

ZAMBON GROUP S.P.A.

LAVORI DI BONIFICA DEI TERRENI E DELLE ACQUE SOTTERRANEE DELL'EX
AREA INDUSTRIALE DI VIA CAPPUCCINI A VICENZA.

PROGETTO ESECUTIVO





Arcadis Italia Srl

Via G. Galilei, 16
20090 Assago (MI) - Italia
Tel +39 02 488 41 600
Fax +39 02 488 49 056
www.arcadis.com



Rem-Tec Srl

Via Innsbruck 33
39100 Bolzano (BZ)
Tel +39 0471 949 800
Fax +39 0471 971 533
www.rem-tec.it/



27 dicembre 2016

Contatti

DOMENICO SANTI
Presidente CdA

T. +39 02 488 41 600

M +39 3487302199

E domenico.santi@arcadis.com

Arcadis Italia Srl
Italia

FEDERICO NAVA
Senior Project Manager

T. +39 02 488 41 600

M +39 3487302195

E federico.nava@arcadis.com

Arcadis Italia Srl
Italia

MASSIMILIANO VALLE
Senior Project Manager

T. +39 0471 949 800

M +39 3357709772

E massimiliano.valle@rem-tec.it

REM-TEC Srl – GmbH
Italia

RODOLFO COSTA
Senior Technical Project Specialist

T. +39 02 488 41 600

M +39 3371267755

E rodolfo.costa@arcadis.com

Arcadis Italia Srl
Italia

NICOLA POZZI
Senior Project Manager

T. +39 02 488 41 600

M +39 3484757266

E nicola.pozzi@arcadis.com

Arcadis Italia Srl
Italia

Indice

1	PREMESSA.....	11
2	LEGISLAZIONE DI RIFERIMENTO	13
2.1	Normativa in materia di appalti pubblici	13
2.2	Normativa in materia ambientale	13
2.3	Normativa in materia di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro	14
2.4	Normativa in materia di materiali contenenti amianto	14
2.5	Normativa in materia di impianti elettrici e termici	14
2.6	Normativa in materia di impatto acustico	14
2.7	Autorizzazioni per scarico di acque nella pubblica fognatura	15
2.8	Autorizzazioni alle emissioni in atmosfera	15
3	ALLESTIMENTO AREE DI CANTIERE	16
3.1	Preparazione ed accesso alle aree di lavoro	16
3.2	Accantieramento e viabilità di cantiere	16
3.2.1	Accantieramento.....	16
3.2.2	Viabilità interna ed esterna	18
3.3	Recinzione di cantiere	18
3.4	Impianto di lavaggio automezzi	20
3.5	Pesa di cantiere	20
3.6	Gestione acque meteoriche.....	21
3.7	Allacciamento alle reti tecnologiche	21
3.7.1	Energia elettrica.....	21
3.7.2	Rete Idrica	22
3.7.3	Rete fognaria	22
4	ADEGUAMENTO IMPIANTO TRATTAMENTO ACQUE DI FALDA E GESTIONE MISE	23
4.1	Scopo.....	23
4.2	Descrizione dello stato attuale dell'impianto TAF.....	24
4.3	Verifica della capacità di trattamento per le esigenze della bonifica	26

4.3.1 Definizione delle concentrazioni in ingresso	26
4.3.2 Analisi comparativa dei consumi	28
4.3.3 Limiti allo scarico e di emissione	29
4.4 Descrizione degli interventi migliorativi sull'impianto TAF esistente	30
4.4.1 Sezione di trattamento acque	30
4.4.2 Eventuali interventi migliorativi	32
4.4.2.1 Sezione di trattamento acqua.....	32
4.4.2.2 Sezione di trattamento aria	33
4.5 Esercizio dell'impianto TAF	35
4.5.1 Monitoraggi ambientali.....	35
4.5.2 Manutenzioni e controlli	35
5 RIMOZIONE MATERIALI CONTENENTI AMIANTO	37
5.1.1 Allestimento cantiere e delimitazione delle aree	37
5.1.2 Rimozione rivestimento di tubazioni e tubazioni dagli edifici A1, A' e A''.....	37
5.1.3 Rimozione comignoli in amianto dall'edificio A	38
5.1.4 Rimozione lastre di copertura in amianto dagli edifici A1, D, D', R'' e W.....	39
5.1.5 Monitoraggi.....	40
6 DEMOLIZIONE EDIFICI	41
6.1 Strategia d'intervento	41
6.2 Piano di separazione rifiuti	42
6.3 Descrizione delle modalità operative di esecuzione	42
6.3.1 Sequenza operativa delle attività di demolizione	42
6.3.2 Misure specifiche per la riduzione del rumore e delle vibrazioni e richiesta di deroga rumore	50
6.3.3 Misure specifiche per la riduzione della polvere e dell'inquinamento	50
6.3.4 Misure specifiche per tutelare le strutture, interne ed esterne al cantiere	50
6.4 Rimozione della pavimentazione.....	51
6.4.1 Descrizione delle modalità operative di esecuzione	51
6.5 Descrizione e caratteristiche tecniche delle apparecchiature e dei mezzi d'opera.....	51
7 BONIFICA DEL SUOLO INSATURO	52
7.1 Premessa.....	52
7.2 Interferenze – Collocamento nel cronoprogramma generale.....	52
7.3 Piano degli scavi.....	53
7.3.1 Rimozione Hot Spot in area palancolata SO.....	53
7.3.2 Sequenza di scavo e picchettamento delle aree.....	53
7.3.3 Rimozione dei tratti di fognatura e dei terreni circostanti	54

7.3.4 Modalità di scavo terreni insaturi e materiali di riporto	55
7.3.5 Scavo lotto T1 (particolare ad es. sotto deposito A o in ingresso T1).....	56
7.3.6 Scavo lotto T4 e verifica T9.....	56
7.3.7 Scavo lotti M7 e M6	56
7.4 Gestione dei materiali rimossi	57
7.4.1 Area di stoccaggio materiali in verifica analitica.....	57
7.4.2 Area di stoccaggio Materie Prime Secondarie MPS e terreni non contaminati	59
7.4.3 Riassunto volumi di stoccaggio a disposizione	59
7.4.4 Frequenza e tipologia verifiche analitiche	60
7.4.5 Destino dei materiali di scavo.....	61
7.4.6 Operazioni di trattamento e recupero on-site.....	62
7.4.7 Frantumazione e recupero all'interno dell'Edificio W	63
7.4.8 Lavorazioni meccaniche all'interno di tensostruttura	63
7.5 Trattamenti on-site dei terreni insaturi.....	65
7.5.1 Scopo del lavoro.....	65
7.5.2 Verifica del dimensionamento progettuale a base di gara	68
7.5.3 Descrizione impianto SVE on site	69
7.5.4 Impianto di aspirazione e trattamento aria ambiente	70
7.5.5 Impianto di trattamento vapori interstiziali.....	70
7.5.6 Alimentazione elettrica e telecontrollo.....	71
7.5.7 Start up degli impianti.....	72
7.5.8 Esercizio degli impianti	73
7.5.8.1 Monitoraggio.....	73
7.5.8.2 Manutenzione	74
7.5.8.3 Gestione rifiuti derivanti da intervento SVE.....	74
7.5.9 Collaudo degli interventi	74
7.6 Tracciabilità materiali.....	74
7.7 Collaudo scavi	75
7.8 Riempimento aree di scavo	76
8 BONIFICA DEL SUOLO SATURO NELLE AREE DI SORGENTE .77	
8.1 Scopo.....	77
8.1.1 Caratteristiche della contaminazione nelle due aree di sorgente	79
8.1.2 Assetto litostratigrafico	80
8.1.3 Approccio metodologico	80
8.1.4 Bilancio energetico	82
8.2 Progettazione intervento di desorbimento termico.....	83
8.2.1 Ambiente d'installazione.....	83
8.2.2 Utilities	83

8.3 Basi di progettazione impianto di riscaldamento termico	84
8.3.1 Allestimento delle aree d'intervento	90
8.3.1.1 Elettrodi	91
8.3.1.2 Sistema di aspirazione vapori	92
8.3.1.3 Pozzi di monitoraggio	94
8.3.1.4 Copertura impermeabile	96
8.3.2 Unità di riscaldamento	96
8.3.2.1 Pannello di distribuzione.....	96
8.3.2.2 Sistema di distribuzione elettrica	96
8.3.2.3 Sistema di blocco di emergenza	96
8.3.2.4 Sistema di circolazione acqua	97
8.3.2.5 Box di acquisizione dati	97
8.3.3 Collettori di raccolta effluenti	97
8.4 Impianto di trattamento effluenti	99
8.4.1 Basi di progettazione	99
8.4.1.1 Impianto Trattamento Vapori.....	100
8.4.1.2 Impianto di trattamento acque e condense	106
8.4.1.3 Controllo del sistema di trattamento.....	107
8.4.2 Installazione attrezzature e control unit.....	107
8.4.3 Utilities e consumi attesi	107
8.4.4 Limiti concentrazioni emissione in atmosfera.....	108
8.4.5 Limite concentrazioni scarico in fognatura	108
8.5 Esercizio dell'impianto ISTT	108
8.5.1 Predisposizione delle aree e regimazione idraulica	108
8.5.2 Start up	109
8.5.3 Fasi del trattamento termico In Situ.....	109
8.5.3.1 Riscaldamento fino alla temperatura di esercizio.....	109
8.5.3.2 Trattamento a temperature costante	110
8.5.3.3 Raffreddamento.....	110
8.5.4 Monitoraggio della temperatura nel sottosuolo	110
8.5.5 Monitoraggio dell'impianto di trattamento e dell'unità di riscaldamento.....	111
8.5.6 Bilancio delle masse estratte.....	112
8.6 Collaudo dell'intervento ISTT	113
9 BONIFICA DELLA FALDA SUPERFICIALE - ISCO	114
9.1 Scopo del lavoro	114
9.2 Verifica delle specifiche di intervento a base di gara	114
9.3 Strategia di intervento – verifica di processi ossidativi alternativi	115
9.4 Realizzazione campo prova ISCO	116
9.5 ISCO – Sperimentazione di laboratorio.....	121

9.5.1	Caratteristiche dei composti di interesse.....	121
9.5.2	Modalità di esecuzione del test	122
9.5.3	Risultati della sperimentazione di laboratorio.....	130
9.6	Test di ossidazione chimica in campo.....	130
9.6.1	Esecuzione iniezioni	131
9.6.2	Monitoraggio – verifica efficacia ISCO in campo	133
9.7	Monitoraggi periodici post test pilota ISCO	134
9.8	Conclusioni test laboratorio e test pilota ISCO.....	139
9.9	Esecuzione intervento ISCO full scale	141
9.9.1	Caratteristiche e dimensionamento dell'intervento full scale	141
9.9.2	Pozzi di iniezione / estrazione	142
9.9.3	Esecuzione dell'intervento di bonifica mediante ISCO.....	144
9.9.4	Impianto SVE da abbinare all'intervento ISCO	146
9.9.5	Monitoraggio – definizione della baseline dell'intervento full scale	148
9.9.6	Monitoraggio – verifica efficacia interventi di bonifica ISCO	148
9.9.7	Pozzi barriera idraulica a valle idrogeologico degli interventi di bonifica ISCO	149
9.10	Collaudo degli interventi ISCO	149
10	BONIFICA DELLA FALDA SUPERFICIALE - MPE	150
10.1	Scopo del lavoro	150
10.2	Verifica del dimensionamento progettuale a base di gara	152
10.2.1	Realizzazione campo prova MPE	153
10.2.2	Risultati di laboratorio	153
10.3	Test pilota di MultiPhase Extraction	156
10.3.1	Modalità di esecuzione della prova	156
10.3.1.1	Analisi a tempo zero	157
10.3.1.2	Descrizione della prova di MPE	157
10.3.1.3	Gas estratti	158
10.3.1.4	Variazioni del livello della tavola d'acqua.....	162
10.3.1.5	Raggio di influenza ROI	163
10.3.1.6	Conclusioni Test MPE	167
10.4	Descrizione impianti MPE.....	168
10.4.1	Descrizione impianto MPE	169
10.4.1.1	Impianto MPE	169
10.4.1.2	Alimentazione elettrica e telecontrollo.....	172
10.4.1.3	Sezione di trattamento – sistemi di trattamento dei fluidi gassosi/liquidi prima della loro immissione in atmosfera (gas)/ fognatura (liquidi escluso NAPL)	174
10.4.2	Piping di collettamento tra i pozzi di aspirazione/estrazione e i moduli di aspirazione e trattamento.....	175

10.4.3 Pozzi di aspirazione/estrazione e impermeabilizzazione superficiale.....	176
10.4.4 Piezometri di osservazione	177
10.4.5 Impermeabilizzazione superficiale e Piping	177
10.5 Norme tecniche e sistemi di sicurezza	177
10.6 Esercizio dell'impianto MPE	178
10.6.1 Start Up	178
10.6.2 Monitoraggio.....	179
10.6.3 Gestione rifiuti derivanti da intervento MPE	180
10.6.4 Manutenzione	180
10.6.5 Scarico/riutilizzo.....	180
10.7 Collaudo degli interventi MPE	180
11 BONIFICA DELLE FALDA SUPERFICIALE - P&T	181
11.1 Scopo.....	181
11.2 Verifica del dimensionamento progettuale a base di gara	183
11.3 Descrizione dell'impianto di P&T	189
11.3.1 Pozzi di estrazione	189
11.3.2 Piezometri di monitoraggio.....	190
11.3.3 Impianto di sollevamento.....	191
11.3.4 Piping.....	192
11.4 Esercizio dell'impianto di P&T	192
11.4.1 Monitoraggio.....	192
11.4.2 Manutenzione	193
11.5 Collaudo dell'intervento P&T	193
12 BONIFICA DEGLI ACQUIFERI CONFINATI	194
13 PIANO DEI MONITORAGGI AMBIENTALI	195
13.1 Monitoraggio delle polveri e della qualità dell'aria.....	195
13.2 Monitoraggio ambientale della matrice rumore	199
14 PIANO DELLE EMERGENZE	202
15 PROGRAMMA DI ASSICURAZIONE DELLA QUALITA'	203
15.1 Documentazione di Campo	203
15.2 Procedure di Decontaminazione	203
15.2.1 Procedure di Gestione e Custodia dei Campioni	203
16 DISPOSIZIONI IN MATERIA DI SICUREZZA.....	205
16.1 Pianificazione delle attività	205



16.2 Formazione.....	206
16.3 Attività di cantiere	206
16.4 H&S audit in campo.....	207
16.5 Figure di riferimento.....	207
16.6 Dotazioni di sicurezza.....	207
16.7 Aspetti di sicurezza specifici del cantiere	207
16.7.1 Aspetti di sicurezza connessi alla presenza di cloroformio	208
16.7.2 Rischio di esplosività all'impianto ISTT	208

1 PREMESSA

L'ex area industriale di Via dei Cappuccini a Vicenza è sottoposta alla procedura prevista all'art. 242 del D. Lgs. 152/2006 a seguito della presenza nei terreni e nelle acque sotterranee di contaminanti in concentrazioni superiori alle CSC, rilevati a seguito delle indagini previste dal Piano della caratterizzazione, approvato con atto del Dirigente Responsabile del Settore Tutela del Territorio e Igiene del Comune di Vicenza, PGN 36285 del 16.07.2004, e delle successive indagini ambientali eseguite.

In conseguenza di ciò sono stati predisposti i documenti *“Ex area industriale di Vicenza, Via dei Cappuccini - Progetto Definitivo di Bonifica - Fase 1, 1° stralcio. EcoAppraisal Srl (ora Tauw Italia, Rif. 1015_001r05gib - dicembre 2005)”* e *“Ex area industriale di Vicenza, Via dei Cappuccini - Progetto Definitivo di Bonifica - Fase 1, 2° stralcio. EcoAppraisal (ora Tauw Italia, Rif. 1187_002r07gib - maggio 2007)”*.

I lavori previsti nei documenti sopracitati, consistenti prevalentemente nella rimozione di rifiuti e sottoservizi e nella realizzazione di un sistema di confinamento nel settore Sud – Ovest del sito, sono stati eseguiti e completati.

In continuazione della procedura prevista all'art. 242 del D. Lgs. 152/06, è stato redatto il documento *“Bonifica ex area industriale di Via dei Cappuccini, 40 a Vicenza – Analisi di Rischio sito specifica. Tauw Italia, Rif. 1184_008r11cni del 31.10.2011”*, approvato con atto del Dirigente del Settore Tutela del Territorio e Igiene del Comune di Vicenza, PGN 83104 del 6.12.2011.

Attraverso l'AdR sono state definite le CSR associate alla successiva fruibilità del sito, poi confrontate con le concentrazioni dei contaminanti presenti nel sito; tale confronto ha evidenziato superamenti delle CSR e quindi la necessità di eseguire interventi di bonifica atti a ricondurre le concentrazioni attuali con tali CSR.

A tal fine è stato predisposto il documento *“Progetto Operativo di Bonifica dei terreni e delle acque sotterranee dell'ex area industriale di Via dei Cappuccini a Vicenza – Fase 2. Tauw Italia, Rif. 8001184_009r12gib del 15 maggio 2012”*, di seguito POB, approvato con atto del Dirigente del Settore Tutela del Territorio e Igiene del Comune di Vicenza, PGN 5583 del 22.01.2013.

Il Progetto Operativo di Bonifica ha individuato gli interventi e le tecniche necessarie a ricondurre lo stato di contaminazione presente nel sito alle CSR definite dall'Analisi di rischio e compatibili con la destinazione d'uso prevista dagli strumenti urbanistici e dagli interventi edificatori e di riqualificazione previsti, pertanto esso rappresenta il documento di riferimento per la progettazione esecutiva.

Zambon Group, nell'affidamento dei lavori di bonifica ha optato, per motivi di trasparenza, di procedere mediante gara di evidenza pubblica ai sensi del D. Lgs. N. 163/2006 (ora abrogato in parte dal D.Lgs. 50 del 2016). In tale contesto il POB è stato integrato con tutti gli elementi previsti dal sopra citato decreto per renderlo a tutti gli effetti un Progetto Definitivo (di seguito PD).

Sempre in osservanza all'art.93 del D.Lgs.163/06 (ora abrogato e sostituito dall'art.217 del D.Lgs.50/2016), in virtù della modalità di affidamento dei lavori scelta da Zambon Group e vista la necessità di definire nel dettaglio alcuni aspetti ancora non definiti nel POB, è onere della scrivente aggiudicataria dell'appalto redigere il terzo ed ultimo livello di approfondimento tecnico, ovvero il Progetto Esecutivo (d'ora in avanti PES).

Si conferma sin d'ora la completezza del POB e del PD nei suoi contenuti, che ne hanno determinato l'approvazione da parte delle autorità preposte, in virtù di ciò il presente Progetto Esecutivo, pur riportando la descrizione delle tecnologie già individuate e delle modalità operative, si sofferma in particolar modo su quegli elementi che nei precedenti livelli di progettazione non sono stati affrontati e/o rispetto ai quali oggi sono state effettuate scelte differenti. Si precisa inoltre che in caso di discordanza tra i documenti sopracitati l'ordine gerarchico è il seguente: Progetto Esecutivo > Progetto Definitivo > Progetto Operativo.

Il presente documento costituisce pertanto il Progetto Esecutivo di Bonifica del sito denominato “Ex area industriale di Vicenza di via dei Cappuccini”.

Il Progetto Esecutivo si compone dei seguenti elaborati:

- Relazione tecnica generale (il presente documento);
- Elaborati grafici
 - Tavola 1 – Layout di cantiere
 - Tavola 2 – Piano delle demolizioni
 - Tavola 3 – Piano di scavo dei terreni insaturi
 - Tavola 4 – P&I schema semplificato impianto effluenti ISTT
 - Tavola 5 – Posizionamento pozzetti intervento desorbimento termico
 - Tavola 6 – Schema pozzetti e trincee recupero vapori desorbimento termico
 - Tavola 7 – Collettori di raccolta intervento desorbimento termico
 - Tavola 8 – Copertura impermeabile intervento desorbimento termico
 - Tavola 9 – Campo prova ISCO e MPE
 - Tavola 10 – Posizione pozzetti ISCO Full Scale
 - Tavola 11 – Schema pozzetti ISCO
 - Tavola 12 – Posizione pozzetti MPE Full Scale
 - Tavola 13 – Schema pozzetti MPE
 - Tavola 14 – P&I intervento MPE
 - Tavola 15 – Monitoraggi ambientali

- Allegati

- Allegato 1 - Richiesta di deroga per le emissioni acustiche;
- Allegato 2 – Richiesta di autorizzazione alla campagna mobile;
- Allegato 3 – Stratigrafie carotaggi settembre-ottobre 2016
- Allegato 4 – Referti analitici
- Allegato 5 – Cronoprogramma

Sono da considerarsi altresì parte integrante del Progetto Esecutivo i seguenti documenti benché non allegati:

1. Documento “Progetto Operativo di Bonifica dei terreni e delle acque sotterranee dell'ex area industriale di Via dei Cappuccini a Vicenza – Fase 2. Tauw Italia, Rif. 8001184_009r12gib del 15 Maggio 2012” e suoi documenti di riferimento di cui al Paragrafo 1.3 del POB;
2. Atto del Dirigente del Settore Tutela del Territorio e Igiene del Comune di Vicenza, PGN 5583 del 22.01.2013 con il quale è stato approvato il POB di cui al punto 1;
3. Documento “Bonifica ex area industriale di Via dei Cappuccini, 40 – Vicenza. Indagini nelle aree di sorgente previste dal POB, Tauw Italia Rif. n.1950_002r14gib del 30.04.2014”;

2 LEGISLAZIONE DI RIFERIMENTO

Di seguito è riportato l'elenco della legislazione di riferimento per l'esecuzione dei lavori.

Saranno rispettati tutti i decreti ministeriali, i regolamenti e le circolari riferite alla normativa applicabile, ancorché di seguito non espressamente richiamate.

Gli interventi previsti saranno eseguiti da società abilitate e/o autorizzate per le diverse fasi di lavoro; in particolare:

- L'intervento nel suo complesso sarà eseguito da società iscritte all'Albo Gestori Ambientali – Cat. 9 - Bonifica dei siti, per la classe adeguata all'ammontare delle opere;
- Gli interventi di rimozione di materiali contenenti amianto saranno eseguiti da società iscritte all'Albo Gestori Ambientali - Cat. 10 - Bonifica dei beni contenenti amianto;
- Propedeuticamente alle attività di bonifica, come previsto dal art. 256 del D.lgs 81/2008, sarà predisposto il Piano di Lavoro contenente, tra le altre cose, le misure necessarie per garantire la sicurezza e la salute dei lavoratori sul luogo di lavoro e la protezione dell'ambiente esterno.
- Gli interventi di trattamento di rifiuti nel sito saranno eseguiti mediante impianti mobili autorizzati ai sensi dell'art. 208, comma 15, del D. Lgs. 152/2006;
- Il trasporto dei rifiuti fuori sito sarà eseguito da società iscritte all'Albo - Gestori Ambientali – Cat. 4 e 5;

Relativamente al deposito dei rifiuti, con l'approvazione del Progetto Operativo di Bonifica Fase 2, si intende autorizzato il deposito preliminare dei rifiuti così come definito all'Art. 183, comma 1 punto I, del D. Lgs. 152/2006.

2.1 Normativa in materia di appalti pubblici

Decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163: Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE;

D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207: Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE».

2.2 Normativa in materia ambientale

D.Lgs. 03 Aprile 2006, n. 152 e s.m.i.: Norme in materia ambientale.

Decreto 05 Aprile 2006, n.186: Regolamento recante modifiche al decreto ministeriale 5 febbraio 1998 "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero, ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22".

Regolamento CEE n.1013/2006: Spedizione di rifiuti.

D.M. 03 gennaio 2007: Recepimento della direttiva 2006/89/CE della Commissione del 3 novembre 2006, che adatta per la sesta volta al progresso tecnico la direttiva 94/55/CE del Consiglio, concernente il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri, relative al trasporto di merci pericolose su strada (ADR 2007).

D.M. 27 Settembre 2010: Criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica.

2.3 Normativa in materia di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro

Legge n. 123 del 03/08/07. Misure in tema di tutela della salute e della sicurezza sul lavoro e delega al Governo per il riassetto e la riforma della normativa in materia.

D.L.gs. 9 aprile 2008, n. 81. Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

D.Lgs. 3 agosto 2009, n. 106. Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, in materia di tutela della salute e sicurezza nei luoghi di lavoro.

Direttiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 17 maggio 2006 relativa alle macchine e che modifica la direttiva 95/16/CE (rifusione).

D.Lgs. 27 gennaio 2010, n. 17. Attuazione della direttiva 2006/42/CE, relativa alle macchine e che modifica la direttiva 95/16/CE relativa agli ascensori.

D.M. 388/03 Regolamento recante disposizioni sul pronto soccorso aziendale, in attuazione dell'articolo 15, comma 3, del decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626, e s.m.i.

2.4 Normativa in materia di materiali contenenti amianto

D.Lgs. 15/08/1991, n. 277. Attuazione delle direttive n. 80/1107/CEE, n. 82/605/CEE, n.83/477/CEE, n. 86/188/CEE e n. 88/642/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro, a norma dell'art. 7 della legge 30 luglio 1990, n. 212. Decreto modificato in parte dal D.Lgs. 25 luglio 2006 n. 257.

Legge 27/03/1992, n. 257. Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto.

D.Lgs. 17/03/1995, n. 114. Attuazione della direttiva 87/217/CEE in materia di prevenzione e riduzione dell'inquinamento dell'ambiente causato dall'amianto.

Art. 256, comma 5, D.L.gs. 9 aprile 2008, n. 81. Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

2.5 Normativa in materia di impianti elettrici e termici

DECRETO 22 gennaio 2008, n. 37. Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11- quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici.

D.P.R. 1 agosto 2011, n. 151. Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'articolo 49 comma 4-quater, decretollegge 31 maggio 2010, n. 78, convertito con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122.

2.6 Normativa in materia di impatto acustico

Legge 26/10/1995, n.447. Legge quadro sull'inquinamento acustico.

2.7 Autorizzazioni per scarico di acque nella pubblica fognatura

Per lo scarico delle acque nella pubblica fognatura sarà richiesta volturazione dell'attuale autorizzazione a favore di Arcadis Italia all'Ente Gestore (Acque Vicentine S.p.A.).

2.8 Autorizzazioni alle emissioni in atmosfera

Secondo le definizioni di cui all'art. 268 del D. Lgs N. 152/2006, poiché le attrezzature che generano emissioni in atmosfera e utilizzate nell'ambito dell'intervento di bonifica non sono configurabili come impianti, non risulta necessaria l'autorizzazione alle emissioni in atmosfera.

3 ALLESTIMENTO AREE DI CANTIERE

3.1 Preparazione ed accesso alle aree di lavoro

Il cantiere sarà dotato di quanto necessario per ottemperare alle disposizioni normative in materia di sicurezza e igiene del lavoro, nonché ambientale.

Al fine di garantire la massima sicurezza dei luoghi di lavoro saranno fedelmente seguite tutte le indicazioni contenute nel PSC.

Sarà prevista l'installazione in cantiere di un numero congruo di presidi antincendio (estintori, ecc.) e saranno messe a disposizione presso il cantiere cassette di pronto soccorso, conformi alla normativa vigente (D.M. 388/03) e adeguatamente segnalate.

In cantiere sarà posizionata la segnaletica di sicurezza, conforme agli Allegati del D.Lgs. 81/08 e s.m.i. La stessa sarà posizionata in prossimità del pericolo ed in luogo ben visibile. Il segnale di sicurezza sarà rimosso non appena sarà terminato il rischio a cui lo stesso si riferisce. La segnaletica non sarà generica ma strettamente inerente alle esigenze della sicurezza del cantiere e delle reali situazioni di pericolo analizzate; non sostituirà le misure di prevenzione ma favorirà l'attenzione su qualsiasi cosa possa provocare rischi (macchine, oggetti, movimentazioni, procedure, ecc.), e sarà in sintonia con i contenuti della formazione ed informazione del personale.

In questo cantiere la segnaletica (che comprenderà cartelli di avvertimento, divieto, prescrizione, evacuazione e salvataggio, antincendio, informazione) sarà esposta – in maniera stabile e ben visibile – nei punti strategici e di maggior frequentazione, quali:

- In corrispondenza degli ingressi di cantiere (esternamente), con i dati relativi allo stesso cantiere ed agli estremi della notifica preliminare all'organo di vigilanza territorialmente competente. Ogni ingresso sarà numerato ed identificato nelle planimetrie di cantiere;
- Nelle aree di lavorazione dei materiali;
- Nei luoghi di lavoro ove vada prestata particolare attenzione.

Per gli aspetti di dettaglio in merito alla valutazione dei rischi ed alle misure di prevenzione e protezione previste si rimanda al documento specifico "Piano della Sicurezza e Coordinamento in fase esecutiva" non oggetto del presente progetto esecutivo.

3.2 Accantieramento e viabilità di cantiere

3.2.1 Accantieramento

Sarà eseguito lo sfalcio della vegetazione presente nell'area di cantiere per consentire la cantierizzazione dell'area stessa. La vegetazione falciata sarà considerata un rifiuto ai sensi della normativa vigente e adeguatamente smaltita presso idoneo impianto esterno al sito. Al fine di minimizzare l'impatto del cantiere sulle abitazioni circostanti non verranno abbattuti gli alberi ad alto fusto lungo i confini del sito e non ricadenti in celle oggetto di scavo e rimozione dei terreni insaturi.

Preliminarmente all'inizio dei lavori si provvederà ad una messa in sicurezza delle aree di cantiere mediante:

- Segnalazione e protezione di eventuali aperture prospicienti i vuoti;
- Rimozione di oggetti pericolanti;
- Interdizione di passaggi a zone non sicure come l'interrato dell'edificio F e lo stesso edificio F;
- Pulizia dei passaggi e dei camminamenti agibili;
- Pulizia e risistemazione dei locali interni dell'edificio A da adibire ad ufficio; per le imprese incaricate, per la Committente e la Direzione lavori, in 3 stanze opportunamente ripulite, sistemate e dotate di quanto necessario per l'utilizzo

previsto (sedie, tavoli, prese elettriche, linea telefonica, internet, riscaldamento elettrico e climatizzatore);

Nel piazzale asfaltato antistante l'edificio A e non oggetto di lavori, in posizione immediatamente vicina all'edificio A, verrà creata l'area logistica, intesa come l'area dedicata al posizionamento di tutte le strutture di supporto ai lavori. In quest'area saranno installate le seguenti infrastrutture di cantiere.

- Nr.2 Container adibiti a uso magazzino di dimensioni 6m x 2,5m;
- Nr.2 Locali spogliatoio di dimensioni 6m x 2,5m per il personale impiegato dotati di armadietti personali; gli stessi saranno dotati di docce di lavaggio e zona di lavaggio calzature;
- Nr.1 container Servizi igienico-sanitari di dimensioni 6m x 2,5m con wc, doccia e lavandini.

In Tavola 1 – “Layout di cantiere” sono rappresentate due diverse configurazioni di cantiere che si riferiscono rispettivamente ad una prima fase d'intervento dove verranno effettuati gli interventi di demolizione e di scavo e ad una seconda fase nella quale si svolgeranno essenzialmente gli interventi di bonifica In-Situ.

Tutte le infrastrutture saranno collegate alla rete elettrica con impianto di messa a terra e di protezione dalle scariche atmosferiche.

Come già accennato, in cantiere saranno presenti i necessari presidi sanitari secondo l'Allegato IV D.Lgs. 81/2008, in particolare:

- Una cassetta di medicazione con i presidi sanitari;
- Presidio permanente di primo soccorso; per eventuali interventi a seguito d'infortunio grave, si farà comunque capo alle strutture pubbliche (Ospedale di Vicenza, Viale Ferdinando Rodolfi, 37 distante 2,3 km dal Sito).



Figura 1: Ubicazione e percorso per Ospedale di Vicenza

I percorsi di condotti e canalizzazioni riguardanti gli apprestamenti igienici - assistenziali e gli impianti di cantiere saranno attuati in modo da evitare di costituire intralcio alla circolazione dei mezzi e delle persone e nel contempo di essere possibili ostacoli di azioni meccaniche.

Gli impianti elettrici saranno modificati, assemblati e verificati esclusivamente da elettricisti qualificati. I quadri elettrici di distribuzione saranno collocati in posizione tale da consentire l'agevole manovra, facilitata dall'indicazione dei circuiti derivati.

Per l'utilizzo dell'impianto elettrico di cantiere sarà elaborata la dichiarazione di conformità, tramite un tecnico abilitato, come previsto dal Decreto 37/08.

Il piazzale antistante l'edificio A sarà altresì utilizzato come area per il ricovero dei mezzi

d'opera ed altre attrezzature di cantiere al termine del turno di lavoro.

3.2.2 Viabilità interna ed esterna

Per quanto riguarda la viabilità esterna al cantiere saranno rispettate le prescrizioni imposte dal Comune di Vicenza contenute nel documento "Area ex Zambon via dei Cappuccini Vicenza - Prescrizioni al progetto di bonifica dei terreni e delle acque sotterranee fase 2" del 26 settembre 2012, in particolare il trasporto dei rifiuti in uscita dal cantiere avverrà nella fascia orario 8.30-17.00 ed il tragitto dei mezzi fino all'autostrada sarà quello già contenuto in Allegato 1 alla risposta di Zambon ai quesiti posti dalla conferenza dei servizi. Eventuali altri percorsi saranno preventivamente discussi e condivisi con il Comune di Vicenza.

Come rappresentato in Tavola 1, l'accesso dei mezzi operativi è previsto attraverso il cancello carraio presente nella Via Monte Zovetto identificato come Ingresso 1. In determinate fasi sarà necessario l'utilizzo dell'ingresso carraio posto nella strada presente al confine nord del sito identificato come Ingresso 2. Ciò era già previsto nel POB, in ogni caso dovrà essere verificata la fattibilità in termini di autorizzazione da parte del soggetto privato confinante (Centrogamma Termosanitaria Spa, via Monte Zovetto 41) che attualmente utilizza la stradina in via esclusiva. Nella stessa tavola è indicato il posizionamento del lavaggio ruote in prossimità dell'ingresso principale e temporaneamente in prossimità dell'ingresso secondario a Nord quando l'ingresso principale sarà inagibile per lo scavo della cella T1.

L'accesso da Via Cappuccini sarà invece dedicato al personale a piedi ed alle autovetture (**Ingresso 3**). In questo modo si eviteranno le interferenze tra mezzi operativi e mezzi dei tecnici; l'accesso all'area di cantiere sarà consentito esclusivamente alle persone autorizzate e munite di idoneo tesserino di riconoscimento.

Tutte le aree di scavo e di lavoro (operatività di mezzi e personale) verranno segnalate e delimitate mediante le opere previste nel Piano di Sicurezza e Coordinamento.

La viabilità all'interno del cantiere viene identificata negli elaborati grafici relativi ad ogni fase (demolizioni, scavi insaturo, bonifica in situ).

3.3 Recinzione di cantiere

L'area interessata dall'intervento si presenta delimitata su tutti i lati verso l'esterno per la presenza di muro di confine e/o parete esterna di edifici. Come già indicato per l'edificio A1 nel Progetto Operativo di Bonifica, si ritiene che le pareti esterne degli edifici rappresentino la migliore soluzione per delimitare fisicamente il cantiere e ridurre al minimo gli impatti delle attività di cantiere sulle aree esterne.

Pertanto, considerando che la macro-successione delle lavorazioni sarà la seguente:

- Apprestamento aree di cantiere;
- Rimozione amianto;
- Demolizione edifici;
- Scavo e bonifica terreni insaturi;
- Bonifica terreni saturi;

la demolizione degli edifici (così come illustrato nel dettaglio nei capitoli che seguono) sarà effettuata lasciando la parete perimetrale lato strada fino ad una altezza di 3 metri circa. Solo al termine di tutti i lavori di bonifica e quando ritenuto necessario per i successivi lavori di urbanizzazione dell'area, verranno demoliti i muri di confine ed installata idonea recinzione. Per il dettaglio sulle modalità di demolizione si veda il capitolo 6 (Demolizioni).

In prossimità dell'edificio A1, verso via dei Cappuccini, per minimizzare l'impatto del cantiere sulle aree esterne gli edifici A1 e A' verranno demoliti fino alla quota di imposta del primo solaio (circa 5m da strada esterna al sito). Inoltre il muro di confine sempre

su via dei Cappuccini viene innalzato fino a 5m circa con elementi tubolari in acciaio e pannelli in modo da ottenere una notevole riduzione di impatto verso l'esterno.

Per gli ingressi al cantiere saranno mantenuti i portoni attualmente presenti.



Figura 2: Muro di confine esistente che si mantiene durante tutti i lavori



Figura 3: Muro di confine esistente che si mantiene durante tutti i lavori

3.4 Impianto di lavaggio automezzi

In prossimità dell'uscita del cantiere (Ingresso 1) verrà installato un impianto per il lavaggio ruote dei mezzi pesanti; l'impianto sarà caratterizzato da:

- Unità di lavaggio ruote mediante ugelli laterali alimentati da elettropompa ad alta pressione;
- Bacino di raccolta dei reflui di lavaggio;
- Pozzetto in cemento di raccolta reflui di lavaggio, dotato di elettropompa sommergibile per il rilancio dei reflui di lavaggio alla vasca di sedimentazione;
- Vasca di sedimentazione dei materiali solidi sospesi dotata di elettropompa sommergibile per il rilancio di eventuali acque in eccesso all'impianto TAF;
- Allacciamento alla rete elettrica per l'alimentazione di pompe e sensori;
- Allacciamento alla rete idrica per il reintegro delle acque di lavaggio;
- Tubazione di allacciamento all'esistente impianto TAF.

A causa della contaminazione della cella T1, posta in prossimità dell'ingresso principale (Ingresso 1), sarà necessario utilizzare per un breve periodo l'ingresso secondario (Ingresso 2). Durante questa breve fase e fino al ripristino dell'ingresso principale i mezzi pesanti in uscita dal cantiere dall'Ingresso 2 potrebbero comunque sporcare la strada (privata) su cui si immette l'ingresso 2. Per minimizzare questo impatto le ruote dei mezzi in uscita verranno pulite manualmente con acqua per quanto possibile, inoltre si prevede di attivare al bisogno un servizio di pulizia della strada privata mediante spazzatrice.

La posizione dell'impianto di lavaggio ruote è desumibile dalla Tavola 1 – Layout di cantiere.

3.5 Pesa di cantiere

Durante tutta la durata dei lavori di demolizione e bonifica dei terreni insaturi sarà installata in cantiere una pesa a doppia corsia di tipo mobile. Questa pesa ha il notevole vantaggio di poter essere installata su qualsiasi superficie piana in pochi minuti perché non ha bisogno di nessun tipo di opera in calcestruzzo e per la posa è sufficiente un mezzo di sollevamento.

La pesa verrà utilizzata per le seguenti operazioni:

- Pesatura dei rifiuti in uscita dal cantiere (come verifica del materiale avviato a smaltimento);
- Eventuale verifica del peso delle forniture dall'esterno come ad esempio terreni per il rinterro degli scavi;
- Pesatura altri materiali, come terreni o frazioni di essi destinati alla bonifica on site all'interno dell'edificio L per il controllo interno di produzione e la tracciabilità dei materiali gestiti on site.

Per quanto riguarda i rifiuti destinati a recupero/smaltimento presso impianti esterni autorizzati si precisa sin d'ora che il peso effettivo e ritenuto valido ai sensi di legge (ad es. per la tenuta del registro di carico e scarico) è quello determinato presso l'impianto di destino, pertanto la pesa installata non dovrà essere certificata.

La pesa verrà posizionata in prossimità della struttura adibita alle lavorazioni meccaniche e all'area di deposito dei materiali di scavo in verifica, così come desumibile dalla Tavola 1 "Layout di cantiere".

3.6 Gestione acque meteoriche

Per quanto riguarda la gestione delle acque meteoriche va premesso che ad oggi gran parte delle acque meteoriche ricadenti sul sito, ad esclusione delle aree edificate e di ridotte superfici pavimentate (ma comunque non collettate), impattano su suolo non coperto e in parte da bonificare. Per la gestione delle acque meteoriche durante i lavori di bonifica verranno adottate le seguenti misure:

- Le acque ricadenti su edifici non oggetto di demolizione continueranno ad essere raccolte nella rete esistente;
- La piattaforma A (si veda a tal proposito la Tavola 1 “Layout di cantiere”) destinata, come nella Fase I di bonifica già eseguita, a fungere da deposito temporaneo di materiali tra cui anche rifiuti in attesa di avvio a recupero/smaltimento, è già dotata di fondo impermeabilizzato, pareti di contenimento e sistema di raccolta ed allontanamento delle acque meteoriche verso l'impianto TAF esistente. In concomitanza con l'installazione del cantiere e la predisposizione delle aree verrà verificato il corretto funzionamento delle pompe e ripristinato il collegamento verso l'impianto TAF.
- Altre aree di deposito, individuate con le lettere B e C sulla Tavola 1, saranno utilizzate per il deposito di materiali inerti provenienti dall'esterno (quindi non rifiuti), per il deposito di terreni idonei al riutilizzo in sito, ovvero terreni che rispettano i limiti sito specifici e in quanto oggetto di riutilizzo anch'essi non sono rifiuti, e rifiuti da costruzione e demolizione recuperati con impianto mobile autorizzato in cantiere e conformi al DM186 per il recupero. Per tali aree non è prevista la realizzazione di sistemi per la raccolta delle acque piovane.
- I lavori di scavo e bonifica dei terreni insaturi saranno svolti per celle secondo quanto illustrato nel capitolo 7 “Piano degli scavi. Ciò significa che in caso di evento piovoso una sola cella o al massimo due saranno in fase di scavo/rinterro. Qualora nel corso degli scavi di bonifica si verificano eventi meteorologici particolarmente intensi e/o affioramento dal basso di acque di falda superficiale i lavori di scavo verranno interrotti fino al termine dell'evento meteorologico intenso. In caso di pause prolungate nei lavori di scavo i fronti aperti saranno temporaneamente coperti mediante idonei teli in materiale plastico. Se necessario per l'approfondimento localizzato di scavo o per allontanare acque stagnanti nello scavo saranno utilizzate pompe sommerse e i liquidi estratti saranno avviati alla vasca di accumulo dell'impianto TAF compatibilmente con le portate dello stesso.

3.7 Allacciamento alle reti tecnologiche

3.7.1 Energia elettrica

Nel sito sono già disponibili due allacciamenti alla rete dell'energia elettrica in bassa tensione (400 V/3F+N), rispettivamente di potenza 30 kW e 100 kW, nei punti indicati in Tavola 1, attualmente utilizzati per l'alimentazione degli impianti di MISE.

Tale potenza sarà incrementata al fine della corretta esecuzione degli interventi di bonifica delle acque sotterranee e dei terreni insaturi.

Essendo l'interfaccia, tra quanto a carico della Committente e quanto del RTI, immediatamente a valle degli opportuni contatori, sarà onere e cura del RTI:

- L'allacciamento dei propri impianti dal punto di interfaccia;
- La distribuzione dell'energia elettrica dai punti di interfaccia suddetti alle proprie utenze;
- L'installazione di strumenti di misura per consentire la suddivisione del consumo di energia elettrica degli impianti di bonifica da quelli di MISE.
- Il costo dell'energia elettrica necessaria per l'esercizio degli impianti fino al raggiungimento degli obiettivi di bonifica, mediante stipula di contratto diretto con il fornitore.

Come da Capitolato Speciale di Appalto – Parte Tecnica, la connessione alla rete

elettrica necessaria per l'esecuzione dei lavori di bonifica delle aree di sorgente sarà resa disponibile dalla Committente in prossimità dell'accesso carraio ubicato in Via Monte Zovetto, alla tensione di 10 kV. Sarà pertanto necessaria una cabina di trasformazione MT/BT che sarà posizionata sul limite settentrionale dell'area di sorgente SO collegata con il punto di connessione attraverso un cavo di media tensione.

Verrà utilizzata una cabina prefabbricata dotata di tre locali, di cui:

- 1 per l'alloggiamento delle apparecchiature della società di distribuzione (AIM Vicenza);
- 1 per l'alloggiamento della strumentazione di misura (contatore);
- 1 per l'alloggiamento delle apparecchiature di trasformazione MT/BT.

Si procederà inoltre a:

- L'allacciamento dei propri impianti dal punto di interfaccia;
- La trasformazione dell'energia elettrica MT/BT;
- La distribuzione dell'energia elettrica dal container suddetto alle utenze.

Per garantire la continuità delle lavorazioni, il sistema sarà inoltre integrato da un generatore di emergenza di energia elettrica di adeguata potenza alimentato a gasolio, che si avvierà automaticamente in caso di interruzione dell'energia elettrica di rete con lo scopo di mantenere in funzione il sistema di estrazione e trattamento vapori a servizio degli impianti di bonifica delle aree di sorgente.

3.7.2 Rete Idrica

L'acqua necessaria per gli interventi sarà approvvigionata tramite l'esistente allacciamento alla rete idrica consistente in una tubazione da 3" presente in corrispondenza dell'accesso carraio in Via dei Cappuccini.

In caso di necessità, sulla base del fabbisogno necessario si procederà alla richiesta di fornitura a AIM Vicenza.

Sarà a carico del RTI:

- L'allacciamento al punto di consegna e la fornitura e installazione della rete idrica di distribuzione alle utenze;
- Il costo della fornitura di acqua fino al raggiungimento degli obiettivi di bonifica, mediante stipula di contratto diretto con il fornitore.

Durante la demolizione e lo scavo dei terreni insaturi saranno impiegati cannone nebulizzatore e lancia manuale e automatica. L'alimentazione di questi presidi per l'abbattimento delle polveri avverrà tramite tubazioni flessibili (manichette).

3.7.3 Rete fognaria

Per gli scarichi idrici è disponibile un punto allacciamento alla rete fognaria di Via Monte Zovetto.

Contestualmente all'approvazione del presente progetto esecutivo si chiede la volturazione dell'autorizzazione allo scarico in pubblica fognatura già in essere e in capo a Zambon Group Spa a favore di Arcadis Italia.

4 ADEGUAMENTO IMPIANTO TRATTAMENTO ACQUE DI FALDA E GESTIONE MISE

4.1 Scopo

Nei paragrafi seguenti verranno descritti gli interventi necessari all'implementazione dell'impianto di trattamento acque di falda (denominato TAF), in quanto l'impianto esistente dovrà trattare gli effluenti liquidi derivanti dalla sezione acque dei separatori multifase degli MPE, dal P&T e dal barriera idraulico dell'area sottoposta all'intervento di ISCO, attraverso il piping predisposto e dal sistema di pompaggio esistente.

L'invio delle acque descritte al TAF è stato descritto e approvato nel POB.

I flussi in ingresso all'impianto vengono descritti nella tabella sottostante:

Portata di effluente liquido	Unità di misura	Valore
Da operazioni di MiSE	m ³ /h	0,67
Da emungimento P&T	m ³ /h	0,5
Da interventi di MPE	m ³ /h	1,275
Da interventi di ISCO	m ³ /h	1,5
TOTALE	m³/h	3,945

Tabella 1: Flussi principali in ingresso all'impianto TAF

Inoltre, come descritto nel capitolato speciale d'appalto, l'impianto potrà anche ricevere le acque meteoriche provenienti dall'Area di deposito materiali "A" e le acque derivanti dal lavaggio ruote dei bilici.

Si stima che il contributo, in termini di flusso di acque derivanti dalla sezione di lavaggio ruote e dal recupero delle acque meteoriche, sia del tutto modesto (inferiore a 0,1 m³/h).

Relativamente all'impianto di trattamento termico, le acque derivanti dal suo esercizio, saranno trattate dall'impianto stesso e non saranno quindi convogliate all'impianto TAF attualmente in esercizio presso il sito.

Di seguito si schematizzano i flussi per una miglior comprensione dei vari stream:

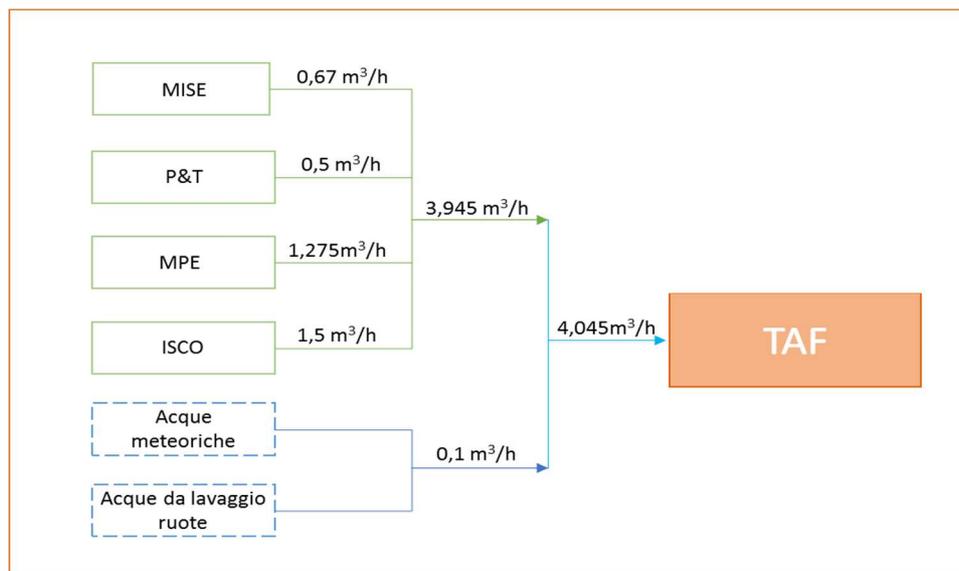


Figura 4: Diagramma di flusso semplificato ove vengono riportate solamente le portate previste al TAF

Dall'analisi del manuale di uso e manutenzione del TAF, redatto dalla società Zueblin, in qualità di produttore dello stesso, viene riportata la portata massima trattabile in ingresso all'impianto che è pari a 5 m³/hr, dal diagramma di flusso sopra riportato, si deduce la possibilità di conferire all'impianto circa 4,0 m³. Nel diagramma esposto si riportano in verde i flussi continui che andranno trattati al TAF mentre in azzurro sono riportati i flussi con una limitata durata temporale. Si sottolinea inoltre che, come emerge dal cronoprogramma riportato in allegato 5, gli interventi di bonifica avranno durate temporali diverse ed inizieranno in periodi distinti, sovrapponendosi in alcuni casi solamente per periodi di tempo limitati o non sovrapponendosi per niente.

Durante la gestione dell'impianto in relazione alle lavorazioni vi sarà dunque la possibilità di trattare le acque derivanti dai diversi stream.

4.2 Descrizione dello stato attuale dell'impianto TAF

L'impianto TAF è attualmente installato all'interno dell'edificio F1 e consiste nelle seguenti sezioni schematizzate di cui si sintetizza il processo:

1. L'acqua da trattare è raccolta in un serbatoio in testa all'impianto, costituito da una vasca in acciaio dal volume complessivo pari a circa 30 m³. La vasca in oggetto è suddivisa in due bacini secondari di circa 15 m³ l'uno

- Per stramazzo le acque passano dal bacino di accumulo ad un bacino denominato di areazione dove le acque vengono ossigenate mediante insufflazione di aria compressa.
- Dopo la vasca di areazione le acque sono rilanciate mediante una pompa di trasferimento al filtro a sabbia munito di un sistema di controlavaggio automatico che è alimentato da una vasca di acque pulite.
- Dopo la filtrazione granulare l'effluente liquido viene strippato all'interno di una torre, ove il contaminante passa dalla soluzione liquida a quella gassosa e successivamente trattato da 4 filtri a carboni attivi in serie dalla capacità di 1000 l cad.
- Le acque strippate prima dello scarico in fognatura subiscono un'ultima filtrazione su carboni attivi.

Nello schema successivo viene schematizzato il funzionamento dell'impianto trattamento acque.

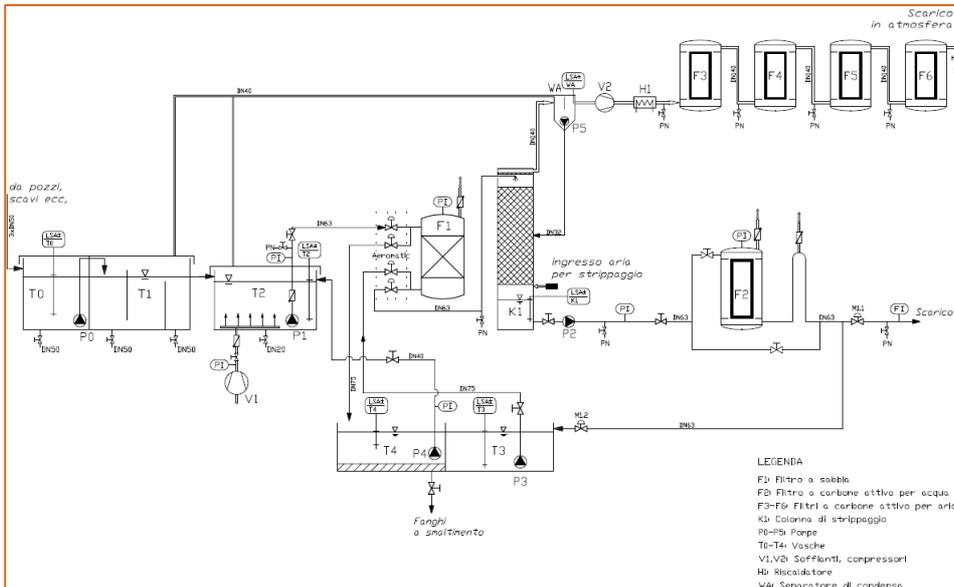


Figura 5: Schema meccanico dell'impianto di trattamento acque di falda attualmente installato ove sono schematizzate tutte le sezioni dell'impianto

Nelle foto seguenti si può chiaramente individuare il layout e lo stato dell'impianto attualmente installato all'interno di un edificio. Si ritiene che l'accesso sia al filtro a sabbia che al filtro a carboni attivi per acqua, nonché alla torre di stripping non sia agevole, in quanto in caso di smaltimento della sabbia/carboni attivi, verifica della torre di stripping i mezzi pesanti e di servizio quali ad esempio autospurghi, cestelli etc. non abbiano libero accesso.



Figura 6: Particolare del TAF



Figura 7: Particolare del filtro a sabbia



Figura 8: Particolare dello stripper

4.3 Verifica della capacità di trattamento per le esigenze della bonifica

Nel presente paragrafo verrà verificata la capacità di trattamento dell'impianto TAF alla luce di:

- Portate di progetto;
- Carichi di inquinanti;
- Limiti da rispettare.

Di seguito verranno trattati i seguenti argomenti:

- Carico di contaminate in ingresso;
- Analisi comparativa dei consumi;
- Limiti allo scarico e in atmosfera.

4.3.1 Definizione delle concentrazioni in ingresso

Le concentrazioni in ingresso saranno la somma delle varie linee derivanti dalle 6 sezioni descritte nel diagramma riportato in figura 4, da progetto è attesa una concentrazione in ingresso massima pari a 51 g/m³ (pari a 51 mg/l). L'impianto di trattamento è stato progettato per trattare una concentrazione massima in ingresso di solventi organici clorurati di 70 mg/l e di BTEXS pari a 1 mg/l (dato evidenziato nel manuale di uso e manutenzione).

Sulla base degli esiti analitici rilevati durante l'esecuzione del test pilota di MPE e ISCO, descritti nei prossimi paragrafi, dei risultati analitici relativi ai pozzi barriera che

costituiscono la MISE attualmente in esercizio presso il sito e dei dati relativi ai piezometri posizionati nell'area che verrà interessata dall'impianto di P&T, ubicata a valle del pennacchio Nord Est, è stata calcolata la concentrazione in ingresso riportata nella tabella sottostante.

Portata di effluente liquido	Portata m ³ /h	Concentrazione di contaminanti di CHC (mg/lt)	Concentrazioni in ingresso CHC gr/m ³	Concentrazione di contaminanti di BTEX (mg/lt)	Concentrazioni in ingresso BTEX gr/m ³
Da operazioni di MISE	0,667	72,4	48,1	2,2	1,46
Da emungimento P&T	0,5	9,0	4,5	0,1	0,1
Da interventi di MPE	1,275	20,1	25,6	0,65	0,8
Da interventi di ISCO	1,5	9,6	14,5	0,3	0,44
TOTALE	3,945	108,1	92,7	3,25	2,8

Tabella 2: Elaborazione concentrazioni in ingresso

Le concentrazioni elaborate risultano superiori a quella massime trattabili dall'impianto presente presso il sito.

Inoltre si ritiene che in fase di ISCO la concentrazione massima in ingresso all'impianto possa subire un incremento del 40%.

Va tuttavia evidenziato che la portata massima di esercizio è inferiore a quella di 5,0 m³/h e che l'impianto, come riportato nel relativo "Manuale Gestionale e Operativo", con portate operative nell'ordine dei 2,5 – 3,0 m³/h, è in grado di garantire il rispetto allo scarico per concentrazioni di ingresso doppie a quelle indicate in precedenza in quanto sono ottimizzati i tempi di transito del flusso nelle varie sezioni dell'impianto.

Considerando l'attuale flusso di aria all'interno della torre di strippaggio, si desumono le seguenti concentrazioni di ingresso:

Dati Progettuali	
Efficienza di strippaggio	98%
Concentrazione attesa in ingresso lato acque	95,5 g/m ³
Concentrazione attesa lato aria (strippaggio)	0,38 g/m ³

Tabella 3: Dati progettuali

Come anticipato in precedenza gli interventi di bonifica saranno avviati in periodi distinti e il flusso dei contaminanti in ingresso verrà verificato periodicamente al fine di avere un quadro dettagliato e completo delle concentrazioni in ingresso. Eventuali modifiche necessarie all'impianto di trattamento esistente quali l'aumento del flusso di aria all'interno della torre di strippaggio, l'installazione di un nuovo filtro a carboni attivi o l'installazione di un'unità dedicata composta da un ossidatore catalitico e da un sistema di lavaggio fumi acidi (scrubber) verrà valutata in corso d'opera.

4.3.2 Analisi comparativa dei consumi

Nel presente paragrafo verranno analizzati e comparati i costi di gestione di due alternative di trattamento delle emissioni: carboni attivi e combustione catalitica con lavaggio fumi acidi (scrubber).

Considerando le concentrazioni in entrata alle portate di progetto i carboni attivi lato aria avranno la durata riportata in tabella sottostante.

Durata Carboni Attivi		
Ore funzionamento impianto	h	24,00
Portata aria strippaggio	m ³ /h	1000,00
Concentrazione contaminanti in ingresso	g/m ³	0,38
Concentrazione contaminanti giorno	Kg/giorno	9,12
Efficienza carboni	%	10
Carboni adsorbiti giornalmente	Kg/giorno	91,20
Quantità di carboni	Kg	2.000,00
Durata carboni	giorni	21,93

Tabella 4: Simulazione di durata carboni attivi

Nella tabella 4 viene simulata la durata dei carboni attivi lato aria derivante dallo strippaggio dei contaminanti presenti nelle acque alle concentrazioni calcolate sui dati raccolti. Le portate aria si sono desunte dalle condizioni operative dell'impianto, in accordo con quanto riportato nel "Manuale Gestionale e Operativo".

Si riportano, nel grafico sottostante, i costi di esercizio con carboni attivi e ossidazione catalitica a concentrazioni fisse. Dal grafico si può notare chiaramente il punto di concentrazione al di là della quale è più conveniente l'utilizzo dell'unità catalitica rispetto ai carboni attivi. La concentrazione limite è rappresentata da 0,625 g/m³.

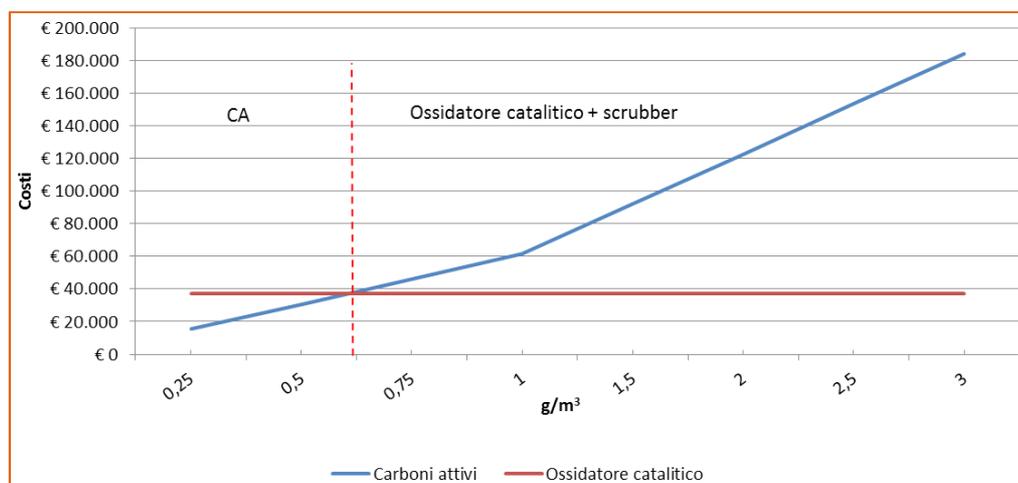


Grafico 1: Costi di gestione a determinate concentrazioni di contaminante, dei carboni attivi e dell'unità catalitica

Le concentrazioni di contaminanti in ingresso elaborate a partire dai dati raccolti durante l'esecuzione dei test pilota e dai dati forniti dalla Committente, risulta dunque inferiore alla concentrazione limite.

A tal riguardo va tuttavia segnalato che in fase di ISCO la concentrazione massima in ingresso all'impianto potrà subire un incremento del 40% rendendo necessario trattare l'effluente gassoso con un'unità dedicata composta da un ossidatore catalitico e da un sistema di lavaggio fumi acidi (scrubber).

L'attivazione del trattamento aria tramite ossidazione catalitica, come descritto, sarà subordinato alle concentrazioni in ingresso. Qualora verranno registrate concentrazioni maggiori a quelle previste, la scrivente, dopo approvazione da parte della direzione lavori, potrà attivare il sistema di ossidazione catalitica con lavaggio fumi.

4.3.3 Limiti allo scarico e di emissione

L'impianto di trattamento dovrà rispettare i seguenti limiti allo scarico e i seguenti limiti di emissioni in atmosfera:

LIMITI ALLO SCARICO (Fognatura – D.Lgs 152/06)		
Organoalogenati (Monoclorobenzene e Triclorometano)	mg/l	2
BTEX	mg/l	0,4
Arsenico	mg/l	0,5
Ferro	mg/l	4
Manganese	mg/l	4

Tabella 5: Limiti allo scarico in fognatura (D.Lgs. 152/06)

LIMITI DI EMISSIONE IN ATMOSFERA (D.Lgs 152/06, Allegato 1 alla Parte Quinta)			
Composto	Classificazione (D.Lgs. 152/06)	Soglia di flusso di massa [g/h]	Valore di emissione (espresso come concentrazione) [mg/Nm ³]
Clorobenzene	Tabella D Classe III	2.000	150
Triclorometano	Tabella D Classe II	100	20
Benzene	Tabella A1 Classe III	25	5
Etilbenzene	Tabella D Classe III	2.000	150
Toluene	Tabella D Classe IV	3.000	300
Xilene	Tabella D Classe IV	3.000	300

Tabella 6: Limiti di emissione in atmosfera (D.Lgs. 152/06, Allegato 1 alla Parte Quinta)

4.4 Descrizione degli interventi migliorativi sull'impianto TAF esistente

In base alle esigenze risultanti dagli interventi di bonifica si prevedono i seguenti interventi di modifica e miglioramento all'attuale impianto TAF:

- Sezione di trattamento acque:
 - Raccolta ed equalizzazione dei singoli stream d'ingresso;
 - Pulizia e manutenzione straordinaria.

Inoltre, sulla base dei riscontri analitici in fase di avvio dei vari interventi di bonifica verrà valutata la necessità dei seguenti interventi migliorativi:

- Sezione di trattamento acqua:
 - Sostituzione soffiante torre di strippaggio;
 - Installazione di un ulteriore filtro a carboni attivi.
- Sezione di trattamento aria:
 - Installazione di un combustore catalitico;
 - Installazione di un impianto lavaggio fumi (scrubber).

4.4.1 Sezione di trattamento acque

I flussi di acqua di ogni singolo stream saranno separatamente raccolti in una propria vasca di raccolta. Ciascuna delle vasche di raccolta avrà indicativamente le seguenti caratteristiche:

- Capacità: 2 m³;
- Materiale: Polietilene certificato al contenimento di acqua potabile.

Ciascuna vasca verrà equipaggiata con sensore di altissimo livello che in caso di allarme blocchi il rilancio delle acque alla vasca stessa, pompa elettrica sommersa, valvola di non ritorno e presa di campionamento (Figura 9).

Le pompe di rilancio avranno indicativamente le seguenti caratteristiche:

- Motore trifase;
- Potenza nominale del motore 1,1 kW;
- Prestazioni 50÷800 l/min con 14÷1 m di prevalenza.

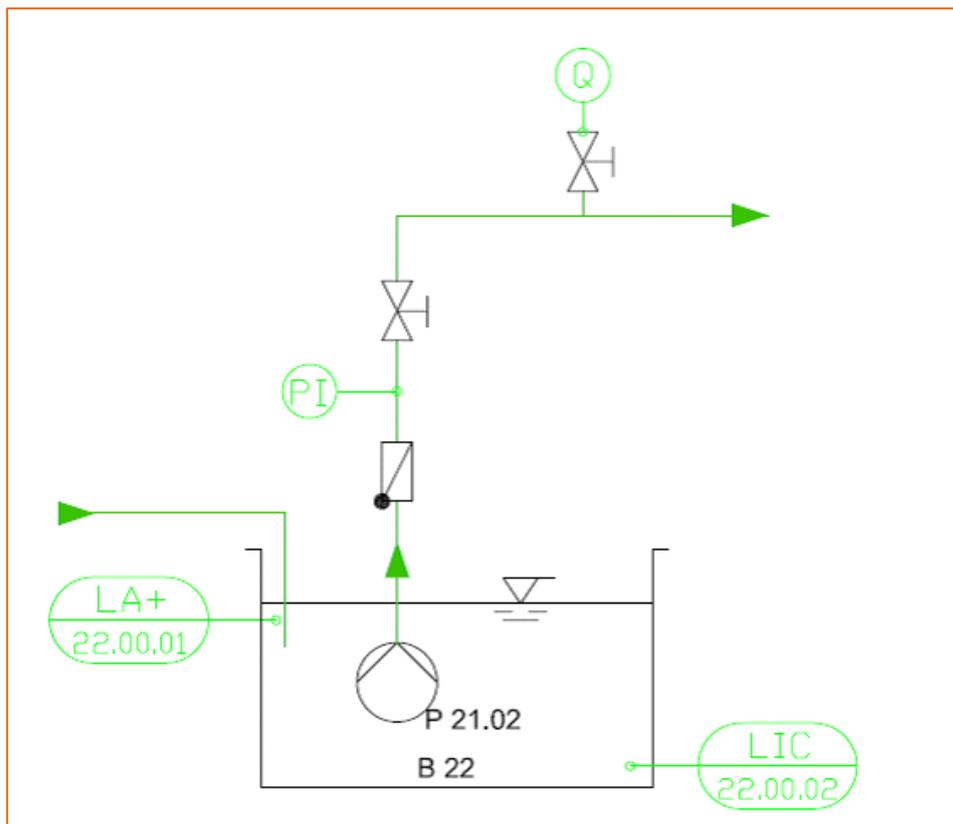


Figura 9: Particolare di equipaggiamento di una vasca di accumulo

Le vasche saranno collegate in parallelo prima del rilancio delle acque all'impianto TAF.

Tutte le tubazioni in polietilene saranno ad alta densità PE 100 a norma UNI EN 12201, ISO 4427, UNI EN ISO 15494, conformi alle prescrizioni igienico-sanitarie del D.M. n. 174 del 6/4/04.

Il piping di collegamento avrà le seguenti caratteristiche dimensionali:

Tratto	Portata max [l/min]	Perdita di carico [m]	Velocità all'interno del tubo [m/sec]	Tipologia di tubazione scelta
Vasca - collettore	33,3	2,4	0,99	PE100 DN40 PN16 SDR11
Collettore - TAF	83,3	1,3	0,576	PE100 DN63 PN16 SDR11

Tabella 7: Caratteristiche dimensionali e perdite di carico di massima del piping di collegamento vasche impianto

Le colonne di strippaggio esistenti sono sufficientemente dimensionate per il trattamento delle acque in tutte le fasi di bonifica previste e non subiranno pertanto modifiche. Verranno comunque effettuati i seguenti interventi di manutenzione straordinaria:

- Sostituzione, fornitura e smaltimento dei filling rings all'interno della torre di strippaggio;
- Pulizia e manutenzione e verifica delle performance dell'ugello in testa alla torre;
- Verifica pulizia ed eventuale sostituzione del demister in tesa alla torre di strippaggio (lato aria);

- Sostituzione di tutti i bulloni di serraggio con bulloni AISI 316;
- Sostituzione di tutti gli indicatori di pressione installati;
- Verifica ed eventuale sostituzione di tutte le valvole installate;
- Verifica/pulizia ed eventuale sostituzione di tutti i sensori installati;
- Sostituzione, fornitura e smaltimento della sabbia di filtrazione granulare;
- Pulizia di tutte le vasche di sedimentazione accumulato;
- Sostituzione, fornitura e smaltimento dei carboni attivi sia del alto aria che acqua;
- Eventuale sostituzione di piping di interconnecting;
- Verifica ed eventuale manutenzione di tutti i quadri elettrici;
- Verifica delle performance dell'impianto.



Figura 10: Particolari interni dei filling rings di una torre di strippaggio simile a quella installata. Nella foto di destra si evidenziano i corpi di riempimento appena sostituiti.



Figura 11: Particolare dell'ugello interno alla torre di strippaggio



Figura 12: Particolare del demister interno della torre

4.4.2 Eventuali interventi migliorativi

Sulla base dei riscontri analitici eseguiti sulle acque in ingresso all'impianto in fase di avvio dei vari sistemi di bonifica, verranno valutate una serie di modifiche o implementazione dell'impianto in esercizio atte a migliorarne l'efficienza e garantire il rispetto allo scarico.

4.4.2.1 Sezione di trattamento acqua

Per il miglioramento del trattamento delle acque in ingresso, si prevedono due possibili interventi.

Il primo di questi prevede la sostituzione del ventilatore della torre di strippaggio. Attualmente l'impianto lavora con una portata d'aria pari a 1000 mc/h che garantisce un rapporto aria:acqua pari ad almeno 40:1.

Sostituendo questa soffiante con una da 1500 mc/h si aumenterebbe il rapporto aria:acqua aumentando quindi l'efficienza del trattamento.

Un'altra miglioria per il trattamento delle acque è predisporre un altro filtro a carboni attivi a lato di quello esistente in uscita dalla torre di strippaggio.

L'attuale filtro, di capacità pari a 1 m³ (500 kg), ha una funzione di polishing e di sicurezza in caso di sporadici picchi nelle concentrazioni di contaminanti all'ingresso dell'impianto e in condizioni normali può essere by-passato. All'avvio degli interventi di bonifica previsti, le acque in uscita dallo stripper verranno convogliate al filtro e qualora le concentrazioni in ingresso lo rendessero necessario, potrà essere installato, a valle di questo filtro, un secondo con le seguenti caratteristiche:

- | | |
|-------------------------------|--|
| • Materiale | Acciaio verniciato; |
| • Dimensioni | Diametro Ø 1000 mm
Fasciame 1500 mm
Altezza totale 2400 mm; |
| • Pressione massima esercizio | 6 bar; |
| • Capacità | 500 kg; |
| • Finitura | Verniciatura alimentare interna (spessore 200 micron)
Smalto esterno fondo epossidico, finitura con poliuretano (spessore totale 180 micron). |

4.4.2.2 Sezione di trattamento aria

Considerando che dagli interventi di bonifica delle acque superficiali potrebbero derivare elevati carichi di inquinanti nei gas di strippaggio dell'impianto TAF, si prevede l'opzione di potenziare la linea di trattamento aria con un combustore catalitico MINIKAT, un impianto di lavaggio fumi. Tale intervento sarebbe mirato alla riduzione dei consumi di carboni attivi.

4.4.2.2.1 Descrizione dell'impianto MiniKat

Indicativamente l'impianto di combustione catalitica completamente automatico ideale per il trattamento dei gas in uscita dalla torre di strippaggio sarà alloggiato in un piccolo e robusto container in polipropilene indicato anche per posizionamento all'aperto.

A monte ed a valle del sistema di trattamento gas sarà presente una presa campioni per valutare la qualità degli effluenti.

I componenti standard dell'impianto sono:

- sistema di riscaldamento elettrico regolato automaticamente;
- scambiatore di calore ad alta efficienza;
- reattore di catalisi;
- blower di aspirazione dei gas;
- tubazioni e isolamento termico;
- sistema di diluizione con aria pulita completamente automatico;
- controllo PLC;
- indicatori di processo (temperature, ore di funzionamento, etc.);
- separatore di condensa;
- sensore di esplosività con arresto di sicurezza in caso di rischio.

La configurazione del sistema comprende un impianto di aspirazione che rende l'unità completamente autonoma. Il sistema di diluizione automatica dei gas aspirati consente di limitare, nelle fasi iniziali, le concentrazioni in ingresso al catalizzatore. La capacità di trattamento è pari a ca. 3-4 kg/h di VOC. Quando le concentrazioni tendono a diminuire, l'apporto di aria falsa viene automaticamente ridotto. Ciò porta a massimizzare l'estrazione minimizzando i costi complessivi dell'intervento.

I gas estratti in uscita dalla torre di stripping andranno inizialmente convogliati in un separatore di condensa per eliminare l'umidità residua e quindi convogliati al combustore catalitico.

All'interno del separatore, provvisto di elettropompa sommersa, saranno installati dei livelli di controllo per lo start e lo stop della elettropompa di rilancio ed un altissimo livello, che in caso di troppo pieno arresti l'impianto di trattamento acque.

Le acque di condensa andranno rilanciate alla torre di stripping.

4.4.2.2 Descrizione impianto lavaggio fumi

Al fine di abbattere i composti acidi contenuti nei fumi in uscita dal combustore catalitico è necessario effettuare lavaggio basico. Con questo procedimento il gas acido è introdotto in controcorrente con acqua di lavaggio basica. Così facendo da HCl e NaOH si forma acqua e NaCl.

L'impianto di lavaggio è costituito da una colonna nella cui parte inferiore si trova il serbatoio per il liquido di lavaggio. Una pompa di ricircolo convoglia l'acqua dalla parte inferiore nella testa della colonna. Una misurazione del pH e un'unità di dosatura per la soda caustica assicurano il valore corretto del pH per il lavaggio. Per mezzo di un ugello nella testa della colonna il liquido viene distribuito in modo uniforme sui corpi di riempimento nell'interno dell'impianto di lavaggio. I corpi di riempimento offrono una superficie molto grande e consentono un buon livello di contatto tra il gas e il liquido.

L'aria proveniente dall'ossidazione catalitica viene introdotta sotto il corpo di riempimento nella colonna e scorre verso l'alto. Con questo procedimento il cloruro reagisce con il sodio a formare sale che rimane nel liquido in soluzione ed aumenta la sua concentrazione gradatamente. Pertanto una parte di questo liquido di lavaggio viene scaricata in modo temporizzato dall'impianto di lavaggio per essere rilanciata all'impianto di trattamento.

Una misurazione del livello nell'impianto di lavaggio garantisce la disponibilità di una quantità sufficiente di liquido di lavaggio. Nell'eventualità viene richiamata acqua dalla rete di acqua potabile. Nella tubazione che porta all'impianto di lavaggio è montato inoltre un impianto di addolcimento, che elimina le incrostazioni dall'acqua. In questo modo è possibile evitare in modo sicuro le precipitazioni nell'impianto di lavaggio.

Poiché non è possibile escludere che delle condizioni operative impreviste possano generare delle quantità ridotte di diossina e furani, è previsto un ulteriore stadio di depurazione. La depurazione principale si basa sul carbone attivo. La diossina e il furano hanno una dimensione molecolare molto grande e sono trattenuti in modo molto sicuro dal carbone attivo. Poiché l'eventuale formazione avviene prima del lavaggio, può riguardare sia l'aria contaminata dall'impianto di lavaggio che l'acqua di scarico.

L'acqua di scarico contenente del sale dall'impianto di lavaggio del gas può essere condotta direttamente ai filtri a carbone attivo per acqua già presenti in sito.

L'aria contaminata proveniente dall'impianto di lavaggio contiene il 100% di umidità relativa e verrà convogliata al separatore di condensa e al riscaldatore elettrico dell'impianto TAF prima di essere convogliate ai quattro filtri a carboni attivi per aria attualmente in esercizio presso il sito.

4.5 Esercizio dell'impianto TAF

L'impianto verrà operato da personale esperto e gestito giornalmente dal personale presente in sito.

Verrà garantita un'operatività di 24h su 24.

4.5.1 Monitoraggi ambientali

I potenziali impatti ambientali correlati alla gestione dell'impianto TAF sono principalmente:

- Emissioni in atmosfera dell'impianto;
- Produzione di rifiuti.

Emissioni in atmosfera

Per i limiti si rimanda alla normativa vigente in particolare al paragrafo descrivente i limiti allo scarico.

Le modalità di monitoraggio delle emissioni in atmosfera sarà gestito mediante fotoionizzatore portatile, in occasione delle manutenzioni ordinarie programmate con cadenza quindicinale verranno analizzati i gas con le seguenti cadenze e modalità:

Punto di monitoraggio	IN 1° filtro	IN 2° filtro	IN 3° filtro	OUT
Cadenza	Quindicinale	Quindicinale	Quindicinale	Quindicinale

Tabella 8: Cadenze e punti di monitoraggio emissioni in atmosfera

Produzione di rifiuti

I rifiuti prodotti dalla gestione dell'impianto sono principalmente carboni attivi per trattamento fumi esauriti (codice cer 19 01 10*) e prodotto DNAPL recuperato. Si rimanda comunque al produttore l'obbligo di omologa del rifiuto per il successivo conferimento a smaltimento (per il prodotto) ed eventuale rigenerazione (per i carboni).

I monitoraggi dell'impianto saranno caratterizzati da due tipologie distinte:

Monitoraggio ambientale parametri funzionali

Tale tipologia di monitoraggi viene richiesta dalle Autorità competenti al controllo della bonifica.

Monitoraggio parametri funzionali

Tutti i parametri funzionali dell'impianto (temperature, pressioni flussi degli effluenti) verranno analizzati e rilevati da operatori esperti.

In ogni caso si rimanda alla documentazione di uso e manutenzione, che verrà fornita prima della fase di avvio per le verifiche e controlli dell'impianto.

4.5.2 Manutenzioni e controlli

Di seguito si riportano i principali controlli manutentivi che verranno effettuati giornalmente al TAF. Qualora i controlli evidenziassero dei valori difforni dal normale

operation si rederà necessario intervenire eseguendo una manutenzione straordinaria tramite l'utilizzo di personale specializzato.

Pos.	Attrezzature, periferiche, dispositivi di misurazione	Attività
1	Ventilatore	<ul style="list-style-type: none"> • Verificare la portata e pressione. • Verificare possibili rumori.
2	Pompe di rilancio	<ul style="list-style-type: none"> • Verificare la portata e pressione. • Verificare possibili rumori. • Verificare possibili perdite.
3	Tubazioni rigide/ flessibili, connessioni, flange	<ul style="list-style-type: none"> • Verificare possibili perdite. • Verificare le connessioni.
4	Valvole	<ul style="list-style-type: none"> • Verificare possibili perdite.
5	Quadri elettrici	<ul style="list-style-type: none"> • Controllo visivo. • Verificare l'integrità da possibile presenza di umidità tra i contatti.
6	Sensori di livello	<ul style="list-style-type: none"> • Verificare il corretto funzionamento. • Verificare il libero movimento del galleggiante. • Verificare l'assenza di umidità e danni a prese, cavi e scatole di derivazione. • Pulire i sensori se necessario.
7	Raccorderia: valvole di ritegno, punti di campionamento, indicatori di pressione e temperatura)	<ul style="list-style-type: none"> • Verificare il corretto funzionamento. • Controllo visivo da possibili perdite di fluidi.
8	Verifica delle temperature dell'ossidatore catalitico	<ul style="list-style-type: none"> • Verifica delle temperature all'interno del bruciatore.
9	Verifica dei livelli di NaOH presso la torre di lavaggio fumi	<ul style="list-style-type: none"> • Verifica dei livelli. • Verifica del sensore di basso livello NaOH.

Tabella 9: Attività di manutenzione e controlli all'impianto TAF

5 RIMOZIONE MATERIALI CONTENENTI AMIANTO

Per l'individuazione dettagliata dei materiali contenenti amianto rilevati all'interno dell'ex areale industriale Zambon si fa riferimento al documento "Verifica della presenza amianto" allegato 8 al POB.

Il D.Lgs. 9 aprile 2008 n. 81 titolo IX capo III prevede che i lavori di demolizione o di rimozione dell'amianto possano essere effettuati solo da ditte specializzate, il cui datore di lavoro, almeno 30 giorni prima dell'inizio di tali lavori, predispone un Piano di lavoro che invia allo SPISAL territorialmente competente (nel caso specifico ULSS 6 Vicenza - via IV Novembre 46 - 36100 Vicenza Piano 2° - segreteria.spisal.ulssvicenza@pecveneto.it).

REM-TEC S.r.l., componente dell'ATI, è in possesso di iscrizione all'Albo Gestori Ambientali per attività di bonifica amianto sia in Cat. 10A (matrice compatta) e in Cat. 10B (matrice friabile) per importi ampiamente sufficienti all'esecuzione dei lavori. Nei capitoli che seguono si riporta una descrizione delle modalità operative di rimozione dell'amianto. Ai fini dell'autorizzazione all'esecuzione dei lavori di rimozione di beni e manufatti contenenti amianto viene redatto apposito Piano di Lavoro che, debitamente firmato, sarà inviato all'ufficio competente di cui sopra.

5.1.1 Allestimento cantiere e delimitazione delle aree

Per la specifica lavorazione della rimozione di elementi in cemento amianto sarà installato una baracca di cantiere dedicata al personale impiegato nella rimozione amianto. La baracca sarà posta nell'area dedicata alle baracche di cantiere di fronte all'edificio A. Adiacente alla stessa verrà installata area di decontaminazione composta da una doccia a tre stadi. Quest'area dedicata ai lavoratori impegnati nella rimozione di manufatti con amianto sarà chiaramente identificata e riservata ai suddetti lavoratori.

Il rifiuto rimosso ed imballato così come prescritto dalla legge sarà depositato in area appositamente individuata e segnalata sulla platea A e comunque avviato nel più breve tempo possibile a smaltimento, evitando in questo modo la permanenza del rifiuto all'interno dell'area di lavoro. Su tale area, già predisposta durante i lavori della Fase I per stoccare rifiuti destinati allo smaltimento off-site verrà opportunamente creata una sotto-delimitazione con una recinzione in rete metallica zincata e segnalata con nastro segnaletico ed apposizione della cartellonistica prevista per legge.

Le aree di lavoro (edifici) interessate dalla rimozione di elementi contenenti amianto verranno di volta in volta temporaneamente segregate dal resto del cantiere tramite apposizione della cartellonistica di sicurezza prevista per legge, di nastro segnaletico e ove necessario, di recinzioni in rete metallica mobile (tipo Orsogrill). L'accesso a queste aree sarà interdetto a tutti i lavoratori e tecnici di cantiere, ad esclusione del personale formato, fornito di idonei dispositivi di protezione individuale, nonché presente sul piano di lavoro autorizzato.

Nei paragrafi che seguono si descrive la modalità operativa per la rimozione dei manufatti in amianto distinguendoli per tipologia di manufatto tra rivestimento tubazione, comignolo e lastre di copertura.

5.1.2 Rimozione rivestimento di tubazioni e tubazioni dagli edifici A1, A' e A''

Come riportato nel documento citato in premessa negli edifici di cui in oggetto sono presenti i seguenti elementi:

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| • A1 - interrato | Rivestimento esterno di tubazioni |
| • A' - piano terra | Rivestimento esterno di tubazioni |
| • A'' - Piano terra e copertura | Tubazione |

I rivestimenti per la coibentazione delle tubazioni sono costituiti da amianto friabile. Per la rimozione di questa tipologia di amianto è richiesta particolare attenzione e capacità acquisite anche attraverso l'esperienza.

All'interno degli edifici A1, A' e A'', nei locali in cui saranno rimosse le tubazioni rivestite con amianto friabile, si procederà preliminarmente con la realizzazione di confinamenti dinamici.

Nel dettaglio verranno rivestite (a tenuta d'aria) tutte le superfici interne dei locali (pareti, soffitti e pavimenti), con teli in PE ignifugo, i locali verranno poi messi in depressione attraverso estrattori di adeguata potenza. L'aria estratta dai locali oggetto di bonifica verrà canalizzata, opportunamente filtrata con filtri assoluti, all'esterno dell'edificio.

A seconda dell'altezza e della dislocazione dei manufatti da rimuovere saranno utilizzate scale, trabattelli e sottoponti.

Le tubazioni o tratti di tubazione, verranno preliminarmente trattati mediante soluzione inertizzante ed imballate in opera con teli in polietilene sigillati con nastro adesivo apposito. Successivamente le tubazioni da rimuovere verranno puntellate e/o ancorate in corrispondenza dei tratti da rimuovere. Per la rimozione della tubazione è necessario scoibentare puntualmente la tubazione per poter eseguire i necessari tagli (inizio-fine).

La rimozione della coibentazione (limitatamente alle zone di taglio) verrà eseguita tramite l'utilizzo di glove-bags. Il rifiuto rimosso verrà smaltito come amianto friabile.

Segue la vera e propria rimozione delle tubazioni parzialmente scoibentate e messe in sicurezza. Questa verrà eseguita tramite taglio da eseguirsi esclusivamente sulle porzioni di tubazione scoibentata. Verrà poi eseguito un ulteriore imballaggio eseguito con teli in polietilene e quindi l'insaccamento in contenitori big-bags/long-bags.

Al termine della rimozione il sacco/i omologati e chiusi, contenenti il rifiuto con amianto, verranno portati all'esterno dell'edificio, posizionati su pellet e caricati su idoneo automezzo dedicato al trasporto interno, per essere poi posizionati nell'area di deposito temporaneo precedentemente descritta (Area A).

Tutto il materiale rimosso ed insaccato verrà smaltito presso impianti/discariche autorizzati, con codice C.E.R. 17.06.01* (materiali isolanti contenenti amianto).

Al termine dei lavori verranno pulite tutte le superfici sia tramite aspirazione con aspiratori dotati di filtri assoluti che ad umido, successivamente si provvederà all'inertizzazione in opera dei suddetti teli con prodotti inertizzanti dati con pompe airless.

Prima di procedere allo smantellamento ed alla restituzione dei locali oggetto di bonifica, si procederà con l'esecuzione di campionamenti dell'aria in SEM, per verificare l'eventuale presenza di fibre aerodisperse. Solo successivamente all'esito negativo delle suddette analisi si procederà allo smantellamento dei locali.

5.1.3 Rimozione comignoli in amianto dall'edificio A

La rimozione del comignolo sarà eseguita come segue: il comignolo posto sul lato est della copertura dell'edificio A sarà raggiunto mediante piattaforma telescopica, trattato preliminarmente con soluzione inertizzante e successivamente smontato/rimosso sempre tramite l'utilizzo di piattaforma telescopica e con utensili ed attrezzi manuali, evitando la rottura del manufatto.

Eventuali tubazioni/camino in cemento-amianto murate saranno affrontate come segue: dopo l'ispezione interna all'edificio con indagine invasiva mediante micro-demolizione, eseguita sempre da parte di personale addetto e formato per la rimozione di manufatti in amianto, saranno individuati e tracciati con vernice i percorsi delle tubazioni. Successivamente verranno aperte delle tracce nella muratura, parallele alle tubazioni ma distanti da queste, eseguite con l'ausilio di piccoli martelli elettrici, verrà completata la demolizione della muratura e in questo modo messe a nudo le tubazioni

in amianto (il tutto eseguito esclusivamente con attrezzi manuali). Le tubazioni messe in luce saranno trattate con soluzione inertizzante, le solette in corrispondenza del passaggio verticale delle tubazioni in amianto saranno demolite localmente per consentire il successivo smontaggio delle tubazioni eseguito con attrezzi manuali. Una volta messa in luce anche questo tratto di tubazione, verrà anch'esso trattato con inertizzante. A questo punto si provvederà allo smontaggio/estrazione della tubazione ed insaccamento della stessa in appositi contenitori (big-bags) oppure imballato con teli trasparenti in polietilene. Al termine dei lavori di rimozione l'area di lavoro sarà pulita e tutte le superfici saranno aspirate mediante aspiratori dotati di filtri assoluti.

Il rifiuto contenuto nei big bags sarà portato a terra e caricato sull'automezzo per movimentazioni interne mediante mezzo di sollevamento in dotazione all'autocarro e successivamente portato nell'area temporanea appositamente allestita su A per i rifiuti con amianto. Eventuali parti di camino rimosse all'interno dell'edificio saranno insaccate in big-bags e movimentate manualmente o mediante mini-dumper verso l'esterno dell'edificio.

Tutto il materiale rimosso ed insaccato verrà smaltito presso impianti/discardie autorizzati, con il codice C.E.R. 17.06.05* (materiali da costruzione contenenti amianto).

5.1.4 Rimozione lastre di copertura in amianto dagli edifici A1, D, D', R'' e W

Data la precarietà di alcune coperture le rimozioni di coperture in amianto dagli edifici A1, D, D' e R'' verranno effettuate mediante l'utilizzo dei seguenti elementi:

- a. Ponteggio dotato di piattaforma di carico per il deposito dei materiali e di scala interna per l'accesso in quota degli operai;
- b. Parapetti montati con l'ausilio di una piattaforma telescopica operatori dotati di imbracature di sicurezza fissate a linee vita provvisorie;
- c. Linee vita provvisorie per gli operatori impiegati nella rimozione delle lastre.

Per quanto riguarda la rimozione vera e propria delle lastre, essa sarà preceduta dal trattamento dell'estradosso della copertura con soluzione inertizzante a cui seguirà la rimozione degli elementi di fissaggio delle lastre eseguito con attrezzi manuali o con apparecchiature a bassa velocità di rotazione. Successivamente verranno rimosse le lastre in cemento-amianto e contestualmente trattate con soluzione inertizzante sia delle zone di sormonto che nella parte inferiore.

Le lastre incapsulate saranno posizionate su paletta di carico (bancale) sulla piattaforma di carico e imballate con teli trasparenti in polietilene, il tutto eseguito secondo quanto stabilito dall'attuale normativa. Verranno smaltiti come amianto anche tutti gli elementi di fissaggio delle lastre.

Le palette di carico sigillate, contenenti le lastre rimosse, saranno portate a terra mediante idoneo mezzo di sollevamento e successivamente trasportate internamente all'area di deposito temporaneo per materiali contenenti amianto allestita su A.

Eventuali superfici (tavole, laterizio, solaio, etc.) esistenti sotto le lastre in amianto rimosse, delle gronde, dei pluviali e dei pozzetti saranno pulite ad umido e/o tramite aspirazione con aspiratori dotati di filtri assoluti. Tutto il materiale proveniente dalla pulizia di quanto sopra descritto verrà insaccato e smaltito come rifiuto contenente amianto.

Tutto il materiale rimosso ed insaccato verrà smaltito presso impianti/discardie autorizzati, con il seguente codice C.E.R. 17.06.05* (materiali da costruzione contenenti amianto).

Per quanto riguarda l'edificio W, esso presenta una copertura a doppia lastra in eternit e parte delle facciate est ed ovest in cemento amianto. La rimozione delle lastre

inferiore e superiore (previo trattamento con soluzione intertizzante), sarà effettuato mediante l'utilizzo permanente di una piattaforma telescopica dall'interno dell'edificio.

Tramite l'utilizzo di una piattaforma telescopica si provvederà al trattamento dell'intradosso della copertura eseguito con soluzione inertizzante dall'interno.

Analogamente verrà trattato il rivestimento della facciata est ed ovest con soluzione inertizzante. Entrambi gli interventi verranno eseguiti con l'ausilio di una piattaforma telescopica. Le lastre rimosse mediante piattaforma dall'interno saranno depositate sulle palette di carico e incapsulate con teli trasparenti in polietilene, il tutto eseguito secondo quanto stabilito dall'attuale normativa. Le palette formate e imballate saranno trasportate all'area di deposito temporaneo appositamente creata su A.

A fine intervento si provvederà alla pulizia delle gronde, dei pluviali e dei pozzetti eseguita ad umido e tramite aspirazione con aspiratori dotati di filtri assoluti.

Tutto il materiale rimosso ed insaccato verrà smaltito presso impianti/discardie autorizzati, con il codice C.E.R. 17.06.05* (materiali da costruzione contenenti amianto).

5.1.5 Monitoraggi

Nella scelta del numero rappresentativo di campionamenti da eseguire per l'area bonificata, si seguiranno le indicazioni riportate dal D.M. 6 settembre 1994 all'allegato 6 per l'amianto friabile, ovvero due campionamenti per superfici fino a 50 m², almeno tre campionamenti per superfici fino a 200 m², un ulteriore campionamento ogni 200 m² in più. Per aree bonificate maggiori di 600 m² si può usare un numero di campioni minore.

Pertanto verranno eseguiti i seguenti campionamenti MOCF:

- Nell'edificio A1 (m² 200): nr. 03 campionamenti;
- Nell'edificio W (m² 600): nr. 04 campionamenti;
- Negli edifici D-D'-R' (m² 430): nr. 06 campionamenti (2 per ogni edificio).

Dopo esito positivo della verifica analitica verrà rilasciata dichiarazione della verifica dell'assenza dei rischi dovuti all'esposizione ad amianto.

Per quanto riguarda gli operatori impiegati nella rimozione dei manufatti in amianto, essi saranno sottoposti con cadenza regolare e comunque per ogni tipologia di intervento (copertura, tubazioni, etc.) a campionamento personale con verifica tramite MOCF dell'esposizione all'amianto.

6 DEMOLIZIONE EDIFICI

6.1 Strategia d'intervento

All'interno della macrofase delle demolizioni, si identificano le seguenti sottofasi operative, tutte propedeutiche alla corretta esecuzione delle attività di bonifica, sia in termini di sicurezza che in termini di qualità del risultato:

- Demolizione edifici (organizzata a sua volta per gradi, al fine di mantenere tutte le strutture funzionali all'impianto di cantiere, come i muri di confine ed il capannone che ospita il trattamento on site).
- Rimozione pavimentazione;
- Rimozione asta fognaria;
- Rimozione serbatoio interrato.

Tali attività saranno organizzate in maniera tale da raggiungere i seguenti obiettivi:

- Mantenere una delimitazione del cantiere più consistente di una semplice recinzione (mura esterne);
- Ottenere un'area possibilmente sgombera per le varie attività di scavo e bonifica;
- Mantenere un capannone di frantumazione (Edificio W) per la sola durata delle demolizioni, per lasciare poi libera l'area (contaminata) per la bonifica del suolo insaturo;
- Mantenere un capannone per tutta la durata del trattamento on-site (Edificio L).

I lavori di demolizione presentano condizioni oggettive di pericolo e difficoltà di applicazione delle misure preventive per tutelare la sicurezza e la salute degli addetti.

Gli infortuni che possono avvenire in questa particolare fase lavorativa dipendono dalla particolarità dell'opera e dalla tecnica di demolizione adottata.

Le conseguenti misure di prevenzione e protezione sono funzione delle due variabili sopra citate.

Prima della demolizione gli edifici verranno completamente sgomberati da tutti quei materiali che interferiscono con una corretta cernita dei rifiuti (mobili, pareti mobili, caloriferi, etc.). Successivamente si avrà cura di accertarsi ancora una volta della tipologia della struttura iniziale, verificando la presenza di interrati, della presenza o meno di materiali o sostanze pericolose (p. es. amianto o cisterne contenenti carburanti) e lo stato di conservazione dell'opera. Inoltre ci si accerterà che tutti gli allacciamenti (gas, elettricità, acqua, fognature, ecc.) siano stati disattivati. Risultata ultimata la rimozione dei beni e manufatti contenente amianto e lo sgombero dei materiali interni si potrà procedere con la demolizione vera e propria.

L'abbattimento delle strutture portanti avverrà mediante taglio con pinza idraulica o con indebolimento della struttura mediante messa a nudo del ferro d'armatura con conseguente separazione del calcestruzzo dal ferro utilizzando una pinza idraulica frantumatrice. Tutti questi accessori speciali sono a corredo delle macchine operatrici presenti in cantiere. L'uso di tale attrezzatura permette di evitare anche il formarsi di polveri e l'emissione di rumori oltre il limite del consentito.

Comunque, se il formarsi di polveri dovesse essere tale da provocare disturbo, ci si collegherà con manichette all'allacciamento dell'acqua di cantiere e si provvederà all'innaffiamento per l'abbattimento delle suddette polveri, prestando attenzione a non bagnare le proprietà confinanti con il getto delle manichette.

Allo stato attuale è in funzione il punto di prelievo acqua interno al cantiere (si veda la Tavola 1).

La demolizione di parti di strutture in c.a., effettuata per trazione o per spinta, verrà esercitata in modo graduale e senza strappi e deve essere eseguita soltanto su elementi di struttura opportunamente isolati dal resto del fabbricato in modo da non

determinare crolli intempestivi, non previsti o non pilotati e comunque sempre dall'alto verso il basso.

Durante le operazioni di demolizione di strutture portanti, a nessun mezzo o persona sarà permesso di lavorare entro il fabbricato o in vicinanza tale da poter essere coinvolto da un eventuale crollo non controllato.

6.2 Piano di separazione rifiuti

I materiali derivanti dalle demolizioni saranno suddivisi per tipologia di rifiuto. Il materiale inerte da demolizione, così come previsto dal POB sarà oggetto di recupero on-site mediante impianto mobile autorizzato (si veda capitolo 7.4)

Gli altri materiali ottenuti dalla demolizione quali legno, plastica, metalli, pannelli sandwich, impianto elettrico, etc. saranno suddivisi e stoccati provvisoriamente entro l'area di cantiere in cumulo o in container in attesa di avvio a recupero/smaltimento.

Si prevede di separare le seguenti tipologie di rifiuti mediante escavatore con pinza selezionatrice:

- Materiale ferroso recuperabile (strutture, lamiere, corrimano, armature, ecc.);
- Rifiuti (pannelli sandwich, cartongesso, impianto elettrico, guaine, ecc.);
- Parti in laterizio e cls.

Successivamente si prevede di separare le seguenti tipologie di rifiuti mediante cernita manuale a terra:

- piccole parti in plastica;
- piccole parti in legno;
- lana di roccia.

Dalle indagini a disposizione non sono state rinvenuti materiali isolanti minerali in fibre (sotto le coperture, sopra i controsoffitti o in mezzo alle tramezze interne). Ciò nonostante si ritiene probabile il rinvenimento di tali materiali e pertanto si prevede sin d'ora la separazione di tale tipologia di rifiuto al momento della produzione, tramite cernita manuale.

Ove possibile preventivamente le fibre minerali saranno sottoposte ad analisi al fine di determinarne le dimensioni e quindi la pericolosità o meno.

Qualora rinvenuta si prescrive che il personale incaricato della selezione della lana minerale dal resto delle macerie sia sempre dotato di mascherina FFP3 e guanti protettivi.

I rifiuti saranno stoccati in cumuli (ferro e inerti di laterizio o cls) o direttamente in container (legno e rifiuti tipo plastica, materiali isolanti, ecc.). Per quanto riguarda il rifiuto inerte da demolizione (laterizio e cls) esso sarà ridotto volumetricamente mediante pinza frantumatrice sul luogo di demolizione e sottoposto ad analisi chimiche ai sensi del DM186 al fine di determinare preventivamente la recuperabilità on site.

Si descrivono di seguito le singole fasi di lavoro per ogni edificio oggetto di demolizione e le direzioni di avanzamento della demolizione.

6.3 Descrizione delle modalità operative di esecuzione

6.3.1 Sequenza operativa delle attività di demolizione

La sequenza operativa degli interventi di demolizione è illustrata graficamente in Tavola 2. In estrema sintesi la successione delle demolizioni sarà la seguente:

A1 -> A' -> Z -> K -> L' -> R' -> R -> R'' -> D -> W

I restanti edifici L ed F, in parte utilizzati per impianti di bonifica, come contenuto nel POB in particolare nel capito dedicato alla procedura di collaudo (9.3.3 Collaudo T8 e T9) saranno demoliti all'interno di questo progetto di bonifica solo qualora i collaudi eseguiti mediante sondaggi trasversali sui terreni insaturi diano esito negativo e dunque si debba procedere alla bonifica anche dei terreni instauri sottostanti gli edifici L ed F.

Si sottolinea come rispetto al POB approvato la demolizione dell'edificio W viene anticipata ed eseguita al termine della demolizione degli altri edifici in quanto, insistendo su area di bonifica terreni insaturi, è necessario rimuovere l'edificio.

1) Edifici A1 e A' (prima parte):

Gli edifici A1 e A' rappresentano una barriera "naturale" alta più di 6 metri a protezione degli edifici residenziali retrostanti di via dei Cappuccini. Eliminando da subito interamente tali edifici si esporrebbero gli edifici retrostanti al rumore e alle polveri generate per tutta la durata del cantiere.

Conformemente a quanto già previsto nel POB relativamente alla parete lato via Cappuccini nella prima fase di demolizione verrà mantenuta in essere la muratura perimetrale (lato strada) per un'altezza di circa 4,70 metri da piano stradale. Per fare ciò sarà necessario mantenere la prima campata del solaio di piano con i relativi pilastri ed eventualmente di sufficienti strutture di controvento (setti e vano scale).



Figura 13: Via dei Cappuccini, confine sud. Stato di fatto.

Gli edifici A1 e A', previa rimozione della copertura di A1 in eternit, saranno affrontati in direzione da nord-ovest verso sud-est, in modo che sia possibile un avvicinamento sicuro alle strutture da demolire ed una semplice gestione dei materiali di risulta.

Durante i lavori di demolizione dei due edifici si procederà con la chiusura temporanea di via dei Cappuccini per il tratto prospiciente l'edificio A1/A' per il tempo necessario all'abbassamento fino al piano di imposta del primo solaio. A protezione della strada verrà installato un ponteggio autoportante. Successivamente sarà sufficiente una occupazione parziale della via dei Cappuccini per il solo ponteggio, rendendo nuovamente possibile il transito agli automezzi.

Il rifiuto inerte (laterizi e cls) prodotto dalla demolizione, ridotto volumetricamente sul posto ad una pezzatura di circa 50x50cm sarà caricato e portato all'interno dell'edificio W al fine di sottoporlo ad operazione di recupero mediante frantumazione.

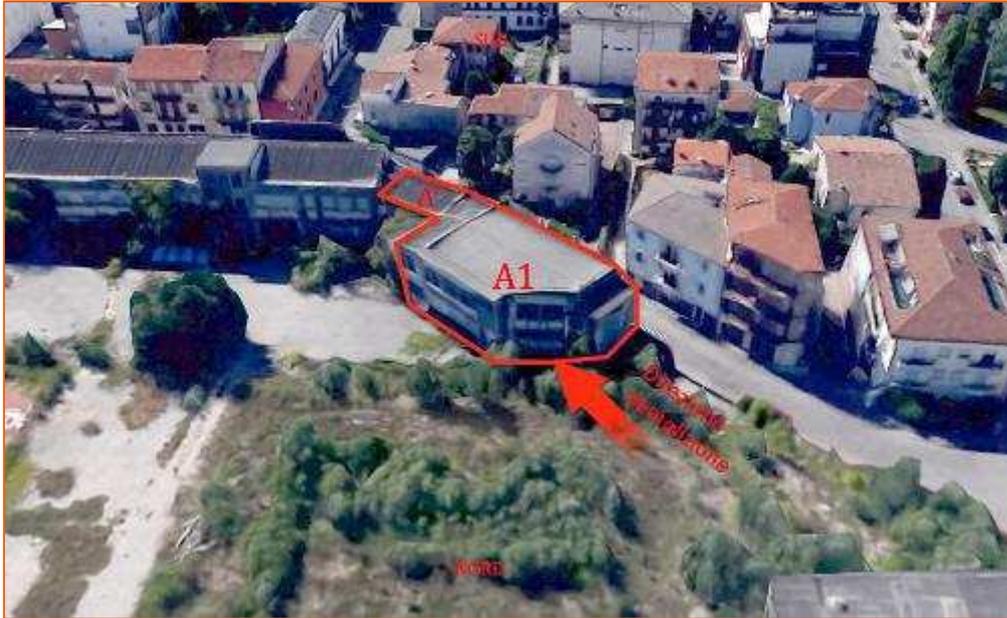


Figura 14: Edificio A1 e A' – Direzione di demolizione

Nell'edificio A1 è presente un piano interrato. Il muro perimetrale dell'interrato e la soletta con le fondazioni non verranno rimosse in questa fase per non pregiudicare la stabilità della parete lato via dei Cappuccini e non modificare il regime idraulico della falda superficiale.

Sempre per non pregiudicare la stabilità della parete rimanente, l'interrato verrà immediatamente riempito con materiale idoneo proveniente dal cantiere o fornito dall'esterno sino al ripristino del piano campagna.

Si propone, per i medesimi motivi di sicurezza e stabilità della via dei Cappuccini di lasciare nel sottosuolo le pareti perimetrali dell'interrato e la soletta dell'edificio A1 anche al termine dei lavori di bonifica, ciò considerando anche che questo edificio non ha mai ospitato la produzione o lo stoccaggio di materiali, bensì mensa e uffici, pertanto è ragionevole pensare non sia contaminato. La posizione e le caratteristiche costruttive di questi elementi in calcestruzzo, come pure le palancole in ferro verranno rilevate topograficamente e inserite nel fascicolo dell'opera che verrà redatto al termine dei lavori e consegnato agli enti competenti congiuntamente alla relazione di fine bonifica.

2) Edifici K e Z

Gli edifici K e Z si presentano con una struttura semplice e lineare, che si presume costituita da elementi prefabbricati, posati in opera con getti integrativi e tamponamenti riempitivi. Non sono presenti piani interrati. L'orditura delle strutture è ben visibile.

La demolizione procederà in direzione da sud verso nord.

Si ritiene importante evidenziare che il muro ovest degli edifici è separato dal muro di confine dell'area, per cui la demolizione dell'edificio risulterà agevole senza pregiudicare la recinzione perimetrale di cantiere, che in questa zona coinciderà con la muratura perimetrale preesistente.



Figura 15: Edifici Z e K: Vista 3D con indicazione delle zone di interferenza più vicine

Si evidenzia che l'edificio più prossimo agli edifici Z e K è un'ampia villa in direzione est non abitata, e comunque nascosta alla vista da alberature mature e folte, che forniranno una buona schermatura dalle interferenze generate dal cantiere, specialmente in termini di formazione e trasporto delle polveri. La distanza di 37m dalle aree di cantiere tutela di per sé ulteriormente l'edificio residenziale anche dal rumore, soprattutto considerando che, anche al termine della demolizione degli edifici, il muro perimetrale resterà intatto.

L'unico fronte di interferenza attivo (abitato) è rappresentato dagli edifici residenziali a nord-ovest, posti tuttavia ad oltre 100m di distanza dallo spigolo più esposto della demolizione.

Come per l'edificio A1, in seguito alla verifica analitica delle macerie, si prevede di trasportare le macerie al punto di trattamento tramite frantumazione e vagliatura presso l'edificio W (vedi apposito capitolo della presente relazione), compatibilmente con gli spazi disponibili, in alternativa sarà depositato temporaneamente nell'area di stoccaggio A.

3) Edificio L'

L'edificio L' si presenta con una semplice struttura in muratura portante, costituita per la maggior parte da pietra e malta. Non sono presenti piani interrati. L'orditura delle strutture è ben visibile. La copertura è in gran parte assente e/o crollata a terra.

Si presume di affrontare la demolizione in direzione da nord verso sud.



Figura 16: Edificio L': vista 3D con indicazione delle zone d'Interferenza più vicine

Per l'edificio L', in termini di interferenze con le strutture esterne al cantiere, valgono considerazioni del tutto analoghe a quanto esposto per gli edifici K e Z al punto precedente. La demolizione risulterà agevole senza pregiudicare la recinzione perimetrale di cantiere, che in questa zona coinciderà con la muratura perimetrale preesistente.

Si evidenzia che l'edificio più prossimo all'edificio L' è un'ampia villa in direzione est non abitata, nascosta alla vista da alberature mature e folte, che forniranno una buona schermatura dalle interferenze generate dal cantiere, specialmente in termini di formazione e trasporto delle polveri. La distanza di circa 35m dalle aree di cantiere tutela di per sé ulteriormente l'edificio anche dal rumore, soprattutto considerando che, anche al termine della demolizione degli edifici, il muro perimetrale resterà intatto.

Come per i precedenti edifici, in seguito alla verifica analitica delle macerie, si prevede di trasportare le macerie al punto di trattamento tramite frantumazione e vagliatura presso l'edificio W.

4) Edificio R'

L'edificio R' si presenta con una semplice struttura in muratura portante, costituita per la maggior parte da pietra e malta, ma sembra presentare un cordolo superiore in calcestruzzo armato in opera. Non sono presenti piani interrati. L'orditura delle strutture è ben visibile. La copertura è in legno e tegole.

Si presume di affrontare la demolizione in direzione da nord verso sud.

Per l'edificio R', le interferenze con le strutture esterne al cantiere si traducono in una decisa prossimità degli edifici residenziali a est, oltre la Via Monte Zovetto. Al fine di poter demolire l'edificio si ritiene indispensabile la realizzazione di un ponteggio di protezione lungo il muro est del cantiere, in modo da limitare l'impatto sulla popolazione limitrofa. Questa soluzione permette inoltre di rimuovere parte delle tegole già pericolanti dal ponteggio sul lato strada. Per il ponteggio sarà necessaria l'occupazione di suolo pubblico relativa ai parcheggi auto posti lungo l'edificio.

Una volta eliminata la copertura, si programma di mantenere il muro perimetrale del cantiere, che in tale zona coincide con il muro dell'edificio R', per l'intera durata della bonifica. La presenza del muro, alto ca.3 metri, si presenterà come la migliore recinzione possibile per isolare gli alloggi affacciati dalle polveri e dal rumore che si dovessero formare durante le operazioni di bonifica.



Figura 17: Edificio R'; inquadratura da Via Monte Zovetto (da nord, esterno all'area di cantiere)



Figura 18: Edificio R'; inquadramento tridimensionale con indicazione delle zone di interferenza più vicine

Come per i precedenti edifici, in seguito alla verifica analitica delle macerie, si prevede di trasportare le macerie al punto di trattamento tramite frantumazione e vagliatura presso l'edificio W o presso l'area di deposito A in attesa di successivo trattamento.

1) Edifici R, R'' e D

Gli edifici R, R'' e D si presentano con una semplice struttura in muratura portante, costituita per la maggior parte da mattoni e malta. Esistono, tuttavia, diversi elementi in calcestruzzo armato (travi e pilastri). In particolare, per gli edifici R'' e D non si può escludere che la portanza strutturale sia garantita da una struttura reticolare realizzata in opera. Non sono presenti piani interrati.

Previa rimozione della copertura in lastre di eternit di D, R e R'', si affronterà la demolizione in direzione da ovest verso est.

Le valutazioni in termini di interferenze per questi tre edifici sono analoghe a quelle sviluppate per l'edificio R', data la prossimità degli edifici residenziali a est, oltre la Via Monte Zovetto. Unica differenza sembra costituita dalla presenza di un muro perimetrale di cantiere distinto rispetto alle pareti degli edifici. Tale aspetto dovrebbe permettere la demolizione dei tre fabbricati minimizzando l'impatto sui lotti confinanti. Vista la presenza del suddetto muro non sarà necessaria l'installazione di ponteggio sul lato strada. In ogni caso sarà temporaneamente occupato il suolo pubblico relativo

agli stalli lungo il confine per permettere la creazione mediante recinzione mobile di una idonea fascia di sicurezza. Tale misura sarà mantenuta in essere lo stretto necessario, ovvero fino alla demolizione della parte di edificio che sovrasta il muro di confine. Anche questo muro di confine verrà mantenuto per tutta la durata delle operazioni di bonifica.



Figura 19: Edifici R, R'' e D; inquadratura da ovest (interno dell'area di cantiere)



Figura 20: Edifici R, R'' e D: vista 3D con indicazione delle zone di interferenza più vicine

Come per i precedenti edifici, in seguito alla verifica analitica delle macerie, si prevede di trasportare le macerie al punto di trattamento tramite frantumazione e vagliatura presso l'edificio W.

2) Edificio W

L'edificio W sarà demolito solo al termine delle altre demolizioni importanti (fatta eccezione per l'edificio L, funzionale alle operazioni di bonifica on site), dato che in questo capannone avrà luogo la frantumazione dei materiali di risulta delle altre demolizioni (A, A', Z, K, L', R, R', R'', D). Al termine delle operazioni di vagliatura e frantumazione, il materiale recuperato sarà trasportato, entro l'area di cantiere, verso l'area a nord ovest dedicata al deposito dei materiali recuperati e riutilizzabili in sito per riempimenti e rinterri, in modo da liberare l'edificio W e renderne possibile la demolizione.

L'edificio W è costituito da una struttura portante interamente metallica, tamponamenti esterni in muri autoportanti di blocchi in calcestruzzo. Previa rimozione della copertura di W in eternit, composta da una doppia lastra, e delle lastre in eternit presenti sulle pareti est ed ovest dell'edificio come descritto nei capitoli precedenti si procederà con la demolizione dell'edificio.

Dato che la struttura metallica risulta completamente autonoma e controventata, si ipotizza di alleggerire inizialmente la struttura eliminando i tamponamenti e le vetrate, per affrontare la struttura metallica, in direzione da ovest verso est, solo nell'ultima fase. Tale procedura permette una separazione efficiente e rapida dei rifiuti.



Figura 21: Edificio W: inquadratura dall'interno

Il capannone W è situato in zona centrale rispetto all'area "Ex Zambon" e risulta quindi relativamente distante dalle zone residenziali circostanti. Tale riflessione, unitamente al fatto che la struttura dell'edificio risulta piuttosto semplice e rapida da demolire, permette di desumere che il disagio alla popolazione, derivante dalla demolizione dell'edificio W, dovrebbe risultare limitato.



Figura 22: Edificio W: vista 3D con indicazione della direzione di avanzamento della demolizione

Le macerie a terra generate dalla demolizione ed opportunamente ridimensionate, in seguito alla verifica analitica, si prevede di trasportarle all'interno della struttura dedicata a tutte le lavorazioni meccaniche successive (tenda ARC) che nel frattempo sarà stata installata nell'angolo nord ovest del sito. I dettagli sulla struttura (dislocazione, caratteristiche, etc.) sono forniti nei paragrafi successivi.

6.3.2 Misure specifiche per la riduzione del rumore e delle vibrazioni e richiesta di deroga rumore

Per le operazioni di demolizione l'operatore dell'escavatore preferirà l'uso del frantumatore e della trancia idraulica, che rispetto al martello demolitore producono un impatto acustico notevolmente ridotto. Al fine di ridurre ulteriormente i tempi di produzione del rumore, si limiteranno le operazioni di frantumazione del materiale già a terra, caricando e trasportando le macerie grezze direttamente verso gli impianti di frantumazione e cernita mobili. Questi, infatti, si trovano in posizioni "protette", in grado di contenere la gran parte dell'energia acustica prodotta.

La cernita fine e la pulizia delle macerie avverranno manualmente presso l'impianto di vagliatura, in modo da ridurre l'impatto acustico nel sito di demolizione e, al contempo, garantire la qualità del materiale di recupero.

Il piano delle demolizioni è stato studiato in modo da mantenere intatte le pareti perimetrali affacciate verso l'esterno. Naturalmente saranno impiegati macchinari al passo con lo stato della tecnica con motorizzazioni che garantiscono le minori emissioni acustiche possibili, compatibilmente con il tipo di lavorazioni da svolgere.

L'orario di lavoro del cantiere per le lavorazioni attive sarà dal lunedì al venerdì dalle 7.30 alle 12.00 e dalle 13.00 alle 18.00

Per le lavorazioni ad alto impatto acustico si rispettano gli orari di lavoro previsti dal regolamento comunale (ovvero dalle 8.00 alle 12.00 e dalle 13.30 alle 18.00 rispettando la pausa minima di 90 minuti ad ora di pranzo).

Ciò nonostante viene effettuata richiesta al Comune di Vicenza di deroga alle emissioni di rumore ai sensi della L. 447/95 e della L.R. 21/99 per l'utilizzo di macchinari particolarmente rumorosi secondo il modello predisposto dal Comune (Mod.1 – Richiesta deroga rumore cantieri) che si allega in Allegato 1.

6.3.3 Misure specifiche per la riduzione della polvere e dell'inquinamento

Durante tutte le operazioni di demolizione descritte nella presente relazione si baderà ad irrorare abbondantemente con acqua le zone di lavoro. Per demolizioni estese ed operazioni a bassa quota si impiegheranno cannoni nebulizzatori automatizzati. L'uso dei cannoni sarà tuttavia limitato ai giorni con scarsa presenza di vento, in modo da evitare che l'aerosol con acqua e polvere venga disperso da correnti d'aria eccessive.

In caso di demolizioni in quota dell'edificio A1 e A' (prossimi a via dei Cappuccini e al di fuori dalla portata dei cannoni nebulizzatori in caso di vento), si preferirà irrorare la zona di intervento con lance tipo antincendio.

6.3.4 Misure specifiche per tutelare le strutture, interne ed esterne al cantiere

Prima dell'inizio dei lavori di demolizione saranno condotti sopralluoghi di accertamento dello stato di conservazione degli immobili confinanti, previa naturalmente la raccolta del consenso da parte dei proprietari.

Prima di iniziare i lavori di demolizione, su ogni edificio si procederà al sezionamento delle strutture con tagli e/o demolizioni localizzate in modo da evitare ogni danno da vibrazioni sugli edifici adiacenti che devono essere mantenuti.

6.4 Rimozione della pavimentazione

6.4.1 Descrizione delle modalità operative di esecuzione

Per la demolizione delle pavimentazioni esterne (in calcestruzzo e in asfalto) si opererà in modo da minimizzare la produzione di polveri, rumore e vibrazioni.

In particolare, per pavimentazioni di spessore contenuto si spezzeranno le lastre con la normale benna da scavo, frantumando poi eventualmente le lastre più ampie con le apposite pinze frantumatrici.

Per spessori maggiori si potrà affrontare la lastra di pavimentazione, partendo dal bordo, direttamente con il frantumatore, per poi raccogliere e caricare le macerie con la benna da scavo.

L'impiego del martello demolitore sarà limitato al minimo indispensabile, ovvero per la demolizione di plinti e platee di grande spessore.

Durante la demolizione delle pavimentazioni la produzione di polvere rimane normalmente contenuta. In ogni caso, tramite la lancia idrante, il cannone nebulizzatore o impianti semi-automatici di irrigazione a pioggia, si baderà a tenere umide le zone di lavoro e ad abbattere immediatamente la polvere in formazione. In caso di vento forte si prediligerà l'impiego delle lance di tipo antincendio, dato che il getto direzionale permette un'irrorazione continua ed abbondante solo nel punto in cui serve. La demolizione delle pavimentazioni sarà eseguita contestualmente allo scavo dei terreni insaturi della relativa cella e/o celle circostanti. Ovvero non si ritiene opportuno rimuovere tutte le pavimentazioni prima dell'esecuzione degli scavi di terreno insaturo perché in molti casi, soprattutto per gli ex edifici centrali C e G (già demoliti) la rimozione della pavimentazione comporterà necessariamente la rimozione delle fondazioni e con esse di eventuali tubazioni interrate e dei terreni limitrofi.

6.5 Descrizione e caratteristiche tecniche delle apparecchiature e dei mezzi d'opera

La squadra di lavoro tipica per i lavori di demolizione sarà composta da:

- Due escavatori 20/30ton con attrezzature di demolizione con sistema Oil-Quick (cambio benna/martello/pinza in maniera automatica senza l'intervento dell'operatore a terra);
- Autocarro 4 assi per l'asporto delle macerie (trasporti interni);
- Una persona a terra per l'azionamento e il direzionamento dei sistemi di abbattimento polveri;
- Un martello demolitore a mano (in caso fossero necessarie piccole demolizioni di dettaglio, come ad esempio per mantenere i chiusini e demolire alcuni piccoli residui della pavimentazione).
- Container scarrabili per il deposito dei rifiuti (legno, plastica, cavi impianto elettrico, etc.).

7 BONIFICA DEL SUOLO INSATURO

7.1 Premessa

Le attività di bonifica del suolo insaturo, presso il sito in oggetto, comporteranno lo scavo di circa 22.850 m³ in sezione di terreni ed interesseranno una superficie pari a circa 16.000m². Considerando l'estensione complessiva del sito di 32.400 m² (di cui 4.000m² occupati da edifici che possono essere demoliti solo a fine intervento e 4.300 m² occupati dalle due aree palancolate) e la necessità di svolgere sullo stesso sito una serie di operazioni contemporaneamente e non, come ad esempio i monitoraggi, i trattamenti meccanici, lo stoccaggio, i rinterri, le perforazioni, la bonifica in situ, etc, è evidente la necessità di una attenta progettazione della fase di scavo e delle attività che ne conseguono.

Nei paragrafi che seguono sono illustrati gli elementi che permettono di raggiungere gli obiettivi di bonifica per quel che riguarda i terreni insaturi nel miglior modo possibile in termini tecnici e di tutela della sicurezza e dell'ambiente in senso lato (interno ed esterno al cantiere). In particolare verranno dettagliatamente descritte:

- a. Le operazioni di scavo;
- b. La gestione e i flussi dei materiali in cantiere;
- c. La destinazione dei materiali da allontanare;
- d. Il trattamento on-site dei terreni insaturi;
- e. Le operazioni di rinterro.

7.2 Interferenze – Collocamento nel cronoprogramma generale

Le attività di scavo interagiscono in maniera significativa con le restanti attività di bonifica in cantiere.

L'avanzamento degli scavi impatterà la viabilità del cantiere e l'accessibilità alle aree per gli interventi di bonifica in-situ. Il collocamento delle attività di scavo nel cronoprogramma generale dei lavori assume pertanto una importanza cruciale.

Per individuare la soluzione migliore sono stati analizzati e simulati diversi scenari d'intervento, collocando le attività di scavo in varie fasi di avanzamento del cantiere di bonifica. Dopo attenta valutazione dei vantaggi e svantaggi di ogni scenario analizzato, è stata scelta la soluzione di effettuare gli scavi all'inizio delle attività di bonifica.

I principali motivi che hanno determinato tale scelta sono i seguenti:

- a. Negli strati superficiali di terreno e nei tratti fognari ancora presenti possono esserci ancora significativi accumuli di inquinanti che possono costituire una sorgente di contaminazione secondaria per la falda superficiale sottostante. La bonifica della falda superficiale dovrebbe quindi avvenire dopo l'asportazione delle potenziali sorgenti secondarie;
- b. Attualmente nelle future aree di scavo si trovano ca. 15 – 20 piezometri. Per la realizzazione e il monitoraggio degli interventi nella falda superficiale verranno installati ulteriori 150 piezometri e pozzetti che ostacolerebbero fortemente i lavori di scavo;
- c. Avere tutta l'area sgombera e bonificata nello strato insaturo, aumenta la flessibilità per gli interventi di bonifica in-situ che potrebbero subire variazioni/estensioni in corso d'opera;
- d. Per motivi di sicurezza è preferibile mantenere possibilmente invariata la viabilità interna del cantiere una volta avviati i vari interventi di bonifica in-situ e i rispettivi monitoraggi.

7.3 Piano degli scavi

Il piano degli scavi descrive le modalità operative con le quali si intende rimuovere i terreni insaturi. La caratterizzazione ed il Progetto di Bonifica dell'ex area industriale Zambon hanno restituito la seguente situazione per quanto riguarda i terreni insaturi:

- CLS - Manufatti (tubazioni, pozzetti, camerette) della rete fognaria e serbatoio interrato;
- SOIL - Terreni contaminati ma privi di materiale estraneo alla matrice suolo;
- RIP - Materiali di riporto, essenzialmente residui di materiali da costruzione misti a terreno e ad altri materiali.

Preliminarmente allo scavo dei terreni saranno demolite le pavimentazioni in prossimità degli ex edifici B, C e G. Come anticipato nei capitoli precedenti tale rimozione non verrà effettuata in un'unica soluzione bensì parallelamente allo scavo dei terreni insaturi per non esporre superfici troppo ampie finora coperta agli agenti esterni. I materiali risultanti da tale operazione sono del tutto assimilabili al materiale di demolizione degli altri edifici e pertanto, dopo verifica analitica, verranno sottoposti a frantumazione per il successivo recupero in sito come materiali di riempimento/sottofondo.

Per quanto riguarda i manufatti interrati (tratti di fognatura) da rimuovere, essi ricadono all'interno di lotti ove è necessario anche lo scavo dei terreni insaturi, pertanto, conformemente a quanto riportato nel POB, la rimozione e lo scavo dei manufatti e dei terreni saranno contestuali.

7.3.1 Rimozione Hot Spot in area palancolata SO

Temporalmente i primi terreni contaminati ad essere scavati saranno quelli all'interno dell'area palancolata Sud-Ovest già individuati dal POB come Hot Spot da rimuovere. Per la rimozione di detti terreni (stimati in circa 18m³) si utilizzerà una struttura (tenda mobile) che permetterà di effettuare i lavori di scavo in ambiente confinato sotto costante nebulizzazione di acqua in bassa pressione.

Lo scavo, eseguito da mezzo escavatore di idonee dimensioni (< 8ton) sarà effettuato sotto una tenda mobile realizzata con una struttura metallica sulla quale è installato un sistema di aspirazione gas e un impianto di nebulizzazione a portata variabile, chiusa con teli plastici sagomati su misura. Lo scavo sarà assistito a terra da operaio che dall'esterno della tenda potrà attivare e regolare la nebulizzazione d'acqua durante lo scavo ed il riempimento del fusto metallico adibito al contenimento del rifiuto in questione.

Fondamentale per poter lavorare in sicurezza è necessaria la continua irrorazione dell'area di scavo e del fusto in fase di carico: ciò avviene attraverso un impianto di nebulizzazione dall'alto installato su tutta la copertura della capannina. L'operatore entrerà nell'ambiente confinato esclusivamente per la chiusura del fusto e dotato di idonei DPI tra cui: tuta in tyvek e maschera facciale filtrante FFP3. All'uscita della struttura il fusto verrà prelevato da altro mezzo meccanico mediante pinza in acciaio per fusti metallici, caricato su automezzo e portato in area di deposito interna coperta (Tenda ARC).

7.3.2 Sequenza di scavo e picchettamento delle aree

Mantenendo la nomenclatura dei lotti così come riportata nel Progetto Operativo di Bonifica, la successione dei Lotti di terreno che si intende scavare è la seguente:

T1 -> T7 -> T6 -> M1 -> T2 -> T3 -> M2 -> T4 -> T9 -> M4 -> M3 -> M7 -> M6 -> T5sud -> T8 -> M5 -> T5nord

Essa è desumibile graficamente dalla Tavola 3 che riporta tutte le fasi dello scavo. La sequenza di scavo è stata sviluppata tenendo conto di:

- Posizione del lotto per liberare aree alle successive lavorazioni (installazioni e bonifica in situ);
- Quantitativo stimato di scavo compatibilmente alle dimensioni degli stoccaggi ed alle tempistiche di lavorazione meccanica;
- Tipologia di contaminazione.

A valle di queste considerazioni, si è ritenuto opportuno dimensionare con un certo fattore di sicurezza e posizionare le aree di stoccaggio e trattamento in modo tale da garantire che un eventuale modifica della contaminazione (più o meno materiale recuperabile on site) non portino al blocco di tutte le lavorazioni.

Prima di affrontare gli scavi i lotti individuati dal progetto operativo di bonifica verranno picchettati a gruppi di tre (per evitare di picchettare fin da subito tutta l'area) in ordine cronologico di esecuzione. Sarà cura del Responsabile di commessa per la parte scavo terreni insaturi tenere aggiornata una planimetria in formato digitale su server ftp e cartaceo in cantiere sullo stato di avanzamento dei lavori distinguendo tra lotto in lavorazione, lotto bonificato, lotto rinterrato e segnalando sulla stessa qualsiasi informazione utile.

Ad ogni materiale scavato ed accumulato in stoccaggio temporaneo in cumulo di dimensioni inferiori o uguali a 250 m³ verrà assegnato un codice identificativo univoco che contiene nella prima parte il lotto di provenienza e nella seconda parte indicazione della matrice prevalente con numero progressivo. Ad esempio, un materiale scavato nel lotto T6 con massiccia presenza di materiale da demolizione avrà il seguente codice:

T6-RIP1

Altre possibili nomenclature per la matrice prevalente sono:

CLS=Manufatti in calcestruzzo, mattoni e mattonelle

SOIL=Terreno privo di materiali estranei

RIP=Terreno con presenza di materiali estranei come mattoni, calcestruzzo, legno, vetro, etc.

7.3.3 Rimozione dei tratti di fognatura e dei terreni circostanti

Come anticipato nel paragrafo introduttivo i tratti di fognatura verranno rimossi contestualmente allo scavo dei terreni. L'escavatore, diretto dal tecnico ambientale a terra, in questa fase sarà coadiuvato da un operaio a terra che assisterà lo scavo per verificare lo stato delle tubazioni, l'eventuale presenza di prodotto o terreno fortemente contaminato nei dintorni della tubazione ed altre eventuali anomalie. Già in fase di scavo si provvederà a tenere separati i manufatti in calcestruzzo (tubazioni, pozzetti, camerette, plinti, etc.) dal terreno, avviando i suddetti materiali all'area di stoccaggio separatamente. In questo modo sarà successivamente possibile, dopo verifica analitica con esito favorevole, sottoporre i manufatti in calcestruzzo all'operazione di frantumazione e dunque di recupero in cantiere.

Nell'eventualità che in alcuni punti, in prossimità di pozzetti, giunti e vasche vi siano terreni particolarmente contaminati – hot spot – sarà sempre disponibile la capannina mobile già utilizzata per lo scavo ed infustaggio dei terreni infiammabili di cui al capitolo 7.3.1. La tenda verrà posizionata sul punto di scavo e mantenuta in depressione per evitare l'emissione in ambiente esterno di odori e gas. La capannina sarà collegata all'impianto mobile di trattamento aria costituito da un aspiratore centrifugo e un filtro a carboni attivi entrambi montati su pallet.

Per ridurre eventuali emissioni odorigene particolarmente moleste provenienti dallo scavo/rimozione, gli scavi aperti verranno eventualmente ricoperti mediante teli in materiale plastico.

7.3.4 Modalità di scavo terreni insaturi e materiali di riporto

Lo scavo dei terreni insaturi e dei materiali di riporto sarà eseguito da escavatore cingolato 20ton dotato di benne intercambiabili con sistema oil quick (ricambio della benna senza intervento di operatore a terra per una maggiore sicurezza e velocità). Le benne a disposizione saranno le seguenti:

- Benna dentata per scavo in terreno sciolto e compatto fino a molto compatta;
- Benna con lama liscia per asporto di terreno in modalità lenta a strati di 10cm e profilatura di pareti e fondo scavo;
- Benne forate con maglie di diverse dimensioni per scavo di eventuali terreni con presenza di rifiuti misti.

La disponibilità di diversi tipi di benna intercambiabile in pochi istanti permette di eseguire lo scavo con la massima efficacia in termini di riduzione del volume di scavo e separazione delle matrici.

L'escavatore sarà poi dotato del sistema Seka che consiste in un impianto di trattamento dell'aria in ingresso alla cabina dell'escavatore che viene mantenuta in leggera sovrappressione in modo che non sia possibile l'ingresso di aria non filtrata. Il sistema è inoltre provvisto di un sensore di pressione che in caso di avaria avverte l'operatore con segnale luminoso ed acustico. Lo stesso dispositivo è montato sulla pala al servizio dell'area di trattamento.



Figura 23: Sistema di purificazione aria cabina

Per quanto riguarda gli scavi aperti essi verranno segnalati e recintati per evitare la caduta all'interno degli stessi. Vista la ridotta profondità prevista per gli scavi (1,5 metri da piano campagna) come misura di sicurezza per le pareti di scavo si ritiene sufficiente la profilatura delle stesse a 45°, qualora per rimuovere degli hot spot lo scavo fosse approfondito le stesse pareti verranno realizzate a gradoni sempre con angolo di 45° e con terrazzamenti ogni 2,0 metri.

Lo scavo, eseguito in modalità lenta ovvero asportando i terreni a strati o comunque per matrice omogenea, sarà costantemente supervisionato a terra da geologo di cantiere che, sulla base di evidenze visive e supportato da strumentazione portatile di campo, dirigerà le operazioni dell'escavatore con l'obiettivo di attuare una prima separazione dei materiali in fase di scavo in base alla matrice prevalente: terreno (SOIL) – manufatti (CLS) – riporto con materiali estranei (RIP).

Durante tutta l'attività di scavo sarà disponibile un cannone nebulizzatore montato su ruote, esso verrà mantenuto nella zona di scavo e in caso di clima secco e terreno polverulento verrà utilizzato per l'abbattimento delle polveri.



Figura 24: Cannone nebulizzatore in azione

Inoltre l'operaio a terra avrà a disposizione una lancia collegata all'impianto idrico con la quale agire in maniera mirata e localizzata per l'abbattimento delle polveri generate dalle operazioni di scavo e carico. Infine i percorsi interni al cantiere nelle fasi di demolizione, scavo e movimentazione materiali verranno mantenuti costantemente umidi attraverso un impianto di irrigazione.

I materiali scavati verranno caricati direttamente su autocarro dedicato ai trasporti interni di cantiere che porterà il materiale dall'area di scavo all'area di deposito preliminare in attesa di verifica analitica.

I percorsi individuati in Tavola 3 relativi ai diversi lotti di scavo (e quindi alle diverse fasi di lavoro) saranno segnalati e delimitati mediante idonea segnaletica (nastro colorato). Per i pedoni (tecnici, personale a terra, direzione lavori, enti di controllo, etc.) verrà predisposto un corridoio protetto lungo ogni via di transito con rete metallica da 1,20m di altezza. Il personale operativo a terra sarà dotato di radio in collegamento con escavatorista ed autista automezzo per fornire idonei indicazioni sullo scavo e sullo scarico.

7.3.5 Scavo lotto T1 (particolare ad es. sotto deposito A o in ingresso T1)

L'attività di scavo dei terreni insaturi avrà inizio dalla cella denominata T1. Essa si trova al confine con via Monte Zovetto in prossimità dell'accesso principale al cantiere (Ingresso 1). Durante lo scavo di questo lotto e dei successivi T7 e T6 per ingresso ed uscita degli automezzi di cantiere verrà utilizzato l'ingresso secondario a Nord del sito (Ingresso 2).

7.3.6 Scavo lotto T4 e verifica T9

Come già previsto nel POB in occasione dello scavo della cella T4 verranno effettuate delle verifiche in direzione lotto T9 (ovvero sotto l'edificio F) per determinare se anche il lotto T9 presenti concentrazioni superiori alle CSR. In caso negativo il lotto T9 non verrà scavato e l'edificio F potrà rimanere e non essere demolito.

7.3.7 Scavo lotti M7 e M6

I lotti M7 ed M6, caratterizzati dalla presenza di materiali di riporto e terreni frammisti a materiali da demolizione, si prevede vengano scavati in modo da dare continuità di utilizzo dell'Area A. In questo modo sarà possibile mantenere l'area A integra ed utilizzarla come deposito dei materiali in verifica, ingresso ed uscita dall'area di trattamento. Immediatamente prima dello scavo dei lotti M7 e M6 si procederà allo

smantellamento parziale dell'area di deposito A per quel che riguarda i soli box scoperti (lato est). I restanti box coperti e box interni all'area di trattamento continueranno ad essere disponibili fino alla fine della fase di scavo dei terreni insaturi.

7.4 Gestione dei materiali rimossi

Per quanto riguarda le aree di stoccaggio dei materiali escavati in attesa di verifica analitica, dei materiali destinati allo smaltimento e per quanto riguarda le aree utilizzate per le lavorazioni meccaniche di vagliatura e frantumazione saranno utilizzate le aree nell'angolo Nord Est dell'ex areale industriale di via dei Cappuccini come schematizzato nell'immagine che segue. Nella Tavola 1 è riportato il Layout di cantiere per la fase di demolizione e bonifica dei terreni insaturi dove si evidenzia il posizionamento dell'area di stoccaggio e lavorazione.

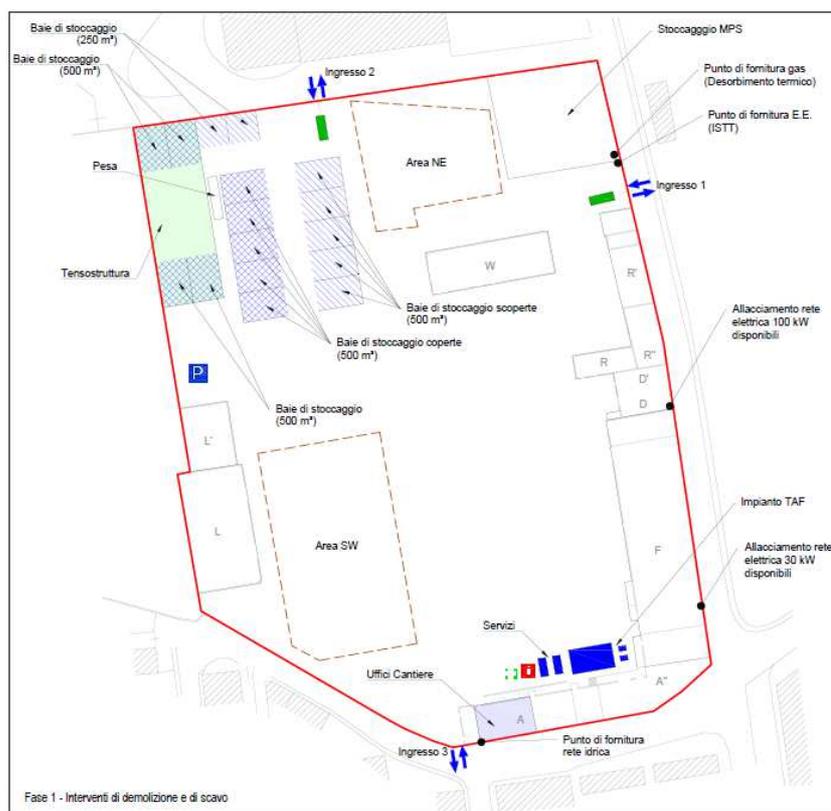


Figura 25: Estratto layout di cantiere Tavola 1

La frantumazione dei materiali provenienti dalla demolizione degli edifici A1, A', K, Z, L', R, R', D verrà effettuata all'interno dell'edificio W (così come previsto dal POB e riportato nel capitolo 6) le successive frantumazioni del materiale da demolizione proveniente dagli edifici W, L come pure dalle pavimentazioni C, G e H e demolizioni interrato e la vagliatura dei terreni di riporto saranno effettuate all'interno di una tensostruttura denominata Tenda ARC che verrà posizionata nell'angolo nord ovest dell'areale.

7.4.1 Area di stoccaggio materiali in verifica analitica

L'area di stoccaggio prevista nel POB per la verifica dei materiali prima dell'avvio ai trattamenti on site o allo smaltimento off site, ovvero l'edificio F, è ritenuto non idoneo per motivi di sicurezza, dimensioni interne, caratteristiche strutturali e vicinanza alle abitazioni civili di via Monte Zovetto.

L'edificio F non offre sufficienti garanzie in termini di sicurezza per il personale e per le macchine che dovrebbero operare all'interno, ovvero non risponde agli standard di

sicurezza minimi per i luoghi di lavoro in relazione alle movimentazioni di terreni con mezzi pesanti.

L'area individuata come idonea per lo stoccaggio dei materiali scavati è l'area A (così indicata nei documenti progettuali tra cui la Tavola 15 del POB che per omogeneità progettuale continuerà ad essere identificata come deposito A anche nella Tavola 1 "Layout di cantiere", già utilizzata nella prima fase della bonifica dell'ex areale industriale Zambon proprio a questo scopo e già attrezzata per fungere da stoccaggio/deposito di materiali prima e dopo le lavorazioni meccaniche o degli smaltimenti. Quest'area ha già tutte le caratteristiche tipiche di un deposito temporaneo rifiuti (platea e cordoli perimetrali in cemento, telo in HDPE sul fondo e risvoltato sulle pareti, sistema di raccolta e rilancio delle acque meteoriche, etc.). L'intera superficie sarà suddivisa in box di dimensioni 10x18m attraverso elementi prefabbricati tipo new jersey, per un totale di 10 box con accesso e percorrenza centrale. Cinque box saranno destinati al materiale in verifica e come ulteriore misura di contenimento verranno coperti e chiusi mediante tensostruttura montata sugli elementi prefabbricati in calcestruzzo che formano i box. I restanti cinque box, scoperti ma comunque su superficie pavimentata e collettata, saranno realizzati con elementi new jersey di altezza 1,40m ed utilizzati per i materiali di riporto e per i materiali a valle delle lavorazioni meccaniche (sopravaglio, frantumato, etc.), ovvero per materiali "End of waste" (non rifiuti) prima dello stoccaggio in area N-E dedicata ai materiali recuperati.



Figura 26: Esempio 5 box esterni non coperti

In aggiunta a questi 10 box, all'interno della tenda destinata alle lavorazioni (Tenda ARC), quindi in condizioni di ulteriore contenimento delle emissioni verranno realizzati nr.4 box di dimensioni 10x20m di cui 2 destinati a ricevere eventuali terreni particolarmente problematici dal punto di vista delle emissioni odorigene.

In aggiunta all'area A verranno riutilizzati i box esistenti di dimensioni 10m x 10m che si trovano alla sinistra dell'uscita secondaria a Nord del sito. Principalmente saranno utilizzati per materiale selezionato dalle demolizioni e recuperabile come legno, plastiche, materiale verde nella fase di pulizia e scortico superficiale. Questa area è indicata nella planimetria di Tavola 1 "Layout di cantiere" come deposito C.

7.4.2 Area di stoccaggio Materie Prime Secondarie MPS e terreni non contaminati

Così come previsto dal POB si rende necessario individuare un'area per il deposito dei materiali recuperati e riutilizzabili sul sito come materiale di rinterro/riempimento. I suddetti materiali sono originati sostanzialmente da:

- Materiale da demolizione frantumato idoneo al recupero;
- Terreni che rispettano le CSR;
- Sopravaglio frantumato idoneo al recupero.

Ad eccezione del materiale recuperato tramite frantumazione proveniente dalle demolizioni è difficile stimare in questa fase i quantitativi di materiali recuperati. Inoltre la tempistica del rinterro potrebbe talvolta dipendere da fattori esterni e condizioni meteo. Per quanto esposto anche l'area di stoccaggio dei materiali recuperati, così come per gli stoccaggi dei materiali in attesa di verifica, deve avere una dimensione tale da sopperire ad eventuali aumenti di quantitativi, senza comportare il blocco delle lavorazioni.

Per quanto sopra è stata individuata come area idonea l'area sul vertice nord-ovest del sito, che con una superficie con forma quadrata di circa 800m² può ospitare fino a 3.200m³ di terreni non contaminati e materiali da demolizione frantumati e recuperati. Tenendo conto che in questa area verranno depositati solo materiali per i quali sarà già stata accertata la conformità al recupero, non sono necessari e quindi previsti interventi di allestimento specifici. Il posizionamento di questi terreni a ridosso di via Monte Zovetto con un'altezza di circa 6-8 metri costituisce inoltre una barriera per la propagazione del rumore verso l'esterno. Questa area è indicata nella planimetria di Tavola 1 "Layout di cantiere" come deposito B.

7.4.3 Riassunto volumi di stoccaggio a disposizione

Complessivamente durante i lavori di scavo dei terreni insaturi saranno a disposizione i seguenti box ed aree per lo stoccaggio dei terreni scavati, dei materiali dopo le lavorazioni meccaniche e dei rifiuti prima dell'avvio a trattamento on site o smaltimento esterno.

Denominazione	Posizione	Area [m ²]	h _{max} [m]	Volum e singolo [m ³]	Volume complessivo [m ³]	Note
Cumulo MPS	Vertice N-E Deposito B	625	6	3.200	3.200	
Stoccaggio IN	Deposito A	180	2	350	1.750	5 box 10x18
Stoccaggio OUT	Deposito A	180	3	500	2.500	5 box 10x18
Stoccaggio tenda	Vertice N-W	200	3	500	1.000	2 box 20x10
Lavorazione tenda	Vertice N-W	200	3	500	1.000	2 box 20x10
Stoccaggio altro	Vertice N-W (Dep. B)	100	n.d.	50	100	2 box 10x10 esistenti
Trattamento on site	Edificio L	800	*	250-500	500-1000	*variabile
Totale					10.550 m³	

Tabella 10: Volumi di stoccaggio a disposizione

7.4.4 Frequenza e tipologia verifiche analitiche

Di seguito si riassumono la tipologia e la frequenza delle verifiche analitiche previste dal Progetto Operativo di Bonifica per i diversi materiali originati dalle demolizioni, dallo scavo dei terreni insaturi e dalle lavorazioni meccaniche previste sul sito:

Materiale/rifiuto	Frequenza	Analisi
Rifiuto da demolizione prima della frantumazione	250 m ³ *	Test di cessione DM 186/2006
Terreno insaturo privo di materiali estranei	250 m ³ *	Classificazione rifiuto + D.Lgs. 152/06 rispetto alle CSR
Sottovaglio (terreno) esito della vagliatura di terreni frammisti a materiali da costruzione	250 m ³ *	Classificazione rifiuto + D.Lgs. 152/06 rispetto alle CSR
Sottovaglio (non riconducibile a terreno) esito della vagliatura di terreni frammisti a materiali da costruzione	250 m ³	Classificazione rifiuto ai fini del recupero/smaltimento presso impianti esterni
Sopravaglio (materiali da costruzione e inerti naturali) esito della vagliatura di terreni frammisti a materiali da costruzione	250 m ³	Test di cessione DM 186/2006
Terreni post trattamento on site	250 m ³ *	D.Lgs. 152/06 rispetto alle CSR
Altri materiali non idonei al recupero on site e/o al riutilizzo	250 m ³	Classificazione rifiuto ai fini del recupero/smaltimento presso impianti esterni

* Aumentabile a 500 m³ compatibilmente con le dimensioni degli stoccaggi e la capacità di trattamento on site mediante SVE in un unico ciclo.

7.4.5 Destino dei materiali di scavo

I terreni contaminati e i terreni frammisti a materiali da demolizione dopo le verifiche analitiche effettuate sull'area di deposito A e all'interno dell'area di trattamento (tenda ARC) saranno avviati alle seguenti operazioni:

- **Selezione meccanica e vagliatura all'interno dell'area di trattamento:** la prima operazione fondamentale per massimizzare il recupero dei materiali provenienti dallo scavo è la vagliatura mediante impianto mobile autorizzato in grado di separare le macerie o altri elementi (rifiuti) ingombranti dal terreno. I materiali idonei al recupero sulla base di analisi secondo il D.M.186 verranno avviati alla frantumazione;
- **Frantumazione finalizzata al recupero all'interno dell'area di trattamento:** I materiali da demolizione provenienti dalla demolizione degli edifici, di pavimentazioni o manufatti interrati o come sopravaglio di riporti contenenti materiali da demolizione verranno frantumati mediante impianto mobile autorizzato e recuperati in sito (riutilizzati per riempimenti e sottofondi). Tutte le operazioni meccaniche sui materiali (vagliatura e frantumazione) verranno sempre svolte all'interno di spazi chiusi e confinati per ridurre al minimo gli impatti verso l'esterno.
- **Trattamento on-site all'interno dell'edificio L:** I terreni (materiali riconducibili alla matrice suolo e privi di corpi estranei) provenienti direttamente da scavo o a valle di operazione meccanica di vagliatura, se idonei analiticamente (contaminazione volatile <100*CSR), saranno trattati on site in cumulo mediante aspirazione forzata nell'edificio L così come previsto da POB e descritto dettagliatamente al capitolo 7.5 che segue.

- **Smaltimento off-site per terreni e macerie non recuperabili:** materiali che sulla base di verifica analitica dovessero risultare non recuperabili mediante operazioni meccaniche o non idonei al trattamento on site (così come stabilito dal POB ovvero per concentrazioni >100*CSR) verranno avviati a smaltimento off-site dopo analisi chimica di classificazione e procedura di omologa.

7.4.6 Operazioni di trattamento e recupero on-site

Come anticipato nel paragrafo precedente e già contenuto nel POB approvato sul sito verranno effettuate le seguenti lavorazioni su rifiuti:

1. Frantumazione finalizzata al recupero di rifiuti da demolizione: il rifiuto prodotto in fase di demolizione (CER 170101, 170102, 170103, 170107), o il sopravaglio residuo della vagliatura di terreni, previa verifica di rispetto dei limiti sull'eluato ai sensi del DM186, sarà sottoposto ad operazione R5 (eventualmente preceduta da operazioni di accumulo R12, o di semplice stoccaggio R13). Durante la demolizione e a valle della lavorazione meccanica di vagliatura e frantumazione si otterranno MPS e rifiuti tipici della selezione da demolizione (legno, plastiche, etc.).

CER	OPERAZIONE	QUANTITA' * [m ³]	MPS O RIFIUTI PRODOTTI
170101 170102 170103 170107 191209 191212	R5	7.150	MPS (0-100mm) 191202 191203 191204 191207

* Il quantitativo indicato è una stima desunta dal Progetto Operativo di Bonifica approvato.

2. Vagliatura di terreni e terreni frammisti a materiali da demolizione: durante gli scavi dei terreni insaturi è previsto il ritrovamento di terreni di riporto frammisti a materiale da demolizione. Il rifiuto con codice CER 170504 e/o 191302 sarà sottoposto a vagliatura al fine di separare il materiale inerte da demolizione dal terreno. Successivamente la frazione sopravaglio sarà processata come al punto 1 al fine di ottenere un MPS riutilizzabile in sito. Il sottovaglio verrà verificato analiticamente per determinare se sia recuperabile on site secondo la lavorazione 3.

CER	OPERAZIONE	QUANTITA' * [m ³]	MPS O RIFIUTI PRODOTTI
170504 191302	R5	6.050	MPS (0-100mm) 191209 191212 191302 191301

3. Trattamento on site di terreni mediante estrazione vapori (SVE): i terreni, privati di eventuali frazioni estranee, ritenuti idonee dopo verifica analitica che attesti una contaminazione volatile <100*CSR, saranno trattati nell'edificio L mediante l'estrazione forzata dei contaminanti volatili così come descritto nel capitolo 7.5 che segue.

CER	OPERAZIONE	QUANTITA' * [m ³]	MPS O RIFIUTI PRODOTTI
170504 191209 191212 191302	R5	5.100	Terreno <CSR per rinterro in sito MPS

7.4.7 Frantumazione e recupero all'interno dell'Edificio W

L'edificio W presenta caratteristiche idonee per dimensioni e tipologia costruttiva ad ospitare lavorazioni meccaniche di frantumazione. Pertanto, nella fase iniziale di cantiere durante le demolizioni degli edifici, all'interno dell'edificio W verrà effettuata la frantumazione finalizzata al recupero dei materiali da demolizione che rispettano i limiti individuati dal D.M.186. Le macerie, sottoposte ad una prima riduzione volumetrica mediante pinza frantumatrice e cernita dei materiali ferrosi ed altri rifiuti estranei direttamente in prossimità dell'edificio saranno sottoposte a verifica analitica. Successivamente i materiali idonei analiticamente saranno caricati e trasportati all'interno di W per la frantumazione.

Così come già approvato nel Progetto Operativo di Bonifica la frantumazione verrà eseguita da impianto mobile autorizzato. Come richiesto dalla Provincia di Vicenza durante l'iter autorizzativo del POB in allegato 2 si riporta l'autorizzazione dell'impianto mobile con ed altre informazioni utili al riguardo.

All'interno dell'edificio W verrà effettuata la frantumazione dei materiali provenienti dai seguenti edifici:

- A1, A', K, Z, L', R, R', R'' e D

Le successive frantumazioni del materiale da demolizione proveniente dagli edifici W, L come pure dalle pavimentazioni C, G e H e demolizioni interrato e la vagliatura dei terreni di riporto saranno effettuate all'interno di una tensostruttura denominata Tenda ARC che verrà posizionata nell'angolo nord ovest dell'areale.

Il materiale recuperato verrà depositato nell'area nord ovest di cantiere (area MPS) in attesa del riutilizzo in cantiere.

La frantumazione eseguita all'interno di W presenta il notevole pregio di ridurre drasticamente le emissioni acustiche e pertanto l'impatto del cantiere sulle aree esterne. Ciò nonostante, come anticipato nel capitolo 6 "Demolizioni" in Allegato 1 si effettua la richiesta al Comune di Vicenza per la deroga al rumore per attività di cantiere secondo il modello predisposto.

L'edificio W è già dotato di un sistema di aspirazione e trattamento delle emissioni realizzato nel corso degli interventi di Fase 1, per l'uso previsto non sono quindi necessari ulteriori misure. Prima dell'inizio delle lavorazioni sarà verificato il funzionamento e l'efficienza dell'impianto di aspirazione.

7.4.8 Lavorazioni meccaniche all'interno di tensostruttura

Tutte le lavorazioni meccaniche da effettuarsi sui terreni e sui materiali da demolizione (dopo la demolizione dell'edificio W) saranno effettuate all'interno di una

tensostruttura che verrà appositamente installata al vertice nord ovest del sito nel punto più distante dalle abitazioni di via de Cappuccini e di via Monte Zovetto.

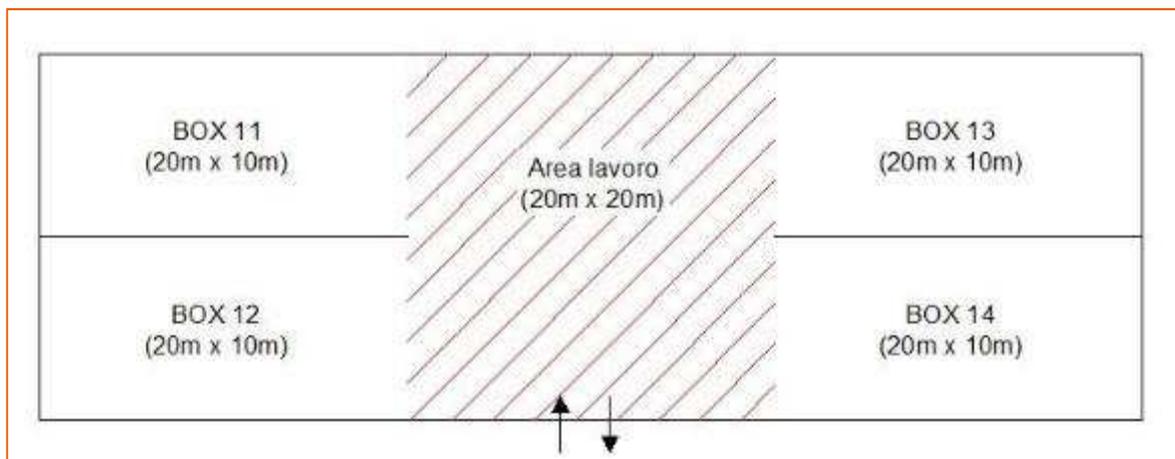


Figura 27: Dimensioni area sotto tensostruttura

La superficie complessiva a disposizione sarà di 1.200m² (60m x 20m) suddivisa in tre aree: a nord 2 box (10x20) per materiali in verifica analitica che necessitano di un confinamento, a sud ulteriori 2 box (20x10) per i materiali in lavorazione e al centro un'area di 20x20 (400m²) ove posizionare l'impianto mobile frantoio o vaglio o entrambi per la lavorazione meccanica del materiale.

La tensostruttura sarà realizzata su pavimentazione in asfalto e composta da un perimetro di elementi in calcestruzzo prefabbricati di altezza 2,40m su cui verrà installata una tenda a doppia falda di altezza laterale minima 3,20m. In questo modo l'area di lavorazione avrà un'altezza minima di 5,60m.

La tensostruttura (tenda) sarà dotata di un impianto trattamento aria realizzato riutilizzando e potenziando la linea di trattamento disponibile per l'edificio W (che quando verrà installata la tenda verrà demolito per permettere la bonifica dei suoli insaturi sottostanti). L'impianto di trattamento garantirà 4 ricambi orari durante le fasi lavorative dell'area di lavorazione e sarà dotato di filtri a carbone attivo.

La struttura prefabbricata in calcestruzzo sarà composta da elementi di forma parallelepipedo e dimensioni (LxPxH – 100x80x80 cm). Lo spessore di 80cm e l'altezza complessiva degli elementi prefabbricati sovrapposti di 2,40m rappresenta un confinamento acustico pressochè totale.

L'utilizzo di macchinari mobili autorizzati (vaglio e frantoio) ha il notevole vantaggio della flessibilità, ovvero di poter passare molto rapidamente da una lavorazione all'altra ed eventualmente di lavorare in serie per ottenere direttamente dal materiale recuperabile 2 o 3 frazioni già idonee al riutilizzo in cantiere (ad es. granulometrie 0-30, 30-60 e 60+).

Il materiale dall'area di verifica analitica (Deposito A), una volta determinata la possibilità del recupero/trattamento in cantiere, verrà portato all'interno dell'area di trattamento in uno dei 2 box dedicati. Il carico degli impianti mobili avviene per mezzo di pala gommata dotata di sistema Seka per il trattamento dell'area in ingresso alla cabina, inoltre durante l'attività viene messo in funzione l'impianto di aspirazione e trattamento dell'aria dell'area di lavorazione. Le operazioni meccaniche hanno inizio solo dopo che tutto il materiale da trattare relativo ad un cumulo verificato in area A è stato depositato all'interno della struttura e l'ingresso è stato chiuso. I prodotti in uscita dalla lavorazione vengono caricati su automezzo e portati sull'area di deposito A nei box dedicati ai prodotti. I terreni ritenuti idonei, sulla base di analisi chimiche, al trattamento on site mediante estrazione vapori verranno avviati al trattamento all'interno dell'edificio L dopo eventuale opportuno condizionamento (vagliatura, omogeneizzazione e aggiunta di prodotti che favoriscono il processo).

Prima e dopo le lavorazioni sarà possibile monitorare tutti i materiali provenienti dallo scavo dei terreni insaturi attraverso il sistema di tracciabilità illustrato al capitolo 4.

7.5 Trattamenti on-site dei terreni insaturi

7.5.1 Scopo del lavoro

Il sistema di Soil Vapour Extraction (SVE) verrà utilizzato per il trattamento “on site” dei terreni insaturi rimossi durante le operazioni di scavo e selezione dei materiali. I terreni (e parzialmente i riporti) saranno dapprima verificati attraverso specifiche analisi chimiche per la definizione delle concentrazioni degli inquinanti organici di interesse.

Saranno sottoposti al trattamento SVE on site per il raggiungimento delle CSR sito specifiche i terreni insaturi (e la parte dei riporti equiparabile ai terreni a valle della vagliatura) che avranno le seguenti caratteristiche chimiche:

- Valori <100 volte le CSR sito specifiche per i parametri organici;
- Rispetto delle CSR per i parametri inorganici.



Figura 28: Ubicazione sondaggi con evidenziazione superamenti

Le aree maggiormente impattate da sostanze organiche sono ubicate nella zona orientale del sito. Tuttavia sono presenti superamenti anche in altre aree. Da quanto si evince dalla documentazione di gara in fase di caratterizzazione ambientale, su n° 28 sondaggi eseguiti, n° 13 hanno presentato superamenti delle CSC per suoli ad uso residenziale mentre n° 4 hanno mostrato eccedenze per suoli ad uso commerciale.

I terreni insaturi si estendono da piano campagna fino ad una profondità massima di 1,5-2,0 m in quanto la soggiacenza della tavola d'acqua superficiale si attesta a tale quota. Nel primo metro di sottosuolo sono presenti riporti che dovranno essere vagliati prima della conferma della loro possibilità di trattamento.

I quantitativi di materiale/terreno che verranno rimossi e potranno essere oggetto di trattamento saranno in funzione delle verifiche analitiche. Da quanto riportato nel Progetto operativo di bonifica indicativamente i volumi di terreno che saranno rimossi sono:

- Aree di intervento con superamenti limiti di riferimento – terreni: 10.200 m³
- Aree di intervento con superamenti limiti di riferimento – riporti: 2.850 m³

Naturalmente durante gli interventi di scavo per la rimozione delle strutture interrato e/o altri scavi si potranno produrre ulteriori volumi di terreno che sulla base delle loro caratteristiche analitiche potranno essere oggetto di trattamento mediante SVE on site per il loro riutilizzo.

Nella Tabella sottostante vengono riportate le CSR sito specifiche da raggiungere per la bonifica dei terreni insaturi.

Parametro	CSR	CSR	CSR
	Settore Nord	Settore SE	Settore SW
	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Mercurio	4.81E-01	4.81E-01	4.81E-01
Benzene	2.42E-01	6.01E-01	6.01E-01
Etilbenzene	3.62E+00	2.27E+00	2.27E+00
Toluene	5.16E+00	3.54E+00	3.54E+00
Xilene	9.54E+00	6.20E+00	6.20E+00
Triclorometano	7.66E-02	2.17E-01	2.17E-01
Tricloroetilene	1.05E+00	1.02E+00	1.02E+00
Tetracloroetilene	3.05E-01	2.50E-01	2.50E-01
1,1 - Dicloroetano	1.96E+00	6.64E-01	6.64E-01
1,2 - Dicloroetilene	4.50E-01	2.79E-01	2.79E-01
Monoclorobenzene	2.30E+00	2.39E+00	2.39E+00
1,4 (p) Diclorobenzene	7.93E-01	7.93E-01	7.93E-01
Anilina	3.19E-01	3.19E-01	3.19E-01
DDT	6.64E+00	6.64E+00	6.64E+00
PCB	1.75E-01	1.75E-01	1.75E-01
Benzo(a)pirene	2.56E+00	2.56E+00	2.56E+00
Indeno(1,2,3,c,d)Pirene	7.92E+01	7.92E+01	7.92E+01
Benzo(g,h,i)Perilene	1.13E+02	1.13E+02	1.13E+02
4 Metiltiobenzaldeide	5.18E-01	5.18E-01	5.18E-01
Idrocarburi leggeri	1.05E+01	1.05E+01	1.05E+01
Idrocarburi pesanti	1.86E+02	1.86E+02	1.86E+02

Tabella 11: Obiettivi di bonifica terreni insaturi

Lo scopo dell'intervento di bonifica SVE on site è quindi di trattare tutti i terreni contaminati da sostanze organiche con concentrazioni INFERIORI a 100 volte le CSR determinate. I terreni così bonificati che avranno concentrazioni inferiori alle CSR potranno essere riutilizzati in sito.

7.5.2 Verifica del dimensionamento progettuale a base di gara

La verifica del dimensionamento progettuale degli interventi di SVE on site è stata effettuata sulla base di quanto emerso dal test pilota eseguito e descritto nel documento "progetto definitivo di bonifica – esecuzione delle prove pilota".

Il test pilota è consistito nel trattamento di n° 2 cumuli di terreno provenienti dalle aree più contaminate:

- Circa 15 m³ di terreno proveniente dal focolaio presente nel settore Sud-Ovest;
- Circa 15 m³ di terreno proveniente dal focolaio presente nel settore Nord-Est.

I terreni rimossi, una volta drenati dall'acqua in essi contenuti, sono stati posizionati in n. 2 vasche di dimensioni pari a 4 x 3 metri ciascuna e attrezzate con una rete di tubazioni forate. Ogni vasca ha ospitato n. 3 tubazioni forate da 2", immerse in uno strato di ghiaia allo scopo di impedire un contatto diretto col terreno fine soprastante che avrebbe reso inefficace l'estrazione di vapore. Le tubazioni sono state allacciate ad un unico condotto terminale a sua volta collegato ad una soffiante con portata di circa 200 Nm³/h ed un vuoto di circa di 200 mbar, in grado di creare una depressione sufficiente ad estrarre i gas interstiziali presenti nel terreno. A sua volta la soffiante è stata collegata ad una batteria di n. 4 filtri contenenti carbone attivo, con volume di circa 380 l/cad, per l'adsorbimento dei contaminanti estratti. I cumuli di terreno (di altezza massima pari a 2 metri), una volta costituiti, sono stati ricoperti da teli di polietilene.

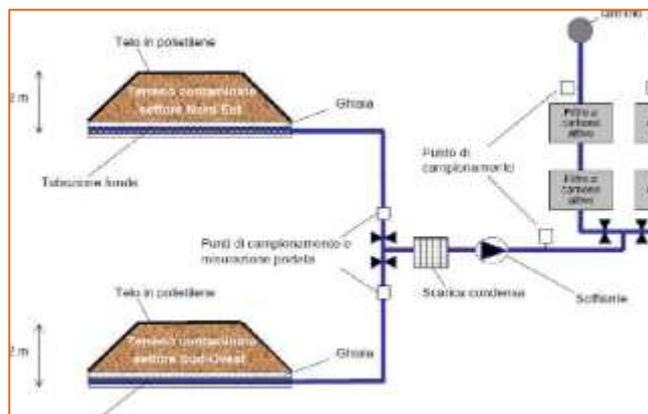


Figura 29: Verifica dimensionamento interventi di SVE on site

Il test ha avuto una durata di 3 mesi. Al termine del test sono emerse le seguenti considerazioni:

- L'abbattimento delle concentrazioni di sostanze organiche ha permesso di raggiungere concentrazioni inferiori alle CSR;
- Il quantitativo di estrazione è stato di 16 kg per il MCB, 7,5 kg per il TCM e 0,8 kg per i BTEX;
- E' stato necessario movimentare il terreno da trattare durante l'intervento.

Sulla base di quanto verificato nel test pilota l'intervento è stato proposto su una dimensione "full scale" con le seguenti caratteristiche generali:

- L'area di trattamento è posta nell'edificio L posto ad Ovest del sito che avrà una superficie sfruttabile di 1.500 m²;

- I terreni da trattare verranno disposti, inizialmente, in n° 2 cumuli da 250 m³ di altezza di 1 m contenuti in vasche in CLS;
- I terreni verranno coperti da un telo in polietilene (LDPE);
- Le tubazioni di aspirazione vapori dai cumuli saranno n° 9 per cumulo (HDPE da 2") connesse con n° 2 aspiratori centrifughi a canali laterali da 750 m³/h di portata ciascuno (150 mbar di depressione);
- Le tubazioni saranno immerse in uno strato di ghiaia e protette da un telo TNT;
- Il sistema di trattamento sarà costituito da n° 4 filtri a carboni attivi del volume di 1.500 l ciascuno (circa 800-850 kg di carboni attivi ciascuno).

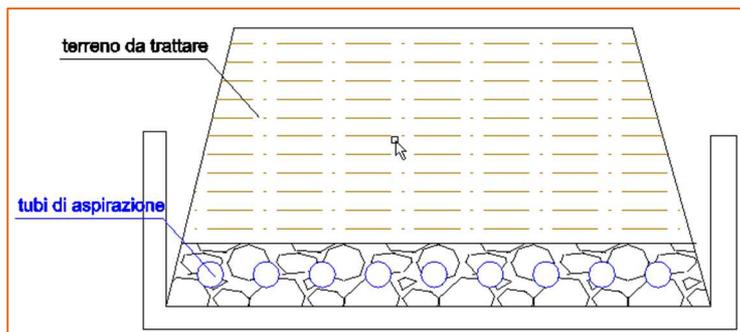


Figura 30: Schema intervento SVE "full scale"

Sulla base di quanto sopra si è ricostruito l'andamento dell'intervento di bonifica che si prevede. Di seguito si presentano quindi i vari stadi di intervento:

- Preparazione cumulo con allestimento vasche, tubazioni, raccordi, macchine e sistemi di trattamento;
- Attivazione dell'aspirazione con recupero dei contaminanti;
- Movimentazione cumulo dopo una settimana dall'avvio del trattamento;
- Riattivazione trattamento per un'ulteriore settimana;
- Verifica qualità dei terreni mediante campionamento interno (collaudo interno).

Sulla base di quanto riportato ed ottenuto durante la fase di test pilota si può supporre l'andamento delle concentrazioni dei contaminanti nei terreni (mg/kg). La figura sotto riportata presenta un trend teorico dei contaminanti nei terreni sottoposti a trattamento.

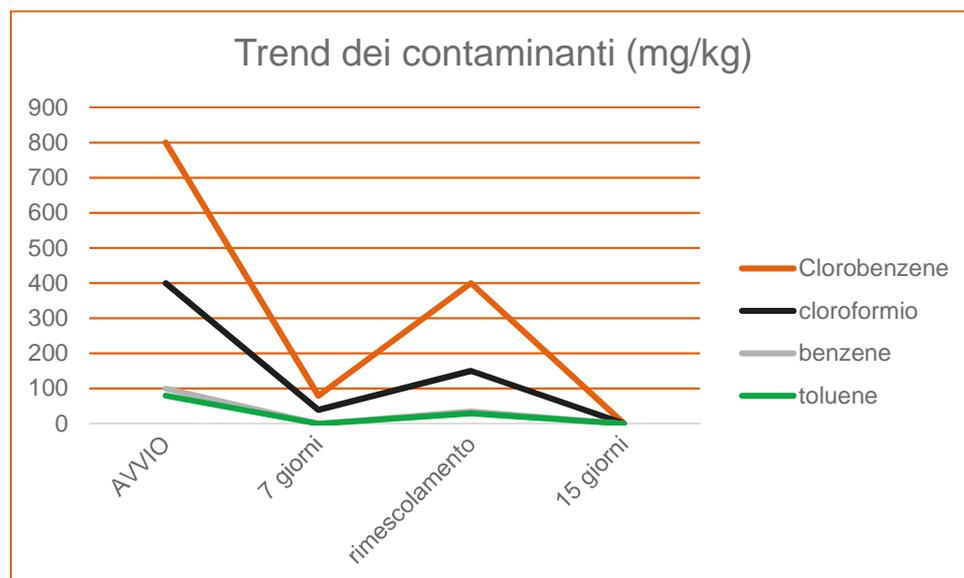


Grafico 2: Trend teorico dei contaminanti

7.5.3 Descrizione impianto SVE on site

L'impianto, parzialmente già descritto al precedente paragrafo, sarà così costituito:

- 2 vasche costituite da cordolo perimetrale in calcestruzzo, dimensioni pari a metri 18.5 (lunghezza) x 14 (larghezza) x 0,4 (altezza) x 0,2 (spessore);

- 2 gruppi di tubazioni per aspirazione vapori (uno per ogni vasca) costituiti ciascuno da n. 9 tubazioni fessurate in HDPE 2" - lunghezza 18.5 m/cad -, collegate ad un collettore principale in HDPE 4";
- Strato di ghiaia di spessore pari a circa 30 cm atto ad ospitare le tubazioni di cui al punto precedente;
- Telo TNT a protezione dello strato di ghiaia dall'intasamento;
- n. 2 Aspiratori centrifughi del tipo "a canale laterale" in grado di estrarre ciascuno una portata fino a 750 Nm³/h alla pressione relativa di -150 mbar;
- n.1 gruppo di trattamento vapori, costituito da n. 4 filtri a carbone attivo di volume pari a 1.500 l/cad per l'abbattimento dei composti organici volatili. I filtri a carbone saranno dimensionati in accordo alle specifiche tecniche riportate nel D.G.R. Lombardia 30 maggio 2012-n.IX/3552;
- n. 2 separatori di condensa con sistema di estrazione dei liquidi di condensa;
- n. 1 sistema di misura indiretta in continuo della concentrazione dei contaminanti estratti;
- Telo in polietilene (LDPE) a copertura dei cumuli;
- Sistema di telecontrollo/PLC.

7.5.4 Impianto di aspirazione e trattamento aria ambiente

Poiché l'intervento di trattamento dei terreni insaturi verrà eseguito in area chiusa (edificio L), si prevede di installare un sistema di recupero vapori/sostanze contaminanti volatili che si potrebbero creare durante le operazioni di movimentazione dei cumuli. Il sistema dovrà essere così realizzato:

- N.1 condotta longitudinale costituita da tubazione in ferro zincato – lunghezza 40 metri circa, diametro 400mm da ancorare al soffitto, con griglie di aspirazione ogni 5 metri;
- N.1 condotta verticale, da ancorare al muro perimetrale interno dell'edificio, per il collegamento con l'impianto di aspirazione, costituita da tubazione in ferro zincato – lunghezza 20 metri circa, diametro 400mm;
- N. 1 aspiratore aria ambiente del tipo "centrifugo" in grado di estrarre una portata di aria fino a 17.600 Nm³/h e di consentire un gradiente negativo di pressione nell'edificio rispetto all'esterno, anche durante l'apertura degli accessi;
- N.1 gruppo di trattamento aria ambiente costituito da n. 6 celle in fibra acrilica per la prefiltrazione delle polveri, n. 6 filtri a tasche per l'abbattimento delle polveri, n. 3 filtri a carbone attivo di volume pari a 3.000 l/cad per l'abbattimento dei composti organici volatili. I filtri a carbone dovranno essere dimensionati in accordo alle specifiche tecniche riportate nel D.G.R. Lombardia 30 maggio 2012-n.IX/3552;
- Sistema di telecontrollo/PLC.

La quantità di contaminanti aerodispersi aspirati dal sistema sarà pari a ca. 0,11 kg/h. La presenza di quasi 5.000 kg di carbone attivo (con rendimento del 10%) permette di ritenere un tempo di esaurimento minimo di 180 giorni. Si deve tuttavia considerare che i valori di contaminanti più elevati saranno presenti durante le attività di movimentazione dei cumuli. Le verifiche dirette con il prelievo dei campioni di gas in aspirazione ed in uscita dal sistema di trattamento permetterà di verificare l'esaurimento o meno dei carboni attivi.

7.5.5 Impianto di trattamento vapori interstiziali

L'impianto di trattamento vapori (bonifica terreni insaturi) risulta costituito da n° 4 filtri da 1,5 m³ ciascuno con una carica di carbone attivo per aria di 800-850 kg ciascuno per un totale di 3700-3800 kg. I filtri a carboni attivi sono stati dimensionati sulla base del test pilota eseguito e sui quantitativi di massa contaminante prevista in ingresso.

Poiché si prevede una quantità di massa di contaminante in ingresso pari a 1,4 kg/h e considerando 3730 kg di carboni attivi con una percentuale di rendimento pari al 10%

(373 kg), i carboni attivi avranno una durata minima di 10/11 giorni. Si deve tuttavia considerare che i valori di contaminanti più elevati saranno presenti nei primi giorni di trattamento del cumulo per poi diminuire progressivamente. Le verifiche dirette con il prelievo dei campioni di gas in aspirazione ed in uscita dal sistema di trattamento permetterà di verificare l'esaurimento o meno dei carboni attivi.

7.5.6 Alimentazione elettrica e telecontrollo

L'impianto avrà un Quadro elettrico generale per il comando e la protezione delle apparecchiature previste. Nel quadro saranno installati:

- Magnetotermico e/o fusibili;
- Teleruttore con bobina di comando a bassa tensione;
- Selettore man-0-aut;
- Lampade segnalazione marcia e blocco termico.

Il cablaggio del quadro inoltre comprenderà:

- Circuito di comando delle apparecchiature a b.t.;
- Circuito di potenza per l'alimentazione delle apparecchiature;
- Interruttore generale magnetotermico regolabile, per la protezione ed il sezionamento di tutte le utenze, del tipo "blocca-porta";
- Alimentatori ridondanti di sicurezza e d'isolamento, per l'alimentazione dei circuiti di bassa tensione;
- Segnali d'allarme (es. alto livello, blocco termico, ecc.).
- Morsettiere di collegamento al campo del tipo su guida DIN con sezione dei singoli morsetti dimensionata in funzione del carico.



Figura 31: Quadro elettrico di controllo

Il sistema prevede un funzionamento in continuo (24/24 h) con gestione completamente automatica non presieduta. L'impianto elettromeccanico sarà realizzato in modo da consentire l'automazione dell'intero impianto nelle tre modalità standard: arresto, automatico e manuale.

Il quadro elettrico porterà montate le seguenti apparecchiature principali:

- Interruttore automatico differenziale generale di linea dimensionato in funzione della potenza installata;
- Interruttore automatico differenziale di alimentazione quadro elettrico di comando;
- Interruttori automatici di protezione per eventuali strumenti installati in zona sicura;
- Interruttore automatico differenziale per ogni gruppo di armature;
- Trasformatore di isolamento per i circuiti ausiliari in bassa tensione;
- Morsettiere di collegamento al campo del tipo su guida DIN con sezione dei singoli morsetti dimensionata in funzione del carico;
- Canaline, cavi ed accessori di cablaggio.

Sarà possibile visualizzare tramite un sinottico il funzionamento dell'impianto analizzando in tempo reale tutti i parametri di funzionamento. Il sinottico generale sarà poi suddiviso, su diverse pagine, in differenti sezioni di processo dove sarà possibile visualizzare e modificare le soglie di intervento di tutti gli allarmi dell'impianto. Sulla visualizzazione dello stato dei motori sarà possibile intervenire ed avviare le macchine in automatico ed in manuale.

Alcune delle principali funzioni svolte dal PLC sono:

- Acquisizione dei segnali dalla strumentazione di campo, e conversione di tali segnali in differenti range di misura;
- Gestione di allarmi di processo;
- Gestione di un contatore di funzionamento (azzerabile) per ciascun motore;
- Gestione di un totalizzatore (azzerabile) per ciascuna misura di portata;

- Gestione dell'archiviazione dei valori acquisiti nella memoria PLC;
- Attivazione di condizioni di messa in sicurezza dell'impianto come reazione a determinate cause di allarme.

Tutti gli allarmi potranno essere inviati in tempo reale, attraverso il modem GSM predisposto, a tutti gli operatori addetti al controllo del funzionamento di tale sistema. Il pannello operatore sarà in grado di svolgere le seguenti funzioni:

- Visualizzazione grafica schematica dell'impianto;
- Impostazione di parametri di funzionamento;
- Emissione delle segnalazioni di allarme diagnosticate dal software PLC;
- Gestione di un archivio delle segnalazioni di allarme.

7.5.7 Start up degli impianti

L'impianto verrà considerato pronto per la messa in marcia quando tutti i materiali ed i lavori di costruzione saranno completati correttamente, secondo la "buona tecnica".

Prima di procedere all'avvio dell'impianto saranno effettuate le seguenti verifiche e controlli:

- Verifica taratura differenziale;
- Verifica taratura messa a terra;
- Verifica taratura magneto termici motori;
- Verifica linee di processo in conformità al pi&d;
- Controllo collegamenti elettro strumentali;
- Libera rotazione degli alberi motore;
- Senso di rotazione;
- Flussaggio delle linee per eliminare eventuali materiali presenti;
- Calibrazione e allineamento degli strumenti installati (per quanto possibili);
- Verifica posizione valvole;
- Prove pulsanti di emergenza;
- Prove ed intervento allarmi;
- Prove di avvio e fermata;
- Prova di mancanza tensione.

Durante la fase di messa in marcia saranno inoltre eseguite le seguenti prove:

- Taratura strumenti e valvole di controllo/ON-OFF;
- Controllo resistenza isolamento cavi;
- Controllo collegamenti e prove di continuità (Electrical test);
- Prova idraulica strumentazione delle connessioni di processo e pneumatiche;
- Prove funzionali e allineamento loops.

In relazione al sistema di gestione della qualità verranno forniti la seguente documentazione:

- Manuale in triplice copia di cui due cartacee e una copia in formato informatico;
- Dichiarazione di conformità ai sensi della direttiva "macchine";
- Dichiarazione di conformità dell'impianto elettrico;
- Dichiarazione di conformità della messa a terra.

Il collaudo si riterrà concluso quando il sistema funzionerà ininterrottamente in modalità "automatico" per 2 giorni (48/h).

7.5.8 Esercizio degli impianti

Per garantire un ottimale andamento dell'intervento di trattamento terreni, esso sarà accompagnato da un intenso programma di monitoraggio e controllo nonché da accurate procedure di manutenzione ordinaria e straordinaria. Tutte le procedure di monitoraggio e manutenzione saranno riportati in appositi manuali di cantiere con dettagliate istruzioni per il personale operativo. Le attività di monitoraggio e manutenzione saranno registrate e documentate mediante apposita modulistica che potrà garantire di risalire agli autori degli interventi ed alle specifiche condizioni in cui sono stati effettuati.

La presenza di un sistema di PLC/telecontrollo permetterà di verificare il funzionamento in diretta del sistema e permettere le variazioni di esercizio concesse dalla tipologia di PLC installato.

7.5.8.1 Monitoraggio

Il monitoraggio dell'intervento SVE ON SITE verrà effettuato mediante regolari campagne di misurazioni e prelievi in sito e confronto dell'andamento con grafici numerici.

In particolare si prevede di eseguire i seguenti monitoraggi:

- Misura in continuo dei contaminanti estratti dai cumuli mediante detector PID;
- Campionamento ed analisi di campioni di terreno all'avvio del trattamento (tempo 0) e dopo 2 settimane (una settimana successiva al rimescolamento) e comunque al termine del periodo previsto per la verifica del rispetto delle CSR;
- Prelievo ed analisi, indicativamente a cadenza settimanale, di campioni di gas estratti dai terreni in trattamento ed allo scarico (immissione in atmosfera).

Sulla base degli esiti di tali monitoraggi si potrà:

- Verificare l'andamento degli interventi;
- Verificare il rispetto delle CSR dei terreni al termine del trattamento;
- Verificare la massa di contaminante estratta;
- Verificare l'esaurimento dei carboni attivi del sistema di trattamento e provvedere alla loro sostituzione.

Quanto sopra permetterà in sostanza di valutare in maniera quantitativa il progresso dell'intervento ed avere una continua proiezione dell'ulteriore andamento nel futuro avendo così la possibilità di intervenire ed ottimizzare gli interventi, ad es. aumentando i quantitativi di terreno da trattare per volta e le dimensioni dei cumuli.

A cadenza mensile verrà redatto un sintetico rapporto intermedio nel quale verranno illustrati e discussi i seguenti punti:

- Andamento delle concentrazioni di inquinanti estratti;
- Analisi e commento di eventuali anomalie;
- Analisi e commento dei tassi di estrazione di inquinanti;
- Bilancio cumulativo delle quantità estratte;
- Proposte di variazione / ottimizzazione da sottoporre alla D.L.

Il monitoraggio interesserà anche i sistemi di aspirazione e trattamento di aria ambiente con le seguenti verifiche:

- Misura in continuo dei contaminanti presenti nell'aria ambiente aspirata mediante sonda PID;
- Prelievo ed analisi, indicativamente a cadenza bisettimanale/mensile, di campioni di gas aspirati dal sistema e di quelli immessi in atmosfera.

7.5.8.2 Manutenzione

L'attività di manutenzione ordinaria avrà una cadenza molto serrata (anche settimanale) e sarà concentrata su tutti i componenti degli impianti SVE. Ogni intervento di manutenzione comprenderà un controllo del regolare funzionamento di tutte le componenti. Tutte le macchine verranno ispezionate attentamente e se necessario momentaneamente disattivate per la loro pulizia e controllo.

7.5.8.3 Gestione rifiuti derivanti da intervento SVE

I rifiuti prodotti dalla gestione dell'impianto sono principalmente carboni attivi per trattamento fumi esauriti (codice cer 19 01 10*). Si rimanda al produttore l'obbligo di omologa del rifiuto per il successivo conferimento a rigenerazione.

7.5.9 Collaudo degli interventi

Il collaudo dei lotti/cumuli di terreno trattati on site verrà effettuato secondo le modalità riportate al capitolo 9.3 del POB. Prima del collaudo finale di ogni lotto/cumulo si eseguiranno in accordo con la Direzione lavori propri controlli interni finalizzati a verificare che vi siano i presupposti affinché il collaudo abbia esito positivo. Al verificarsi di tali presupposti l'Appaltatore provvederà a darne comunicazione alla Direzione lavori, la quale comunicherà al Collaudatore la possibilità di avviare le procedure di collaudo previste. Il cumulo si considererà collaudato qualora i risultati delle analisi eseguite evidenzino concentrazioni dei contaminanti inferiori ai valori che consentano il riutilizzo del terreno in qualsiasi parte del sito.

Il collaudo verrà eseguito in rispetto ed in conformità a quanto previsto dalla D.G.R. 2922 del 3/10/2003 della Regione Veneto relativamente alle modalità di campionamento dei cumuli.

7.6 Tracciabilità materiali

Per la completa tracciabilità dei materiali demoliti/asportati/scavati dal sito ex industriale di via dei Cappuccini verrà utilizzato il sistema già ampiamente in uso presso l'impianto di trattamento rifiuti di Rem-Tec Srl (componente del RTI). Ad ogni materiale scavato all'interno di un lotto e di caratteristiche fisiche omogenee verrà assegnato un codice identificativo univoco progressivo (ad es. T5-SOIL-1, dove T5 indica il lotto di provenienza, SOIL la matrice prevalente e 1 il numero progressivo di questo lotto e tipologia). Tutti i cumuli e tutti box in ogni fase saranno etichettati con la denominazione a loro assegnata con cartelli chiari, di dimensioni adeguate e posti in posizione ben visibile.

Dopo le verifiche analitiche un materiale non idoneo ai trattamenti on-site sarà avviato allo smaltimento esterno conservando la denominazione del deposito.

Un materiale idoneo al trattamento on site, conferito all'interno dell'area di trattamento e sottoposto a vagliatura, darà come risultato 2 o tre frazioni aventi la seguente denominazione:

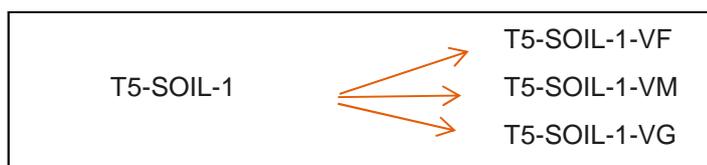


Figura 32: Denominazione frazioni vagliato

Dove:

VF = vagliato fino

VM = vagliato medio

VG = vagliato grossolano

Un materiale sottoposto a frantumazione sarà invece accompagnato dalla denominazione FRAN.

Ad esempio il materiale proveniente dal Lotto T6 con matrice riporto sottoposto a vagliatura di cui la frazione grossolana frantumata ai fini del recupero avrà denominazione:

T6-RIP-1-VG-FRAN

Materiali con caratteristiche analoghe che per esigenze di lavorazione (raggiungimento di un quantitativo minimo) dovessero essere accorpati riceveranno un nuovo codice identificativo progressivo con la sigla ACC (Accorpamento). Ad esempio due distinti vagliati grossolani idonei entrambi al recupero ed analoghi per caratteristiche fisiche che per praticità vengono accorpati prima della frantumazione diventeranno un unico materiale con la denominazione:

ACC-1-FRAN

In cantiere sarà cura del responsabile di commessa per la parte scavi e trattamenti meccanici mantenere quotidianamente aggiornato un registro dove verranno tracciati tutti i materiali generati, lavorati e in lavorazione. Il registro sarà costituito da un elenco di codici identificativi univoci accompagnati da tutte le informazioni che li contraddistinguono (quantità, analisi, destino, caratteristiche, etc.). Oltre a questo registro verranno tenuti i seguenti documenti:

- Giornale di cantiere;
- Planimetria degli stoccaggi;
- Planimetria degli scavi e rinterri.

Questi documenti in forma cartacea saranno disponibili in cantiere mentre in forma digitale saranno conservati su server ftp messo a disposizione del Committente, della Direzione lavori e degli Enti competenti insieme a tutti gli altri documenti che compongono il Piano di controllo della qualità.

7.7 Collaudo scavi

Conformemente a quanto previsto dal POB approvato, il collaudo finale delle pareti sarà fatto in contraddittorio tra il Collaudatore e gli Enti di controllo e secondo quanto previsto dalla DGR 2922 del 3/10/2003 della Regione Veneto. Per il collaudo di fondo scavo invece, visto che lo scavo interessa il terreno insaturo fino ad intercettare l'interfaccia con i terreni saturi, o il conseguimento di tale superficie rappresenta il raggiungimento degli obiettivi di bonifica per quel che riguarda i terreni insaturi pertanto non vi sarà una verifica analitica di fondo scavo.

Nel caso in cui il collaudo di parete rilevi la non conformità alle CSR lo scavo sarà esteso e ripetuto il collaudo in corrispondenza della nuova parete di confine del lotto.

Collaudo lotti T8 e T9

Per quanto riguarda i lotti che comprendono aree in cui sono presenti gli edifici D, F e L (lotti T8 e T9), al fine di evitare la loro demolizione durante le fasi di bonifica, considerato che trattasi di edifici utilizzati in passato per attività non produttive, sarà eseguita una distinta modalità di collaudo, di seguito descritta:

- Durante lo scavo dei lotti confinanti (T4 e T5) si procederà al collaudo della parete dello scavo adiacente all'edificio (vedi paragrafo precedente);
- Esecuzione di n. 1 sondaggio a carotaggio nel lotto T8 e n.2 sondaggi a carotaggio nel lotto T9, spinti fino ad intercettare il suolo saturo;
- Prelievo n. 2 campioni di terreno per sondaggio, in corrispondenza del primo e del secondo metro di suolo insaturo;

Il protocollo analitico includerà tutti i parametri per i quali è stata calcolata la CSR.

7.8 Riempimento aree di scavo

Il riempimento delle aree di scavo avverrà a seguito di collaudo positivo di ciascun lotto secondo le procedure previste nel paragrafo precedente. In virtù delle modalità di collaudo previste, dopo aver completato l'asportazione dei materiali insaturi si provvederà immediatamente alla copertura delle aree di scavo con uno strato di 20 cm di materiale fine costituito da torba o in alternativa da terreno nel rispetto delle colonne individuate dalle diverse destinazioni d'uso delle sito. Il rinterro del volume restante fino alle quote di progetto per la restituzione dell'area sarà effettuato con terreni conformi alle colonne A e B del D.Lgs. 152/06 a seconda dell'area interessata e dunque della specifica destinazione d'uso e con materiali da demolizione conformi al riutilizzo.

Il riempimento in caso di necessità, sarà completato con terreni di provenienza esterna fino alle quote necessarie per la sistemazione finale dell'area.

8 BONIFICA DEL SUOLO SATURO NELLE AREE DI SORGENTE

8.1 Scopo

Scopo dell'intervento è di ridurre le concentrazioni di inquinanti nelle acque superficiali delle due aree di sorgente (area NE ed area SO) entro le rispettive CSR definite con analisi di rischio.

Le due aree di sorgente sono confinate da palancole messe in opera rispettivamente nel 2003 nell'area NE e nel 2007 nell'area SO.

Le principali caratteristiche delle due aree di sorgente in base alle informazioni contenute nel POB sono le seguenti:

Area NE	Valori
Profondità palancole	10 m da p.c.
Superficie	1437 m ²
Strato contaminato	da 3 a 7 m da p.c.
Concentrazioni massime terreni	31.000 mg/kg MCB; 45 mg/kg BTEX. Probabile presenza di NAPL
Massa di terreno da trattare	5700 m ³ (10.000 tons)
Litologia	Argilla e limo sabbioso

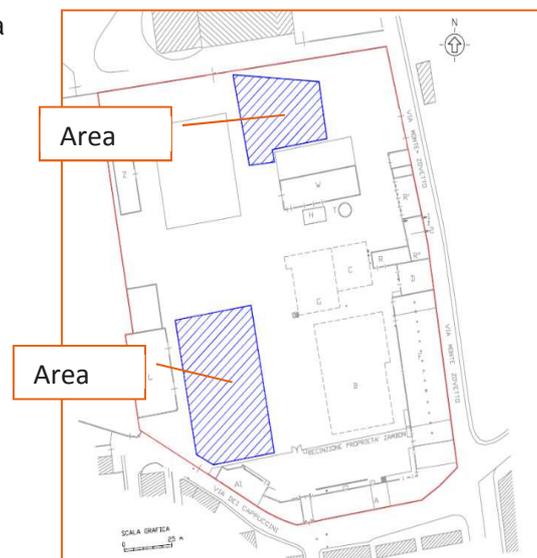


Figura 33: Tipologia di elettrodo

Area SO	Valori
Profondità palancole	17 m da p.c.
Superficie	2830 m ²
Strato contaminato	da 2 a 8,5 m da p.c. nella parte settentrionale e da 2 a 15 m nella parte meridionale
Concentrazioni massime terreni	2900 mg/kg MCB; 5.100 mg/kg TCM; 310 mg/kg BTEX. Probabile presenza di NAPL
Massa di terreno da trattare	21.400 m ³ (37.500 tons)
Litologia	Argilla e limo sabbioso. Nella parte meridionale sabbia da 7 a 15 m da p.c.

Indagini di approfondimento effettuate nel 2013 – 2014, e quindi a seguito del POB, hanno permesso di affinare il quadro di contaminazione e l'estensione delle aree d'intervento nelle due aree di sorgente. Le due aree sono state suddivise in rispettivamente 4 subaree da 359 m² cadauna nell'area NE e 8 subaree da 354 m² cadauna nell'area SO. Al centro di ogni subarea è stato effettuato un sondaggio a carotaggio che è stato considerato rappresentativo di tutta la subarea. Inoltre è stato effettuato un dettagliato rilevamento topografico nelle due aree.

I principali aggiornamenti derivanti dalle indagini integrative sono le seguenti:

Area NE:

- Quota p.c.: 36,3 – 36,6 m s.l.m.
- Quota piano di bonifica: 34,5 m s.l.m.
- Volume di materiale di riempimento necessario per raggiungere il piano di bonifica: 410 m³
- Strato contaminato: da 33,5 / 34,5 a 29,5 / 30,5 m s.l.m.
- Concentrazioni massime terreni: 8.300 mg/kg MCB;
- Massa di terreno da trattare: 6.103 m³
- Litologia: argilla e limo sabbioso

Area SO:

- Quota p.c.: 36 m s.l.m.
- Quota piano di bonifica: 35,0 m s.l.m.
- Volume di materiale da asportare per raggiungere il piano di bonifica: 1.285 m³
- Presenza di ca. 32 tons di materiale infiammabile da asportare e smaltire
- Strato contaminato:
 - Subaree settentrionali (75% della superficie): da 35 / 32 a 27 / 29 m s.l.m.
 - Subaree meridionali (25% della superficie): da 34 a 20 / 21 m s.l.m.
- Concentrazioni massime terreni: 6.500 mg/kg MCB; 560 mg/kg TCM
- Massa di terreno da trattare: 20.886 m³
- Litologia: argilla e limo sabbioso. Nella parte meridionale sabbia da 7 a 15 m da p.c

Nella subarea sudorientale (sondaggio S2) non è stato possibile prelevare campioni di terreno nello strato sabbioso tra 22 e 24 m s.l.m. La contaminazione di tale livello è stata assunta per omologia stratigrafica / qualitativa con il sondaggio S1 attiguo.

8.1.1 Caratteristiche della contaminazione nelle due aree di sorgente

Nella tabella successiva vengono confrontate le concentrazioni massime nei terreni rilevate in entrambe le aree durante le indagini di approfondimento del 2013 con gli obiettivi di bonifica dell'intervento ISTT.

Composto	Obiettivo di bonifica ISTT (mg/kg)	Concentrazione massima durante le indagini di approfondimento 2013 (mg/kg)
Benzene	1,47	10
Ethilbenzene	3,58	-
Toluene	8,8	854
Xilene	17,5	-
Trichorometano (cloroformio)	0,43	560
Tricloroetene	2,28	1,6
Tetracloroetene	0,6	0,42
1,2 Dichloropropano	0,33	0,1
Monocloroetene (cloruro di vinile)	0,11	0,01
Monoclorobenzene	17,9	6500
1,2(o)Diclorobenzene	13,9	2,03
1,4(p)Diclorobenzene	2,82	14,1
Hexaclorobenzene	24,5	<0,025
Anilina	5,41	0,18
p-toluidine	1,16	<0,03
TPH C>12	36,6	530

Tabella 12: Confronto delle concentrazioni massime con gli obiettivi di bonifica

8.1.2 Assetto litostratigrafico

Dalle 12 perforazioni a carotaggio continuo (S1 – S12) effettuate nelle due aree di sorgente durante le indagini di approfondimento nel 2013 si evince la seguente situazione litostratigrafica:

AREA NE		AREA SO			
		Nord (S3 – S8)		Sud (S1, S2)	
Prof [m p.c.]	Litologia	Prof [m p.c.]	Litologia	Prof [m p.c.]	Litologia
0 – 1	Riporto, limo	0 – 2	Riporto, limo, argilla	0 – 2	Riporto, limo, argilla
1 - 7	Alternanze di argilla, limo, sabbie fini e medie	2 - 7	Alternanze di argilla, limo, sabbie fini e medie	2 - 7	Alternanze di argilla, limo, sabbie fini e medie
		7 - 15	Argilla	7 - 10	Argilla
				10 - 14	Sabbia media e fine
				> 14	Argilla

Tabella 13: Litostratigrafia dell'area

L'alternanza di strati a permeabilità elevata e bassa ha conseguenze per la strategia di estrazione. I livelli più permeabili, sorretti da strati poco permeabili contengono normalmente la maggiore concentrazione di DNAPL. Se questi orizzonti permeabili sono coperti da strati a bassa permeabilità, questi costituiscono una barriera per il vapore e i gas interstiziali di diffondere verso la superficie. Il sistema di estrazione deve quindi interessare tutti i livelli litostratigrafici permeabili. Per questo motivo verranno messi in opera pozzetti di estrazione verticali.

In una serie di campioni prelevati dai sondaggi S1 - S12 sono stati determinati i residui a 105, 200 e 350 °C. Le differenze tra i vari residui individuati sono indicatori per il contenuto di carbonio organico. Le differenze dei residui tra 105 e 350 °C sono generalmente tra l'1 e il 5 %, con qualche valore uguale a zero e un valore uguale all'8. Il contenuto di carbonio organico è quindi in genere compreso tra 0 e 3%. Il contenuto di carbonio organico ha un effetto diretto sul ISTT in quanto elevati contenuti organici causano l'adsorbimento dei contaminanti anche a temperature elevate allungando quindi i tempi di trattamento necessari per il raggiungimento degli obiettivi di bonifica.

8.1.3 Approccio metodologico

Per raggiungere lo scopo sopra esposto è previsto in entrambe le aree un intervento di desorbimento termico in-situ (a seguito ISTT) in quanto questa tecnologia si è rilevata idonea al trattamento dei composti volatili (VOC) e semivolatili presenti sul sito anche in terreni poco permeabili.

Le tecnologie ISTT prevedono l'apporto di energia nel sottosuolo per incrementare la temperatura del terreno e dell'acqua interstiziale. Questo aumenta la volatilità dei VOC. Gli inquinanti, anche in fase separata (NAPL), vengono desorbiti dalla matrice del terreno. Creando vapore e VOC in fase gassosa nei micropori gli inquinanti possono essere trasportati ed allontanati dalla zona di trattamento. Un apposito sistema di estrazione garantisce una controllata migrazione degli inquinanti e il loro trasferimento all'unità di trattamento.

Nella tabella successive si riportano i punti di ebollizione dei composti che superano gli obiettivi di bonifica.

Sostanza	Punto di ebollizione [°C]	Punto di ebollizione azeotropico (in presenza di acqua) [°C]
Benzene	80	69
Toluene	110	85
Cloroformio	61	56
Monoclorobenzene	132	82
1,4 Diclorobenzene	173	98
TPH C>12	Composti non specificati; eventualmente altobollenti	

Tabella 14: Punti di ebollizione dei principali contaminanti del sito

I punti di ebollizione (PE) per benzene e cloroformio sono entrambi sotto i 100° C e quindi questi composti sono perfettamente idonei ad un desorbimento termico ad una temperatura di 100 °C. Il punto di ebollizione azeotropico del monoclorobenzene è anch'esso inferiore a 100 °C e quindi eventuale fase separata viene perfettamente rimossa a 100 °C. Lo stesso vale per il diclorobenzene in presenza di acqua.

ERH è una tecnologia di ISTT che utilizza una maglia regolare di elettrodi installati nell'area di trattamento e che raggiungono l'intera estensione verticale del sottosuolo da bonificare. Gli elettrodi inducono corrente elettrica nel sottosuolo. A seguito della resistività elettrica del sottosuolo, l'energia elettrica si trasforma in energia termica riscaldando così i terreni nell'area d'intervento.

Siccome ERH necessita la presenza di umidità nel terreno, la temperatura massima di trattamento è di ca. 100°C. Solitamente un intervento di ERH necessita l'aggiunta di acqua e talvolta anche di soluzioni conduttive (p. es. cloruro di potassio – KCl) per mantenere la conduttività elettrica necessaria. Per mantenere sotto controllo idraulico l'intervento è necessario mantenere in esercizio un sistema di estrazione dell'acqua durante il processo di riscaldamento.

I fluidi e i gas contaminati vengono estratti mediante un sistema di Multiphase Extraction (MPE) dedicato. Per evitare la fuoriuscita incontrollata di gas dal sottosuolo e per avere una impermeabilizzazione termica sommitale viene messa in opera una copertura impermeabile delle aree d'intervento.

L'intervento viene accompagnato da un intenso sistema di monitoraggio delle temperature e delle pressioni in tutta l'estensione del volume di trattamento che permette un continuo adeguamento dei parametri di processo all'andamento della bonifica.

I gas estratti verranno trattati in un impianto di abbattimento a carboni attivi con rigenerazione a vapore.

Il modello concettuale d'intervento nelle aree di sorgente è rappresentato nella figura successiva.

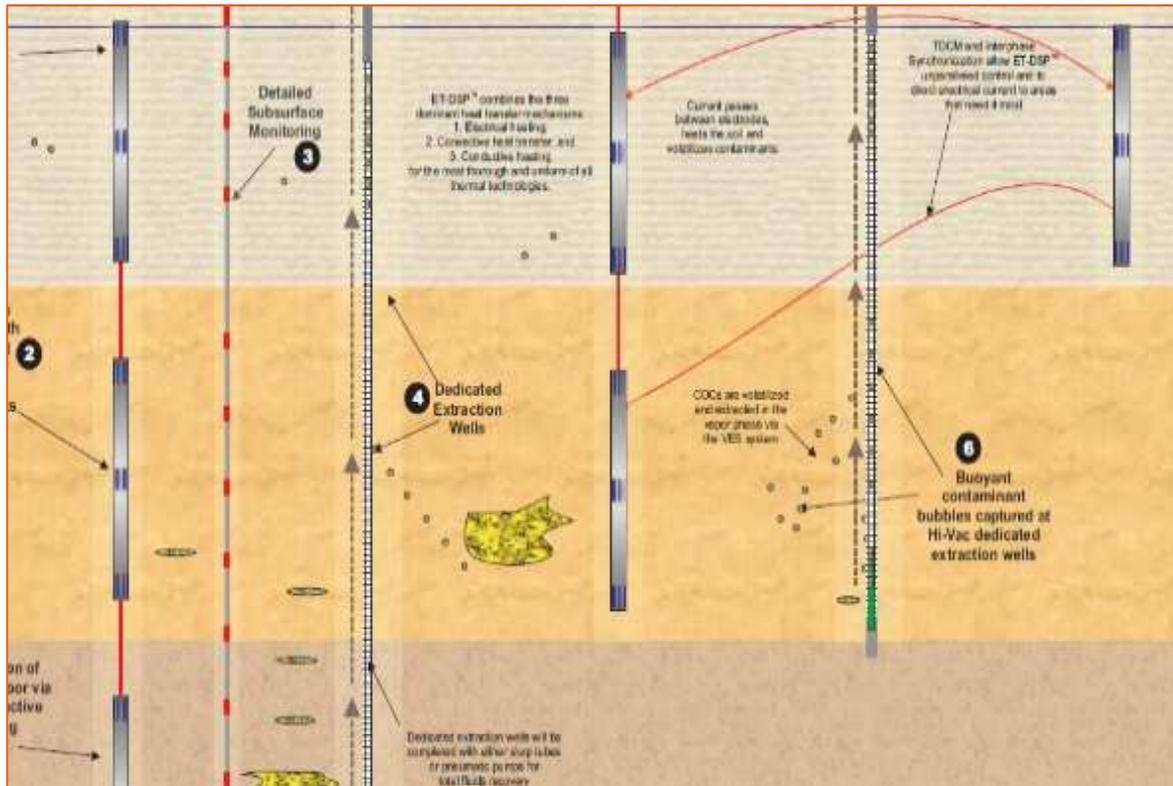


Figura 34: Modello concettuale dell'intervento ISTT nelle aree di sorgente

Considerando le limitazioni di approvvigionamento con energia elettrica del sito, è stato scelto un intervento di trattamento suddiviso in due fasi successive dalla durata di 240 giorni ciascuna. Nella Fase 1 verranno sottoposte a trattamento l'intera area NE e la parte settentrionale dell'area SO. Nella fase 2 verrà trattato il volume residuo dell'area SO.

8.1.4 Bilancio energetico

In base alle condizioni di contorno del sito e all'approccio metodologico sopra descritto, sono stati calcolati i bilanci energetici dell'intervento ISTT. Nella tabella sottostante sono riepilogati i principali quantitativi del bilancio energetico cumulativo delle due aree di sorgente, quali i quantitativi di energia di input e le perdite di energia dovute all'estrazione di vapore e alla diffusione laterale e verticale.

Bilancio Energetico	kWh
Alimentazione elettrica	8.671.909
Iniezione Energia di recupero con sistema di circolazione acqua	1.153.255
Energia rimossa con vapore	209.443
Energia rimossa con acqua	2.890.636
Perdite sommali	276.575
Perdite basali	930.299
Perdite laterali	1.277.661

Tabella 15: Bilancio energetico cumulativo delle due aree di sorgente

8.2 Progettazione intervento di desorbimento termico

Il contenuto del presente capitolo costituisce la progettazione di base dell'intervento di desorbimento termico presso le due aree oggetto di risanamento ambientale della matrice satura, previsto nel Progetto Operativo di Bonifica dei terreni e delle acque sotterranee – Fase 2 redatto dalla società Tauw

Come descritto nei paragrafi precedenti le aree d'intervento sono due:

- Area NE: avente una superficie complessiva pari a 1437 m²
- Area SO: avente una superficie complessiva pari a 2830 m²

Le apparecchiature facenti parte l'impianto andranno installate su due platee in calcestruzzo cellulare.

L'impianto di desorbimento termico consisterà essenzialmente dai seguenti elementi:

- Area d'intervento sottoposta a riscaldamento:
 - Elettrodi di riscaldamento
 - Pozzi di estrazione liquidi / vapori
 - Trincee orizzontali di aspirazione vapori
 - Pozzi di monitoraggio acqua, temperatura e pressione
 - Copertura impermeabile
- Unità di riscaldamento
- Collettori di raccolta effluenti
- Impianto di trattamento effluente liquido e gassoso

8.2.1 Ambiente d'installazione

Gli impianti in oggetto verranno realizzati in aree non classificate ai sensi della direttiva 94/09/CEE. Alcune apparecchiature e strumentazioni saranno previste in esecuzione ATEX in vista della presenza di vapori organici nei flussi d'aria.

Tutte le apparecchiature, l'insieme del piping e gli accessori ricadono nelle condizioni di esonero previste dall'Art. 3 della direttiva 97/23/CEE (normativa PED).

8.2.2 Utilities

Le utilities utilizzate dall'impianto di desorbimento termico per entrambe le aree sono le seguenti:

Descrizione	UM	Area NE	Area SO
Totale energia che verrà utilizzata	MWh	1.824	6.848
Utilizzo di gas	m ³	7.200	10.080
Richiesta acqua di rete	m ³ /h	5	5

Tabella 16: Totale energia elettrica per il riscaldamento differenziato delle due aree

8.3 Basi di progettazione impianto di riscaldamento termico

I parametri per il dimensionamento del Modulo DT sono stati dedotti secondo quanto riportato nel modello concettuale dell'Area M03, da letteratura (*EM 1110-1-4015 28 August 2009; Engineering and Design; Design: in Situ Thermal Remediation – Engineer Manual, US Army Corps of Engineers®*.)

1. Dimensioni fisiche delle Aree di trattamento

Descrizione	UM	Area NE	Area SO
Area di trattamento	m ²	1.437	2.830
Spessore medio di terreno da trattare	m	4	13
Inizio trattamento termico	m	3	2
Profondità massima di trattamento	m	7	15
Livello acque	m	1,5	2
Resistività del suolo prevista	ohm m	5-50	5-50

Tabella 17: Dimensioni fisiche delle aree di trattamento

2. Caratteristiche idrogeologiche e geologiche delle aree di intervento

Descrizione	UM	Area NE	Area SO
Volume di suolo da trattare	m ³	5.750	21.400
Porosità totale	%	35	35
Volume dei solidi	m ³	3.750	13.900
Volume dei pori	m ³	2.000	7.500
Saturazione	%	60	60
Gradiente idraulico	adim	0*	0*
Velocità delle sotterranee	m/giorno	0	0

Tabella 18: Caratteristiche idrogeologiche delle aree di intervento

*il gradiente idraulico è assunto uguale a zero in quanto le aree sono palancolate.

3. Layout sistema di pozzi

Descrizione	UM	Area NE	Area SO
Elettrodi	cad	64	112
Spaziatura tra gli elettrodi	m	6	6
Pozzi di estrazione vapori MPE	cad	38	80
Trincee orizzontali di estrazione vapori	cad	8 x 40 m	8 x 60 m
Pozzi monitoraggio temperatura	cad	10	12
Pozzi monitoraggio pressione	cad	8	10

Tabella 19: Layout sistema di pozzi

Nelle seguenti tabelle si riportano le modalità di allestimento e completamento dei pozzi:

AREA NE

Pozzi di riscaldamento Area NE

Descrizione	Valore
Diametro	10" foro 8" diametro dell'elettrodo
Posizionamento	Interasse 6 m Si veda Tavola 5
Profondità di infissione	7,0 m da p.c. comunque fino al raggiungimento delle argille sottostanti.
Materiale completamento	Ghiaietto siliceo e graffite in prossimità dell'elettrodo

Tabella 20: Completamento pozzi di riscaldamento Area NE

Pozzi di estrazione MPE - Area NE

Descrizione	Valore
Diametro	2"
Posizionamento	Sono posizionati al centro di un triangolo ai cui vertici sono installati elementi riscaldanti Si veda Tavola 5
Profondità di infissione	7,0 m da p.c.
Completamento	<ul style="list-style-type: none"> - Da 0 a 2,0 m da p.c.: tratto cieco - Da 2,0 a 7,0 m da p.c.: tratto fenestrato con slot da 0.25 mm
Materiale	Acciaio al carbonio

Tabella 21: Completamento pozzi di estrazione verticali Area NE

Pozzi di estrazione orizzontali - Area NE

Descrizione	Valore
Diametro	3"
Posizionamento	Si veda Tavola 5
Profondità di infissione	Sono posizionati a 0,30 m dal letto della copertura in calcestruzzo cellulare.
Completamento	<ul style="list-style-type: none"> - Verticale da 0 a 0,30 m da p.c.: tratto cieco - Lunghezza orizzontale 60 m
Materiale	Acciaio al carbonio

Tabella 22: Completamento pozzi di estrazione orizzontali Area NE

Pozzi di Monitoraggio – Area NE

Descrizione	Valore
Diametro	1 ½ ”
Posizionamento	Si veda Tavola 5
Profondità di infissione	7,0 m da p.c. comunque fino al raggiungimento delle argille sottostanti.
Materiale	Acciaio al carbonio

Tabella 23: Completamento pozzi di monitoraggio Area NE

AREA SO

Pozzi di Riscaldamento Area SO

Descrizione	Valore
Diametro	10” foro 8” diametro dell’elettrodo
Posizionamento	Interasse 6 m Si veda Tavola 5
Profondità di infissione	15,0 m da p.c. comunque fino al raggiungimento delle argille sottostanti.
Materiale completamento	Ghiaietto siliceo e graffite in prossimità dell’elettrodo

Tabella 24: Completamento pozzi di estrazione verticali Area SO

Pozzi di estrazione MPE - Area SO

Descrizione	Valore
Diametro	2"
Posizionamento	Sono posizionati al centro di un triangolo ai cui vertici sono installati elementi riscaldanti Si veda Tavola 5
Profondità di infissione	15,0 m da p.c.
Completamento	<ul style="list-style-type: none"> - Da 0 a 4,0 m da p.c.: tratto cieco - Da 4,0 a 15,0 m da p.c. tratto fenestrato con slot da 0.25 mm
Materiale	Acciaio al carbonio

Tabella 25: Completamento pozzi di estrazione verticali Area SO

Pozzi di estrazione orizzontali - Area SO

Descrizione	Valore
Diametro	3"
Posizionamento	Si veda Tavola 5
Profondità di infissione	Sono posizionati a 0,30 m dal letto della copertura in calcestruzzo cellulare.
Completamento	<ul style="list-style-type: none"> - Verticale da 0 a 0,30 m da p.c.: tratto cieco - Lunghezza orizzontale 80 m
Materiale	Acciaio al carbonio

Tabella 26: Completamento pozzi di estrazione orizzontali Area SO

Pozzi di Monitoraggio – Area SO

Descrizione	Valore
Diametro	1 ½ ”
Posizionamento	Si veda Tavola 5
Profondità di infissione	15,0 m da p.c. comunque fino al raggiungimento delle argille sottostanti.
Materiale	Acciaio al carbonio

Tabella 27: Completamento pozzi di monitoraggio Area SO

4. *Tempistiche di riscaldamento e bonifica*

Descrizione	UM	Area NE	Area SO
Tempistica di raggiungimento della temperatura	giorni	60	90
Durata intervento di riscaldamento	giorni	240	240

Tabella 28: Tempistiche di riscaldamento differenziate per Area di trattamento

5. *Caratteristiche di processo previste*

Descrizione	UM	Valore
Potenza installata	MVA	2
Gas per rigenerazione carboni attivi	m ³	Area NE: 7.200 Area SO: 10.080
Acqua di rete per raffreddamento effluente	m ³ /h	5
Totale consumo elettrico	MkWh	- Area NE 1.824 - Area SO 6.848

Tabella 29: Caratteristiche di processo

Parametri di processo	UM	Valore
Totale portata estrazione vapore	m ³ /h	800
Portata effluente liquido	l/min	70

Tabella 30: Parametri di processo

8.3.1 Allestimento delle aree d'intervento

Come descritto nelle tabelle nei paragrafi precedenti nelle aree di trattamento verranno installate una fitta maglia di elettrodi, pozzi di aspirazione sia verticali che orizzontali che pozzi di monitoraggio temperatura/pressione finalizzati a:

- Trasmettere l'energia di riscaldamento nel sottosuolo
- Estrarre i contaminanti in fase liquida e gassosa
- Monitorare l'intervento

Le strutture che verranno installate a tale scopo nel sottosuolo sono:

- Elettrodi
- Pozzi di estrazione MPE
- Trincee di aspirazione SVE orizzontali
- Pozzetti di monitoraggio termico e pneumatico
- Copertura impermeabile

Nella tabella successiva sono riepilogate le installazioni sotterranee previste nelle due aree, descritte nelle basi progettuali.

Subarea	Elettrodi ET-DSP [nr]	Pozzi di estrazione MPE [nr]	Trincee di aspirazione orizzontali [ml]	Pozzetti monitoraggio termico [nr]
Area NE	64	38	250	15
Area SO	112	80	550	25
TOTALE	176	118	800	40

Tabella 31: Installazioni previste nelle aree di sorgente

Di seguito si riportano i layout dei sistemi di pozzi previsti dalla tecnologia di desorbimento termico:

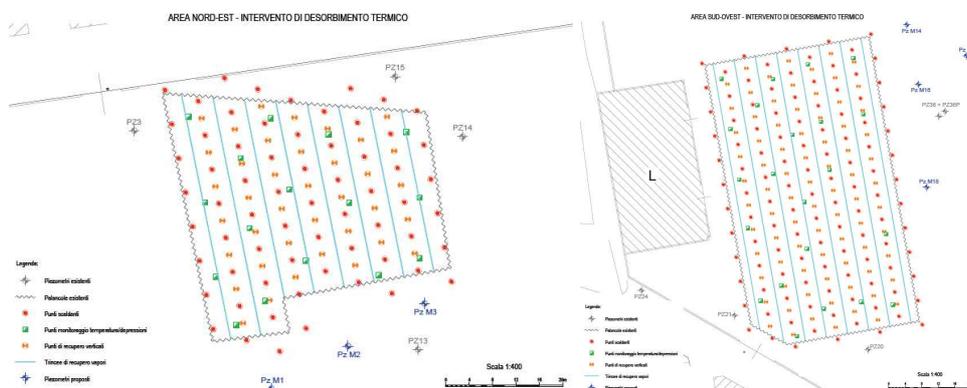


Figura 35: Posizione delle installazioni previste nelle due aree di sorgente, layout camp pozzi

8.3.1.1 Elettrodi

Gli elettrodi verranno posizionati su una maglia ad interasse di ca. 6 m.

Gli elettrodi da posizionare nel terreno hanno un diametro esterno di 200 mm e verranno messi in opera mediante perforazione a distruzione di nucleo con diametro 250 mm.

Gli elettrodi sono costruiti per trasmettere corrente ad alta tensione nei volumi di terreno contaminato. Attraverso iniezione di acqua verrà garantito il mantenimento della conduttività elettrica del suolo, creandosi un flusso termico convettivo ed agevolando la mobilizzazione degli inquinanti e la loro migrazione verso i pozzi di estrazione sia verticali MPE che orizzontali.

Tutti gli elettrodi e le rispettive connessioni all'unità di alimentazione elettrica e all'unità di distribuzione acqua saranno costruiti in maniera da resistere a sostanze chimiche aggressive e ad alte temperature.

Il monitoraggio e controllo automatizzato garantirà che i flussi di corrente e di acqua siano sempre nelle condizioni di progetto. Il superamento dell'ampereggio impostato per gli elettrodi viene evitato mediante appositi sezionatori preimpostati.

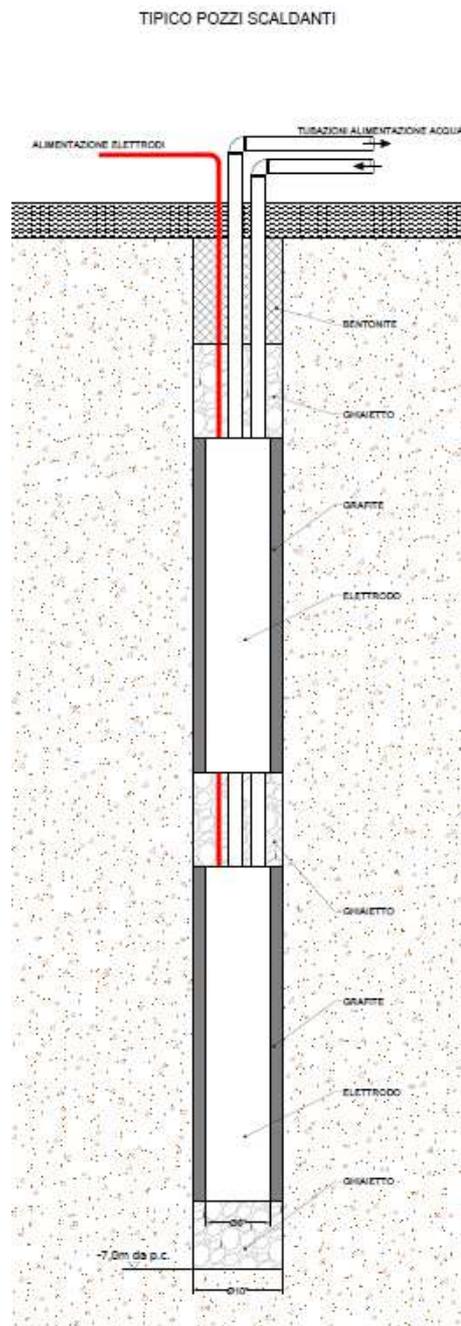


Figura 36: Tipologia di elettrodo

8.3.1.2 Sistema di aspirazione vapori

In base alla geologia del sito, la tecnica di estrazione scelta è essenzialmente l'aspirazione dei gas interstiziali (SVE) sia verticalmente che orizzontalmente accompagnata da un intervento di Multiphase Extraction (MPE).

Nelle aree di trattamento verrà messa in opera una maglia regolare di pozzetti di estrazione in acciaio al carbonio con diametro DN 100 mm lungo tutto lo spessore di trattamento. I filtri, di tipo a spirale con slot da 0,25 mm, saranno posizionati da -1m fino alla base del volume di trattamento e la loro funzione è quella di captare i vapori.

POZZI DI ESTRAZIONE MPE

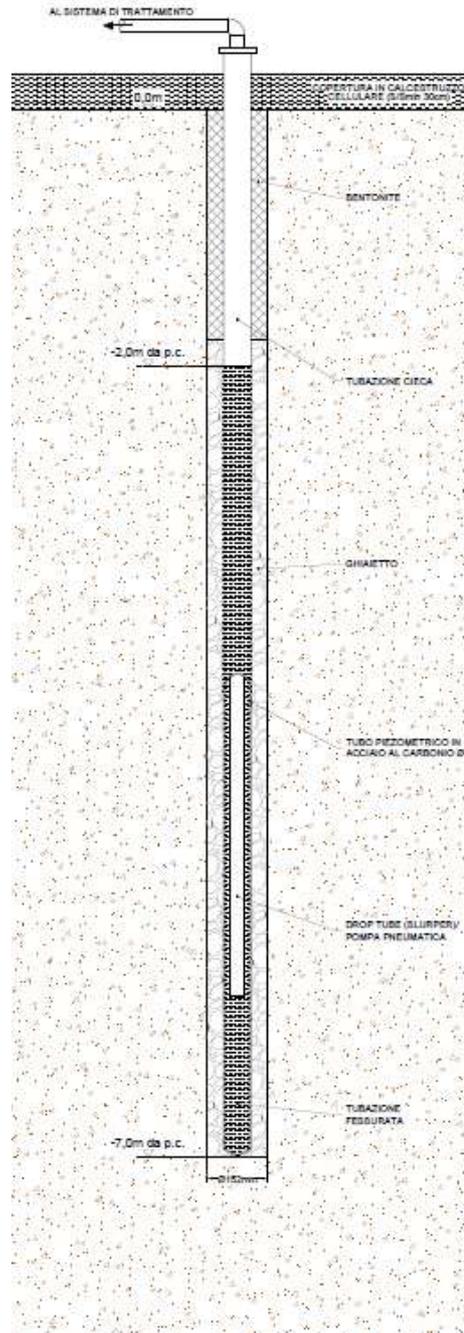


Figura 37: Tipologia di elettrodo, particolari costruttivi

In ca. 25 pozzetti MPE (dei 118 complessivamente previsti) verranno installate pompe “Total Fluid” pneumatiche resistenti al calore. Queste permetteranno di abbassare il livello dell’acqua nelle aree palancolate prima e durante il trattamento e di captare le acque che verranno iniettate per diminuire la resistività del terreno. I restanti pozzetti verranno attrezzati con tubi di risucchio (slurp tubes) per l’estrazione sottovuoto dei liquidi. Il posizionamento delle pompe potrà essere variato da un pozzo all’altro ed adeguato in funzione dell’andamento della bonifica. Nella tabella sottostante si riassumono i pozzetti di ventilazione e i loro completamenti

AREA	Numero totale	Tipologia di installazione	
		Pompe pneumatiche	Slurp tubes
NE	38	8	30
SO	80	19	60

Tabella 32: Tabella inerente il numero di pozzi di estrazione con relativa suddivisione tra pozzi MPE e con pompe pneumatiche

Per l'estrazione dei vapori dallo strato sommitale verranno messe in opera trincee di aspirazione orizzontali completate con tubi in acciaio al carbonio DN 50 mm. Si prevedono 8 trincee orizzontali con una lunghezza massima di 40 m cadauna per l'area di NE e n. 8 trincee orizzontali con una lunghezza massima di 60 m per l'area di SO. La lunghezza complessiva dei tratti filtranti orizzontali di entrambe le aree di trattamento sarà pari a 800 metri lineari. Le trincee di aspirazione orizzontali verranno messe in opera ad una profondità di ca. 50 cm dal p.c. si rimanda alla Tavola 6.

AREA	Numero totale	Lunghezza di ogni singola trincea [m]	Lunghezza totale [m]
NE	8	40	320
SO	8	60	480

Tabella 33: Tipologia e completamento pozzi orizzontali

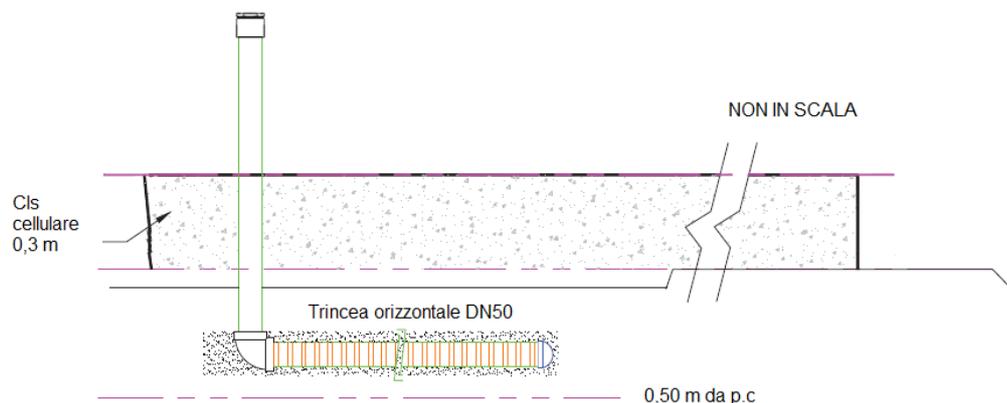


Figura 38: Particolare costruttivo pozzi aspirazione orizzontale

8.3.1.3 Pozzi di monitoraggio

Per il monitoraggio in-situ dell'intervento sarà necessario misurare regolarmente e in varie zone delle aree d'intervento:

- Le concentrazioni residue nelle acque sotterranee
- La temperatura nel sottosuolo
- Le depressioni indotte dai sistemi di estrazione

Il prelievo di campioni di acqua per la misurazione delle concentrazioni residue verrà effettuata dai pozzetti di estrazione MPE.

Il monitoraggio termico verrà effettuato attraverso apposite sonde di monitoraggio. Queste sonde consistono in tubi di acciaio $\text{Ø}33,7\text{mm} \times 5,6\text{mm}$ dotate di sensore termico ad ogni metro di profondità. Le sonde verranno messe in opera mediante penetrazione diretta (martello percussore) o perforazione a distruzione di nucleo. Si prevede l'installazione di 40 pozzetti di monitoraggio con complessivamente ca. 500 sensori termici.

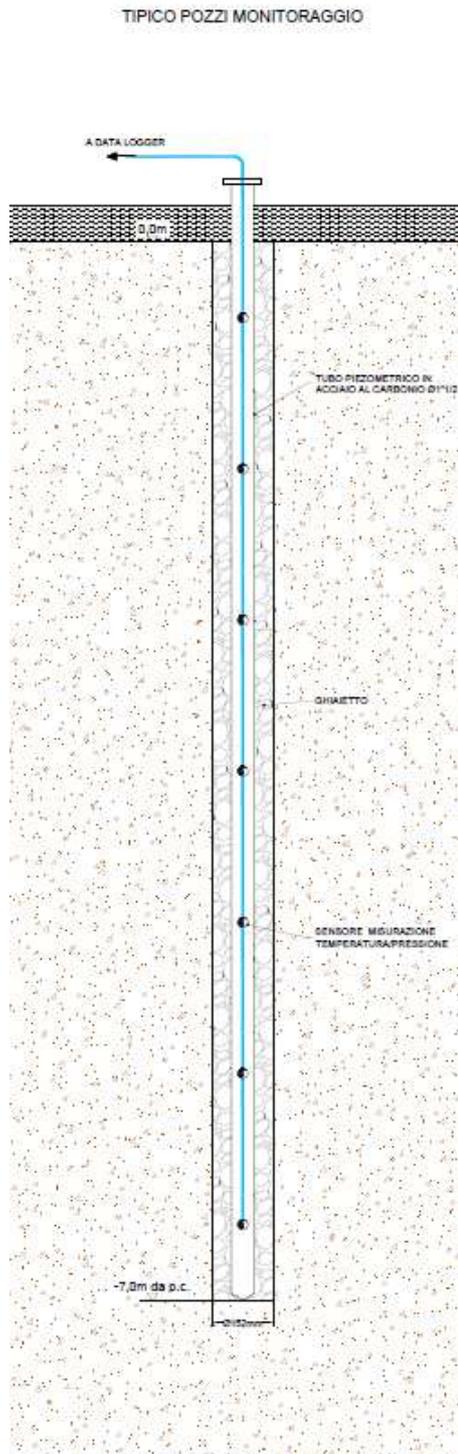


Figura 39: Tipico pozzo di monitoraggio

8.3.1.4 Copertura impermeabile

Il programma d'intervento prevede di riscaldare le due zone di trattamento dalla base fino alla superficie. Per questo motivo, Le aree d'intervento saranno impermeabilizzate in superficie. Scopo principale dello strato di impermeabilizzazione superficiale è di:

- Creare una barriera termica e ridurre le perdite di calore
- Evitare infiltrazioni di acque meteoriche dalla superficie
- Creare una barriera alla diffusione incontrollata dei vapori

La perdita di calore massima dello strato di copertura sarà inferiore a 50 W/m². Questo permetterà di mantenere una temperatura di 100°C direttamente sotto a tale strato.

La copertura impermeabile sarà costituita da una gettata in calcestruzzo cellulare leggero con uno spessore di 30 cm. Questo garantirà ottime caratteristiche di isolamento termico e costituirà un durevole piano di calpestio e di accesso per l'esercizio degli impianti. Non sarà invece idoneo al passaggio di mezzi pesanti. La posa delle sonde di riscaldamento e monitoraggio dovrà quindi essere effettuata prima della gettata di calcestruzzo.

Lo strato di copertura sarà esteso di 3 metri oltre il perimetro palancolato in modo da garantire l'isolamento termico anche lungo il perimetro e per captare anche i vapori provenienti dall'esterno dell'area di trattamento termico. Si veda Tavola 8 per i parametri costruttivi della copertura.

8.3.2 Unità di riscaldamento

L'unità di riscaldamento sarà composta dai seguenti elementi principali:

- Pannello di distribuzione
- Sistema di distribuzione elettrica
- Sistema di blocco di emergenza
- Sistema di circolazione acqua
- Box di acquisizione dati

8.3.2.1 Pannello di distribuzione

Il pannello di distribuzione contiene gli interruttori principali per l'alimentazione degli elettrodi infissi nel terreno.

8.3.2.2 Sistema di distribuzione elettrica

Il sistema di distribuzione elettrica è composto da singole unità di distribuzione che forniscono corrente ad un numero specifico di elettrodi. Ogni unità di distribuzione elettrica è controllata da un computer ed è dotata di due trasformatori trifase a prese multiple in modo tale da garantire una alimentazione controllata di energia elettrica ad ogni singolo elettrodo.

8.3.2.3 Sistema di blocco di emergenza

Il Sistema di blocco di emergenza ha lo scopo di bloccare l'alimentazione elettrica e il flusso di acqua agli elettrodi nelle aree di trattamento in caso di emergenza. L'unità interrompe il circuito elettrico proveniente dall'unità principale agli elettrodi e al sistema di circolazione idrica. Si sottolinea che l'unità non ha effetti sul funzionamento del sistema di estrazione sia verticale (MPE) che orizzontale e sull'impianto di trattamento.

8.3.2.4 Sistema di circolazione acqua

L'unità di circolazione dell'acqua verrà installata per mantenere l'umidità nel terreno durante il processo di riscaldamento e favorire la diffusione convettiva del calore nell'area di trattamento.

Infatti l'unità in oggetto garantirà un idoneo grado di umidità nel terreno la resistività elettrica della matrice del terreno e facilitando la propagazione della corrente elettrica nel mezzo e quindi la propagazione del calore

L'unità sarà costituita da una pompa che fornisce la necessaria pressione di alimentazione. L'iniezione in prossimità ai singoli elettrodi avviene attraverso un collettore di mandata che, ad ogni collegamento con un elettrodo, è dotato di una elettrovalvola e di un flussimetro per il controllo e il monitoraggio delle portate di acqua nell'elettrodo.

Il Sistema controllato automaticamente da PLC in locale adibito a controllare le portate ad ogni elettrodo.

8.3.2.5 Box di acquisizione dati

I box di acquisizione dati raccolgono le registrazioni digitali dei monitoraggi di temperature e pressione nel sottosuolo. I box sono collegati al server centrale il quale registra i dati raccolti e li trasmette in qualsiasi momento via Internet all'operatore dell'intervento.

8.3.3 Collettori di raccolta effluenti

Un sistema di collettori raccoglierà gli effluenti fluidi e gassosi dai punti di estrazione verticali e dai punti di aspirazione dallo strato di drenaggio sommitale delle due aree di sorgente e li convoglierà al sistema di trattamento. Nella seguente figura è riportato il lay out del sistema di collettori e la posizione prevista dell'impianto di trattamento. Si rimanda alla Tavola 7 per i dettagli.

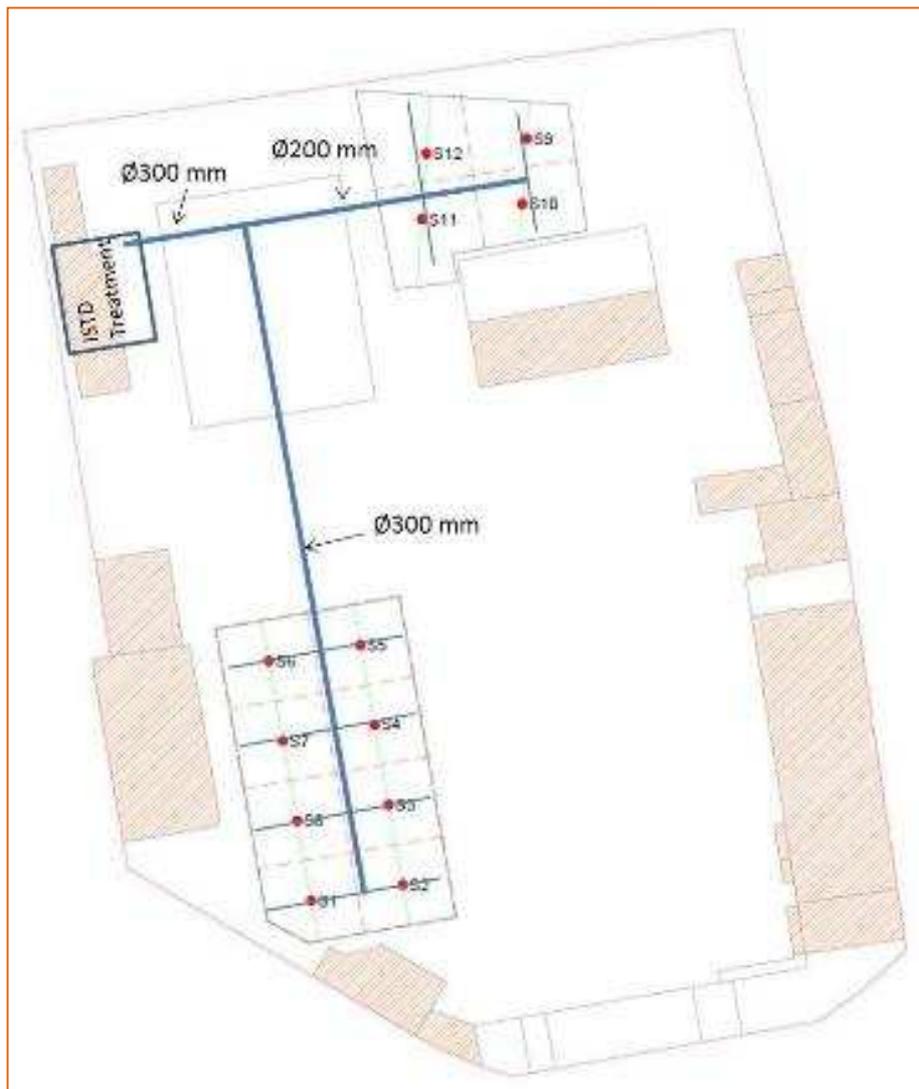


Figura 40: Posizione del collettore principale e dell'impianto di trattamento ISTT

Tutti i collettori saranno in acciaio al carbonio a parete spessa. I collettori saranno installati in modo che i fluidi di condensa confluiranno per gravità verso l'impianto di trattamento.



Figura 41: Testa pozzo MPE

Il sistema di collettamento sarà collegato ai pozzetti di MPE e alle trincee di aspirazione mediante apposite teste pozzo in acciaio resistente ad alte temperature e a sostanze chimiche. Le teste pozzo sono ricoperte di materiale isolante per evitare rischi per gli operatori. Le teste sono dotate di misuratori della temperatura e della pressione, di regolatori di flusso e di rubinetti di prelievo per aria ed acqua.

I gas e i vapori saranno convogliati sottovuoto dalle aree di sorgente all'impianto di trattamento mentre i fluidi scorreranno per gravità.

8.4 Impianto di trattamento effluenti

8.4.1 Basi di progettazione

Come descritto nel presente capitolo il riscaldamento del terreno avverrà mediante metodo resistivo, che prevede l'iniezione di acqua nel sottosuolo ai fini di mantenere un livello minimo di umidità.

Per tale ragione, è lecito considerare un flusso di aria costantemente satura in ingresso all'impianto di aspirazione e trattamento.

I dati di progetto per entrambi i lotti di intervento (Area NE e Area SO) sono considerati i medesimi e vengono di seguito sintetizzati:

Dati di progetto	Valore
Portata aria ingresso impianto	800 m ³ /h @ -270 mbar
Umidità relativa aria ingresso impianto	100%
Portata liquido ingresso impianto	max. 70 L/min
Temperatura aria ingresso impianto	circa 80°- 90°C

Tabella 34: Dati di progetto utilizzati per la progettazione degli impianti di trattamento

L'impianto che verrà installato è stato progettato al fine di raggiungere le prestazioni richieste ottimizzando i consumi operativi e considerando la necessaria modularità e flessibilità per poter essere utilizzato in maniera efficiente ed efficace nelle diverse condizioni operative previste dal progetto di bonifica.

La rimozione dei contaminanti dai flussi in ingresso all'impianto avverrà sfruttando due differenti tecniche:

1. la condensazione spinta dei vapori in ingresso, al fine di separare i contaminanti come fase liquida;
2. l'adsorbimento su carbone attivo dei contaminanti residui in fase gassosa a valle della condensazione.

La sezione di filtrazione su carboni attivi sarà dotata di un sistema automatico per rigenerazione in-situ del carbone esausto mediante vapore. In questo modo sarà possibile recuperare i solventi adsorbiti e smaltirli come fase liquida, con oneri operativi significativamente inferiori rispetto alla continua sostituzione delle masse filtranti una volta esauste.

Il trattamento prevede infine un ulteriore sezione di filtrazione su carboni attivi "a perdere", di sicurezza prima dello scarico in atmosfera.

Il dimensionamento della sezione di filtrazione dei vapori su carbone attivo è stato effettuato a valle della definizione di un bilancio di massa che permettesse di definire l'effettiva quantità di composti organici che devono essere trattiene dai carboni attivi.

In considerazione della composizione del flusso di contaminante, riassunta nelle precedenti tabelle, ai fini di un dimensionamento preliminare del sistema di trattamento effluenti si è ritenuto sufficiente sviluppare un bilancio di massa semplificato, in cui si è considerato che tutta la contaminazione fosse riconducibile al solo clorobenzene.

Le proprietà chimico-fisiche di tale composto (tensione di vapore e coefficienti di partizione liquido / gas), permettono di calcolare che, nelle condizioni operative di massimo carico, oltre la metà del flusso di massa di solventi clorurati possa essere rimosso come fase separata mediante condensazione, come da schemi seguenti.

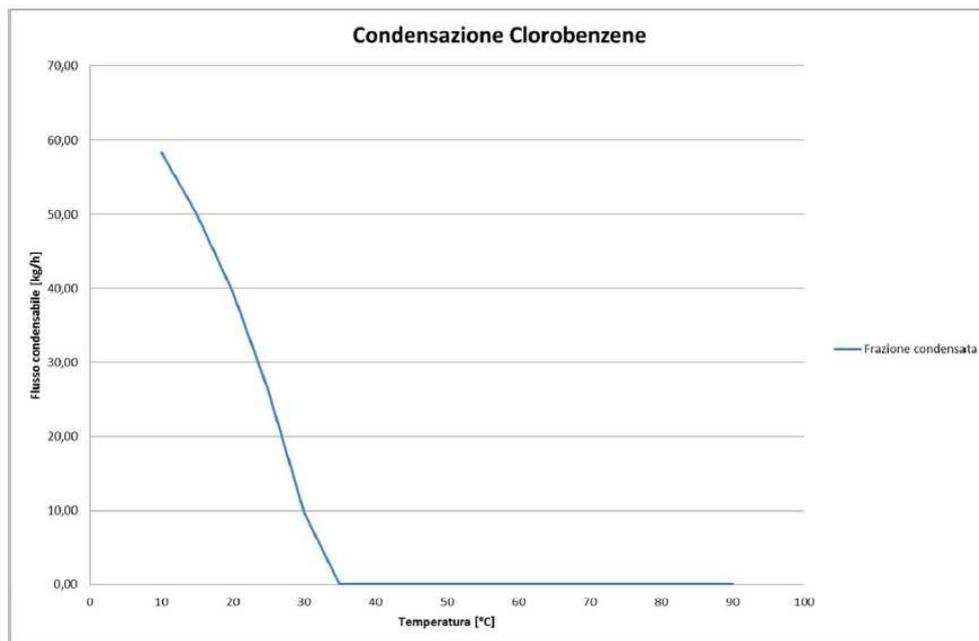


Figura 42: Variazione teorica della quantità condensabile di clorobenzene in funzione della temperatura

Relativamente alla fase liquida (acqua di contatto), data la solubilità dei composti, circa 700 g/h di CHC saranno in soluzione su una portata complessiva di circa 5,5 m³/h, mentre la restante quantità potrà essere recuperata come fase separata.

Nelle successive sezioni vengono descritti il processo di trattamento e le principali apparecchiature previste negli impianti.

8.4.1.1 Impianto Trattamento Vapori

L'impianto di trattamento estrarrà dal sottosuolo vapori contaminati ed una eventuale fase liquida in trascinamento mediante applicazione di depressione ad una serie di pozzi fenestrati nel terreno insaturo.

Stante la tecnologia utilizzata per la bonifica dei terreni, il flusso di vapore estratto è atteso essere a temperature elevate (circa 80-90°C) e saturo.

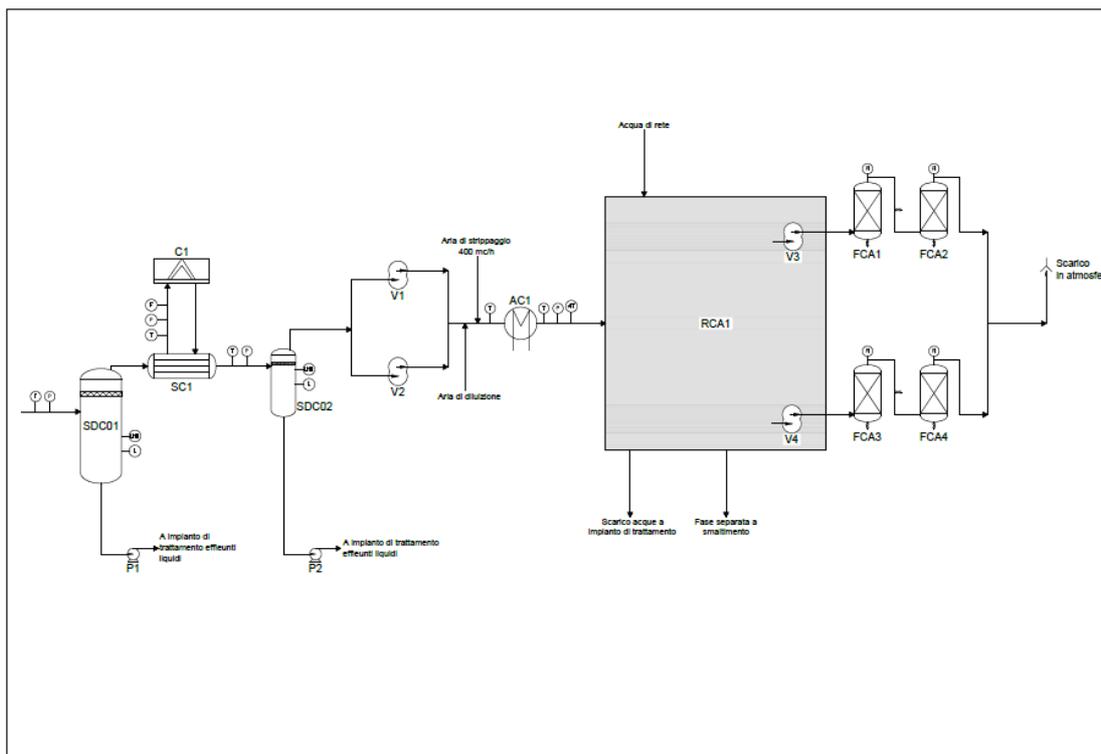


Figura 43: Schema semplificato e quantificato linea di trattamento effluenti gassosi

La prima parte dell'impianto consiste in gruppo di condensazione composto da separatori aria/acqua con scambiatore di calore. In questa sezione, i vapori estratti dal sottosuolo saranno portati a temperatura di circa 13-15°C dagli scambiatori di calore in modo da condensare l'umidità contenuta nel flusso. La fase liquida trascinata direttamente dal processo di estrazione, sommata a quella prodotta dalla condensazione dei vapori, sarà divisa dalla fase aeriforme nei separatori. Ogni separatore sarà dotato di una pompa di drenaggio per il trasferimento della fase liquida ad un impianto di trattamento acque.

Il gruppo di aspirazione è installato a valle della suddetta prima sezione, al fine di garantirne protezione da flussi liquidi ed elevate temperature. Il gruppo di aspirazione sarà composto da n.2 soffianti/aspiratori a canale laterale, ognuna idonea per trattare l'intera portata di aria attesa. Le soffianti saranno quindi installate in parallelo ed operate in maniera ridondante, ovvero una in riserva all'altra. Date le elevate concentrazioni di contaminanti attese, a titolo precauzionale, si prevede di utilizzare soffianti idonee per operare in aree classificate come Zona 2 ai sensi della normativa ATEX.

A valle delle soffianti, il flusso gassoso viene convogliato in un ulteriore scambiatore di calore per regolarne la temperatura a livelli ottimali per il successivo trattamento. Il trattamento avverrà mediante adsorbimento su carboni attivi. I filtri a carbone attivo saranno preassemblati in un package che ne permetterà la rigenerazione in sito mediante vapore.

Tale package avrà il seguente funzionamento:

- il gas contaminato è convogliato su un filtro a carbone attivo ove avviene l'adsorbimento dei composti organici
- quando tale filtro sarà saturo, il gas contaminato sarà convogliato su un secondo filtro installato parallelo e ridondante al primo. La tempistica di scambio dovrà essere determinata su base temporale in funzione delle concentrazioni attese nei gas estratti.

Opzionalmente potrà essere valutata l'installazione di un sistema di monitoraggio in continuo dei gas (esempio FID-GC o PID);

- il filtro saturo sarà lavato controcorrente da un flusso di vapore surriscaldato, fino a temperatura idonea per il desorbimento dei contaminanti di interesse, che rimuoverà i composti organici adsorbiti sul carbone;
- al termine del ciclo di lavaggio, una soffiante dedicata flusserà il filtro in rigenerazione fino a completa asciugatura del carbone;
- il vapore contaminato in uscita dal filtro sarà raccolto condensato completamente in fase liquida, che sarà trasferita all'impianto di trattamento acque a mezzo di pompa a membrana;
- l'aria utilizzata durante il processo di asciugatura, in via conservativa, sarà anch'essa trattata mediante filtrazione su carbone attivo (convogliata su secondo package in parallelo o su filtro di guardia qualora il secondo package non sia in uso);
- il vapore necessario, sarà prodotto in sito a mezzo di un generatore. Al momento è previsto l'utilizzo di un generatore alimentato a gas metano;
- l'acqua necessaria alla produzione del vapore sarà prelevata dalla rete e verrà pretrattata prima dell'ingresso al generatore di vapore mediante filtrazione su resine a scambio ionico, per eliminare i carbonati. I filtri a resine a scambio ionico saranno dotato di sistema di rigenerazione automatico, che dovrà essere settato in fase di avviamento impianto in funzione del grado di durezza dell'acqua in ingresso impianto



Figura 44: Impianto di trattamento a carboni attivi rigenerati a vapore

È prevista l'installazione di n.2 package di filtri a carbone con sistema di rigenerazione. I due package saranno operati contemporaneamente in parallelo durante la prima fase di bonifica, quando sono attese le concentrazioni di contaminante più elevato.

In uscita dal package di filtrazione l'aria avrà normalmente concentrazioni residue di contaminanti idonee per lo scarico in atmosfera. Tuttavia, a titolo conservativo, l'aria sarà convogliata verso un'ulteriore sezione di filtrazione su filtri a carbone attivo, costituiti da due batterie di filtri insalate in parallelo, ogni batteria sarà composta da due filtri connessi in serie.

I filtri descritti avranno un'esclusiva funzione di sicurezza prima dell'emissione in atmosfera, in modo da poter gestire eventuali picchi anomali di concentrazione in ingresso all'impianto o temporanei malfunzionamenti del sistema di rigenerazione.

Non è prevista la rigenerazione in sito per i filtri di sicurezza, ovvero, una volta esaurita la capacità di adsorbimento del carbone, si dovrà provvedere alla sostituzione della massa filtrante ed alla gestione del carbone esausto fuori sito come rifiuto.

Le sicurezze intrinseche a protezione del personale e dei macchinari saranno rilevanti in quanto, l'impianto di trattamento effluenti gassosi dovendo trattare alte concentrazioni di Clorobenzene superiori ai limiti di LEL si procederà:

- ad eseguire in ottemperanza alla normativa ATEX tutti i sensori e macchinari che verranno a contatto con alte concentrazioni
- a proteggere il processo di rigenerazione dei carboni attivi tramite l'installazione di:
 - o Sensori di temperatura in ingresso e uscita dal letto di carboni attivi
 - o La portata dell'effluente sarà controllata anche da un sensore di temperatura e pressione in ingresso al letto filtrante.
 - o Sistema antincendio ad Azoto in caso di elevate temperature.

Dimensionamento filtri – Unità di rigenerazione carboni attivi

La sezione di adsorbimento con rigenerazione è stata dimensionata considerando un adsorbimento più basso rispetto alla capacità teorica riportata nel grafico dell'isoterma in figura 43

È stato scelto un carbone attivo di elevata qualità avente le seguenti caratteristiche:

Descrizione	Valore
Diametro	4 mm
Superficie specifica (BET)	1.100 mm ²
Durezza	98% in peso
Cenere	<9%
Adsorbimento CCL4	70%

Tabella 35: Caratteristiche fisiche del carbone utilizzato per la rigenerazione

Il carbone descritto viene prodotto appositamente per le operazioni di recupero solventi, in quanto possiede un buon grado di distribuzione pori in relazione e un alto grado di resistenza.

Si assumono le seguenti capacità di adsorbimento per i contaminati principali quali il Clorobenzene e Triclorometano:

Descrizione	Valore
Clorobenzene	20 – 30% (di carbone attivo secco)
Triclorometano	15 – 20% (di carbone attivo secco)

Tabella 36: Percentuale di adsorbimento

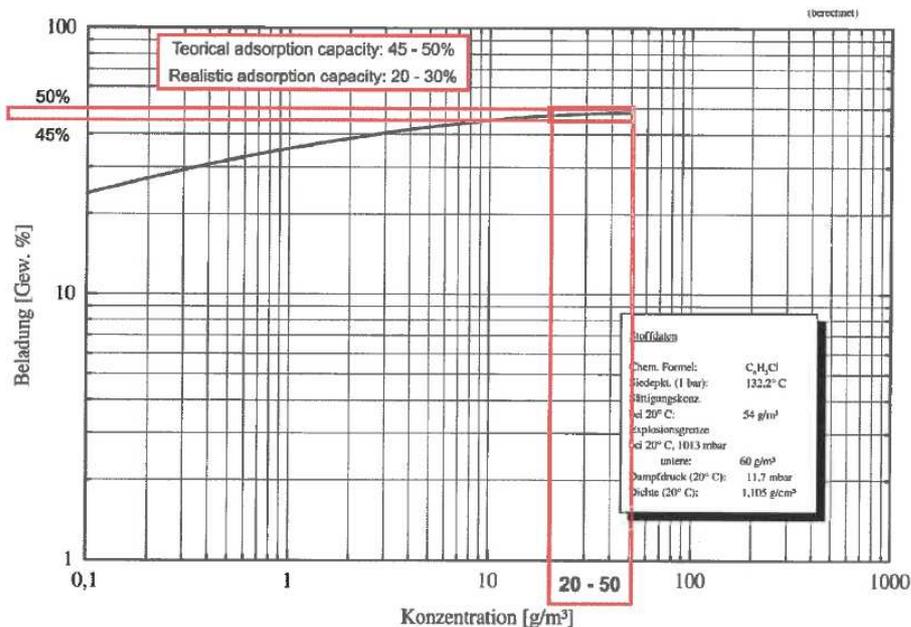


Figura 45: Isoterma del Clorobenzene C₆H₅Cl con indicati i range di adsorbimento previsti

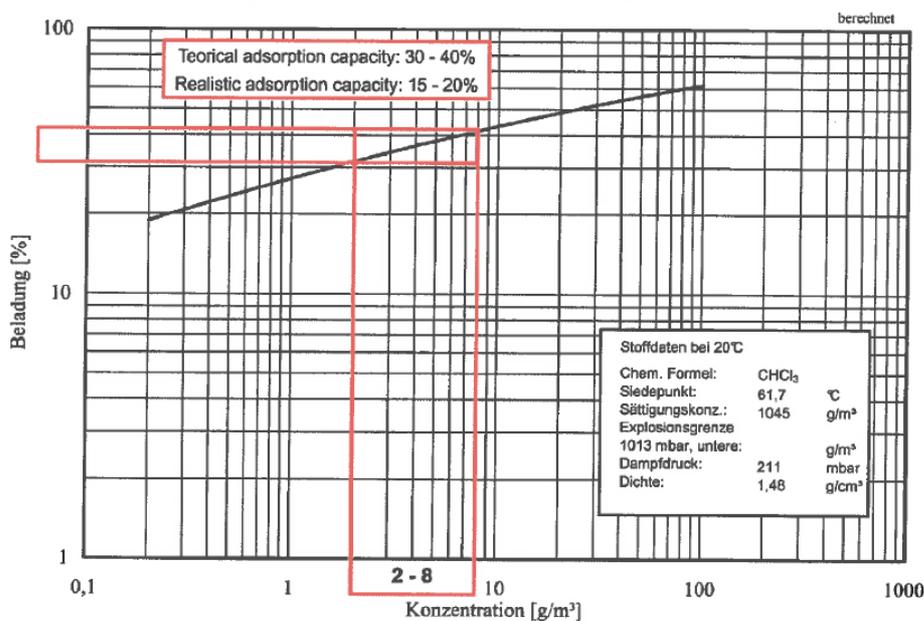


Figura 46: Isoterma del Triclorometano CHCl₃ con indicati i range di adsorbimento previsti

Come descritto nel paragrafo precedente i carboni descritti verranno rigenerati più volte durante l'arco della giornata in funzione del carico di inquinante in ingresso all'impianto.

Sezione di adsorbimento di finissaggio

Come descritto nei paragrafi precedenti a scopo precauzionale è stata inserita una sezione di filtrazione collegata all'uscita della sezione di rigenerazione carboni attivi.

La sezione in oggetto è composta da due batterie di filtri a carbone attivo installati in parallelo, ogni batteria è composta da due carboni attivi collegati in serie.

Ogni filtro avrà le seguenti caratteristiche dimensionali

Descrizione	UM	Valore
Diametro	mm	1.510
Altezza fasciame	m	1,13
Volume del filtro	l	2.000
Quantità di carboni per filtro	l	1.400
Portata di aria attesa	m ³ /h	600
Velocità di attraversamento	m/sec	0,093
Tempo di contatto	sec	12,03

Tabella 37: Caratteristiche dimensionali, velocità di attraversamento e tempi di contatto dei filtri di finissaggio

I filtri sono stati dimensionati conformemente al DGR 30 maggio 2012 n. IX/3552 della Regione Lombardia.

Si prevede di installare le seguenti apparecchiature:

Separatore liquido-vapore principale

I liquidi e i gas provenienti dal collettore vengono raccolti nel serbatoio di separazione principale. Il serbatoio resistente al vuoto è costruito in acciaio al carbonio rivestito ed è provvisto di deflettori in lamiera per la separazione della sospensione solida.

Il serbatoio separa fanghi, liquidi e fase gassosa. I gas escono dal serbatoio all'estremità opposta all'ingresso. I liquidi vengono espulsi da una pompa di rilancio automatizzata da sensori di livello e troppo pieno. Un secondo sistema di allarme di troppopieno galleggiante garantisce un doppio controllo.

Condensazione

I gas verranno raffreddati mediante uno scambiatore a calore a fascio tubiero di tipologia aria/acqua. Il sistema acqua sarà operato in circuito chiuso e verrà raffreddato da un chiller esterno (gruppo frigorifero).

I vapori passeranno da una temperatura attesa di 90° C a circa 15°C

Separatore liquido-vapore secondario

Dopo la prima fase di raffreddamento, condensazione, i gas e liquidi residui entrano nel serbatoio di separazione dove vengono separate le ultime particelle di liquido condensabile. Il liquido che verrà raccolto nella base del serbatoio sarà pompato alla sezione trattamento effluenti liquidi. I gas freddi ed umidi passano il restante separatore acqua / vapore per poi arrivare al filtro di particolato delle soffianti.

Ogni serbatoio di liquidi sarà dotato di vasca di contenimento con sistema di rilevamento perdite.

Ventilatore a canali laterali

I gas raffreddati raggiungono i ventilatori a canali laterali con una temperatura di 15°C, dove vengono convogliati con pressione positiva verso la sezione di rigenerazione. La compressione dei gas comporta un riscaldamento.

Post - raffreddamento

I gas in uscita dai ventilatori verranno nuovamente raffreddate alla temperatura ottimale sia da non creare condense sia da avere una temperatura conforme alla massima percentuale di adsorbimento.

Unità di rigenerazione carboni attivi

Attraverso una condotta di distribuzione e la rispettiva valvola di alimentazione aperta, i gas carichi di solventi entrano dall'alto in uno dei due filtri cilindrici verticali caricati con carbone attivo idoneo ad essere rigenerato.

Attraverso una soffiante, i gas vengono avviati dal collettore di scarico a due filtri di controllo posti in serie per essere poi scaricati in atmosfera.

Dopo un certo periodo di esercizio i carboni nel filtro si saturano di solventi e il flusso di gas contaminati verrà automaticamente deviato sul secondo filtro, mentre il filtro saturo viene messo off-line per la rigenerazione.

Come precedentemente descritto, la rigenerazione viene effettuata in pieno automatismo e secondo gli stadi precedentemente descritti.

Unità di filtrazione su carboni attivi per finissaggio

Prima dell'emissione in atmosfera i gas estratti verranno convogliati alla sezione di finissaggio installata come sicurezza per l'emissione finale.

8.4.1.2 Impianto di trattamento acque e condense

Per la gestione dei fluidi generati dall'impianto di trattamento effluenti è prevista l'installazione di una nuova linea di trattamento con portata nominale massima di 10 m³/h.

Considerando le solubilità dei differenti contaminati si prevede un carico di contaminate pari a 700 g/h.

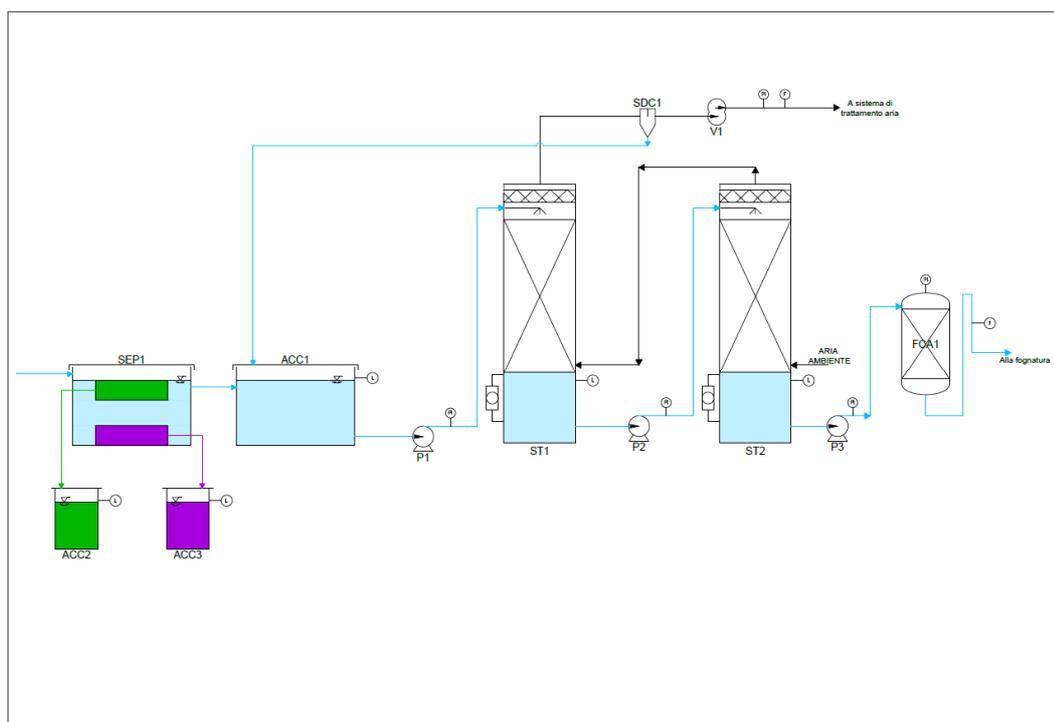


Figura 47: Schema semplificato linea di trattamento effluenti liquidi

Il sistema di trattamento della fase liquida comprenderà i seguenti processi principali:

Separazione di fase libera

Tutti i fluidi generati dal sistema di trattamento gas ed eventuali fasi liquide emunte direttamente dai pozzi saranno convogliati in un separatore di fase (DNAPL), in cui, per via gravimetrica, i solventi clorurati saranno separati dall'acqua. I solventi così

separati saranno stoccati in apposito serbatoio per successivo smaltimento o recupero off-site, mentre l'acqua sarà accumulata in un bacino di equalizzazione e rilancio.

Desorbimento

I contaminanti volatili disciolti nelle acque saranno rimossi a mezzo di stripping e portati in fase aeriforme.

Adsorbimento fase liquida

Eventuali residui di composti organici non volatili, ancora presenti nelle acque a valle dello stripping, saranno rimossi a mezzo di filtrazione su carboni attivi, prima dello scarico.

Adsorbimento fase gassosa

I gas di stripping, prima dell'emissione in atmosfera, saranno depurati dai composti organici a mezzo di filtrazione su carboni attivi a perdere.

Colonne di stripping

I liquidi di condensa e l'acqua di falda viene pompata nelle colonne di stripping per la rimozione dei contaminanti. L'acqua strippata verrà accumulata e pompata nel serbatoio di raccolta.

Il flusso di aria della colonna di stripping avrà una portata di circa 400 mc/h. Dopo il raffreddamento ed essiccamento verrà trasferito alla linea di trattamento a carboni attivi rigenerati prima della emissione in atmosfera.

Carboni attivi acqua

L'acqua proveniente dalle colonne di stripping verrà ulteriormente finissata su un filtro a carboni attivi per acqua e quindi scaricata in fognatura.

8.4.1.3 Controllo del sistema di trattamento

Il sistema di estrazione e trattamento sarà munito di una serie di pompe di riserva, doppie pompe a vuoto e sensori di livello ridondanti e indipendenti che garantiranno la massima sicurezza di esercizio. Il sistema sarà controllato da PLC che permetterà un monitoraggio ed esercizio remoto via internet.

Tutti i sensori saranno dotati di sistemi di sicurezza intrinseca ed antideflagranti.

Tutto il sistema di estrazione e trattamento avrà un generatore elettrico di back up che garantirà un perfetto funzionamento anche in casi di mancanza di energia elettrica dalla rete.

8.4.2 Installazione attrezzature e control unit

Sia il sistema di trattamento effluenti gassosi che liquidi verranno installati in container marini coibentati e muniti di pannelli fonoassorbenti per ridurre significativamente le emissioni sonore.

Gli impianti saranno comandati da PLC munito di un'unità UTMS con modem per l'invio di messaggi di allarme e per il controllo da remoto.

8.4.3 Utilities e consumi attesi

Di seguito vengono riassunti i parametri di conduzione durante le fasi di picco di estrazione dei contaminati ove si avranno circa 7 cicli di rigenerazione dei carboni per giorno.

Di seguito vengono elencate utilities e consumi:

Descrizione	UM	Valore
Gas metano	m ³	28 per ciclo
Acqua di rete	l	8000 per ciclo
Acqua di rete per il vapore	l	400 per ciclo
Corrente elettrica	kW	120 per effluenti gassosi 15 per effluenti liquidi

Tabella 38: Utilities e consumo attesi agli impianti di trattamento effluenti gassosi e liquidi

8.4.4 Limiti concentrazioni emissione in atmosfera

Le concentrazioni limite al punto di emissione in atmosfera sono di seguito riportate:

Composto	U.M	Concentrazione
Clorobenzene	mg/Nm ³	150,00
Triclorometano	mg/Nm ³	20,00
Toluene	mg/Nm ³	300,00
Benzene	mg/Nm ³	5,00
Altri idrocarburi	mg/Nm ³	300,00

Tabella 39: Concentrazioni limite al punto di emissione

8.4.5 Limite concentrazioni scarico in fognatura

I limiti allo scarico in fognatura sarà in conformità alla D.Lgs 152/06 (Parte Terza, Allegato 5, Tabella 3)

8.5 Esercizio dell'impianto ISTT

8.5.1 Predisposizione delle aree e regimazione idraulica

Le due aree di sorgente si presentano allo stato attuale con una superficie disomogenea e con ampia vegetazione. Parte dell'area NE è sommersa da acque meteoriche di ristagno. L'area SO è stata parzialmente riempita con materiali di riporto per creare rampe di accesso alle macchine palancolatrici. Durante indagini integrative nel 2013, sempre nell'area SO sono stati rinvenuti materiali contenenti metalli infiammabili, che andranno rimossi prima degli interventi di bonifica. Per l'asportazione di tali materiali si rimanda al capitolo 7.3.1.

Ad avvenuta eliminazione della vegetazione, il livello dell'acqua verrà abbassato fino al totale prosciugamento della superficie. Il pompaggio verrà effettuato mediante il sistema di emungimento già presente. Le acque di pompaggio verranno trasferite al TAF.

Nell'area NE, il Piano di bonifica a cui portare tutta la superficie è a quota 34,5 m.s.l.m. Per ottenere tale piano sarà necessario aggiungere ca. 410 mc di terreno. A tale scopo verranno utilizzati materiali provenienti dall'esubero in area SO.

Nell'area SO verranno inizialmente asportati i terreni infiammabili in prossimità del sondaggio S2 (vedi cap. 7.3.1). Quindi si procederà al pompaggio di acqua per abbassare il livello piezometrico all'interno dell'area palancolata. Si procederà quindi

allo sbancamento controllato dei materiali superficiali che rispettano gli obiettivi di bonifica e non devono quindi essere sottoposti al trattamento termico. Per le procedure di scavo si rimanda al capitolo 7.3.4 Terminati gli scavi, si procederà ad eguagliare la morfologia topografica creando il Piano di Bonifica.

Ottenuta una superficie piana e accessibile in entrambe le aree, verranno installati gli allestimenti necessari già descritti al capitolo 8.2.1 (elettrodi, pozzi, pozzetti, trincee, etc) e lo strato di impermeabilizzazione sommitale in calcestruzzo leggero che costituirà anche il piano di calpestio durante i successivi interventi di bonifica.

Per garantire un gradiente di diffusione dall'esterno verso l'interno delle aree, il livello della falda all'interno delle aree palancolate verrà mantenuto sempre almeno ad un metro sotto al naturale livello della falda. La zona insatura verrà costantemente mantenuta in lieve depressione pneumatica.

8.5.2 Start up

Completati i lavori di fornitura ed installazione degli impianti e delle strutture necessarie verranno finalizzate le procedure di controllo e di avviamento. Raccolte tutte le documentazioni fornite dai team di installazione dell'ATI e dai subappaltatori, verrà redatto il "Commissioning Plan" nel quale saranno elencate e descritte le procedure di test iniziale e di avviamento degli impianti con rispettive check list.

Le principali attività di controllo saranno riferite alle seguenti attività:

- Ispezione e test dei cablaggi e della messa a terra
- Ispezione del piping e dei contenitori di raccolta; test di pressione idrostatici e pneumatici
- Ispezione, calibrazione e test dei strumenti di misura
- Controllo dei circuiti di regolazione
- Verifica e test degli interblocchi
- Ispezione e test dei sistemi di sicurezza
- Test operativi
- Test di operatività e procedure di avviamento del sistema di riscaldamento

8.5.3 Fasi del trattamento termico In Situ

Il trattamento termico delle due aree di sorgente verrà effettuato in due fasi successive. Nella prima fase verrà trattato l'intero volume dell'area NE e la parte settentrionale dell'area SO. Nella seconda fase verrà trattata la restante parte dell'area SO.

Ogni fase di trattamento avrà una durata di 240 giorni e si svolgerà in 3 successivi stadi operativi:

- Riscaldamento fino alla temperatura di esercizio di 100°C
- Trattamento a temperature costante e massimizzazione della rimozione di inquinanti
- Raffreddamento

8.5.3.1 Riscaldamento fino alla temperatura di esercizio

Una volta raggiunta la regimazione idraulica e pneumatica e mantenuto in esercizio continuativo per almeno due giorni il sistema di estrazione, verrà attivata la fase di riscaldamento. I tassi di alimentazione elettrica e le portate di acqua di iniezione ai singoli elettrodi saranno costantemente monitorati ed ottimizzati. I sistemi di estrazione MPE e SVE saranno in esercizio continuativo.

Nella prima settimana di esercizio i tassi di iniezione di acqua saranno molto bassi e poi gradualmente aumentati.

La fase di riscaldamento verrà mantenuta fino al raggiungimento della temperatura di 100°C nell'intero volume di trattamento. La durata di questa fase viene stimata in ca. 90 giorni in entrambe le aree.

I dati del monitoraggio delle temperature acquisiti con i moduli previsti verranno analizzati giornalmente e confrontati con le simulazioni previsionali in modo da individuare eventuali zone nelle quali il riscaldamento del sottosuolo progredisce più lentamente da quanto programmato in fase di progettazione. In tal caso si potranno attuare una o più delle seguenti alternative d'intervento:

- Aumentare il voltaggio nei rispettivi elettrodi della zona interessata
- Invertire le fasi degli elettrodi interessati
- Aumentare l'alimentazione elettrica agli elettrodi interessati
- Iniettare soluzioni elettrolitiche negli elettrodi interessati

8.5.3.2 Trattamento a temperature costante

Raggiunta le temperature di processo, l'esercizio sarà mirato a mantenere costante le temperature e ad ottimizzare l'estrazione degli inquinanti facendo regolari aggiustamenti all'alimentazione elettrica e alle portate di iniezione ed estrazione dei liquidi.

Quando i tassi di estrazione di inquinanti raggiungono un andamento asintotico gli obiettivi di bonifica saranno raggiunti e potranno essere avviate le procedure di collaudo descritte al capitolo 8.4.

8.5.3.3 Raffreddamento

Quando gli esiti del collaudo preliminare hanno confermato il raggiungimento degli obiettivi di bonifica nei terreni e quindi cessata l'alimentazione elettrica agli elettrodi, comincerà la fase di raffreddamento.

La fase di raffreddamento dovrà essere pianificata in accordo con la DL in funzione delle specifiche necessità del sito.

Scopo della fase di raffreddamento sarà quello di ridurre in maniera omogenea e definitiva la temperatura del sottosuolo sotto a temperature da definire (in linea di massima sotto a 90°C) in tutto il volume di terreno sottoposto a trattamento. Questo per garantire che con ci siano ulteriori formazioni di vapore acqueo che potrebbero creare emissioni incontrollate in atmosfera e per creare condizioni di sicurezza sul sito.

Durante il periodo di raffreddamento i sistemi di estrazione ed iniezione con rispettivo impianto di trattamento rimarranno attivi.

8.5.4 Monitoraggio della temperatura nel sottosuolo

Scopo del monitoraggio termico è di osservare e controllare in maniera tridimensionale la propagazione termica nell'area d'intervento.

I pozzetti di monitoraggio termico verranno posizionati nei punti mediani tra gli elettrodi. Complessivamente sono previsti 15 punti di monitoraggio termico nell'area NE e 25 punti nell'area SO.

All'interno di ogni sonda si trova un misuratore termico ad ogni metro di profondità. La registrazione della temperatura avviene in maniera automatica ogni 30 minuti.

I dati del monitoraggio termico permetteranno di ottenere:

- Profili termici verticali per ogni punto di monitoraggio
- Registrazione dell'andamento ed elaborazione di curve termiche per ogni punto e per i vari periodi di osservazione

- Mappatura della distribuzione termica orizzontale per l'intero volume riscaldato. Queste mappe verranno elaborate almeno due volte alla settimana.

Il monitoraggio termico è uno strumento essenziale per monitorare la propagazione termica nel sottosuolo. Le informazioni raccolte permettono di individuare zone critiche ed eventualmente adottare misure di ottimizzazione nel caso in cui lo sviluppo termico differisce significativamente dalla programmazione e non sia quindi soddisfacente.

8.5.5 Monitoraggio dell'impianto di trattamento e dell'unità di riscaldamento

L'impianto sarà dotato da un sistema di controllo dell'unità di riscaldamento e l'impianto di trattamento. Il sistema è stato sviluppato con l'intenzione di garantire un massimo controllo on-line possibile e di creare un sistema intelligente in grado di supportare l'operatore nell'analisi critica dei vari componenti del sistema.

I parametri di processo vengono monitorati on-line ed inseriti in una PLC. Per tutti i parametri saranno impostati limiti massimi e minimi dotati di allarmi con segnalazione guasto che verranno trasmessi al telefono cellulare dell'operatore. Sarà garantita una disponibilità di 24 ore su 24 per interventi d'urgenza.

Il sistema di monitoraggio on-line è accessibile via internet e verrà controllato dall'operatore ad intervalli regolari e ad ogni segnalazione di allarme. In funzione del tipo di segnalazione l'anomalia potrà essere risolta on-line o, se necessario, direttamente sul posto.

L'alimentazione elettrica agli elettrodi sarà regolata in base alle misurazioni termiche, al profilo dei consumi elettrici giornalieri, livelli energetici preimpostati, ecc. L'alimentazione elettrica è governata e controllata in pieno automatismo.

Nella tabella successiva sono riportati i principali parametri di monitoraggio.

Parametro	Metodo	Frequenza
<i>Temperatura</i>		
Sottosuolo	Automatico.	Ogni 0,5 ore
Sonde di riscaldamento	Automatico.	Continuativo
Pozzetti di estrazione	Manuale.	2 / settimana
Prima e dopo condensazione	Automatico.	Continuativo
Condensato	Automatico.	Continuativo
Aria e liquidi prima dei filtri CA	Automatico.	Continuativo
<i>Pressione</i>		
Collettore principale	Automatico	Continuativo
Tra pompa per vuoto e filtri CA	Automatico	Continuativo
Ingresso separatore di condensa	Automatico	Continuativo
Prima filtro CA	Automatico	Continuativo
Sottosuolo	Manuale	2 / settimana
<i>Flussi</i>		
Aria estratta (non condensabile)	Automatico	Continuativo
Vapore estratto (in funzione della condensazione)	Automatico	1 / ora
Acqua estratta	Automatico	1 / ora
Correzione automatizzata di pH	Automatico	1 / ora
<i>Masse</i>		
Solventi estratti	Automatico	Ogni 15 min.
Campioni su fiale CA per analisi di laboratorio	Manuale	variable
<i>Energia</i>		
Alimentazione elettrica sottosuolo	Automatico	Continuativo
Energia immessa nel sottosuolo	Automatico	1 / ora
Energia impianto di trattamento	Automatico	1 / ora
Consumo energetico totale	Automatico	1 / ora
Calcolo energia estratta con vapore	Automatico	1 / ora
Calcolo energia estratta con acqua	Automatico	1 / ora
<i>Altre misurazioni</i>		
Livelli piezometrici	Manuale	1 / settimana
Livello DNAPL in serbatoio di separazione	Manuale	giornaliero

Tabella 40: Principali parametri di monitoraggio dell'intervento

Oltre ai parametri sopra elencati, una serie di ulteriori parametri verranno registrati on-line quali le ore di esercizio, numero svuotamento serbatoi, ogni segnalazione, guasto, allarme, ecc.

8.5.6 Bilancio delle masse estratte

Per ottimizzare l'uso dell'energia e il tempo di trattamento, è importante capire quando gli obiettivi di bonifica saranno raggiunti nelle singole subaree. Per questo motivo verranno effettuate misurazioni manuali (PID) e campionamenti dei gas estratti dalle varie subaree che permetteranno di effettuare una prima stima degli effetti di bonifica e di valutare se gli obiettivi sono raggiunti. Sarà inoltre possibile effettuare carotaggi intermedi per verificare in dettaglio il grado di bonifica raggiunto in determinate zone d'intervento.

Il bilancio delle masse estratte verrà effettuato mediante regolari misurazioni delle concentrazioni di composti organoclorurati volatili nei gas estratti. La massa totale verrà definita in base al prodotto recuperato dall'impianto di trattamento.

8.6 Collaudo dell'intervento ISTT

Il collaudo delle due aree di sorgente verrà effettuato in conformità a quanto indicato al capitolo 15.7 del Capitolato Speciale d'Appalto – Parte Tecnica.

In particolare, raggiunte le condizioni per avviare le procedure di collaudo, all'interno delle due aree di sorgente verranno effettuati 12 perforazioni a carotaggio continuo (4 nell'area NE e 8 nell'area SO) per il prelievo e l'analisi di campioni di terreno con le modalità descritte al capitolo 15.7.1 del CSA – Parte Tecnica. Le concentrazioni nei campioni prelevati verranno confrontate con gli obiettivi di bonifica contrattuali riportati nella tabella 15.1 del CSA - Parte Tecnica. Raggiunti tali obiettivi, l'intervento ISTT sarà considerato concluso e i rispettivi impianti verranno smantellati.

A questo punto si procederà alla saturazione delle due aree di sorgente mediante immissione di acqua attraverso i pozzetti MPE installati. Tale intervento avrà lo scopo di:

- Accelerare il processo di raffreddamento dei terreni trattati
- Ridurre l'infiltrazione di acque dalle zone circostanti ed evitare quindi il rischio di ri-contaminazione
- Permettere il collaudo delle acque e verificare il rispetto delle rispettive CSR nelle due aree di sorgente dopo il ripristino dell'equilibrio delle concentrazioni.

9 BONIFICA DELLA FALDA SUPERFICIALE - ISCO

9.1 Scopo del lavoro

ISCO (In Situ Chemical Oxydation) è una tecnologia che permette di bonificare suoli ed acquiferi mediante l'ossidazione dei contaminanti organici ivi presenti degradandoli a composti più semplici ed innocui quali acqua, anidride carbonica, ossigeno, cloruri, etc. L'intervento viene effettuato mediante l'iniezione nel sottosuolo di miscele ossidanti, con l'eventuale aggiunta di appositi catalizzatori, allo scopo di creare un ambiente fortemente ossidante in grado di spezzare i legami interni delle molecole dei contaminanti.

In bibliografia si trovano diversi composti che, tal quali o previa attivazione, sono in grado svolgere un'azione ossidante sui composti organici, peraltro le specifiche caratteristiche del sito (contaminanti presenti, caratteristiche chimiche dei suoli e delle acque, litologia, etc.) possono influenzare in modo significativo i risultati di un intervento ISCO.

L'intervento di ossidazione chimica in sito (ISCO) è stato pianificato dai documenti progettuali approvati per ricondurre le concentrazioni di contaminanti nelle acque sotterranee entro le CSR nella zona a sud dell'area palancolata di sorgente Sud-Ovest. In particolare, l'esecuzione dell'intervento di ISCO è programmata nello strato profondo del primo acquifero, compreso tra le profondità di ca. 7-8 m e 15 m dal piano campagna.

L'area dell'intervento di ISCO è caratterizzata dalla presenza di concentrazioni significative di contaminanti (MCB e TCM) evidenziate dalle analisi condotte storicamente sulle acque campionate dal piezometro Pz32P.

Tali concentrazioni risultano abbondantemente superiori alle CSR, in occasione dell'intervento di monitoraggio semestrale del maggio 2015, per il MCB (70.000 µg/l) e TCM (5.400 µg/l). Sono peraltro da segnalare livelli di contaminazione significativi, seppure inferiori alle CSR, per quanto concerne in particolare benzene e toluene. A seguito sono comunque riportate le analisi condotte precedentemente al test pilota ISCO (t0) e nei monitoraggi successivi al test pilota in campo.

La superficie dell'area di intervento risulta pari a ca. 600 m² e, considerando uno spessore da interessare dalle iniezioni di agente ossidante pari a ca. 7-8 m, il volume di acquifero oggetto di intervento risulta essere di ca. 5.000 m³.

I sedimenti che costituiscono lo strato profondo del primo acquifero in questa zona sono rappresentati da sabbie con discrete caratteristiche di permeabilità.

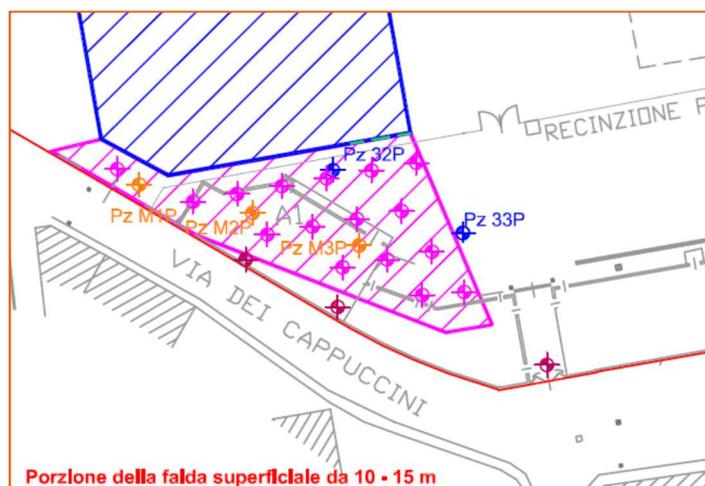


Figura 48: Ubicazione capo prova test pilota ISCO

9.2 Verifica delle specifiche di intervento a base di gara

La verifica delle modalità di intervento di ossidazione chimica è stata effettuata per la predisposizione del POB in base alle contaminazioni presenti nella falda superficiale con MCB, TCM e BTEX ed alle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche del sottosuolo.

In particolare, le condizioni geologiche ed idrogeologiche nell'area di intervento, nonché la suscettibilità delle contaminazioni presenti al risanamento per mezzo di

ossidazione chimica, sono state dedotte dalla documentazione di gara con particolare riguardo ai seguenti documenti:

- Progetto Operativo di Bonifica; Luglio 2012
- Relazione Geologica (rif 8002008_001r5gib_4_Relazioni specialistiche)
- Rapporto Tecnico dei test ISCO di laboratorio del 30 Aprile 2014

I test di trattabilità eseguiti in laboratorio hanno visto la verifica dell'efficacia dei seguenti agenti ossidanti su campioni di terreno ed acque di falda appositamente prelevati presso l'area di interesse:

- OxyBiochem (Redox Tech), prodotto commerciale contenente persolfato attivato
- PerfulfOx (Regenesis), prodotto commerciale contenente persolfato attivato
- RegenOx (Regenesis) - prodotto commerciale sviluppante perossido di idrogeno

Sinteticamente gli esiti dei test di laboratorio hanno evidenziato:

- RegenOx: risulta efficace con rendimento di abbattimento dell'ordine dell'80-90 % sui composti aromatici (incluso monoclorobenzene) mentre su diclorometano e clorobenzene il rendimento risulta inferiore e pari rispettivamente a ca. 60% e ca. 70%;
- OxyBiochem: risulta efficace con abbattimento prossimo al 100% sui composti aromatici (incluso monoclorobenzene) mentre l'ossidazione del cloroformio risulta compresa tra l'80 ed il 90% mentre quella del diclorometano si ferma a valori molto inferiori con un rendimento inferiore al 20%
- Persulfox: risultati simili all'OxyBiochem con rendimenti intorno al 90% sui composti aromatici (inclusi monoclorobenzene) ma compresi solo tra il 20 e ca. il 35% per triclorometano e diclorometano

La valutazione dei dati derivanti dai test di laboratorio deve essere effettuata considerando che anche il campione di riferimento aveva evidenziato abbattimenti molto elevati sui composti aromatici (incluso monoclorobenzene).

Nel complesso il rendimento degli agenti ossidanti testati su diclorometano e triclorometano considerando anche il decadimento delle concentrazioni nel campione di controllo appare modesto, con valori massimi dell'80% sul triclorometano dimostrato dal Oxybiochem e di solo ca. 50% sul diclorometano determinato dal RegenOx.

9.3 Strategia di intervento – verifica di processi ossidativi alternativi

Gli esiti dei test di ossidazione chimica condotti per l'esecuzione del POB considerando che, in generale, a livello di laboratorio i risultati sono sensibilmente superiori a quelli ottenibili nell'applicazione della tecnologia a scala reale, hanno portato alla necessità di eseguire opportuni approfondimenti sia in fase di test di campo (come previsto a progetto) ma anche preliminarmente a questa fase di studio, procedendo ad alcuni approfondimenti di laboratorio finalizzati ad individuare la migliore strategia di intervento.

Con riferimento alle considerazioni sopra riportate, è risultato necessario eseguire una nuova fase di test di laboratorio finalizzata a valutare approcci alternativi di ossidazione chimica ed in particolare la verifica dell'efficacia di:

- Persolfato commerciale (non preventivamente attivato) attivato con vari catalizzatori
- Trattamento di Fenton

Riportiamo di seguito, nell'ordine, le motivazioni alla base della scelta delle tipologie di trattamento sopra richiamate.

L'attivazione in ambiente fortemente alcalino del persolfato in molti casi è una delle tecniche più efficaci con l'ossidazione chimica. L'attivazione diretta con NaOH consente una maggiore flessibilità di formulazione rispetto ai prodotti commerciali preventivamente attivati e pertanto la possibilità di pervenire a formulazioni maggiormente specifiche per le peculiarità del sito da trattare.

Il trattamento di Fenton classico (non modificato) è un trattamento di ossidazione chimica estremamente energico ed efficace dove il perossido di idrogeno viene attivato con ferro bivalente. Tale efficacia è risultata evidente in altri casi di contaminazione da clorometani e pertanto si può ipotizzare che questa tecnologia di ossidazione possa conseguire risultati eccellenti anche nel caso specifico. Il trattamento di Fenton peraltro non esaurisce la sua efficacia con l'azione di energica ossidazione ma determina una elevata (e superiore agli altri agenti ossidanti) mobilitazione degli inquinanti adsorbiti ai sedimenti favorendone da un lato l'ossidazione e dall'altro il possibile recupero degli inquinanti mobilizzati da parte di un efficace sistema di sbarramento idraulico, peraltro già previsto a progetto. In ultimo il trattamento di Fenton non comporta l'incremento massivo di solfati nell'acquifero che caratterizza l'iniezione di persolfati.

Sovente il trattamento di Fenton non viene preso in considerazione per l'elevata reattività del processo che determina la necessità di prevedere specifiche procedure di intervento finalizzate a:

- Mantenere la reazione sotto controllo
- Escludere problematiche legate in particolare alla sicurezza degli operatori.

ARCADIS possiede specifiche e decennali esperienze nell'applicazione del trattamento di Fenton per l'esecuzione di bonifiche in sito di acquiferi contaminati. Tale esperienza ha portato a considerare e a proporre con assoluta tranquillità una sua applicazione al caso del sito Zambon di Vicenza.

Le ulteriori verifiche di laboratorio preliminari all'esecuzione del test in campo, a seguito descritte, sono state effettuate per la ricerca delle modalità operative ottimali che consentano l'applicazione della tecnologia ISCO in modo effettivamente efficace e funzionale al raggiungimento degli obiettivi di bonifica.

9.4 Realizzazione campo prova ISCO

Nel settembre 2016, nel settore sud ovest del complesso (vedi Tavola 9) è stato realizzato un campo prova per l'esecuzione del test ISCO caratterizzato da n.9 punti di iniezione a profondità compresa tra 8 m e 14 m (vedasi a seguito schema dei pozzetti), denominati PI1-PI9, n. 2 punti di monitoraggio superficiale (PI10, PI11), n. 1 piezometro di monitoraggio profondo 15 m, denominato MW2, e n. 1 pozzo per l'emungimento provvisorio della falda in sostituzione del pozzo Pz32P durante il test pilota ISCO e utilizzabile anche come monitoraggio.

Di seguito si riportano le profondità delle singole finestre. L'ubicazione dei punti di iniezione e monitoraggio sono riportate nella figura e nella foto sotto riportate, comprendenti anche l'ubicazione dei pozzetti MPE descritti nel CAP. 10.

- PI2, PI6, PI7: 8-10 m
- PI1, PI5, PI9: 10-12 m
- PI3, PI4, PI8: 12-14 m

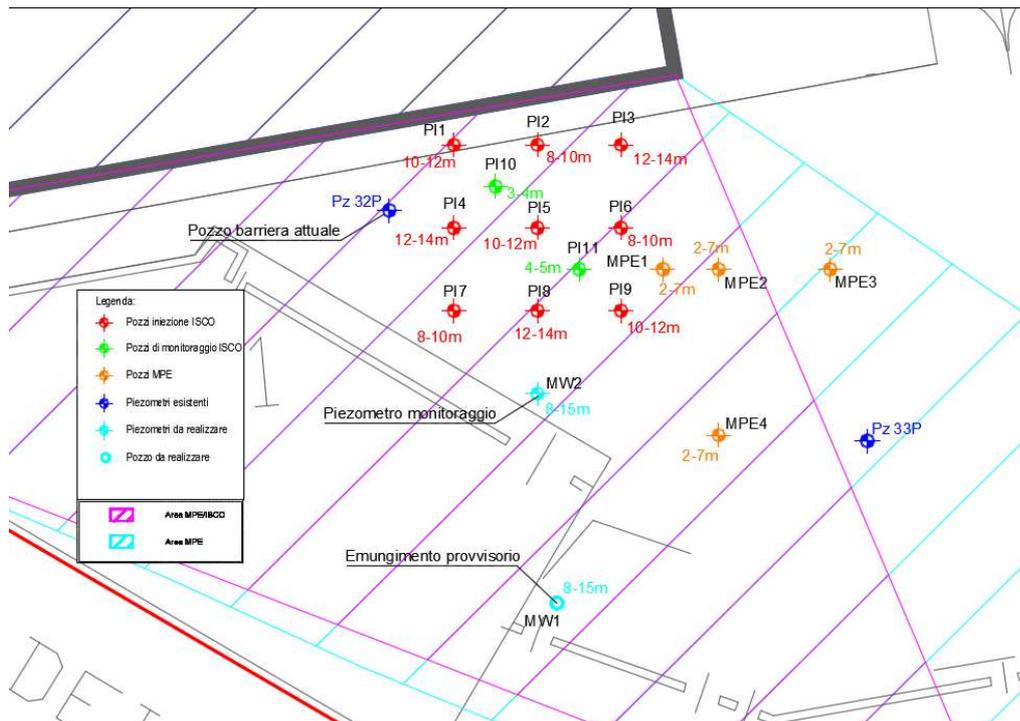


Figura 49: Campo prova ISCO e MPE

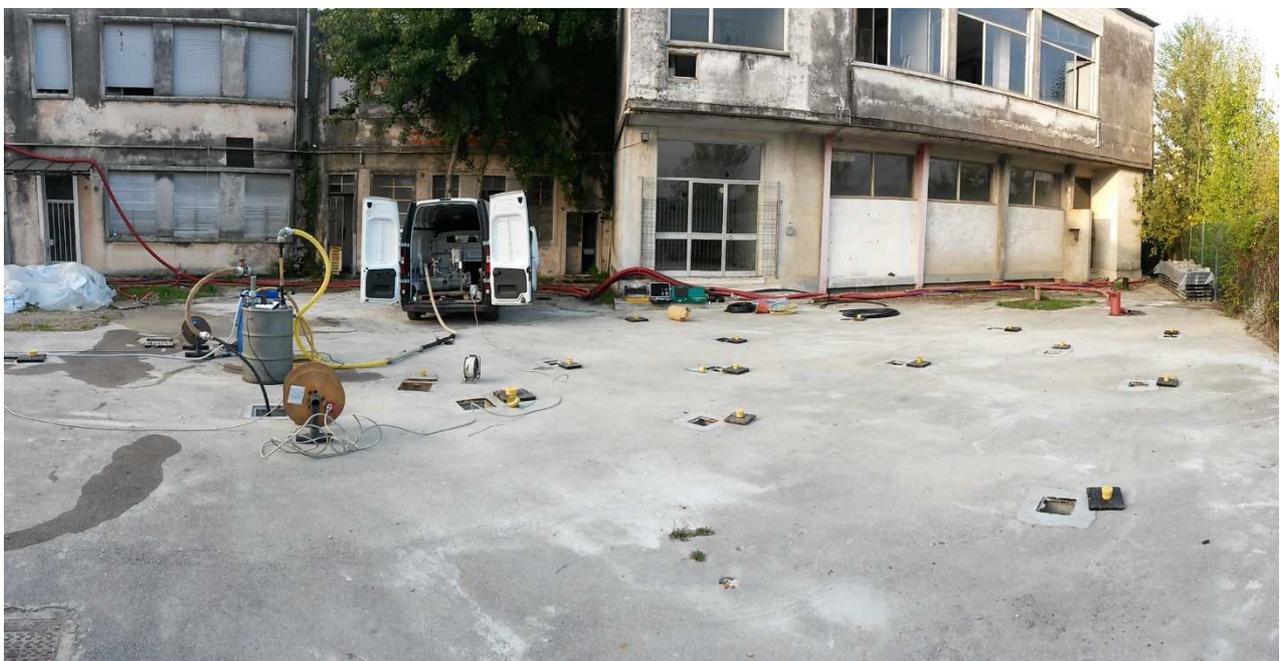


Figura 50: Campo prova ISCO e MPE

I pozzetti sono stati realizzati a distanza e profondità tale da garantire la definizione più fedele possibile dell'influenza dell'iniezione dei reagenti sull'acquifero durante il test pilota.

I sondaggi attrezzati a pozzetto ISCO sono stati realizzati a secco con carotiere semplice del diametro \varnothing di 127 mm.

I fori di sondaggio sono stati alesati con rivestimento provvisorio del diametro \varnothing di 178 mm per tutta la verticale. Durante l'alesaggio è stata utilizzata acqua di circolazione a bassa pressione.

Nel foro di sondaggio è stata inserita una tubazione di diametro \varnothing pari a 2" in HDPE composta, dal basso verso l'alto, da un tappo di fondo, un tratto fenestrato di lunghezza pari a 2,0 m per ogni pozzetto ed un tratto cieco, di lunghezza variabile data la differente profondità degli stessi, fino al p.c..

In corrispondenza dei tratti fenestrati è stato realizzato un dreno mediante l'inserimento di ghiaietto siliceo lavato e selezionato fino a ca. 0,5 – 1,0 m al di sopra del termine del tratto fenestrato stesso. Direttamente sopra il dreno è stato realizzato un setto impermeabile tramite argilla pellettata dal forte potere espansivo; l'intercapedine lungo il tratto cieco è stata quindi impermeabilizzata con boiaccia cementizia fino in superficie.

Tutti i piezometri sono stati protetti con la messa in opera di un anello di cemento e chiusino metallico classe C250.

Durante l'avanzamento della perforazione è stata redatta una dettagliata stratigrafia, dove sono stati annotati tutti i dati di interesse, con particolare riguardo ai livelli di terreno saturi, coesivi o potenzialmente contaminati.

Tutti e 9 i pozzetti profondi ISCO, al fine di avere le concentrazioni rappresentative del tempo zero "T0", sono stati oggetto di campionamento e relative analisi. I pozzetti superficiali PI10 e PI11, essendo solo di osservazione, non sono mai stati campionati e analizzati.

Nel paragrafo successivo vengono descritte le modalità di campionamento ed i risultati di laboratorio al tempo zero t0.

9.4.1 Risultati di laboratorio T0 e livelli freatici

Una volta realizzati i pozzetti di monitoraggio ed i pozzetti di iniezione si è proceduto al loro spurgo e campionamento (tempo 0) con ricerca dei parametri oggetto di trattamento oltre che dei metalli (BTEX, Solventi clorurati, Clorobenzeni, Idrocarburi, metalli).

In data 6 ottobre 2016, previo adeguato spurgo, i 9 pozzetti ISCO sono stati campionati. Nella settimana precedente le posizioni sono state adeguatamente sviluppate sottoponendo gli stessi a più cicli di svuotamento con pompa a 3 stadi alimentata a 12 volt.

Le acque emunte, in accordo con la Direzione Lavori, sono state convogliate all'impianto di trattamento acque in esercizio presso il sito previa decantazione delle stesse.

Preliminarmente alle attività di spurgo è stato eseguito, tramite sonda freaticometrica, un rilievo per determinare la soggiacenza della falda freatica dal piano campagna

I pozzetti ISCO, fenestrati a profondità differenti e comprese tra -8 m e -14 m hanno presentato soggiacenze comprese tra ca. 2,90 m e 3,20 m. I piezometri MW1 e MW2, fenestrati da -7 m e -15 m, hanno evidenziato soggiacenze pari a ca. 2,7 m – 2,9 m.

La soggiacenza nei pozzetti superficiali MPE, descritti nel Cap. 10 e fenestrati da -2 m e -7 m, è risultata compresa tra ca. 2,3 m e 2,7 m dal piano campagna.

I campioni prelevati, tenuti in contenitori refrigerati, sono stati consegnati nelle 24 ore successive al laboratorio di analisi e sottoposti alla determinazione analitica dei seguenti parametri:

- BTEX;
- Idrocarburi;
- Metalli: As, Cd, Cr tot, Cr VI, Cu, Ni, Hg, Pb, Zn; Fe;
- Clorobenzeni;
- Clorurati cancerogeni e non cancerogeni.

I risultati ottenuti sono, espressi in µg/lt, sono riportati nella tabella di seguito riportata.

Parametro	UM	Limite Dlgs 152/06	CSR Settore SW	PI1	PI2	PI3	PI4	PI5	PI6	PI7	PI8	PI9
METALLI												
Arsenico	µg/L	10	-	4,1	5,7	9,8	5,9	7,2	3,6	6,3	4,7	7,2
Cadmio	µg/L	5	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,4	<0,1	<0,1
Cromo totale	µg/L	50	-	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,2	0,2	<0,1	<0,1
Cromo esavalente	µg/L	5	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Ferro	µg/L	200	-	26	27	9	10	<5	248	<5	<5	<5
Mercurio	µg/L	1	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nichel	µg/L	20	-	0,8	1,6	2,2	1,8	1,7	4,8	2,8	1,6	1
Piombo	µg/L	10	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Rame	µg/L	1000	-	2,1	1,3	2,4	0,3	0,9	2,1	2,2	0,5	0,1
Zinco	µg/L	3000	-	6	<5	8	11	<5	<5	6	<5	11
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI												
Benzene	µg/L	1	312	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	33,7	279	0,3	0,2
Etilbenzene	µg/L	50	1140	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Toluene	µg/L	15	3480	<1	<1	<1	<1	<1	<1	260	<1	<1
p-Xilene	µg/L	10	5700	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
ALIFATICI CLORURATI CANCEROGENI												
Clorometano	µg/L	1,5	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	3,3	<0,1	<0,1
Triclorometano	µg/L	0,15	128	0,22	11,7	3,18	2476	1,36	3,97	1685	169	1,68
Cloruro di vinile	µg/L	0,5	84,9	0,12	0,12	<0,05	0,88	0,1	0,18	0,79	0,06	0,06
1,2-Dicloroetano	µg/L	3	-	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
1,1-Dicloroetilene	µg/L	0,05	-	0,06	<0,005	<0,005	<0,005	0,11	<0,005	<0,005	0,09	0,09
Tricloroetilene	µg/L	1,5	1110	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	0,1	<0,1	0,2
Tetracloroetene	µg/L	1,1	224	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Esaclorobutadiene	µg/L	0,15	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1-Dicloroetano	µg/L	810	-	7	2	<1	8	4	<1	6	4	3
ALIFATICI CLORURATI NON CANCEROGENI												
1,2-Dicloroetilene	µg/L	60	-	3	<1	<1	2	6	2	6	4	5
1,2-Dicloropropano	µg/L	0,15	213	0,21	<0,01	<0,01	0,18	0,12	0,05	0,11	0,13	0,12
1,1,2-Tricloroetano	µg/L	0,2	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
1,2,3-Tricloropropano	µg/L	0,001	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/L	0,05	-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
CLOROBENZENI												
Monoclorobenzene	µg/L	40	5330	<1	<1	<1	<1	<1	206	26260	1	2
1,2-Diclorobenzene	µg/L	270	2820	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
1,4-Diclorobenzene	µg/L	0,5	387	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,2,4-Triclorobenzene	µg/L	190	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
1,2,4,5-Tetraclorobenzene	µg/L	1,8	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Pentaclorobenzene	µg/L	5	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Esaclorobenzene	µg/L	0,01	30,8	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
ALTRE SOSTANZE												
Idrocarburi totali (n-esano)	µg/L	350	2940	<30	<30	<30	<30	<30	34	539	<30	<30

Tabella 41: Analisi pozzetti ISCO 6 ottobre 2016

Dalla tabella sovrastante emerge chiaramente come al tempo T0 concentrazioni elevate di Monoclorobenzene e di Triclorometano, i due contaminanti caratteristici del sito, si riscontrano unicamente nel pozzetto PI4 per il composto Triclorometano e nel pozzetto PI7 per Triclorometano e Monoclorobenzene. I composti aromatici risultano in questa fase inferiori alle CSR per la falda per il settore SW.

Come si vedrà anche per i pozzetti MPE nel Cap. 10, differenze così importanti in pozzetti posti a distanza massima di qualche metro l'uno dall'altro e che interessano i medesimi orizzonti saturi portano a ritenere che l'acquifero, dopo le perforazioni, non fosse ancora tornato in condizioni di completo equilibrio. I risultati di questa fase di campionamento sono quindi stati utilizzati solo parzialmente per definire le concentrazioni di partenza e quindi determinare oggettivamente l'effetto dei successivi interventi di iniezione sulla base dei monitoraggi. Per questo motivo, il giorno di inizio del test in campo (7 novembre 2016) sono stati campionati nuovamente n.4 pozzetti che, sulla base delle anomalie di campo (test Head Space con detector PID sulle acque) e della posizione all'interno del campo prova, risultavano rappresentativi (PI7, PI8, MW2 e Pz32P). I risultati analitici sono riportati di seguito.

Parametro	UM	Limite Dlgs 152/06	CSR Settore SW	PI7	PI8	MW2	Pz32p
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI							
Benzene	µg/L	1	312	577	269	899	338
Etilbenzene	µg/L	50	1140	<1	<1	<1	<1
Toluene	µg/L	15	3480	283	161	2460	1805
p-Xilene	µg/L	10	5700	<1	<1	<1	3
ALIFATICI CLORURATI CANCEROGENI							
Clorometano	µg/L	1,5	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Triclorometano	µg/L	0,15	128	1216	23209	83358	5289
Cloruro di vinile	µg/L	0,5	84,9	<0,05	2,37	5,28	<0,05
1,2-Dicloroetano	µg/L	3	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
1,1-Dicloroetilene	µg/L	0,05	-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Tricloroetilene	µg/L	1,5	1110	<0,1	<0,1	<0,1	1,3
Tetracloroetene	µg/L	1,1	224	30	<0,1	<0,1	<0,1
Esaclorobutadiene	µg/L	0,15	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1-Dicloroetano	µg/L	810	-	<1	17	49	11
ALIFATICI CLORURATI NON CANCEROGENI							
1,2-Dicloroetilene	µg/L	60	-	<1	10	25	3
1,2-Dicloropropano	µg/L	0,15	213	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,2-Tricloroetano	µg/L	0,2	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
1,2,3-Tricloropropano	µg/L	0,001	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/L	0,05	-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
CLOROBENZENI							
Monoclorobenzene	µg/L	40	5330	19830	49991	240531	47385
1,2-Diclorobenzene	µg/L	270	2820	<10	<10	14	<10
1,4-Diclorobenzene	µg/L	0,5	387	<0,05	9,37	75,8	38,1
1,2,4-Triclorobenzene	µg/L	190	-	<10	<10	<10	<10
1,2,4,5-Tetraclorobenzene	µg/L	1,8	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Pentaclorobenzene	µg/L	5	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Esaclorobenzene	µg/L	0,01	30,8	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
ALTRE SOSTANZE							
Idrocarburi totali (n-esano)	µg/L	350	2940	860	430	3359	2146

Tabella 42: Analisi acque 7 novembre 2016

Come si può notare dalla tabella soprastante le concentrazioni di BTEX, CHC, Clorobenzene e idrocarburi sono risultate nettamente superiori in questa fase, confermando che le analisi del 6 ottobre hanno sottostimato lo stato di contaminazione dell'area. Questi ultimi dati saranno quindi presi in considerazione come valori di fondo per la contaminazione dell'area.

9.5 ISCO – Sperimentazione di laboratorio

Al fine di individuare i migliori ossidanti per la bonifica del sito sono stati effettuati dei test preliminari. Questi sono stati svolti in primis in laboratorio, su campioni di terreno ed acqua provenienti dal sito, per identificare l'ossidante più promettente in termini di efficienza di trattamento, quindi direttamente in campo per verificare gli effetti indotti.

Precedenti test di laboratorio condotti da TAUW hanno mostrato una elevata capacità di degradazione dei contaminanti (~ 80%) a seguito di interventi di ossidazione chimica. Tuttavia la precedente fase di sperimentazione è stata effettuata con l'uso di elevate concentrazioni di ossidante per chilogrammo di terreno (300 g/kg), condizioni non applicabili per un trattamento reale e quindi poco significative per valutare la fattibilità dell'intervento.

Al fine di valutare la reale applicabilità della tecnologia è stata eseguita una nuova sperimentazione maggiormente sito-specifica, focalizzata ad individuare ossidanti e condizioni operative economicamente sostenibili ed egualmente efficaci nella degradazione dei contaminanti. In questa sperimentazione si è tenuto conto della geochimica del suolo del sito, nonché della possibile naturale presenza di catalizzatori nel suolo e nelle acque del sito.

9.5.1 Caratteristiche dei composti di interesse

La sperimentazione di laboratorio è stato focalizzata a verificare la trattabilità dei principali contaminanti dell'area prevista per gli interventi ISCO, ossia il Cloroformio (Triclorometano) e il Monoclorobenzene (MCB).

Nella seguente tabella sono riassunte alcune caratteristiche chimiche dei composti di interesse.

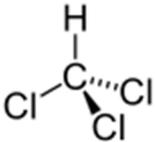
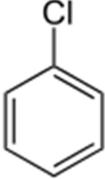
Proprietà	u.m	Cloroformio	MCB
Numero CAS	-	67-66-3	108-90-7
Formula chimica			
Peso specifico	g/cm ³	1,49	1,11
Solubilità	mg/l	7950	498
Log K _{ow}	-	1.97	2.84
Pressione di vapore	mm Hg	197	11.97
Coefficiente di Henry	atm * m ³ / mole @25°C	0.00367	0.00311
Velocità di reazione con radicali idrossile in acqua	M ⁻¹ * s ⁻¹	~5.5 x 10 ⁶	5.5 x 10 ⁹

Tabella 43: Proprietà chimiche di Cloroformio e MCB

Entrambi i composti sono ben solubili e mostrano un moderato adsorbimento al suolo. Il loro coefficiente di Henry è simile e rientra in un range di buona strippabilità.

Il cloroformio presenta una maggiore difficoltà di ossidazione rispetto al MCB, pertanto, nel valutare i potenziali ossidanti da applicare, sono state considerate anche gli eventuali effetti secondari indotti dai trattamenti proposti, quali volatilizzazione ed idrolisi, che possono concorrere in modo significativo alla rimozione degli inquinanti dalle matrici contaminate.

Sulla base delle caratteristiche di trattabilità dei contaminanti sono stati quindi individuati quali potenziali ossidanti applicabili al sito il Persolfato ed il reagente di Fenton.

9.5.2 Modalità di esecuzione del test

L'attività di sperimentazione di laboratorio si è svolta in due fasi.

Durante la prima sono state studiate le caratteristiche chimico fisiche del suolo, nella seconda fase sono state verificate le modalità di attivazione e le efficienze di degradazione raggiunte dai due ossidanti selezionati: Persolfato di sodio e Reagente di Fenton.

Nella fase preliminare di studio delle caratteristiche del sito sono state sottoposte a sperimentazione n. 3 aliquote di terreno prelevate dai sondaggi PI1 (8-13 m), PI8 (10-13 m) e PI3 (11-14,5 m) realizzati per l'esecuzione della successiva fase di sperimentazione in campo (Test Pilota) e due campioni di acqua prelevati dal piezometro Pz32P posto nelle immediate vicinanze dello stesso. Le aliquote

selezionate sono state scelte sulla base della loro rappresentatività della matrice solida che sarà sottoposta a bonifica.

I tre campioni di suolo sono stati sottoposti ad una prima valutazione speditiva del contenuto di carbonati e ferro, quindi è stata valutata la loro reattività in presenza di acqua ossigenata, determinata la capacità tampone del suolo e la domanda di ossidante del suolo (SOD).

La verifica del contenuto di carbonati è stata effettuata mediante l'aggiunta di 2 ml di acido solforico (soluzione al 10%) ad un'aliquota di 5 g di terreno. L'evidenziazione di una moderata effervescenza in tutti e tre i campioni testati ha evidenziato la presenza di carbonati.

In secondo luogo è stata effettuata una verifica dell'eventuale naturale presenza di ferro nel suolo da trattare. Questo metallo è necessario per operare con reagente di Fenton e può fungere da attivatore per trattamenti effettuati con persolfato.

In questo caso è stata effettuata una titolazione colorimetrica su campioni di terreno additivati con acido solforico sino a pH inferiore a 4. Tutti e tre i campioni hanno evidenziato una elevata presenza di ferro nel suolo potenzialmente disponibile per attivare le reazioni di ossidazione.

Campione	Presenza di Ferro	Risultati test dopo 2 gg
PI 1 (8-13 m)	Si	
PI 8 (10-13 m)	Si	
PI 3 (11-14,5 m)	Si	

Figura 51: Test colorimetrico

In ultimo è stata effettuata una verifica della reattività del suolo all'acqua ossigenata.

Anche in questo caso è stata effettuata una verifica speditiva condotta aggiungendo un piccolo quantitativo (ca. 2,5 ml) di perossido di idrogeno al 35% ad uno slurry

realizzato a partire da 50 g di suolo del sito e acqua demineralizzata sino a solubilizzazione, osservandone quindi gli effetti (vedi tabella seguente).

Campione	Reazione al perossido di idrogeno (H ₂ O ₂)			
	Descrizione	t=0	t=5 min	t= 1 ora
PI 1 (8-13 m)	Lieve effervescenza visibile e udibile			
PI 8 (10-13 m)	Lieve effervescenza visibile e udibile			
PI 3 (11-14,5 m)	Lieve effervescenza visibile e udibile; dopo alcuni minuti la reazione si fa più intensa con sviluppo di vapore e calore			

Figura 52: Reazione all'acqua ossigenata

La verifica della capacità tampone del suolo è stata valutata sia nella reazione all'aggiunta di acidi forti (acido solforico) sia all'aggiunta di basi forti (soda caustica). I grafici nelle figure seguenti mostrano l'andamento del pH dei campioni all'aggiunta dei due reagenti.

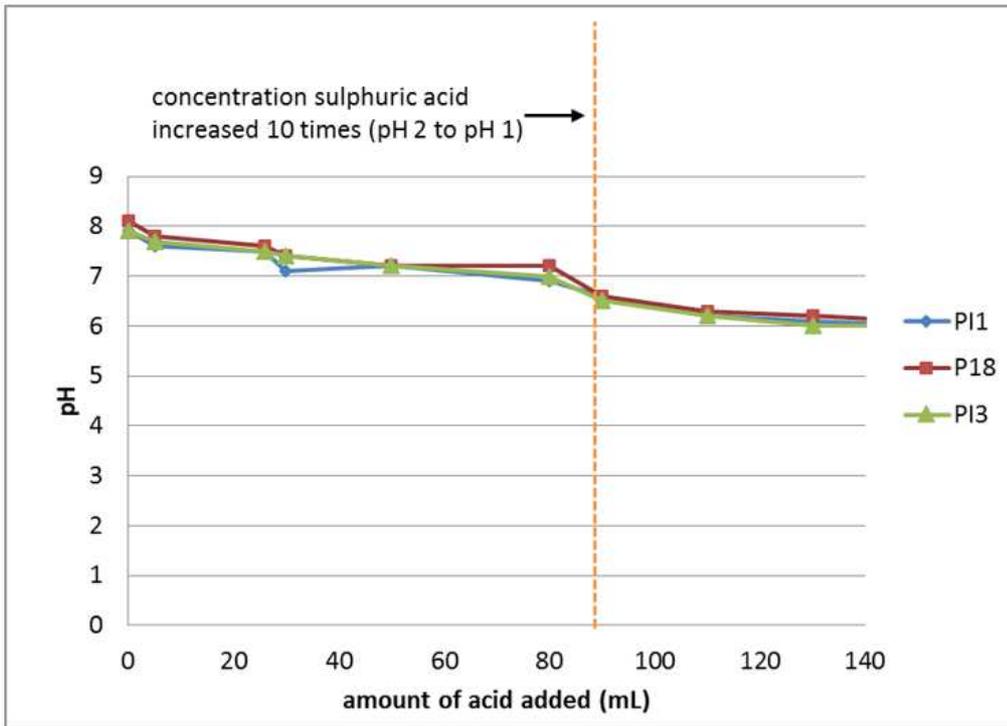


Grafico 3: Andamento del pH all'aggiunta di acido solforico concentrato – Azione tampone verso gli acidi

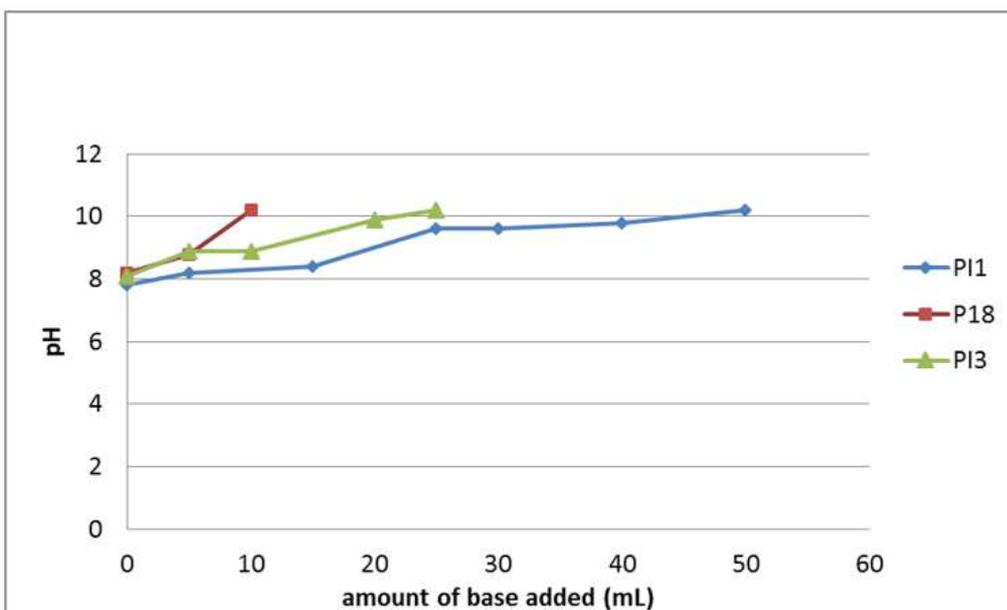


Grafico 4: Andamento del pH all'aggiunta di soda caustica- Azione tampone verso le basi

Una verifica del contenuto di ferro disponibile prima e dopo i test svolto per la determinazione del comportamento tampone verso gli acidi, ha evidenziato che nonostante la modesta variazione di pH indotta, la disponibilità di ferro in soluzione (Fe^{2+} / Fe^{3+}) aumenta in modo considerevole, da valori attorno a 2-5 mg/l a valori superiori a 100 mg/l.

In ultimo è stata determinata la domanda di ossidante del suolo (SOD). I risultati sono riportati nella seguente tabella.

Campione	SOD – H ₂ O ₂ [mg/kg]	SOD – Na ₂ S ₂ O ₈ [mg/kg]
PI 1 (8-13 m)	<0.3	<0.1
PI 8 (10-13 m)	<0.3	<0.1
PI 3 (11-14.5 m)	<0.3	<0.1

Tabella 44: Domanda di ossidante del suolo

Questa prima fase di sperimentazione ha consentito di evidenziare alcune aspetti caratteristici del sito che potrebbero influenzare la scelta degli ossidanti da utilizzare nel test pilota in campo e successivamente a scala reale:

- Litologia locale. I campioni prelevati evidenziano una granulometria nel complesso piuttosto fine (classificabili come Loam – Sandy Loam), che potrebbe determinare alcune difficoltà nella distribuzione dei reagenti liquidi nel sottosuolo (meno significativa la problematica per il Fenton in quanto la formazione di gas agevola la sua dispersione nel suolo);
- Elevata presenza di carbonati nel suolo e conseguente difficoltà nell'abbassare il pH;
- Elevata disponibilità di ferro nel suolo che potrebbe facilitare l'azione degli ossidanti (Fenton e Persolfato);
- Elevata reattività del suolo all'acqua ossigenata;
- Domanda di ossidante del suolo entro range di accettabilità per entrambi gli ossidanti testati.

Sulla base degli esiti di questa prima fase di sperimentazione in laboratorio è stato sviluppato il test vero e proprio di ossidazione dei contaminanti.

Sono stati preparati n. 10 campioni slurry composti ciascuno miscelando 400 g di terreno e 600 ml di acqua di falda provenienti dal sito. Questi sono stati trattati mediante l'aggiunta di ossidante ed eventualmente attivatore. Per ciascuno ossidante sono stati testati due differenti dosaggi (5 g/l e 20 g/l di ossidante). Il dosaggio più basso è paragonabile a quello potenzialmente utilizzabile a scala reale, l'altro è difficilmente applicabile in condizioni reali, ma è stato verificato per valutare l'applicabilità almeno teorica dell'intervento.

In termini di rapporto ossidante / massa di suolo trattato, i test sono stati condotti a dosaggi rispettivamente pari a 7,5 g/kg e 30 g/kg, concentrazioni decisamente più basse e realistiche di quelle utilizzate nella precedente sperimentazione di laboratorio (300 g/kg).

Un ultimo campione preparato nel medesimo modo, ma senza l'aggiunta di ossidanti o attivatori è stato utilizzato come bianco di confronto.

Nella seguente tabella è riportato lo schema della sperimentazione.

Denominazione campione	Descrizione
B1	Bianco di controllo
F1	Fenton modificato (ferro + acido citrico) 5 g/l
F2	Fenton modificato (ferro + acido citrico) 20 g/l
F3	Fenton (ferro + acido solforico) 5 g/l
F4	Fenton (ferro + acido solforico) 20 g/l
P1	Persolfato non attivato 5 g/l (attivazione naturale per presenza di ferro nel suolo)
P2	Persolfato non attivato 20 g/l (attivazione naturale per presenza di ferro nel suolo)
P3	Persolfato attivato con H ₂ O ₂ 5 g/l
P4	Persolfato attivato con H ₂ O ₂ 20 g/l
P5	Persolfato attivato in ambiente alcalino 5 g/l
P6	Persolfato attivato in ambiente alcalino 20 g/l

Tabella 45: Set di prova

Campioni delle acque surnatanti e dei terreni sono stati prelevati a tempo zero, dopo 7 giorni di reazione e dopo 13 giorni per valutare l'andamento della sperimentazione. Nelle seguenti figure sono riportate le rese di abbattimento rilevate per i contaminanti di maggiore interesse (Cloroformio, Diclorometano e Monoclorobenzene).

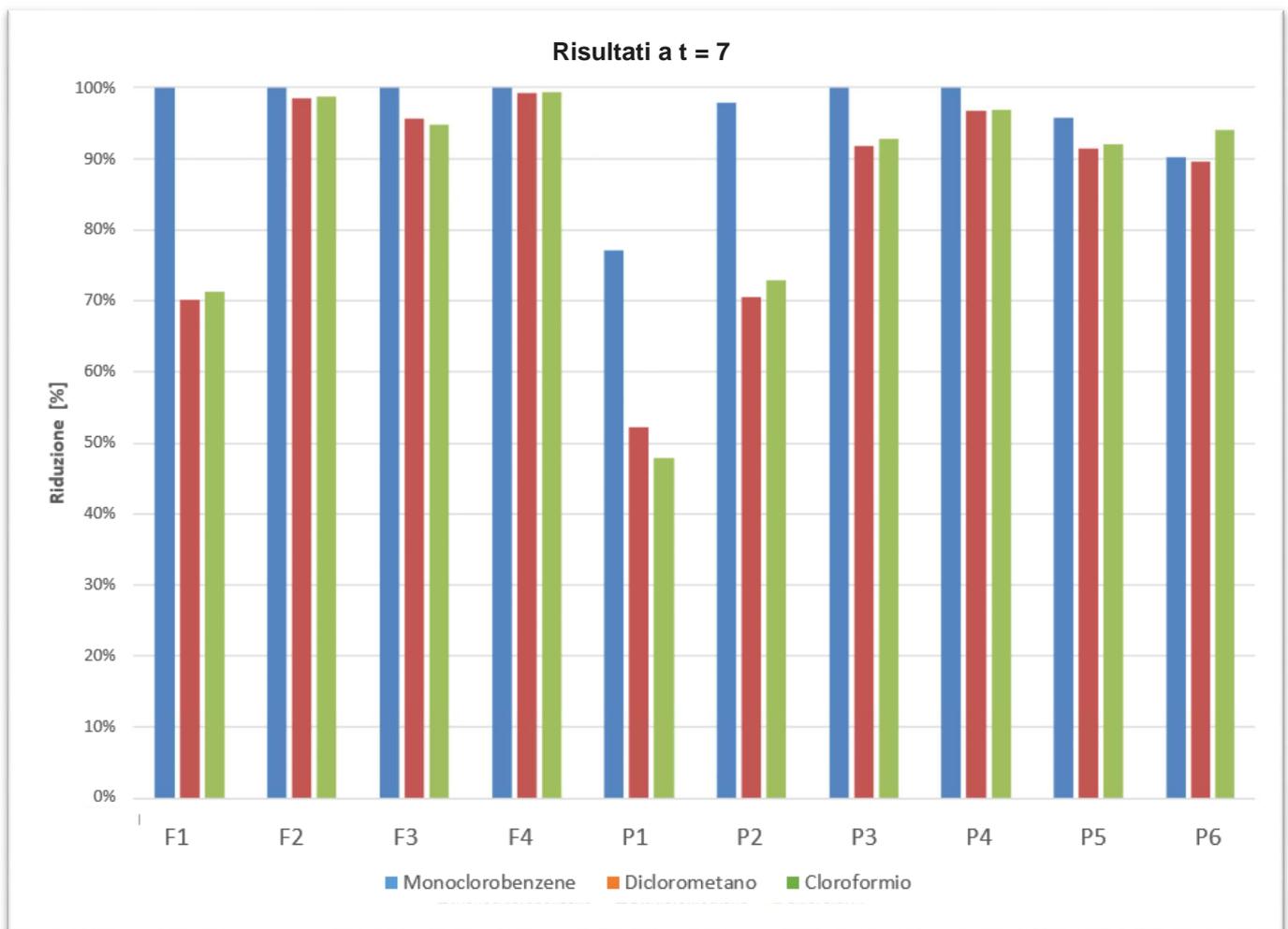


Grafico 5: Riduzione dei contaminanti nel surnatante rispetto al bianco a t = 0

Rispetto alle concentrazioni di contaminanti rilevate nel surnatante del campione di bianco a t=0, già dopo 7 giorni di reazione sono stati rilevati buoni rendimenti di degradazione relativamente a MCB (77-100%) e cloroformio (49-93%) in tutte le condizioni di test. Per quanto riguarda i test con persolfato, i campioni nei quali non è stato aggiunto un attivatore esterno sono risultati meno performanti.

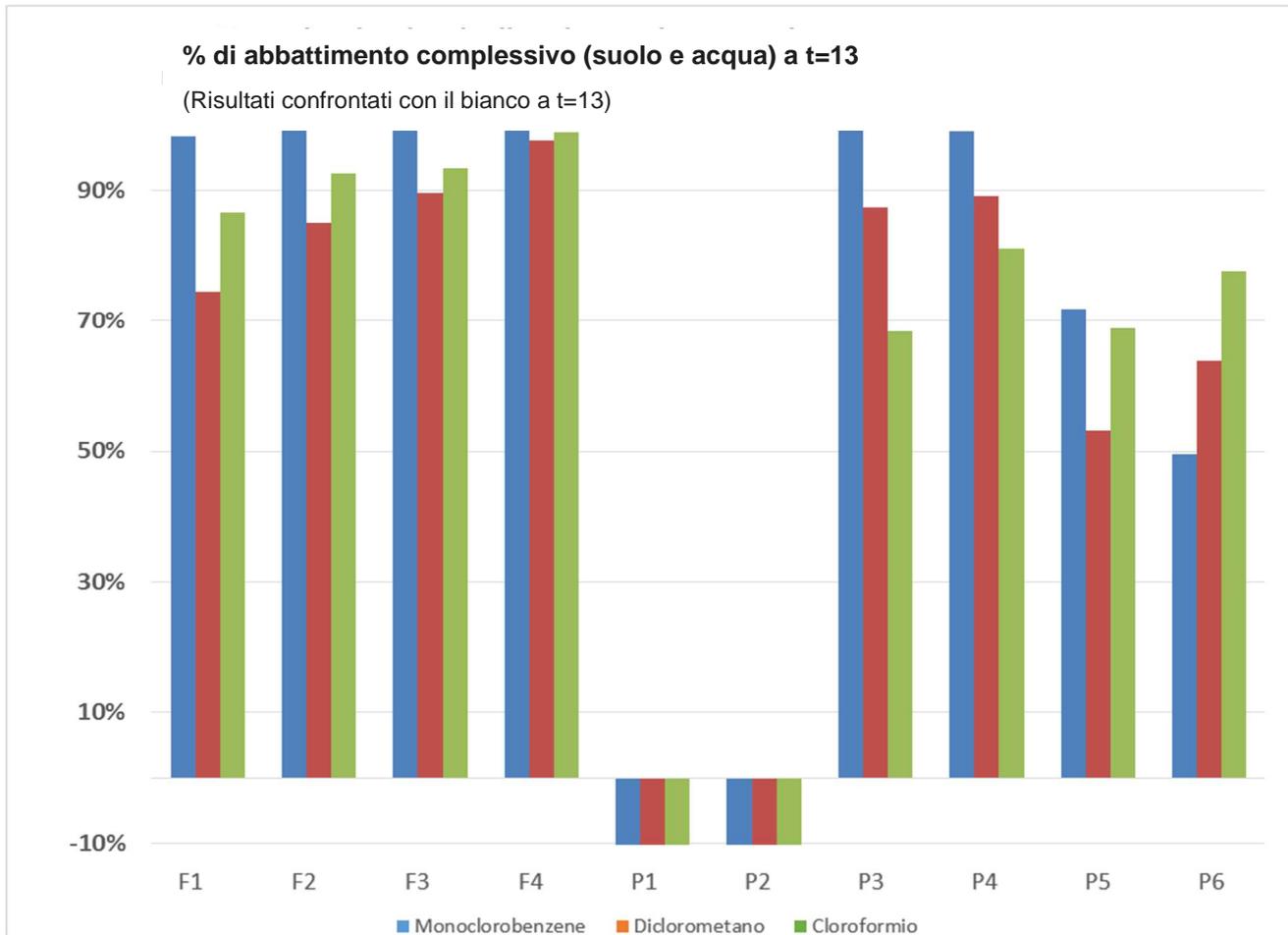


Grafico 6: Abbattimento complessivo dei contaminanti (suolo e acqua) rispetto al bianco a t=13

L'anomalo risultato osservato per i campioni P1 e P2 (persolfato non attivato) è presumibilmente attribuibile ai fenomeni di biodegradazione e volatilizzazione occorsi al campione di controllo (bianco) durante la sua manipolazione e probabilmente inibiti nei campioni P1 e P2 dall'aggiunta del persolfato.

Come si può osservare i risultati migliori si sono nel complesso raggiunti con il Fenton (sia normale che modificato).

Aspetto significativo è che la rimozione del contaminante è stata osservata sia nella fase solida sia nella matrice solida. Il campione di controllo invece non ha evidenziato significative riduzioni della massa di contaminante nella matrice suolo.

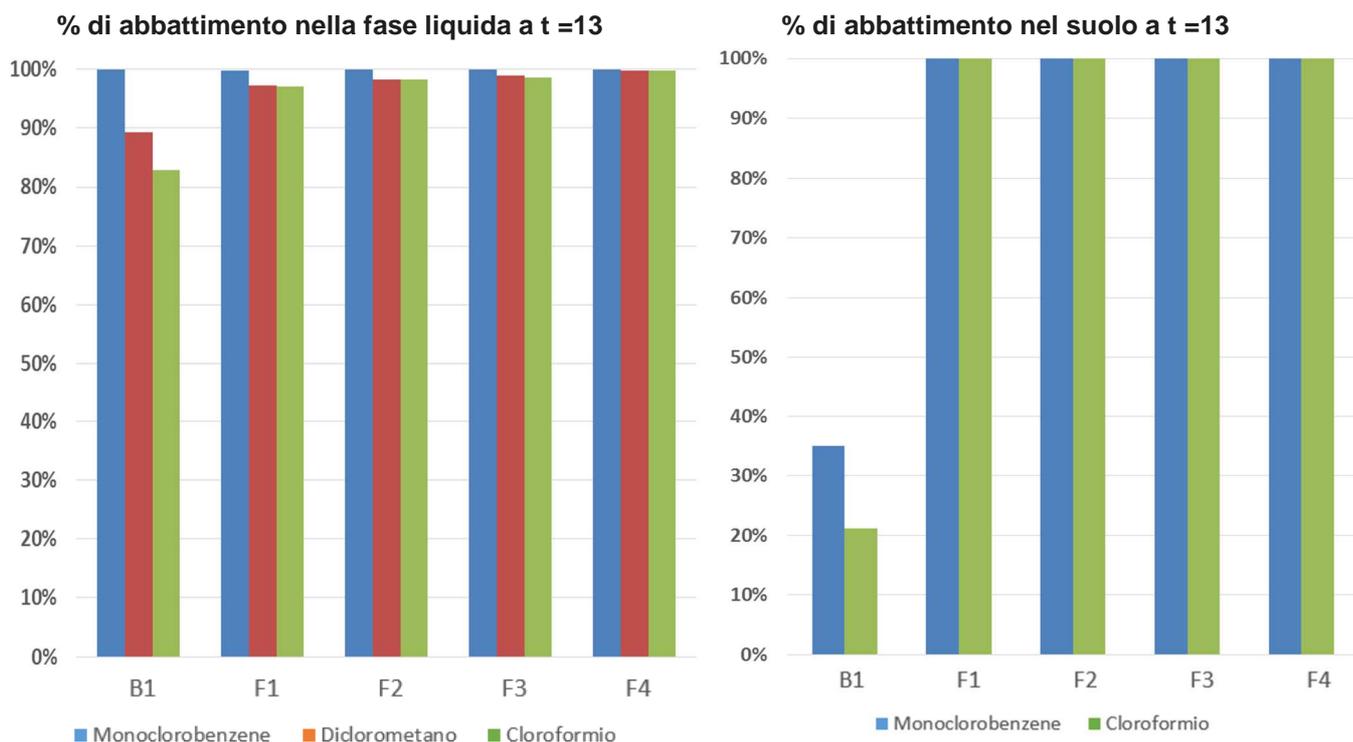


Grafico 7: Abbattimento complessivo dei contaminanti (suolo e acqua separatamente) rispetto al bianco a t=13

9.5.3 Risultati della sperimentazione di laboratorio

La sperimentazione condotta ha evidenziato quale migliore ossidante per la degradazione dei contaminanti del sito il reagente di Fenton in ambiente acido (Fenton classico), anche se altrettanto ottimi risultati sono stati conseguiti utilizzando il Fenton modificato (ferro chelato). Entrambe le tecnologie hanno consentito di raggiungere elevati rendimenti di degradazione dei contaminanti di interesse (100% per il Monoclorobenzene e superiore al 90% per il cloroformio) sia nelle acque che nella matrice solida.

Alla luce dei risultati conseguiti il test pilota in campo è stato focalizzato nella verifica della fattibilità operativa e nella determinazione dei rendimenti di bonifica di un intervento di ossidazione con reagente di Fenton (classico e modificato).

9.6 Test di ossidazione chimica in campo

Sulla base dei risultati del test di laboratorio condotto, nel novembre 2016 è stato effettuato un test pilota di ossidazione chimica mediante reagente di Fenton (acqua ossigenata, Ferro).

Il test pilota di campo si propone pertanto le seguenti finalità:

- Applicazione del metodo in sicurezza ed eventuali misure di sicurezza da intraprendere;
- Confermare con prova diretta sul campo l'applicabilità dell'intervento di ossidazione chimica con i reagenti che hanno fornito le migliori performances in laboratorio (H₂O₂ + catalizzatori per reagente di Fenton);
- Eventuali formazioni di metalli o contaminanti non completamente decomposti;
- Raggio di influenza raggiungibile da ogni punto di iniezione;
- Corretta distribuzione dei reagenti;

- Quantitativi di reagenti (ossidanti/catalizzatori) che possono essere iniettati su base giornaliera (dosaggio/tempo);
- Valutare il reale numero di punti di iniezione da installare nella fase full scale e loro profondità;
- Valutare la quantità di agenti ossidanti che si renderà necessario utilizzare per conseguire il raggiungimento delle CSR.

9.6.1 Esecuzione iniezioni

La preparazione del test pilota è una parte fondamentale dell'intervento di bonifica nel suo complesso. La predisposizione di una adeguata pianificazione di tutti gli aspetti connessi alla sicurezza è inoltre basilare per escludere rischi in occasione delle attività operative. E' stata pertanto posta particolare attenzione a:

- Preparazione del sito (tra cui recinzioni di sicurezza e l'uso di specifica segnaletica di sicurezza);
- Trasporto e lo stoccaggio dei prodotti chimici;
- Problematiche di sicurezza durante tutte le fasi dell'intervento e in particolare relativamente a perforazioni, iniezioni, campionamenti;
- Potenziali interferenze con tutte le altre attività contemporaneamente in esecuzione sul sito.

Il test pilota in campo è stato eseguito utilizzando uno specifico impianto mobile di iniezione. L'impianto consiste in un gruppo di iniezione preassemblato in un container da 10 piedi. L'unità è completamente autonoma a seguito delle impostazioni iniziali in termini di portata di ossidanti e catalizzatori e necessita solo acqua di processo e allacciamento elettrico. Nelle immagini è rappresentato l'impianto che è stato utilizzato presso il sito.



Figura 53: Unità mobile ISCO

Non è stata utilizzata un'unità di soil vapour extraction (SVE) a causa dei livelli freatici elevati nel periodo del test pilota e a causa delle evidenze di campo (effervescenze etc.) che non lo hanno reso necessario o tecnicamente fattibile. Nella progettazione full scale sarà comunque previsto un impianto SVE, dal momento che si ipotizza una reazione meno marcata nel tempo a seguito dell'iniezione degli ossidanti e una maggiore facilità di recupero dei vapori.

Nella prima fase, prima delle iniezioni di catalizzatori e ossidante, sono state monitorate le concentrazioni di composti volatili con PID, determinando anche LEL e livelli di biossido di carbonio e di ossigeno.



Figura 54: Fase del test pilota ISCO

In data 7 novembre 2016 è iniziata l'iniezione dei catalizzatori, con iniezione di acido solforico in PI1 e PI3 e acido citrico in PI8 al fine di valutare l'acidificazione dell'ambiente saturo e la susseguente disponibilità di Ferro in soluzione nell'acquifero.

Una volta terminate queste prime verifiche e valutati i risultati, in data 8 novembre è iniziata l'iniezione di Perossido d'Idrogeno con soluzione pari a ca. il 3% negli stessi pozzetti con preventiva iniezione di acido solforico come catalizzatore.



Figura 55: Particolare collegamento a testa pozzo

A seguito delle prime evidenze di campo, soprattutto a causa della presenza di marcata effervescenza in alcuni pozzetti, si è optato per il cambio dei pozzetti di iniezione già nel pomeriggio del 8/11/16, con iniezione quindi in PI7, PI8, PI9 e utilizzo di acido citrico come catalizzatore, dal momento che permette una reazione più blanda nell'acquifero.

Il test pilota ha avuto una durata di ca. nove giorni ed è terminato in data 15 novembre 2016.

L'iniezione, durante il test, ha interessato a rotazione tutti i pozzetti ISCO (PI1-PI9). A causa della reazione energica riscontrata nell'acquifero in molti pozzetti, sono stati iniettati 2 metri cubi di Perossido d'Idrogeno diluito al 3% o meno a seconda della reazione ottenuta nei pozzetti limitrofi.

9.6.2 Monitoraggio – verifica efficacia ISCO in campo

Il monitoraggio del processo ossidativo è un aspetto fondamentale del test pilota. Una parte importante delle attività quotidiane durante un test pilota ISCO è quello di prelevare campioni per l'esecuzione di determinazioni analitiche direttamente in campo o presso laboratori di analisi esterni, eseguire analisi di gas a testa pozzo ed eseguire l'interpretazione dei dati disponibili, regolando e calibrando le attività di iniezione di conseguenza.



Figura 56: strumentazioni di campo

Il monitoraggio è finalizzato a valutare (durante e dopo l'iniezione):

- La distribuzione e la decomposizione dell'agente ossidante iniettato
- La distribuzione del/dei catalizzatori
- Il decadimento dei contaminanti presenti nelle acque sotterranee
- L'effetto dell'ossidazione sull'eventuale formazione di composti non desiderati e sulla solubilizzazione di metalli
- La produzione di prodotti di decomposizione (anidride carbonica, ossigeno, cloruri)
- Concentrazione di inquinanti negli eventuali gas recuperati
- L'evoluzione di pH, RedOx, temperatura e conducibilità

Durante le fasi di iniezione sono stati periodicamente verificati i seguenti parametri delle acque da tutti i pozzetti a disposizione:

- Temperatura
- Ferro
- pH
- Ossigeno disciolto

Inoltre periodicamente venivano valutate eventuali evidenze (effervescenza, risalite del livello freatico) nei pozzetti di monitoraggio legate alle attività di iniezione in corso.

Sempre nei pozzetti di monitoraggio sono state effettuate le seguenti misure sui gas interstiziali a testa pozzo:

- VOC
- LEL
- CO₂
- O₂

Il programma di monitoraggio relativamente alle misure in campo è stato effettuato durante tutto il periodo nel quale sono state eseguite le iniezioni di reagenti e catalizzatori.

Le verifiche presso laboratorio esterno, sostanzialmente finalizzate ad accertare i trend di evoluzione delle concentrazioni di inquinanti (BTEX, Solventi clorurati, Clorobenzeni, Idrocarburi, Metalli), hanno avuto inizio a partire dal 21/11/2016 e sono state ripetute in data 28/11/2016.

9.7 Monitoraggi periodici post test pilota ISCO

A seguito delle iniezioni ISCO sono stati effettuati i seguenti campionamenti di acque di falda e relative analisi per la ricerca di BTEX, CHC, Clorobenzeni, Metalli, Idrocarburi, Cloruri.

Questi monitoraggi sono stati effettuati nelle seguenti date:

- 16/11/2016: il solo piezometro MW1, su richiesta della D.L. in concomitanza con prelievi richiesti dagli Enti per le attività ISCO in corso
- 21/11/2016: pozzetti da PI1 a PI9, MW1-MW2, MPE1,2,3,4 e Pz32P
- 28/11/2016: sono stati selezionati i pozzi più rappresentativi a seguito delle campagne precedenti. Sono quindi stati campionati i punti PI2, PI4, PI6, PI7, PI8, MPE4, MW1, MW2, Pz32P

Nella tabella riportata nella pagina seguente sono inseriti gli esiti analitici del prelievo di acqua di falda del 21 novembre 2016 (tempo 1).

Parametro	UM	Limite Dlgs 152/06	CSR Settore SW	PI1	PI2	PI3	PI4	PI5	PI6	PI7	PI8	PI9	MW2	MPE1	MPE2	MPE3	MPE4	Pz32p
METALLI																		
Arsenico	µg/L	10	-	218	10,3	60,1	70,6	266	46,9	32,2	58,1	28,3	24,6	7,4	8,6	7,6	4,5	9,3
Cadmio	µg/L	5	-	0,5	0,1	0,4	0,2	0,4	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cromo totale	µg/L	50	-	72,2	3,6	35,5	85,5	68,4	11,4	64,8	48,4	36	10,8	4,8	3,3	1,5	2,1	0,1
Cromo esavalente	µg/L	5	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Ferro	µg/L	200	-	82800	1280	20200	90900	78800	3760	23700	90300	83500	446	213	73	15	53	82
Mercurio	µg/L	1	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nichel	µg/L	20	-	196	12,2	276	223	377	59	73,3	112	90,5	15	23,2	26,2	23	6,7	54,9
Piombo	µg/L	10	-	2	<1	<1	3	7	<1	<1	3	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Rame	µg/L	1000	-	24,6	9,4	34,2	24,2	60,2	9,7	9,9	12,1	8,7	6,2	3,6	4,3	3,6	8	0,7
Zinco	µg/L	3000	-	30	<5	101	39	71	6	9	17	26	9	7	7	15	13	35
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI																		
Benzene	µg/L	1	312	4,4	85,6	3,1	0,8	4,3	450	217	3,6	0,2	124	1,9	4,5	<0,1	<0,1	421
Etilbenzene	µg/L	50	1140	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Toluene	µg/L	15	3480	28	622	8	2	11	764	469	12	<1	173	<1	1	<1	<1	1390
p-Xilene	µg/L	10	5700	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
ALIFATICI CLORURATI CANCEROGENI																		
Clorometano	µg/L	1,5	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Triclorometano	µg/L	0,15	128	34,8	100	0,59	16	170	11,7	20459	127	0,73	3184	16	15,9	2,99	7,32	6230
Cloruro di vinile	µg/L	0,5	84,9	0,26	0,13	<0,05	<0,05	0,33	0,46	<0,05	0,05	<0,05	0,45	0,07	0,05	<0,05	<0,05	0,6
1,2-Dicloroetano	µg/L	3	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
1,1-Dicloroetilene	µg/L	0,05	-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Tricloroetilene	µg/L	1,5	1110	0,2	0,2	0,2	<0,1	0,2	0,2	<0,1	0,3	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,8
Tetracloroetene	µg/L	1,1	224	0,1	0,1	0,1	<0,1	0,1	0,1	<0,1	0,2	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,7
Esaclorobutadiene	µg/L	0,15	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1-Dicloroetano	µg/L	810	-	1	1	<1	<1	<1	2	<1	<1	<1	5	<1	<1	<1	<1	12
ALIFATICI CLORURATI NON CANCEROGENI																		
1,2-Dicloroetilene	µg/L	60	-	<1	1	<1	<1	1	2	<1	<1	<1	6	<1	<1	<1	<1	<1
1,2-Dicloropropano	µg/L	0,15	213	0,05	0,04	<0,01	<0,01	0,03	6	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,3
1,1,2-Tricloroetano	µg/L	0,2	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,09	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
1,2,3-Tricloropropano	µg/L	0,001	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/L	0,05	-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
CLOROBENZENI																		
Monoclorobenzene	µg/L	40	5330	1295	3403	320	326	394	15361	21603	1948	18	24805	37	239	<1	<1	37570
1,2-Diclorobenzene	µg/L	270	2820	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	51
1,4-Diclorobenzene	µg/L	0,5	387	1,95	1,35	<0,05	0,14	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,2,4-Triclorobenzene	µg/L	190	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
1,2,4,5-Tetraclorobenzene	µg/L	1,8	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Pentaclorobenzene	µg/L	5	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Esaclorobenzene	µg/L	0,01	30,8	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
ALTRE SOSTANZE																		
Idrocarburi totali (n-esano)	µg/L	350	2940	32	708	<30	224	70	1303	1092	73	<30	351	<30	<30	<30	<30	1983

Tabella 46: Analisi acque di falda 21/11/2016

Dall'esame della tabella soprastante si possono trarre le seguenti conclusioni inerenti i composti ricercati:

- Monoclorobenzene (MCB): si riscontrano concentrazioni molto marcate in PI6 e PI7 (posizione quasi opposta nel campo prova), con concentrazioni rispettivamente pari a ca. 15.000 µg/l e ca. 21.000 µg/l (quest'ultimo in linea col pregresso). In MW2 la concentrazione di MCB è scesa di un ordine di grandezza, da ca. 240.000 µg/l a ca. 24.000 µg/l. In Pz32P la concentrazione di MCB è rimasta dello stesso ordine di grandezza pur diminuendo da ca. 47.000 µg/l a ca. 37.000 µg/l
- Triclorometano (TCM): si riscontra la concentrazione più elevata in PI7, in cui è salita di circa un ordine di grandezza, essendo in questa fase pari a ca. 21.000 µg/l. Si riscontrano inoltre ca. 6.200 µg/l in Pz32P e ca. 3.200 µg/l in MW2
- Benzene: le maggiori concentrazioni di Benzene si riscontrano in PI6, PI7 e Pz32P con valori compresi tra ca. 200 µg/l (PI7) e ca. 450 µg/l (PI6)
- Toluene: le concentrazioni più marcate sono state riscontrate in PI, PI6, PI7, Pz32P, con concentrazioni massime in quest'ultimo punto pari a ca. 1.300 µg/l
- Si è assistito ad una mobilitazione dei contaminanti dovuta all'iniezione di ossidanti e conseguente effervescenza e produzione di gas

Nella tabella riportata nella pagina seguente sono inseriti gli esiti analitici del prelievo di acqua di falda del 28 novembre 2016 (tempo 2).

Parametro	UM	Limite Dlgs 152/06	CSR Settore SW	PI2	PI4	PI6	PI7	PI8	MW1	MW2	MPE4	Pz32p
METALLI												
Arsenico	µg/L	10	-	<u>29,2</u>	<u>183</u>	<u>23</u>	8,8	<u>71,2</u>	2,8	<u>31,2</u>	2	7,5
Cadmio	µg/L	5	-	<0,1	0,1	<0,1	0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cromo totale	µg/L	50	-	5,7	<u>82,7</u>	3,2	13,4	45,8	0,7	9,6	0,3	<0,1
Cromo esavalente	µg/L	5	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Ferro	µg/L	200	-	<u>2109</u>	<u>14960</u>	<u>1319</u>	<u>1012</u>	<u>8974</u>	35	114	22	<u>929</u>
Mercurio	µg/L	1	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nichel	µg/L	20	-	5,8	<u>203</u>	<u>29,6</u>	<u>34,3</u>	<u>133</u>	2,4	7,3	2,9	<u>28,7</u>
Piombo	µg/L	10	-	<1	4	<1	<1	2	<1	<1	<1	<1
Rame	µg/L	1000	-	2	19	3,1	12,9	15,2	0,4	0,8	3,6	1,1
Zinco	µg/L	3000	-	<5	31	5	7	20	<5	<5	<5	21
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI												
Benzene	µg/L	1	312	<u>327</u>	1,7	<u>397</u>	284	26	56,9	255	<0,1	<u>434</u>
Etilbenzene	µg/L	50	1140	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Toluene	µg/L	15	3480	937	8	328	916	72	60	648	<1	1481
p-Xilene	µg/L	10	5700	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
ALIFATICI CLORURATI CANCEROGENI												
Clorometano	µg/L	1,5	-	<0,1	<0,1	<0,1	4,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,8
Triclorometano	µg/L	0,15	128	83,2	25,4	44	<u>27087</u>	<u>982</u>	<u>1492</u>	<u>17736</u>	3,44	<u>6028</u>
Cloruro di vinile	µg/L	0,5	84,9	1,4	0,07	1	1,32	0,48	2,43	<0,05	<0,05	0,9
1,2-Dicloroetano	µg/L	3	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<u>4</u>	<0,1	<0,1
1,1-Dicloroetilene	µg/L	0,05	-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,05	<u>0,26</u>	<0,005	<0,005	<0,005
Tricloroetilene	µg/L	1,5	1110	0,3	0,2	<0,1	<0,1	0,3	0,2	<0,1	<0,1	0,8
Tetracloroetene	µg/L	1,1	224	0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	0,4
Esaclorobutadiene	µg/L	0,15	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1-Dicloroetano	µg/L	810	-	4	<1	<1	15	3	8	15	<1	12
ALIFATICI CLORURATI NON CANCEROGENI												
1,2-Dicloroetilene	µg/L	60	-	9	<1	<1	3	2	7	8	<1	3
1,2-Dicloropropano	µg/L	0,15	213	0,12	<0,01	<0,01	<0,01	0,07	0,17	<0,01	<0,01	0,26
1,1,2-Tricloroetano	µg/L	0,2	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
1,2,3-Tricloropropano	µg/L	0,001	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
1,1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/L	0,05	-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
CLOROBENZENI												
Monoclorobenzene	µg/L	40	5330	<u>5874</u>	456	<u>17892</u>	<u>30896</u>	<u>10570</u>	3431	<u>89520</u>	13	<u>51130</u>
1,2-Diclorobenzene	µg/L	270	2820	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
1,4-Diclorobenzene	µg/L	0,5	387	0,54	0,67	2	3,45	2,8	2,41	20	0,12	44
1,2,4-Triclorobenzene	µg/L	190	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
1,2,4,5-Tetraclorobenzene	µg/L	1,8	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Pentaclorobenzene	µg/L	5	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Esaclorobenzene	µg/L	0,01	30,8	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
ALTRE SOSTANZE												
Idrocarburi totali (n-esano)	µg/L	350	2940	1264	79	785	1273	146	117	903	<30	1992

Tabella 47: Analisi acque di falda del 28/11/2016

Nella pagina seguente sono riportati i grafici al fine di una migliore valutazione e confronto degli esiti analitici.

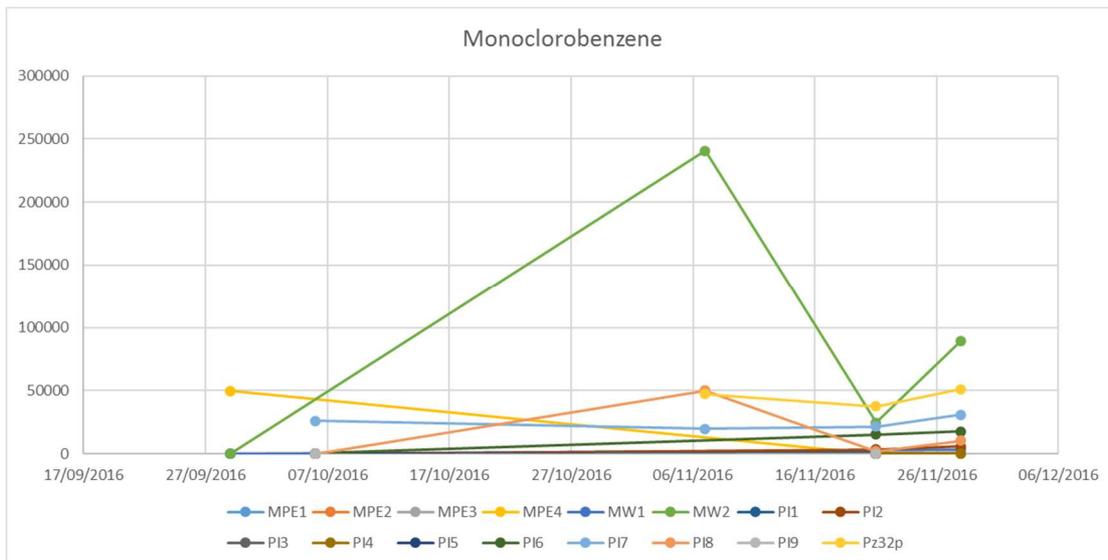


Grafico 8: Andamento concentrazione di Monoclorobenzene

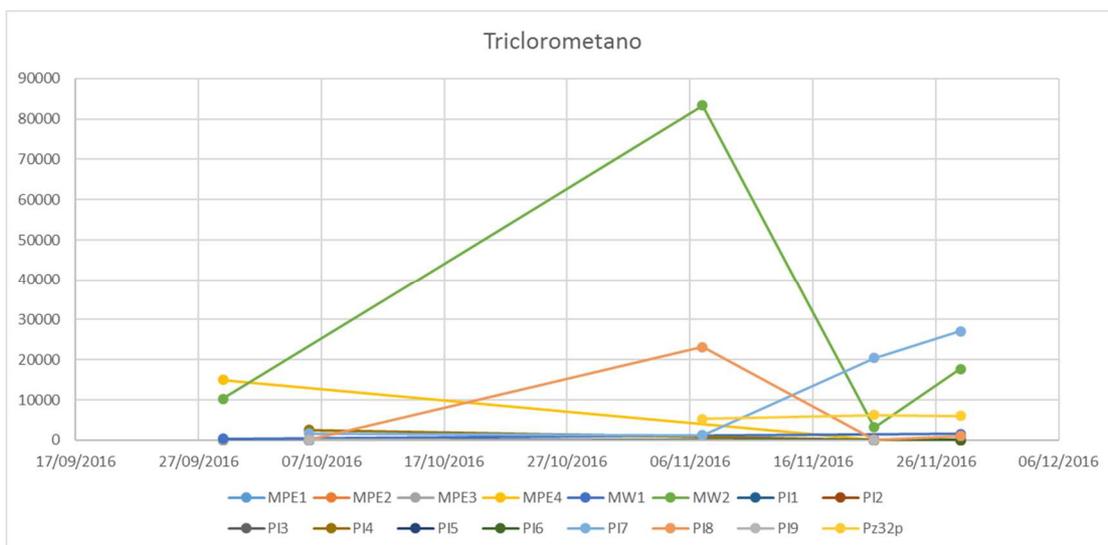


Grafico 9: Andamento concentrazione di Triclorometano

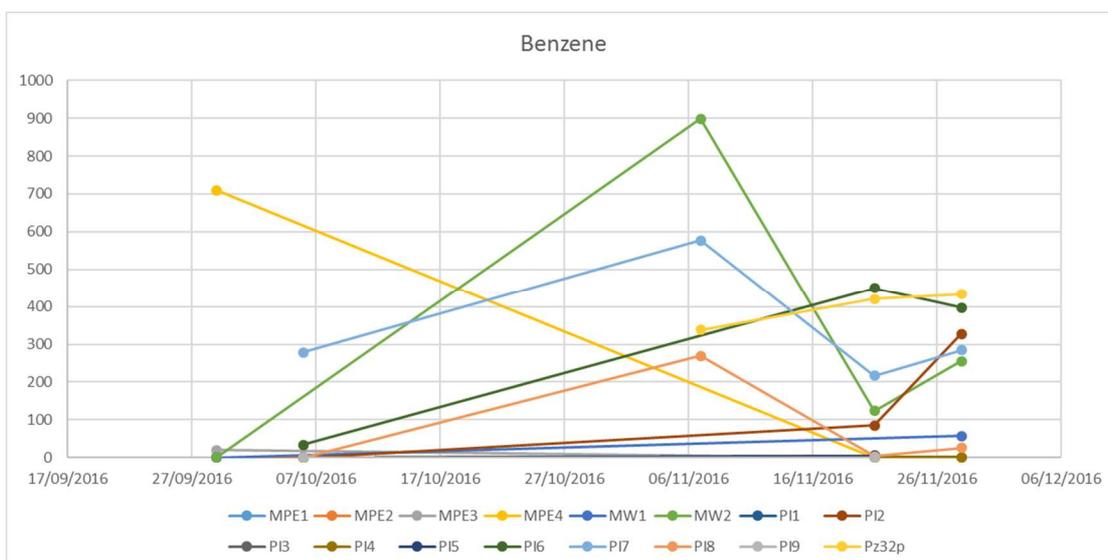


Grafico 10: Andamento concentrazione di Benzene

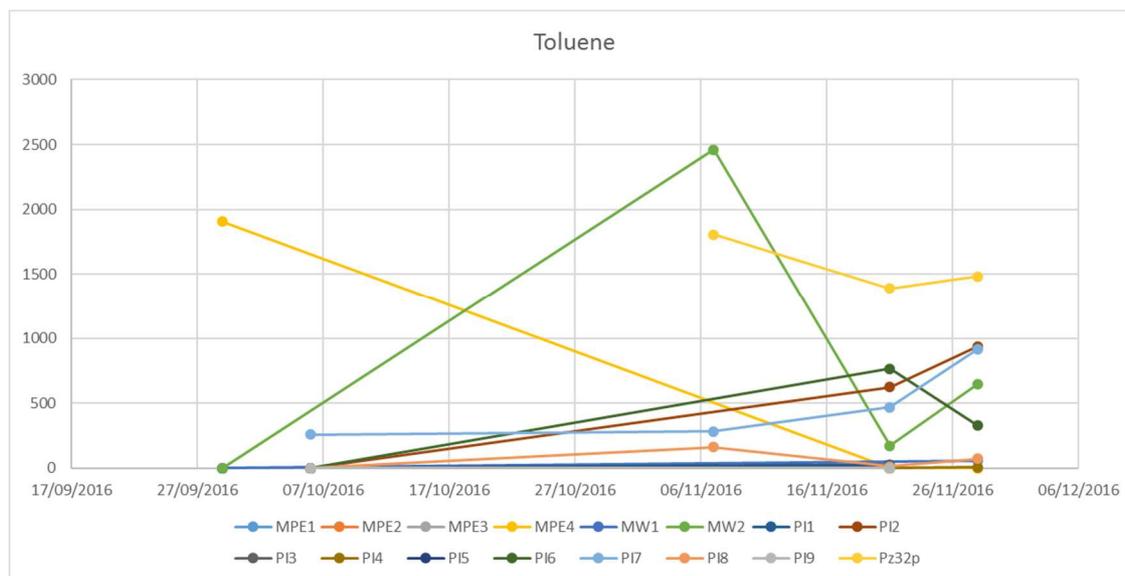


Grafico 11: Andamento concentrazione di Toluene

Dall'esame dei grafici dei contaminanti principali e delle tabelle precedentemente riportate si possono trarre le seguenti conclusioni inerenti i composti ricercati a seguito delle iniezioni ISCO:

- Monoclorobenzene (MCB): ad una settimana dal primo prelievo post ISCO del 21 novembre 2016 si osserva un effetto rebound delle concentrazioni di MCB nei punti più rappresentativi (MW2, PI6, PI7, Pz32P) con valori massimi in MW2, pari a ca. 90.000 µg/l
- Triclorometano (TCM): si riscontra aumento delle concentrazioni di Cloroformio tra il prelievo del 21/11 a quello del 28/11, soprattutto in PI7 (ca. 27.000 µg/l) e ca. 17.000 µg/l in MW2. In Pz32P rimangono costanti e pari a ca. 6.000 µg/l
- Benzene: le maggiori concentrazioni di Benzene si riscontrano anche in questa fase in PI6 e Pz32P con valori in linea con la precedente campagna. Modesto rebound in PI2, PI7 e MW2
- Toluene: le maggiori concentrazioni di Toluene si riscontrano anche in questa fase Pz32P con concentrazione in linea con la precedente campagna (ca. 1.500 µg/l). Modesto rebound in PI2, PI7 e MW2 e diminuzione del valore in PI6

9.8 Conclusioni test laboratorio e test pilota ISCO

Sulla base dei risultati del test di laboratorio è stato individuato il reagente di Fenton come migliore ossidante da utilizzare in campo per l'intervento ISCO previsto nel POB.

Il successivo test pilota di campo ha comportato l'utilizzo di 2 metri cubi di Perossido d'idrogeno al 35% (successivamente diluito a ca. 3% prima dell'iniezione) attivato con Solfato di Ferro. Per rendere disponibile il Ferro naturalmente presente nell'acquifero sono inoltre stati utilizzati Acido Citrico e Acido Solforico.

Durante il test si è osservata una buona distribuzione dei chemicals con evidenti reazioni nei vari pozzetti di osservazione/iniezione in termini di effervescenza, temperatura, ossigeno ecc. La reazione marcata nell'acquifero e l'effervescenza stessa osservata durante l'utilizzo del reagente di Fenton aiuta una migliore

distribuzione dei chemicals anche negli orizzonti meno permeabili posti al tetto dell'acquifero più permeabile (sopra i 10 m dal p.c.) anche nel previsto intervento full scale.

Nonostante sia solitamente necessario effettuare più fasi di iniezione ISCO in un test pilota, i risultati di campo e analitici hanno permesso di confermare che questa tecnologia sia la più indicata per l'area in oggetto. Le evidenze di campo e gli esiti analitici rispecchiano comunque quanto era stato previsto nella progettazione del test pilota.

In conclusione, vista la litologia che caratterizza la parte superiore dell'acquifero, l'elevata contaminazione riscontrata e lo spessore dell'orizzonte da trattare, si rende necessaria una configurazione dei pozzi molto più cautelativa rispetto a quanto previsto nel POB pur mantenendo in una prima fase un interasse simile. In particolare, come descritto nel paragrafo successivo 9.9.1, per trattare l'intero spessore dell'acquifero si ritiene necessario intervenire su 4 livelli distinti, al fine di ottimizzare la distribuzione di ossidante iniettato.

Questo fatto comporta l'installazione di un numero più elevato di pozzetti ISCO rispetto a quanto era stato progettato.

9.9 Esecuzione intervento ISCO full scale

Nel presente capitolo si delineano le modalità di intervento programmate in funzione degli esiti degli approfondimenti di laboratorio e ai test in campo precedentemente descritti.

9.9.1 Caratteristiche e dimensionamento dell'intervento full scale

Il progetto definitivo di bonifica prevedeva inizialmente la realizzazione di n° 16 punti di iniezione profondi 15 m da p.c., in PVC e con diametro 3", e con tratto fessurato compreso tra 8 e 15 m da p.c.. L'ubicazione dei punti originale, distribuiti omogeneamente all'interno dell'area del plume di intervento, prevedevano un interasse di circa 3 m (6 m di distanza da punto a punto) in modo tale da interessare, secondo il POB, tutto il sottosuolo oggetto di bonifica.

All'interno dell'area di intervento erano inoltre previsti nuovi pozzi di monitoraggio per verificare l'andamento dell'intervento di bonifica e nuovi pozzi di emungimento posti idrogeologicamente a valle del campo iniezione ISCO.

Come anticipato nel paragrafo precedente, a seguito dei test condotti non si ritiene efficace mantenere un'unica profondità per le finestrate dei pozzetti ISCO (previste da -7 a -15 m), dal momento che non sarebbe possibile interessare in modo omogeneo tutto l'acquifero e l'intervento si ridurrebbe ad orizzonti limitati per tutta sua durata.

Si prevede quindi di installare pozzetti ISCO con 4 profondità delle finestrate diverse.

La configurazione full scale dell'intervento ISCO avrà pertanto le seguenti macrosezioni:

- Pozzetti di iniezione nel tetto dell'acquifero con finestrate da -7,5 m a -8,5 m
- Pozzetti di iniezione nel tetto dell'acquifero con finestrate da -8,5 m a -9,5 m
- Distanza pozzetti superficiali di uguale profondità impostati nel tetto dell'acquifero: 6 m
- Pozzetti di iniezione nell'acquifero sabbioso con finestrate da -10 m a -12 m
- Pozzetti di iniezione nell'acquifero sabbioso con finestrate da -12,5 m a -14,5 m
- Distanza pozzetti profondi di uguale profondità impostati nell'acquifero sabbioso: 7 m
- Tubazione cieca in HDPE diametro 1 ¼"
- Tratti finestrati in acciaio, diametro 1 ¼"
- Testa pozzo in acciaio con ingressi per ossidante, catalizzatori, raccordo per sfiato o recupero vapori, manometro, valvole a connessione rapida
- Piping di collegamento tra i pozzi di iniezione e l'impianto ISCO in materiale tipo Gommacord;
- Piezometri di monitoraggio da 3" in PVC profondi 15 m.

Le aree di intervento ISCO, dove non già pavimentate, saranno impermeabilizzate in superficie per evitare fuoriuscite di gas o schiuma.

Complessivamente si prevede di installare in una prima fase 70 pozzetti ISCO. Verrà valutata sulla base dei risultati ottenuti la possibilità di terebrare ulteriori posizioni nelle aree più critiche, al fine di raggiungere le CSR sitospecifiche.

9.9.2 Pozzi di iniezione / estrazione

Per l'esecuzione delle perforazioni verrà utilizzata una macchina perforatrice (di seguito Sonda) a rotazione in grado di realizzare ed installare pozzi di estrazione/aspirazione fino ad almeno una profondità di 15 m da p.c..



Figura 57: Macchine perforatrici

Sulla base delle esperienze fatte in fase di realizzazione dei campi prova ISCO e MPE, è stato stabilito che la tecnologia più idonea per la realizzazione dei pozzetti di iniezione nei terreni che caratterizzano l'area Zambon è l'esecuzione di carotaggi con elica continua a distruzione di nucleo, come riportato anche nel Cap. 10.

Tale tecnologia prevede l'infissione nel terreno di un'elica cava di diametro \varnothing 127 mm o 152 mm, fino alla quota desiderata.

L'elica è costituita da elementi di lunghezza pari a 1,5 m che vengono tra loro giuntati.

Il terreno carotato, fortemente rimaneggiato, viene spinto in superficie a seguito della rotazione dell'elica.

L'elica viene infissa senza l'ausilio di fluidi di perforazione, eliminando in tal modo la formazione di possibili vie preferenziali.

Al termine della perforazione, prima di procedere con l'estrazione delle eliche, all'interno del foro verrà posizionata una tubazione in PVC con diametro di 1 ¼". La fessurazione interesserà l'intero orizzonte di intervento ovvero tra 7,5 m a ca. 15 m da p.c. suddivisa in varie finestrate come anticipato nel paragrafo precedente e descritta anche di seguito.

La fessurazione interesserà quindi l'intero orizzonte di intervento, dividendo i tratti finestrati in quattro diverse profondità, come descritto precedentemente, ovvero tra:

- 7,5-8,5 m
- 8,5-9,5 m
- 10-12 m
- 12,5-14,5 m da p.c.

I pozzetti con le due finestrate superficiali avranno interasse 3 m (distanza 6 m).

I pozzetti con le due finestre profonde avranno interasse 3,5 m (distanza 7 m).
Tale distanza è da intendere tra ogni pozzo con la stessa caratteristica di profondità.

L'allestimento dei pozzi di iniezione terminerà con la posa del materiale drenante (ghiaio calibrato 1-3 mm) in corrispondenza dei tratti fessurati e del tappo di bentonite e cemento nei tratti ciechi superficiali, tale da garantire un perfetto isolamento.

La fessurazione interesserà quindi tutto l'orizzonte saturo più permeabile.

Nella tabella riportata di seguito sono elencate le caratteristiche dei livelli di terreno saturo da trattare, le aree e i volumi interessati e le caratteristiche costruttive dei pozzetti.

Tipologia terreni	Limo/argilla	Sabbia
Profondità orizzonte (m)	7,5-9,5 m	10-14,5 m
Spessore da trattare(m)	2-2,5	4,5-5
Finestre	7,5-8,5 -- 8,5-9,5	10-12 -- 12,5-14,5
Area (m ²)	700	700
Volume (m ³)	1700	3500
Area per pozzo (m ²)	36	49
Distanza tra i pozzi (m)	6	7
Finestre (m)	1	2
Diametro perforazione(mm)	127-152	
Metodo perforazione	Elica	
Diametro pozzi	1 ¼"	
Materiale pozzi	Acciaio per la parte finestrata HDPE per la parte cieca	
Pozzi totali	38	32

Tabella 48: Caratteristiche dei livelli di terreno saturo oggetto di intervento ISCO

Ad avvenuta installazione, i pozzi saranno sviluppati mediante spurgo. Le acque di pompaggio verranno raccolte ed avviate, previa decantazione, all'impianto TAF.

All'interno dei pozzi ISCO e quindi in collegamento con le tubazioni di convogliamento ossidanti e catalizzatori potrà essere posizionato un tubo verticale, al fine di permettere l'iniezione direttamente nella zona profonda e filtrante dei pozzetti, soprattutto nei pozzi più profondi. Il tubo avrà un diametro di ½" in HDPE.

Tutte le teste pozzo saranno dotate di manometro per il controllo delle pressioni indotte all'interno del pozzo, oltre che dei vari ingressi per l'iniezione dei reagenti.



Figura 58: Esempio pozzetto ISCO

Tutti i pozzi saranno ispezionabili direttamente dalla superficie. Le teste pozzo saranno infatti posizionate fuori terra in modo tale da facilitare collegamenti e controlli.

Date le ridotte dimensioni dell'area da sottoporre ad intervento ISCO, la necessità di poter cambiare le aree di iniezione, le portate e le concentrazioni di reagenti in corso d'opera sulla base delle evidenze di campo ed analitiche, non si ritiene opportuno installare un piping definitivo nell'area per l'iniezione di ossidanti, ma si utilizzeranno tubazioni in materiale tipo Gommacord come quelle già utilizzate nel test pilota, facilmente trasportabili e con connessioni rapide alle teste pozzo.

Complessivamente si prevede di installare in una prima fase 70 pozzetti ISCO.

Verrà valutata sulla base dei risultati ottenuti la possibilità di terebrare ulteriori posizioni nelle aree più critiche, al fine di raggiungere le CSR sitespecifiche.

9.9.3 Esecuzione dell'intervento di bonifica mediante ISCO

La preparazione dell'area per un intervento di bonifica con tecnologia ISCO è una parte fondamentale dell'intervento nel suo complesso. La predisposizione di una adeguata pianificazione di tutti gli aspetti connessi alla sicurezza è inoltre basilare per

escludere rischi in occasione delle attività operative. Come già predisposto per il test pilota di campo, sarà posta particolare attenzione a:

- - preparazione del sito (tra cui recinzioni di sicurezza e l'uso di specifica segnaletica di sicurezza)
- - trasporto e lo stoccaggio dei prodotti chimici
- - problematiche di sicurezza durante tutte le fasi dell'intervento e in particolare relativamente a perforazioni, iniezioni, campionamenti
- - potenziali interferenze con tutte le altre attività contemporaneamente in esecuzione sul sito.

Installato il sistema di bonifica full scale e conoscendo il tipo di ossidante da adottare (Perossido d'Idrogeno) e la specifica attivazione si procederà con l'esecuzione delle iniezioni e degli interventi.

L'intervento di bonifica sarà eseguito utilizzando un impianto di iniezione preassemblato in un container marino da 20 piedi.



Figura 59: Esempio di impianto di ossidazione chimica

Il sistema di iniezione sarà dotato delle seguenti componenti:

- Contenitori in acciaio inox 316 contenenti i reagenti da iniettare;
- Contenitore/vasca con agitatore per la preparazione della miscela ossidante da iniettare;
- Pompe di iniezione;
- Tubazioni di collegamento impianto – pozzi di iniezione.

A seguito dell'installazione dell'impianto e del monitoraggio di baseline con l'ottenimento dei risultati, saranno avviate le operazioni di iniezione dei reagenti chimici.

Elaborando i risultati del test pilota non si ritiene necessario, al momento attuale, l'estrazione dei gas dai piezometri di monitoraggio e dai punti di iniezione non in uso. Saranno comunque monitorate le concentrazioni di composti volatili con PID, determinando anche LEL e livelli di biossido di carbonio e di ossigeno.

Come modalità di iniezione, si considera di procedere inizialmente con l'iniezione in alcuni pozzetti selezionati (tendenzialmente quelli di monte), iniziando lentamente con l'utilizzo dei catalizzatori ai quali, indicativamente dopo un paio d'ore ma sempre in funzione dei volumi che effettivamente potranno essere iniettati, verrà fatta seguire la

soluzione dell'ossidante (acqua ossigenata per attivare il reagente di Fenton). Questo processo verrà ripetuto quindi su tutti i diversi pozzetti di iniezione.

Si prevede la seguente cadenza e modalità di intervento:

- Iniezione in 9 pozzetti per volta
- Concentrazione di Acqua ossigenata tra 3,5% e 5%
- Ossidante iniettato al giorno: ca. 15-20 m³
- Giorni per fase di iniezione: ca. 15-20
- N. 4 fasi di iniezione
- Giorni di iniezione totali: ca. 75-80
- Pausa tra ogni fase di iniezione: minimo 4 settimane

Le concentrazioni di ossidante, i giorni di iniezione e il numero di fasi sono stati stimati sulla base dei risultati sino ad ora ottenuti. In fase di intervento full scale alcune stime potranno variare. Ogni variazione delle modalità di intervento sarà comunicata alla D.L. e al Committente.

9.9.4 Impianto SVE da abbinare all'intervento ISCO

La necessità di prevedere in campo anche un sistema di estrazione vapori pur essendo l'intervento di ossidazione chimica relativo ad un livello saturo e confinato superiormente da uno strato di sedimenti a modesta permeabilità, era stata motivata in fase progettuale dal fatto che sostanzialmente tutti gli interventi di ossidazione chimica in sito producono (o possono produrre) formazione di gas. Tali gas devono obbligatoriamente essere recuperati in quanto normalmente contengono concentrazioni significative dei composti volatili presenti nell'acquifero.

A seguito di quanto emerso durante il test pilota, si considera di installare anche un impianto di soil vapour extraction con capacità massima di ca. 250 Nm³/h. Tale impianto sarà collegato a N. 4 trincee orizzontali di recupero vapori come evidenziato in Tavola 10.

Le trincee orizzontali avranno le seguenti caratteristiche:

- Profondità massima: 1 m
- Larghezza massima: 0,8 m
- Tubazione orizzontale HDPE 4" con finestre solo nella parte inferiore
- Tessuto non tessuto su pareti e fondo
- Riempimento con ghiaia
- Impermeabilizzazione superficiale con asfalto

Nel caso specifico, anche i pozzetti di immissione e i piezometri di monitoraggio potranno servire da punti di sfiato per il recupero dei vapori prodotti qualora se ne dovesse osservare la necessità. Tutti o parte di tali pozzetti (una volta conclusa la fase di iniezione) e piezometri dovranno essere pertanto predisposti per essere allacciati al sistema di aspirazione che consentirà il recupero e trattamento dei gas insieme alle trincee sopra descritte.

Per il trattamento dei gas si prevede l'installazione di n. 2 filtri in serie a carboni attivi speciali microporosi da 1000 litri che hanno una buona efficacia nel trattamento del Cloroformio, difficilmente adsorbito dai carboni attivi.

Nella figura riportata nella pagina seguente sono evidenziati i pozzetti ISCO da eseguire e le trincee di recupero vapori.

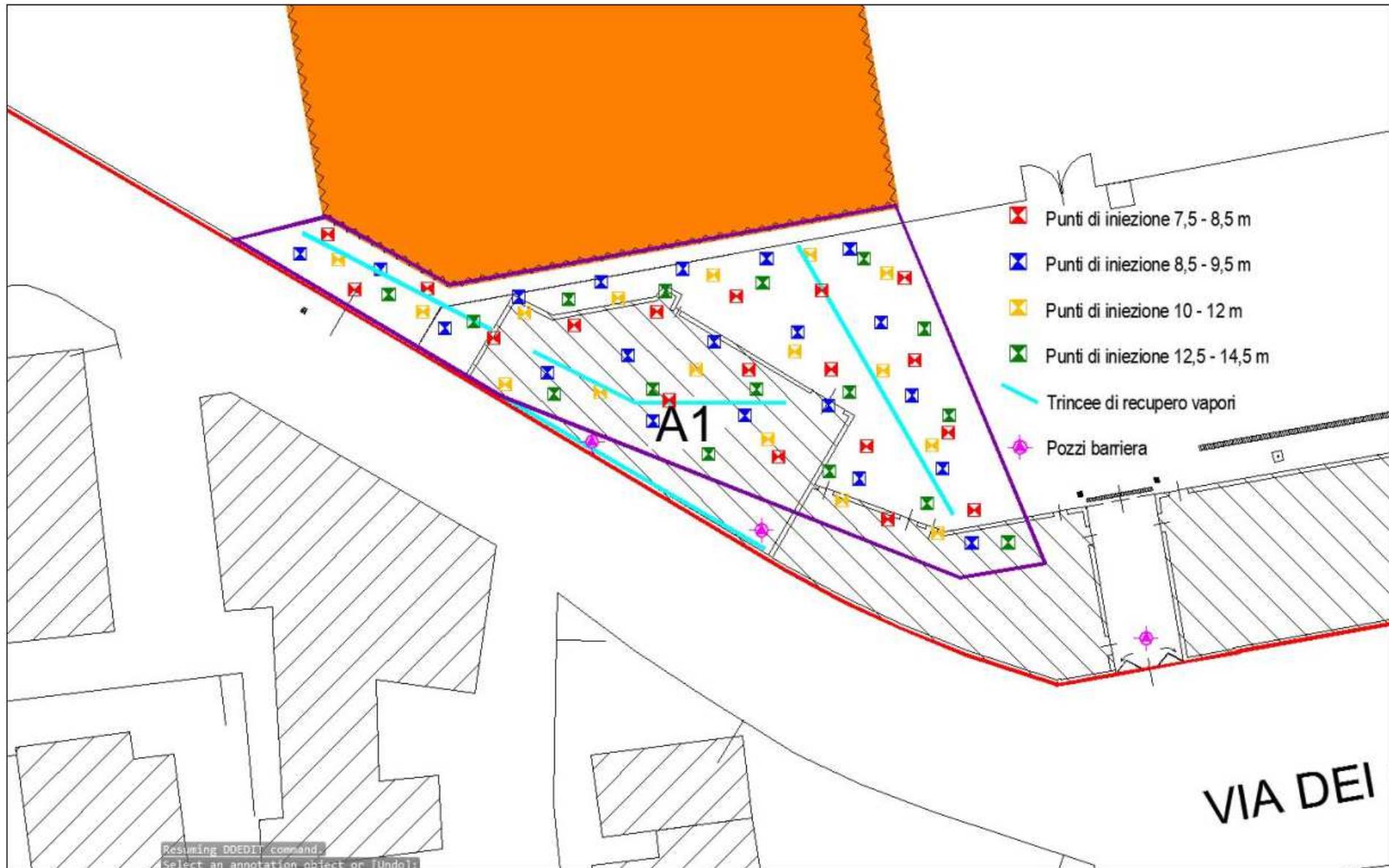


Figura 60: Ubicazione pozzetti di iniezione ISCO da realizzare

9.9.5 Monitoraggio – definizione della baseline dell'intervento full scale

Prima dell'avvio degli interventi di bonifica si procederà allo spurgo e campionamento (tempo 0) dei pozzetti più rappresentativi con ricerca dei parametri oggetto di trattamento (BTEX, Solventi clorurati, Clorobenzeni, Metalli, Idrocarburi). Per quanto concerne l'analisi dei metalli, se ne verificherà la necessità a seguito dei primi mesi di attività full scale, al fine di poter valutare il trend.

I risultati di questa fase di campionamento consentiranno di definire le concentrazioni di partenza e quindi determinare oggettivamente l'effetto dei successivi interventi di iniezione sulla base dei monitoraggi in corso d'opera.

9.9.6 Monitoraggio – verifica efficacia interventi di bonifica ISCO

Il monitoraggio del processo ossidativo è un aspetto fondamentale degli interventi di bonifica. Una parte importante delle attività quotidiane durante un intervento ISCO è quello di prelevare campioni per l'esecuzione di determinazioni analitiche direttamente in campo o presso laboratori di analisi esterni, eseguire analisi di gas ed eseguire l'interpretazione dei dati disponibili, regolando e calibrando le attività di iniezione di conseguenza.

Il monitoraggio è finalizzato a valutare (durante e dopo l'iniezione):

- La distribuzione e la decomposizione dell'agente ossidante iniettato;
- La distribuzione del/dei catalizzatori;
- Il decadimento dei contaminanti presenti nelle acque sotterranee;
- Concentrazione di inquinanti negli eventuali gas recuperati;
- L'evoluzione di pH, RedOx, temperatura e conducibilità.

Il programma di monitoraggio relativamente alle misure in campo vedrà una costanza di verifiche durante tutto il periodo nel quale verranno eseguite le iniezioni di reagenti. Tali misurazioni saranno quindi ripetute in occasione di tutti gli interventi di monitoraggio idrochimico (analisi di laboratorio).

Le verifiche presso laboratorio esterno, sostanzialmente finalizzate ad accertare i trend di evoluzione delle concentrazioni di inquinanti (BTEX, Solventi clorurati, Idrocarburi, metalli), saranno eseguite periodicamente in accordo con la Direzione Lavori. Indicativamente saranno effettuati n° 2 monitoraggi al termine di ogni fase di iniezione.

Come anticipato, si prevede una pausa di ca. 4 settimane tra ogni fase di iniezione che permetterà di effettuare i monitoraggi e analisi delle acque di falda.

Sulla base dei riscontri analitici si potrà successivamente valutare la necessità di:

- Aumentare il dosaggio in % dei reagenti;
- Aumentare il quantitativo di reagente;
- Incrementare o ridurre gli interventi di iniezione;
- Aumentare i pozzi di iniezione.

Il monitoraggio dei parametri chimico-fisici e le verifiche di laboratorio interesseranno i piezometri di monitoraggio, installati precedentemente al test pilota, ed alcuni punti di iniezione, scelti tra quelli di nuova esecuzione.

Indicativamente il monitoraggio verrà eseguito secondo le seguenti modalità:

- Verifica dei parametri chimico-fisici in tutti i piezometri e punti di iniezione;
- Campionamento ed analisi dei parametri di interesse da tutti i piezometri di monitoraggio e su alcuni punti di iniezione, scelti tra quelli di nuova esecuzione.

9.9.7 Pozzi barriera idraulica a valle idrogeologico degli interventi di bonifica ISCO

Come previsto nel POB, idrogeologicamente a valle dell'area di intervento ISCO sarà attivo un sistema di barrieramento idraulico che garantirà il contenimento del pennacchio di contaminazione e degli agenti chimici iniettati. A tale proposito sarà necessario spostare più a sud verso il confine del sito l'attuale pozzo di sbarramento Pz32P, che verrà quindi sostituito con tre pozzi laterali.

Le caratteristiche costruttive dei pozzi di sbarramento saranno quelle di seguito descritte:

- Materiale: PVC
- Diametro tubazione: 4"
- Diametro perforazione: 200 mm
- Profondità: 15 metri circa da p.c.
- Fessurazione: da circa 8 metri a circa 15 metri da p.c.
- Cementazione tratto cieco
- Posa di ghiaio selezionato 2-4 mm in corrispondenza dei tratti fessurati

9.10 Collaudo degli interventi ISCO

Il collaudo delle aree di intervento mediante ISCO verrà effettuato secondo le modalità riportate al capitolo 9.2 del POB.

In particolare, quando gli interventi di monitoraggio evidenzieranno il raggiungimento delle CSR verrà richiesto il collaudo in contraddittorio con il Collaudatore nominato dalla Committente.

Successivamente si procederà ad eseguire n° 4 campagne di monitoraggio trimestrali per la durata di un anno al termine dei quali, se verranno rispettate le CSR, si procederà alla richiesta di chiusura del procedimento e comunque a considerare terminate le attività di bonifica sull'area specifica di intervento.

10 BONIFICA DELLA FALDA SUPERFICIALE - MPE

10.1 Scopo del lavoro

Il sistema Multi Phase Extraction (di seguito MPE) è mirato alla riduzione delle concentrazioni di inquinanti fino a raggiungere le CSR in complessivamente 4 aree che si trovano nei tre pennacchi di contaminazione individuati nella falda superficiale del sito. La suddivisione è stata effettuata in base alla distribuzione degli inquinanti riscontrata prima della redazione del POB e quindi in base ai monitoraggi della falda effettuati fino a dicembre del 2011:

- **Pennacchio Nord-est:**
 - Zona di monte con concentrazioni da 2 a 4 volte le CSR (Piezometro Pz15)
 - Zona settentrionale con concentrazioni oltre 10 volte le CSR e possibile presenza di NAPL (Piezometri Pz12 e Pz13)
- **Pennacchio centrale** concentrazioni da 2 a 5 volte le CSR
Piezometri (Pz36 e Pz 38)
- **Pennacchio Sud-ovest** – con concentrazioni di oltre 10 volte le CSR e possibile presenza di NAPL
(Piezometri Pz20 e Pz19)



Figura 61: Ubicazione aree di intervento MPE (in azzurro)

Nel grafici seguenti si evidenziano i trend di monoclorobenzene nelle 4 zone d'intervento MPE nel periodo tra settembre 2004 a maggio 2015.

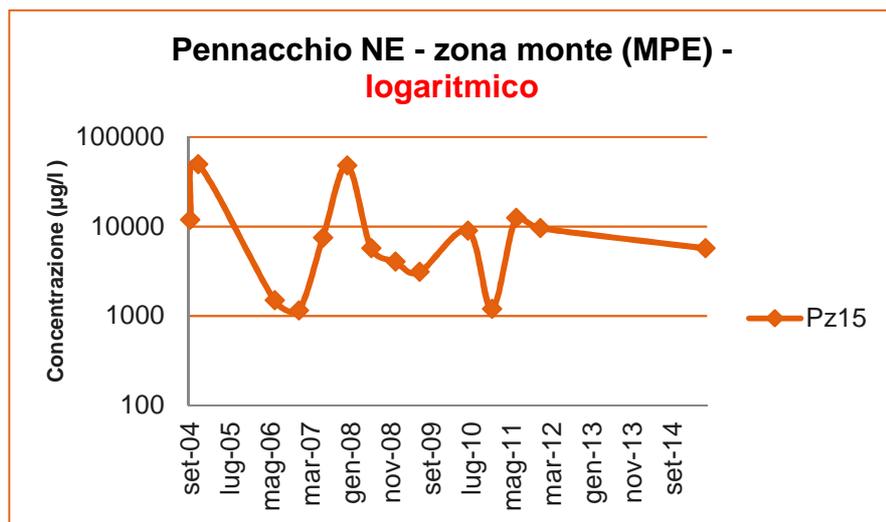


Grafico 12: Monoclorobenzene - pennacchio NE - zona monte (MPE)

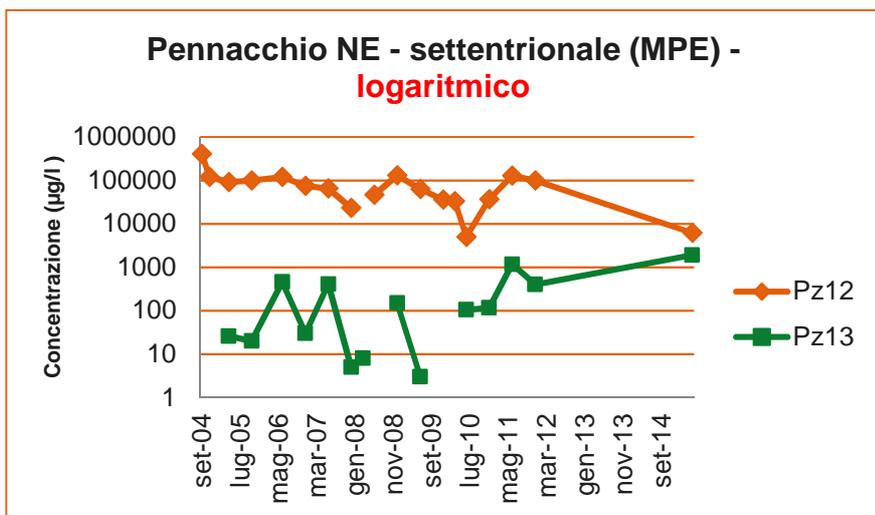


Grafico 13: Monoclorobenzene - pennacchio NE - settentrionale (MPE)

Si osserva che la palancolatura della sorgente Nordest non ha avuto un effetto immediato sul pennacchio di contaminazione ma che dopo alcuni anni (dal 2006 – 2008) l'andamento delle concentrazioni rileva una chiara tendenza di attenuazione. Le concentrazioni piuttosto costanti in Pz15 (zona a monte) fanno pensare ad una certa ricarica dalla zona di sorgente. L'estensione verso monte (al di fuori della proprietà) è sconosciuta.

Alla fine del periodo di osservazione (maggio 2015) la situazione si pone con concentrazioni di MCB inferiori a 10.000 µg/l nelle zone a monte e settentrionale del pennacchio NE.

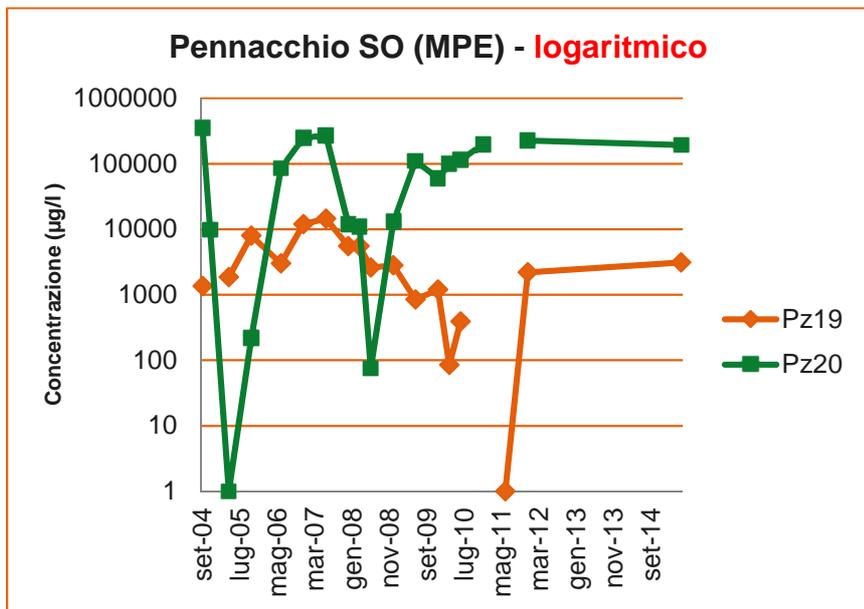


Grafico 14: MCB - Pennacchio SO (MPE)

Per il pennacchio dell'area di SudOvest si osserva che la palancolatura della sorgente Nordest non ha avuto alcun effetto sull'andamento delle concentrazioni. Nel corso del tempo infatti non si rilevano attenuazioni, con concentrazioni di MCB (ma anche di TCM e benzene nel Pz20) sempre molto elevate e con valori, nel Pz20, dell'ordine dei 100.000 – 200.000 µg/l . E' comunque possibile che la loro funzione di pozzi barriera porti ad un continuo recupero di inquinanti, sintomo comunque di un permanere,

dall’inizio del monitoraggio, di uno stato di contaminazione molto elevato che non si è ancora ridotto nel tempo.

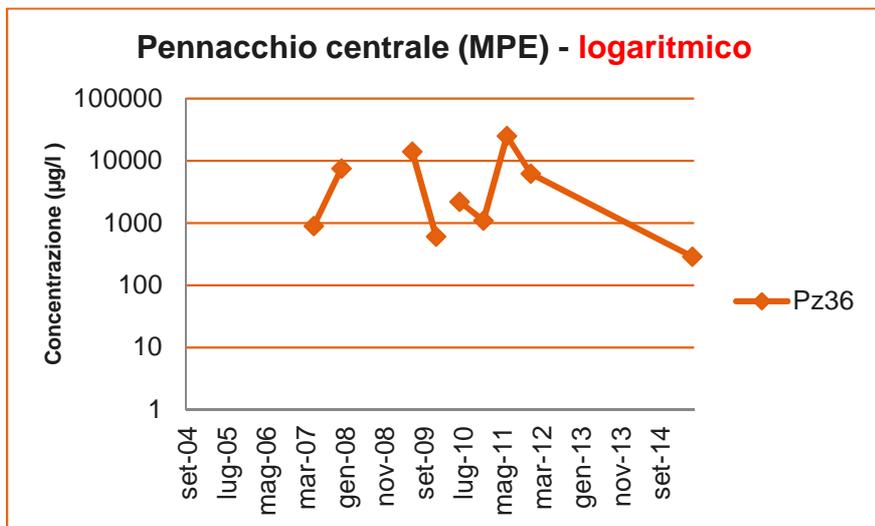


Grafico 15: MCB - pennacchio centrale (MPE)

Per il pennacchio centrale si osserva che le concentrazioni di MCB (ma similari sono quelle di TCM e benzene) del piezometro di monitoraggio Pz36 si mantengono su valori dell’ordine dei 1.000- 10.000 µg/l senza particolari variazioni dall’avvio del monitoraggio. L’ultimo monitoraggio del Maggio 2015 ha fornito un valore anomalo rispetto ai precedenti.

10.2 Verifica del dimensionamento progettuale a base di gara

Nel Progetto Operativo di Bonifica, il dimensionamento degli impianti di bonifica MPE è stata effettuata in base alle contaminazioni presenti nella falda superficiale con MCB, TCM e BTEX ed alle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche del sottosuolo.

In particolare le condizioni geologiche idrogeologiche nell’area di intervento sono state dedotte dalla documentazione di gara con particolare riguardo ai seguenti documenti:

- Progetto Operativo di Bonifica; Luglio 2012
- Relazione Geologica (rif 8002008_001r5gib_4_Relazioni specialistiche)

Nel documento “Progetto operativo di bonifica dei terreni e delle acque sotterranee – Fase 2” è riportato il seguente dimensionamento di massima dei punti di MPE per ogni singola area di intervento.



Figura 62: Dimensionamento impianto MPE previsto da POB

N° POZZI	Pennacchio NE Zona Monte	Pennacchio NE Zona sett.	Pennacchio centrale	Pennacchio SO
Pozzi MPE	3	24	15	15

Tabella 49: Dimensionamento punti estrazione/aspirazione MPE/SVE

Il numero di pozzi in fase progettuale deriva da un posizionamento dei punti di estrazione su una maglia di ca. 10 x 10 metri.

Al fine di verificare il corretto dimensionamento dei punti di estrazione, in accordo con quanto riportato nel “*Progetto operativo di bonifica dei terreni e delle acque sotterranee – Fase 2*” approvato, nel mese di ottobre 2016 è stato eseguito uno specifico test pilota mirato a:

- Confermare con prova diretta sul campo l'applicabilità di tale sistema;
- Confermare la progettazione del sistema effettuata e nello specifico il n° di punti di estrazione/aspirazione;
- Confermare la quantità e la qualità dei fluidi estratti (gas/liquidi) e l'idoneità dei sistemi di trattamento previsti.

Per l'esecuzione del test, nel periodo compreso tra il 12 ed il 14 settembre 2016 è stato realizzato uno apposito campo descritto nel paragrafo successivo.

10.2.1 Realizzazione campo prova MPE

Nel periodo compreso tra il 12 ed il 14 settembre 2016, nel settore sud ovest del complesso (vedi Tavola 9) è stato realizzato un campo prova per l'esecuzione del test MPE caratterizzato da un punto di estrazione, denominato MPE2, e da 3 punti di monitoraggio, MPE1, MPE3 ed MPE 4, realizzati a distanza tali da garantire la definizione più fedele possibile del ROI, ovvero a distanza di 2,0 m, 4,0 m e 6,0 m dal punto di estrazione.

Tutti i carotaggi eseguiti sono stati spinti almeno sino a -7,0 m dal p.c. al fine di interessare gli orizzonti saturi più superficiali. I sondaggi attrezzati a pozzetto MPE sono stati realizzati a secco con carotiere semplice del diametro \varnothing di 127 mm.

I fori di sondaggio sono stati alesati con rivestimento provvisorio del diametro \varnothing di 220 mm per tutta la verticale. Durante l'alesaggio è stata utilizzata acqua di circolazione a bassa pressione.

Nel foro di sondaggio è stata inserita una tubazione di diametro \varnothing pari a 4" in PVC composta, dal basso verso l'alto, da un tappo di fondo, un tratto fenestrato di lunghezza pari a 5,0 m (da -7 m a -2 m da p.c.) ed un tratto cieco, di lunghezza pari a 2,0 m, fino al p.c.

In corrispondenza dei tratti fenestrati è stato realizzato un dreno mediante l'inserimento di ghiaietto siliceo lavato e selezionato fino a ca. 0,5 – 1,0 m al di sopra del termine del tratto fenestrato stesso. Direttamente sopra il dreno è stato realizzato un setto impermeabile tramite argilla pellettata dal forte potere espansivo; l'intercapedine lungo il tratto cieco è stata quindi impermeabilizzata con boiaccia di cementizia fino in superficie.

Tutti i piezometri sono stati protetti con la messa in opera di un anello di cemento e chiusino metallico classe C250.

Durante l'avanzamento della perforazione è stata redatta una dettagliata stratigrafia (riportata in allegato 3), dove sono stati annotati tutti i dati di interesse, con particolare riguardo ai livelli di terreno saturi, coesivi o potenzialmente contaminati.

Tutti e 4 i pozzetti MPE, al fine di avere le concentrazioni rappresentative del tempo zero “T0”, sono stati oggetto di campionamento e relative analisi.

Nel paragrafo successivo vengono descritte le modalità di campionamento ed i risultati di laboratorio.

10.2.2 Risultati di laboratorio

In data 29 settembre 2016, previo adeguato spurgo, i 4 pozzetti MPE sono stati campionati. Nella giornata precedente le posizioni sono state adeguatamente

sviluppate sottoponendo gli stessi a più cicli di svuotamento con elettropompa sommersa o con pompa a 3 stadi alimentata a 12 volt.

Le acque emunte, in accordo con la Direzione Lavori, sono state convogliate all'impianto di trattamento acque in esercizio presso il sito previa decantazione delle stesse.

Preliminarmente alle attività di spurgo è stato eseguito, tramite sonda freaticometrica, un rilievo per determinare la soggiacenza della falda freatica dal piano campagna in tutte e 4 le posizioni di nuova installazione i cui risultati sono riassunti nella tabella sottostante. Le misure, espresse in metri, sono riferite alla boccapozzo.

	MPE1	MPE2	MPE3	MPE4
Livello statico (m)	2,105	2,15	2,24	2,25 m

Tabella 50: Risultati rilievo freaticometrico pozzetti MPE

I campioni prelevati, tenuti in contenitori refrigerati, sono stati consegnati nelle 24 ore successive al laboratorio di analisi e sottoposti alla determinazione analitica dei seguenti parametri:

- BTEX;
- Idrocarburi;
- Metalli: As, Cd, Cr tot, Cr VI, Cu, Ni, Hg, Pb, Zn; Fe;
- Clorobenzeni;
- Clorurati cancerogeni e non cancerogeni.

I risultati ottenuti sono, espressi in $\mu\text{g}/\text{lt}$, sono riportati nella tabella sottostante. Copia dei certificati analitici originali sono riportati in allegato 4.

Parametro	UM	Limite Dlgs 152/06	CSR Settore SW	MW1	MW2	MPE1	MPE2	MPE3	MPE4
METALLI									
Arsenico	µg/L	10	-	7,7	9,4	13,5	24,2	13,4	28,6
Cadmio	µg/L	5	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cromo totale	µg/L	50	-	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,2
Cromo esavalente	µg/L	5	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Ferro	µg/L	200	-	<5	5	5	26	<5	20
Mercurio	µg/L	1	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nichel	µg/L	20	-	5,4	3,8	4,8	5,1	5,3	12,5
Piombo	µg/L	10	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Rame	µg/L	1000	-	2	2,3	1,7	3,3	1,9	1,3
Zinco	µg/L	3000	-	7	<5	5	6	<5	5
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI									
Benzene	µg/L	1	312	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	19,7	710
Etilbenzene	µg/L	50	1140	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Toluene	µg/L	15	3480	<1	<1	<1	<1	<1	1904
p-Xilene	µg/L	10	5700	<1	<1	<1	<1	<1	<1
ALIFATICI CLORURATI CANCEROGENI									
Clorometano	µg/L	1,5	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Triclorometano	µg/L	0,15	128	298	10244	52,4	2,8	7,13	14942
Cloruro di vinile	µg/L	0,5	84,9	0,29	1,72	<0,05	<0,05	<0,05	4
1,2-Dicloroetano	µg/L	3	-	0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
1,1-Dicloroetilene	µg/L	0,05	-	0,12	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Tricloroetilene	µg/L	1,5	1110	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Tetracloroetene	µg/L	1,1	224	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Esaclorobutadiene	µg/L	0,15	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1-Dicloroetano	µg/L	810	-	6	9	<1	<1	1	<1
ALIFATICI CLORURATI NON CANCEROGENI									
1,2-Dicloroetilene	µg/L	60	-	4	5	<1	<1	<1	<1
1,2-Dicloropropano	µg/L	0,15	213	0,13	0,21	0,24	0,08	0,06	<0,01
1,1,2-Tricloroetano	µg/L	0,2	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
1,2,3-Tricloropropano	µg/L	0,001	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/L	0,05	-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
CLOROBENZENI									
Monoclorobenzene	µg/L	40	5330	<1	<1	<1	<1	287	49960
1,2-Diclorobenzene	µg/L	270	2820	<10	<10	<10	<10	<10	<10
1,4-Diclorobenzene	µg/L	0,5	387	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,18	14
1,2,4-Triclorobenzene	µg/L	190	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10
1,2,4,5-Tetraclorobenzene	µg/L	1,8	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Pentaclorobenzene	µg/L	5	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Esaclorobenzene	µg/L	0,01	30,8	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
ALTRE SOSTANZE									
Idrocarburi totali (n-esano)	µg/L	350	2940	<30	<30	<30	<30	<30	2614

Tabella 51: Risultati analitici monitoraggio tempo "0" pozzetti MPE

Dalla tabella sovrastante emerge chiaramente come concentrazioni elevate di Monoclorobenzene e di Triclorometano, i due contaminanti caratteristici del sito, si riscontrano unicamente nel pozzetto di monitoraggio MPE4. In questa posizione tra l'altro si rileva una concentrazione importante di Toluene e di Benzene e quindi, di conseguenza, anche di Idrocarburi totali la cui concentrazione di fatto risulta essere pari alla somma delle concentrazioni di questi 2 parametri.

Differenze così importanti in pozzetti posti a distanza massima di qualche metro l'uno dall'altro e che interessano i medesimi orizzonti saturi portano a ritenere che l'acquifero, dopo le perforazioni, non fosse ancora tornato in condizioni di completo equilibrio, come sembra confermato anche dal monitoraggio del campo prova ISCO, descritto nel Cap. 9.

10.3 Test pilota di MultiPhase Extraction

Al fine di verificare il corretto dimensionamento degli impianti di bonifica MPE per il risanamento degli orizzonti più superficiali, è stato eseguito un test pilota finalizzato a:

- Confermare con prova diretta sul campo l'applicabilità di tale sistema;
- Verificare direttamente il raggio di influenza ROI per determinare il n° di punti di estrazione/aspirazione;
- Confermare la quantità e la qualità dei fluidi estratti (gas/liquidi) e l'idoneità dei sistemi di trattamento previsti.

Il test di MPE è stato eseguito dalla società Arcadis Italia Srl in data 4 e 5 ottobre 2016.

10.3.1 Modalità di esecuzione della prova

La prova di MPE è stata realizzata mettendo in depressione il pozzetto MPE2 appositamente realizzato.

Come punti di osservazione sono stati utilizzati i 3 pozzetti MPE appositamente realizzati ed i limitrofi pozzetti di monitoraggio ISCO denominati PI10 e PI11.

Nella tabella sottostante vengono riportate per ciascun punto le distanze dal punto di aspirazione e le caratteristiche tecniche.

	MPE1	MPE3	MPE4	PI10	PI11
Distanza dal punto di aspirazione MPE2 (m)	2,0	4,0	6,0	8,6	5,0
Profondità (m da p.c.)	7,0	7,0	7,0	4,0	5,0
Fenestrature (m da p.c.)	2,0 – 7,0	2,0 – 7,0	2,0 – 7,0	3,0 – 4,0	4,0 – 5,0
Diametro	4"	4"	4"	2"	2"

Tabella 52: Pozzetti di monitoraggio MPE: caratteristiche tecniche e distanza punto di aspirazione

La prova di MPE è stata realizzata in due giornate.

Durante la prima giornata è stato eseguito una rapida prova per la determinazione dei parametri sito specifici utili alla corretta calibrazione del test. Di fatto è stata applicata al pozzetto di aspirazione una depressione di circa 550 mbar con portate d'aria comprese tra i 9 m³/h e gli 11 m³/h per un periodo complessivo di circa 2 ore.

Durante tale prova sono stati effettuate delle determinazioni sulla qualità dei gas estratti, in modo particolare sulla concentrazione di LEL, sulla quantità di acqua estratta e sulle depressioni e variazioni freaticometriche nei vari pozzetti di monitoraggio.

Nella giornata successiva, sulla base dei risultati raccolti durante la prova del giorno precedente è stata effettuata una prova a gradini con depressioni crescenti.

Nella tabella sottostante vengono riassunti i dati relativi alla prova a gradini.

	Depressione punto di aspirazione (mbar)	Portata (m ³ /hr)	Durata (minuti)
1° gradino	320	5	90
2° gradino	540	10 - 13	180
3° gradino	730	35 - 44	165

Tabella 53: Test MPE - Dati relativi prova a gradini test MPE

Al termine della prova a gradini, al fine di meglio valutare l'effetto di una aspirazione in continuo, è stata effettuato un test a lunga durata utilizzando la depressione e la portata che, sulla base dei dati di campo, risultavano le più idonee ad essere utilizzate in fase progettazione definitiva.

Le modalità di esecuzione della prova vengono di seguito riassunte:

- Misurazione al tempo zero in tutti i punti di monitoraggio considerati, della soggiacenza della tavola d'acqua e delle depressioni;
- Avvio dell'aspirazione con depressioni crescenti;
- Verifica dei raggi di influenza per ogni gradino;
- Monitoraggio delle variazioni di sostanze organiche volatili nel punto di estrazione.

10.3.1.1 Analisi a tempo zero

Di seguito sono riportati i risultati delle analisi eseguite in campo al tempo zero.

Tutti i valori misurati sono riportati nella Tabella successiva:

Punto di monitoraggio	Depressione (mbar)	Livello statico da boccapozzi(m)
MPE1	+ 0,05	2,325
MPE3	0,00	2,625
MPE4	0,00	2,72
PI10	0,00	2,31
PI11	0,00	2,52

Tabella 54: Test MPE - Dati a tempo "0"

10.3.1.2 Descrizione della prova di MPE

L'aspirazione dal pozzo MPE2 delle acque di falda e dei vapori è stata eseguita utilizzando una pompa ATEX per vuoto in grado di generare depressioni superiori a 900 mbar.

Al pozzetto MPE2 è stata applicata una testa pozzo a cui era direttamente collegato uno "slurper" costituito da una tubazione in HDPE da 1" posizionato ad una profondità di circa 3,0 m dalla bocca pozzo.

Alla pompa è stato collegato un separatore di condensa che ha permesso la separazione delle acque di falda e dei sedimenti trascinati da queste, dai vapori aspirati. All'interno del separatore è stata installata una elettropompa sommersibile

provvista di galleggiante per lo start e stop in automatico che ha rilanciato le acque emunte all'impianto di trattamento acque in esercizio presso il complesso.

Durante l'esecuzione della prova si è potuto constatare che la portata emunta rimaneva compresa tra i 7 ed i 10 lt/min. A seguito della costante venuta di sabbia fine e limo, le prove sono state interrotte 2 volte per consentire lo svuotamento del separatore di condensa dalle sabbie raccolte nello stesso.

10.3.1.3 Gas estratti

Durante la prova sono state eseguite, con strumentazione portatile da campo, una serie di misurazioni sui gas estratti ed in particolare:

- VOC;
- O₂;
- CO₂;
- LEL.

Nella Tabella sottostante sono riportate tutte le misure effettuate in campo con strumentazione portatile durante il test eseguito.

Tempo da inizio prova (min)	Depressione alla testa pozzo (mbar)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	LEL (%)	VOC (ppm)
13	320	19,8	0,3	0,0	6,4
28	n.r.	19,9	0,0	0,0	1,4
50	340	20,0	0,0	0,0	3,1
95	540	19,6	0,0	0,0	8,4
129	530	19,6	0,3	0,0	16,6
255	520	19,0	0,3	0,0	25,5
290	730	18,6	0,9	0,0	37
390	680	19,4	0,9	0,0	25,2
450	410	19,6	1,1	0,0	43,3
560	430	n.r.	n.r.	n.r.	73

Tabella 55: Test MPE - Concentrazioni VOC, O₂, CO₂ e LEL nei gas estratti

Nei grafici sottostanti vengono riportate le concentrazioni rilevate nei gas estratti a partire dall'avvio dell'impianto e la depressione indotta (colonne blu).

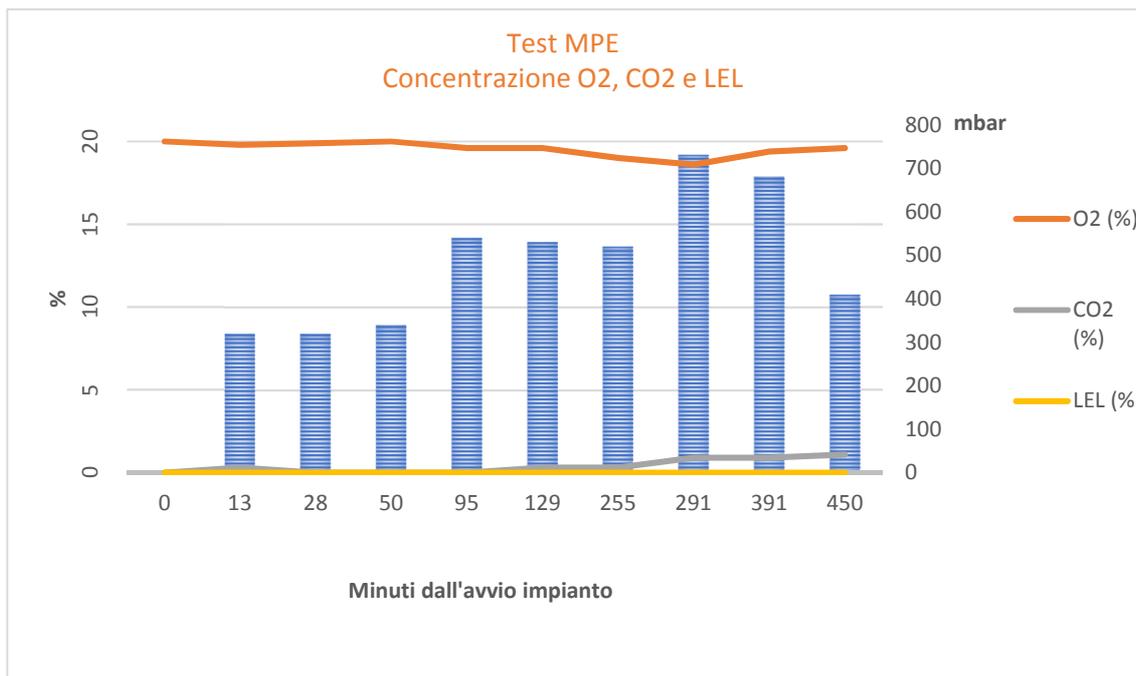


Grafico 16: Test MPE - Concentrazioni O₂, CO₂ e LEL nei gas estratti

Il grafico sopra riportato evidenzia chiaramente come durante l'esecuzione della prova MPE non si sono riscontrate significative variazioni nella concentrazione di LEL, CO₂ e O₂.

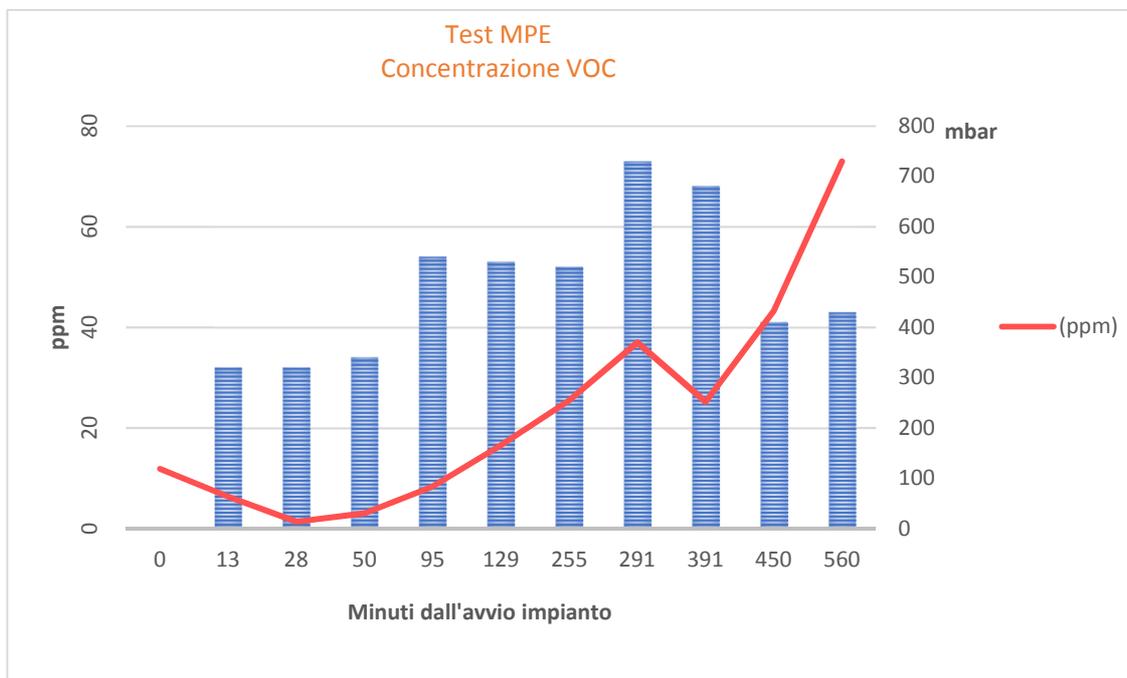


Grafico 17: Test MPE - Concentrazioni VOC nei gas estratti

La concentrazione di Composti Organici Volatili VOC, pur attestandosi sempre su concentrazioni modeste, mostra un trend crescente durante tutta la prova.

Prima dell'inizio della prova, tempo "0", al termine di ciascuno dei 3 gradini di depressione ed alla fine della prova a lunga durata sono stati prelevati dei campioni su fiala a carboni attivi. Le fiale, debitamente etichettate, sono state consegnate al laboratorio di analisi nelle 48 ore successive e sono state sottoposte alla determinazioni analitiche dei seguenti composti:

- BTEX;
- Clorobenzeni;
- Clorurati cancerogeni e non cancerogeni.

I risultati ottenuti, espressi in mg/m³, sono riportati nella tabella sottostante. Copia dei certificati analitici originali sono riportati in allegato 4.

Parametro	U. M.	Denominazione				
		T"0"	Fine 1° gradino	Fine 2° gradino	Fine 3° gradino	Fine prova lunga durata
Sostanze Organiche Volatili	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Benzene	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	0,2	< 0,1	0,3
Toluene	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,6
Etilbenzene	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Stirene	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Xileni	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Idrocarburi totali	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
MTBE (Metilterzbutiletere)	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
ALIFATICI CLORURATI CANCEROGENI						
Clorometano	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Diclorometano	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Triclorometano	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Cloruro di vinile	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,2-Dicloroetano	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,1-Dicloroetilene	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Tricloroetene	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Tetracloroetene	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
ALIFATICI CLORURATI NON CANCEROGENI						
1,1-Dicloroetano	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,2-Dicloroetilene	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,1,1-Tricloroetano	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,2-Dicloropropano	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,1,2-Tricloroetano	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,2,3-Tricloropropano	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,1,2,2-Tetracloroetano	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sommatoria solventi clorurati	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
CLOROBENZENI						
Monoclorobenzene	mg/m ³	0,2	1,1	9,2	6,2	14
1,2-Diclorobenzene	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,4-Diclorobenzene	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,2,4-Triclorobenzene	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,2,4,5-Tetraclorobenzene	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Pentaclorobenzene	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Esaclorobenzene	mg/m ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Tabella 56: Test MPE - Risultati analitici

Da un'analisi dei dati riportati in tabella emerge come le concentrazioni riscontrate nei gas estratti risultino piuttosto modeste. L'unico composto riscontrato in concentrazioni variabili, in tutti i campioni analizzati è il Monoclorobenzene.

Il trend delle concentrazioni emerse dei dati di laboratorio, come emerge dal grafico sottostante, risulta in sostanziale accordo con il trend rilevato dai dati raccolti in campo con foto ionizzatore portatile PID.

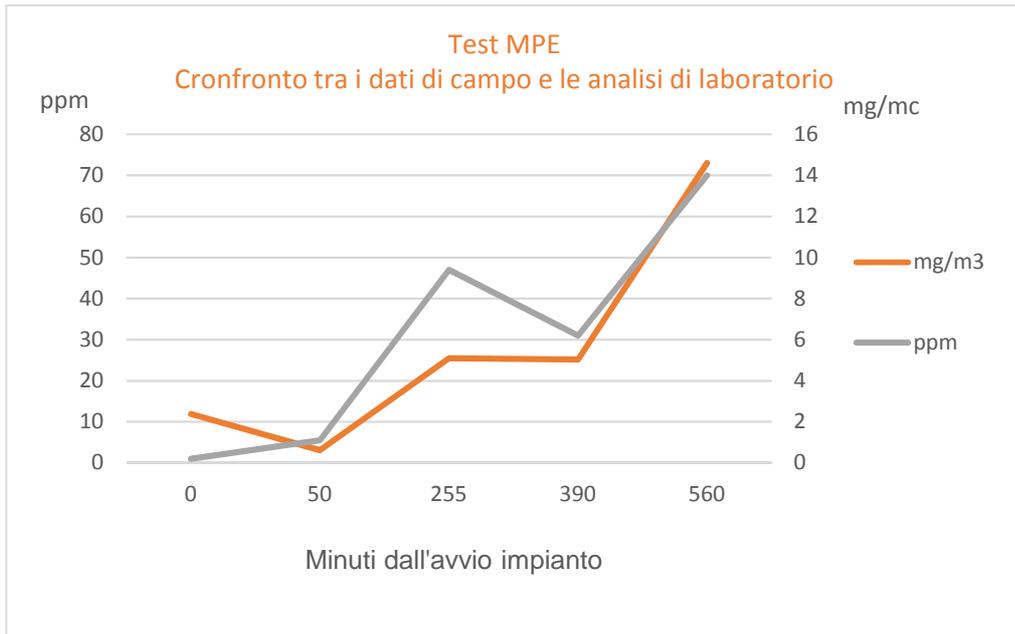


Grafico 18: Test MPE - Confronto tra i dati di campo e le analisi di laboratorio

In funzione degli esiti analitici sopra esposti ed in funzione dei dati di monitoraggio in corso d'opera riportati nella precedente Tabella 56 è possibile determinare il tasso di estrazione, ossia il quantitativo di composto volatile estratto nell'unità di tempo (g/giorno).

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa dei dati elaborati.

Portate di aspirazione Q _{SVE} [Nm ³ /h]	Valori medi MPE2 (gas analyser)			Fiale Concentrazioni in [mg/m ³]				Tassi di estrazione	
	VOC medio [ppm]	LEL [%]	O ₂ [%]	BTEX	VOC	CHC	Clorobenzeni	VOC (foto ionizzatore portatile PID) [g/giorno]	BTEX+VOC+CHC+ Clorobenzeni (fiale) [g/giorno]
5	3,6	0	19,9	0	0	0	1,1	2	0
11,5	16,8	0	19,4	0,9	0	0	14	20	4
40	31,1	0	19	0	0	0	6,2	131	6

Tabella 57: Test MPE - Calcolo tassi di estrazione

Si può notare che i tassi di estrazione calcolati a partire dai dati di campo con foto ionizzatore portatile (metodo semi-quantitativo) differiscono sensibilmente rispetto i tassi elaborati a partire degli esiti di analisi su fiale a carbone attivo (metodo quantitativo). Allo stato attuale di conoscenza del sito, si ritiene che i tassi d'estrazione elaborati da fiale siano da considerarsi più appropriati.

10.3.1.4 Variazioni del livello della tavola d'acqua

Durante la prova sono state eseguite una serie di misurazioni delle variazioni di soggiacenza della superficie freatica in corrispondenza dei punti di monitoraggio dopo l'avvio dell'impianto. I consueti punti di monitoraggio sono stati integrati utilizzando anche i pozzetti PT4 ed P33, posti rispettivamente a 1,80 m ed a 4,15 m dal punto di aspirazione MP2.

I valori di soggiacenza rispetto alla bocca pozzo, vengono riportati nella Tabella seguente.

Tempo da inizio prova (min)	MPE1 (m)	MPE3 (m)	MPE4 (m)	PI10 (m)	PI11 (m)	PT4 (m)	P33 (m)
0	2,33	2,63	2,72	2,31	2,52	2,49	3,00
35	3,20	2,80	2,74	2,41	3,20	3,27	3,00
90	3,40	2,93	2,77	2,54	3,27	3,32	3,00
125	4,46	3,15	2,83	2,62	3,58	3,86	3,00
255	4,92	3,53	3,00	2,66	3,71	4,60	3,00
320	5,03	3,76	3,09	2,79	3,80	5,23	2,99
375	5,03	3,97	3,18	2,81	3,96	5,16	3,00
450	4,87	3,94	3,24	2,75	3,88	4,93	3,00

Tabella 58: Test MPE - Misure di soggiacenza dalla boccapozzo

Il grafico sottostante riporta le medesime differenze relative alle soggiacenze in funzione del tempo, inoltre vengono evidenziate le depressioni applicate al punto di aspirazione MPE 2 (colonne blu).

Dato che non sono state riscontrate variazioni nella posizione P33, che tuttavia rimane fessurato nei livelli saturi sottostanti, il grafico relativo non è stato elaborato.

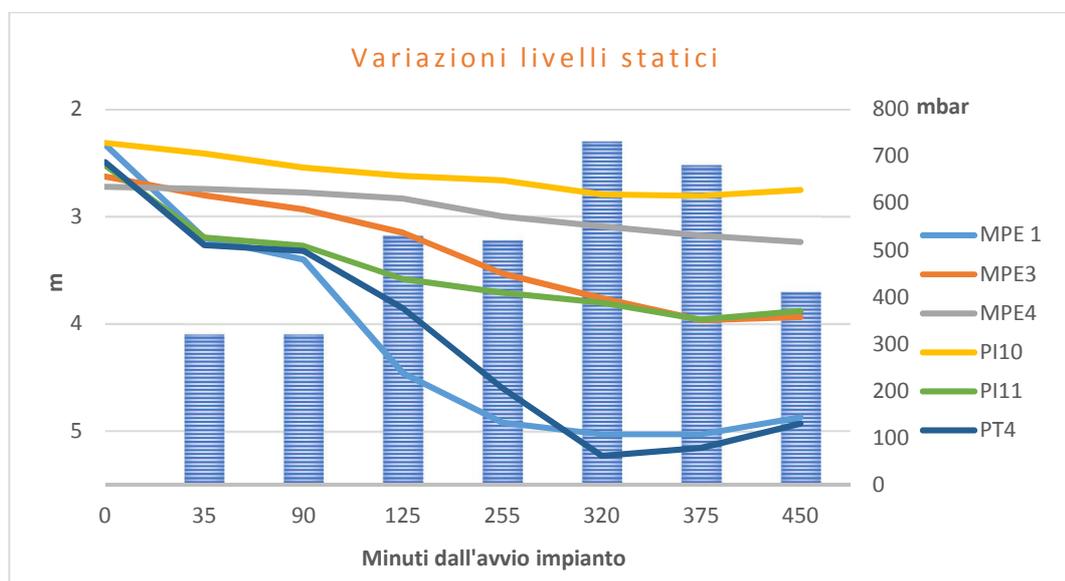


Grafico 19: Test MPE – Variazione livelli statici

La verifica della Tabella e del Grafico sopra riportati evidenziano i seguenti aspetti:

- in tutte le posizioni che interessano gli orizzonti saturi più superficiali, è stato riscontrato un abbassamento del livello di falda già dal primo gradino, con depressione in MPE 2 intorno 350 mbar
- Nei punti più vicini, MPE1 e PT4, posti rispettivamente a 2,0 e a 1,80 m, con depressioni intorno ai 700 mbar, è stato riscontrato un abbassamento intorno a ca. 2,70 m;
- dal grafico emerge chiaramente una correlazione diretta tra depressione indotta e abbassamento.

10.3.1.5 Raggio di influenza ROI

Il raggio di influenza è definito come il valore di depressione al di sotto del quale si considera nullo l'effetto di richiamo del pozzo di aspirazione. Sulla base degli studi condotti e sui dati bibliografici a disposizione (*EPA – Soil Vapour Extraction, Ottobre 1985*), tale valore viene solitamente posto pari a:

- 0,025 mbar per terreni ad alta permeabilità (ghiaie e sabbie);
- 0,25 mbar per terreni a medio-bassa permeabilità (limi e sabbie limose – valore qui assunto come riferimento).

Nel caso in esame, quindi, si considera come valore di riferimento una depressione pari a 0,25 mbar.

Durante la prova di MPE, al fine di determinare il raggio di influenza ROI, sono state misurate le depressioni indotte dall'aspirazione in MPE2 in tutti i pozzetti di monitoraggio.

Nella tabella sottostante vengono riportati i valori rilevati, espressi in mbar.

Tempo da inizio prova (min)	MPE1 (mbar)	MPE3 (mbar)	MPE4 (mbar)	PI10 (mbar)	PI11 (mbar)	PT4 (mbar)	Depressione alla testa pozzo (mbar)
0	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
35	-16,40	0,00	-0,01	0,00	0,00	-2,40	320
80	-3,40	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,20	320
105	-50,00	-0,01	-0,02	0,00	0,00	-6,30	530
125	-53,00	-0,01	-0,04	0,00	0,00	-5,30	530
165	-78,00	-0,01	-0,03	0,00	0,00	-45,80	520
255	-29,00	-0,03	-0,04	0,00	0,00	-26,00	520
300	-100,00	-0,07	-0,10	0,00	-1,70	-89,00	730
320	-140,00	-0,08	-0,11	0,00	-1,10	-120,00	730
375	-117,00	-0,11	-0,13	0,00	-0,80	-80,00	680
485	-56,50	-0,07	-0,09	0,00	-0,40	-2,90	410

Figura 63: Test MPE – Depressioni indotte

Dai dati riportati nella tabella 63 appare evidente come in corrispondenza delle posizioni più prossime al punto di aspirazione si siano riscontrate depressioni importanti mentre nelle posizioni più lontane la depressione indotta risulta modesta e spesso inferiore al valore al di sotto del quale si considera nullo l'effetto di richiamo del pozzo di aspirazione.

In particolare va evidenziato come nella posizione PI10, distante 8,6 m dal punto di aspirazione, non sia stata rilevata nessuna influenza in termini di depressione indotta.

Al riguardo va tuttavia segnalato come questo pozzetto, realizzato per il campo prova ISCO, risulta fenestrato tra 3,0 e 4,0 m. Quindi finché non si riscontra un abbassamento del livello statico prossimo a -3,0 m, risulta impossibile rilevare una depressione.

Data la differenza tra i valori di depressione rilevati sono stati elaborati 3 distinti grafici al fine di rendere più fruibile la lettura dei dati.

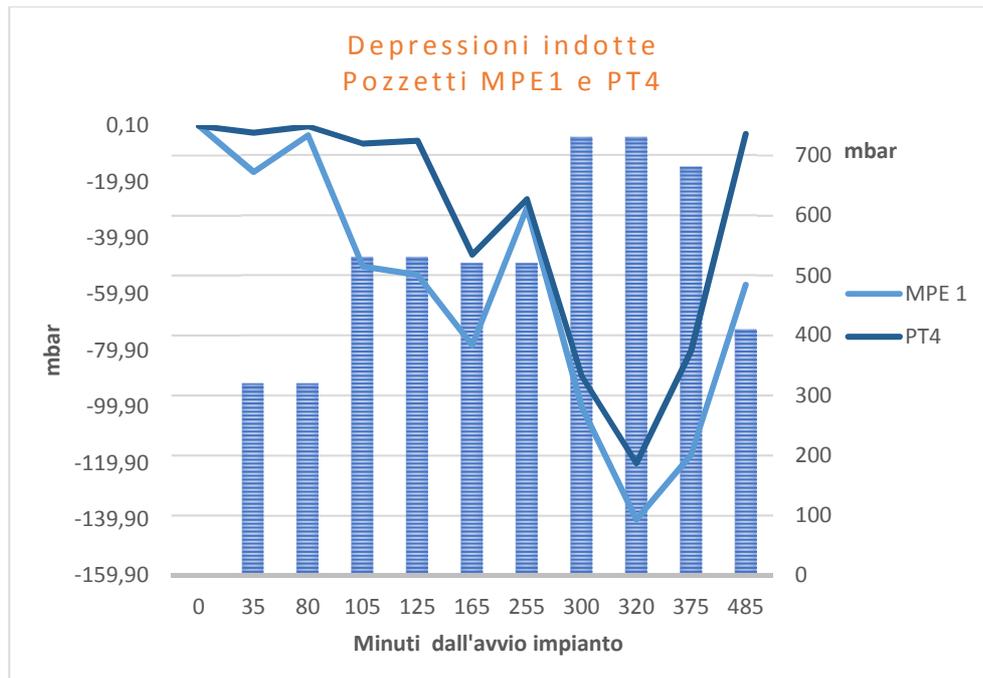


Grafico 20: Test MPE depressione indotte nei pozzetti limitrofi

Da un'analisi del grafico emerge chiaramente come, a partire da inizio prova, nei pozzetti limitrofi si siano riscontrati depressioni significative, generalmente sempre superiori, anche per le portate più basse, al limite di 0,25 mbar assunto come soglia limite.

L'andamento non lineare nei valori di depressioni che si riscontrano in queste 2 posizioni è caratteristico delle prime fasi delle prove MPE, quando la falda non è ancora stata depressa, in condizioni transitorie, e si assiste ad importanti venute di acqua che determinano appunto delle variazioni dei valori di depressione.

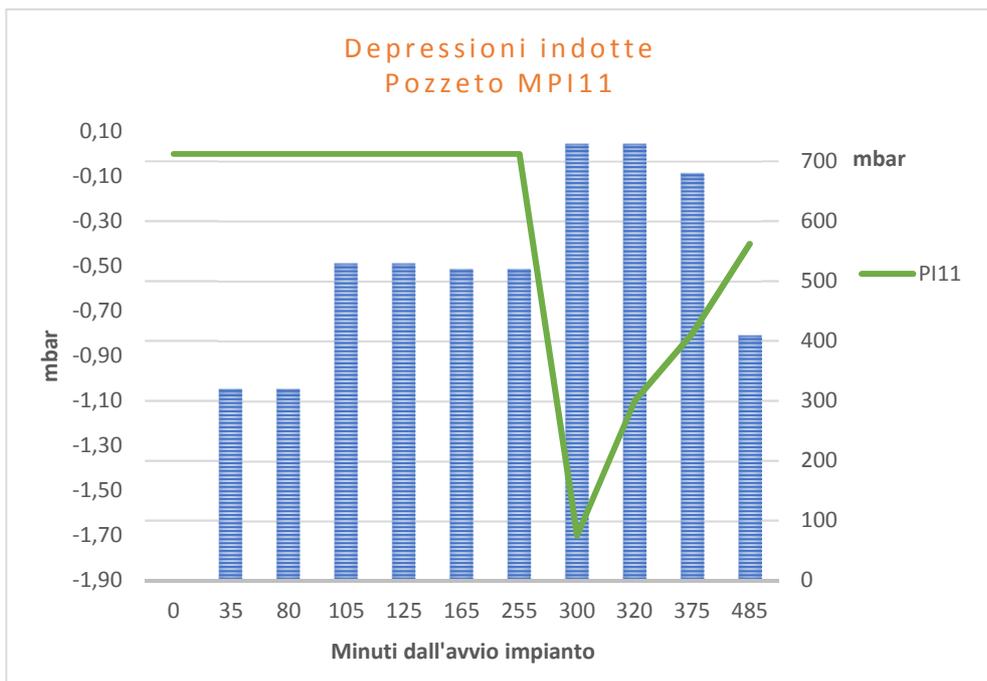


Grafico 21: Test MPE - Depressione indotte pozzetto PI11

Il grafico sovrastante, relativa alla sola posizione PI11 evidenzia come con i primi 2 gradini di portata non si ha nessuna variazione, mentre con la depressione massima testata, si ha un repentino abbassamento della pressione. Ciò è legato al fatto che questa posizione, realizzata per il campo prova ISCO, risulta fenestrata unicamente tra 4,0 e 5,0 m (vedi Tabella 61) e di conseguenza finché il livello statico in questa posizione non si è avvicinato a tale valore (3,80 – 3,96 m da boccapozzo), non poteva venir registrata nessuna depressione.

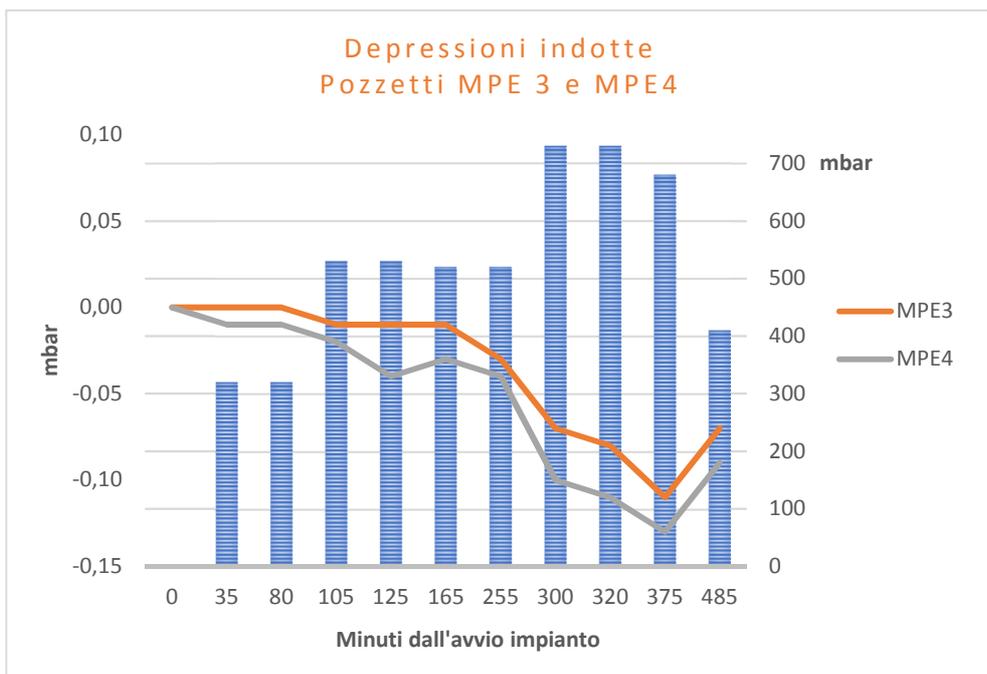


Grafico 22: Test MPE - Depressione indotte nei pozzetti distanti

10.3.1.6 Conclusioni Test MPE

Il test di MPE eseguito nel mese di ottobre 2016 presso il campo prova appositamente realizzato, ubicato nel settore sud occidentale del complesso, era finalizzato a:

- Confermare con prova diretta sul campo l'applicabilità di tale sistema;
- Confermare la progettazione del sistema effettuata e nello specifico il n° di punti di estrazione/aspirazione;
- Confermare la quantità e la qualità dei fluidi estratti (gas/liquidi) e l'idoneità dei sistemi di trattamento previsti.

I terreni che caratterizzano l'area in cui è stata eseguita la prova, sono costituiti a partire da 1,0 m dal piano campagna fino a circa 10,5 m, da uno strato di limo, limo argilloso, intercalato da orizzonti sabbiosi centimetrici.

Il test eseguito in campo, se da un lato ha dato dei risultati positivi in termini di raggio di influenza e depressione indotta, dall'altro ha evidenziato una serie di criticità legate appunto alla natura dei terreni oggetto dell'intervento, che portano a ritenere che un solo intervento di MPE possa non essere esaustivo.

I tassi di estrazione elaborati a partire dagli esiti delle analisi su fiale a carbone attivo (metodo quantitativo) mostrano infatti dei valori molto bassi: pari a 6 gr/gg con la massima portata di aspirazione compresa tra i 35 ed i 44 mc/hr ed una depressione intorno ai 730 mbar. Con tassi di estrazione così modesti, la bonifica delle porzioni di terreno caratterizzate dai livelli di contaminazione più elevati, potrebbe richiedere anni.

Inoltre la natura dei terreni favorisce la formazione di vie preferenziali che limitano l'effetto dell'intervento e rendono difficile intervenire su tutto il volume di terreno contaminato.

Da un punto di vista tecnico un altro aspetto critico incontrato durante l'esecuzione della prova è risultato essere la venuta di sabbia che alla lunga ha reso necessario interrompere la prova per eseguire lo svuotamento del separatore di condensa. La realizzazione di pozzetti di aspirazione completati con delle tubazioni con fenestrate più fini ed utilizzando un ghiaino di diametro \varnothing inferiore (compreso tra 1-3 mm) o in alternativa delle calze di tessuto non tessuto, potrà ridurre il problema ma non eliminarlo. Sarà dunque necessario posizionare, a monte del separatore multifase, un desabbiatore onde consentire un regolare funzionamento dell'impianto.

Il raggio di influenza ROI calcolato sulla base dei dati ottenuti è risultato essere pari a 5,2 m. Va tuttavia osservato che il rapporto tra depressione e distanza (vedi Grafico 23) non presenta un andamento lineare (aumenta la distanza - diminuisce la depressione) ma irregolare: le depressioni misurate in MPE4, posto a 6,0 m dal punto di aspirazione MPE2, risultano lievemente superiori a quelle misurate in MPE3, posto a solo 4,0 m da MPE2.

Tutte le considerazioni sopra espresse suggeriscono di adottare un raggio di influenza cautelativo per dar maggior efficienza al sistema di bonifica MPE.

Indicativamente si considera di usare un raggio di influenza pari a 3,5 m, interasse tra 2 punti pari quindi a 7,0 m, nel pennacchio nord est e nel pennacchio centrale.

Nel pennacchio sud ovest, oggetto di un intervento combinato ISCO e MPE, il raggio di influenza può essere portato a 4,0 m: in tale zona infatti si prevede che l'effervescenza generata dall'immissione di acqua ossigenata negli strati sottostanti (da 8,0 m a 15,0 m) favorirà la mobilitazione dei contaminanti anche negli orizzonti più superficiali.

Il numero dei pozzetti di aspirazione zona per zona viene di seguito riportato (vedi Tavola 12):

- 5 pozzi di aspirazione nel pennacchio nord – est (immediatamente a monte dell'omonima area di sorgente) contro i 3 previsti;
- 33 pozzi di aspirazione nel pennacchio nord – est (immediatamente a valle dell'omonima area di sorgente) contro i 24 previsti;
- 22 pozzi nel pennacchio centrale contro i 15 previsti;
- 24 pozzi nel pennacchio sud ovest contro i 15 previsti.

Ogni pozzetto sarà sottoposto ad una depressione compresa tra i 500 ed i 600 mbar ed una portata di aspirazione compresa tra gli 8,0 ed i 12,0 mc/h.

Sulla base dei dati raccolti in fase di esecuzione del test, si ritiene che con tale portata, sulla base dei risultati emersi dal test, si prevede un tasso di estrazione pari a 4 g/giorno da ciascun pozzetto in aspirazione e che questa configurazione offra maggior garanzie di efficienza.

Dopo il primo anno di esercizio dell'impianto andrà comunque valutato se il sistema di bonifica prescelto debba essere associato, magari limitatamente alle aree caratterizzate dai livelli di contaminazione più elevate, ad un'altra tecnologia, come ad esempio un sistema di Air Sparging o un intervento ISCO, o permetta da solo di raggiungere le CSR sito specifiche.

10.4 Descrizione impianti MPE

Il sistema di MPE sarà costituito dalle seguenti macrosezioni:

- Impianto MPE
- Alimentazione elettrica e telecontrollo
- Sezione di trattamento - sistemi di trattamento dei fluidi gassosi/liquidi prima della loro immissione in atmosfera (gas)/ fognatura (liquidi escluso NAPL);
- Piping di collettamento tra i pozzi di aspirazione/estrazione e i moduli di aspirazione e trattamento;
- Pozzi di aspirazione/estrazione;
- Piezometri di monitoraggio.

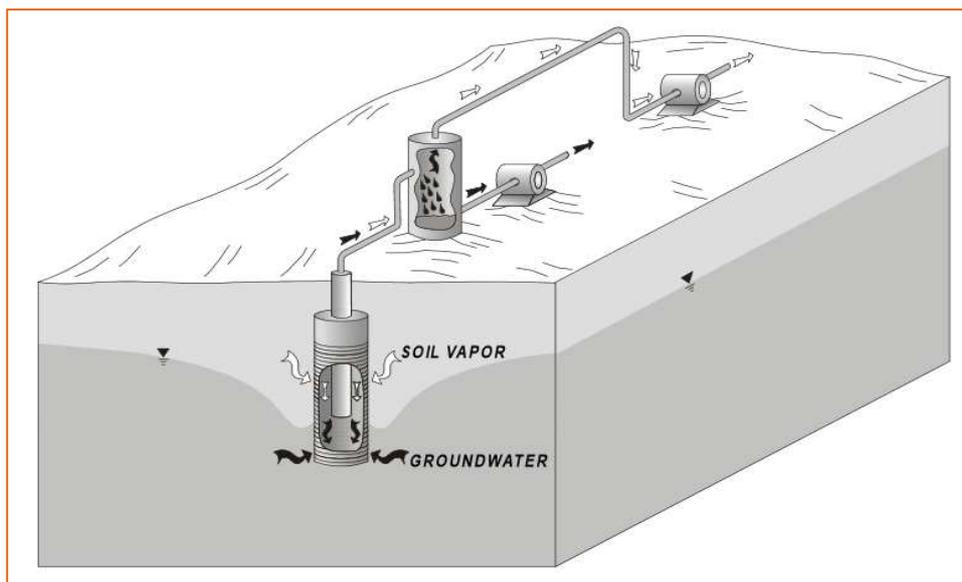


Figura 64: Schema semplificata di impianto MPE

Le aree di intervento MPE, dove non già pavimentate, saranno impermeabilizzate in superficie per evitare corti circuiti con l'aria atmosferica.

10.4.1 Descrizione impianto MPE

Come previsto nel POB, verranno impiegati n°2 moduli impiantistici:

- Modulo 1 per il pennacchio NE
- Modulo 2 per il pennacchio centrale e il pennacchio SO

Ogni modulo consiste in un'unità di aspirazione con cui verrà estratta dai pozzetti installati nel sottosuolo la fase gassosa mista alla fase liquida tramite un alto grado di vuoto.

Il liquidi estratti passeranno preliminarmente in un filtro a ciclone che permetterà di separare la sabbia eventualmente aspirata dai pozzetti MPE.

Quindi la fase gassosa mista alla fase liquida verrà opportunamente separata nel separatore multi fase ove al suo interno verranno scissi per densità i gas dai liquidi.

La separata fase gassosa verrà inviati alla sezione trattamento carboni attivi, mentre la fase acquosa sarà rilanciata all'impianto di trattamento TAF in essere presso il complesso. Qualora nella fase acquosa venisse riscontrata la presenza di prodotto in fase separata DNAPL, prima di essere convogliata all'impianto di trattamento TAF, l'acqua verrà rilanciata ad un separatore a gravità per la separazione acqua/prodotto.

10.4.1.1 Impianto MPE

Il Modulo 1, relativo al pennacchio nord ovest, prevede l'aspirazione da 38 pozzi di cui 5 installati immediatamente a monte dell'area di sorgente nord ovest ed i rimanenti 33 direttamente a valle della stessa.

Il Modulo 2 interesserà il pennacchio centrale, dove si prevede l'installazione di 22 pozzi di aspirazione ed il pennacchio sud ovest, dove verranno realizzati 24 punti. Complessivamente il Modulo 2 prevede l'aspirazione da 46 pozzi. Tuttavia nel pennacchio sud ovest l'intervento MPE inizierà solo al termine dell'intervento ISCO. Questo, come debitamente spiegato nel Capitolo 9, è legato al fatto che la realizzazione di pozzetti MPE nel campo ISCO, creerebbe delle vie preferenziali potenziali che, di fatto, potrebbero favorire la fuoriuscita di gas in superficie limitando da un lato l'efficienza dell'intervento ISCO stesso e dall'altro causando un pericolo per i lavoratori presenti.

L'unità di aspirazione che verrà ubicata nel Modulo 1, sarà così composta:

- n° 3 pompe di aspirazione ad alto vuoto;
- n° 3 separatori multi fase, uno per ogni pompa, provvisti di pompa di rilancio;
- n° 3 separatori centrifughi per sabbia, uno per ogni separatore.

Ogni pompa di aspirazione sarà colettata a 12 o 13 punti di aspirazione.

L'unità di aspirazione che verrà ubicata nel Modulo 2 interesserà in una prima fase il pennacchio centrale e, solo al termine dell'intervento ISCO, il settore sud ovest. Tale unità verrà dunque dimensionata per lavorare contemporaneamente su un massimo di 24 punti e sarà così composta:

- n° 2 pompe di aspirazione ad alto vuoto;
- n° 2 separatori multi fase, uno per ogni pompa, provvisti di pompa di rilancio;
- n° 2 separatori centrifughi per sabbia, uno per ogni separatore.

Ogni pompa di aspirazione sarà colettata a 11 o 12 punti di aspirazione.

Le pompe ad alto vuoto avranno indicativamente le seguenti caratteristiche:

- Capacità nominale 105 mc/hr
- Vuoto finale 60 mbar
- Motore trifase
- Potenza nominale del motore 3,0 kW
- Livello sonoro 75 dB(A)

Ogni pompa, provvista di valvola regolazione vuoto, sarà collegata tramite tubazione in PVC di diametro \varnothing pari a 2" ad un separatore multifase munito di elettropompa di rilancio per acque sporche alla vasca di accumulo, quindi all'impianto TAF in essere presso il sito. All'interno del separatore saranno installati dei livelli di controllo per lo start e lo stop della elettropompa di rilancio ed un altissimo livello, che in caso di troppo pieno arresti l'esercizio della pompa vuoto. Il separatore, completo di tubo translucido segna livello e vacuometro, avrà le seguenti caratteristiche:

- Capacità 200 lt
- Materiale Acciaio Zincato verniciato internamente con vernice epossidica/PP

L'elettropompa di rilancio, dotata di valvola di ritegno lungo la linea di mandata, avrà indicativamente le seguenti specifiche tecniche:

- Motore trifase
- Potenza nominale del motore 1,2 kW
- Prestazioni 50÷800 l/min con 14÷1 m di prevalenza
- Passaggio di corpi solidi fino \varnothing 50 mm

Il separatore multifase sarà collegato tramite tubazione in PVC di diametro \varnothing pari a 2" ad un filtro tipo ciclone che permetterà di separare la sabbia, eventualmente aspirata, dai fluidi. Il filtro sarà completo di by pass, vacuometro, venting manuale, con alla base completo di valvola 2" per consentire la rimozione dei solidi separati per gravità.

Le principali caratteristiche del filtro a ciclone saranno indicativamente:

- Capacità del serbatoio: 0, 275 m³
- Dimensioni – altezza: 2,0 m
- diametro: 0,5 m
- Materiale: ferro zincato

Il filtro tipo ciclone sarà collegato, tramite tubazione diametro \varnothing 2" in PE o PVC, direttamente al piping di collettamento in arrivo dai pozzetti di aspirazione, che andrà descritto nel paragrafo 10.4.2 *Piping di collettamento tra i pozzetti di aspirazione/estrazione e i moduli di aspirazione e trattamento.*

Qualora si riscontrasse la presenza di prodotto in fase separata DNAPL, le acque raccolte nel separatore multifase, prima di essere convogliate alla vasca di accumulo, quindi all'impianto TAF in essere presso il sito, verranno inviate ad un disoleatore a gravità dove avverrà la separazione acqua/prodotto. All'interno del disoleatore sarà installata una elettropompa sommersa per acque sporche, il cui esercizio verrà regolato dalla presenza di appositi sensori di livello. Il sistema sarà provvisto inoltre di altissimo livello, che in caso di troppo pieno, arresti l'elettropompa sommersa presente nel separatore multifase.

Il separatore avrà le seguenti caratteristiche:

- Volume utile: 0, 125 m³
- Flusso massimo: 3,0 m³/hr
- Materiale: AISI con rivestimento in HDPE

L'elettropompa di rilancio, dotata di valvola di ritegno lungo la linea di mandata, avrà indicativamente le specifiche tecniche:

- | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| • Motore | trifase |
| • Potenza nominale del motore | 1,2 kW |
| • Prestazioni | 50÷800 l/min con 14÷1 m di prevalenza |
| • Passaggio di corpi solidi | fino ø 50 mm |

In ciascun dei due container sarà installato un compressore d'aria compressa con trasmissione a cinghia che andrà ad alimentare le valvole elettropneumatiche posizionate lungo le linee di aspirazione.

Il compressore avrà indicativamente le seguenti caratteristiche:

- | | |
|-------------------------------|----------------------|
| • Motore | trifase |
| • Potenza nominale del motore | 1,5 kW |
| • Portata | 250 lt/min |
| • Prestazioni | 50 m ³ /h |
| • Serbatoio | 50 lt |

Gli impianti MPE saranno alloggiati in container marittimo insonorizzati/coibentati al fine di garantirne il funzionamento in qualsiasi periodo dell'anno.

All'interno di ogni container saranno installati:

- Pompe vuoto;
- Separatore multifase provvisto di pompa di rilancio;
- Filtro a Ciclone;
- Disoleatore provvisto di pompa di rilancio;
- Quadro elettrico di controllo;
- Compressore per alimentazione valvole elettropneumatiche;
- Ventilatore di servizio;
- Prese di servizio 220 volt e 380 volt.

Inoltre ciascun Modulo verrà provvisto di:

- Sensore di temperatura ambiente collegato al PLC che, in caso di alta temperatura, arresterà il funzionamento degli impianti;
- Rilevatore LEL per il monitoraggio di continuo della qualità dell'aria, che in caso di alte concentrazioni arresterà il funzionamento degli impianti.



Figura 65: Modello di impianto MPE

Gli impianti saranno posizionati in prossimità delle aree da trattare, vedi Tavola 12, ed in particolare il Modulo 1 verrà ubicato nell'angolo nord-est dell'omonima area di sorgente mentre il Modulo 2 verrà ubicato in una prima fase nell'angolo nord-est del

pennacchio centrale e successivamente, al termine dell'intervento ISCO, lungo il margine occidentale del pennacchio sud-ovest. Tali posizioni sono solo indicative e potrebbero subire variazioni per ragioni logistiche di cantiere.

10.4.1.2 Alimentazione elettrica e telecontrollo

A valle del punto di allaccio verrà messo un sottoquadro, uno per ciascuno dei 2 moduli, a protezione della linea di alimentazione. All'interno del sottosquadro verrà installato:

- Interruttore automatico differenziale generale di linea dimensionato in funzione delle potenze installate;
- bobina di sgancio "a lancio di corrente".

Ogni modulo avrà un quadro elettrico generale, posto all'interno del container, per il comando e la protezione delle apparecchiature previste. Nel quadro, grado di protezione IP65, saranno installati:

- Magnetotermico e/o fusibili;
- Teleruttore con bobina di comando a bassa tensione;
- Selettore man-0-aut;
- Lampade segnalazione marcia e blocco termico.

Il cablaggio del quadro inoltre comprenderà:

- Circuito di comando delle apparecchiature a b.t.;
- Circuito di potenza per l'alimentazione delle apparecchiature;
- Interruttore generale per la protezione ed il sezionamento di tutte le utenze, del tipo "blocca-porta";
- Alimentatori ridondanti di sicurezza e d'isolamento, per l'alimentazione dei circuiti di bassa tensione;
- Segnali d'allarme (es. alto livello, blocco termico, ecc.);
- Morsettiere di collegamento al campo del tipo su guida DIN con sezione dei singoli morsetti dimensionata in funzione del carico.

Il sistema prevede un funzionamento in continuo (24/24 h) con gestione completamente automatica non presieduta. L'impianto elettromeccanico sarà realizzato in modo da consentire l'automazione dell'intero impianto nelle tre modalità standard: arresto, automatico e manuale.

Il quadro elettrico porterà montate le seguenti apparecchiature principali:

- Sezionatore quadro elettrico di comando;
- Interruttori automatici di protezione per eventuali strumenti installati in zona sicura;
- Interruttore automatico differenziale per ogni gruppo di armature;
- Trasformatore di isolamento per i circuiti ausiliari in bassa tensione;
- Morsettiere di collegamento al campo del tipo su guida DIN con sezione dei singoli morsetti dimensionata in funzione del carico;
- Canaline, cavi ed accessori di cablaggio.

L'impianto sarà gestito da un controllore a logica programmabile (PLC).

Sarà possibile visualizzare tramite un sinottico il funzionamento dell'impianto analizzando in tempo reale tutti i parametri di funzionamento. Il sinottico generale sarà poi suddiviso, su diverse pagine, in differenti sezioni di processo dove sarà possibile visualizzare e modificare le soglie di intervento di tutti gli allarmi dell'impianto. Sulla visualizzazione dello stato dei motori sarà possibile intervenire ed avviare le macchine in automatico ed in manuale.

Alcune delle principali funzioni svolte dal PLC sono:

- Acquisizione dei segnali dalla strumentazione di campo e conversione di tali segnali in differenti range di misura;
- Gestione di allarmi di processo;
- Gestione della temporizzazione delle valvole pneumatiche;
- Gestione di un contatore di funzionamento (azzerabile) per ciascun motore;
- Gestione dell'archiviazione dei valori acquisiti nella memoria PLC;
- Attivazione di condizioni di messa in sicurezza dell'impianto come reazione a determinate cause di allarme.

Tutti gli allarmi potranno essere inviati in tempo reale, attraverso il modem GSM predisposto, a tutti gli operatori addetti al controllo del funzionamento di tale sistema. Il pannello operatore sarà in grado di svolgere le seguenti funzioni:

- Visualizzazione grafica schematica dell'impianto;
- Impostazione di parametri di funzionamento;
- Emissione delle segnalazioni di allarme diagnosticate dal software PLC;
- Gestione di un archivio delle segnalazioni di allarme.

All'esterno di ciascuno dei 2 Moduli verrà posizionato un pulsante di emergenza con contatto in chiusura (normalmente aperto) che quando attivato azionerà la bobina di sgancio "a lancio di corrente" ubicata nel relativo sottoquadro e disalimenterà il quadro generale del modulo ed il cavo di alimentazione.

Nella tabella sottostante vengono previsti per ciascuno dei 2 moduli i consumi previsti.

	Modulo 1 (kW)	Modulo 2 (kW)	Totale (kW)
Pompe vuoto	9,0	6,0	12,0
Elettropompe separatore multifase	3,6	2,4	6,0
Elettropompe disoleatore	3,6	2,4	6,0
Ventola di raffreddamento	0,25	0,25	0,5
Compressore	1,5	1,5	3,0
Servizi ausiliari	0,2	0,2	0,4
Illuminazione, prese di servizio, etc.	0,2	0,2	0,4

Tabella 59: Consumo in kW moduli MPE

Al fine di ridurre l'assorbimento di corrente in fase di avvio impianto, dovuto allo spunto iniziale dei motori, le pompe vuoto verranno fatte partire con un ritardo programmato di qualche minuto una rispetto all'altra.

10.4.1.3 Sezione di trattamento – sistemi di trattamento dei fluidi gassosi/liquidi prima della loro immissione in atmosfera (gas)/ fognatura (liquidi escluso NAPL)

I fluidi estratti dai vari pozzetti di aspirazione verranno, come descritto nei precedenti paragrafi, inizialmente collettati in un filtro tipo ciclone per separare la sabbia, eventualmente aspirata, dai fluidi e quindi convogliati nel separatore multifase.

La sabbia raccolta verrà scaricata manualmente, previo by pass del flusso in ingresso, all'interno di un contenitore di raccolta estraibile e richiudibile ubicato al di sotto del desabbiatore, mediante apertura della valvola di scarico posta alla base del cono di raccolta.

Le sabbie verranno raccolte in big bags, caratterizzate analiticamente e smaltite in accordo con quanto previsto dalla normativa vigente.

Nel separatore multifase avverrà la separazione per gravità tra i gas e la fase liquida.

La separata fase gassosa verrà aspirata dalla pompa vuoto e quindi inviata alla sezione trattamento carboni attivi costituita, per ciascuno dei 2 moduli, da n° 2 filtri a carboni da 3,5 m³ (1.750 kg) collegati in serie. A monte del 1° filtro verrà posto un manometro per valutare la pressione dei gas in ingresso.

I filtri a carbone saranno dimensionati in accordo alle specifiche tecniche riportate nel D.G.R. Lombardia 30 maggio 2012-n.IX/3552.

A monte dei filtri, a valle e tra i 2 filtri saranno posti dei punti di campionamento per il prelievo di campioni di gas o effettuare misure con strumentazione portatile.

I gas in uscita dalle pompe vuoto viaggeranno in tubazioni in gommacord di diametro \varnothing 2" fino ad un collettore, che convoglierà i gas in un'unica tubazione di diametro \varnothing 4" sempre in gommacord fino ai filtri a carboni attivi.

Le linee in uscita dalle pompe vuoto saranno provviste di valvole di non ritorno.

La fase acquosa sarà convogliata alla vasca di accumulo, quindi al sistema di trattamento MISE già installato in sito (impianto TAF) ed in grado di trattare i quantitativi di acqua emunti da entrambi i moduli MPE.



Figura 66: Filtri a carboni attivi

Preliminarmente all'avvio dell'impianto e durante le prime fasi di esercizio, verrà attentamente valutata la presenza di prodotto in fase separata DNAPL. Qualora fosse riscontrata la presenza di una fase separata le acque verranno convogliate ad un disoleatore dove, per gravità, avverrà la separazione acqua/olio (prodotto in fase libera). Il prodotto verrà inviato ad un serbatoio di stoccaggio dove sarà caratterizzato analiticamente e quindi avviato a smaltimento in accordo con quanto previsto dalla normativa vigente. Le acque saranno quindi rilanciate alla vasca di accumulo, quindi al sistema di trattamento MISE.

Tutte le tubazioni relative alla sezione di trattamento acqua saranno realizzate in HDPE PN16. Lungo le linee di mandata saranno posizionate delle valvole di non ritorno e dei rubinetti di presa campione.

10.4.2 Piping di collettamento tra i pozzi di aspirazione/estrazione e i moduli di aspirazione e trattamento

Il Modulo 1, relativo al pennacchio nord ovest, prevede complessivamente l'aspirazione da 38 pozzi. Ciascuna delle 3 unità di aspirazione ad alto vuoto ubicate in questo Modulo sarà quindi colettata a 12 o 13 punti di aspirazione.

Il Modulo 2 relativo al pennacchio centrale ed in un secondo tempo al pennacchio sud ovest, oggetto inizialmente di intervento ISCO, prevede l'aspirazione da un massimo di 24 posizioni. Ciascuna delle 2 unità di aspirazione ad alto vuoto ubicate in questo Modulo sarà quindi colettata a 11 o 12 punti di aspirazione.

La linea in entrata al filtro a ciclone verrà divisa in 2 o più linee di diametro \varnothing pari a 2" e ciascuna linea sarà provvista di valvola con attuatore pneumatico a 2 vie. Le valvole saranno comandate direttamente dal PLC posizionato all'interno del quadro elettrico e che consentirà di far lavorare o una o più linee o eventualmente tutte contemporaneamente.



Figura 67: Valvola pneumatica



Figura 68: Collettore MPE

A valle della valvola verrà posto un collettore di diametro \varnothing pari a 2" (DN 63), provvisto di vacuometro e valvola di diluizione (aria falsa), a cui verranno collegato le linee in arrivo dai pozzetti di estrazione. Nel caso in esame, Modulo 1, ad ogni collettore saranno collegati un massimo di 6 o 7 punti di aspirazione ciascuno provvisto di valvola di regolazione e punto di presa campione.

Le linee relative agli impianti ed il collettore saranno caratterizzati da materiali plastici (PVC-HDPE) in quanto non dovranno affrontare alte temperature.

Le tubazioni che collegheranno i collettori alle teste pozzo dei pozzetti MPE saranno realizzate

in HDPE PN 16 ed avranno diametro \varnothing pari a 1"1/4 (DN40). Le linee, debitamente etichettate con il nome del pozzetto di aspirazione da cui provengono, verranno stese fuori terra, avendo cura di lasciare delle vie libere onde permettere il passaggio dei veicoli. Ove necessario al fine di garantire il passaggio, le linee verranno interrate.

Le tubazioni saranno alloggiare in apposite canalette portacavi fuori terra.

Lungo le linee verranno posti dei termometri gestiti da PLC che registreranno le temperature delle linee. Qualora le temperature dovessero scendere al di sotto di una certa soglia, verrà automaticamente attivato il sistema antigelo a protezione delle linee stesse onde garantire il corretto funzionamento dell'impianto anche nei mesi invernali.

Supponendo il dimensionamento riportato nel POB si prevedono ca. 3.500 ml di tubazione di collettamento.



Figura 69: Tubazioni fuori terra

10.4.3 Pozzi di aspirazione/estrazione e impermeabilizzazione superficiale

Sulla base delle esperienze fatte in fase di realizzazione del campo prova, è stato stabilito che la tecnologia più idonea per la realizzazione dei pozzetti di aspirazione nei terreni che caratterizzano l'area Zambon è l'esecuzione di carotaggi con elica continua a distruzione di nucleo.

Tale tecnologia prevede l'infissione nel terreno di un elica cava di diametro \varnothing 220 mm, fino alla quota desiderata.

L'elica è costituita da elementi di lunghezza pari a 1,5 m che vengono tra loro giuntati.

Il terreno carotato, fortemente rimaneggiato, viene spinto in superficie a seguito della rotazione dell'elica.

L'elica viene infissa senza l'ausilio di fluidi di perforazione, eliminando in tal modo la formazione di possibili vie preferenziali.



Figura 70: Sonda perforatrice con aste ad elica



Figura 71: Aste ad elica

Per l'infissione delle eliche viene utilizzata una macchina perforatrice (di seguito Sonda) a rotazione.

Al termine della perforazione, prima di procedere con l'estrazione delle eliche, all'interno del foro verrà posizionata una tubazione in PVC con diametro di 4" (101 mm). La fessurazione interesserà l'intero orizzonte di intervento ovvero tra 1 e 7 (8) m da p.c., quindi tutto l'orizzonte saturo fino a circa 0.5-1,0 m al di sopra della soggiacenza della falda (che si attesta tra 1,5 e 2,0 m da p.c.); da 1 m da p.c. fino alla superficie la tubazione sarà cieca.

L'allestimento dei pozzi di estrazione terminerà con la posa del materiale drenante (ghiaio calibrato 1-3 mm ed eventuale calza in Tessuto non Tessuto) in corrispondenza dei tratti fessurati e del tappo di bentonite e cemento nei tratti ciechi superficiali, tale da garantire un perfetto isolamento.

Ad avvenuta installazione i pozzi saranno sviluppati mediante spurgo. Le acque di pompaggio verranno raccolte ed avviate all'impianto TAF.

All'interno dei pozzi di estrazione MPE e quindi in collegamento con le tubazioni di convogliamento liquidi al relativo Modulo di trattamento, sarà posizionato un drop tube (slurper) con diametro pari a 1" (DN32) in HDPE PN16. Il drop tube avrà lunghezza regolabile, da 3,0 m a 7,0 m e permetterà di aspirare/estrarre le acque (insieme a vapori) in tutto l'orizzonte contaminato.



Figura 72: Foto testa pozzo con drop tube

Il drop tube sarà connesso alle tubazioni di collegamento all'impianto attraverso una testa pozzo a tenuta. Tutte le teste pozzo saranno dotate di vacuometro per il controllo delle depressioni indotte all'interno del pozzo. Dalle teste pozzo i drop tube saranno regolabili in altezza in modo tale da alzare/abbassare la profondità dei punti di aspirazione/estrazione nel sottosuolo in funzione degli abbassamenti della falda freatica riscontrati.

Tutti i pozzi saranno ispezionabili direttamente dalla superficie. Le teste pozzo saranno infatti posizionate fuori terra in modo tale da facilitare collegamenti e controlli.

Al fine di minimizzare le perdite di carico all'impianto, le teste pozzo saranno connesse ad un collettore di diametro \varnothing 2" (DN63) tramite una tubazione in HDPE PN 16 diametro \varnothing 1"1/4 (DN40). Ogni linea sarà provvista valvola di regolazione e di punto di

presa campione per il controllo dei fluidi in ingresso.

10.4.4 Piezometri di osservazione

Nelle aree di bonifica dei pennacchi è prevista la realizzazione di nuovi piezometri di monitoraggio profondi 8 m in PVC (diametro 3") in quantità di:

- 7 nuovi piezometri nell'area settentrionale del pennacchio di NordEst;
- 2 nuovi piezometri nel pennacchio centrale;
- 6 nuovi piezometri esterni alle aree di trattamento.

I piezometri verranno messi in opera mediante perforazione a distruzione di nucleo con diametro di perforazione di ca. 180 mm. Le perforazioni saranno spinte fino alla base dell'acquifero superficiale che si trova a ca. 8 – 9 metri dall'attuale p.c. I pozzi saranno completati con tubo in PVC da 3" con tratto fessurato lungo tutto lo strato saturo dell'acquifero. L'intercapedine sarà completata con ghiaio selezionato lungo il tratto fessurato e con cemento / bentonite lungo i tratti ciechi.

Ad avvenuta installazione i piezometri saranno sviluppati mediante spurgo. Le acque di pompaggio verranno raccolte ed avviate all'impianto TAF.

Tutti i piezometri verranno provvisti di un tubo di protezione sporgente ca. 0,5 m dal piano campagna.

10.4.5 Impermeabilizzazione superficiale e Piping

Al termine dell'esecuzione di tutti i pozzi di estrazione e piezometri di monitoraggio le aree di intervento verranno preparate con la posa di una geomembrana in HDPE (Resistenza alla trazione > 40 Mpa, resistenza al punzonamento statico > 4 kN) per la copertura delle aree non pavimentate e per evitare corti circuiti d'aria con la superficie.

10.5 Norme tecniche e sistemi di sicurezza

Tutti gli impianti di MPE saranno realizzati in accordo alle seguenti norme tecniche:

- Norme CEI: parte elettrica

- Norme UNI EN: strutture e tubazioni
- Motori elettrici: CEI / IEC / CENELEC
- Grado di protezione apparecchiature elettriche: IP 65
- Decreto Legislativo n. 93 del 25/02/2000 (attuazione della Direttiva CEE 97/23/CE in materia di attrezzature a pressione) (PED), ove applicabile.
- Direttiva macchine: 2006/42/CE; UNI EN ISO 12100-2; D.P.R. n. 459 del 24 luglio 2006.

Gli impianti saranno dotati di tutte le strutture, apparecchiature e strumenti necessari a garantire un funzionamento corretto e sicuro rispondente alle norme vigenti in materia di salute, sicurezza e protezione dell'ambiente.

I materiali forniti che andranno a costituire gli impianti, saranno costruiti e collaudati secondo le normative vigenti. L'impianto verrà assemblato secondo le disposizioni di "buona tecnica" meccanica e di ingegneria.

Tutti i sistemi saranno alloggiati in container dotati di insonorizzazione mediante pannelli fonoassorbenti e porte a tenuta. Gli impianti verranno forniti con adeguati estintori, posti in area di libero accesso e adeguatamente segnalati attraverso apposita cartellonistica.

L'area all'interno degli impianti destinata alle macchine sarà dotata di un sistema di rilevazione LEL (limit explosion level) per il monitoraggio in continuo della qualità dell'aria. Verrà inoltre installato nr. 1 ventilatore sulle pareti del container per il ricircolo forzato dell'aria. La ventilazione statica dell'area macchine sarà garantita mediante una presa d'aria con adeguati rialzi antipioggia.

All'interno dell'impianto verrà posizionato il quadro elettrico e relativo PLC di comando.

10.6 Esercizio dell'impianto MPE

Per garantire un ottimale andamento dell'intervento di MPE, esso sarà accompagnato da un intenso programma di monitoraggio e controllo nonché da accurate procedure di manutenzione ordinaria e straordinaria. Tutte le procedure di monitoraggio e manutenzione saranno riportati in appositi manuali di cantiere con dettagliate istruzioni per il personale operativo. Le attività di monitoraggio e manutenzione saranno registrate e documentate mediante apposita modulistica che potrà garantire di risalire agli autori degli interventi ed alle specifiche condizioni in cui sono stati effettuati.

La presenza di un sistema di PLC/telecontrollo permetterà di verificare il funzionamento in diretta del sistema e permettere le variazioni di esercizio concesse dalla tipologia di PLC installato.

10.6.1 Start Up

L'impianto verrà considerato pronto per la messa in marcia quando tutti i materiali ed i lavori di costruzione saranno completati correttamente, secondo la "buona tecnica".

Prima di procedere all'avvio dell'impianto saranno effettuate le seguenti verifiche e controlli:

- Verifica taratura differenziale;
- Verifica taratura messa a terra;
- Verifica taratura magnetotermici motori;
- Verifica linee di processo in conformità al pi&d;
- Controllo collegamenti elettro strumentali;
- Libera rotazione degli alberi motore;
- Senso di rotazione;
- Flussaggio delle linee per eliminare eventuali materiali presenti;

- Calibrazione e allineamento degli strumenti installati (per quanto possibili);
- Verifica posizione valvole;
- Prove pulsanti di emergenza;
- Prove ed intervento allarmi;
- Prove di avvio e fermata;
- Prova di mancanza tensione.

Inoltre, tramite sonda interfaccia, in tutti i pozzetti di aspirazione e di monitoraggio verrà effettuato una lettura freaticometrica e rilevata l'eventuale presenza di prodotto in fase sperata al fine di definire le modalità finali di esercizio dell'impianto.

Durante la fase di messa in marcia saranno inoltre eseguite le seguenti prove:

- Taratura strumenti e valvole di controllo/ON-OFF;
- Controllo resistenza isolamento cavi;
- Controllo collegamenti e prove di continuità (Electrical test);
- Prova idraulica strumentazione delle connessioni di processo e pneumatiche;
- Prove funzionali e allineamento loops.

In relazione al sistema di gestione della qualità verranno forniti la seguente documentazione:

- Manuale in triplice copia di cui due cartacee e una copia in formato informatico.
- Dichiarazione di conformità ai sensi della direttiva "macchine";
- Dichiarazione di conformità dell'impianto elettrico;
- Dichiarazione di conformità della messa a terra.

Il collaudo si riterrà concluso quando il sistema funzionerà ininterrottamente in modalità "automatico" per 2 giorni (48/h).

10.6.2 Monitoraggio

Il monitoraggio dell'intervento di MPE verrà effettuato mediante regolari campagne di misurazioni e prelievi in sito e confronto dell'andamento con grafici numerici.

I monitoraggi in sito verranno effettuati attraverso regolari campagne di misurazioni e prelievo campioni da tutti i piezometri di osservazione e dai pozzi di estrazione aria/acqua. Le misurazioni comprenderanno:

- misure piezometriche;
- rilievi tramite sonda interfaccia di eventuale prodotto in fase separata;
- misurazioni delle concentrazioni dei gas estratti;
- misurazione delle depressioni per valutare gli effettivi raggi di influenza.

Gli interventi di monitoraggio in sito avranno frequenza almeno mensile nella fase iniziale e potranno poi essere ridotti a cadenza trimestrale con l'avanzare dell'intervento. Alcuni parametri di funzionamento potranno essere anche verificati in continuo grazie alla presenza di un sistema di PLC/telecontrollo.

A cadenza semestrale verrà redatto un sintetico rapporto intermedio nel quale verranno illustrati e discussi i seguenti punti:

- Andamento delle concentrazioni di inquinanti nei vari punti di osservazione;
- Analisi e commento di eventuali anomalie;
- Analisi e commento dei tassi di estrazione di inquinanti;
- Bilancio cumulativo delle quantità estratte;
- Proposte di variazione / ottimizzazione da sottoporre alla D.L..

All'interno della manutenzione deve essere considerata la verifica dell'esaurimento dei carboni attivi di trattamento. Il controllo verrà eseguito con un serrato monitoraggio

a cadenza quindicinale e successivamente mensile dei fluidi in uscita dagli impianti al fine di intervenire in modo repentino per la loro sostituzione.

Al termine del primo anno di esercizio verranno valutati i risultati ottenuti con la tecnologia di bonifica prescelta ed eventualmente, nelle aree più critiche, verrà valutata la possibilità di associare l'intervento di MPE ad un'altra tecnologia, come ad esempio un sistema di Air Sparging o un intervento ISCO, che permetta di raggiungere le CSR sito specifiche.

10.6.3 Gestione rifiuti derivanti da intervento MPE

I rifiuti prodotti dalla gestione dell'impianto sono principalmente carboni attivi per trattamento dei vapori e il materiale sabbioso/limoso trascinato con l'acqua aspirata. Si rimanda al produttore l'obbligo di omologa del rifiuto per il successivo conferimento a rigenerazione (per i carboni) e smaltimento (per le sabbie).

10.6.4 Manutenzione

L'attività di manutenzione ordinaria avrà cadenza almeno trimestrale e sarà concentrata su tutti i componenti degli impianti MPE. Ogni intervento di manutenzione comprenderà un controllo del regolare funzionamento di tutte le componenti. Tutte le macchine verranno ispezionate attentamente e se necessario momentaneamente disattivate per la loro pulizia e controllo.

10.6.5 Scarico/riutilizzo

Tutto quanto verrà estratto dai sistemi di bonifica MPE non verrà riutilizzato ma trattato al fine del loro recapito/emissione in rispetto della normativa ambientale in vigore e delle Autorizzazioni concesse:

- Limiti indicati dalla Tabella 3 Allegato 5 alla Parte Terza del D.Lgs. N° 152/06 (emissioni degli scarichi idrici in pubblica fognatura);
- Limiti indicati dall'Autorizzazione in pubblica fognatura dell'Ente Gestore (Acque Vicentine Spa);
- Limiti previsti dall'Allegato 1 alla Parte V del D.Lgs. n° 152/06 per le emissioni atmosfera.

10.7 Collaudo degli interventi MPE

Il collaudo delle aree di intervento mediante MPE verrà effettuato secondo le modalità riportate al capitolo 9.2 del POB.

In particolare, quando gli interventi di monitoraggio evidenziano il raggiungimento delle CSR nella parte mediana e terminale del pennacchio, verrà richiesto il collaudo in contraddittorio con il Collaudatore nominato dalla Committente.

Successivamente si procederà ad eseguire n° 4 campagne di monitoraggio trimestrali per la durata di un anno al termine dei quali, se verranno rispettate le CSR, si procederà alla richiesta di chiusura del procedimento.

11 BONIFICA DELLE FALDA SUPERFICIALE - P&T

11.1 Scopo

Lo scopo dell'intervento di Pump & Treat è quello di ridurre le concentrazioni di inquinanti fino al raggiungimento delle CSR nella falda superficiale, nella parte mediana e terminale del cosiddetto *Pennacchio Nord Est*.

Il pennacchio Nord Est, a valle dell'omonima area di sorgente, è schematicamente suddiviso in tre parti. La suddivisione è stata effettuata in base alla distribuzione degli inquinanti riscontrata prima della redazione del POB e quindi in base ai monitoraggi della falda effettuati fino a dicembre del 2011:

- Zona **settentrionale** con concentrazioni oltre 10 volte le CSR e possibile presenza di NAPL (Piezometri Pz12 e Pz13)
- Zona **mediana** con concentrazioni da 2 a 4 volte le CSR (Piezometri Pz9 e Pz37)
- Zona **terminale** con concentrazioni prossime alle CSR (Piezometri Pz26 e Pz27 – Pozzi Bar1 e Bar2)

Nella figura sottostante, nell'area tratteggiata di verde, sono riportati i pozzi esistenti e quelli previsti in questo capitolo (punti verdi senza nome).

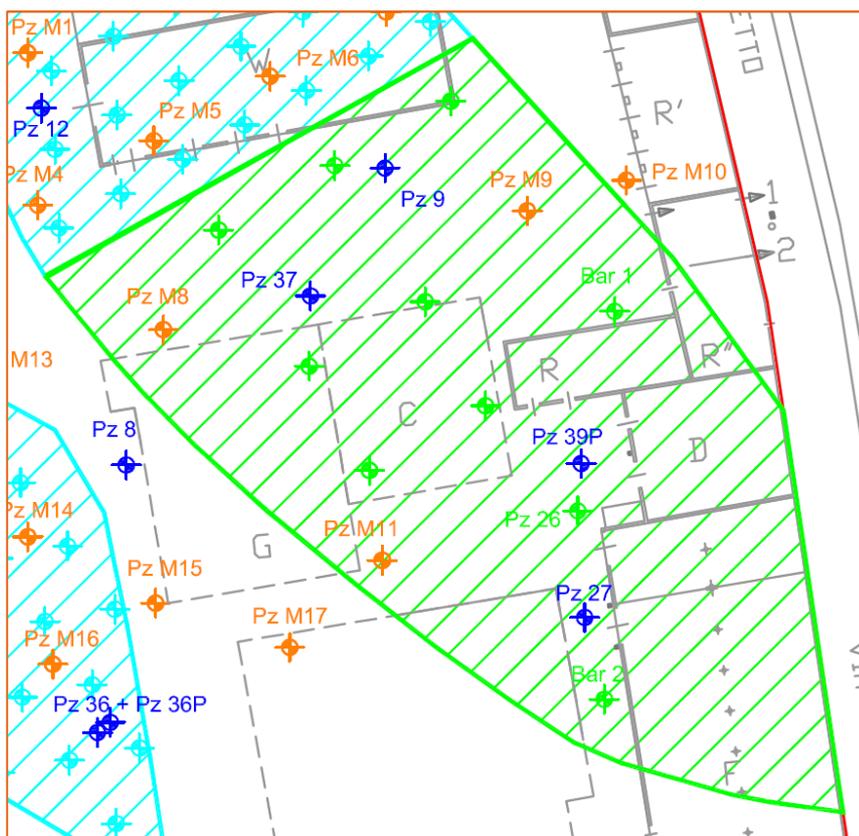


Figura 73: Area intervento Pump & Treat

L'area di sorgente NE, origine del pennacchio, era caratterizzata da elevate concentrazioni di solventi organici, in primo luogo di Monoclorobenzene (MCB) e, in misura minore da altri solventi non clorurati (Benzene) e da Anilina. L'area è stata messa in sicurezza mediante palancole all'inizio del 2003. Nei tre grafici successivi è riportato l'andamento delle concentrazioni di MCB nelle tre zone del pennacchio dopo la posa delle palancole.

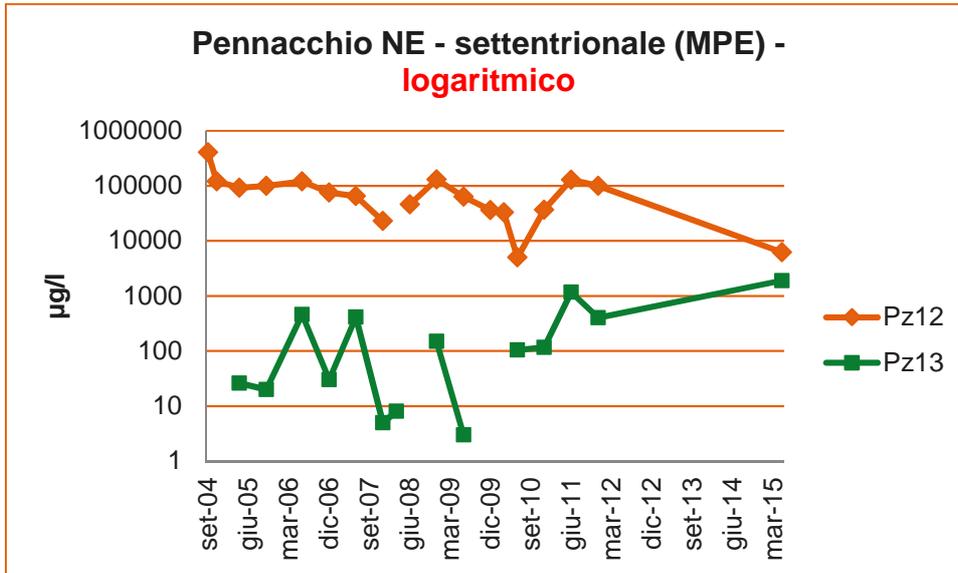


Grafico 24: Andamento delle concentrazioni di MCB nella parte settentrionale del Pennacchio NE (concentrazioni in scala logaritmica)

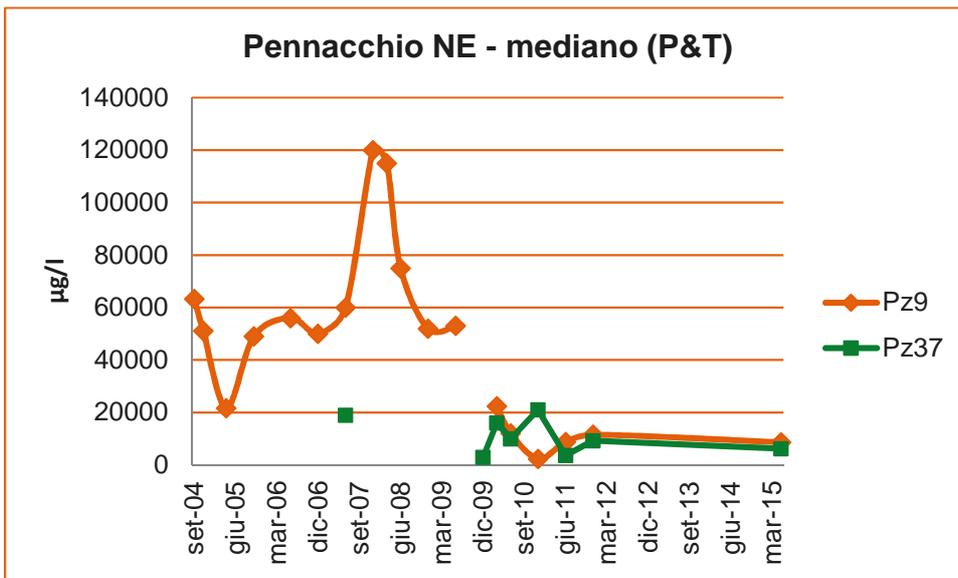


Grafico 25: Andamento delle concentrazioni di MCB nella parte mediana del Pennacchio NE

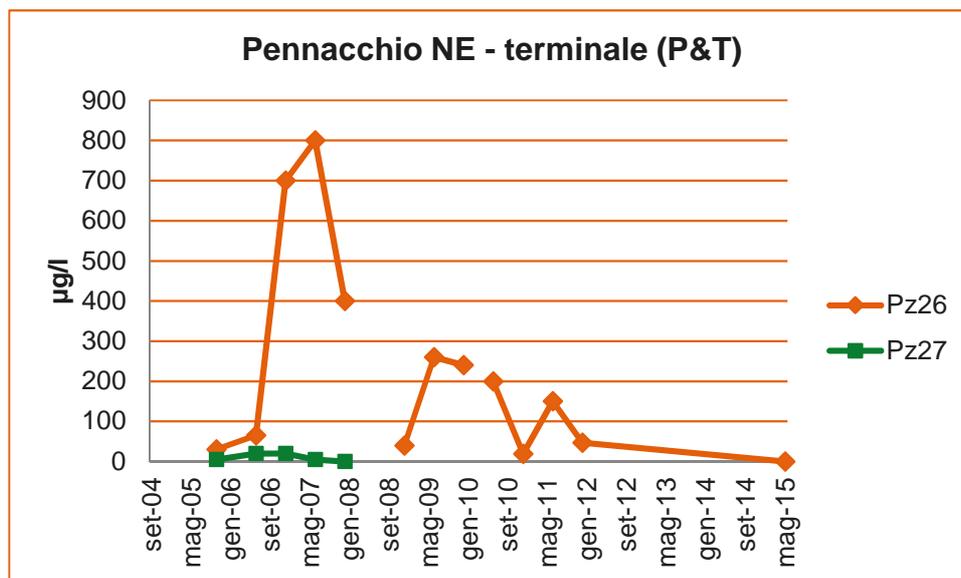


Grafico 26: Andamento delle concentrazioni di MCB nella parte terminale del Pennacchio NE

Si osserva che la palancolatura della sorgente non ha avuto un effetto immediato sul pennacchio di contaminazione ma che dopo alcuni anni (dal 2006 – 2008) l'andamento delle concentrazioni rileva una chiara tendenza all'attenuazione. Il graduale aumento delle concentrazioni in Pz9 nel periodo iniziale è probabilmente dovuto al pompaggio nei pozzi situati nella parte orientale dello stabilimento (Bar1) con conseguente spostamento del pennacchio verso Est.

Alla fine del periodo di osservazione (maggio 2015) la situazione si pone nettamente migliorata con concentrazioni di MCB inferiori a 10.000 µg/l su tutta l'estensione del Pennacchio NE. Le concentrazioni nella parte mediana sono dell'ordine di ca. 6.000 – 9.000 µg/l mentre nella parte terminale sembrerebbe che le concentrazioni rientrano in gran parte nelle CSR.

11.2 Verifica del dimensionamento progettuale a base di gara

La verifica del dimensionamento progettuale dell'intervento P&T è stata effettuata mediante l'implementazione di un modello numerico di flusso e trasporto 3D utilizzando i codici Modflow e MT3D. Tale verifica è stata eseguita sulla base della contaminazione di MCB della falda superficiale, in quanto unico contaminante che supera la rispettiva CSR nell'area.

Come descritto al capitolo 10, il pennacchio settentrionale verrà sottoposto ad un intenso intervento di MPE, che avrà un immediato effetto sul deflusso delle acque contaminate verso la parte mediana del pennacchio.

Per valutare l'efficienza e la durata dell'intervento di P&T previsto nel POB, viene ipotizzata la seguente situazione iniziale (si sottolinea che tale ipotesi è stata effettuata con criteri cautelativi):

- a. L'afflusso di acqua contaminata da monte (parte settentrionale del pennacchio) subirà una drastica riduzione con l'attivazione dell'intervento MPE. Per ottenere una stima cautelativa si prevede un deflusso residuo con una concentrazione costante di 2.000 µg/l di MCB
- b. Come situazione di partenza si considera cautelativamente tutta la zona mediana e terminale del pennacchio caratterizzato da una concentrazione media iniziale di MNC pari a 10.000 µg/l.

Le condizioni idrogeologiche nell'area di intervento sono state dedotte dalla documentazione di gara con particolare riguardo ai seguenti documenti:

- Progetto Operativo di Bonifica; Luglio 2012
- Relazione Geologica (rif 8002008_001r5gib_4_Relazioni specialistiche)
- Attività Integrative alla Caratterizzazione e alla Messa in Sicurezza di Emergenza dell'ex Area Zambon – Analisi Idrogeologica e Modellistica; Marzo 2005
- Controllo e Revisione del Dimensionamento del Sistema di Sbarramento Idraulico della Falda Superficiale presso l'Ex Area Industriale di Vicenza, via dei Cappuccini – Relazione Tecnica; Luglio 2005

Dal punto di visto idrostratigrafico è stato assunto un unico acquifero superficiale con livello piezometrico freatico ad una quota di ca. 34 m.sl.m. L'acquifero si estende fino a quota 26 m.s.l. con uno spessore pari a ca. 8 metri.

Dalle prove di pompaggio effettuate nei pozzi Bar 1 e Bar 2 è stato ricavato un coefficiente di permeabilità mediato pari a ca. $1E-5$ m/s. Il gradiente idraulico medio indisturbato, è stato assunto pari a $I = 0,5\%$. La porosità efficace è stata stimata essere pari al 10%.

Per la verifica progettuale è stato implementato un modello numerico di flusso e trasporto 3D, a regime transitorio che, seppure non calibrato sufficientemente per restituire con precisione le varie eterogeneità idrogeologiche ed idrochimiche del sito, è sicuramente uno strumento valido per effettuare una approssimazione cautelativa dell'andamento dell'intervento nel tempo. Tale modello potrà essere migliorato in termini di complessità del modello concettuale e di calibrazione e costituirà un valido strumento di controllo in corso d'opera dell'andamento della bonifica.

Il modello numerico di flusso e trasporto è stato quindi implementato con le seguenti condizioni:

- Modello transitorio con durata di simulazione di 36 mesi
- Concentrazione iniziale di MCB su tutta la parte mediana e terminale del Pennacchio NE: 10.000 $\mu\text{g/l}$ (assunzione cautelativa)
- Afflusso dalla zona di intervento MPE (parte settentrionale del pennacchio) indisturbato in termini di bilancio idrico (ca. 0,2 – 0,5 mc/h) e con concentrazione massima di MCB pari a 2.000 $\mu\text{g/l}$ (assunzione cautelativa)
- Assenza di attenuazione naturale delle concentrazioni di MCB (assunzione cautelativa)

Il sistema di P&T ipotizzato, è essenzialmente identico a quello riportato nel POB di gara e consiste in 10 pozzi di emungimento completi (fessurazione lungo tutto lo strato saturo dell'acquifero) con una portata complessiva di 0,5 mc/h. Nel modello sono inoltre stati introdotti tutti i pozzi del sistema di MISE con le rispettive portate di emungimento.

L'ubicazione dei pozzi di pompaggio P&T di futura implementazione e dei pozzi MISE esistenti, è riportata nel grafico sottostante.

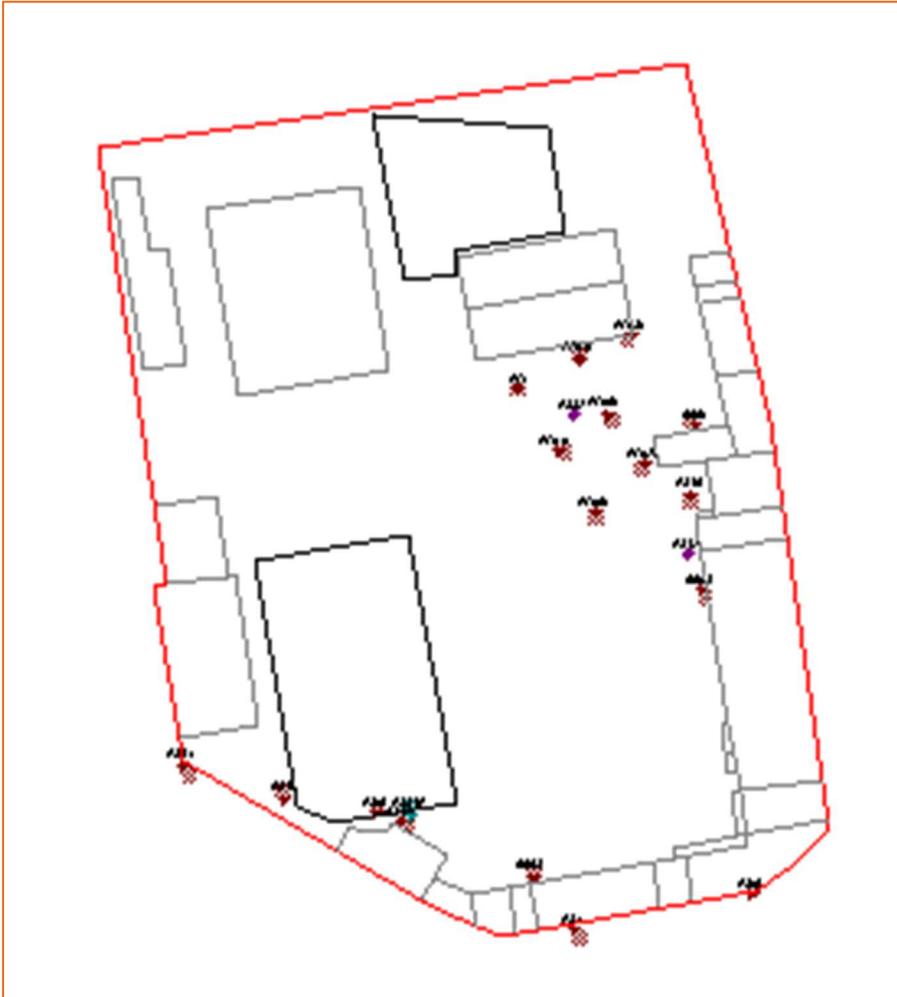


Figura 74: Posizione dei pozzi di emungimento nel modello numerico

Nelle figure successive è raffigurato l'andamento delle concentrazioni di MCB nel corso dell'intervento, partendo dalla situazione iniziale sopra descritta. La linea nera in grassetto rappresenta la linea di isoconcentrazione di MCB = 5.333 μ /l ed evidenzia pertanto l'area con superamento della CSR. Le marcature sulle linee di flusso indicano il tragitto percorso dalla falda in un anno.

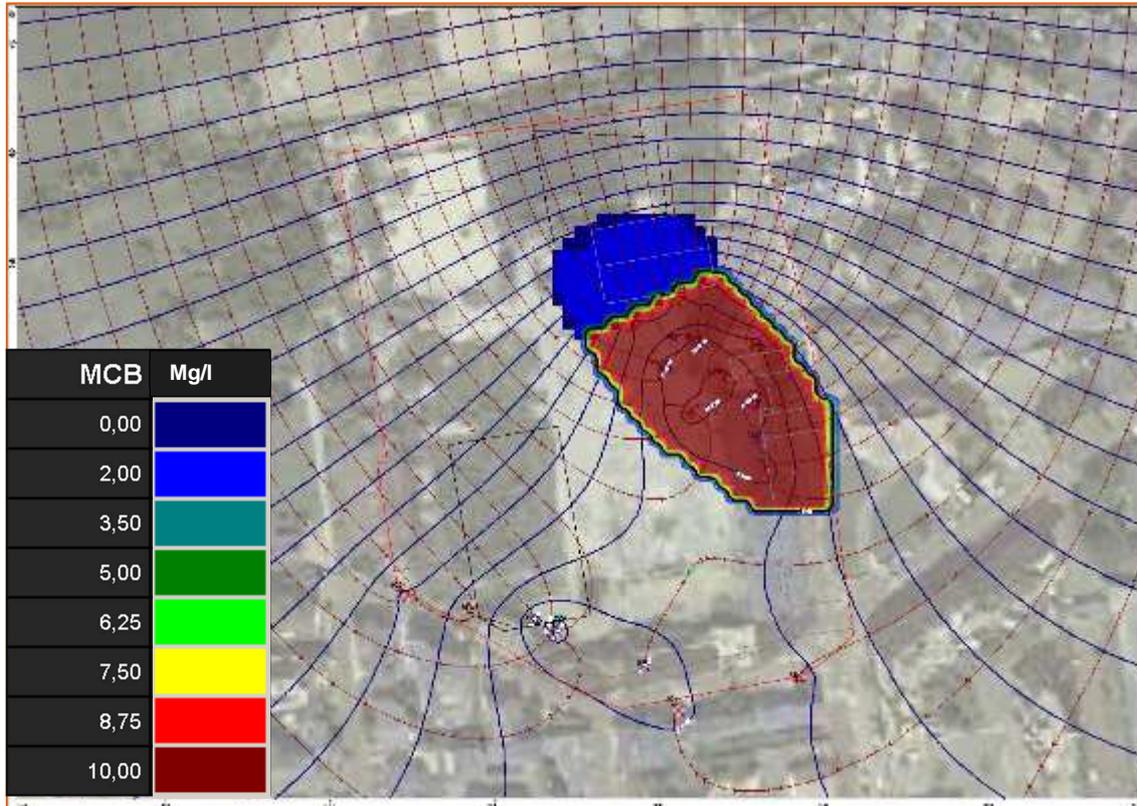


Figura 75: Distribuzione delle concentrazioni di MCB dopo 0 giorni di intervento P&T – situazione teorica iniziale: zona settentrionale con MPE attivo = 2.000 μ g/l; zone mediana e terminale con 10.000 μ g/l)

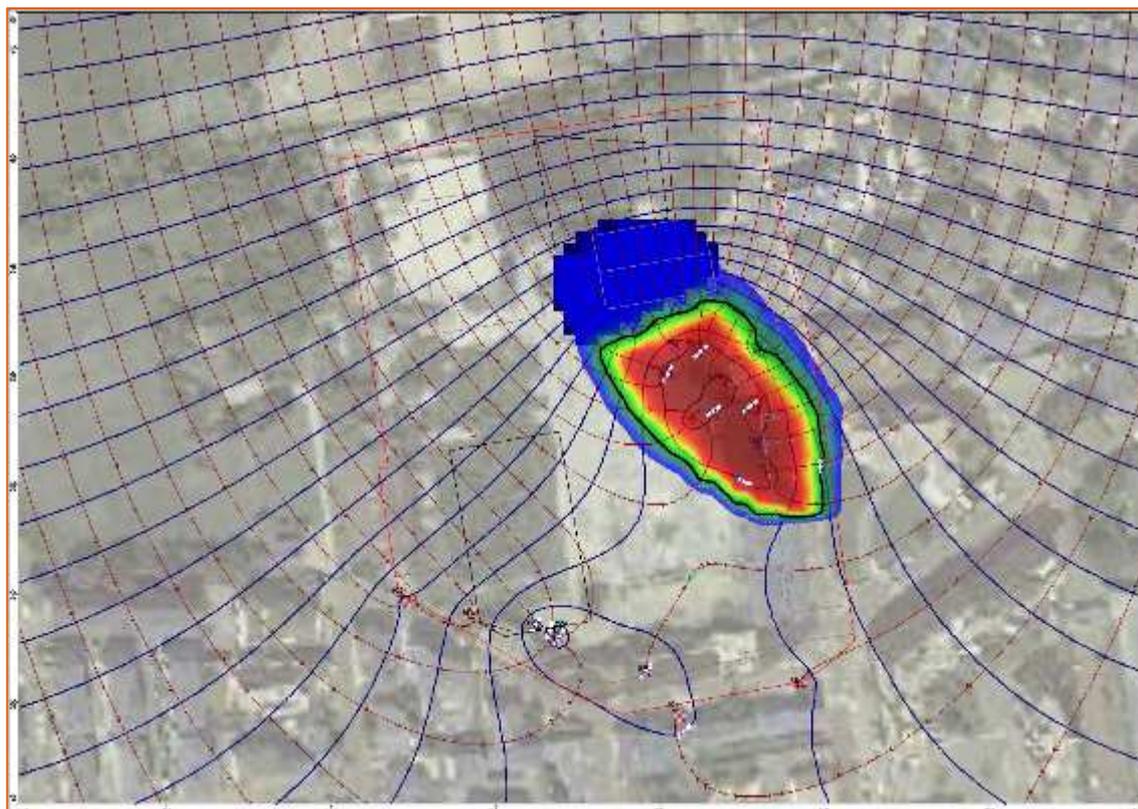


Figura 76: Distribuzione delle concentrazioni di MCB dopo 1 mese di intervento P&T

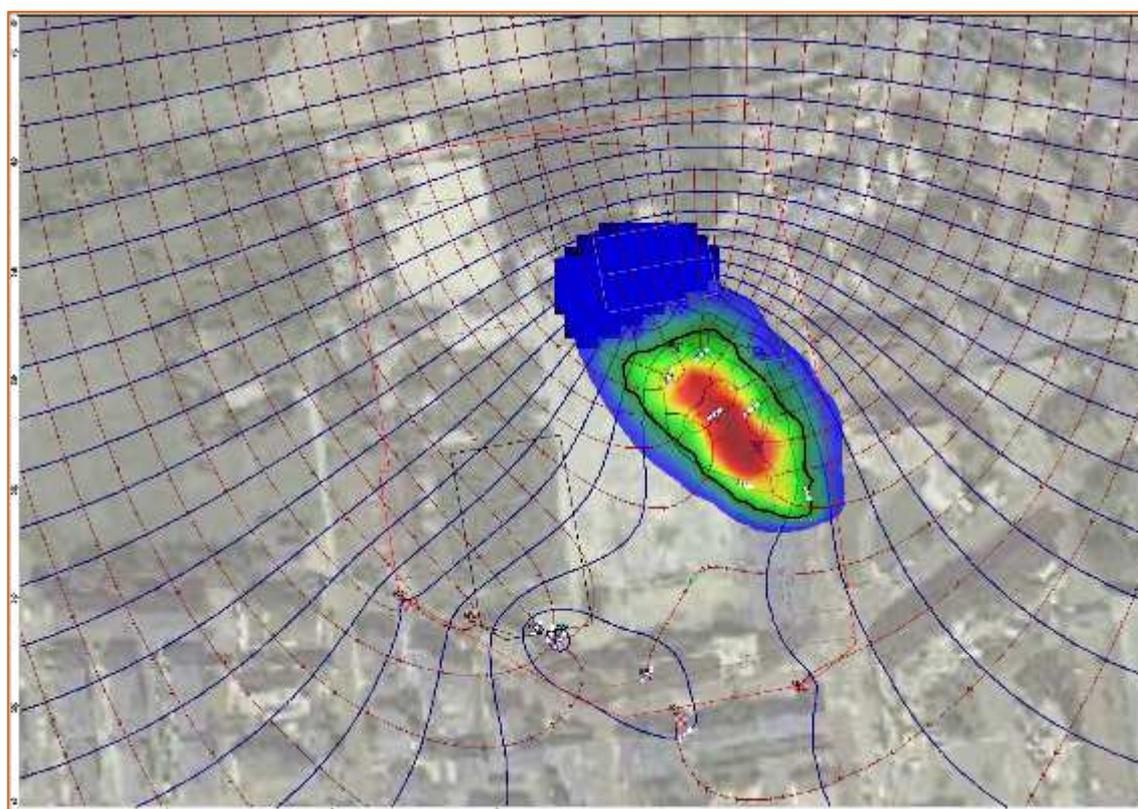


Figura 77: Distribuzione delle concentrazioni di MCB dopo 3 mesi di intervento P&T

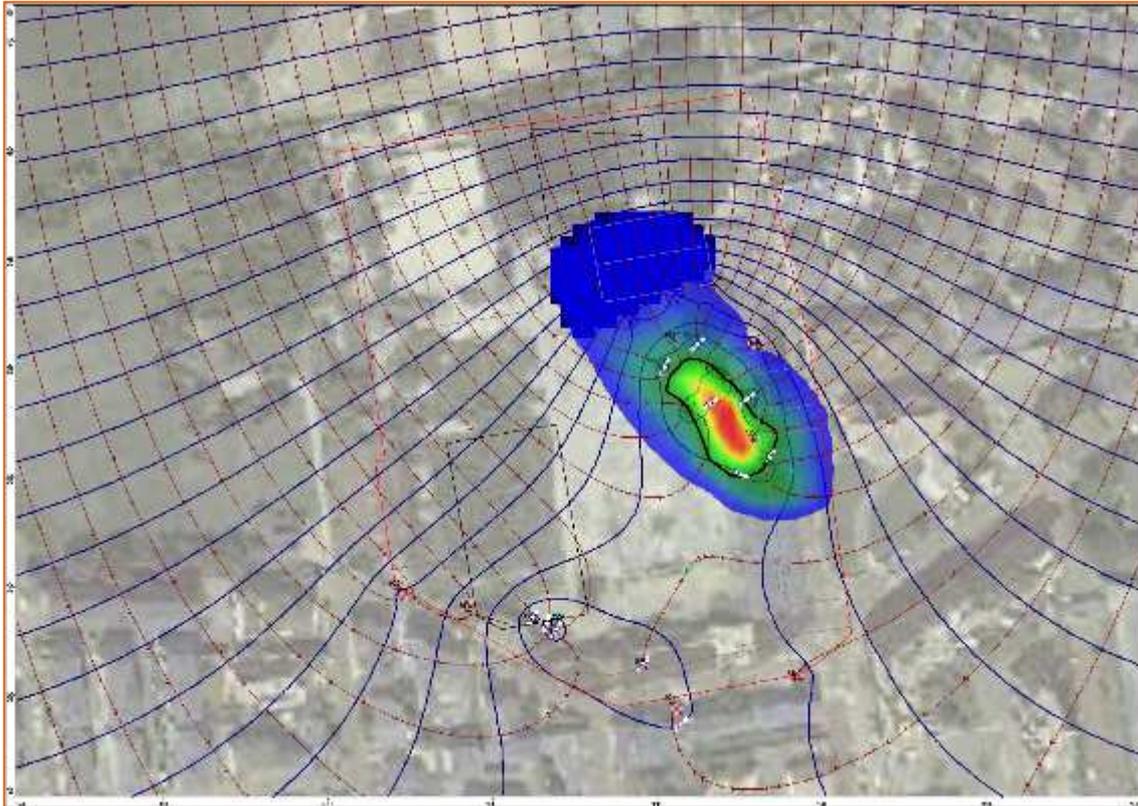


Figura 78: Distribuzione delle concentrazioni di MCB dopo 6 mesi di intervento P&T

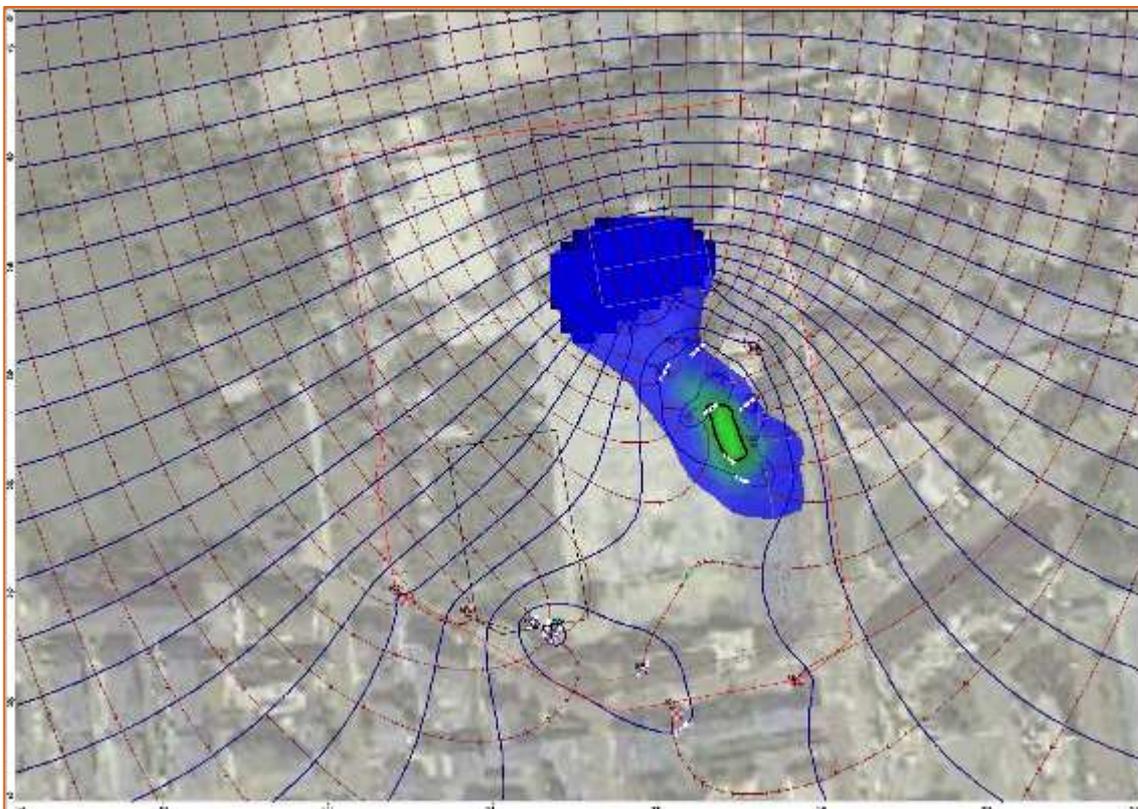


Figura 79: Distribuzione delle concentrazioni di MCB dopo 1 anno di intervento P&T (ricarica dalla zona MPE con 2.000 µg/l di MCB sempre attiva)

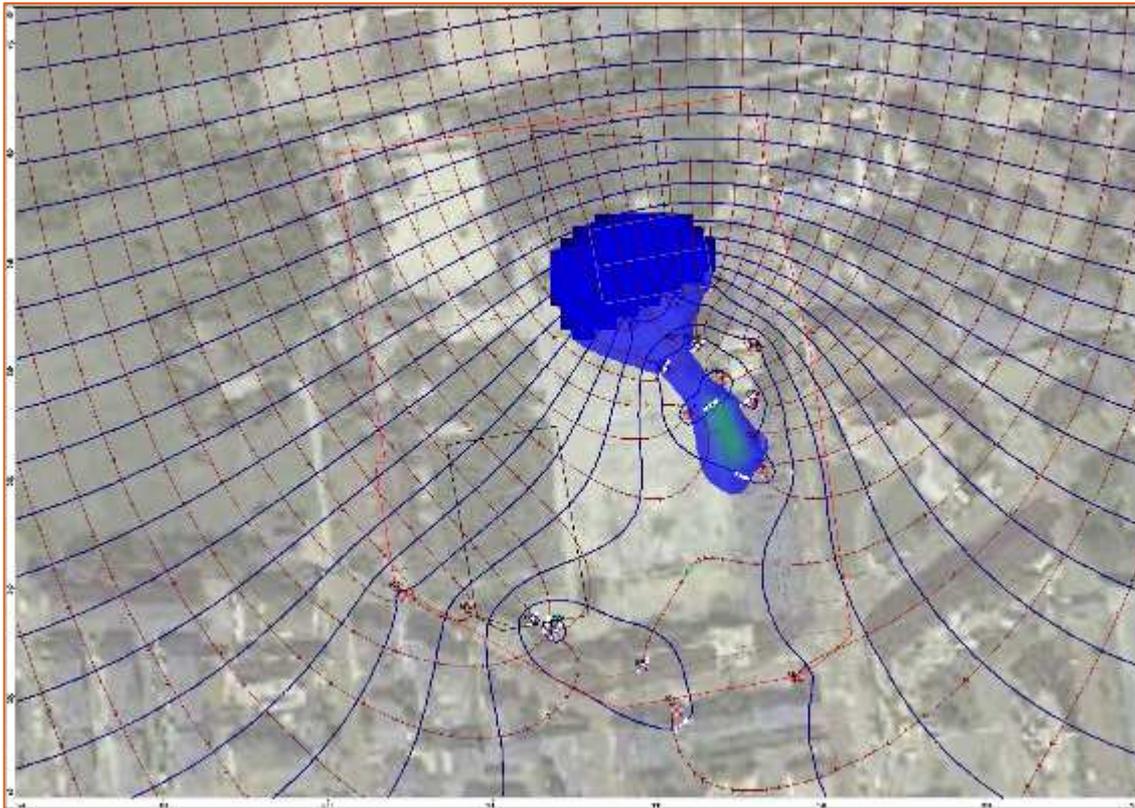


Figura 80: Distribuzione delle concentrazioni di MCB dopo 1,5 anni di intervento P&T (ricarica dalla zona MPE con 2.000 µg/l di MCB sempre attiva)

Come si evince dai grafici il rispetto della CSR nella parte mediana e terminale del Pennacchio NE potrà essere raggiunto dopo ca. 1 anno di intervento P&T. Si osserva inoltre che l'intervento di MISE nella parte meridionale dell'area garantisce un efficace sbarramento idraulico dell'area. L'intervento di P&T proposto nei documenti di gara è quindi idoneo al raggiungimento degli obiettivi preposti ed il suo dimensionamento è compatibile con il cronoprogramma generale di bonifica dell'area.

L'intervento di P&T a seguito descritto rispecchia pertanto essenzialmente il dimensionamento progettuale contenuto nei documenti di gara e comprenderà 10 pozzi di emungimento con una portata complessiva di 0,5 mc/h. Lo strumento numerico implementato in sede di gara in modo preliminare, costituirà tuttavia un valido strumento di ottimizzazione dell'intervento in fase esecutiva, che verrà aggiornato e calibrato in base a nuovi dati che verranno man mano acquisiti (prove di portata, ecc.).

11.3 Descrizione dell'impianto di P&T

L'impianto di P&T consisterà essenzialmente dai seguenti elementi:

- Pozzi di estrazione
- Impianto di sollevamento acque
- Piping di collettamento delle acque di pompaggio
- Impianto di trattamento (TAF) e scarico
- Piezometri di monitoraggio

11.3.1 Pozzi di estrazione

Nella zona di intervento si trovano i seguenti pozzi esistenti che potranno essere utilizzati per l'intervento P&T:

- Pozzo Bar1

- PozzoBar2
- Pz26

Per raggiungere il numero sufficiente di pozzi di estrazione sarà necessario mettere in opera 7 ulteriori pozzi di emungimento. L'ubicazione indicativa dei nuovi pozzi di emungimento è riportata in figura 73. Paline in acciaio identificative di ciascun pozzo verranno poste a protezione delle teste pozzo per evitarne danneggiamenti o distruzione accidentale nel corso dei lavori di scavo della zona non satura

I pozzi verranno messi in opera mediante perforazione a distruzione di nucleo con diametro di perforazione di ca. 200 mm. Le perforazioni saranno spinte fino alla base dell'acquifero superficiale che si trova a ca. 8 – 9 metri dall'attuale p.c. I pozzi saranno completati con tubo in PVC DN100 mm con tratto fessurato lungo tutto lo strato saturo dell'acquifero e con un tratto cieco di 0,5 m alla base del pozzo. L'intercapedine sarà completata con ghiaino selezionato lungo il tratto fessurato e con cemento / bentonite lungo i tratti ciechi.

Ad avvenuta installazione i pozzi saranno sviluppati mediante spurgo. Le acque di pompaggio verranno raccolte ed avviate all'impianto TAF.

Nei pozzi di nuova installazione potranno essere effettuate prove di portata a gradini, se necessario, per la definizione della portata critica e prove di pompaggio a carico costante per ottenere ulteriori dati idrodinamici sull'acquifero superficiale e poter quindi calibrare meglio il modello numerico di flusso.

Tutti i pozzi di emungimento verranno provvisti di un tubo di protezione in acciaio sporgente di ca. 0,5 m dal piano campagna con opportuni passaggi per le condotte di alimentazione e scarico degli impianti di sollevamento. Ogni pozzo avrà inoltre un accesso per misurazioni piezometriche.

11.3.2 Piezometri di monitoraggio

Nella zona di intervento si trovano i seguenti piezometri esistenti che potranno essere utilizzati per il monitoraggio dell'intervento P&T:

- Pz 37
- Pz 9
- Pz27

Per ottenere una ottimale rete di monitoraggio dell'intervento, verranno messi in opera 4 ulteriori piezometri. L'ubicazione definitiva dei piezometri verrà concordata con la Direzione Lavori a seguito delle osservazioni fatte durante la posa dei pozzi di emungimento.

I piezometri verranno messi in opera mediante perforazione a distruzione di nucleo con diametro di perforazione di ca. 180 mm. Le perforazioni saranno spinte fino alla base dell'acquifero superficiale che si trova a ca. 8 – 9 metri dall'attuale p.c. I pozzi saranno completati con tubo in PVC da 3" con tratto fessurato lungo tutto lo strato saturo dell'acquifero. L'intercapedine sarà completata con ghiaino selezionato lungo il tratto fessurato e con cemento / bentonite lungo i tratti ciechi.

Ad avvenuta installazione i piezometri saranno sviluppati mediante spurgo. Le acque di pompaggio verranno raccolte ed avviate all'impianto TAF.

Tutti i piezometri verranno provvisti di un tubo di protezione in acciaio sporgente di ca. 0,5 m dal piano campagna e provvisti di testa pozzo a tenuta stagna. Le bocche di tutti i pozzi e piezometri verranno quotati in altezza e riferiti ad una quota assoluta in m.s.l.m.

11.3.3 Impianto di sollevamento

Date le basse portate di emungimento attese e il rischio di mandare a secco i pozzi per insufficiente ricarica dall'acquifero, il pompaggio delle acque di falda verrà effettuato mediante pompe pneumatiche "Total Fluid". Ogni pozzo di emungimento sarà dotato di una pompa pneumatica volumetrica.

Questa tipologia di pompa rende possibile operare senza alcun bisogno di controlli esterni o di sensori. Le pompe sono infatti in grado di controllare internamente il livello del fluido, azionandosi e fermandosi in funzione dello stesso, senza timer, connessioni elettriche, sensori immersi o altro. Sono consigliate anche per lavorare in presenza di solidi in elevate quantità e in ambienti altamente corrosivi.

Di seguito viene descritto il funzionamento:

Ciclo di riempimento

Il fluido attraverso la valvola d'aspirazione entra nella pompa. Mentre il fluido sale, l'aria viene espulsa attraverso lo sfiato e il galleggiante interno si solleva fino al punto di arresto. Quando il galleggiante è in alto commuta un meccanismo che chiude la valvola di sfiato e apre l'ingresso dell'aria, permettendole di entrare nella pompa e pressurizzarla.

Ciclo di scarico

Con l'ingresso dell'aria, la pressione all'interno del corpo della pompa aumenta. Questo causa la chiusura della valvola di fondo (ove presente) e costringe il fluido a passare all'interno del tubo centrale per poi fuoriuscire dal tubo di mandata. Mentre il livello del fluido scende, il galleggiante si porta nuovamente verso il basso. Una volta raggiunto il fondo, il meccanismo commuta nuovamente chiudendo l'ingresso dell'aria e aprendo lo sfiato.

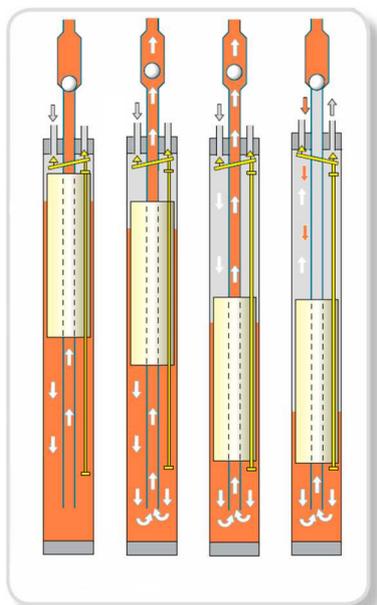


Figura 81: Funzionamento pompa Total Fluid

Tutte le pompe saranno azionate da un compressore centrale di alimentazione.

Un sistema pneumatico di controllo interno alla pompa provvede alla regolazione automatica dei cicli di svuotamento e quindi delle portate nei singoli pozzi in funzione della effettiva ricarica dall'acquifero. La portata massima complessiva che il sistema sarà in grado di emungere è pari a 0,5 mc/h.

11.3.4 Piping

Ogni pozzo di emungimento sarà collegato dal seguente piping:

- Tubazione di alimentazione aria compressa Ø 6x8 Rilsan
- Tubazione di scarico fluidi (allacciamento alla vasca di accumulo, quindi al TAF) HDPE DN 40 mm

Le tubazioni saranno posti in apposite canalette portacavi fuori terra e interrate nelle aree di viabilità interna.

11.4 Esercizio dell'impianto di P&T

Per garantire un ottimale andamento dell'intervento di P&T, esso sarà accompagnato da un intenso programma di monitoraggio e controllo nonché da accurate procedure di manutenzione ordinaria e straordinaria. Tutte le procedure di monitoraggio e manutenzione saranno riportati in appositi manuali di cantiere con dettagliate istruzioni per il personale operativo. Le attività di monitoraggio e manutenzione saranno registrate e documentate mediante apposita modulistica che potrà garantire di risalire agli autori degli interventi ed alle specifiche condizioni in cui sono stati effettuati.

11.4.1 Monitoraggio

Il monitoraggio dell'intervento di P&T verrà effettuato mediante regolari campagne di misurazioni e prelievi in sito e confronto dello sviluppo mediante modellistica numerica.

Prima dell'attuazione degli interventi, il modello numerico di flusso e trasporto descritto nei capitoli precedenti, verrà aggiornato ed adeguato alle reali condizioni di partenza mediante una campagna di misurazione e prelievi al tempo 0.

In base a tale modello, sarà possibile prevedere per ogni punto di monitoraggio l'andamento delle concentrazioni atteso per il raggiungimento degli obiettivi nei tempi previsti. Nella figura seguente sono riportati gli andamenti delle concentrazioni di MCB attesi nei piezometro Pz30 e Pz27 durante l'esercizio dell'intervento alle condizioni di partenza e alle condizioni di contorno descritte al capitolo 11.1. La linea rossa indica la CSR del MCB pari a 5.333 µg/l. Come si può osservare, nel Pz 37 la CSR dovrebbe essere raggiunta dopo ca. 120 giorni mentre nel Pz 27 sarà raggiunta solo dopo 250 giorni.

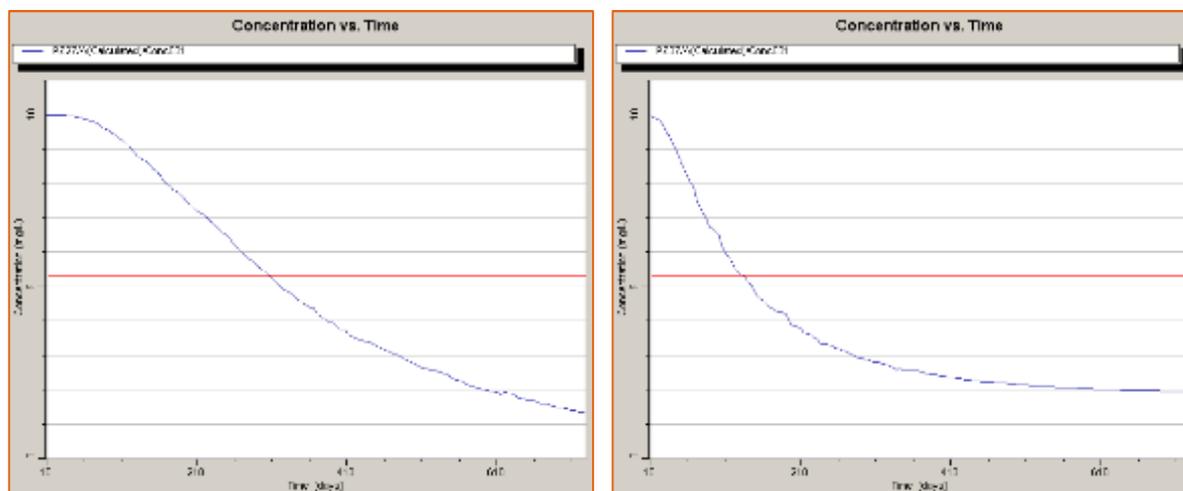


Figura 82: Simulazione delle concentrazioni di MCB nei piezometri Pz37 e P 27 durante l'intervento P&T

Questo permetterà di valutare in maniera quantitativa il progresso dell'intervento ed avere una continua proiezione dell'ulteriore andamento nel futuro avendo così la possibilità di intervenire ed ottimizzare per tempo qualora l'abbassamento delle concentrazioni dovesse significativamente deviare dalla simulazione numerica (p.e. variazione delle portate, perforazione di nuovi pozzi, spegnimento di pozzi, ecc.).

I monitoraggi in sito verranno effettuati attraverso regolari campagne di misurazioni e prelievo campioni da tutti i piezometri di osservazione e dai pozzi di emungimento. Le misurazioni comprenderanno misure piezometriche nonché misurazioni della Temperatura e della Conducibilità elettrica specifica delle acque di falda. Dall'impianto P&T verranno registrate le portate di emungimento dei singoli pozzi.

I campioni di acqua prelevati dai piezometri verranno analizzati su tutti i parametri richiesti dalla Specifica Tecnica di gara riportati in cap. 16.2.3, tabella 16.1.

Gli interventi di monitoraggio in sito avranno frequenza almeno mensile nella fase iniziale e potranno poi essere ridotti a cadenza trimestrale con l'avanzare dell'intervento.

A cadenza semestrale verrà redatto un sintetico rapporto intermedio nel quale verranno illustrati e discussi i seguenti punti:

- Andamento delle concentrazioni di inquinanti nei vari punti di osservazione e confronto con l'andamento previsto dalla simulazione numerica
- Ricostruzione della superficie piezometrica e confronto con il modello di flusso numerico
- Analisi e commento di eventuali divergenze
- Analisi e commento delle portate di emungimento e dei tassi di estrazione di inquinanti
- Bilancio cumulativo delle quantità estratte
- Proposte di variazione / ottimizzazione da sottoporre alla D.L.

11.4.2 Manutenzione

Per le attività di manutenzione del TAF si rimanda al capitolo 4.5.2.

L'attività di manutenzione ordinaria avrà cadenza almeno semestrale e sarà concentrata essenzialmente all'impianto di sollevamento costituito dalle pompe Total Fluid e dal rispettivo compressore di alimentazione.

Ogni intervento di manutenzione comprenderà una verifica delle portate di emungimento e un controllo del regolare funzionamento di tutte le componenti. Verranno quindi estratte tutte le pompe dai pozzi di emungimento per permettere una accurata pulizia di tutte le valvole, dei filtri delle tubazioni, ecc..

Parti degradate o malfunzionanti verranno sostituite.

11.5 Collaudo dell'intervento P&T

Il collaudo dell'intervento di P&T verrà effettuato secondo le modalità riportate al capitolo 9.2 del POB.

In particolare, quando gli interventi di monitoraggio evidenziano il raggiungimento delle CSR nella parte mediana e terminale del pennacchio, verrà richiesto il collaudo in contraddittorio con il Collaudatore nominato dalla Committente.

Verranno messi a disposizione del Collaudatore mezzi e personale per effettuare i campionamenti necessari. Il collaudo della falda superficiale comprenderà quattro campagne di prelievo ed analisi di acque di falda da piezometri scelti dal Collaudatore a cadenza trimestrale e servirà a dimostrare il raggiungimento delle CSR nell'area d'intervento.

12 BONIFICA DEGLI ACQUIFERI CONFINATI

L'intervento di bonifica degli acquiferi confinati consiste nella continuazione dell'intervento di messa in sicurezza attualmente in atto nel sito, mediante pompaggio dai pozzi sotto elencati, per tutta la durata dei lavori di bonifica oggetto della presente gara d'appalto (salvo il raggiungimento delle CSC all'interno e all'esterno del sito prima del completamento degli stessi).

Pozzo esistente	Portata [m ³ /h]
1° ACQUIFERO CONFINATO	
P101	1,0
P102	3,5
P107	5 – 6,5
2° ACQUIFERO CONFINATO	
P201	2,0
P202	0,5
P203	1,5

Tabella 60: Portate estratte dai pozzi esistenti

Le acque estratte sono convogliate, attraverso tubazioni dedicate, all'impianto di trattamento di cui al Paragrafo 7.3 del POB e di seguito scaricate nella fognatura di Via Monte Zovetto.

All'inizio della gestione dell'intervento, sarà effettuato un intervento di controllo, manutenzione e pulizia dei pozzi e degli impianti di sollevamento installati.

13 PIANO DEI MONITORAGGI AMBIENTALI

Il RTI prevede di effettuare, a proprie spese e su propria iniziativa, una serie di monitoraggi ambientali integrativi durante le attività di bonifica.

La presente proposta di piano di monitoraggio è focalizzata sugli aspetti maggiormente rilevanti dal punto di vista dei potenziali impatti ambientali residui, ovvero le potenziali modificazioni dello stato attuale dell'ambiente relative alle operazioni di bonifica, al netto delle molteplici misure di mitigazione previste dal POB e integrative previste dalla seguente proposta.

Lo scopo è quello di integrare i dati ambientali registrati durante il monitoraggio delle matrici ambientali previsto dal POB e confrontare i dati raccolti dai monitoraggi addizionali con i limiti normativi e le valutazioni di impatto realizzate in fase progettuale, al fine di garantire il rispetto degli standard e la minimizzazione degli impatti ambientali delle attività in progetto.

Il monitoraggio sarà realizzato sulle matrici ambientali interne all'area e nelle immediate vicinanze e riguarderà la concentrazione di polveri in aria (PTS, PM10, PM2.5), la qualità dell'aria (biossido di zolfo (SO₂), biossido di azoto (NO₂), VOC (Composti Organici Volatili¹) ed ozono (O₃)), il clima acustico e le vibrazioni generate complessivamente nelle differenti fasi operative relativamente ai recettori sensibili posti negli abitati attorno al cantiere.

I punti di monitoraggio ambientale sono rappresentati in Tavola 15.

13.1 Monitoraggio delle polveri e della qualità dell'aria

In aggiunta ai monitoraggi previsti nel POB, si prevede il monitoraggio integrato tramite le seguenti tipologie di metodiche:

- **AQ1:** campionamento polveri in No.2 stazioni fisse e analisi dei campioni secondo metodiche gravimetriche ai sensi del D.lgs.155/2010
- **AQ2:** misure speditive polveri con analizzatore portatile tramite laser scattering o nefelometria
- **AQ3:** misure qualità dell'aria (SO₂, NO₂, VOC, O₃), mediante campionatori passivi e analisi in laboratorio.

Nello specifico (**AQ1**) si effettueranno campionamenti della durata di 24h tramite campionamento in n.2 postazioni fisse al confine di proprietà con pompe ad alto flusso, e valutazione delle concentrazioni medie su 24 ore per il PM10 e il PM2,5 tramite analisi dei campioni ottenuti mediante gravimetria. Le postazioni saranno ubicate lungo il confine ovest e sud, verso i recettori residenziali potenzialmente più esposti. Sarà cura del RTI valutare i risultati del monitoraggio alla luce dei dati meteorologici registrati dalla stazione meteo che sarà installata presso l'area a cura della proprietà, come previsto dal POB.

Le metodiche analitiche saranno le seguenti

¹ VOC analizzati: 1,1,1,2-tetracloroetano, 1,1,1-tricloroetano, 1,1,2,2-tetracloroetano, 1,1,2-tricloroetano, 1,1-dicloroetano, 1,1-dicloroetilene, 1,1-dicloropropene, 1,2,3-triclorobenzene, 1,2,3-tricloropropano, 1,2,4-triclorobenzene, 1,2-dibromo-3-cloropropano, 1,2-dibromoetano, 1,2-diclorobenzene, 1,2-dicloroetano, 1,2-dicloroetilene (cis), 1,2-dicloroetilene (trans), 1,2-dicloropropano, 1,3,5-trimetilbenzene, 1,3-diclorobenzene, 1,3-dicloropropano, 1,3-dicloropropene (cis), 1,3-dicloropropene (trans), 1,4-diclorobenzene, 2,2-dicloropropano, 2-clorotoluene, 4-clorotoluene, bromobenzene, bromoclorometano, bromodiclorometano, bromoformio, bromometano, carbonio tetracloruro, clorobenzene, cloroetano, cloroformio, clorometano, cloruro di vinile, dibromoclorometano, dibromometano, diclorodifluorometano, esaclorobutadiene, metilene cloruro, tetracloroetilene, tricloroetilene, triclorofluorometano, 1,2,4-trimetilbenzene, benzene, etilbenzene, isopropilbenzene, m,p-xilene, naftalene, n-butilbenzene, n-propilbenzene, o-xilene, p-isopropiltoluene, sec-butilbenzene, stirene, tert-butilbenzene, toluene, 1,3-butadiene, VOC totali.

- PM10: UNI EN 12341:2001 (metodo di riferimento ai sensi del D.Lgs. 155/2010 Allegato VI);
- PM2,5: UNI EN 14907:2005 (metodo di riferimento ai sensi del D.Lgs. 155/2010 Allegato VI).

Misure AQ1 pM10 e PM2.5, Strumento tipo: Centralina Skypost PM HV per il monitoraggio continuo del particolato atmosferico

Verrà scelto uno strumento simile a quello indicato in questa scheda. Tale strumento esegue il campionamento su membrana filtrante diametro 47 mm. Il sistema di sostituzione sequenziale della membrana filtrante con autonomia 16 filtri, unitamente al controllo elettronico del flusso, consentono il monitoraggio continuo senza il presidio dell'operatore, nonché di sostituire i filtri esposti senza interrompere il campionamento in corso



Portata di campionamento: 10-15 l/min

Pompa: rotativa a palette 6 m³/h

Alimentazione (Volt – Hz): 220 – 50

Dimensioni (mm): 450 x 510 x 610

Peso (kg): 42

Tali indagini saranno integrate con rilievi speditivi (**AQ2**) mediante analizzatore portatile a laser scattering o nefelometria. Tali indagini permetteranno di effettuare misure istantanee e diffuse di PM10, PM2,5 e PTS nell'area circostante il cantiere in oggetto, in modo da ottenere una caratterizzazione spaziale dell'impatto del cantiere e la verifica della durata dell'impatto nel caso di eventi istantanei come la movimentazione terra o le attività di bonifica.

Le indagini **AQ2** faranno riferimento agli Standard di Qualità Ambientale (SQA) per la qualità dell'aria sono definiti dal Decreto Legislativo n. 155/2010, in recepimento alla Direttiva Comunitaria 2008/50/CE.

Misure AQ2 mediante laser scattering per PM1, PM2.5, PM4, PM7, PM10, and TSP

Verrà scelto uno strumento simile a quello indicato in questa scheda. Polveri sottili saranno monitorate nei pressi delle aree di intervento mediante uno strumento **laser scattering**, in grado di verificare e registrare la concentrazione del particolato atmosferico presente in sospensione nell'aria



Modello: 531S

Sostanza monitorata: PM1, PM2.5, PM4, PM7, PM10, and TSP

Range di misura (µg/m³): 0–1,000

Risoluzione (µg/m³): 0.3µm, 0.5µm, 1.0µm

Sensitività (µg/m³): 0.3µm

Temperatura di funzionamento: -20° to +60°C

Per il monitoraggio delle qualità dell'aria **AQ3** nel sito in oggetto di studio saranno utilizzati dei campionatori a diffusione passivi. Questi dispositivi sono in genere costituiti da due superfici contrapposte, una denominata superficie diffusiva, è permeabile alle molecole gassose, mentre l'altra funge da superficie adsorbente immagazzinando le molecole gassose che, a seguito di un processo di desorbimento, sono quantificate in laboratorio. Gli stessi diffusori sono stati previsti nelle attività di monitoraggio descritte nel POB.

In base alla formula seguente la concentrazione della sostanza ricercata è pari a:

$$C = m/tQ$$

dove:

C è la concentrazione risultante,

Q è la portata di campionamento,

m è la massa adsorbita (determinata in laboratorio) e

t è il tempo di esposizione.

Dunque, se **Q** è costante e nota, per conoscere il valore della concentrazione ambientale è sufficiente misurare la massa captata dall'adsorbente ed il tempo in cui il campionatore è rimasto esposto.

Il tipo di campionatori utilizzati per il monitoraggio dell'aria rappresentano una evoluzione dei tradizionali dispositivi, la particolare conformazione geometrica del campionatore permette di aumentarne la sensibilità analitica trasformando il percorso diffusivo da assiale a radiale (da cui il nome Radiello) mediante l'utilizzo di superfici adsorbente e diffusiva di forma cilindrica coassiali.

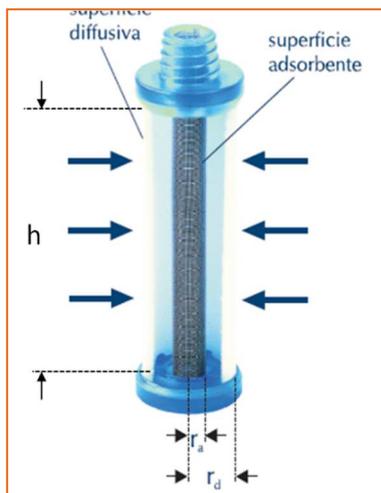


Figura 83: Sezione longitudinale di un Radiello le superfici diffusiva e adsorbente sono cilindriche e coassiali: una estesa superficie diffusiva fronteggia a distanza costante la superficie di una piccola cartuccia concentrica

I vantaggi nell'utilizzo di tali dispositivi non si limitano alla sensibilità analitica ma riguardano anche aspetti di carattere pratico in quanto non necessitano di alimentazione elettrica o di ingombranti pompe esterne.

I campionatori passivi utilizzati si compongono essenzialmente di due parti: la cartuccia adsorbente e il corpo diffusivo. Le cartucce adsorbenti sono differenti a seconda del tipo di sostanza da analizzare e per tale motivo sono dotate di un codice identificativo; anche i diffusori possono essere di diverso tipo in funzione della molecola da ricercare. Per il monitoraggio dell'area Zambon, saranno utilizzate le cartucce adsorbenti e i diffusori riportati nella tabella di seguito:

Inquinante ricercato	Cartuccia adsorbente	Tipo di diffusore
O ₃	Cod. 172	Cod. 120-1 (colore blu)
VOC	Cod. 130	Cod. 120 (colore bianco)
NO ₂ /SO ₂	Cod. 166	Cod. 120-1 (colore blu)

Tabella 61: tipi di cartucce e diffusori utilizzati nel monitoraggio AQ3 dell'aria Zambon

Le attività di monitoraggio saranno svolte mediante il posizionamento presso i No.4 lati di confine dell'area (nord, sud, est ed ovest) e il successivo reperimento a seguito dell'esposizione e spedizione dei supporti al laboratorio.

Per permettere l'adsorbimento del contaminante specifico da parte di ciascuna cartuccia adsorbente, ognuno dei radielli sarà esposto ad un congruo tempo variabile da una settimana ad un mese, che sarà definito prima dell'attività di bonifica con la Committente.



Figura 84: AQ3, esempio di postazione di misura con radielli

Per ogni campagna si eseguirà una sessione di monitoraggio tramite la **AQ1** (campionamento in stazioni fisse) della durata di 24h.

Per ogni campagna **AQ2** con analizzatore portatile si eseguiranno inoltre indicativamente 5 sessioni di monitoraggio speditivo in 5 punti posti al confine dell'area Zambon o all'interno dell'area oppure negli immediati esterni dell'area presso i recettori residenziali vicini. Per ogni punto di monitoraggio, le misure speditive dureranno 5-10 minuti al massimo.

Per ogni campagna **AQ3** con radielli si eseguiranno campionamenti in 4 punti posti ai confini dell'area Zambon. Per ogni punto di monitoraggio, le misure dureranno da una settimana ad 1 mese al massimo.

Le tempistiche previste per i monitoraggi della qualità dell'aria sono i seguenti:

- **AQ1**: campionamento polveri in No.2 stazioni fisse da effettuarsi No.1 volta il primo mese di attività di bonifica, poi semestrali;
- **AQ2**: misure speditive polveri con analizzatore portatile tramite laser scattering o nefelometria, da effettuarsi mensilmente
- **AQ3**: misure qualità dell'aria (SO₂, NO₂, VOC, O₃), mediante campionatori passivi e analisi in laboratorio, No.1 volta il primo mese di attività di bonifica, poi trimestralmente.

Per ogni campagna di monitoraggio la seguente tabella sintetizza le modalità utilizzate per il monitoraggio della qualità dell'aria.

Monitoraggio AQ1	Durata campionamento	24 h
	Nr. Punti monitoraggio	2
	Metodica di campionamento	Pompa ad alto flusso su filtri per particolato
	Metodica di analisi	Gravimetria
	Parametri	PM ₁₀ e PM _{2,5}
	Nr. Campagne	No.1 volta il primo mese di attività di bonifica, poi semestrali TOTALE CAMPAGNE: 7
Monitoraggio AQ2	Durata campionamento	5-10 minuti
	Nr. Punti monitoraggio	5
	Metodica di misura	Laser scattering o nefelometria tramite strumentazione portatile
	Parametri	PTS, PM ₁₀ e PM _{2,5}
	Nr. Campagne	No.1 volta il primo mese di attività di bonifica, poi trimestrali TOTALE CAMPAGNE: 13
Monitoraggio AQ3	Durata campionamento	7-30 giorni
	Nr. Punti monitoraggio	4
	Metodica di misura	Adsorbimento su supporti ed analisi in laboratorio
	Parametri	SO ₂ , NO ₂ , VOC, O ₃
	Nr. Campagne	No.1 volta il primo mese di attività di bonifica, poi semestrali TOTALE CAMPAGNE: 7

Tabella 62: Sintesi delle modalità e tempistiche per il monitoraggio della qualità dell'aria

Al termine di ciascun anno di monitoraggio verrà redatta una "Relazione finale" descrittiva delle attività eseguite e dell'analisi dei dati raccolti.

I punti di monitoraggio AQ1, AQ2 ed AQ3 sono riportati in Tavola 15 e Figura 85.

13.2 Monitoraggio ambientale della matrice rumore

Il monitoraggio del clima acustico durante le operazioni di bonifica avrà lo scopo di verificare l'impatto acustico generato nelle differenti fasi operative relativamente ai recettori sensibili posti negli abitati attorno al cantiere.

Si prevede di effettuare un monitoraggio del clima acustico nel primo mese di operazioni di bonifica e di ripetere le sessioni di monitoraggio ogni sei mesi, per un totale di n.5 sessioni di monitoraggio nei 3 anni previsti di durata delle attività.

Sulla base di tali conclusioni è quindi stato valutato il superamento dei limiti di emissione della zonizzazione acustica comunale così come il limite differenziale di immissione diurno, mentre quello notturno, secondo quanto riportato nel documento,

non risulta applicabile sebbene in presenza di zonizzazione acustica comunale. A tal fine verrà quindi richiesta la deroga dai limiti acustici al Comune di Vicenza.

Come riportato nel POB e nella successiva valutazione di clima acustico, nei momenti più intensi del cantiere di bonifica, si prevede di eccedere i limiti di emissione e differenziali di immissione e pertanto sarà richiesta la deroga da tali limiti al Comune.

L'RTI, sulla base del principio di precauzione, prevede comunque di realizzare un monitoraggio acustico aggiuntivo rispetto a quello previsto nel POB approvato, al fine di verificare i livelli massimi percepiti dall'abitato e dai recettori più vicini al cantiere.

I rilievi acustici si prevede saranno effettuati in 4 punti denominati da N1 a N4 che meglio caratterizzano il clima acustico nell'area di interesse intorno al cantiere (cfr. Tavola 15).



Figura 85: Punti di monitoraggio aggiuntivi per le matrici qualità dell'aria e clima acustico

Le attività previste saranno effettuate ai sensi della Legge n.447/1995. La strumentazione impiegata ed il relativo grado di precisione saranno conformi alle specifiche di cui alla Classe 1 delle norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994, come richiesto dal Decreto Ministeriale del 16/03/1998.

La durata indicativa di ogni misurazione sarà di circa 1 ora, e verrà effettuata in periodo diurno e notturno.

Tutte le rilevazioni fonometriche saranno effettuate in conformità con l'Allegato B del Decreto 16 marzo 1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico". Tutte le misure saranno eseguite da un tecnico competente in acustica.

Misure N1÷N3 clima acustico mediante fonometro integratore: strumento tipo LD831

Per le misure di clima acustico verrà utilizzato uno strumento simile a quello indicato nella presente scheda. Il Fonometro integratore Larson Davis 831, di classe 1 IEC651 / IEC804 / IEC61672 con dinamica superiore ai 125 dB. Costanti di tempo Fast, Slow, Impulse, Picco ed Leq contemporanee; ognuna con le curve di ponderazione A, C e Z in parallelo. Analizzatore in frequenza Real-Time in 1/1 e 1/3 d'ottava IEC1260 con gamma da 6.3 Hz a 20 kHz e dinamica superiore ai 110 dB. Analizzatore statistico per LAF, LAeq, spettri ad 1/1 o 1/3 d'ottave, con sei livelli percentili definibili tra LN-0.01 e LN-99.99.



Modello: LD831

Monitoraggio del Clima Acustico

Ragne di misura oltre i 143dB(C), indicando in parallelo non solo il superamento delle soglie dei 135, 137 e 140 dB(C) di picco

Analizzatore in frequenza Real-Time in 1/1 e 1/3 d'ottava IEC1260 con gamma da 6.3 Hz a 20 kHz e dinamica superiore ai 110 dB.

Temperatura di funzionamento: 0° - 50°

14 PIANO DELLE EMERGENZE

Data l'elevata massa di inquinanti che verranno mobilizzati tramite l'intervento ISTT e dato il fatto che l'intervento si svolgerà in area sensibile con zone residenziali a distanza ravvicinata, è stata data particolare attenzione ai sistemi di allarme e alla gestione delle emergenze che potrebbero verificarsi durante l'intervento ISTT. Le possibili emergenze che si potrebbero verificare e i rispettivi sistemi di allarme e azioni di emergenza sono sintetizzati nella tabella seguente.

Emergenza	Sistemi di allarme e di sicurezza	Effetti
Caduta di tensione rete elettrica	Allarme. Avviamento automatico del generatore di emergenza	Arresto del riscaldamento ISTT Esercizio dell'impianto di trattamento
Caduta pressione rete gas	Allarme	Riscaldamento ISTT ridotto Abbassamento portate di estrazione vapori Trasferimento flusso di emission su filtri a carboni attivi
Avaria all'impianto di trattamento emissioni	Allarme	Riscaldamento ISTT ridotto Abbassamento portate di estrazione vapori Trasferimento flusso di emissioni su filtri a carboni attivi
Avaria all'impianto di trattamento acque	Allarme	Riscaldamento ISTT ridotto Abbassamento portate di emungimento MPE Stoccaggio acque in vasca di raccolta
Avaria soffiante SVE	Soffiante di emergenza	Avvio automatico della soffiante di emergenza
Avaria pompe liquidi	Pompe liquidi di emergenza	Avvio automatico delle pompe di emergenza
Perdite nei serbatoi dell'impianto trattamento	Allarme di basso livello nei serbatoi	Regolare ispezione dei serbatoi Attrezzatura di emergenza (materiali assorbenti, ecc.)
Perdite nell'impianto trattamento acque	Allarmi Vasche di contenimento	Water Stop

Tabella 63: Gestione delle emergenze durante l'intervento ISTT

Durante tutto il periodo di esercizio ISTT sarà di turno un responsabile operativo. Il responsabile operativo sarà o direttamente sul sito oppure reperibile telefonicamente in zona 24 / 24. Durante i giorni festivi, il responsabile operativo si metterà in contatto on-line con il sistema almeno due volte al giorno per controllare tutte le funzioni di esercizio. Tutti i sistemi di allarme manderanno segnali di emergenza al telefono cellulare del responsabile operativo il quale sarà tenuto a rispondere immediatamente collegandosi prima on-line e, se necessario, recandosi immediatamente sul sito. Se il responsabile operativo non risponde ad un allarme, il sistema contatterà automaticamente un sostituto. Il numero di emergenza del responsabile ISTT sarà consegnato anche alla Committente e alla DL durante il periodo di attività ISTT. Inoltre, durante tutto il periodo del cantiere la Committente e la DL avrà a disposizione un numero telefonico di reperibilità H24 7/7 di un responsabile di cantiere.

15 PROGRAMMA DI ASSICURAZIONE DELLA QUALITA'

Un programma di assicurazione della qualità completo e dettagliato permette di ottenere dati difendibili e di buona qualità. Il programma adottato per questo progetto comprende le procedure di gestione della documentazione di campo, gestione e custodia dei campioni ed il prelievo di campioni di controllo della qualità, specificamente indicati nei paragrafi seguenti.

15.1 Documentazione di Campo

Le attività di campo saranno annotate su moduli di campo, comprendenti:

- Giornale di cantiere, in cui saranno riassunte le principali informazioni relative al lavoro svolto in campo.
- Dettagli relativi alla realizzazione degli impianti: attività eseguite, caratteristiche dei materiali utilizzati, ecc.
- Moduli per la misura del livello piezometrico, sui quali verrà riportata la soggiacenza della falda e l'ubicazione e l'ora della misura.
- Moduli per il prelievo di campioni di controllo, dove verranno registrati i parametri chimico-fisici ed i dettagli del campionamento (ubicazione punto di campionamento, ora del campionamento, campioni di controllo della qualità prelevati).
- Catena di custodia, sulla quale saranno riportati i dati relativi alla conservazione e alla spedizione dei campioni.

15.2 Procedure di Decontaminazione

Tutte le attrezzature utilizzate per i campionamenti saranno decontaminate prima dell'inizio delle operazioni. Per questo scopo verrà predisposta un'area apposita all'interno del sito.

Nel caso fosse necessario campionare le acque sotterranee, la pompa sommersa sarà decontaminata prima dell'inizio delle attività di campo e dopo ciascun punto di campionamento, utilizzando la procedura di seguito descritta:

- **Fase 1** – La pompa sarà azionata in un secchio contenente una soluzione di acqua potabile e detergente da laboratorio senza fosfati.
- **Fase 2** – Verranno fatti circolare attraverso la pompa circa 7,5 litri di acqua potabile.
- **Fase 3** – Risciacquo con acqua deionizzata.
- **Step 4** – Asciugatura all'aria della pompa, che sarà riposta su una superficie pulita.

Il freatometro usato per la misura del livello piezometrico sarà decontaminato utilizzando una soluzione di acqua potabile e detergente privo di fosfati risciacquando con acqua potabile. Tra un punto di misura ed il successivo il sensore sarà pulito con acqua potabile e carta assorbente.

L'acqua usata per la decontaminazione sarà smaltita.

15.2.1 Procedure di Gestione e Custodia dei Campioni

Il laboratorio provvederà ad inviare i contenitori adatti per il campionamento delle acque sotterranee, contenenti le necessarie quantità di conservanti. Immediatamente dopo il prelievo, i contenitori saranno etichettati per una chiara ed univoca identificazione del campione. Sulle etichette saranno riportate le seguenti informazioni:

- Punto di campionamento (ad esempio, PZ9 per il piezometro PZ9 P3).
- Matrice (AF per acqua di falda – T per terreno).
- Data dell'evento di campionamento (ad esempio, il 20 novembre 2016 sarà indicato come 201116).

Il codice adottato sarà quindi il seguente: PZ9-AF-201116, per indicare un campione di acqua di falda prelevato il 20 novembre 2016 dal piezometro di monitoraggio PZ9.

I contenitori dei campioni, dopo essere stati avvolti in un involucro protettivo e riposti in frigoriferi portatili contenenti ghiaccio per mantenere una temperatura di circa 4°C, saranno inviati al laboratorio tramite corriere espresso. Al momento della spedizione verranno compilati i moduli di catena di custodia, nei quali sarà registrato ogni passaggio dei campioni durante il trasporto.

16 DISPOSIZIONI IN MATERIA DI SICUREZZA

La sicurezza rappresenta il punto focale di questo progetto durante il quale saranno effettuate lavorazioni molto diversificate tra loro che comportano rischi differenti che necessitano di un'accurata analisi e relativo controllo.

Documento base dal quale partire è il PSC già redatto, che costituisce parte integrante dei documenti di gara. Il RTI si riserva, previa comunicazione al CSE, di applicare misure più restrittive di quelle contenute nel PSC qualora ne rilevasse l'opportunità.

16.1 Pianificazione delle attività

La gestione di tutte le problematiche relative alla sicurezza da parte dell'appaltatore sarà sotto la leadership di ARCADIS in accordo con gli RSPP degli altri componenti del RTI e dei subappaltatori.

Durante la pianificazione delle attività particolare cura viene data alla lettura del PSC e alla successiva redazione del POS e delle JSA (Job Safety Analysis) relative alle attività svolte dal RTI.

Le JSA sono un'analisi di dettaglio di ogni singola lavorazione da un punto di vista strettamente legato alla sicurezza. Le JSA prevedono una segmentazione di ogni attività, l'identificazione dei pericoli strettamente correlati a quel determinato passaggio, le azioni da intraprendere per ridurre il rischio e i dispositivi di protezione individuale da adottare.

Parte integrante della pianificazione delle attività in campo è la scelta degli operatori di cantiere in quanto svolgeranno l'importante funzione di preposti.

JSA: Job Safety Analysis						
N°	è	NOME JSA	Campionamento acque	PVF	è	NOME SITO
TEAM DI SVILUPPO	POSIZIONE/TITOLO	N° REVISIONE	DATA	OPERATORE	RIVISTA DA	POSIZIONE/TITOLO
Piontkowsky	Project Manager	Rev 12	17/04/2014	Nicandro Crolla	Giovanna Montardini	RSPP
Peragine	Field Technician	Rev 13	20/06/2014	Cimmino Del Massa	Giovanna Montardini	RSPP
		Rev 14	10/02/2015	Nicandro Crolla	Giovanna Montardini	RSPP
		Rev 15	28/10/2015		Giovanna Montardini	RSPP
DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE E STRUMENTI RICHIESTI O RACCOMANDATI PER ESEGUIRE IL LAVORO (consultare la colonna "DPI, altro" per eventuali richieste specifiche legate alla singola fase di lavoro)						Note sito specifiche
<input checked="" type="checkbox"/>	Indumenti ad alta visibilità	<input type="checkbox"/>	Otoprotettori	<input type="checkbox"/>	Recinzione modulare	0
<input checked="" type="checkbox"/>	Indumenti a manica lunga/pantaloncini lunghi	<input checked="" type="checkbox"/>	Tuta in tyvek	<input type="checkbox"/>	Segnaletica stradale (freccia lavori in corso)	
<input checked="" type="checkbox"/>	Coprimanca usa e getta	<input checked="" type="checkbox"/>	Coni segnaletici/nastro segnaletico	<input type="checkbox"/>	Mascherina Filtrante FFP3	
<input checked="" type="checkbox"/>	Calzature antinfortunistica	<input type="checkbox"/>	Imbracatura di sicurezza	<input type="checkbox"/>	Altro	
<input checked="" type="checkbox"/>	Elmetto	<input checked="" type="checkbox"/>	Maschera facciale	<input type="checkbox"/>	Altro	
<input checked="" type="checkbox"/>	Occhiali protettivi	<input checked="" type="checkbox"/>	Guanti per protezione chimica (EN 374)	<input type="checkbox"/>	Altro	
<input checked="" type="checkbox"/>	Guanti a protezione meccanica (EN388, con un livello minimo di protezione 3 per il taglio)	<input type="checkbox"/>	Altro	<input type="checkbox"/>	Altro	
STRUMENTI DA AVERE A DISPOSIZIONE PER ESEGUIRE IL LAVORO						
<input checked="" type="checkbox"/>	Cassetta di pronto soccorso	<input checked="" type="checkbox"/>	Estintore	<input type="checkbox"/>	Altro	
Prima di iniziare le attività			Verificare		Eventuali Azioni	
- Esecuzione SPSA/TRACKVRUM (eseguirsi anche prima di iniziare una nuova fase di lavoro e ogni volta che si ha un cambiamento delle condizioni di lavoro) - Compilare il Permesso di Lavoro/Piano di Prevenzione/DUVRI dove richiesto - Ispezionare l'area e togliere/evitare pericoli come: animali (ad es. cani), insetti (ad es. api, vespe), piante (ad es. edera velenosa)			Condizioni non considerate dalla JSA - DPI o attrezzature non conformi - Condizioni meteorologiche avverse - Presenza di altre lavorazioni - Se sono presenti api sul luogo di lavoro, evitare rumori forti ed abiti dai colori vivaci		- Integrare le JSA - Sostituire i DPI o le attrezzature non conformi - Valutare la sospensione momentanea o definitiva del lavoro - Coordinarsi con le altre ditte presenti in sito - Se non è possibile eliminare il rischio biologico, riorganizzare il lavoro e/o contattare servizi professionali	
Fase di lavoro	Potenziale rischio	Azioni da intraprendere			DPI, altro	
1	Apertura del pozzetto carrabile/fuori terra	1.1 Contusioni/fratture a seguito di investimento da parte di mezzi in movimento	1.1.1	Segnalare l'area di lavoro mediante l'uso di coni alti almeno 1 metro (o cono basso con prolunga o con bandierina) e cartelli (zavorrati) e operare all'interno delle aree stesse	- Indossare il giubbino ad alta visibilità - Valutare la possibilità di posizionare l'autoveicolo a protezione dell'area di lavoro	
			1.1.2	Posizionarsi in modo da avere completa visibilità sulle persone/mezzi circostanti		
		1.2 Tagli/contusioni a mani e piedi a seguito di urti accidentali con spigoli appuntiti del pozzetto stesso	1.2.1	Utilizzare il gancio apri-chiusure		Utilizzo di guanti a protezione meccanica (EN388, con un livello minimo di protezione 3 per il taglio, vedi manuale. L'uso dei guanti)
	1.2.2		Posizionarsi in maniera tale da evitare urti degli spigoli del chiuso contro i piedi			
	1.3 Strappi /contusioni/ stiramenti alla schiena dovuti ad eccessivi sforzi nella fase di apertura e sollevamento del pozzetto.	1.3.1	Non sollevare da soli carichi superiori ai 20 Kg	- Indossare il giubbino ad alta visibilità - Valutare la possibilità di posizionare l'autoveicolo a protezione dell'area di lavoro		
		1.3.2	Piegarsi e sollevarsi flettendo gambe/traccia e non la schiena			
2	Lettura treametrica	2.1 Contusioni/fratture a seguito di investimento da parte di mezzi in movimento	2.1.1	Segnalare l'area di lavoro mediante l'uso di coni alti almeno 1 metro (o cono basso con prolunga o con bandierina) e cartelli (zavorrati) e operare all'interno delle aree stesse	- Indossare il giubbino ad alta visibilità - Valutare la possibilità di posizionare l'autoveicolo a protezione dell'area di lavoro	
			2.1.2	Posizionarsi in modo da avere completa visibilità sulle persone/mezzi circostanti		

Stessa cura ed attenzione sarà dedicata alla selezione dei fornitori del RTI e alla revisione dei loro POS.

16.2 Formazione

Le persone presenti in cantiere avranno tutte ricevuto adeguata informazione e formazione secondo quanto previsto dalla legge 81 e dal successivo Accordo Stato Regioni.

Tutti gli operatori che saranno in cantiere avranno ricevuto la necessaria formazione come preposti e saranno formati, come operatori addetti, alle emergenze anti incendio e primo soccorso.

Gli operatori che svolgeranno lavori in ambiente confinato così come quelli che svolgeranno lavori in altezza dovranno essere in regola con i training richiesti dalla legge. L'RTI si riserva di far seguire ai lavoratori, subappaltatori compresi, che dovranno svolgere questo tipo di lavorazioni training aggiuntivi come refresher delle cognizioni già apprese.

16.3 Attività di cantiere

L'attività di cantiere prevedrà come punto di partenza la riunione di coordinamento tenuta dal CSE responsabile del progetto incaricato dalla Committente il primo giorno di inizio delle attività.

In seguito ogni mattina verranno tenute delle riunioni sulla sicurezza da parte dei preposti designati a supervisionare le varie attività.

Gli argomenti trattati saranno di varia natura: dalla valutazione dei rischi dell'ultimo minuto (sistema Track di Arcadis) al concetto fondamentale di "Stop work authority", alla revisione delle JSA oggetto delle lavorazioni della giornata, al ripasso delle tappe principali della gestione di un incidente e alla fondamentale condivisione di eventuali quasi incidenti accaduti sul cantiere stesso o su cantieri analoghi che presentano le stesse problematiche così da beneficiare anche dell'esperienza altrui.

Essenziale sarà sottolineare a tutti gli operatori in campo l'importanza del riportare episodi di quasi incidente in quanto è risaputo che le azioni che ci possono causare una ferita o un incidente grave sono le stesse che possono provocare una ferita o un incidente di piccola entità o un quasi incidente, cioè qualcosa che non è accaduto ma che avrebbe potuto accadere, così da ottenere che le cause di radice e le lezioni imparate con le quali ci rapportiamo aumentino in modo significativo.

Verrà sempre fatta un'analisi della cause che hanno condotto all'incidente o al quasi incidente e si condivideranno e commenteranno le lezioni imparate così da focalizzare preventivamente l'attenzione degli operatori sui rischi connessi alle attività che dovranno svolgere durante la giornata stessa.

E' intenzione del RTI condurre anche delle LPO (Loss Prevention Observation), osservazioni in campo effettuate dai supervisori e dai preposti, che seguendo la JSA specifica per l'attività che si sta svolgendo, rilevano sia i comportamenti corretti che quelli discutibili che saranno poi oggetto di analisi e discussione con gli stessi operatori osservati.

Considerata la complessità del progetto è intenzione del RTI designare più preposti da assegnare alle singole attività che verranno svolte nelle differenti zone dell'area. Prioritaria è la continua supervisione da parte del preposto in quanto, in un sistema basato sull'osservazione del comportamento mirato ad una efficace prevenzione degli incidenti e a ridurre la gravità, è fondamentale l'immediata rilevazione di un comportamento scorretto che sappiamo essere la causa principale nella maggior parte degli incidenti.

E' intenzione del RTI effettuare, durante il primo mese di attività in cantiere, una simulazione di incidente con prova di evacuazione e primo soccorso per allertare le maestranze sul comportamento da tenere in caso di incidente.

16.4 H&S audit in campo

Gli RSPP delle aziende componenti l'ATI, il Project Manager responsabile del progetto e altre persone del Management effettueranno frequenti audit in cantiere per verificare che tutti gli operatori in campo siano sensibilizzati nel condurre tutte le lavorazioni con il massimo dell'attenzione per quanto riguarda la sicurezza. I report di queste audit saranno oggetto di discussione durante i Safety Meeting del mattino ad ogni inizio delle attività.

16.5 Figure di riferimento

Saranno individuate figure di riferimento per la sicurezza all'interno del RTI. Insieme partecipano alle revisioni e all'aggiornamento del Documento di Valutazione dei Rischi e al controllo periodico dell'applicazione di tutte le nuove misure di sicurezza.

Sarà individuato, fra i RSPP del RTI, l'incaricato che si occuperà giornalmente della verifica documentale, della revisione dei POS e delle JSA, della organizzazione di eventuali corsi di aggiornamento per tutti gli operatori. Settimanalmente si recherà sul sito per un'osservazione in campo dell'applicazione di tutte le regole impartite per lavorare con standard di sicurezza sempre più elevati.

16.6 Dotazioni di sicurezza

Le dotazioni di sicurezza saranno come minimo quelle previste dal PSC e dai vari POS delle aziende con l'attenzione di scegliere i migliori DPI presenti sul mercato.

Tutti i lavoratori saranno dotati di scarpe infortunistiche, stivali, elmetto, indumenti ad alta visibilità, occhiali, guanti, maschere con filtri, maschere tipo PP3 con filtri a carbone attivi, cuffie o inserti auricolari.

L'RTI avrà un continuo e stringente controllo in modo da garantire che tutto il personale di cantiere sia sempre equipaggiato in modo da garantire la massima sicurezza (guanti con protezione al taglio 3 e occhiali di protezione sempre indossati).

I dispositivi di sicurezza ad uso collettivo si riferiscono a ponteggi e impalcati, segnaletica di sicurezza, cartellonistica, avvisatori acustici e segnalazioni luminose.

Tutti i mezzi che accederanno al cantiere saranno dotati di girofaro di segnalazione e di segnalatori acustici per le manovre.

Durante le attività di demolizione e scavo sarà presente un piano di gestione del traffico con percorsi dedicati così da ridurre al minimo il rischio investimento e di collisione tra veicoli.

Il cantiere avrà in dotazione il corretto numero di estintori, cassette di primo soccorso e sistemi per la gestione delle emergenze.

16.7 Aspetti di sicurezza specifici del cantiere

I rischi connessi alle varie fasi di lavoro saranno attentamente valutati e gestiti con le procedure sopra descritte e non vengono in questa sede specificatamente elencati. Si ritiene comunque doveroso sottolineare che le particolari attività previste nel cantiere comporteranno una serie di rischi molto specifici che richiederanno particolare attenzione. Saranno di seguito illustrati i principali fattori di rischio connessi alla tipologia di inquinanti presenti e soprattutto all'intervento ISTT.

16.7.1 Aspetti di sicurezza connessi alla presenza di cloroformio

Tra gli inquinanti presenti nell'area di intervento può essere individuato, quale elemento caratterizzato da maggiori criticità, il cloroformio che risulta essere il maggior inquinante cancerogeno presente nel sito. Le procedure adottate saranno pertanto finalizzate a prevenire l'esposizione a questo inquinante ma contemporaneamente saranno idonee anche a gestire eventuali impatti legati ad altre tipologie di inquinanti.

Tutti i processi di bonifica saranno effettuati in ambienti chiusi, sottoposti ad aspirazione e trattamento dell'aria mediante filtri a carbone attivi. Le macchine operatrici saranno dotate di un impianto di trattamento dell'aria in ingresso alla cabina dell'escavatore che viene mantenuta in leggera sovrappressione in modo che non sia possibile l'ingresso di aria non filtrata. Il sistema è inoltre provvisto di un sensore di pressione che in caso di avaria avverte l'operatore con segnale luminoso ed acustico. Lo stesso dispositivo è montato sulla pala al servizio dell'area di trattamento.

L'RTI prevede di effettuare un'ulteriore mitigazione con uno specifico e continuo piano di monitoraggio dell'aria.

16.7.2 Rischio di esplosività all'impianto ISTT

La tabella sottostante mostra una lista dei maggiori contaminanti del sito in relazione alla concentrazione del limite inferiore di esplosività (LEL) di ogni sostanza.

Composto	Flashpoint [°C]	Peso molare [G]	Temperatura di auto iniezione [°C]	LEL [% vol]	Concentrazione per LEL* [mg/m ³]
Diclorobenzene	66	147	648	2,2	135.000
Clorobenzene	29	112	638	1,3	60.000
Cloroformio	Non infiammabile	119,4	Non infiammabile	Non rilevante	-
Benzene	-11,6	78,1	498	1,3	42.000
Toluene	6	92,1	530	1,2	46.000

*Calcolato a 20 °C

Tabella 64: lista dei maggiori contaminanti in relazione alla concentrazione LEL di ogni sostanza

Il livello di LEL dei vapori in entrata dovrà essere continuamente monitorato per assicurare che siano sempre garantite condizioni di sicurezza per l'impianto di trattamento ISTD. Questo sarà possibile grazie a due strumenti, posizionati in linea, di misurazione del LEL dei vapori in ingresso all'impianto di trattamento. Le misurazioni del LEL faranno scattare un allarme sopra un certo livello e automaticamente i vapori in ingresso verranno diluiti.



TAVOLE