l'areazione con tramite il BV è di fondamentale importanza, in quanto il giusto contenuto d'acqua nel terreno è una delle condizioni necessarie ed essenziali per garantire l'attivazione e l'efficacia dei processi di biodegradazione.

In linea generale ogni punto di monitoraggio M1÷M4 sarà costituito da una tubazione in PVC del diametro massimo di 2,5 cm (1") e sarà dotato di un tratto di tubo micro fessurato posto in corrispondenza della porzione insatura del sottosuolo posto alla profondità compresa tra – 3 e – 4 m da p.c. Ogni pozzo di monitoraggio sarà dotato in superficie di apposito connettore per il collegamento delle strumentazioni di campo.

I punti di monitoraggio M1÷M4 saranno dotati in fase di installazione di una termocoppia fissata in corrispondenza dei – 3 m da p.c.; la termocoppia (per punto di monitoraggio) sarà mantenuta alla distanza di almeno 5 cm dal tubo in pvc mediante l'utilizzo di un distanziatore. Il foro di perforazione una volta allestito con la tubazione in pvc sarà colmato con ghiaia fine calibrata fino a – 1 metro da p.c. mentre la parte sommitale sarà colmata con



miscela di cemento e bentonite.

Durante la realizzazione dei sondaggi a carotaggio continuo da realizzarsi per l'esecuzione di BV1, M1, M2, M3 e M4, si preleveranno dei campioni di terreno ad ogni metro di avanzamento (ad esclusione del primo metro) quindi un totale di n.3 a punto di perforazione. Sui campioni prelevati saranno ricercati i seguenti parametri:

- C>12
- C<12;
- BTEX;
- MtBE;
- Speciazione MADEP;
- Conta batterica totale;
- pH;
- umidità;
- rapporto C:N:K.

Le determinazioni analitiche permetteranno di definire una nuova *baseline* di partenza nonché delimitare con maggior precisione l'estensione e distribuzione della contaminazione e quindi eventualmente ridefinire nel dettaglio la progettazione dell'intervento di BV *fullscale*.

### **7.3.9 Attrezzatura da utilizzarsi per il test pilota**

Per la realizzazione del test pilota si utilizzerà una soffiante a canale laterale in grado di generare da 10 a 50 m<sup>3</sup>/h d'aria alla pressione, misurata alla bocca di mandata, di 150 – 220 mbar. Al fine di poter regolare le portate di immissione si doterà la soffiante di un quadro elettrico dotato di inverter in grado di modificare il numero dei giri del motore elettrico e conseguentemente portata e pressione. La soffiante sarà collegata alla testa pozzo della lancia BV1 mediante apposita tubazione di diametro identico alla bocca di mandata. Al fine di limitare le perdite di carico la distanza soffiante-testa pozzo dovrà essere inferiore ai 5 metri e la tubazione non dovrà presentare curve e/o strozzature. Sulla tubazione di mandata sarà apposto un flussimetro con campo di misura 10 – 60 m<sup>3</sup>/h, un manometro con campo di misura 0 – 500 mbar ed una termocoppia per la registrazione della temperatura dell'aria. La soffiante individuata per l'esecuzione del test di campo dovrà garantire che le temperature dell'aria di immissione non superino alla bocca di mandata i 35 °C; in caso contrario, ed in funzione del periodo dell'anno in cui sarà effettuato il test (l'incremento della temperatura dell'aria dovuta al lavoro della soffiante è anche funzione della temperatura dell'aria ambientale), dovrà essere valutato l'utilizzo di un sistema di idoneo raffreddamento della temperatura dell'aria in uscita alla soffiante.

Sulla testa pozzo situata sulla lancia di immissione BV1 troverà posto un manometro per la misurazione della pressione con campo di misura 0 – 250 mbar.

Ogni punto di monitoraggio M1÷M4 sarà dotato sulla testa pozzo di un punto di presa ad innesto rapido al fine di poter inserire le tubazioni, generalmente in rilsan/teflon, della strumentazione di monitoraggio: manometro digitale, PID, gas analyser ecc. I parametri che dovranno essere determinati durante il test pilota sono quelli riportati in tabella 7.7.

**TABELLA 7.7. PARAMETRI DA DETERMINARE**

PARAMETRO	U.M.
Temperatura dell'aria	°C
Pressione dell'aria	mbar
VOC (composti organici volatili)	ppm
Ossigeno	% in volume
anidride carbonica	% in volume
metano	% in volume

### **7.3.10 Esecuzione del test pilota**

Ai fini della valutazione del ROI e del tasso di consumo di ossigeno saranno eseguiti una serie di test. Preliminarmente l'esecuzione di qualsiasi test sarà effettuato un monitoraggio di *baseline* da tutti i punti M1÷M4 e BV1 mediante l'acquisizione dei parametri riportati in tabella 7.7.

Successivamente si realizzeranno delle prove a gradini di portata costante, la portata da utilizzarsi per i tre gradini sarà 15 m<sup>3</sup>/h, 30 m<sup>3</sup>/h e 50 m<sup>3</sup>/h. Durante la realizzazione di ogni gradino saranno misurati tutti i parametri sopra riportati. Ogni gradino avrà una durata di almeno 2 ore. Terminata la prova si continuerà ad immettere aria fino a che la concentrazione di ossigeno nei punti M1, M2 e M3 abbia raggiunto valori di saturazione (20,9 % in volume); nel caso tali valori fossero già stati raggiunti in precedenza si potrà interrompere l'immissione d'aria al termine della prova a gradini. Terminata la fase di immissione d'aria si procederà con la realizzazione del test respirometrico da ogni punto di monitoraggio e da BV1.

Individuata la portata d'aria ottimale al fine di ottenere un ROI compreso tra 8 – 10 metri si procederà ad eseguire una prova di lunga durata. La prova consisterà nell'immettere aria alla portata individuata per una settimana continuativa all'interno della quale saranno tenuti sotto controllo, con cadenza giornaliera, i parametri di tabella 7.7 e l'umidità del sensore di M-umidità. Conclusa la prova si effettuerà un test respirometrico.

L'analisi dei dati definirà l'effettivo ROI ottenuto in funzione della portata utilizzata, l'andamento della variazione delle concentrazioni dei parametri di riferimento e valutare la portata ottimale per raggiungere il migliore rapporto costi/benefici. I test respirometrici definiranno invece il tasso di biodegradazione e quindi determineranno la stima dei tempi della bonifica.

Gli esiti del test pilota effettuato presso l'area effrazione saranno utilizzati anche per il dimensionamento dell'impianto di BV da realizzarsi presso l'area Monte Risorgive zona PZ7 e PZ14 e per l'area del PZ24 dell'area bosco risorgive.

### 7.3.11 Esecuzione test respirometrico

Il test respirometrico servirà per la determinazione del tasso di consumo di ossigeno esercitato dall'attività aerobica di degradazione dei batteri presenti nel terreno.

Operativamente la prova respirometrica, come descritta nel manuale *“Procedures for Conducting Bioventing pilot test and long-term Monitoring of Bioventing System”* US Air Force, maggio 2004, si svolgerà come segue:

- misura delle concentrazioni iniziali di ossigeno e anidride carbonica nei punti di monitoraggio prima dell'accensione dell'impianto;
- iniezione di aria atmosferica nelle lance d'immissione in modo da permettere, nell'arco di 12/24 ore di portare il livello di ossigenazione nel terreno insaturo a valori non inferiori a 15/16%;
- l'iniezione di aria sarà interrotta una volta raggiunta l'ossigenazione del sottosuolo (misurazione dell'ossigeno dai punti di monitoraggio), dopodiché si avvieranno le misure dei parametri respirometrici sui punti di monitoraggio. Queste misure saranno eseguite ad intervalli di tempo regolari molto ravvicinati, indicativamente ogni 20 – 30 minuti nelle prime ore, e via via più dilazionati nel tempo. Il test si considererà concluso una volta che la concentrazione dell'ossigeno sarà scesa al di sotto del 5 %.

Per i vari punti di monitoraggio interessati dal test respirometrico, saranno quindi valutati i tassi  $K_O$ , espressi in %/giorno, approssimando con una retta di regressione lineare l'andamento sperimentale iniziale.

Il processo naturale può essere visualizzato attraverso una reazione chimica semplificata, nella quale compaiono come prodotti solo anidride carbonica e acqua e in cui l'ossigeno risulta l'unico “accettore” elettronico. A seconda della tipologia di contaminati presenti si stima la quantità di ossigeno richiesta per ogni mole d'idrocarburo adsorbito al terreno attraverso l'equazione di bilancio relativa alla degradazione degli idrocarburi considerando, quale contaminante per il bilancio, quello che rappresenta un valore mediano nella miscela d'idrocarburi presenti nel terreno.

La stessa equazione può essere viceversa utilizzata per valutare la quantità di tale idrocarburo consumata nel terreno dal processo di biodegradazione sulla base dei risultati delle prove respirometriche. Calcolando successivamente il peso molecolare del composto utilizzato è possibile calcolare il rapporto di massa stechiometrico tra idrocarburo e ossigeno richiesto per la sua mineralizzazione.

Tale rapporto di massa, unito al tasso di utilizzo dell'ossigeno nel terreno  $k_O$ , permette di calcolare il tasso di biodegradazione ( $k_B$ ) delle sostanze contaminanti. Il tasso di biodegradazione, in termini di mg d'idrocarburo equivalente per kg di terreno al giorno, è stato stimato usando l'equazione seguente (EPA, Bioventing Principles and Practice, 1995 Manual):

$$-k_B = \frac{-\frac{k_O}{100} \theta_a \frac{1L}{1,000cm^3} \rho_{O_2} \cdot C}{\rho_a \left( \frac{1Kg}{1,000g} \right)} = \frac{-k_O \cdot \theta_a \cdot \rho_{O_2} \cdot C(0,01)}{\rho_a}$$

dove:

$k_B$  = tasso di biodegradazione (mg/Kg/giorno)

$k_O$  = tasso di utilizzo dell'ossigeno (%/giorno)

$\theta_a$  = volume dei pori occupato dai gas (contenuto volumetrico della fase vapore,  $\text{cm}^3$  di gas/ $\text{cm}^3$  di suolo)

$\rho_{O_2}$  = densità dell'ossigeno (mg/l)

$C$  = rapporto tra massa d'idrocarburi e ossigeno richiesto per la mineralizzazione (1:3,5)

$\rho_a$  = massa volumica apparente (g di suolo secco/ $\text{cm}^3$ )

Con tali dati è possibile effettuare una stima del tempo necessario per lo sviluppo completo dell'azione di bonifica, utilizzando la seguente formula:

$$T = \frac{\overline{C}_{iniz}}{k_B}$$

Dove:

$C$  = concentrazione media iniziale [mg/kg] degli idrocarburi petroliferi;

$k_b$  = tasso di consumo del contaminante [mg/(kg giorno)];

$T$  = tempo di bonifica [giorni].

## 8 PROGETTO DI BONIFICA AREA MONTE RISORGIVE

L'area definita "monte risorgive" dovrà essere sottoposta ad attività di bonifica per la matrice ambientale sottosuolo ed in particolare per il terreno insaturo profondo [poligoni di Thiessen sottesi da PZ7 e PZ14].

Per il raggiungimento degli obiettivi di bonifica sono stati individuati gli interventi indicati nella seguente tabella 8.1, ove vengono indicati anche i presidi di messa in sicurezza che rimarranno attivi.

**TABELLA 8.1. INTERVENTI DI BONIFICA / MISE PROPOSTI.**

MATRICE AMBIENTALE	TECNOLOGIA DI BONIFICA INDIVIDUATA
Sottosuolo (sorgente 2P insaturo profondo)	Bioventing
MATRICE AMBIENTALE	SISTEMA DI MISE
Acque sotterranee	P&T

Al fine di poter dimensionare correttamente gli interventi di bonifica, nonché confermare l'applicabilità delle tecnologie di bonifica individuate, preliminarmente a qualsiasi attività, sarà eseguita un'indagine di dettaglio per definire e circoscrivere l'estensione della contaminazione nella porzione insatura e satura delle aree sottese dai poligoni di Thyssen afferenti ai punti PZ7, PZ14 e PZ24, estremamente cautelative in termini di dimensione areale (rispettivamente ~900 m<sup>2</sup>, ~2.500 m<sup>2</sup> e 1.700 m<sup>2</sup>) e presentano al loro interno un solo punto di indagine. Medesima attività sarà svolta nell'intorno del PZ5, che ha evidenziato in marzo 2019 una singolarità rispetto al pregresso, con evidenze di prodotto.

In questo capitolo è stato ricompreso anche il Thyssen del PZ24, sebbene afferente all'area risorgive, per affinità di tecnologie di bonifica individuate e per la sua ubicazione che è al confine delle due aree (*monte risorgive e risorgive*).

Allo stato attuale gli ipotetici volumi di terreno contaminato (tenendo conto delle estensioni dei poligoni di Thyssen) sono riportati nella sottostante tabella; i quantitativi indicati sono in ogni caso suscettibili di variazioni in considerazione del fatto che la contaminazione è stata rinvenuta in frangia capillare al momento dell'effettuazione del campionamento, e che quindi l'oscillazione del livello di falda potrebbe determinare un incremento dello spessore di terreno contaminato.

Le indagini integrative previste ed illustrate nei successivi paragrafi dirimeranno la questione.

**Tabella 8.2. INTERVENTI DI BONIFICA PROPOSTI.**

Thyssen	Superficie (m <sup>2</sup> )	Spessore contaminazione (m)	Potenziale volume di terreno in posto contaminato (m <sup>3</sup> )
PZ7	900	1,0	900
PZ14	2.500	1,0	2.500
PZ24	1.700	1,0	1.700
<b>Totale</b>	<b>5.100</b>		<b>5.100</b>

Il volume di terreno contaminato complessivo, così come la superficie interessata, potrà essere aggiornato a seguito dell'esecuzione delle indagini integrative proposte al paragrafo successivo. Nei paragrafi successivi si riportano i dettagli per eseguire l'indagine sopracitata.

## 8.1 INDAGINE AMBIENTALE INTEGRATIVA DI DETTAGLIO

L'indagine integrativa di dettaglio sarà effettuata in parte con le stesse modalità descritte al paragrafo 7.1 e quindi mediante campagne di indagini mirate, con strumenti quali LIF e MIP, per la completa delimitazione del corpo di LNAPL, a vantaggio di una ottimizzazione dei tempi e costi di bonifica (previa verifica di applicabilità tecnica), ed in parte mediante la realizzazione di sondaggi a carotaggio continuo da attrezzare a piezometro/pozzo, ove fosse ritenuto necessario.

Le aree oggetto d'indagine sono quelle riportate in Tavola 10, la maglia di acquisizione preliminare sarà di 10x10 metri con l'ubicazione del punto di indagine posizionato, là dove possibile, nel centro della maglia. In corso d'opera potranno essere realizzati, se ritenuti necessari, ulteriori punti di indagine, ad infittimento della maglia proposta, in funzione dei risultati ottenuti e della distribuzione della contaminazione individuata. In alcuni luoghi la realizzazione delle indagini di dettaglio sarà condizionata dalla morfologia locale che potrà impedirne la realizzazione stessa (intorno del PZ24). In relazione a tale area di indagine, si valuterà la necessità di eseguire verifiche con il sistema LIF/MIP con un certo grado di inclinazione, con lo scopo di indagare l'area sulla scarpata del terrazzo.

Le macro aree di indagine sono n.5: valle effrazione, Thyssen PZ14, Thyssen PZ7, Thyssen PZ24 e zona PZ5.

Relativamente alla zona definita "valle effrazione" l'opportunità o meno di eseguire l'indagine integrativa sarà dettata dall'esito delle indagini realizzate presso la zona effrazione, descritte al paragrafo 7.1.

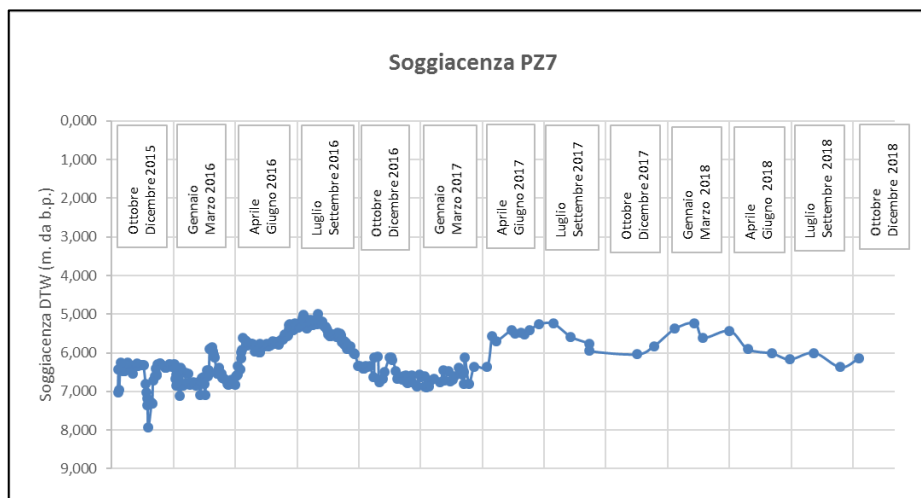
In alcuni punti potranno essere affiancate indagini dirette mediante la realizzazione di sondaggi a carotaggio continuo.

Al completamento dell'indagine sarà realizzata una serie di mappe di distribuzione della contaminazione a varie quote di profondità e relative sezioni verticali. In funzione della distribuzione dei contaminanti e della diffusione del prodotto libero, si potrà valutare la necessità di effettuare ulteriori indagini mediante carotaggi continui per il prelievo di campioni di terreno da sottoporre ad analisi chimica per la verifica della conformità alle CSR calcolate e per poter correttamente dimensionare l'intervento di bonifica e/o per ridefinire la migliore tecnologia da impiegare.

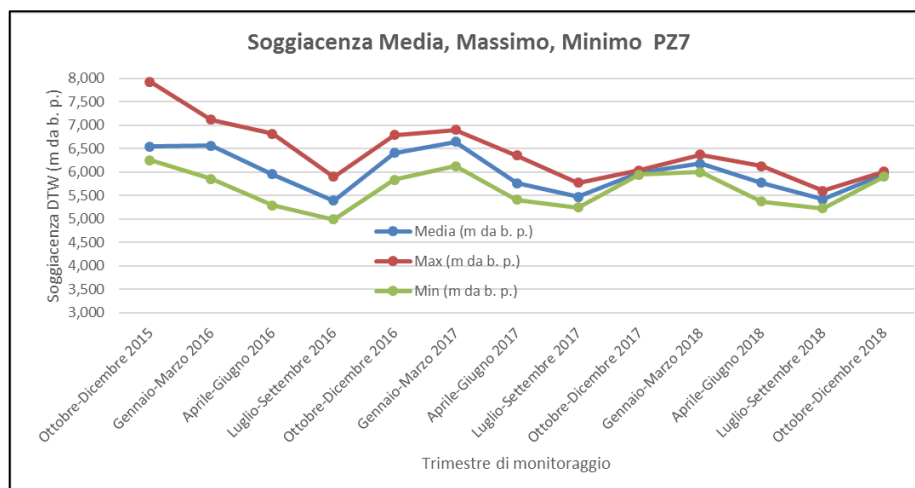
## 8.2 INTERVENTO DI BONIFICA SUOLO PROFONDO

A seguito dell'elaborazione dell'ADR ed all'individuazione delle CSR, due soli campioni di terreno mostrano il superamento delle CSR calcolate, i punti si riferiscono al PZ14 e al PZ7 e sono riportati in Tavola 11; si aggiunga inoltre il punto PZ24 relativo all'area risorgiva ma, come indicato in precedenza inserito nella zona monte risorgive. Gli areali individuati sono molto estesi a causa della mancanza di punti di indagine più ravvicinati, si consideri infatti che la contaminazione rilevata è confinata alla zona della frangia capillare o comunque alla parte più prossima alla falda: i campioni che presentano i superamenti delle CSR infatti sono il PZ7 (5,2 – 6,2 m), il PZ14 (5,0 – 6,0 m) ed il PZ24 (4,0 – 5,0 m), campioni posti in corrispondenza all'incirca della frangia capillare. La soggiacenza della falda nei piezometri in oggetto (PZ7 e PZ14) oscilla di alcuni metri e con andamento storico che è riportato nei seguenti grafici 7.5 e 7.7.

**GRAFICO 7.5 – ANDAMENTO DELLA SOGGIACENZA PZ7 – PERIODO OTTOBRE 2015 – DICEMBRE 2018.**

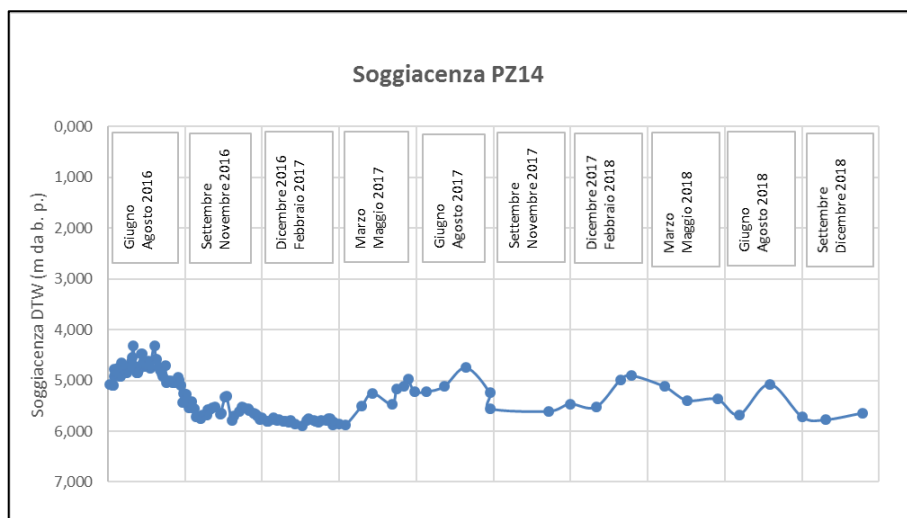


**GRAFICO 7.6 – ANDAMENTO MEDIO, MASSIMO E MINIMO PZ7 – PERIODO OTTOBRE 2015 – DICEMBRE 2018.**

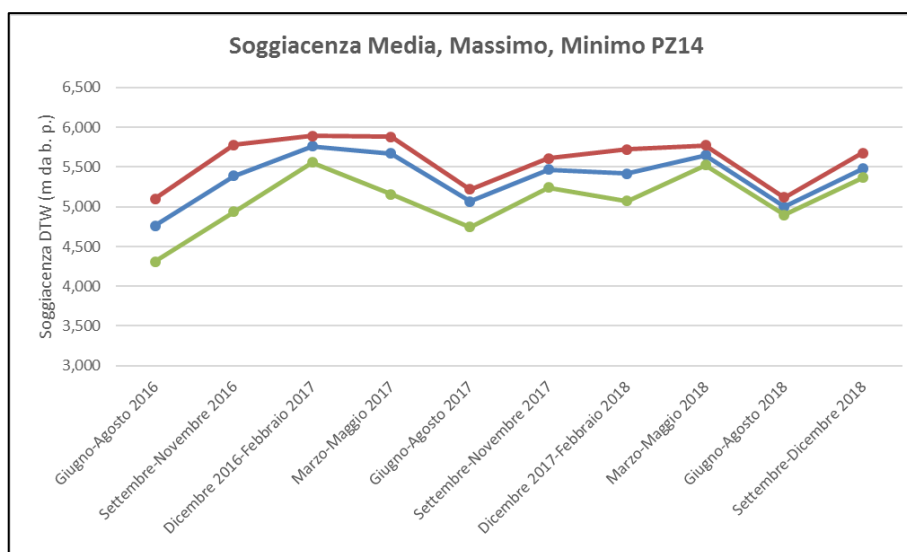




**GRAFICO 7.7 – ANDAMENTO DELLA SOGGIACENZA PZ14 – PERIODO OTTOBRE 2015 – DICEMBRE 2018.**



**GRAFICO 7.8 – ANDAMENTO MEDIO, MASSIMO E MINIMO PZ14 – PERIODO OTTOBRE 2015 – DICEMBRE 2018.**



Allo stato attuale per il raggiungimento degli obiettivi di bonifica la tecnologia individuata è il Bioventing, già selezionata per la bonifica degli areali della zona effrazione, si rimanda pertanto al paragrafo 7.2.4 per un approfondimento sulle considerazioni già espresse in merito.

Tuttavia solamente a seguito degli esiti delle indagini integrative di dettaglio che interesseranno le aree in oggetto potranno essere confermate e/o individuate definitivamente le tecnologie di bonifiche e dimensionate in modo corretto. Anche l'esito del test pilota di campo sul Bioventing che sarà effettuato presso l'area effrazione sarà dirimente sull'applicabilità della tecnologia proposta e permetterà di dimensionare in modo adeguato l'impianto di bonifica e le relative tempistiche di funzionamento.

### 8.3 INTERVENTO DI MISE PER LE ACQUE SOTTERRANEE

Relativamente alla matrice acque sotterranee si segnala che tutte le acque prelevate dai piezometri/pozzi presenti nell'area in oggetto sono risultate conformi da agosto 2017 a gennaio 2019, in Tabella 01 allegata si riporta l'andamento storico completo degli esiti delle varie campagne di monitoraggio.

Cautelativamente la barriera idraulica in oggetto sarà mantenuta in esercizio quale attività di MIS per tutta la durata della Fase I prevista dal presente elaborato progettuale.

Le indagini integrative proposte ed i monitoraggi chimici sulle acque sotterranee permetteranno di definire le modalità di prosecuzione.

I pozzi che resteranno attivi e che sono dotati di pompe pneumatiche risultano essere il PZ7, PZ8, PZ9, PZ10 e il PZ11.

Relativamente alla occasionale comparsa di prodotto libero registrata in marzo nel PZ5, cautelativamente si procederà alla riperforazione del piezometro PZ5, trasformandolo in un pozzo del diametro di 8", allestendolo quale pozzo *dual-pump*: la pompa pneumatica sarà infatti sostituita con idonea elettropompa sommersa e all'interno del pozzo sarà installato uno skimmer attivo pneumatico per il recupero selettivo del prodotto (l'installazione dello skimmer sarà valutata in funzione dell'effettiva presenza di prodotto libero a seguito delle verifiche dei rilievi fluidi realizzate nel periodo precedente la realizzazione dello stesso).

La portata di emungimento della pompa elettrosommersa nel PZ5 sarà fissata a 1,0 m<sup>3</sup>/h, sufficiente a formare un lieve cono di richiamo delle acque al fine di richiamare l'eventuale prodotto surnatante ed impedirne la migrazione.

Le acque emunte, a seguito dell'invio presso l'impianto di trattamento presente in sito, saranno scaricate in roggia oppure reimmesse in falda.

In base all'esito delle indagini integrative tramite LIF o MIP di cui al paragrafo 8.1., sarà valutata la necessità di realizzare n. 2 piezometri aggiuntivi, PZ25 e PZ26:

- il primo, PZ25, posto in interasse tra il PZ7 ed il PZ5;
- il secondo, PZ26, posizionato a valle idrogeologica rispetto al PZ5;

si consulti in merito la Tavola 10.

I piezometri PZ25 e PZ26, se del caso, saranno realizzati mediante perforazione a carotaggio continuo. A partire da - 4,0 metri da p.c. si procederà a prelevare un campione di terreno ad ogni metro di avanzamento, sino a raggiungere la profondità di 12,0 m da p.c.; successivamente i fori saranno attrezzati a piezometri con tubazione in PVC del diametro rispettivamente di 6" e 4".

## 9 PROGETTO DI BONIFICA AREA RISORGIVE

Come già anticipato nel Capitolo 8, l'area in esame dovrà essere sottoposta ad attività di bonifica per la sola matrice ambientale sottosuolo profondo, in corrispondenza dell'areale identificato dal punto di indagine denominato PZ24; inoltre, saranno attuate attività di rimozione delle evidenze (velo e/o spessori millimetrici) di prodotto in fase libera ritrovate in corrispondenza del piezometro PZ21 e presso la Sorgente Alta.

Per il raggiungimento degli obiettivi di bonifica sono stati individuati gli interventi indicati in tabella 9.1 e suddivisi in funzione delle matrici ambientali oggetto di bonifica.

**Tabella 9.1.** INTERVENTI DI BONIFICA PROPOSTI.

AREA DI INTERVENTO	TECNOLOGIA DI BONIFICA INDIVIDUATA/TECNOLOGIA PER RIMOZIONE PRODOTTO
Sottosuolo (sorgente 1P suolo profondo – PZ24)	Bioventing
Rimozione prodotto in PZ21/area Sorgente Alta	P&T, coadiuvato dall'azione di Fitorisamento

Nelle more dell'applicazione delle tecnologie indicate in Tabella 9.1, sarà mantenuto attivo il sistema SAMIS, quale attività di Messa in sicurezza (MIS).

### 9.1 INTERVENTO DI BONIFICA SUOLO PROFONDO MEDIANTE BIOVENTING

L'unico areale di contaminazione relativo al sottosuolo profondo è quello individuato dal punto PZ24 (Tavole 11A1 e 12B), con una contaminazione che può essere assimilata ad un hot spot, così come già definito nei casi analoghi relativi al PZ7, PZ14, BH4 e BH3.

Ai fini del raggiungimento degli obiettivi di bonifica è stato individuato il Bioventing quale tecnologia di bonifica, similmente agli hot spot identificati nella *Zona di Effrazione e Monte Risorgive*.

Sia in considerazione delle caratteristiche chimico – fisiche dei contaminanti rinvenuti nel succitato areale sotteso dal poligono di Thyssen del PZ24, ovvero Xilene, sia per le difficoltà logistiche caratteristiche dell'area, posta sulla scarpata del terrazzo intermedio del Ticino, si ritiene che la proposta di intervento mediante BV sia la più adatta ai fini del raggiungimento degli obiettivi di bonifica.

L'immissione d'aria del terreno determinerà un rapido incremento della concentrazione di ossigeno portandolo, nell'intorno della lancia, a valori prossimi a quelli di saturazione (20,9 %) rendendo l'ambiente favorevole alla biodegradazione degli idrocarburi. Poiché ci troviamo in un sito contraddistinto da un sottosuolo che ha una litologia grossolana (ghiaia in matrice sabbiosa) la permeabilità all'aria del terreno risulta essere molto elevata, pertanto, il raggio di influenza (ROI) che rappresenta la distanza massima dalla lancia di immissione in cui si riesce ad indurre una concentrazione in volume dell'ossigeno non inferiore al 5% può essere stimata superiore agli 8 – 10 metri: più che sufficiente per il trattamento del terreno dell'hot spot in oggetto. Tale dato dovrà essere però confermato dai risultati dei Test proposti nel presente documento. Inoltre, l'indagine proposta supporterà la progettazione per quanto riguarda l'ubicazione dei punti di iniezione aria – BV.

### 9.1.1.1 Stima Tempistiche e durata del trattamento

In funzione della lieve concentrazione di contaminazione presente in corrispondenza dell'hot spot PZ24, della tipologia della stessa (ovvero xileni), della litologia presente in sito e delle CSR calcolate, si può stimare che la durata del trattamento possa variare in un range compreso tra **8-12 mesi**.

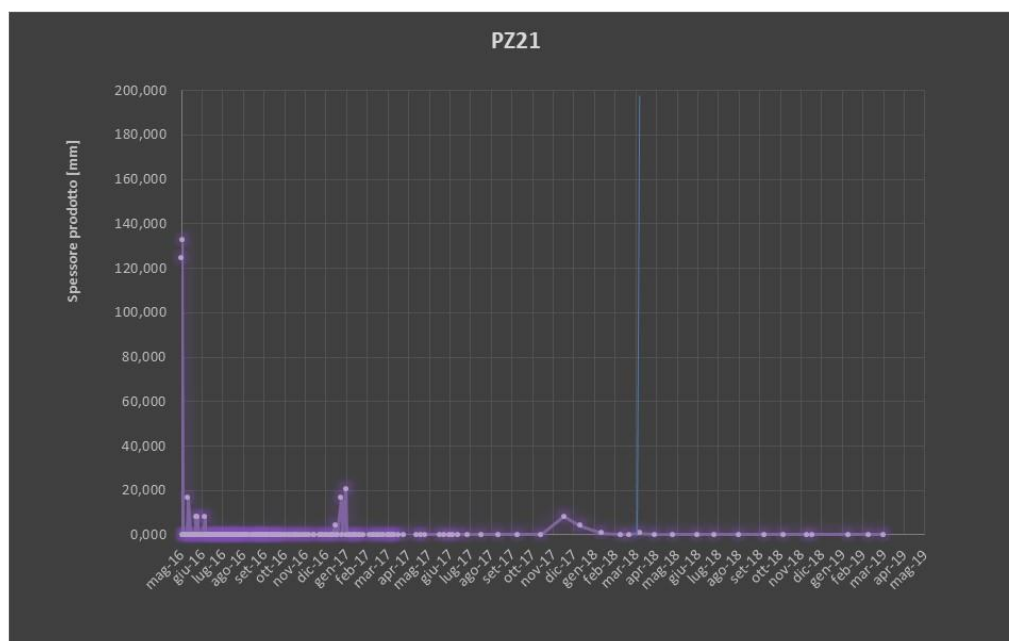
La realizzazione dei test propedeutici da realizzarsi prima dell'attivazione dell'impianto, fornirà indicazioni più precise sulla stima delle tempistiche di bonifica.

Tuttavia, in considerazione dell'escursione della falda, che nel piezometro in esame varia anche di 2 m in condizioni dinamiche, con una soggiacenza compresa in un range tra i 3,7 m da b.p. (registrato a luglio 2018) ed i 5,9 m da b.p (registrato a settembre 2018), il BV potrebbe essere poco funzionale nei mesi estivi, in cui si registra l'innalzamento del livello di falda a causa delle elevate irrigazioni che contraddistinguono l'area. Per questo motivo dai monitoraggi e test respirometrici eseguiti durante il corso della bonifica, si potrà valutare la necessità di proseguire ulteriormente il trattamento per ulteriori **6 mesi**.

## 9.2 RIMOZIONE DEL PRODOTTO IN PZ21

In considerazione che presso il piezometro PZ21 ubicato in *area Risorgive* saltuariamente è stato rinvenuto prodotto in fase libera, sarà mantenuto attivo l'emungimento ad oggi operato. Si noti che sin da marzo 2018, con un valore di 1 mm di spessore apparente (data in azzurro nel Figura 9.1) non si rileva la presenza di prodotto o velo in corrispondenza di PZ21.

**Figura 9.1.** SPESSORI PRODOTTO IN PZ21



A titolo cautelativo, in luogo della pompa pneumatica attualmente installata si installerà una pompa elettrica sommersa per incrementare la portata di emungimento che sarà innalzata a 1,0 m<sup>3</sup>/h; le acque emunte saranno rilanciate all'impianto P&T presente in area monte risorgive. La tubazione di mandata sarà mantenuta fuori terra onde evitare la realizzazione di uno scavo nella zona in oggetto e, al fine di evitare problemi di gelo durante i periodi

invernali, la tubazione sarà dotata di cavo scaldante e avvolta in materiale termoisolante. La tubazione di mandata ed il relativo cavo elettrico (che sarà inserito in apposito tubo corrugato) sarà segnalato con l'apposizione di paline identificatrici e/o picchetti di legno lungo tutto il tracciato a giorno e fino all'impianto di P&T.

Sulla linea di mandata che dalla pompa andrà all'impianto di trattamento P&T, troverà posto una valvola di non ritorno, una valvola a saracinesca, una valvola a sfera, un punto di presa per campionamento acque ed un contaltri.

### ***9.2.1 Tempistiche e durata del trattamento***

L'emungimento presso il PZ21 proseguirà per un periodo di tempo che potrà raggiungere i **12 mesi**, ovvero almeno per n. 1 ulteriore anno dall'ultimo rinvenimento di prodotto; nel caso in cui i monitoraggi periodici indicassero la risoluzione del problema del prodotto libero si valuterà pertanto la sospensione dell'emungimento.

### 9.3 PRESIDIO DI MESSA IN SICUREZZA MEDIANTE SAMIS

Il Sistema SAMIS, posizionato presso la Sorgente Alta, è in funzione da agosto 2017.

Esso consente il recupero del prodotto o delle iridescenze eventualmente provenienti dalla suddetta sorgente, grazie ai sensori installati in grado di riconoscere la presenza di idrocarburo.

Nel dettaglio, il sistema automatico agisce creando una azione di sbarramento mediante una paratia mobile che, in condizioni di non attività del sistema, penetra nel flusso di acqua per circa 1/4 dello spessore totale del ruscellamento, mantenendo la fenditura adibita al recupero dell'inquinante sopra il pelo dell'acqua.

In questo modo la parte superficiale del flusso acquoso viene trattenuta mentre la parte inferiore defluisce secondo il deflusso delle acque. L'azione di sbarramento consente l'accumulo di iridescenze e prodotto in galleggiamento e, quando il sensore riconosce la presenza di idrocarburo il sistema si attiva abbassando la paratia mobile fino a che la fenditura adibita al recupero dell'inquinante traguardi la quota del pelo d'acqua, in modo da consentirne il recupero dell'inquinante intercettato.

Nel caso in esame, essendo presenti solo iridescenze e veli di prodotto, le succitate operazioni comportano il recupero sia del prodotto di una quota parte di acqua che inevitabilmente confluisce nella fenditura insieme al prodotto. Allo stato attuale il refluo recuperato è rilanciato all'apposita cisterna di stoccaggio collegata al sistema e successivamente gestito come rifiuto e smaltito secondo normativa vigente.

**Al fine di limitare la produzione di rifiuti, unitamente agli impatti ambientali derivanti, le acque prelevate durante le eventuali attivazioni del SAMIS saranno invece rilanciate all'impianto di P&T installato in zona monte risorgive, dotato di disoleatore.**

#### 9.3.1 *Mantenimento presidio con SAMIS*

Il sistema sopra descritto svolge un'attività di controllo estremamente importate nel caso in cui si verificasse la comparsa di idrocarburi nelle acque di risorgiva; la sua presenza permette di intervenire immediatamente ed in automatico per far fronte ad una eventuale emergenza limitando e/o impedendo la diffusione di prodotto libero e/o della contaminazione disciolta.

Si propone il mantenimento del presidio con il sistema SAMIS. La sua eventuale disinstallazione sarà valutata in funzione delle verifiche di campo condotte.

### 9.4 INTERVENTI COADIUVANTI LA BONIFICA: FITORISANAMENTO

L'area di effrazione e di diffusione degli idrocarburi ha un connotato prevalentemente agricolo fino al margine del terrazzo, quindi forestale lungo la dorsale per poi ritornare agricolo.

Attraverso un confronto tra le ortofoto degli anni 50 e la situazione attuale è possibile capire che la zona agricola "alta", quella ad est e al di sopra del terrazzo, è sempre stata coltivata a seminativi, negli anni 50 riso (le aree bianche), altri cereali (quelle in grigio), con qualche prato marcitoio ad ali; attualmente a frumento/orzo e mais. Ad ovest del terrazzo, e quindi dell'attuale area boscata, negli anni 50, così come ora, dominano i prati stabili. La fascia centrale, quella boschiva, ha invece subito una notevole trasformazione. Negli anni 50 vi era



una buona quota del territorio che era a prato (probabilmente gestito come una marcita o a prato jemale, a causa dell'acqua più o meno affiorante in tutta la zona). Nel corso degli anni l'area a prato è stata ridotta, a favore del bosco. L'area a prato attualmente si presenta come un incolto.



**Figura 9.2a.** CONFRONTO SPESSORI TRA ORTOFOTO DEL 1950 E ATTUALI (1980) SCALA 1:2.000





**Figura 9.2b.** CONFRONTO TRA ORTOFOTO DEL 1950 E ATTUALI (1980), SCALA 1:1.000



**Figura 9.3** AREA AD INCOLTO. NEGLI ANNI 50 L'AREA ERA GESTITA A PRATO

#### **9.4.1 Classificazione Flora delle aree dove potrà essere prevista la realizzazione delle stazioni di fitodepurazione**

Nel complesso l'area del possibile intervento è suddivisibile in 3 zone omogenee dal punto di vista floristico.



**Figura 9.4** SUDDIVISIONE DELL'AREA NELLE TRE ZONE FLORISTICAMENTE OMOGENEE

**Figura 9.5** STAZIONE 1 – PARTE DELLA SCARPATA CARATTERIZZATA DALLA PRESENZA DI FLORA ARBOREA A CARATTERE BOSCHIVO – SORGENTE ALTA

ARBOREE	ARBUSTI
<i>Cupressus sempervirens</i> L.	<i>Cornus sanguinea</i> L.
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	<i>Corylus avellana</i> L.
<i>Quercus robur</i> L.	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.
<i>Quercus rubra</i> L.	<i>Rubus</i> ssp.
pochi esemplari di <i>Prunus padus</i> L., <i>Prunus avium</i>	<i>Sambucus nigra</i> L.
pochi esemplari di pini e cedri	<i>Ulmus minor</i> Mill.
SOTTOBOSCO	RAMPICANTI
<i>Alliaria petiolata</i> (M.Bieb) Cavara & Grande	<i>Hedera helix</i> L.
<i>Carex sylvatica</i> Hudson	
<i>Comellina communis</i> L.	
<i>Lamium galeobdolon</i> (L.) L.	
<i>Parietaria officinalis</i> L.	
<i>Phytolacca decandra</i> L.	
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	
<i>Vinca minor</i> L.	

**Figura 9.6** STAZIONE 2 – PARTE DELLA PIANA ALLA BASE DELLA SCARPATA DOMINATA DA INCOLTO

AROREE ARBUSTIVE	ERBE	ERBE
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	<i>Bidens frondosa</i> L.	<i>Lemna minor</i> L.
<i>Corylus avellana</i> L.	<i>Carex acutiformis</i> Ehrh	<i>Lythrum salicaria</i> L.
Populus - ibridi	<i>Carex remota</i> L.	<i>Persicaria minor</i> (Hudson) Opiz
<i>Prunus padus</i> L.	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	<i>Persicaria mitis</i> (Schrank) Assenov
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq.	<i>Phalaris arundinacea</i> L.
<i>Rubus</i> ssp.	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Phytolacca decandra</i> L.
<i>Salix alba</i> L.	<i>Cyperus</i> ssp.	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin.
<i>Salix cinerea</i> L.	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop	<i>scirpus sylvaticum</i>
	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. Beauv.	<i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv.
	<i>Equisetum telmateia</i> Ehrh.	<i>Solidago virgaurea</i> L.
	<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers.	<i>Thelypteris palustris</i> Schott
	<i>Juncus</i> ssp.	<i>Urtica dioica</i> L.



**Figura 9.7** STAZIONE 3 – PARTE DELLA SCARPATA CARATTERIZZATA DALLA PRESENZA DELLA SORGENTE 3 CON COPERTURA ARBOREA A CARATTERE BOSCHIVO

<b><u>acque sorgente 3</u></b>	
<b>alghe rosse</b>	<b>fanerofite</b>
<i>Hildebrandia rivularis</i> Nardo	<i>Berula erecta</i> (Huds.) Coville
<i>Batrachospermum moniliforme</i> Roth	<i>Cardamine amara</i> L.
<b><u>in prossimità alle acque</u></b>	
<b>felci</b>	<b>fanerofite</b>
<i>Athyrium filix-foemina</i> (L.) Roth	<i>Cadamine amara</i> L.
<i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) H.P. Fuchs	<i>Carex pendula</i> Huds
<i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott Gen.	
<i>Osmunda regalis</i> L.	
<i>Thelypteris palustris</i> Schott	
<b><u>Boschi che si discostano dall'acqua</u></b>	
<b>ALBERI</b>	<b>ERBE</b>
<i>Cupressus sempervirens</i> L.	<i>Carex sylvatica</i> Hudson
<i>Ailanthus altissima</i> (Mill) Swingle	<i>Hedera helix</i> L.
<i>Prunus avium</i> L.	<i>Parietaria officinalis</i> L.
<b>CESPUGLI</b>	<i>Phytolacca decandra</i> L.
<i>Ailanthus altissima</i> (Mill) Swingle	<i>Vinca minor</i> L.
<i>Acer campestre</i> L.	
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	

#### 9.4.2 Proposta d'intervento con Fitorisanamento

Nel suo complesso l'intervento di Fitorimedia proposto avrà quale obiettivo principale quello di fitodepurare suoli ed acque, **coadiuvando le altre tecnologie di bonifica proposte.**

Si propone un intervento di Fitorimedia in corrispondenza delle aree di seguito descritte:

**Figura 9.8** PROPOSTA DI FITORISANAMENTO

Zone floristicamente Omogenee	Tipologia area	Intervento di Fitorimedia
<i>Stazione 2</i>	<i>Area nell'intorno del PZ21 - dominata da vasto incolto, contornato da siepi di ontani</i>	<i>Piantumazione a Pioppi e Ontani</i>
<i>Stazione 1</i>	<i>Sorgente Alta - copertura arborea a carattere boschivo</i>	<i>Fitodepurazione a Phragmites australis [sistema a flusso sommerso verticale], dopo un periodo di osservazione attivazione sistema SAMIS</i>

#### **9.4.3 Proposta di Fitorimedia in area d'incolto/PZ21 con piantumazione a pioppi ed ontani**

L'area in cui viene proposta la piantumazione con pioppi e ontani (*Alnus glutinosa*) è attualmente caratterizzata dalla presenza di un vasto incolto, contornato da siepi di ontani; la stessa circonda sia l'area ove si ubica il piezometro PZ21, ritrovato occasionalmente con presenza di prodotto o velo di prodotto, sia l'area denominata Trincea, ove ricorrono i monitoraggi periodici delle acque.

L'area su cui si intende intervenire ha un'estensione di circa 8104 mq (0,8 ha).

Prima dell'incolto era presente un sistema di prati, probabilmente tipo marcita (ortofoto anni 50), dato che il livello della falda di questa zona è prossimo alla superficie, in particolar modo durante i periodi tardo primaverile ed estivo.

La presenza costante di copertura erbacea ha permesso agli orizzonti più superficiali del suolo di arricchirsi di materiale organico, favorendo la biodiversità a livello floristico e microbiologico.

Tuttavia lo strato umico-torboso è relativamente sottile e al di sotto di questo vi è ancora sabbia e ghiaia. E' probabile comunque che localmente vi siano lenti di torba o argilla mista a torba che si approfondiscono nel suolo causando deviazioni parziali del flusso di falda e accumuli localizzati di idrocarburi.

##### **9.4.3.1 Proposta di applicazione**

Un gruppo di specie arboree, tra cui pioppi, salici, eucalipti, sono considerabili le piante più economiche (considerando il rapporto costo/efficacia) per la fito-bonifica (Garbisu e Alkorta 2001) dato che presentano un sistema di radici ampio e profondo, spesso adattabile a bassi tassi di fertilità e a scarsa struttura (tipico delle specie pioniere), con alti tassi di traspirazione che li rende capaci di assorbire, traslocare e volatilizzare (nel caso di molecole a basso peso molecolare) una maggiore quantità di sostanze inquinanti (Thawale et al. 2006). Si stima che un singolo salice o pioppo sia in grado di traspirare circa 20m<sup>3</sup> di acqua al giorno, quantità che è paragonabile alla velocità di traspirazione di 1,4 ettari di erba medica (EPA 2000).

Sudi di laboratorio hanno dimostrato che le talee di pioppo ibrido (*Populus deltoids* × *Populus nigra*) siano in grado d'incrementare la degradazione, la volatilizzazione e la riduzione della quantità di benzene negli effluenti di impianti petroliferi (Burken et al., 2001).

Alberi con radici profonde come i pioppi (*Populus* spp.) ed i salici (*Salix* spp.) sono stati inoltre utilizzati con successo nell'assorbimento di acqua sotterranea contenente idrocarburi totali (Ferro et al., 2013). Confrontando terreni con impianti a pioppo con altri nudi è risultato evidente come quelli piantumati presentano una grande varietà di microrganismi in grado di degradare petrolio ed i suoi sottoprodotti (Jordahl et al., 1997).

La proposta di fitorisanamento per quest'area consiste nella realizzazione di **un impianto a pioppi, ontani e specie azotofissatrici**.

La scelta della specie o del cultivar/varietà dei pioppi dipenderà dal destino che questo settore dovrà avere, ovvero un impianto di pioppi da taglio o un bosco su cui non si interverrà più.

L'opzione ivi proposta è quella di creare un bosco stabile, prevedendo l'inserimento di

**Pioppi neri in purezza o pioppi bianchi o *P. canescens***, la specie di pioppo, dopo quello nero ibrido, più diffuso lungo l'asse del fiume Ticino.

Inoltre, si propone l'inserimento della Frangola (*Rhamnus frangula*) che è una specie legata ai terreni umidi e sabbiosi e che ormai è diventata rara in Lombardia.

Assieme ai pioppi verranno inserite piante di **ontano nero** (*Alnus glutinosa*) per due motivi principali:

- il primo è che questa tipologia forestale (*Alnion glutinosae* Meijr-Drees) corrisponde al "bosco umido" tipico della zona, ed in più è tutelata a livello comunitario;
- il secondo è che l'ontano è una specie azotofissatrice (Dawson et al. 1979, Millett et al. 2012), il che favorirà il riequilibrio carbonio/azoto che in caso di contaminazione da idrocarburi si sposta a favore del carbonio (provocando una carenza di composti azotati).

Un ulteriore apporto di sostanza organica equilibrata potrà essere immesso nel terreno attraverso lo spargimento e l'interramento di compost ben maturo.

#### 9.4.3.2 Fasi preliminari alla progettazione dell'impianto

Alcune fasi propedeutiche alla realizzazione degli impianti sono state già realizzate in modo preliminare; sono state infatti compiute ripetute campagne di analisi chimico-fisica dei suoli e delle acque, numerose indagini di carattere biologico su varie comunità soprattutto legate alle acque, rilievi della flora più comune presente nell'area e nei boschi ad ontano; nel corso dell'autunno 2018 è stato, inoltre, realizzato uno screening per verificare la presenza di comunità microbiche in grado di degradare idrocarburi, si veda a tal proposito l'Appendice 3, ivi annessa.

A seguito delle indagini floristiche descritte precedentemente, è stato per esempio possibile identificare alcune specie erbacee nate eventualmente utilizzabili nel programma di fitorimediazione, per esempio *Phragmites*, individuata nel bosco in studio e *Scirpus selvaticus*, quest'ultimo individuato precisamente nell'area della trincea.

#### 9.4.3.3 Attività propedeutiche all'installazione

##### **Rimozione di eventuali rifiuti, pietrosità**

Per procedere con la rimozione verrà redatto un inventario delle differenti categorie di rifiuti da rimuovere presenti facendo riferimento alla codifica europea (codici CER), stimando i quantitativi da gestire per preventivare i costi di smaltimento.

##### **Decespugliamento**

Si dovrà procedere con il decespugliamento del terreno con eliminazione della vegetazione infestante prevalentemente cespugliosa, che sarà realizzato mediante trattore di media potenza e trinciastocchi o trincia forestale.

##### **Spandimento ed interrimento del compost**

Per il miglioramento dello stato qualitativo del terreno, sarà apportata una quantità di compost maturo compreso tra le 30 e le 60 t ha<sup>-1</sup> (peso fresco), con l'obiettivo principale di ripristinare nel lungo periodo la fertilità del suolo.

Lo stesso dosaggio è adeguato al caso in cui si debba stimolare la biodegradazione dei composti organici da parte della flora microbica.

Sarà utilizzato materiale compostato di qualità e conforme ai limiti stabiliti dalla normativa sui fertilizzanti (D.lgs 75/2010). L'operazione di spandimento ed interrimento del compost sarà realizzata un mese prima della piantumazione/semina delle colture (in pieno inverno) in modo da favorirne la stabilizzazione in campo (ove necessario) ed evitare fenomeni di fitotossicità.

### **Lavorazioni**

La ripuntatura andrà effettuata durante il periodo fine estivo (settembre) in condizioni di umidità, evitando il peggioramento delle condizioni strutturali dei suoli.

Nella parte ora coperta da un incolto sarà necessario preparare il suolo mediante fresatura superficiale a 15 cm, per favorire l'interrimento di compost e di residui vegetali. Questo per non alterare lo strato superficiale che già ora presenta una buona matrice organica.

### **Tracciamento**

Si provvederà al tracciamento rettilineo finalizzato alla posa di circa 800 piante/ha, di cui 400 pioppi e 400 ontani.

Sulla fila, sia pioppi che ontani avranno interasse 10 m per ciascuna specie; nel dettaglio si prevede la posa nell'area con un sesto di impianto (10 x 10 m) di Pioppi, unitamente ad un sesto di impianto (10 x 10 m) di Ontani, posti in interasse gli uni agli altri; inoltre si prevederà la posa a file alterne di Pioppi con un sesto di impianto (5 x 5 m), come mostrato in Tavola 18. Si prevederà, inoltre, l'inserimento della Frangola (*Rhamnus frangula*), in un numero non inferiore a 50 Frangole/ha.

In totale si prevede pertanto la piantumazione di circa 400 Pioppi/ha, 200 Ontani/ha.

Si prevederà il I taglio per sfoltimento già dopo 5-7 anni che interesserà solo i Pioppi piantumati con l'impianto 5\*5 m, al fine di favorire la proliferazione del bosco di Pioppi/Ontani.

Eventuali successivi tagli, da realizzarsi dopo 10-15 anni interesseranno invece solo i Pioppi, lasciando integro il bosco ad Ontani.

Per quanto riguarda le specie lignocellulosiche arboree (es. Pioppo) candidate all'utilizzo per il programma di fitorimedio, saranno utilizzati astoni non radicati di 1,2 m circa di altezza, che verranno piantumati a metà autunno.

Per gli ontani neri si prevederà l'utilizzo di piantine da 1,5 m radicate in vaso.

### **Messa a dimora delle essenze arboree e delle erbacee ligno-cellulosiche**

Tutte le specie arboree e le specie rizomatose andranno trapiantate nel periodo compreso tra metà autunno sino ad inverno inoltrato, durante la fase di riposo vegetativo delle colture.

Si opererà con le seguenti:

- apertura meccanica delle buche con trattrice e trivella;
- posa di piantine;
- posa del tutore e del rincalzamento.

Tutte le piantine in vaso saranno allevate in contenitore e certificate secondo il D.lgs 386 del



2003 [*"Attuazione della direttiva 1999/105/CE relativa alla commercializzazione dei materiali forestali di moltiplicazione"*].

### **Rifornimento idrico delle colture**

Sarà garantito l'approvvigionamento idrico alle colture arboree ed alle pratensi macroterme nelle primissime fasi di crescita (irrigazione di soccorso), nell'eventualità si vedessero fenomeni di crisi idrica delle piante (appassimento).

### **Taglio delle specie arboree e destino del legname**

Ad ogni operazione di taglio seguirà uno stoccaggio temporaneo dei materiali e il successivo **utilizzo come biomassa** oppure, previa valutazione del contenuto di eventuali metalli pesanti, i materiali saranno venduti come **legno da costruzione**; infatti a causa della fitoestrazione dei metalli, liberati dall'attività batterica anossigenica, dovrà essere previsto il campionamento delle biomasse lignocellulosiche in corrispondenza della loro raccolta e la determinazione del contenuto dei contaminanti nei differenti organi della pianta (fusti, rami, foglie) e della loro umidità (variazione di peso dopo essiccazione a 60°C fino a peso costante del campione).

Da un punto di vista normativo le biomasse prodotte dagli impianti di bonifica o di messa in sicurezza di siti contaminati sono da considerarsi come un **sottoprodotto** (parte IV del D.Lgs. n. 152/06 art. 184 ter D.Lgs. 152/06), che può quindi essere reimpiegato in un ulteriore processo produttivo. Non c'è pertanto una limitazione del loro impiego ad eccezione dall'uso alimentare e della digestione anaerobica (Decreto Interministeriale n. 5046 del 25 Febbraio 2016 -Decreto effluenti), rientrando pienamente nella definizione di biomassa del D. Lgs 387/2003 modificato dal D. Lgs 28/2011 "Attuazione della direttiva 2009/28/ CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE". All'articolo 2 lett. e) si definisce biomassa "la frazione biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui di origine biologica provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali), dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, comprese la pesca e l'acquacoltura, gli sfalci e le potature provenienti dal verde pubblico e privato, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani".

La valorizzazione energetica è quindi una strada perseguibile quando: a) le biomasse rappresentano il prodotto di un sito dove la fitodegradazione è stata utilizzata per la messa in sicurezza dell'area; b) i metalli e altre molecole potenzialmente tossiche sono prevalentemente accumulate nei rizomi o nelle radici lasciando pulite le zone epigee (fusto e foglie). Da questo ne consegue che non è possibile accedere agli incentivi statali sulla biovalorizzazione che sono regolati dall'allegato 2 punto 2 del D. Lgs 28/2011 (*Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE.*). In tale allegato è infatti specificato che, per poter accedere agli incentivi statali è necessario il rispetto di requisiti e specifiche tecniche degli impianti alimentati da fonti rinnovabili secondo quanto riportato: "Per le biomasse utilizzate in forma di pellet o cippato ai fini dell'accesso agli incentivi statali, [...], è richiesta la conformità alle classi di qualità A1 e A2: per il pellet, indicate nelle norme UNI EN 14961-2 (oggi sostituita dalla UNI EN ISO 17225-2:2014 Definizione delle classi di pellet di legno), per il cippato, indicate nelle norme UNI EN 14961- 4 (oggi sostituita dalla UNI EN ISO 17225- 4:2014 Definizione delle classi di cippato di legno) ". In quest'ultimo caso è comunque esclusa dalla classe A la classe 1.1.1.3

“...ceduo a turnazione breve qualora la piantagione sia stata espressamente usata per sequestrare sostanze chimiche ...”.

### **Monitoraggio degli effetti dell’impianto di fitorimedio**

Come per tutte le tecniche di bonifica, sarà necessario provvedere al monitoraggio degli effetti dell’impianto di fitorimedio durante il periodo in cui questo è presente sul sito. In particolare per la fitoestrazione degli di metalli, liberati dall’attività batterica anossigenica, dovrà essere previsto il campionamento delle biomasse lignocellulosiche in corrispondenza della loro raccolta e la determinazione del contenuto dei contaminanti nei differenti organi della pianta (fusti, rami, foglie) e della loro umidità (variazione di peso dopo essiccazione a 60°C fino a peso costante del campione).

Sarà necessario inoltre stimare la proporzione tra fusti, rami e foglie su un numero minimo di 20 piante, in modo da poter quantificare la loro biomassa su un ettaro una volta nota la quantità di biomassa totale (intera parte aerea) raccolta sulla superficie del sito.

I valori di metalli o di altri componenti stabili ed accumulabili misurati nella biomassa secca dei differenti organi moltiplicati per le biomasse prodotte su un ettaro consentiranno di stimare le quantità di inquinanti (es. mg/ha oppure g/ha) asportate con ogni raccolta. Un approccio simile potrà essere seguito anche con le specie erbacee in corrispondenza di ogni taglio.

Contestualmente al rilievo sulla vegetazione sarà necessario prelevare dei campioni di suolo nello strato radicato (0-0.50 m; 0.50-1.5 m a seconda della profondità della falda e dell’approfondimento radicale) per la quantificazione delle frazioni biodisponibili di inquinanti (idrocarburi e metalli). La dinamica degli metalli biodisponibili e degli inquinanti organici stabili nel suolo, associata a quella asportata da parte della vegetazione (arboreto inerbito) consentirà di apprezzare l’effetto del fitorisanamento sulla riduzione del rischio di trasferimento degli inquinanti organici ed inorganici alla catena alimentare attraverso la lisciviazione in falda o l’assorbimento da parte di colture di interesse alimentare.

#### ***9.4.4 Proposta in Sorgente ALTA di un impianto a *Phragmites australis* – in fase di valutazione***

Per l’area caratterizzata dalla presenza **della Sorgente Alta**, è in fase di valutazione l’installazione di un sistema di Fitorimedio mediante la realizzazione di una vasca a *Phragmites australis* con sistema a **flusso sommerso verticale**.

Tale sistema potrà sostituire quale presidio di sicurezza il sistema SAMIS, ad oggi installato in sito in corrispondenza della Sorgente Alta. La eventuale applicazione del sistema di Fitorimedio di seguito descritto nei suoi caratteri generali, sarà eventualmente affrontato nel Progetto di Fase II, in funzione degli esiti dell’osservazione dell’attivazione del sistema Samis, e dopo discussione tecnica con gli enti competenti.

##### ***9.4.4.1 Impianto di fitodepurazione a *Phragmites australis****

Gli impianti di fitodepurazione a macrofite emergenti, in particolare quelli a *Phragmites australis* sono classificabili a seconda dal cammino idraulico delle acque che devono essere depurate:

a) sistemi a flusso superficiale o libero (FWS - Free Water Surface)  
b) sistemi a flusso sub-superficiale o sommerso (SFS: Subsurface Flow Sistem) a sua volta suddivisi in:

1) sistemi a flusso sommerso orizzontale (SFS-h o HF: Subsurface Flow System - horizontal)

2) sistema a flusso sommerso verticale (SFS-v o VF: Subsurface Flow System - vertical)

Gli impianti a flusso sommerso sono quelli che hanno avuto il maggior sviluppo poiché risultano più efficienti di quelli a flusso superficiale.

La principale ragione sta nella disponibilità di una maggiore superficie di contatto tra le acque inquinate ed i microrganismi. Quindi la risposta al trattamento è più rapida e la superficie richiesta per l'impianto è minore rispetto a quella necessaria per sistemi FWS progettati per il trattamento dello stesso tipo acqua inquinata. Un secondo vantaggio dei sistemi a flusso sommerso è dato dal maggiore isolamento termico prodotto dalla sinergia tra la presenza dell'acqua e l'accumulo dei detriti vegetali sulla superficie dell'impianto

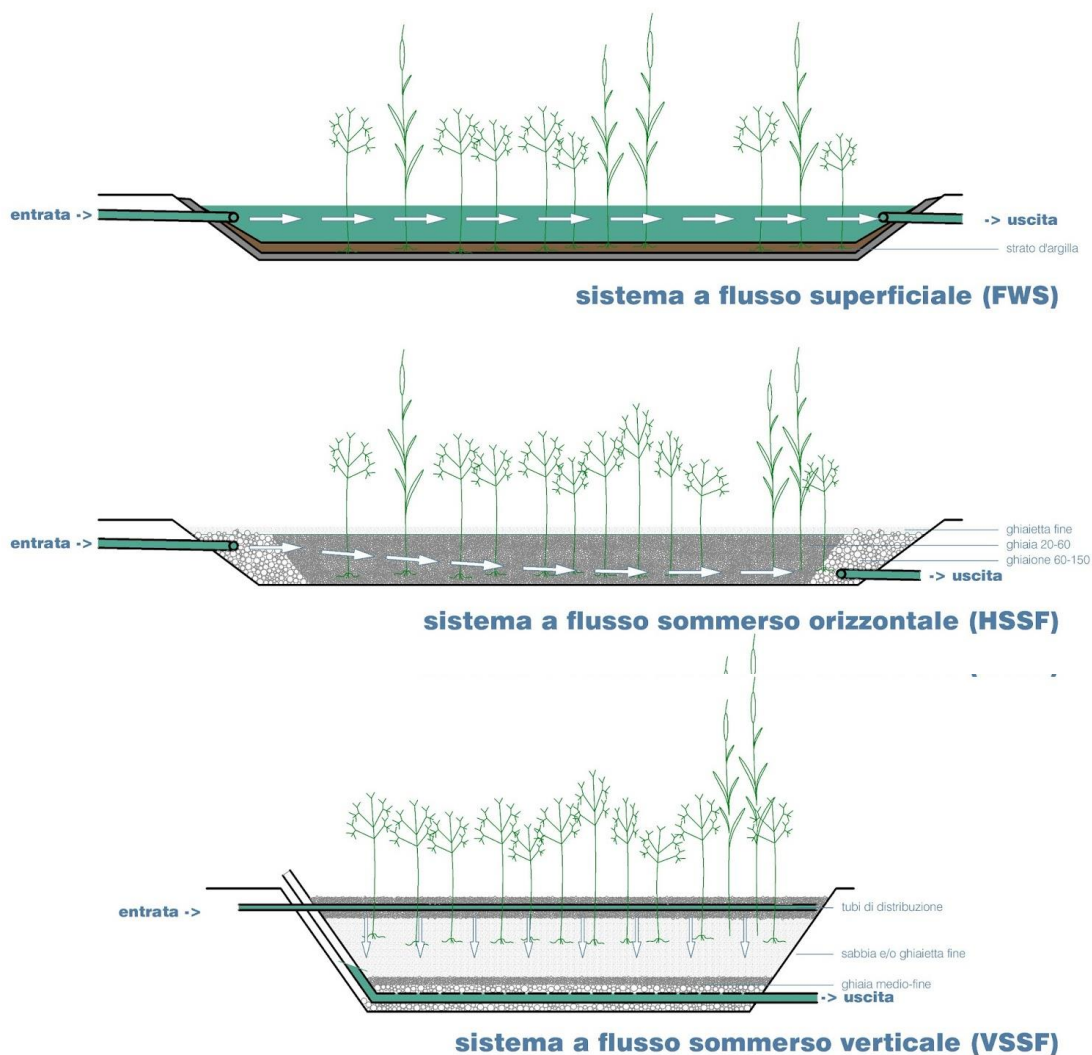
I sistemi a flusso libero (FWS) sono utilizzabili quando non sono realizzabili altre tipologie di impianti.

#### 9.4.4.2 La vegetazione più idonea

La specie di gran lunga più utilizzata è *Phragmites australis*. Negli ultimi anni alcune prove hanno dimostrato una buona efficienza anche da parte di *Arundo donax* L., altra “canna di palude”, più efficiente di *P. australis* nella produzione di biomassa.

Nei sistemi a flusso superficiale, si possono utilizzare tutte le specie di macrofite acquatiche che ben tollerano livelli di trofia ed inquinamento elevati *Carex* ssp., *Scirpus* spp., *Shoenoplectus* spp., *Phalaris arundinacea*, *Scirpus* spp., *Alisma plantago-aquatica*, *Lythrum salicaria*, *Ceratophyllum* spp., *Myriophyllum* spp., e tante altre. Per queste ultime specie è consigliabile prelevare e moltiplicare piante già presenti in loco, perché più adattate e con buona probabilità già in simbiosi con funghi micorrizici in grado di degradare le molecole inquinanti.

#### 9.4.4.3 Principi di funzionamento delle varie tipologie di impianto



**Figura 9.9** IMPIANTO DI FITODEPURAZIONE A FLUSSO SUPERFICIALE, A FLUSSO SOMMERSO ORIZZONTALE E VERTICALE

#### **Sistemi a flusso superficiale**

I sistemi a flusso libero riproducono esattamente i meccanismi di autodepurazione in atto nelle zone umide.

Consistono in vasche o canali poco profondi (profondità generalmente limitata a poche decine di centimetri) con un substrato che costituisce il supporto per le radici delle piante emergenti.

La superficie dell'acqua è costantemente al di sopra del substrato e pertanto questa è sempre esposta all'atmosfera.

Il flusso dell'acqua è orizzontale e il livello dell'acqua varia in relazione alle caratteristiche del refluo in ingresso, al livello di trattamento che si intende raggiungere ed al tipo di essenze impiegate.

Essendo tali sistemi riconducibili ad un'area umida naturale hanno anche una valenza naturalistica ed ambientale. Per essere efficaci richiedono però superfici di una certa dimensione

### **Principio di funzionamento della fitodepurazione flottante**

Fra i sistemi a flusso superficiale si annovera anche la fitodepurazione con barriere flottanti, che consente di intercettare e trattare i flussi di inquinamento direttamente all'interno di corpi idrici superficiali. Le barriere possono essere installate perpendicolarmente al flusso dell'acqua, utilizzando piante galleggianti o non galleggianti, ma inserite su supporti flottanti. L'utilizzo di piante galleggianti può presentare difficoltà di realizzazione, perché non è facile trovare specie adatte, l'insediamento e la colonizzazione non sono sempre uniformi e le piante possono invadere settori non dedicati alla depurazione e disperdersi. Il ricorso a piattaforme galleggianti consente di utilizzare macrofite acquatiche che non galleggiano, ma che sono specificatamente utilizzate ed efficaci per scopi depurativi. I vantaggi di questo sistema sono: gamma di scelta delle specie più ampia; uniformità di insediamento e comportamento della barriera; confinamento della vegetazione nel settore assegnato; adattamento a mutevoli profondità della lama d'acqua; versatilità gestionale. Utilizzando specie adatte, lo sviluppo delle radici delle piante può raggiungere e superare il metro di profondità. Radici profonde e fitte svolgono un importante ruolo di filtrazione fisica oltre che di assorbimento dei nutrienti e di supporto alle comunità microbiche che si sviluppano nel biofilm che le avvolge. Il folto intreccio di radici che si sviluppa sotto la lama d'acqua, inoltre, può offrire habitat idoneo a varie forme di vita acquatica. Nel caso della depurazione di acque da idrocarburi sono sconsigliate le piccole piante galleggianti, tipo *Lemna*, dato che hanno basse capacità di degradazione di queste molecole. Sono invece consigliate le piante come carici, scirpi, fragmites, tife.

### **Sistemi a flusso sommerso**

Nei sistemi a flusso sommerso la superficie del refluo non è mai a contatto diretto con l'atmosfera, dando così una discreta protezione termica delle acque contaminate nella stagione invernale, favorendo anche in questi periodi l'attività dei microrganismi.

Questi impianti sono in pratica dei bacini impermeabilizzati, di varia dimensione e forma, riempiti con il substrato permeabile o con medium di crescita idonea.

Sulle superfici così ottenute vengono inserite le macrofite erbacee prescelte.

Il centro del sistema di depurazione è il bacino di fitodepurazione che può essere a flusso orizzontale o verticale.

L'essenza attualmente più utilizzata è *Phragmites australis*

Le rese depurative degli impianti a flusso orizzontale sono inferiori rispetto ai sistemi con flusso verticale. L'impianto a flusso orizzontale presenta però minori problemi gestionali.

I due tipi di impianto, a flusso orizzontale e a flusso verticale, possono essere normalmente utilizzati accoppiati tra loro per sfruttare le capacità depurative di entrambi i sistemi, in particolare per la riduzione/ossidazione delle sostanze inquinanti che richiedono passaggi ox-red per la loro degradazione.

#### **9.4.4.4 Attività propedeutiche all'installazione**

Al fine di garantire un ottimale sviluppo alla *Phragmites australis*, sarà necessario tagliare alcuni alberi che si trovano nello stretto intorno della Sorgente Alta, in modo da migliorare l'apporto di luce solare diretta sull'area di intervento.

In particolare la zona è caratterizzata dalla presenza di piante arboree alloctone rispetto al bosco del Ticino del tipo Cipressi, Robinie e seppur con una presenza minima, l'*Ailanthus* altissima che risulta infestante e allelopatica.

Si propone in tal senso un sopralluogo unitamente all'ente Parco al fine di definire le piante che potenzialmente possono essere rimosse allo scopo.

#### 9.4.4.5 Substrato

Il substrato drenante o medium di crescita sarà realizzato in base alle caratteristiche di porosità e conducibilità idraulica che influisce sul tempo di residenza delle acque da trattare; a tal fine sarà utilizzata ghiaia non frantumata e sabbia lavata o altri materiali equivalenti. Al substrato ghiaioso-sabbioso sarà aggiunto del compost ben maturo.

Il medium ben equilibrato rappresenta infatti il supporto sui cui radicano le macrofite emergenti (*Phragmites* ed altro) e proliferano le pellicole (biofilm) di microrganismi che innescano le trasformazioni biologiche e chimiche che sono alla base dei processi di biorisanamento.

#### 9.4.4.6 Impermeabilizzazione del letto

Il particolar modo per gli impianti a flusso sommerso verticale è d'obbligo impermeabilizzare il fondo dello scavo in cui dovranno essere realizzate le vasche. L'impermeabilizzazione artificiale sarà effettuata con uno strato di argilla o, come succede più comunemente, con teli in geotessuto quali stuoie bentonitiche o stuoie biodegradabili in fibra di cocco con aggiunta di bentonite, di spessore tale da contrastare le asperità del suolo naturale su cui andranno posate.

Per evitare l'ingresso delle acque meteoriche le vasche potranno essere delimitate da bordi sopraelevati di circa 10-20 cm rispetto alla superficie del terreno. Legate ai bordi potranno essere posizionate delle reti altre 20-30cm che bloccheranno il passaggio (da esterno ad interno) degli anfibi, così da limitare la possibile contaminazione.

#### 9.4.4.7 Dimensionamento

**Superficie del letto** Per un impianto a flusso superficiale i dati in letteratura suggeriscono valori superiori a  $20 \text{ m}^2 - 40 \text{ m}^2$ .

##### **Profondità del substrato**

Per un impianto a flusso sommerso verticale i dati in letteratura consigliano spessori maggiori agli 80 cm.

L'altezza dei substrati ed il suo assortimento granulometrico determinano i parametri necessari al calcolo della velocità di filtrazione utilizzando la formula di Darcy che trova origine ed applicazione nel sistema di filtrazione all'interno dei pozzi e consente la determinazione del calcolo delle velocità idrauliche relative.

#### 9.4.4.8 Piantumazione delle essenze

Tutte le specie arboree e le specie rizomatose (es. *Phragmites*) andranno trapiantate tra l'autunno e l'inverno inoltrato, durante la fase di riposo vegetativo delle colture.

Per le rizomatose si propone un sesto di 1 x 0.5 m sui substrati tendenzialmente sciolti e permeabili che saranno realizzati in vasca, in cui il rizoma potrà propagarsi facilmente.



#### 9.4.4.9 Manutenzione

La manutenzione richiesta da queste tipologie di impianti consisterà soprattutto nella gestione della vegetazione, nel controllo della stabilità del flusso delle acque e nel controllo periodico dell'uscita dal sistema a mezzo di analisi chimiche.

In questo tipo di impianto le acque, prima e dopo la “vasca di depurazione” passeranno attraverso due pozzetti di controllo.

In genere gli impianti correttamente dimensionati non prevedono la sostituzione delle piante acquatiche. Le piante, saranno collocate nei modi e nei tempi corretti al fine di non essere rimpiazzate o sostituite per molti anni.

Le specie erbacee *Phragmites* saranno tagliate e raccolte annualmente.

Ad ogni operazione di taglio seguirà uno stoccaggio temporaneo dei materiali e lo smaltimento a seguito dell'identificazione dell'appropriato codice CER.



## 10 ATTIVITA' COMPENSATIVA - MIGLIORAMENTO BOSCHIVO

### 10.1 PIANTUMAZIONE SPECIE ARBOREE A TITOLO COMPENSATIVO

In corrispondenza dell'area compresa tra la scarpata del terrazzo e la Rabica, vi è una copertura arborea/arbustiva prevalente caratterizzata dalla presenza della farnia.

Tra le querce autoctone sono presenti anche querce rosse, robinie (ambedue nord americane) e cipressi (specie più legate ai climi caldi e secchi del centro Italia).

Negli ultimi due anni si è assistito ad un progressivo e graduale deperimento delle specie arboree, in particolar modo di robinie e cipressi, alcune delle quali sono attualmente morte.

In particolare la zona è caratterizzata dalla presenza di piante arboree estranee rispetto al bosco del Ticino come il Cipresso e alloctone come Robinie e seppur con una presenza minima, l'Ailanthus altissima.

L'ipotesi d'intervento potrà essere articolata in due fasi successive.

#### 10.1.1 I fase di intervento

Nella prima si dovrà mettere in sicurezza la zona verificando quali sono le piante deperite o morte.

#### 10.1.2 II fase di intervento

Dopo la loro eliminazione si dovrà provvedere alla piantumazione di specie arboree ed arbustive tipiche dell'area quali farnia, acero campestre, carpino, nocciolo e biancospino.

Inoltre, si provvederà alla rimozione dell'Ailanthus altissima, che è specie infestante e allelopatica.

Si propone la piantumazione di circa 100 farnie (*Quercus robur*), 50 di carpini (*Carpinus betulus*), 20 frassini (*Fraxinus excelsior*), 30 aceri campestri (*Acer campestre*), 30 biancospini (*Crataegus monogyna*), 30 noccioli (*Corylus avellana*), 20 evonimi (*Euonymus europaeus*) ed infine 20 Olmi (*Ulmus minor*).

### 10.2 INSERIMENTO DI PIANTINE DI FELCE REALE A TITOLO COMPENSATIVO

Nelle zone più umide dei boschi del Parco del Ticino, ed in particolare nelle ontanete, perché fitosociologicamente ad esse legata, è presente, seppur molto raramente, una tra le più rare, belle e maestose felci presenti in Europa: *Osmunda regalis* L.

Nell'area di effrazione di Morimondo sono presenti alcuni cespi che negli ultimi due anni non hanno presentato fronde riproduttive.

La proposta è quella di inserire nel nuovo bosco a pioppi ed ontani piantine di *Osmunda regalis*, così da incrementare il valore di biodiversità del bosco nascente.

Operativamente saranno due le vie da perseguire:

- a) produrre nuove piantine attraverso la rottura di cespi presenti nelle ontanete legate al territorio di Morimondo;
- b) produrre piantine in vitro partendo dalle spore di individui fertili.



**Figura 10.1** IMPIANTO PIANTE DI FELCE REGALE. SI POSSONO BEN DISTINGUERE LE FRONDE STERILI (VERDI)  
DA QUELLE FERTILI (MARRONI-GIALLASTRE)

## 11 MONITORAGGIO DELLE ACQUE SOTTERRANEE

### 11.1 AREA EFFRAZIONE

#### Monitoraggio e gestione P&T e reimmissione acque in falda

Per la verifica dell'efficienza dell'impianto di P&T e di reimmissione e quindi per garantire il rispetto dei limiti previsti allo scarico e quelli per la reimmissione in falda delle acque emunte si procederà a cadenza mensile con il seguente piano di monitoraggio:

- Prelievo ed analisi delle acque in ingresso (IN P&T) all'impianto di trattamento del P&T per la determinazione dei seguenti parametri:
  - Idrocarburi tot. n-esano;
  - BTEX;
  - MtBE.
- Prelievo ed analisi delle acque in uscita (INTERMEDIO P&T) dal primo filtro a carboni attivo ed il secondo filtro per la determinazione dei parametri sopra indicati. Nel caso in cui gli esiti analitici mostrassero l'evidenza dell'esaurimento dei carboni attivi del primo filtro si procederà con la loro sostituzione.
- Prelievo ed analisi delle acque in uscita (OUT-Roggia) dal sistema di trattamento e scaricate in Roggia Rabica sulle quali saranno ricercati i seguenti parametri:
  - Idrocarburi totali;
  - solventi organici aromatici;
  - MtBE.

Le acque dovranno rispettare i limiti definiti dalla Tabella 3, Allegato 5, Parte III, D.Lgs. 152/06, per gli scarichi in corpi idrici superficiali e dovranno rispettare le prescrizioni previste dall'autorizzazione Dirigenziale della città metropolitana di Milano, prot. n.247603/2016, fasc. 9.8./2016/266, del 25/10/2016.

- Prelievo ed analisi delle acque in ingresso (IN Reimmissione) all'impianto di trattamento di reimmissione per la determinazione dei seguenti parametri:
  - Idrocarburi tot. n-esano;
  - BTEX;
  - MtBE.
- Prelievo ed analisi delle acque in uscita (INTERMEDIO Reimmissione) dal primo filtro a carboni attivo ed il secondo filtro per la determinazione dei parametri sopra indicati; nel caso in cui gli esiti analitici mostrassero l'evidenza dell'esaurimento dei carboni attivi del primo filtro si procederà con la loro sostituzione.
- Prelievo ed analisi delle acque in uscita (OUT-Reimmissione) dal sistema di trattamento di reimmissione situato in zona effrazione e reimmesse in falda sulle quali saranno ricercati i parametri sopra riportati.

L'acqua che sarà reimpressa in falda rispetterà le CSC indicate in tabella 2 Allegato 5, Parte Quarta, Titolo V del D.Lgs. 152/06.

Con cadenza bimestrale sarà attuato il seguente piano di monitoraggio, per i primi 8 mesi, a seguito di tale periodo si passerà ad una frequenza quadrimestrale:

- Prelievo ed analisi delle acque dei piezometri PZ2, PZ3, PZ4, PZ6 e PZSF1 (proposto) presenti nell'area Effrazione per la determinazione dei seguenti parametri:
  - Idrocarburi tot. n-esano;
  - BTEX;
  - MtBE.

Con cadenza quadrimestrale sarà attuato il seguente piano di monitoraggio:

- Prelievo ed analisi delle acque dei piezometri PZ1, PZ16 per la determinazione dei seguenti parametri:
  - Idrocarburi tot. n-esano;
  - BTEX;
  - MtBE.

Con cadenza mensile dovranno essere verificati i seguenti aspetti:

- verifica e conteggio dei volumi d'acqua emunti e scaricati in Roggia Rabica registrati dal contalitri installato in corrispondenza dello scarico;
- verifica e conteggio dei volumi d'acqua emunti e reimmessi in falda registrati dal contalitri installato in corrispondenza dello scarico;
- verifica dello stato dell'impianto ed esecuzioni manutenzioni ordinarie necessarie.

## **11.2 AREA MONTE RISORGIVE**

In corrispondenza dell'area in oggetto, sulla matrice ambientale acque sotterranee sarà implementato il seguente piano di monitoraggio.

Con cadenza bimestrale, per i primi 8 mesi, a seguito di tale periodo si passerà ad una frequenza quadrimestrale, nei pozzi PZ7, PZ8, PZ9, PZ10, PZ11, PZ13, PZ5, PZ12 e PZ14, PZ15 [PZ25 e PZ26 se del caso], si effettuerà il campionamento delle acque per la verifica dello stato qualitativo; i campioni saranno sottoposti alla determinazione dei seguenti parametri:

- Idrocarburi tot. n-esano;
- BTEX;
- MtBE.

Il presente piano di monitoraggio potrà essere variato in funzione delle necessità che emergeranno a seguito delle indagini integrative e della qualità delle acque sotterranee registrata dai monitoraggi periodici.

Pertanto il progetto di bonifica Fase II conterrà un piano di monitoraggio eventualmente aggiornato/integrato.

## **11.3 ZONA RISORGIVE, AREE ESTERNE E PRIVATI**

Per il monitoraggio della qualità della matrice ambientale acque sotterranee presso la zona Bosco – Risorgive, aree esterne e pozzo privato sarà attuato un piano di monitoraggio con cadenza quadrimestrale sui seguenti piezometri/pozzi: PZ22Bis, PZ23, PZ24 e Nuovo Pozzo Sig. Cattaneo; i campioni d'acqua saranno sottoposti alla determinazione dei seguenti parametri: Idrocarburi tot. n-esano; BTEX; MtBE.

Con cadenza bimestrale sarà attuato il seguente piano di monitoraggio, per i primi 8 mesi, a seguito di tale periodo si passerà ad una frequenza bimestrale:

- Prelievo ed analisi delle acque dei piezometri PZ 22BIS, PZ 23, PZ 24 per la determinazione dei seguenti parametri:
  - Idrocarburi tot. n-esano;
  - BTEX;
  - MtBE.

#### ***11.3.1 Monitoraggi e gestione del sistema di emungimento in PZ21***

Per il mantenimento in efficienza dell'impianto saranno effettuati i seguenti monitoraggi/verifiche con cadenza mensile:

- verifica funzionamento pompa di emungimento e relative linee;
- RF per la verifica della presenza prodotto surnatante.

Per una valutazione più mirata in relazione alla presenza di prodotto libero in galleggiamento, l'emungimento sarà sospeso ad intervalli regolari in modo da poter effettuare i rilievi fluidi in condizioni statiche.

Ogni 3 mesi si procederà pertanto allo spegnimento della pompa per un periodo di tempo di 2 settimane consecutive passate le quali si effettuerà il rilievo dei fluidi.

Terminato il rilievo fluidi si riattiverà l'emungimento.

Con cadenza mensile sarà attuato il seguente piano di monitoraggio, per i primi 8 mesi, a seguito di tale periodo si passerà ad una frequenza bimestrale:

- Prelievo ed analisi delle acque dei piezometri PZ21 per la determinazione dei seguenti parametri:
  - Idrocarburi tot. n-esano;
  - BTEX;
  - MtBE.

#### **11.4 RIEPILOGO GENERALE**

Nella tabella sotto riportata sono riassunti i monitoraggi delle acque sotterranee proposti per il sito in oggetto durante il periodo d'esecuzione del Progetto di Bonifica Fase I.

La frequenza di monitoraggio dei pozzi/piezometri potrà essere variata in funzione degli esiti analitici che emergeranno dalle varie campagne di analisi e sarà quindi aggiornata in occasione della redazione del Progetto di Bonifica Fase II.

I monitoraggi saranno effettuati con le medesime modalità attualmente applicate.

**TABELLA 11.1** IDENTIFICAZIONE DEI PUNTI DI MONITORAGGIO DELLE ACQUE SUPERFICIALI

	ZONA	ATTIVITÀ	FREQUENZA	TIPOLOGIA	POZZI/PIEZOMETRI/IMPIANTO/ALTRO	PARAMETRI
1	EFFRAZIONE	P&T	MENSILE	MONITORAGGI IMPIANTI	IN P&T, INTERMEDIO P&T, IN REIMMISSIONE, INTERMEDIO REIMMISSIONE, OUT REIMMISSIONE	IDROCARBURI TOT. N-ESANO, BTEX, MtBE
		RF + CAMPIONAMENTO	BIMESTRALE, PER I PRIMI 8 MESI, A SEGUIRE QUADRIMESTRALE	ACQUE SOTT.	PZ2, PZ3, PZ4, PZ6, PZSF1	IDROCARBURI TOT. N-ESANO, BTEX, MtBE
		RF + CAMPIONAMENTO	QUADRIMESTRALE	ACQUE SOTT.	PZ1, PZ16	
2	MONTE RISORGIVE	P&T	MENSILE	MONITORAGGIO IMPIANTO	SCARICO ROGGIA	IDROCARBURI TOTALI, SOLVENTI ORGANICI AROMATICI, MtBE
		RF + CAMPIONAMENTO	BIMESTRALE, PER I PRIMI 8 MESI, A SEGUIRE QUADRIMESTRALE	ACQUE SOTT.	PZ25, PZ26 (SE REALIZZATI)	IDROCARBURI TOT. N-ESANO, BTEX, MtBE
		RF + CAMPIONAMENTO	BIMESTRALE, PER I PRIMI 8 MESI, A SEGUIRE QUADRIMESTRALE	ACQUE SOTT.	PZ5, PZ7, PZ8, PZ9, PZ10, PZ11, PZ12, PZ13, PZ14, PZ15, PZ25, PZ26	IDROCARBURI TOT. N-ESANO, BTEX, MtBE
3	RISORGIVE BOSCO-AREE ESTERNE	CONTROLLO RF	MENSILE PER I PRIMI 8 MESI	ACQUE SOTT.	PZ21	-
		RF + CAMPIONAMENTO	BIMESTRALE PER I PRIMI 8 MESI, QUADRIMESTRALE A SEGUIRE	ACQUE SOTT.	PZ22Bis, PZ23, PZ24	IDROCARBURI TOT. N-ESANO, BTEX, MtBE
		CONTROLLO	VARIABILE	ACQUE SUPERFICIALI	VEDERE TABELLA 7.12	
4	AREE ESTERNE	RF + CAMPIONAMENTO	QUADRIMESTRALE	ACQUE SOTT.	PZ17, PZ18, PZ19, PZ20, NUOVO POZZO SIG. CATTANEO	IDROCARBURI TOT. N-ESANO, BTEX, MtBE

## 12 MONITORAGGIO DELLE ACQUE SUPERFICIALI

Per la verifica dello stato qualitativo delle acque superficiali proseguiranno per tutta la durata delle attività di bonifica previste dal progetto Fase I i monitoraggi periodici delle acque di risorgiva/ruscellamento/trincee e del corso d'acqua Roggia Rabica, con la frequenza indicata in tabella 12.1.

I monitoraggi saranno effettuati con le medesime modalità attualmente applicate.

A tale scopo, in roggia e in prossimità delle sorgenti sono presenti dei punti rappresentativi che sono stati costantemente monitorati/campionati nel corso dello svolgimento delle attività di messa in sicurezza, la cui ubicazione è riportata in Tavola 01.

Il piano di monitoraggio in oggetto potrà essere modificato/integrato/variato in funzione degli esiti dei monitoraggi effettuati ed in base alle esigenze specifiche che si potrebbero determinare nel corso dell'esecuzione del progetto Fase I e delle indagini integrative sarà pertanto rivalutato/integrato nel progetto di bonifica Fase II.

**TABELLA 12.1:** IDENTIFICAZIONE DEI PUNTI DI MONITORAGGIO DELLE ACQUE SUPERFICIALI

PUNTO INDAGINE	FREQUENZA	UBICAZIONE PUNTI DI CAMPIONAMENTO
Sorgenti		
Sorgente Media	Bimestrale	risorgiva denominata Sorgente Media
Sorgente Alta		risorgiva denominata Sorgente Alta
Sorgente S3A		risorgiva denominata S3(A)
Sorgente N		risorgiva denominata Sorgente N
Ruscellamenti		
SMVP	Quadrimestrale	ruscellamento della Sorgente Media, in prossimità della confluenza del ruscellamento in Roggia Rabica
Sorgente Alta Valle (SALT Valle)		ruscellamento della Sorgente Alta, a valle del Sistema SAMIS
SAVP Valle		ruscellamento della Sorgente Alta, in prossimità della confluenza del ruscellamento in Roggia Rabica
SNP Valle		n. 2 ruscellamenti posti lateralmente al ruscellamento della Sorgente Alta, in prossimità della confluenza degli stessi in Roggia Rabica
SOP Valle		
S3Valle/RS3		ruscellamento della risorgiva Sorgente S3A, in prossimità della confluenza del ruscellamento in Roggia Rabica
Trincee		
Trincea 1	Quadrimestrale	Trincea 1
Trincea 2		Trincea 2A, Trincea 2B, Trincea 2C
Roggia Rabica		
RRAM_b/RAB1	Quadrimestrale	Zona monte
RRA0	Quadrimestrale	valle dei punti di immissione dei ruscellamenti d’interesse in Roggia Rabica
RRA4/RAB4	Bimestrale	valle della zona ponticello di Prato Ronco
RRA5/Rabica Valle	Bimestrale	valle, in zona Cascina Lasso



### 13 GESTIONE RIFIUTI

I rifiuti (solidi e/o liquidi) derivanti dalle attività svolte in sito saranno gestiti ai sensi della normativa vigente in materia di rifiuti e caratterizzati onde consentire l'attribuzione dei codici CER idonei per il loro smaltimento e/o recupero.

Di seguito, invece, si riporta la stima di rifiuti che potrebbero essere prodotti durante l'attuazione di quanto previsto dal presente Progetto di Bonifica Fase I.

Nel caso in cui si dovessero produrre rifiuti non indicati nel presente capitolo gli stessi saranno gestiti a norma di legge.

**TABELLA 13.1 – STIMA PRODUZIONE RIFIUTI**

CER	Descrizione CER	Stima quantità (t)
<b>Reflui liquidi prodotti dalla conduzione degli impianti di bonifica (acqua controlavaggio filtri a carboni attivi, ecc.)</b>		
16.10.02	Soluzioni acquose di scarto, diverse da quelle di cui alla voce 16.10.01*	50
19.13.08	Rifiuti liquidi acquosi e concentrati acquosi prodotti dalle operazioni di risanamento delle acque di falda, diversi da quelli di cui alla voce 191307*	5
19.13.07*	Rifiuti liquidi acquosi e concentrati acquosi prodotti dalle operazioni di risanamento delle acque di falda, contenenti sostanze pericolose	n.d.
<b>Materiali solidi prodotti dalla conduzione degli impianti di bonifica (carboni attivi esausti, ecc.)</b>		
19.13.02	Rifiuti solidi prodotti dalle operazioni di bonifica dei terreni, diversi da quelli di cui alla voce 191301*	10
<b>Reflui emunti da spurghi piezometri ubicati in area esterna</b>		
16.10.02	Soluzioni acquose di scarto, diverse da quelle di cui alla voce 16.10.01*	20
<b>Panne, fogli e materiale assorbente vario, sostituite in area risorgive e lungo la roggia</b>		
15.02.03	Assorbenti, materiali filtranti, stracci e indumenti protettivi, diversi da quelli di cui alla voce 15.02.02*	10
<b>Terreno derivante dalle operazioni di bonifica presso Area Effrazione</b>		
17.05.04	Terre e rocce diverse da quelle di cui alla voce 17.05.03*	200-400
17.05.03*	Terra e rocce, contenenti sostanze pericolose	n.d.
<b>Materiali plastici (tubazioni in polietilene, teli plastici in generale, recinzioni ecc.)</b>		
17.02.03	Plastica	5
17.02.04*	vetro, plastica e legno contenenti sostanze pericolose o da esse contaminati	n.d.

## 14 COLLAUDI, MONITORAGGI POST OPERAM E RIPRISTINO DELLE AREE OGGETTO DI BONIFICA

Si rimanda al Progetto di Bonifica Fase II per la definizione degli interventi di collaudo, per la pianificazione definitiva del monitoraggio post-operam e per la descrizione degli interventi di ripristino da effettuarsi in funzione delle attività che saranno previste nella Fase II del progetto.

### 14.1 AREA EFFRAZIONE

#### 14.1.1 Suolo Superficiale - Collaudo scavi

Il collaudo dei terreni sarà effettuato immediatamente a seguito delle attività di scavo, mediante il prelievo in contraddittorio con le PPAA di un numero di campioni da stabilire in accordo con gli stessi, in funzione degli areali di scavo effettivamente realizzati.

Si propone la seguente modalità di collaudo:

- prelievo di n.5 campioni di terreno dall'hot spot SC2FA (n.4 da ogni parete di scavo e n.1 dal fondo scavo);
- prelievo di n.10 campioni di terreno lungo le pareti delle tratte dell'areale di scavo;
- prelievo di n.4 campioni di terreno dal fondo scavo posto a – 1 m da p.c.;
- prelievo di n.2 campioni di terreno dal fondo scavo posto alla profondità d – 2 m da p.c.

In funzione dell'effettiva estensione dell'area di scavo determinata dalle operazioni di verifica effettuate in campo durante gli scavi (fotoionizzatore e/o laboratorio mobile), il numero ed i punti di campionamento per il collaudo potranno essere incrementati e la loro ubicazione sarà definita in accordo con le PPAA.

In Tavola 3C è riportata l'ubicazione dei campioni di collaudo proposti.

I campioni di terreno prelevati saranno sottoposti ad analisi, utilizzando le metodiche analitiche già consolidate per il sito per ogni composto, per la determinazione dei seguenti parametri analitici:

- Idrocarburi tot. n-esano;
- BTEX;
- MtBE.

Al fine di agevolare il prelievo di campioni in contraddittorio, a validazione delle attività di bonifica eseguite, agli Enti di controllo sarà comunicata con congruo anticipo la data di esecuzione delle attività.

## 15 DURATA DEGLI INTERVENTI PROPOSTI NEL PROGETTO FASE I

La durata degli interventi proposti nel Progetto di Bonifica Fase I (comprensiva della realizzazione delle indagini integrative, test pilota di campo, analisi dei dati e tempistiche di redazione del progetto) sarà dell'ordine di 12 ÷ 16 mesi, entro i quali sarà presentato il Progetto di Bonifica Fase II.

Nel progetto Fase II saranno definite le tempistiche definitive della durata di tutti gli interventi di bonifica proposti. Nel caso in cui entro i 12 ÷ 16 mesi non si fosse pervenuti all'approvazione del Progetto di Bonifica Fase II, le attività previste nel progetto Fase I proseguiranno senza soluzione di continuità fino all'approvazione dello stesso.

Nella tabella 15.1 si riportano le stime della durata degli interventi previsti dal progetto Fase I suddivisa per attività.

**TABELLA 15.1.** DURATA DEGLI INTERVENTI

	AREA	ATTIVITÀ	TEMPISTICHE
EFFRAZIONE	SORGENTE 2S INSATURO SUPERFICIALE	SCAVO E SMALTIMENTO	1 – 2 MESI
	ACQUE SOTTERRANEE	P&T+REIMMISSIONE	12 – 16 MESI *
	SORGENTE 2P INSATURO PROFONDO	TEST PILOTA BV E SF	3 MESI
	SOTTOSUOLO/ACQUE SOTTERRANEE	INDAGINI INTEGRATIVE	5 GG
MONTE RISORGIVE	ACQUE SOTTERRANEE	P&T - MISE	16 MESI*
	SOTTOSUOLO/ACQUE SOTTERRANEE	INDAGINI INTEGRATIVE	10 GG
	SORGENTE 2P INSATURO PROFONDO	IN ATTESA TEST PILOTA BV	-
AREA RISORGIVE	SORGENTE 1P INSATURO PROFONDO	IN ATTESA TEST PILOTA BV	-
	SOTTOSUOLO/ACQUE SOTTERRANEE	INDAGINI INTEGRATIVE	5 GG
	ACQUE SOTTERRANEE	P&T PZ21- RIMOZIONE PRODOTTO	12 – 16 MESI*
	SOTTOSUOLO/ACQUE SOTTERRANEE	FITORISANAMENTO – AREA INCOLTO	1 GG

(\*) durata soggetta alla presentazione del Progetto di Bonifica Fase II.

A seguito dell'approvazione del Progetto di Bonifica Fase I e precedentemente l'inizio dei lavori sarà presentato un cronoprogramma di dettaglio in cui saranno esplicitati i programmi d'intervento.

## 16 STIMA DEI COSTI

In Tabella 4 allegata al presente documento si riporta la stima complessiva, suddivisa per attività ed aree di applicazione, dei costi per la gestione e realizzazione delle attività di bonifica, esecuzione indagini integrative e realizzazione test pilota di campo previste nel progetto Fase I.

Il progetto prevede l'applicazione di differenti tecnologie di bonifica e tempistiche differenziate che possono essere modificate in corso d'opera così come descritto nei capitoli precedenti, pertanto il computo metrico qui riportato è da intendersi una stima e suscettibile di modifiche in funzione delle variazioni che potrebbero rendersi necessarie in corso d'opera. Ad esempio, gli effettivi volumi del terreno rimosso presso la zona effrazione e smaltiti come rifiuto potranno essere confermati solo a fine attività ed in funzione dei quantitativi realmente scavati.

A valle della realizzazione delle indagini integrative e dell'esito dei test pilota di campo, nel Progetto di Bonifica Fase II, la stima dei costi sarà aggiornata ed integrata in funzione delle scelte progettuali definitive.

## 17 CONCLUSIONI

La scrivente IT Group, su incarico di Eni, ha redatto per l'effrazione dell'Oleodotto 10" Sannazzaro-Rho, in località Cascina Cerina di Sopra, Comune di Morimondo (MI), notificata da Eni ai sensi degli articoli 242 e 245 del D.Lgs. 152/06 (Sito), il presente documento "*Progetto Operativo di Bonifica Fase I*", ai sensi del D.Lgs. 152/06 e in ottemperanza a quanto indicato nella Determina del Comune di Morimondo n. 131 del 23/07/2018 di "Approvazione della Revisione analisi di rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06".

Il Progetto di Bonifica Fase I prevede l'attuazione di interventi di bonifica localizzati in alcune delle aree del sito in esame, delle indagini integrative per la delimitazione a piccola scala della distribuzione della contaminazione in porzioni del sito e la realizzazione di test pilota di campo per la verifica dell'applicabilità, dell'efficienza ed efficacia delle tecnologie di bonifica proposte nel presente elaborato.

Con i dati che saranno raccolti a seguito della realizzazione delle indagini integrative ed in seguito dell'esito dei test pilota di campo sarà redatto il Progetto di Bonifica Fase II che individuerà definitivamente tutti gli interventi tecnici necessari per ottenere il raggiungimento degli obiettivi di bonifica individuati.

## **TABELLE**

<b>TABELLA 1A</b>	Andamento delle concentrazioni di contaminanti nelle acque sotterranee
<b>TABELLA 1B</b>	Andamento delle concentrazioni di contaminanti nelle acque sotterranee
<b>TABELLA 2</b>	Riepilogo analisi effettuate sui terreni
<b>TABELLA 3</b>	Screening matrix delle tecnologie proposte
<b>TABELLA 4</b>	Computo metrico
<b>TABELLA 5</b>	Cronoprogramma

## **TAVOLE**

<b>TAVOLA 1</b>	Planimetria generale del sito con ubicazione dei punti di monitoraggio/campionamento (acque sotterranee e superficiali)
<b>TAVOLA 1A</b>	Planimetria del sito con ubicazione piezometri su stralcio di mappa catastale
<b>TAVOLA 1B1</b>	Planimetria del sito con definizione del sito potenzialmente contaminato e dei mappali di riferimento – Suolo superficiale – Area Effrazione
<b>TAVOLA 1B2</b>	Planimetria del sito con definizione del sito potenzialmente contaminato e dei mappali di riferimento – Suolo profondo – Area Effrazione
<b>TAVOLA 1C</b>	Planimetria del sito con definizione del sito potenzialmente contaminato e dei mappali di riferimento – Suolo profondo – Monte risorgive
<b>TAVOLA 1D</b>	Planimetria del sito con definizione del sito potenzialmente contaminato e dei mappali di riferimento – Suolo profondo – Area risorgive bosco
<b>TAVOLA 1E</b>	Planimetria del sito con ubicazione piezometri su stralcio di mappa catastale
<b>TAVOLA 2 A</b>	Carta piezometrica del maggio 2018
<b>TAVOLA 2B</b>	Carte piezometrica del luglio 2018
<b>TAVOLA 2C</b>	Carte piezometrica del settembre 2018
<b>TAVOLA 2D</b>	Carte piezometrica del dicembre 2018
<b>TAVOLA 2E</b>	Carte piezometrica del marzo 2019
<b>TAVOLA 3A1</b>	Poligoni di Thiessen suolo insaturo superficiale - Area Effrazione
<b>TAVOLA 3A2</b>	Area Sorgente suolo insaturo superficiale - Area Effrazione
<b>TAVOLA 3B</b>	Areale di scavo proposto, suolo insaturo superficiale – Area effrazione
<b>TAVOLA 3C</b>	Ubicazione punti di collaudo proposti dello scavo del terreno insaturo superficiale presso Area Effrazione

---

Sito: Oleodotto 10" Sannazzaro-Rho, Comune di Morimondo (MI)

Committente: Eni SpA

Oggetto: Progetto Operativo di Bonifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 – FASE I

Maggio 2019



<b>TAVOLA 4A1</b>	Poligoni di Thiessen sottosuolo insaturo profondo - Area Effrazione
<b>TAVOLA 4A2</b>	Areale da sottoporre a bonifica sottosuolo insaturo profondo – Area Effrazione
<b>TAVOLA 5</b>	Ubicazione indagini integrative Area Effrazione maglia 5x5 m
<b>TAVOLA 6</b>	Barriera idraulica ed ubicazione pozzi di reimmissione - Area Effrazione
<b>TAVOLA 6A</b>	Layout impianto di P&T stato attuale
<b>TAVOLA 6B</b>	Stralcio P&ID della barriera idraulica stato attuale
<b>TAVOLA 7</b>	Layout preliminare dell'impianto di reimmissione
<b>TAVOLA 8</b>	P&ID preliminare dell'impianto di reimmissione
<b>TAVOLA 9A</b>	Ubicazione campo prova test pilota SF
<b>TAVOLA 9B</b>	Ubicazione campo prova test pilota BV
<b>TAVOLA 10</b>	Ubicazione indagini integrative Area Monte Risorgive maglia 10x10 m
<b>TAVOLA 11A1</b>	Poligoni di Thiessen sottosuolo insaturo profondo presso Area Monte Risorgive e Risorgive
<b>TAVOLA 11A2</b>	Areale di contaminazione sottosuolo insaturo profondo presso Area Monte Risorgive
<b>TAVOLA 12A</b>	Poligoni di Thiessen sottosuolo insaturo superficiale presso Area Risorgive
<b>TAVOLA 12B</b>	Areale di contaminazione sottosuolo insaturo profondo presso Area Risorgive
<b>TAVOLA 13</b>	Schema Processo di Fitorisanamento
<b>TAVOLA 14</b>	Fitorisanamento/Compensazione – Area Risorgive
<b>TAVOLA 15</b>	Fitorisanamento con piantumazione Pioppi/Ontani
<b>TAVOLA 16</b>	Fitorisanamento con Phragmites
<b>TAVOLA 17</b>	Attività compensativa Piantumazione
<b>TAVOLA 18</b>	Schema di impianto (1 ha) Pioppi/Ontani

## **ALLEGATI**

<b>ALLEGATO A</b>	Determina del Comune di Morimondo n. 131 del 23/07/2018 di “Approvazione della Revisione analisi di rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06”
<b>ALLEGATO B</b>	Schede di sicurezza Ivey-sol® 103 e Ivey-sol® 106

---

Sito: Oleodotto 10” Sannazzaro-Rho, Comune di Morimondo (MI)

Committente: Eni SpA

Oggetto: Progetto Operativo di Bonifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 – FASE I

Maggio 2019

**APPENDICI – omissis (seguirà invio tramite CD-rom)**

**APPENDICE 1**            Modello di flusso

**APPENDICE 2**            Studio Bibliografico Fitorisanamento

**APPENDICE 3**            Studio Microbiologico - Università degli Studi di Milano

---

Sito:                    Oleodotto 10” Sannazzaro-Rho, Comune di Morimondo (MI)

Committente:    Eni SpA

Oggetto:            Progetto Operativo di Bonifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 – FASE I

Maggio 2019

## **TABELLE**

**TABELLA 1A** Andamento delle concentrazioni di contaminanti nelle acque sotterranee

---

Sito: Oleodotto 10" Sannazzaro-Rho, Comune di Morimondo (MI)  
Committente: Eni SpA  
Oggetto: Progetto Operativo di Bonifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 – FASE I

Maggio 2019

**Tabella riepilogativa risultati analitici**  
**Acque Sotterranee**  
**(Maggio - Ottobre 2018)**

Punto di campionamento Codice SIF	Data di prelievo campione	Benzene	Etilbenzene	Stirene	Toluene	para-Xilene	MtBE *	HC TOT (n esano)
		µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
	CSC **	1	50	25	15	10	40	350
<b>PIEZOMETRI IN AREA EFFRAZIONE</b>								
<b>PZ1</b> <b>0151500091</b>	14/05/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	< 20
	09/07/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	24/09/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
<b>PZ2 (in emungimento P&amp;T)</b> <b>0151500092</b>	09/05/2018	non campionato (presenza prodotto in fase libera)						
	09/07/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	24/09/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
<b>PZ3</b> <b>0151500093</b>	09/05/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	09/07/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	24/09/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
<b>PZ4 (in emungimento P&amp;T)</b> <b>0151500094</b>	09/05/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	09/07/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	24/09/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
<b>PZ6 (in emungimento P&amp;T)</b> <b>0151500096</b>	09/05/2018	non campionato (presenza prodotto in fase libera)						
	09/07/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	24/09/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
<b>PZ16</b> <b>0151500106</b>	09/05/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	09/07/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	24/09/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
<b>PIEZOMETRI IN AREA MONTE RISORGIVE</b>								
<b>PZ5 (in emungimento P&amp;T)</b> <b>0151500095</b>	09/05/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	11/07/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	24/09/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
<b>PZ7 (in emungimento P&amp;T)</b> <b>0151500097</b>	09/05/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	11/07/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	24/09/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
<b>PZ8 (in emungimento P&amp;T)</b> <b>0151500098</b>	10/05/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	11/07/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	24/09/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
<b>PZ9 (in emungimento P&amp;T)</b> <b>0151500099</b>	10/05/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	11/07/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	24/09/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
<b>PZ10 (in emungimento P&amp;T)</b> <b>0151500100</b>	09/05/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,3	< 20
	11/07/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	24/09/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
<b>PZ11 (in emungimento P&amp;T)</b> <b>0151500101</b>	09/05/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	10/07/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	24/09/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
<b>PZ12</b> <b>0151500102</b>	14/05/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	< 20
	09/07/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	< 20
	25/09/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
<b>PZ13</b> <b>0151500103</b>	09/05/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	10/07/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	24/09/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
<b>PZ14</b> <b>0151500104</b>	09/05/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,9	< 20
	09/07/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	24/09/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
<b>PZ15</b> <b>0151500105</b>	09/05/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	09/07/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	24/09/2018	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20

\* Il limite proposto da ISS per MTBE nelle acque di falda è 40 µg/l (Parere ISS del 12/09/2006 n. 45848).

\*\* CSC per le acque sotterranee sono normate dall'allegato 5 al titolo V della parte quarta del DLgs 152/2006

**Tabella riepilogativa risultati analitici**  
**Acque Sotterranee**  
**(Maggio - Ottobre 2018)**

Punto di campionamento Codice SIF	Data di prelievo campione	Benzene	Etilbenzene	Stirene	Toluene	para-Xilene	MtBE *	HC TOT (n esano)
	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
	CSC **	1	50	25	15	10	40	350
<b>PIEZOMETRI IN AREA ESTERNA</b>								
<b>PZ17</b> <b>0151500107</b>	<b>10/05/2018</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	<b>09/07/2018</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	<b>25/09/2018</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
<b>PZ18</b> <b>0151500108</b>	<b>10/05/2018</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	<b>09/07/2018</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	<b>25/09/2018</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
<b>PZ19</b> <b>0151500109</b>	<b>10/05/2018</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	<b>09/07/2018</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	<b>25/09/2018</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
<b>PZ20</b> <b>0151500110</b>	<b>10/05/2018</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	<b>09/07/2018</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	<b>25/09/2018</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
<b>PIEZOMETRI IN AREA RISORGIVE (AREA BOSCO)</b>								
<b>PZ21 (in emungimento P&amp;T)</b> <b>0151500111</b>	<b>10/05/2018</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	2,2	208
	<b>11/07/2018</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	263
	<b>24/09/2018</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
<b>PZ22 bis</b> <b>0151500117</b>	<b>10/05/2018</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	<b>10/07/2018</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	<b>26/09/2018</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
<b>PZ23 (in emungimento P&amp;T)</b> <b>0151500113</b>	<b>09/05/2018</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	<b>11/07/2018</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	<b>24/09/2018</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
<b>PZ24 (in emungimento P&amp;T)</b> <b>0151500114</b>	<b>09/05/2018</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	115
	<b>10/07/2018</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	<b>24/09/2018</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
<b>POZZI PRIVATI</b>								
<b>Pozzo Nuovo Sig. Cattaneo</b>	<b>10/05/2018</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	<b>11/07/2018</b>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 20
	<b>10/10/2018</b>	non campionato (assenza proprietario)						

\* Il limite proposto da ISS per MTBE nelle acque di falda è 40 µg/l (Parere ISS del 12/09/2006 n. 45848).

\*\* CSC per le acque sotterranee sono normate dall'allegato 5 al titolo V della parte quarta del DLgs 152/2006





TABELLA 2      Riepilogo analisi effettuate sui terreni

---

Sito:                    Oleodotto 10” Sannazzaro-Rho, Comune di Morimondo (MI)  
Committente:    Eni SpA  
Oggetto:            Progetto Operativo di Bonifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 – FASE I

Maggio 2019

Tabella 1  
Tabella riepilogativa dei risultati analitici dei terreni



Piezometro	Campione (profondità di prelievo)	Data prelievo	Benzene	Etilbenzene	Stirene	Toluene	Xilene	Solventi organici aromatici (Sommatoria organici aromatici)	Idrocarburi C<12	Idrocarburi C>12	MtBE **
			mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS
CSC *			0,1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	10	50	10
PIEZOMETRI UBICATI NELLA ZONA DI EFFRAZIONE											
PZ1	PZ1 (0 - 1 m)	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
	PZ1 (2 - 3 m)	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
	PZ1 (4 - 5 m)	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
PZ2	PZ2 (2 - 3 m)	08/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	28,9	2300,0	<0,1
PZ3	PZ3 (0 - 1 m)	08/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
	PZ3 (2 - 3 m)	08/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
	PZ3 (4 - 5 m)	08/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
PZ4	PZ4 (0 - 1 m)	08/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
	PZ4 (2,2 - 3,2 m)	08/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
	PZ4 (4,4 - 5,4 m)	08/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
PZ6	PZ6 (0 - 1)	15/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
	PZ6 (2 - 3)	15/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
	PZ6 (4,3 - 5,3)	15/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
PIEZOMETRI UBICATI NELLA ZONA RISORGIVE											
PZ5	PZ5 (0 - 1 m)	13/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
	PZ5 (2,5 - 3,5 m)	13/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
	PZ5 (5 - 6 m)	13/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
PZ7	PZ7 (0 - 1 m)	19/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
	PZ7 (2,5 - 3,5 m)	19/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
	PZ7 (5,2 - 6,2)	19/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	77,7	1116,6	0,2
PZ8	PZ8 (0 - 1 m)	19/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
	PZ8 (2,5 - 3,5 m)	19/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
	PZ8 (5,2 - 6,2)	19/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	8,8	165,9	0,3
PZ9	PZ9 (0 - 1 m)	02/11/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1	<5	<0,10
	PZ9 (2,5 - 3,5 m)	02/11/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1	<5	<0,10
	PZ9 (5,2 - 6,2)	02/11/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1	19,3	<0,10
PZ10	PZ9 (0 - 1 m)	29/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1	<5	<0,1
	PZ9 (2,5 - 3,5 m)	29/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1	<5	<0,1
	PZ9 (5,2 - 6,2)	29/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1	<5	<0,1
PZ11	PZ5 (0 - 1 m)	28/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1	<5	<0,1
	PZ5 (2,5 - 3,5 m)	28/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1	<5	<0,1
	PZ5 (5 - 6 m)	28/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1	<5	<0,1

\* CSC per i suoli ad uso verde pubblico, privato e residenziale sono normate dalla colonna A dell'Allegato 5 al titolo V della parte quarta del DLgs 152/2006  
\*\* Il limite proposto da ISS per MTBE nei terreni per suoli ad uso verde pubblico privato e residenziale è 10 mg/kg (Parere ISS del 2001 n. 57058 IA/12).

Tabella 1  
Tabella riepilogativa dei risultati analitici dei terreni



Punto di prelievo	Campione (profondità di prelievo)	Data prelievo	Benzene	Etilbenzene	Stirene	Toluene	Xilene	Solventi organici aromatici (Sommatografia organici aromatici)	Idrocarburi C<12	Idrocarburi C>12	MTBE **
			mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS
CSC *			0,1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	10	50	10
SCAVI											
S1PA (parete)	S1PA1 (0 -1)	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
	S1PA1 (1 - 2,8)	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	189,8	2170,0	0,6
S1PB (parete)	S1PB (0 - 1)	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	3,8	822,7	<0,1
	S1PB (1 - 2,8)	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	140,4	1660,0	<0,1
S1PC (parete)	S1PC1 (0 - 1)	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
	S1PC1 (1 - 2,8)	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
S1PD (parete)	S1PD (0 -1)	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
	S1PD (1 - 2,8)	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	390,7	7,9	<0,1
S1PFA (fondo)	S1PFA1 (-2,8)	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	188,6	5490,0	1,5
	S1PFA2 (-2,8)	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	242,8	<5,0	7,8
SAGGI											
Saggi	Saggio 1 (-2 m)	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
	Saggio 2 (-2 m)	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
	Saggio 3 (-2 m)	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
FOSSO / CANALETTA											
Fosso	campione fosso 1 (1,2 m)	05/10/2015	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	6,49	< 10	4,71
	campione fosso 2 (1,8 m)	05/10/2015	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 5	< 10	0,21
Canaletta 1 tratto 1	SC1PA1	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	63,6	<0,1
	SC1PB1	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	1240	0,2
	SC1F1 (-1,8 m)	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	66,8	3532	<0,1
Canaletta 1 tratto 2	SC1PA2	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	64,5	6375	0,1
	SC1PB2	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	81,2	3217,3	0,3
	SC1F2 (-1,8 m)	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	76,3	2934,9	0,1
Canaletta 1 tratto 3	SC1PA3	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	59,3	<0,1
	SC1PB3	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	0,1
	SC1F3 (-1,8 m)	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
Canaletta 1 tratto 4	SC1PA4	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
	SC1PB4	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	0,2
	SC1PF4 (-1,8 m)	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
Canaletta 1 tratto 5	SC1PA5	08/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
	SC1PB5	08/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
	SC1F5 (-1,8 m)	08/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
Canaletta 2 tratto 1	SC2PA	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	0,1
	SC2PB	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<1,0	<5,0	<0,1
	SC2FA (-1 m)	06/10/2015	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	36,6	<5,0	0,2

\* CSC per i suoli ad uso verde pubblico, privato e residenziale sono normate dalla Colonna A dell'Allegato 5 al titolo V della parte quarta del DLgs 152/2006

\*\* Il limite proposto da ISS per MTBE nei terreni per suoli ad uso verde pubblico privato e residenziale è 10 mg/kg (Parere ISS del 2001 n. 57058 IA/12).

Tabella 1  
Tabella riepilogativa dei risultati analitici dei terreni



Piezometro	Campione (profondità di prelievo)	Data prelievo	Benzene	Etilbenzene	Stirene	Toluene	Xilene	Solventi organici aromatici (Sommatoria organici aromatici)	Idrocarburi C<12	Idrocarburi C>12	MBE **
			mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS
CSC *			0,1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	10	50	10
PZ12	PZ12 (0 - 1 m)	15/06/2016	<0,0056	<0,0056	<0,0056	<0,0056	<0,03	<0,05	<1,1	18,2	<0,0056
	PZ12 (2,5 - 3,5 m)	15/06/2016	<0,0043	<0,0043	<0,0043	<0,0043	<0,03	<0,05	<0,87	<8	<0,0043
	PZ12 (5,5 - 6,5 m)	15/06/2016	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,03	<0,05	<1	18,7	<0,0050
PZ13	PZ13 (2,5 - 3,5 m)	14/06/2016	<0,0053	<0,0053	<0,0053	<0,0053	<0,03	<0,05	<1,1	8,1	<0,0053
	PZ13 (5,0 - 6,0 m)	15/06/2016	<0,0044	<0,0044	<0,0044	<0,0044	<0,03	<0,05	<0,89	<8,4	<0,0044
PZ14	PZ14 (0 - 1 m)	14/06/2016	<0,0065	<0,0065	<0,0065	<0,0065	<0,03	<0,05	<1,3	20	<0,0065
	PZ14 (2,5 - 3,5 m)	14/06/2016	<0,0053	<0,0053	<0,0053	<0,0053	<0,03	<0,05	<1,1	11,9	<0,0053
	PZ14 (5,0 - 6,0 m)	15/06/2016	<0,0048	<0,0048	<0,0048	<0,0048	0,112	0,112	103	1130	<0,0048
PZ15	PZ15 (0 - 1 m)	20/06/2016	<0,0043	<0,0043	<0,0043	0,0049	<0,03	<0,05	<0,85	9,1	<0,0043
	PZ15 (2,0 - 3,0 m)	20/06/2016	<0,0051	<0,0051	<0,0051	0,0059	<0,03	<0,05	<1	<8,3	<0,0051
	PZ15 (4,0 - 5,0 m)	20/06/2016	<0,0042	<0,0042	<0,0042	0,0047	<0,03	<0,05	<0,83	<8,1	<0,0042
PZ16	PZ16 (0 - 1 m)	20/06/2016	<0,0063	<0,0063	<0,0063	0,0077	<0,03	0,077	<1,3	23,6	<0,0063
	PZ16 (2,0 - 3,0 m)	20/06/2016	<0,0053	<0,0053	<0,0053	0,0062	<0,03	<0,05	<1,1	<8,4	<0,0053
	PZ16 (4,0 - 5,0 m)	20/06/2016	<0,0043	<0,0043	<0,0043	0,0053	<0,03	<0,05	<0,87	<8,4	<0,0047
BH1	BH1 (0 - 1 m)	16/06/2016	<0,0047	<0,0047	<0,0047	<0,0047	<0,03	<0,05	<0,95	11,5	<0,0047
	BH1 (2 - 3 m)	16/06/2016	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,03	<0,05	<1	11	<0,0050
	BH1 (4 - 5 m)***	16/06/2016	<0,0047	<0,0047	<0,0047	<0,0047	<0,03	<0,05	<0,94	<8,6	<0,0047
	BH1 (4 - 5 m)	16/06/2016	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,1	<1	<40	<0,02
BH2	BH2 (0 - 1 m)***	16/06/2016	<0,0063	<0,0063	<0,0063	<0,0063	<0,03	<0,05	<1,3	11,8	<0,0063
	BH2 (0 - 1 m)	16/06/2016	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,1	<1	<40	<0,02
	BH2 (2 - 3 m)	16/06/2016	<0,0044	<0,0044	<0,0044	<0,0044	<0,03	<0,05	<0,88	8,5	<0,0044
	BH2 (4 - 5 m)	16/06/2016	<0,0049	<0,0049	<0,0049	<0,0049	<0,03	<0,05	<0,97	<8,1	<0,0049
BH3	BH3 (0 - 1 m)**	16/06/2016	<0,0062	<0,0062	<0,0062	<0,0062	<0,03	<0,05	<1,2	36	<0,0062
	BH3 (0 - 1 m)	16/06/2016	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,1	<1	<40	<0,02
	BH3 (2 - 3 m)	16/06/2016	<0,0048	<0,0048	<0,0048	<0,0048	<0,03	<0,05	44	1030	<0,0048
	BH3 (3,5 - 4,5 m)***	16/06/2016	<0,0049	<0,0049	<0,0049	<0,0049	<0,03	<0,05	<0,99	51	<0,0049
	BH3 (3,5 - 4,5 m)	16/06/2016	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,1	<1	<40	<0,02
BH4	BH4 (0 - 1 m)	16/06/2016	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,03	<0,05	<1,1	<8,5	<0,0055
	BH4 (2 - 3 m)***	16/06/2016	<0,0052	<0,0052	<0,0052	<0,0052			<1	<8,1	<0,0052
	BH4 (2 - 3 m)	16/06/2016	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,1	<1	<40	<0,02
	BH4 (3,5 - 4,5 m)***	16/06/2016	<0,0053	0,0085	<0,0053	<0,0053	2,41	2,5	117	1690	<0,0053
	BH4 (3,5 - 4,5 m)	16/06/2016	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,1	<1	<40	<0,02
BH5	BH5 (0 - 1 m)	16/06/2016	<0,0048	0,014	<0,0048	0,0258	0,97	1,04	65	142	0,034
	BH5 (2 - 3 m)	16/06/2016	<0,0058	<0,0058	<0,0058	<0,0058	<0,03	<0,05	<1,2	21,9	<0,0058
	BH5 (3,5 - 4,5 m)***	16/06/2016	<0,0058	0,18	<0,0058	0,039	24,5	26,7	330	3750	<0,0058
	BH5 (3,5 - 4,5 m)	16/06/2016	<0,02	0,21	<0,02	0,15	-	2,2	183	1497	<0,02
PZ17	PZ17 (0 - 1 m)	20/04/2016	<0,0061	<0,0061	<0,0061	<0,0061	<0,03	<0,05	<1,2	11,6	<0,0061
	PZ17 (1 - 2 m)	20/04/2016	<0,0061	<0,0061	<0,0061	<0,0061	<0,03	<0,05	<1,2	15,7	<0,0061
PZ18	PZ18 (0 - 1 m)	20/04/2016	<0,0057	<0,0057	<0,0057	<0,0057	<0,03	<0,05	<1,1	8,6	<0,0057
	PZ18 (1 - 2 m)	20/04/2016	<0,0059	<0,0059	<0,0059	<0,0059	<0,03	<0,05	<1,2	<9	<0,0059
PZ19	PZ19 (0 - 1 m)	19/04/2016	<0,0057	<0,0057	<0,0057	<0,0057	<0,03	<0,05	<1,1	9,1	<0,0057
	PZ19 (1 - 2 m)	19/04/2016	<0,0080	<0,0080	<0,0080	<0,0080	<0,03	<0,05	<1,6	23,2	<0,0080
PZ20	PZ20 (0 - 1 m)	21/04/2016	<0,0063	<0,0063	<0,0063	<0,0063	<0,03	<0,05	<1,3	<8,8	<0,0063
	PZ20 (1 - 2 m)	21/04/2016	<0,0048	<0,0048	<0,0048	<0,0048	<0,03	<0,05	<0,95	<8,8	<0,0048
PZ21	PZ 21 (0 - 0,6 m)	27/04/2016	<0,0067	<0,0067	<0,0067	<0,0067	<0,03	<0,05	<1,3	46,5	<0,0067
	PZ 21 (0,6 - 1,6 m)	27/04/2016	<0,0068	0,116	<0,0068	0,237	0,75	1,1	50	277	0,0167
	PZ 21 (1,6 - 2,6 m)	27/04/2016	<0,0043	<0,0043	<0,0043	<0,0043	0,045	0,05	14,2	114	<0,0043
PZ22	PZ 22 (0 - 0,6 m)	28/04/2016	<0,014	<0,014	<0,014	<0,014	<0,03	<0,05	<2,7	52	<0,014
	PZ 22 (0,6 - 1,6 m)	28/04/2016	<0,0056	<0,0056	<0,0056	<0,0056	<0,03	<0,05	<1,1	17,6	0,0076
	PZ 22 (1,6 - 2,6 m)	28/04/2016	<0,0082	<0,0082	<0,0082	<0,0082	<0,03	<0,05	<1,6	19,1	<0,0082
PZ23	PZ 23 (0 - 1,0 m)	27/04/2016	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,03	<0,05	<1,1	12,1	<0,0055
	PZ 23 (1,0 - 2,0 m)	27/04/2016	<0,0047	<0,0047	<0,0047	<0,0047	<0,03	<0,05	<0,95	<8,1	<0,0047
	PZ 23 (2,0 - 3,0 m)	27/04/2016	<0,0049	<0,0049	<0,0049	<0,0049	<0,03	<0,05	<0,97	8,2	<0,0049
PZ24	PZ 24 (0 - 1,0 m)	28/04/2016	<0,0053	<0,0053	<0,0053	<0,0053	<0,03	<0,05	<1,1	43,9	<0,0053
	PZ 24 (2,0 - 3,0 m)	28/04/2016	<0,0043	<0,0043	<0,0043	<0,0043	<0,03	<0,05	<0,87	8,3	<0,0043
	PZ 24 (4,0 - 5,0 m)	28/04/2016	<0,0040	0,229	<0,0040	0,18	5,1	5,5	92	1020	<0,0040

risultati ARPA

\* CSC per i suoli ad uso verde pubblico, privato e residenziale sono normate dalla Colonna A dell'Allegato 5 al titolo V della parte quarta del DLgs 152/2006  
\*\* Il limite proposto da ISS per MTBE nei terreni per suoli ad uso verde pubblico privato e residenziale è 10 mg/kg (Parere ISS del 2001 n. 57058 IA/12).  
\*\*\* Campione prelevato in contraddittorio con ARPA

Tabella 1  
Tabella riepilogativa dei risultati analitici dei terreni



Punto di prelievo	Campione (profondità di prelievo)	Data prelievo	BENZENE	TOLUENE	ETILBENZENE	XILENI TOTALI	STIRENE	SOMMATORIA ORGANICI AROMATICI (ETILBENZENE, STIRENE, TOLUENE, XILENE)	M+P XILENE (DA CALCOLO)	O-XILENE	IDROCARBURI C>12	IDROCARBURI LEGGERI C<=12	MTBE **
			mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS	mg/kg SS
CSC *			0,1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	-	-	50	10	10
TERRENO SUPERFICIALE													
BH6	BH6 (0-1)***	22/11/2017	0,03	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	< 5,0	< 1,0	< 0,1
BH7	BH7 (0-1)***	22/11/2017	0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	< 5,0	< 1,0	< 0,1
BH8	BH8 (0-0,6)	21/11/2017	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	< 5,0	< 1,0	< 0,1
	BH8 (0,6-1)***	21/11/2017	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	12,9	< 1,0	< 0,1
	BH8 (0,5-1)	21/11/2017	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,02	<0,1	<0,04	<0,02	<40	<1	<0,02
BH9	BH9 (0-1)***	21/11/2017	0,03	0,36	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,36	< 0,08	< 0,05	< 5,0	< 1,0	< 0,1
BH11	BH11 (0-1)	22/11/2017	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	122	< 1,0	< 0,1
BH12	BH12 (0-1)	22/11/2017	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	< 5,0	< 1,0	< 0,1
S3	S3 (0-0,6)	20/11/2017	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	< 5,0	< 1,0	< 0,1
	S3 (0,6-1)	20/11/2017	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	< 5,0	< 1,0	< 0,1
S4	S4 (0-0,6)	20/11/2017	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	39,6	< 1,0	< 0,1
	S4 (0,6-1)	20/11/2017	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	< 5,0	< 1,0	< 0,1
S5	S5 (0-0,6)	20/11/2017	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	26	< 1,0	< 0,1
	S5 (0,6-1)	20/11/2017	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	< 5,0	< 1,0	< 0,1
S6	S6 (0-0,5)	20/11/2017	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	28,8	< 1,0	< 0,1
S7	S7 (0-1)	20/11/2017	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	25,7	< 1,0	< 0,1
S8	S8 (0-0,6)	20/11/2017	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	35,7	< 1,0	< 0,1
	S8 (0,6-1)	20/11/2017	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	159	< 1,0	< 0,1
S9	S9 (0-0,4)	20/11/2017	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	< 5,0	< 1,0	< 0,1
S10	S10 (0-0,5)	20/11/2017	0,02	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	< 5,0	< 1,0	< 0,1
S11	S11 (0-0,6)	20/11/2017	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	27	< 1,0	< 0,1
S12	S12 (0-0,6)	22/11/2017	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	< 5,0	< 1,0	< 0,1
TERRENO PROFONDO													
S7	S7 (1-1,5)	20/11/2017	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	19,5	< 1,0	< 0,1
S8	S8 (1-1,5)	20/11/2017	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	21,5	< 1,0	< 0,1
BH6	BH6 (2-3)***	22/11/2017	0,02	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	< 5,0	< 1,0	< 0,1
	BH6 (3,5-4,5)***	22/11/2017	0,02	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	< 5,0	< 1,0	< 0,1
	BH6 (3,5-4,5)	22/11/2017	-	-	-	-	-	-	-	-	<40	-	-
BH7	BH7 (2-3)***	22/11/2017	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	< 5,0	< 1,0	< 0,1
	BH7 (3,5-4,5)***	22/11/2017	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	< 5,0	< 1,0	< 0,1
	BH7 (3,5-4,5)	22/11/2017	-	-	-	-	-	-	-	-	<40	-	-
BH8	BH8 (2-3)***	21/11/2017	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	31,1	< 1,0	< 0,1
	BH8 (2-3)	21/11/2017	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,02	<0,1	<0,04	<0,02	<40	<1	<0,02
	BH8 bis (3,5-4,5)***	21/11/2017	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	64	< 1,0	< 0,1
	BH8 bis (3,5-4,5)	21/11/2017	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,02	<0,1	<0,04	<0,02	<40	<1	<0,02
BH9	BH9 (2-3)***	21/11/2017	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	< 5,0	< 1,0	< 0,1
	BH9 (3,5-4,5)***	21/11/2017	0,03	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	< 5,0	< 1,0	< 0,1
	BH9 (3,5-4,5)	21/11/2017	-	-	-	-	-	-	-	-	<40	-	-
BH10	BH10 (0,8 - 1,8)	22/11/2017	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	< 5,0	< 1,0	< 0,1
	BH10 (3-4)	22/11/2017	0,02	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	< 5,0	< 1,0	< 0,1
	BH10 (5,2-6,2)***	22/11/2017	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	< 5,0	< 1,0	< 0,1
	BH10 (5,2-6,2)	22/11/2017	-	-	-	-	-	-	-	-	<40	-	-
BH12	BH12 (2-3)	22/11/2017	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	8,5	< 1,0	< 0,1
	BH12 (3,5-4,5)	22/11/2017	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,08	< 0,05	< 5,0	< 1,0	< 0,1

\* CSC per i suoli ad uso verde pubblico, privato e residenziale sono normate dalla Colonna A dell'Allegato 5 al titolo V della parte quarta del DLgs 152/2006

\*\* Il limite proposto da ISS per MTBE nei terreni per suoli ad uso verde pubblico privato e residenziale è 10 mg/kg (Parere ISS del 2001 n. 57058 IA/12).

\*\*\* Campione prelevato in contraddittorio con ARPA

Tabella 3 - Screening matrix delle tecnologie proposte																						
												<div><div>The iT Group</div><div>Clear Intelligence</div></div>										
AREA	SORGENTE	MATRICE	granulometria/ permeabilità	estensione (m2)	profondità (m da p.c.)	volume (m3)	contaminate/concentrazione massima registrata	obiettivi di bonifica	percentuale da abbattere	note/criticità	Tecnologie	screening matrix (punteggio da 1 a 5)										TOTALE
												Fattibilità tecnica	Stato della tecnologia	Disponibilità dei fornitori	Applicabilità/Fattibilità alla matrice ambientale contaminata in esame	Applicabilità ai contaminanti in sito	Accettabilità da parte delle PPAA	Tempo di bonifica	O&M costs e Capital investments	Rapporto Costi/benefici	Sostenibilità	
EFFRAZIONE	2S	Suolo	sabbioso-ghiaioso	208	1	90-170	C>12 [6.375 mg/kg]	1.893,44 mg/kg	70%	area agricola/canale irriguo	Dig&Dump (con ripristino canale a bonifica completa)	5	5	5	5	5	5	5	4	1	45	
											Landfarming	5	5	5	2	3	4	2	3	3	4	36
											Bioventing (Biorisanamento)	1	5	5	1	3	1	3	2	1	4	26
											Soil flushing	1	5	5	1	3	1	3	3	1	4	27
											Phytoremediation	5	5	5	5	4	5	1	5	5	5	45
	2P	sottosuolo	sabbioso-ghiaioso	365	variabile tra 1 e 5	421	C>12 [5.490 mg/kg]	936,91 mg/kg	83%	area agricola/canale irriguo	Dig&Dump	2	5	5	3	5	2	5	1	1	1	30
							C<12 [390 mg/kg]	56,22 mg/kg	86%		Bioventing (Biorisanamento)	5	5	5	5	5	5	3	4	4	4	45
							Xileni [24,5 mg/kg]		19%		Soil flushing (con acque di reimmissione+surfactanti)	4	5	5	5	5	4	4	4	4	5	45
											Phytoremediation	5	5	5	5	5	5	2	5	5	5	47
	2A	acque sotterranee	1,2*10-3 m/s	-	5,5	-	prodotto surnatante	1.764,1 µg/l (per Benzene)	-	area agricola/canale irriguo	P&T (con reimmissione in falda)	5	5	5	5	5	5	5	3	3	4	45
											barriera permeabile reattiva	3	3	3	3	3	2	1	3	2	4	27
											Monitoraggio Attenuazione naturale	5	5	5	5	2	2	1	5	5	5	40
											AS/Bs (applicabilità limitata per presenza prodotto surnatante)	5	5	5	5	2	5	4	3	3	3	40
MONTE RISORGIVE	2P	sottosuolo	sabbioso-ghiaioso-limoso	3.400	da 5 a 6,2	3.400	C>12 [1.130 mg/kg]	936,91 mg/kg	17%	area agricola/canale irriguo	Dig&Dump	1	5	5	2	5	1	5	4	1	1	30
							C<12 [103 mg/kg]	56,22 mg/kg	45%		Bioventing (Biorisanamento)	5	5	5	5	5	5	3	4	4	4	45
							Phytoremediation	5	5		5	5	5	5	1	5	5	5	46			
RISORGIVE (BOSCO)	1P	sottosuolo	sabbioso-ghiaiaia	1.700	da 4 a 5	1.700	Xileni [5,10 mg/kg]	3,41 mg/kg	33%	area boschiva/versante acclive	Dig&Dump	1	5	5	2	5	1	5	4	1	1	30
											Bioventing (Biorisanamento) (ove possibile)	5	5	5	5	5	5	3	3	2	4	42
											Phytoremediation (ove possibile)	5	5	5	5	5	5	2	5	5	5	47
	1A	acque sotterranee	fra 1*10-4 m/s e 7*10-5 m/s			-	prodotto surnatante	546,67 µg/l (per p-Xilene)	-	area boschiva	emungimento (P&T) (ove possibile)	5	5	5	5	5	4	2	3	3	3	40
											AS/Bs	1	5	5	1	1	2	2	3	1	3	24
											barriera permeabile reattiva (ove possibile)	2	3	3	3	4	2	2	3	4	4	30
											barriere microbiologiche (ove possibile)	2	1	4	2	4	2	2	3	2	5	27
											Phytoremediation (ove possibile)	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	46

TABELLA 4      Computo Metrico

---

Sito:                    Oleodotto 10” Sannazzaro-Rho, Comune di Morimondo (MI)  
Committente:    Eni SpA  
Oggetto:            Progetto Operativo di Bonifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 – FASE I

Maggio 2019




Tabella 4 - Computo metrico							
<b>Documento:</b>		Progetto Operativo di Bonifica					
<b>Sito:</b>		Oleodotto 10” Sannazzaro-Rho, Comune di Morimondo (MI)					
AREA	ATTVITA'	Item	DESCRIZIONE	QUANTITA'	U.M.	IMPORTO UNITARIO	IMPORTO TOTALE
Area effrazione	Bonifica suolo superficiale	1	Accantieramento	1	forfait	€ 5.000,00	€ 5.000,00
		2	Scavo, carico terreno, sistemazione terreno di riempimento	5	gg	€ 2.000,00	€ 10.000,00
		3	Trasporto e smaltimento terreno di scavo (non pericoloso)	280	t	€ 120,00	€ 33.600,00
		4	Laboratorio mobile per caratterizzazione rifiuti	3	gg	€ 1.800,00	€ 5.400,00
		5	Attività di campionamento ed analisi per collaudo fondo scavo e pareti	1	forfait	€ 5.000,00	€ 5.000,00
		6	Fornitura e posa materiale granulare sottosuolo profondo	30	mc	€ 45,00	€ 5.000,00
		7	Fornitura e posa terreno vegetale per ritombamento scavo	100	mc	€ 55,00	€ 5.000,00
		8	Posa e sistemazione terreno per ritombamento	3	gg	€ 1.000,00	€ 3.000,00
		9	Modellazione e sistemazione canale irriguo	1	forfait	€ 1.000,00	€ 1.000,00
	Indagini integrative	10	Indagine mediante LIF e/o altra metodica compresi eventuali approfondimenti	1	forfait	€ 15.000,00	€ 15.000,00
	Test Pilota	11	Test pilota Bioventing (compresa installazione campo prova)	1	forfait	€ 15.000,00	€ 15.000,00
		12	Test pilota Soil Flushing (compresa installazione campo prova)	1	forfait	€ 20.000,00	€ 20.000,00
		13	Test pilota Soil Flushing + surfactanti (compresa installazione campo prova)	1	forfait	€ 10.000,00	€ 10.000,00
	Bonifica acque sotterranee	14	Realizzazione pozzi di reimmissione da 8" di diametro	2	cad	€ 8.000,00	€ 16.000,00
		15	Fornitura ed installazione impianto reimmissione	1	forfait	€ 25.000,00	€ 25.000,00
		16	Revamping ed adeguamento impianto di P&T	1	forfait	€ 10.000,00	€ 10.000,00
		17	Gestione e manutenzioni impianto di P&T e di reimmissione	16	mese	€ 1.500,00	€ 24.000,00
		18	Verifiche analitiche impianto P&T e reimmissione	96	cad	€ 100,00	€ 9.600,00
		19	Monitoraggi acque di falda	35	cad	€ 200,00	€ 7.000,00
	Gestione rifiuti	20	Gestione rifiuti prodotti dalle attività di bonifica, indagini ed esecuzione test	1	forfait	€ 3.000,00	€ 3.000,00
	<b>PROGETTO FASE II</b>	38	STIMA - Fase II impianto di BV per Hot spot e gestione per 12 mesi	1	forfait	€ 40.000,00	€ 40.000,00
	21	<b>Totale Parziale</b>				<b>€ 267.600,00</b>	
Area Monte Risorgive	Indagini integrative	22	Indagine mediante LIF e/o altra metodica compresi eventuali approfondimenti	1	forfait	€ 30.000,00	€ 30.000,00
		23	Realizzazione nuovi piezometri Pz25 e Pz26 e relativi campionamenti terreni	2	cad	€ 3.000,00	€ 6.000,00
	Bonifica acque sotterranee	24	Monitoraggi acque di falda	40	cad	€ 200,00	€ 8.000,00
		25	Gestione e manutenzioni barriera "Monte Risorgive"	16	mese	€ 1.000,00	€ 16.000,00
		26	Gestione rifiuti derivanti dalle attività di bonifica mediante P&T	1	forfait	€ 4.000,00	€ 4.000,00
	<b>PROGETTO FASE II</b>	38	STIMA - impianto di BV per Hot spot e gestione per 12 mesi	1	forfait	€ 65.000,00	€ 65.000,00
	27	<b>Totale Parziale</b>				<b>€ 129.000,00</b>	
Area Risorgive-Bosco	Bonifica suolo profondo e acque sotterranee	28	Monitoraggi acque di falda	41	cad	€ 100,00	€ 4.100,00
		29	Monitoraggi acque superficiali	72	cad	€ 100,00	€ 7.200,00
		30	Installazione pompa emungimento in Pz21	1	forfait	€ 8.000,00	€ 8.000,00
		31	Gestione e manutenzioni ordinaria/straordinaria emungimento Pz21	16	mese	€ 300,00	€ 4.800,00
		32	Gestione e manutenzione SAMIS	12	mese	€ 8.000,00	€ 96.000,00
		32BIS	posa Panne in attesa attecchimento Fitoremedio	12	mese	€ 3.000,00	€ 36.000,00
		33	Fitorimediazione:	1			
			In area PZ21, in corrispondenza dell'incolto, quale coadiuvante della bonifica: Piantumazione a pioppi ed ontani	1	forfait	€ 20.000,00	€ 20.000,00
			STIMA Fase II - Sorgente Alta: Impianto di fitodepurazione a Phragmites australis	1	forfait	€ 60.000,00	€ 60.000,00
		34	Gestione impianti fitorimediazione	1	forfait	€ 20.000,00	€ 20.000,00
		35	Gestione panne oleoassorbenti lungo i corsi d'acqua pre-fitorimediazione	1	forfait	€ 30.000,00	€ 30.000,00
		36	Gestione rifiuti prodotti dalle attività	1	forfait	€ 15.000,00	€ 15.000,00
		37	Compensazione con piantumazione e pulizia del Bosco	1	forfait	€ 60.000,00	€ 60.000,00
		38	Monitoraggi della componente Ecologica	1	forfait	€ 120.000,00	€ 120.000,00
<b>PROGETTO FASE II</b>	37	STIMA - impianto di BV per Hot spot 24 e gestione per 12 mesi	1	forfait	€ 25.000,00	€ 25.000,00	
Generale	Management/supervisioni	39	Attività di gestione bonifica, supervisioni di campo e redazione rapporti tecnici di monitoraggio	1	forfait	€ 160.000,00	€ 160.000,00
	Oneri PPAA	40	Oneri PPAA (analisi Arpa, Oneri istruttori ecc.)	1	forfait	€ 20.000,00	€ 20.000,00
	Fornitura corrente elettrica	41	Stima consumo corrente elettrica ed oneri di trasporto e sistema per tutta la durata della bonifica	1	forfait	€ 30.000,00	€ 30.000,00
	Direzione lavori	42	Oneri per direzione lavori	1	forfait	€ 20.000,00	€ 20.000,00
	Varie ed eventuali	43	Interventi straordinari ed imprevisti	1	forfait	€ 10.000,00	€ 10.000,00
		44	<b>Totale Parziale</b>				<b>€ 746.100,00</b>
		45	<b>TOTALE</b>				<b>€ 1.142.700,00</b>

TABELLA 5      Cronoprogramma

---

Sito:                    Oleodotto 10” Sannazzaro-Rho, Comune di Morimondo (MI)  
Committente:    Eni SpA  
Oggetto:            Progetto Operativo di Bonifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 – FASE I

Maggio 2019

Tabella 5 - Cronoprogramma delle attività																
ATTIVITA' PREVISTE	ATTIVITA' DI BONIFICA															
	MESI															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<b>FASE 1</b>																
<b>Area Effrazione</b>																
Indagini Integrative LIF (Sottosuolo/Acque sotterranee)																
Scavi e Smaltimento (Sorgente 2S Insaturo Superficiale)																
Test Pilota BV e SF (Sorgente 2P Insaturo Profondo)																
P&T + Reimmissione (Acque Sotterranee)																
<b>Area Monte Risorgive</b>																
Indagini Integrative LIF (Sottosuolo/Acque sotterranee)																
P&T																
<b>Area Risorgive</b>																
Indagini Integrative LIF (Sottosuolo/Acque sotterranee)																
P&T in PZ21 + Reimmissione (Acque Sotterranee)																
Fitorisanamento																

**NOTE:**

- Si stima di procedere con l'inizio delle attività di Bonifica entro n. 3 mesi dall'approvazione del relativo Progetto.
- A seguito del recepimento delle indagini integrative sarà redatto il Progetto di Bonifica di Fase 2; le relative tempistiche andranno ad integrarsi col presente cronoprogramma

## TAVOLE

TAVOLA 1	Planimetria generale del sito con ubicazione dei punti di monitoraggio/campionamento (acque sotterranee e superficiali)
TAVOLA 1A	Planimetria del sito con ubicazione piezometri su stralcio di mappa catastale
TAVOLA 1B1	Planimetria del sito con definizione del sito potenzialmente contaminato e dei mappali di riferimento – Suolo superficiale – Area Effrazione
TAVOLA 1B2	Planimetria del sito con definizione del sito potenzialmente contaminato e dei mappali di riferimento – Suolo profondo – Area Effrazione
TAVOLA 1C	Planimetria del sito con definizione del sito potenzialmente contaminato e dei mappali di riferimento – Suolo profondo – Monte risorgive
TAVOLA 1D	Planimetria del sito con definizione del sito potenzialmente contaminato e dei mappali di riferimento – Suolo profondo – Area risorgive bosco
TAVOLA 1E	Planimetria del sito con ubicazione piezometri su stralcio di mappa catastale
TAVOLA 2 A	Carta piezometrica del maggio 2018
TAVOLA 2B	Carte piezometrica del luglio 2018
TAVOLA 2C	Carte piezometrica del settembre 2018
TAVOLA 2D	Carte piezometrica del dicembre 2018
TAVOLA 2E	Carte piezometrica del marzo 2019
TAVOLA 3A1	Poligoni di Thiessen suolo insaturo superficiale - Area Effrazione
TAVOLA 3A2	Area Sorgente suolo insaturo superficiale - Area Effrazione
TAVOLA 3B	Areale di scavo proposto, suolo insaturo superficiale – Area effrazione
TAVOLA 3C	Ubicazione punti di collaudo proposti dello scavo del terreno insaturo superficiale presso Area Effrazione
TAVOLA 4A1	Poligoni di Thiessen sottosuolo insaturo profondo - Area Effrazione
TAVOLA 4A2	Areale da sottoporre a bonifica sottosuolo insaturo profondo – Area Effrazione
TAVOLA 5	Ubicazione indagini integrative Area Effrazione maglia 5x5 m
TAVOLA 6	Barriera idraulica ed ubicazione pozzi di reimmissione - Area Effrazione
TAVOLA 6A	Layout impianto di P&T stato attuale
TAVOLA 6B	Stralcio P&ID della barriera idraulica stato attuale
TAVOLA 7	Layout preliminare dell'impianto di reimmissione

---

Sito: Oleodotto 10" Sannazzaro-Rho, Comune di Morimondo (MI)

Committente: Eni SpA

Oggetto: Progetto Operativo di Bonifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 – FASE I

Maggio 2019

TAVOLA 8	P&ID preliminare dell'impianto di reimmissione
TAVOLA 9A	Ubicazione campo prova test pilota SF
TAVOLA 9B	Ubicazione campo prova test pilota BV
TAVOLA 10	Ubicazione indagini integrative Area Monte Risorgive maglia 10x10 m
TAVOLA 11A1	Poligoni di Thiessen sottosuolo insaturo profondo presso Area Monte Risorgive e Risorgive
TAVOLA 11A2	Areale di contaminazione sottosuolo insaturo profondo presso Area Monte Risorgive
TAVOLA 12A	Poligoni di Thiessen sottosuolo insaturo superficiale presso Area Risorgive
TAVOLA 12B	Areale di contaminazione sottosuolo insaturo profondo presso Area Risorgive
TAVOLA 13	Schema Processo di Fitorisanamento
TAVOLA 14	Fitorisanamento/Compensazione – Area Risorgive
TAVOLA 15	Fitorisanamento con piantumazione Pioppi/Ontani
TAVOLA 16	Fitorisanamento con Phragmites
TAVOLA 17	Attività compensativa Piantumazione
TAVOLA 18	Schema di impianto (1 ha) Pioppi/Ontani

---

Sito: Oleodotto 10" Sannazzaro-Rho, Comune di Morimondo (MI)

Committente: Eni SpA

Oggetto: Progetto Operativo di Bonifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 – FASE I

Maggio 2019

## **ALLEGATI**

**ALLEGATO A** Determina del Comune di Morimondo n. 131 del 23/07/2018 di  
“Approvazione della Revisione analisi di rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06”

**ALLEGATO B** Schede di sicurezza Ivey-sol® 103 e Ivey-sol® 106

---

Sito: Oleodotto 10” Sannazzaro-Rho, Comune di Morimondo (MI)

Committente: Eni SpA

Oggetto: Progetto Operativo di Bonifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 – FASE I

Maggio 2019

ALLEGATO A Determina del Comune di Morimondo n. 131 del 23/07/2018 di  
“Approvazione della Revisione analisi di rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06”

---

Sito: Oleodotto 10” Sannazzaro-Rho, Comune di Morimondo (MI)

Committente: Eni SpA

Oggetto: Progetto Operativo di Bonifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 – FASE I

Maggio 2019



Da "Tecnico PEC" <ufficiotecnico.comune.morimondo@pec.regione.lombardia.it>  
"ambiente@pec.regione.lombardia.it" <ambiente@pec.regione.lombardia.it>,  
"protocollo@pec.cittametropolitana.mi.it" <protocollo@pec.cittametropolitana.mi.it>,  
"parco.ticino@pec.regione.lombardia.it" <parco.ticino@pec.regione.lombardia.it>,  
"dipartimentomilano.arpa@pec.regione.lombardia.it" <dipartimentomilano.arpa@pec.regione.lombardia.it>,  
"dipartimentoprevenzione@pec.ats-milano.it" <dipartimentoprevenzione@pec.ats-milano.it>,  
A "servizi.sociosanitari@pec.golgiredaelli.it" <servizi.sociosanitari@pec.golgiredaelli.it>,  
"cda@pec.policlinico.mi.it" <cda@pec.policlinico.mi.it>, "sitra@pec.policlinico.mi.it"  
<sitra@pec.policlinico.mi.it>, "fondazioneviluppocagrand@legalmail.it"  
<fondazioneviluppocagrand@legalmail.it>, "theitgroup@pec.it" <theitgroup@pec.it>,  
"rm\_ref\_hubnord@pec.eni.com" <rm\_ref\_hubnord@pec.eni.com>, "mail@pec.cattaneoweb.com"  
<mail@pec.cattaneoweb.com>

Data martedì 24 luglio 2018 - 11:21

## **trasmissione documentazione Conferenza dei servizi del 10.07.2018**

### **Spett.le Regione Lombardia**

D.G. Ambiente, Energia e Sviluppo sostenibile

Unità Organizzativa Attività estrattive, rifiuti e bonifiche

Piazza Città di Lombardia, 1

20124 Milano

PEC: [ambiente@pec.regione.lombardia.it](mailto:ambiente@pec.regione.lombardia.it)

Alla C.A. Nicola Di Nuzzo

### **Spett.le Città Metropolitana di Milano**

Settore Rifiuti e Bonifiche

Servizio bonifiche siti contaminati

Corso di Porta Vittoria, 27

20122 Milano

PEC: [protocollo@pec.cittametropolitana.mi.it](mailto:protocollo@pec.cittametropolitana.mi.it)

Alla C.A. Delia Grossrubatscher

### **Spett.le Parco Lombardo del Ticino**

U.O.4 – Territorio, Urbanistica e Siti Natura 2000

Via Isonzo, 1 - 20013 Pontevicchio di Magenta (MI)

[parco.ticino@pec.regione.lombardia.it](mailto:parco.ticino@pec.regione.lombardia.it)

Alla C.A. Aldo Paleari e Valentina Parco

### **Spett.le ARPA Lombardia**

Dip. Provinciale di Milano

U. O. Suolo Bonifiche

Via Juvara, 22 20129 MILANO

PEC: [dipartimentomilano.arpa@pec.regione.lombardia.it](mailto:dipartimentomilano.arpa@pec.regione.lombardia.it)

Alla C.A. Salvatore Buscemi

### **Spett.le ATS Milano Città Metropolitana**

U.O.C. sanità Pubblica

Corso Italia, 19 – 20122 Milano

PEC: [dipartimentoprevenzione@pec.ats-milano.it](mailto:dipartimentoprevenzione@pec.ats-milano.it)

### **Spett.le Azienda di servizi alla Persona Golgi Redaelli**

Via Olmetto, 6 20123 Milano

PEC: [servizi.sociosanitari@pec.golgiredaelli.it](mailto:servizi.sociosanitari@pec.golgiredaelli.it)

### **Egr. Sig. Davide Cattaneo**

Via dei Mulini 4 – 20080 Albairate (MI)

PEC: [mail@pec.cattaneoweb.com](mailto:mail@pec.cattaneoweb.com)

### **Spett.le Fondazione IRCCS Ca' Granda –**

Ospedale Maggiore Policlinico

Via F. Sforza 28 – 20122 Milano

PEC : [cda@pec.policlinico.mi.it](mailto:cda@pec.policlinico.mi.it)

[sitra@pec.policlinico.mi.it](mailto:sitra@pec.policlinico.mi.it)

### **Spett.le Fondazione Sviluppo Ca' Granda –**

Via F. Sforza 28 – 20122 Milano

PEC: [fondazioneviluppocagrand@legalmail.it](mailto:fondazioneviluppocagrand@legalmail.it)

### **Spett.le The IT Group Italia S.r.l.**

### **Spett.le Eni Spa Divisione Refining & Marketing**

PEC: [theitgroup@pec.it](mailto:theitgroup@pec.it)

Alla C.A. Dott.ssa Stefania Bollani

*Via Felice Maritano 26*

*20097 San Donato Milanese – MI-*

*PEC : [rm\\_ref\\_hubnord@pec.eni.com](mailto:rm_ref_hubnord@pec.eni.com)*

Alla C.A. Paolo Angelini

Con la presente si trasmette la determinazione n. 131 del 23.07.2018 di "Approvazione della Revisione analisi rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06", con allegati, quali parti integranti, i verbali della Conferenza Istruttoria, Conferenza Decisoria e i Pareri.

Distinti Saluti

*Arch. Sara Magnani*

*Ufficio Tecnico*

*Comune di Morimondo*

*Città Metropolitana di Milano*

*02- 94961911 int. 8*

---

#### **Allegato(i)**

ApprovazioneRevisioneAnalisiRischio.pdf (508 Kb)



COMUNE DI MORIMONDO

REGISTRO ALBO PRETORIO

N. 368

23 LUG 2016

Comune di Morimondo

Città Metropolitana di Milano

## DETERMINAZIONE N. 131 DEL 23/07/2018

OGGETTO: PROGETTO DI BONIFICA AMBIENTALE AI SENSI DEL D.LGS 152/2006  
APPROVAZIONE REVISIONE ANALISI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06

### IL RESPONSABILE DELL'AREA TECNICA

#### RICHIAMATO:

- Il D.lgs 152/2006 che stabilisce i criteri, le procedure e le modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti contaminati.

#### PREMESSO CHE:

- In data 06/10/2015 prot. 2972 Eni S.p.A., in qualità di "Soggetto non responsabile", ha notificato ai sensi degli art. 245 e 249 del D.lgs 152/2006 l'avvenuta fuoriscita di idrocarburi nei pressi della località Cascina Cerina di Sopra – Comune di Morimondo a causa di avvenuta effrazione dolosa in corrispondenza dell'oleodotto interrato Sannazzaro – Rho.
- In data 15/10/2015 – prot. 3106 – Eni S.p.A. ha comunicato che, a seguito dell'attività di messa in sicurezza successiva all'avvenuta effrazione del 06/10/2015, si è riscontrato come la bonifica dell'area interessata dall'evento non sia compatibile con la procedura semplificata e pertanto ha provveduto a comunicare il passaggio alle procedure di cui all'art. 242 del Titolo V della Parte IV del D.lgs 152/2006 in qualità di "Soggetto non responsabile".
- In data 05/11/2015 – prot. 3391 – Eni S.p.A. ha provveduto a trasmettere "Piano di Caratterizzazione" ai sensi dell'art. 242 comma 3 del D.lgs 152/2006 redatto dalla Società The IT Group quale consulente ambientale.
- In data 06/02/2016 – prot. 499 – Eni S.p.A. ha proceduto a trasmettere "Aggiornamento attività di messa in sicurezza (Novembre 2015 – Gennaio 2016)" e contestualmente ha richiesto incontro tecnico con le parti interessate per valutare gli eventuali ulteriori interventi di messa in sicurezza da eseguire.
- Il Comune di Morimondo ha convocato in data 26/02/2016 Conferenza di Servizi ai sensi dell'art. 242 del D.lgs 152/2006 con gli enti competenti al fine di esprimere parere in merito al Piano di Caratterizzazione prot. 3391 del 15/11/2016 e successiva comunicazione "Aggiornamento attività di messa in sicurezza (Novembre 2015 – Gennaio 2016)" prot. 499 del 06/02/2016.
- In data 26/02/2016 si è regolarmente svolta Conferenza dei Servizi ai sensi dell'art. 242 del D.lgs 152/2006, che ha espresso il seguente parere conclusivo: La Conferenza dei Servizi approva il Piano di Caratterizzazione integrato dei piezometri aggiuntivi.



# Comune di Morimondo

## *Città Metropolitana di Milano*

- La Conferenza dei Servizi in data 28/10/2016 ha valutato l'Analisi di rischio specifica art. 242 D.Lgs. 125/2006 ed Eni in base ai pareri espressi si è impegnato a presentare il Piano di Caratterizzazione e conseguente Revisione di Analisi di rischio.
- Il Comune di Morimondo ha convocato in data 28.04.2017 la conferenza di Servizi decisoria e asincrona , con termine per gli Enti per le proprie determinazioni 17.05.2017, con la quale si è approvata l'Analisi di rischio sito specifica art. 242 D. Lgs 152/06.

### CONSIDERATO CHE:

- In data 06.04.2018 prot. 1484 Eni S.p.A. ha provveduto a trasmettere "Revisione di Analisi di Rischio Sito Specifica" ai sensi del D.lgs.152/06 e del D.lgs 04/08 redatto dalla Società The IT Group quale consulente ambientale.
- Il Comune di Morimondo ha convocato in data 10/07/2018 la Conferenza di Servizi Istruttoria e Decisoria in forma simultanea ed in modalità sincrona ai sensi dell'art. 14 ter della legge 241/90 e smi, per l'approvazione della "Revisione di Analisi di Rischio Sito Specifica" ai sensi del D.Lgs 152/06.
- In data 10/07/2018 si è svolta regolarmente la Conferenza dei Servizi Istruttoria come da verbale, allegato al presente atto, quale parte integrante, che ha espresso il seguente parere conclusivo:  
" La Conferenza di servizi istruttoria, preso atto dei pareri espressi dagli Enti sul documento Revisione Analisi di Rischio ai sensi del D.lgs. 152/2006 , esprime parere favorevole sull'approvazione dell'elaborato progettuale. La Conferenza di servizi istruttoria ricorda inoltre l'importanza che riveste la predisposizione del progetto operativo di bonifica dei terreni e delle acque di falda per il raggiungimento degli obiettivi definiti dall'analisi di rischio e la possibilità che le operazioni di bonifica possano permettere di raggiungere anche obiettivi di qualità più restrittivi, come richiesto dal Parco, senza che ciò precluda gli adempimenti di certificazione previsti dal D.Lgs. 152/06. "
- In data 10/07/2018 si è svolta regolarmente la Conferenza dei Servizi Decisoria come da verbale, allegato al presente atto, quale parte integrante, che ha espresso il seguente parere conclusivo: "La Conferenza di Servizi Decisoria, preso atto dei contenuti del verbale della Conferenza di Servizi istruttoria del 10/07/2018, approva il documento progettuale Revisione Analisi di Rischio ai sensi del D.lgs. 152/2006, con le condizioni e prescrizioni riportate nel verbale della Conferenza di Servizi Istruttoria"

### VISTI:

- Il parere espresso dal Parco Lombardo della Valle del Ticino, in data 09/07/ 2018 prot. 3010 , allegato al presente atto quale parte integrante;
- Il parere espresso da ARPA Lombardia, in data 03/07/2018 prot. 2932 , allegato al presente atto quale parte integrante;



# Comune di Morimondo

## *Città Metropolitana di Milano*

- I verbali della Conferenza dei Servizi Istruttoria e Decisoria;
- L'art. 13 L.R. 01/02/2012.
- L'art. 14 della Legge 241/90 e smi
- Il D.Lgs 267/2000 e s.m.i.

### DETERMINA

DI APPROVARE ai sensi dell'art. 14 della Legge 241/90 il documento di Revisione Analisi Rischio Specifica ai sensi del D.lgs. 152/06 e del D.Lgs. 04/08 redatto dalla Società The IT Group in qualità di consulente ambientale di Eni S.p.A. trasmesso in data 06/04/2018 – prot. 1484 relativo agli interventi previsti a seguito di fuoruscita di idrocarburi causata da manomissione dolosa dell'oleodotto Eni Sannazzaro – Rho avvenuto nei pressi della Località Cascina Cerina di sopra nel Comune di Morimondo.

DI PUBBLICARE la presente per quindici giorni consecutivi all'albo pretorio.

DI TRASMETTERE copia della presente Determinazione agli enti invitati alla Conferenza dei Servizi.

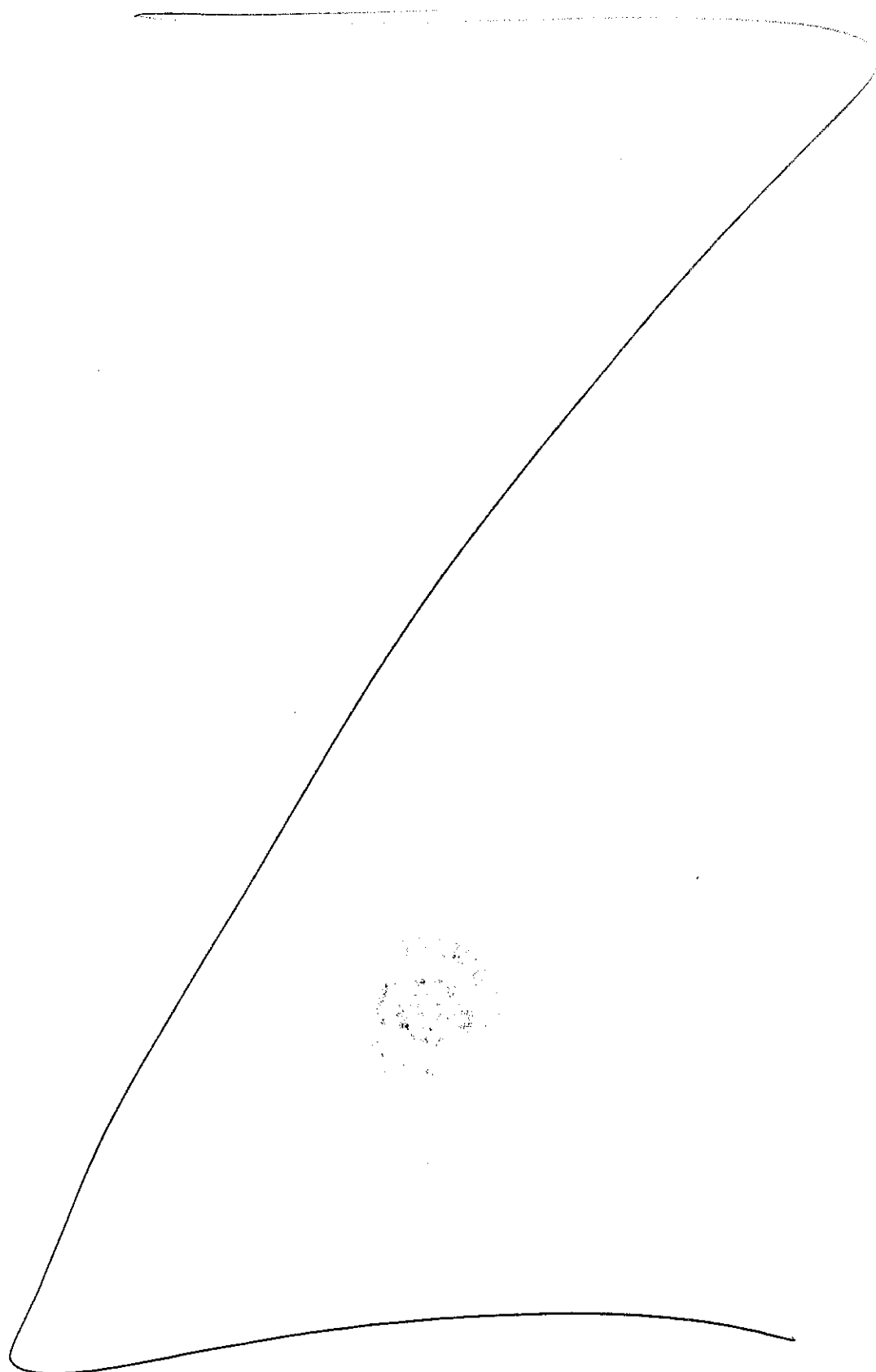
DI DARE ATTO che con la presente determinazione non si prevede impegno di spesa.

IL RESPONSABILE DELL'AREA TECNICA

Dott. Marco Marelli

*Marco Marelli*







# COMUNE DI MORIMONDO

Città metropolitana di Milano

Area Tecnica Manutentiva - ufficiotecnico@comune.morimondo.mi.it

Tel.02/94961941-1911 fax 02/ 94961950

**Conferenza dei servizi per valutazione "Revisione Analisi Rischio Sito specifica sito specifica art. 242 D.lgs 152/2006 – Effrazione di Oleodotto presso area boschiva Cascina Cerina di Sopra in Comune di Morimondo.**

## CONFERENZA ISTRUTTORIA

In data 10.07.2018 ore 10.40 presso la Sede Comunale sono presenti:

- Comune di Morimondo – in delega SARA MAGNANI
- Regione Lombardia – NICOLA DI NUZZO
- Città Metropolitana di Milano DELIA GROSSRUBATSCHER E BRUNO RONCHETTI
- Parco Del Ticino in delega ALDO PALEARI –VALENTINA PARCO
- ARPA Lombardia SALVATORE BUSCEMI
- Sig. Davide Cattaneo – PROPRIETARIO TERRENO
- Eni PAOLO ANGELINI
- The IT Group STEFANIA BOLLANI ED ELISA NERI (CONSULENTI ENI)
- Società Golder LORENZO PIZZINGRILLI (CONSULENTI ENI)

Sono pervenuti i seguenti pareri, allegati che costituiscono parte integrante del presente verbale:

- ARPA Lombardia – prot.. 2932 del 03/07/2018
- Parco del Ticino – prot. 3010 del 09/07/2018

E' pervenuta nota della Prefettura di Milano, – prot. 2776 del 21.06.2018 allegata che costituisce parte integrante del presente verbale

Verbalizza Arch. Sara Magnani –

Dopo una breve illustrazione dei contenuti del documento "Revisione Analisi di rischio sito specifico", vengono espressi dagli Enti i pareri in merito all'elaborato progettuale.

**ARPA** dà lettura della propria valutazione tecnica, di cui alla nota prot. 2932 del 03/07/2018, che costituirà parte integrante del presente verbale. ARPA sottolinea, altresì, l'importanza che riveste la definizione degli obiettivi di bonifica, anche per il successivo rilascio della certificazione di avvenuta bonifica delle aree.

**CITTA' METROPOLITANA DI MILANO** prende atto e fa propria la valutazione tecnica di ARPA Lombardia.

**PARCO LOMBARDO DELLA VALLE DEL TICINO** dà lettura della nota prot. 3010 del 09/07/2018, con cui nel prendere atto delle competenze tecniche di ARPA e di Città' Metropolitana di Milano chiede il raggiungimento di obiettivi di bonifica più restrittivi, rispetto a quelli definiti dell'analisi di rischio, stante la particolare rilevanza ambientale e paesaggistica dell'area oggetto di intervento e chiede un approfondimento del piano di Monitoraggio, secondo le indicazioni della medesima nota.





# COMUNE DI MORIMONDO

Città metropolitana di Milano

Area Tecnica Manutentiva - ufficiotecnico@comune.morimondo.mi.it

Tel.02/94961941-1911 fax 02/ 94961950

**Regione Lombardia** prende atto delle valutazioni tecniche espresse da ARPA e Città Metropolitana di Milano e non rileva alcuna condizione ostativa all'approvazione dell'analisi di rischio.

Ritiene però necessario, visto che il Punto di Conformità utilizzato per la definizione delle CSR (concentrazioni soglie di rischio) è esterno alle aree oggetto di caratterizzazione, che anche le aree a monte dei POC siano oggetto dell'esecuzione di un'indagine ambientale preliminare che escluda impatti ambientali negativi concatenati all'evento doloso (effrazione oleodotto ENI Sannazzaro/Rho).

**Comune di Morimondo** dà lettura della nota prefettizia n. 2434/2016 del 14 giugno 2018, con cui il Viceprefetto, dott. Falcomatà, ha comunicato l'assenza di competenze in merito alla formulazione di determinazioni e/o pareri sul documento analisi di rischio.

Il Comune prende atto delle valutazioni tecniche ed dei pareri espressi dagli Enti sul documento all'ordine del giorno.

## CONCLUSIONI

**La Conferenza di servizi istruttoria**, preso atto dei pareri espressi dagli Enti sul documento " Revisione Analisi di Rischio ai sensi del D.lgs. 152/2006 ", esprime parere favorevole sull'approvazione dell'elaborato progettuale.

La Conferenza di servizi istruttoria ricorda inoltre l'importanza che riveste la predisposizione del progetto operativo di bonifica dei terreni e delle acque di falda per il raggiungimento degli obiettivi definiti dall'analisi di rischio e la possibilità che le operazioni di bonifica possano permettere di raggiungere anche obiettivi di qualità più restrittivi, come richiesto dal Parco, senza che ciò precluda gli adempimenti di certificazione previsti dal D.Lgs. 152/06.

Letto e firmato

*[Signature]* (COMUNE DI MORIMONDO)

*[Signature]* (ARPA LOMBARDIA)

*[Signature]* (CITTÀ METROPOLITANA DI MILANO)

*[Signature]* (PARCO TICINO)

*[Signature]* (PROPRIETARIO)

*[Signature]*

*[Signature]* (Regione Lombardia)

*[Signature]* (ENI RYM)

*[Signature]* (THE IT GROUP ITALIA)

Piazza Municipio 1 20081 MORIMONDO (MI) p.i. Tel.02 94961941 (2 linee f.a.) 0294961911 - fax 02 94961950

Sito Internet : [www.comune.morimondo.mi.it](http://www.comune.morimondo.mi.it) c.f. 82003090154 P.I. 07180060159

*[Signature]* (GOLDER)

Fascicolo 2018.6.77...725

E 3 LUG 2018

Valutazione tecnica  
Analisi di rischio sito-specifica - revisione 1  
Effrazione oleodotto Sannazzaro - Rho -  
Comune di Morimondo

Con riferimento alla documentazione inviata da ENI Spa agli atti del 09/04/2018 prot. n° 55696 di revisione dell'ADR a seguito della CDS del 28/10/2016;

richiamato il parere di ARPA del 28/10/2016 prot. n° 156619;

vista la caratterizzazione integrativa eseguita nel corso del 2017 al fine di rispondere alle richieste degli Enti;

si osserva quanto segue:

1. Nel corso del 2017 sono state effettuate le indagini integrative di caratterizzazione al fine della miglior definizione dell'estensione delle sorgenti individuate. Nel sito sono presenti n° 24 piezometri ed è al momento attivo un sistema di pump and Treat con recupero di prodotto surnatante in via di estinzione. A partire dalla fine del 2015 ad oggi sono stati eseguiti monitoraggi periodici;
2. Nel sito sono presenti n° 3 sonde per la rilevazione del soil gas e sono state eseguite n° 4 campagne di misure nelle quattro stagioni;
3. Data la complessità idrogeologica e la variabilità morfologica, il sito viene diviso in tre areali omogenei tra loro: Area effrazione monte risorgive, area risorgive/bosco. In ciascuna delle due aree, impattate dall'effrazione, sono identificate tre sorgenti: una in suolo superficiale, una in suolo profondo e una nelle acque sotterranee;
4. Viene utilizzato il software risk-net 2.1, ma non vengono allegati i file in formato editabile;
5. Il modello concettuale utilizzato nell'ADR ha previsto l'attivazione del percorso di volatilizzazione outdoor per bersaglio residenti con esposizione ricreativa ed il percorso di lisciviazione e trasporto in falda e vengono calcolate le concentrazioni soglia di rischio (CSR).
6. I Punti di Conformità (POC) sono ubicati in zona distale rispetto al punto d'effrazione nella porzione più depressa del terrazzamento fluviale in destra idrologica rispetto alla direzione della roggia Rabica;
7. Preso atto delle condizioni sopra indicate, i risultati dell'analisi di rischio mostrano:
  - Area risorgive/bosco: rischio di lisciviazione da suolo profondo per lo xilene;

Responsabile dell'U.O. e del procedimento: Ing. Massimo Leoni - tel. 02.74872544-431 e-mail: [m.leoni@arpalombardia.it](mailto:m.leoni@arpalombardia.it)  
Responsabili dell'istruttoria: Dott. Geol. Salvatore Buscemì - tel. 02.74872548 e-mail: [s.buscemi@arpalombardia.it](mailto:s.buscemi@arpalombardia.it)

Dipartimento di Milano - Via Filippo Juvara, 22 - 20129 Milano - Tel: 02/748721 - Fax: 02/70124857  
Indirizzo e-mail: [milano@arpalombardia.it](mailto:milano@arpalombardia.it) - Indirizzo PEC: [dipartimentomilano.arpa@pec.regione.lombardia.it](mailto:dipartimentomilano.arpa@pec.regione.lombardia.it)

Dipartimento di Monza Brianza - Via Solferino 16 - 20900 Monza - Tel: 039/3946311 - Fax: 039/3946319  
Indirizzo e-mail: [monza@arpalombardia.it](mailto:monza@arpalombardia.it) - Indirizzo PEC: [dipartimentomonza.arpa@pec.regione.lombardia.it](mailto:dipartimentomonza.arpa@pec.regione.lombardia.it)

Sede Legale: Palazzo Sistema - Via Rosellini, 17 - 20124 MILANO - Tel. 02 696661 - [www.arpalombardia.it](http://www.arpalombardia.it)  
Indirizzo e-mail: [info@arpalombardia.it](mailto:info@arpalombardia.it) - Indirizzo PEC: [arpa@pec.regione.lombardia.it](mailto:arpa@pec.regione.lombardia.it)

- Area effrazione e monte risorgive: rischio di inalazione outdoor da suolo superficiale e profondo e rischio di lisciviazione in falda da suolo profondo per C>12, C<12 e Xilene.
8. Vengono eseguite le verifiche in modalità diretta utilizzando i valori di soil gas al fine di escludere il percorso di inalazione outdoor e calcolate le CSR a partire dai soil gas stessi (definite CSR collaudi nel documento);
9. Le conclusioni riportano le tabelle con indicate le CSR per ciascuna sorgente: tabella 12.11 per l'areale risorgive/bosco e tabella 12.11B per areale effrazione e monte risorgive. Dal confronto tra le CSR e le CRS si rileva che il sito è da considerarsi contaminato:
- area risorgive/bosco: sorgente 1P - per il parametro xilene - CSR = 3.41 mg/kg a protezione della risorsa idrica;
  - area effrazione/monte risorgive:
    - a) sorgente 2S - per il parametro C>12 - CSR = 1893 mg/kg per il percorso di inalazione outdoor;
    - b) sorgente 2P - per i parametri
      - C>12 - CSR 936.91 mg/Kg;
      - C<12 - CSR = 56.22 mg/Kg;
      - xileni - CSR = 0.5 mg/Kg;a protezione della risorsa idrica.
10. Viene proposto il proseguo del monitoraggio delle acque sotterranee, di risorgiva e superficiali con cadenza bimestrale e trimestrale fino all'implementazione/approvazione del progetto operativo di bonifica del sito.

Nel merito di quanto sopra si esprime valutazione positiva al documento presentato, gli obiettivi di bonifica saranno quelli più bassi calcolati tra i percorsi di esposizione considerati.

I tecnici

Dott. Geol. Paola Panzeri

Dott. Geol. Salvatore Buscemi

Il responsabile dell'U.O.

Ing. Massimo Leon



COMUNE DI MORIMONDO

Prot. n° 21776

del

21 GIU 2018

*Prefettura di Milano*  
*Ufficio territoriale del Governo*

Fasc. 2434/2016

Milano, 14 giugno 2018

AL COMUNE DI MORIMONDO

e p.c.

AL MINISTERO DELL'AMBIENTE E  
DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E  
DEL MARE

ROMA

dgsvi@pec.miniambiente.it

Oggetto: Conferenza di Servizi. Effrazione Oleodotto Sannazzaro – Comune di Morimondo presso Cascina Cerina di Sotto. Conclusione procedimento "Revisione Analisi di Rischio Sito ai sensi del D.Lgs 52/06 e 04/08".

Si fa riferimento alla nota prot. 2625 in data 13 u.s. avente per oggetto "Effrazione Oleodotto Sannazzaro – Rho presso l'area della Cascina Cerina di Sotto nel Comune di Morimondo - Indizione delle Conferenze dei Servizi di Istruttoria e decisoria in formula simultanea e sincrona ai sensi dell'art. 14 ter - legge 241/90 e s.m.i."

Al riguardo, non sono state individuate specifiche norme che attribuiscono a quest'Ufficio alcuna competenza in merito alla formulazione di determinazioni e/o pareri relativamente all'oggetto della Conferenza e quindi ai sensi dell'art. 14, comma 2, della l. 241/90 in relazione all'assunzione del valore decisorio del procedimento.

Si aggiunge che questa Prefettura e' deputata alle informazioni da rendere al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, secondo quanto previsto dagli artt. 301 e 304 del d.lgs. 152/06.

Si rimane comunque disponibili per qualsiasi ulteriore esigenza codesto Ente riterrà di dover rappresentare.

Il Dirigente Area V  
Il Viceprefetto  
(Falcomatà)

Handwritten notes at the top left of the page.

Handwritten notes at the top center of the page.

Handwritten notes at the top right of the page.

Large handwritten notes in the upper middle section of the page.

Handwritten notes in the middle left section.

Handwritten notes in the middle right section.

Handwritten notes in the lower middle left section.

Handwritten notes in the lower left section.

Handwritten notes in the lower middle section.

Handwritten notes in the lower middle section.

Handwritten notes in the lower middle section.

Handwritten notes in the lower middle section.

Handwritten notes in the lower middle section.

Handwritten notes at the bottom left of the page.

Handwritten notes at the bottom center of the page.



**PARCO LOMBARDO  
DELLA VALLE DEL TICINO**



**U.O. 4 - TERRITORIO, URBANISTICA E  
SITI NATURA 2000  
Settore Territorio**

*Sviluppo sostenibile, tutela della biodiversità e  
dell'ambiente, qualità della vita*

COMUNE DI MORIMONDO

Prot. n° 3010  
del 09/07/2018

SPETT.LE

Comune di Morimondo  
[comune.morimondo@pec.regione.lombardia.it](mailto:comune.morimondo@pec.regione.lombardia.it)

Magenta, 09.07.2018  
Prot. n° assegnazione PEC/CP/AP

**OGGETTO:** effrazione oleodotto Sannazzaro-Rho presso l'area "Cerina di sotto" nel Comune di Morimondo-  
indizione delle Conferenze dei Servizi istruttoria e decisoria in forma simultanea ed in modalità  
sincrona ai sensi dell'art.14 ter - legge 241/90 s.m.i.

Con riferimento all'oggetto ed alla nota via PEC del Comune di Morimondo del 14.06.2018, prot. 5911,  
richiamato il precedente parere del Parco rilasciato presso la Conferenza dei Servizi del 28.10.2016,  
esaminato il documento "Revisione Analisi di Rischio Sito Specifico" di cui alla nota ENI del 29.03.2018, prot.  
n°390/18, precisato che il presente parere estende la propria valutazione al quadro più ampio della  
potenziale compromissione ecologica dell'area oggetto dell'effrazione e nello specifico al documento  
integrativo di ENI "Piano di indagine ambientale esteso alla componente ecologica degli ambienti naturali  
interferiti", si evidenzia quanto segue:

**1) documento "Revisione Analisi di Rischio Sito Specifico"**

Si rimette al collegio tecnico di ARPA e Città Metropolitana la valutazione del documento in relazione  
alle dirette competenze di cui al D.lgs 152/06.

Si ribadisce la necessità, secondo le considerazioni già espresse nel precedente parere del  
27.10.2016 e sentita nel merito anche Regione Lombardia intervenuta nell'incontro tecnico del  
24.05.2018, di richiedere alla parte la predisposizione di un progetto di risanamento con obiettivi di  
bonifica della matrice suolo più restrittivi di quelli individuati nell'analisi di rischio sanitaria sito  
specifico, da sottoporre a valutazione dell'Autorità competente al procedimento di bonifica. La  
proposta dovrà considerare i protocolli e le linee guida per il biorisanamento a livello regionale e  
nazionale e a tal fine si ritiene utile segnalare i seguenti ambiti di ricerca:

- ✓ progetto LIFE15/ENV/IT/000396 LIFE BIOREST
- ✓ tecniche di fitorimedia nella bonifica dei siti contaminati elaborate da RECONnet, Rete Nazionale  
sulla gestione e la Bonifica dei Siti Contaminati;
- ✓ progetto LIFE11/ENV/IT/275 - ECOREMED.

**2) documento "Piano di indagine ambientale esteso alla componente ecologica degli ambienti naturali  
interferiti"**

Dai risultati delle indagini sin d'ora condotte sull'area estesa, attraverso l'impiego di diversi  
bioindicatori, emerge che la maggior parte delle stazioni monitorate mostrano una sostanziale  
stabilità ecologica. Fanno eccezione le stazioni "sorgente media" e "sorgente alta" che presentano  
per alcuni indicatori, valori di qualità ecologica inferiori; è il caso ad esempio nel giudizio Stato EQB  
macrobentos risultato "sufficiente" e "scarso" e il valore di dell' ICMj che si attesta sul giudizio

"buono". Va inoltre evidenziato che le medesime stazioni, seppur occasionalmente, manifestano la presenza di apprezzabili concentrazioni di MtBE, comunque al di sotto delle soglie stabilite dall'Istituto Superiore di Sanità. Pur riconoscendo i limiti di applicazione di taluni bioindicatori all'ambiente di sorgente (in particolare per quanto riguarda il macrobenthos) e fatta salva comunque una lettura organica dei risultati, secondo quanto riportato nel documento, si ritiene utile, in considerazione che tali stazioni coincidono con i punti di veicolazione del prodotto dell'effrazione, un'intensificazione ed approfondimento dell'attività di monitoraggio.

Si valuta positivamente l'instaurarsi di un evidente processo di attenuazione naturale secondo i risultati riportati nel documento.

#### Considerazioni conclusive

Fermo restando quanto riportato al punto 1) e al punto 2), dato atto che il Piano di indagine ambientale restituisce un buon quadro informativo dello stato evolutivo dell'area, si ritiene di poter confermare il proseguimento dell'attività di indagine nei termini del protocollo concordato; come anticipato in sede di sopralluogo si chiede tuttavia di inserire i seguenti approfondimenti:

- a) intensificazione e integrazione delle analisi relative alle stazioni "sorgente Media" e "sorgente Alta", ed eventualmente anche della sorgente NS;
- b) inserimento di indagini finalizzate alla verifica di eventuali processi di bioaccumulo nella componente biotica e a una valutazione della qualità biologica del suolo.

Ringraziando per l'attenzione si porgono cordiali saluti.

Referente pratica:  
Aldo Paleari  
Tel. 02 97210220







# COMUNE DI MORIMONDO

Città metropolitana di Milano

Area Tecnica Manutentiva - ufficiotecnico@comune.morimondo.mi.it

Tel.02/94961941-1911 fax 02/ 94961950

**Conferenza dei servizi per valutazione "Revisione Analisi Rischio Sito specifica sito specifica art. 242 D.lgs 152/2006 – Effrazione di Oleodotto presso area boschiva Cascina Cerina di Sopra in Comune di Morimondo.**

## CONFERENZA DECISORIA

In data 10.07.2018 ore 12.45 presso la Sede Comunale sono presenti:

- Comune di Morimondo – in delega SARA MAGNANI
- Regione Lombardia – NICOLA DI NUZZO
- Città Metropolitana di Milano DELIA GROSSRUBATSCHER E BRUNO RONCHETTI
- Parco Del Ticino in delega ALDO PALEARI –VALENTINA PARCO
- Eni PAOLO ANGELINI

Sono altresì presenti:

- Sig. Davide Cattaneo – PROPRIETARIO TERRENO
- The IT Group STEFANIA BOLLANI ED ELISA NERI (CONSULENTI ENI)
- Società Golder LORENZO PIZZINGRILLI (CONSULENTI ENI)

In data odierna si tiene la Conferenza dei Servizi Decisoria in modalità sincrona per la valutazione ed approvazione del documento " Revisione Analisi di Rischio ai sensi del D.Lgs. 152/06"

L'Ufficio Presidente comunica che, sempre in data odierna, si è tenuta la Conferenza dei Servizi Istruttoria per la valutazione dell'elaborato progettuale.

La Conferenza di Servizi istruttoria si è conclusa con l'espressione del parere favorevole all'approvazione dell'Analisi di Rischio per il sito oggetto di effrazione all'oleodotto ENI Sannazzaro/Rho.

L'ufficio Presidente ricorda altresì che al verbale della suddetta Conferenza sono allegate le valutazioni tecniche di ARPA sul documento Analisi di Rischio.

Per quanto sopra esposto, la Conferenza di Servizi Decisoria, preso atto dei contenuti del verbale della Conferenza di Servizi istruttoria del 10/07/2018, approva il documento progettuale " Revisione Analisi di Rischio ai sensi del D.lgs. 152/2006, con le condizioni e prescrizioni riportate nel verbale della Conferenza di Servizi istruttoria (allegato quale parte integrante al presente verbale).

L'Ufficio Presidente comunica che a seguito della decisione assunta dalla Conferenza di Servizi decisoria sarà adottato il provvedimento di approvazione dell'elaborato progettuale, oggetto di valutazione nella seduta odierna, dandone comunicazione alla Società ENI e agli Enti territorialmente competenti, nonché ai proprietari delle aree oggetto di interventi.

Letto e firmato

*[Signature]* (PARCO TICINO)

*[Signature]* (CITTÀ METROPOLITANA DI MILANO)

*[Signature]* (Regione Lombardia)

*[Signature]* (ENI RJM)

*[Signature]* (COMUNE DI MORIMONDO)



ALLEGATO B Schede di sicurezza Ivey-sol® 103 e Ivey-sol® 106

---

Sito: Oleodotto 10" Sannazzaro-Rho, Comune di Morimondo (MI)

Committente: Eni SpA

Oggetto: Progetto Operativo di Bonifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 – FASE I

Maggio 2019

# SAFETY DATA SHEET

SDS # 181019-01

Ivey-sol® Surfactant Remediation Technology

Ivey-sol® Formulations: 103, 106 and 108

## 1. Identification

Product identifier: Ivey-sol® 103, 106, 108  
 Other means of identification: Not applicable  
 Recommended use: Remediation surfactant  
 Restriction on use: Not applicable  
 Manufacturer/Supplier Address: Ivey International Inc.  
 Unit 7, 19122-27 Avenue, Surrey, BC Canada V3Z 5T1  
 Emergency telephone number: Tel: +1 (604) 538-1168 (Not available 24 hours)  
 Toll Free: +1 800 246-2744

## 2. Hazard Identification

WHMIS 2015/OSHA Hazcom 2012/GHS Classification:

- Serious Eye Damage/Irritation Category 2
- Skin Corrosion/Irritation Category 3

Label elements:

Signal word: Warning Pictograms: Hazard statements:

H316 – May causes mild skin irritation.

H319 – may causes eye irritation.



Precautionary Statements:

P264 - Wash contacted areas thoroughly after handling.

P280 - Wear eye protection.

P305/P351/P338 - If In Eyes: Rinse cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do so. Continue rinsing.

P332/P313 - If skin irritation occurs: Get medical advice/attention.

P337/P313 - If eye irritation persists: Get medical advice/attention

## 3. Composition / Information on Ingredients

Chemical Name	CAS No.	Concentration (v/v)	Other Identifiers
Biodegradable Non-ionic Surfactant 1	Proprietary	1-10%	Not applicable
Biodegradable Non-ionic Surfactant 2	Proprietary	1-10%	Not applicable
Biodegradable Non-ionic Surfactant 3	Proprietary	1-10%	Not applicable
Biodegradable Non-ionic Surfactant 4	Proprietary	1-10%	Not applicable
Biodegradable Non-ionic Surfactant 5	Proprietary	1-10%	Not applicable
Biodegradable Non-ionic Surfactant 6	Proprietary	1-10%	Not applicable



Preservative	4080-31-3	<90%	Food Grade (Optional)
Scent	8016	<1%	Optional
Water	7732-18-5	<90%	Not applicable

*Regulatory Note: Chemical names, CAS numbers and actual concentrations have been withheld as part of a confidential business information claim with HMIRA Registry #11724 filed on 2017-07-17*

#### 4. First-aid Measures

- Inhalation: No adverse effects anticipated by this route when handled according to section 7 of document. However, if necessary, move person to fresh air.
- Skin contact: Generally will not irritate skin. Wash contact areas with soap and water. If irritation persist, seek medical attention.
- Eye contact: May cause eye irritation. Flush eyes with plenty of water for at least 15 minutes, remove contact lenses if present and easy to do so. If irritation persists, seek medical attention.
- Ingestion: Do NOT induce vomiting. Never give anything by mouth to an unconscious person. Rinse mouth with water. If necessary, seek medical attention.

Most Important Symptoms and Effects, Acute and Delayed

Acute Symptoms:

Eye Contact: May be irritating to the eyes. Occasional contact through splashing is not expected to affect the eyes. If irritation occurs, effect will be transient.

Chronic Symptoms: Not Applicable

Immediate Medical Attention and Special Treatment: Not Applicable

#### 5. Fire-Fighting Measures

Suitable extinguishing media: Not flammable. Use extinguishing media for surrounding fire.

Unsuitable extinguishing media: Not applicable

Specific hazards arising from the hazardous product: Not available

Special protective equipment for fire-fighters: Not available

#### 6. Accidental release measures

Personal Precautions, Protective Equipment:

Observe good industrial hygiene practices. Use personal protective equipment as recommended in Section 8. Avoid breathing vapours, mist or gas. Ensure adequate ventilation. Emergency Procedures: Eliminate and/or contain source with inert material (sand, earth, absorbent pads, etc.). Wear basic eye and skin protection. Floor may be slightly slippery; so use care to avoid falling. Avoid discharge to natural waters, and/or dilute with water. Transfer liquids to suitable containers for recovery, re-use or disposal. Contact Ivey for technical assistance if required.

#### 7. Handling and Storage

Precautions for Safe Handling:

Practice good housekeeping. Avoid breathing excessive vapours. Ensure adequate ventilation. Avoid contact with skin and eyes. Wear protective gloves. Wash thoroughly after handling.

Conditions for Safe Storage: Keep closed or sealed when not in use. Do not allow to freeze, keep >0°C.

---

## 8. Exposure Controls / Personal Protection

Control parameters: Not available

Appropriate Engineering Controls: General mechanical room ventilation is expected to be satisfactory.

Individual Protections Measures: Eye/face protection: Mono goggles or similar.

Skin protection: Latex gloves, or similar, would be sufficient. Normal work clothes.

Respiratory Protection: None expected to be needed. However, if an engineered / industrial application where vapours and/or misting may occur, wear MSHA/NIOSH approved half mask air purifying respirator

---

## 9. Physical and Chemical Properties

Appearance: Liquid, cloudy

Odour: Mild

Odour threshold: Not available

pH: 7 (+/- 0.5) (1% solution)

Melting Point: ~0°C

Freezing point: ~0°C

Boiling Point: Not available

Flash Point: Not applicable

Evaporation Rate: <0.01

Flammability: Not applicable

Lower flammable/ explosive limit: Not applicable

Upper flammable/Explosive Limit: Not applicable

Vapour Pressure: <0.01 mm Hg

Vapour Density: >1

Relative Density: 0.99-1.04

Solubility: 100% (Completely miscible in water)

Partition Coefficient: Not available (n-octanol / water)

Auto-Ignition Temperature: Not applicable

Decomposition Temperature: Not available

Viscosity: Not available

---

## 10. Stability and Reactivity

Reactivity: Not reactive.

Chemical Stability: Stable.

Possibility of Hazardous Reactions: Not applicable

Conditions to Avoid: Prolonged excessive heat may cause product decomposition. Freezing should also be avoided as it may cause product decomposition. In some cases freezing may cause irreversible changes.

Incompatible Materials: Normally un-reactive; however avoid strong bases at high temperatures, strong acids, strong oxidizing agents, and materials with reactive hydroxyl compounds. These compounds would damage the mixture and reduce its effectiveness during application.

Hazardous Decomposition products: Not applicable

---

## 11. Toxicological Information

Likely Routes of Exposure

Inhalation: No

Skin contact: No

Eye contact: Yes

Ingestion: No  
 Acute Toxicity:  
 LD50 - Oral (Rat): = >43.000mg/kg (rat) mg/kg  
 LD50 - Dermal (Rabbit): >58.000mg/kg (rabbit) mg/kg  
 Inhalation: Not available  
 Skin corrosion/irritation: Mild irritation  
 Serious eye damage/irritation: Eye irritation  
 Respiratory or skin sensitization: No  
 Germ cell mutagenicity: No  
 Carcinogenicity: None known or expected  
 Reproductive toxicity: No

## 12. Ecological Information

Toxicity: Low potential to affect aquatic organisms when used in accordance with Ivey International Inc. In-situ and Ex-situ Remediation Application Guidelines.

Acute toxicity	Time	Species	Method	Evaluation	Remarks
LC/50 = 0.07695%	96h	Rainbow trout	OECD 203	Not applicable	Not applicable
LC/50 = 0.11%	48h	Daphnia magna	OECD 202	Not applicable	Not applicable
EC/50 = Not applicable	72h	Algae	OECD 201	Not applicable	Not applicable

Persistence and degradability: >90% biodegradable in < 28 days.\*  
 Bio-accumulative potential: Not available  
 Mobility in soil: Completely miscible with water.  
 Other adverse effects: Not available

Based on actual testing or on data for similar material(s). Degradation Biodegradation reached in Modified OECD Screening Test (OECD Test No.301 E) after 28 days: 90 %. Biodegradation reached in CO2 Evolution Test (Modified Sturm Test, (OECD Test No. 301 B) after 28 days: 70 %.

## 13. Disposal Considerations

Product/Packaging:

For aqueous mixture solutions; aerobic biological wastewater treatment systems are effective in treating said mixtures. Ivey-sol does not have any known negative affect on coagulant or flocculent water treatment processes.

## 14. Transport Information

UN Number: Not applicable  
 Proper Shipping Name: Not applicable  
 Technical Name: Not applicable  
 Transport Hazard Class: Not applicable  
 Packing Group: Not applicable  
 Environmental Hazards: Not applicable



---

## 15. Regulatory Information

UN GHS Classification: Classified in accordance with GHS 5th revised edition.

WHMIS Classification: Classified in accordance with HPR August 29, 2016 revised edition.

CPR Compliance: This product has been classified in accordance with the hazard criteria of the CPR, and the SDS contains all the information required by the CPR.

CEPA Compliance: All ingredients of this product are listed on the DSL.

---

## 16. Other Information

Creation Date: July 5, 2017

Revision Date: Updated October 2, 2017, October 18, 2018

Disclaimer: This Safety Data Sheet (SDS) was prepared by iHazmat Regulatory Ltd., (www.iHazmat.com) using information provided by Ivey International Inc. The information in this SDS is offered for your consideration and guidance when working with this product. As per usual practice, accuracy of the information included is based on what was provided by the manufacturer and sole liability for the accuracy of these documents falls to Ivey International Inc.

This Safety Data Sheet may not be changed, or altered in any way without the expressed knowledge and permission of Ivey International Inc.

SDS Created By: iHazmat Regulatory Ltd.  
www.iHazmat.com