

Cliente ENEL PRODUZIONE

Oggetto CENTRALE TERMOELETTRICA DI AUGUSTA. Progetto definitivo di bonifica dell'area di proprietà Enel ai sensi del decreto 25 ottobre 1999, n. 471.

Ordine Ordine a Enel.NewHydro per la fornitura di servizi di ricerca ed interventi specialistici - Rif. EP/P2004000823 del 02/03/2004 - Attivazione n. 6/2004 del 15/04/2004

Note Il presente documento costituisce la revisione del documento RAT-ISMES-757/2004 del 25/05/2004

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

N. pagine 44 fuori testo 16 tavole e 6 Allegati

Data 29/11/2004

Elaborato Area ISM - M. Ghilardi

M. Ghilardi

Verificato Area ISM - P. Imperiali

P. Imperiali

Approvato Area ISM - G. Baldi

G. Baldi



CESI
CENTRO ELETTROTECNICO SPERIMENTALE ITALIANO
AREA ISM

Indice

1	INTRODUZIONE.....	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
3	SINTESI DELLE INFORMAZIONI PRESE A RIFERIMENTO.....	5
3.1	INQUADRAMENTO DEL SITO.....	5
3.2	PRINCIPALI ELEMENTI DEL PIANO DI CARATTERIZZAZIONE.....	5
3.2.1	Area A.....	5
3.2.2	Area B.....	7
3.3	PRINCIPALI ELEMENTI DEL PROGETTO PRELIMINARE.....	7
3.3.1	Area A.....	7
3.3.2	Area B.....	8
4	OBIETTIVI DELLA BONIFICA.....	8
5	DIMENSIONAMENTO DEFINITIVO DELL'AREA DA BONIFICARE.....	9
5.1	AREA A.....	9
5.1.1	Terreni.....	9
5.1.2	Falda.....	10
5.2	AREA B.....	10
6	ORGANIZZAZIONE DELLE ATTIVITÀ.....	10
6.1	CICLO DEL LOTTO 1.....	11
6.1.1	Introduzione.....	11
6.1.2	Fase di produzione.....	11
6.1.3	Fase di trattamento.....	12
6.2	CICLO DEL LOTTO 2.....	13
7	BILANCIO DI MASSA.....	13
8	ATTIVITÀ DEL LOTTO 1.....	14
8.1	DIAFRAMMA IMPERMEABILE.....	14
8.1.1	Diaframma plastico composito.....	16
8.1.2	Diaframma strutturale.....	22
8.2	DEMOLIZIONI.....	25
8.3	PREPARAZIONE AREE DI STOCCAGGIO.....	25
8.3.1	Piazzale quota + 4,00 m.....	26
8.3.2	Piazzali quota + 10,15 e + 8,85 m.....	27
8.3.3	Piazzale biopile.....	28
8.3.4	Area di stoccaggio esterna.....	29
8.3.5	Raccolta acque dai piazzali.....	31
8.4	IMPIANTI AUSILIARI.....	31
8.5	SCAVO DEL TERRENO NON CONTAMINATO.....	32
8.6	EMUNGIMENTO DELL'ACQUA DI FALDA.....	33
8.7	SCAVO DEL TERRENO CONTAMINATO.....	33
8.8	TRATTAMENTO DEL TERRENO CONTAMINATO.....	33
8.8.1	Vagliatura.....	34
8.8.2	Lavaggio.....	34

8.9	RIUTILIZZO DEL MATERIALE NON CONTAMINATO E/O BONIFICATO.....	35
9	ATTIVITÀ DEL LOTTO 2.....	35
9.1	BIOPILA.....	35
9.1.1	<i>Valutazione dell'efficacia del trattamento mediante biopile – dati storici.....</i>	<i>35</i>
9.1.2	<i>Elementi progettuali delle biopile.....</i>	<i>35</i>
10	PIANO TEMPORALE DEGLI INTERVENTI.....	38
11	COSTI PREVISTI PER GLI INTERVENTI.....	39
12	CRITERI DI PROTEZIONE PER I LAVORATORI E PER LA POPOLAZIONE.....	39
13	OPERAZIONI DI CONTROLLO DELLE ATTIVITÀ DI BONIFICA.....	40
13.1	CONTROLLI SULLE ATTIVITÀ DEL LOTTO 1.....	40
13.1.1	<i>Controlli in-operam.....</i>	<i>40</i>
13.1.2	<i>Controlli post-operam.....</i>	<i>43</i>
13.2	CONTROLLI SULLE ATTIVITÀ DEL LOTTO 2.....	43
13.3	DOCUMENTAZIONE DELLE ATTIVITÀ DI CONTROLLO E MODALITÀ DI CONDUZIONE DELLE ANALISI.....	44
14	TAVOLE.....	45

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
00	29/11/2004	A4520436	Revisione documento RAT-ISMES-757/2004 del 25/05/2004

1 INTRODUZIONE

Il presente Progetto Definitivo rappresenta la conclusione di un iter progettuale previsto dal Decreto Ministeriale 471/99, comprensivo del Piano di Caratterizzazione condotto da CESI nel 2003, nel quale sono stati individuati i livelli di inquinamento dei terreni, approvato nella conferenza dei servizi decisoria del 19 ottobre 2004 e del Progetto preliminare di bonifica predisposto da Enel nel Febbraio 2004, che ha portato alla quantificazione dell'intervento e all'individuazione della tecnologia di bonifica più appropriata.

Il progetto definitivo, sviluppato tenendo conto degli elementi tecnici contenuti nei documenti sopra citati, riguarda:

- la bonifica dei terreni risultati inquinati da idrocarburi nel settore ovest dell'area della centrale, della superficie complessiva di 23.000 m² (di seguito denominata Area A);
- la bonifica dei terreni risultati inquinati da diossine nell'area della centrale (di seguito denominata Area B).

Le attività complessive per la realizzazione della bonifica sono suddivise in due lotti distinti al fine di ottenere separatamente la certificazione di restituibilità e riutilizzo delle aree A e B e la certificazione del completamento della bonifica del terreno contaminato da idrocarburi proveniente dall'area A a seguito dei trattamenti previsti.

La presente relazione tecnica illustra le caratteristiche tecniche del ciclo di bonifica e di ogni singola tecnologia che la caratterizza compresi i controlli in operam e post operam necessari per verificare il raggiungimento degli obiettivi di bonifica prefissati.

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [1]. Progetto preliminare di bonifica dell'area di proprietà ENEL ai sensi del decreto 25 ottobre 1999, n. 471, Ing. Fernando Romano, Febbraio 2004.
- [2]. Rapporto CESI A3/28780, Piano di Caratterizzazione della centrale termoelettrica ENEL, Produzione di Augusta (SR) – Relazione tecnica delle indagini svolte, 25/3/2003.
- [3]. Rapporto CESI A4 005278, Integrazioni al piano della caratterizzazione della Centrale ENEL di Augusta – Infittimento dei sondaggi secondo una maglia regolare di 50 metri di lato, 20/2/2004.
- [4]. Rapporto FWE, Interventi di caratterizzazione ambientale ai sensi del DM 471/99 – ESSO Italiana SRL, Raffineria di Augusta, Maggio 2002.
- [5]. Treatment Technologies for Site Cleanup: Annual Status Report, EPA 542-R-03-009, 2004.
- [6]. Biocell and Biopile designs for small-scale petroleum contaminated soil projects, New York department of Environmental Conservation, Maggio 1996.

- [7]. Biopile design and construction manual, TM – 2189 – ENV, Battelle Institute.
- [8]. Biopile Operations and maintenance manual, TM – 2190 – ENV, Battelle Institute.
- [9]. Verbale conferenza dei servizi istruttoria, Ministero dell' Ambiente, 29 Luglio 2004.
- [10]. Verbale conferenza dei servizi decisoria, Ministero dell' Ambiente, 19 ottobre 2004.

3 SINTESI DELLE INFORMAZIONI PRESE A RIFERIMENTO

Il presente capitolo riassume le conclusioni del Piano di investigazione e del Progetto preliminare, che hanno rappresentato le informazioni di partenza per la redazione del presente Progetto definitivo. Per ulteriori chiarimenti si rimanda alle documentazioni originali.

3.1 Inquadramento del sito

La Centrale termoelettrica ENEL di Augusta (SR) è stata inserita nel programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale dei siti inquinati, soggetti ad interventi di interesse nazionale, ai sensi e per gli effetti della legge 9 dicembre 1998, n.426 "Nuovi interventi in campo ambientale". In tale contesto è stato presentato al Ministero dell' Ambiente sia il Piano della Investigazione iniziale, sia due successive integrazioni di indagine ed infine il progetto preliminare nelle modalità previste dalla legge.

La superficie interessata dalla presenza di terreno inquinato può essere suddivisa in due aree:

- la prima, denominata Area A con superficie di circa 23.000 m²;
- la seconda, denominata Area B con superficie di circa 100 m².

Nella Tavola 1 sono riportate le aree interessate dall' intervento.

3.2 Principali elementi del Piano di caratterizzazione

3.2.1 Area A

Il Piano di caratterizzazione ha individuato la presenza sia di terreni che di falda inquinata. Nelle due tabelle seguenti si riportano i campioni di terreno risultati inquinati da idrocarburi C<12 e C>12 con i rispettivi valori di concentrazione rilevati.

IDROCARBURI C<12		
<i>CLA DM 471/99 mg/kg 250</i>		
	<i>profondità m da p. c.</i>	<i>concentrazione misurata</i>
sondaggio	<i>da a</i>	<i>mg/kg</i>

SS1	3.6	4.0	2338
SS2	3.7	4.0	925
SR19	2.7	3.0	268
SR21	3.0	3.2	10200
SR21	5.4	5.6	366
SR22	3.0	3.4	8200
SR27	2.5	2.8	6400
SR28	3.6	3.9	41300

IDROCARBURI C>12			
<i>CLA DM 471/99 mg/kg 750</i>			
sondaggio	profondità <i>m da p. c.</i>		concentrazione misurata
	<i>da a</i>		<i>mg/kg</i>
SS1	3.6	4.0	6799
SS2	3.7	4.0	2315
SR19	2.7	3.0	1234
SR20	3.4	3.8	2625
SR21	3.0	3.2	4125
SR22	3.0	3.4	4149
SR27	2.5	2.8	2815
SR28	3.6	3.9	3424

Il Piano di caratterizzazione indica che l'area A è interessata da una contaminazione da idrocarburi di origine petrolifera caratterizzata come segue:

- lo strato contaminato presenta uno spessore compreso tra 30 e 120 cm ed è localizzato a profondità variabile tra i 2.5 e 14.5 metri da piano campagna;
- la contaminazione interessa la zona superiore della prima falda acquifera, che si presenta confinata superiormente da strati limosi di spessore variabile tra 1 e 3 metri; questo acquifero risulta essere leggermente in pressione;
- lo spessore di questo acquifero aumenta da monte verso valle (nel senso del gradiente idraulico, che corrisponde al gradiente morfologico del piano di campagna), passando da 0.6 metri nel punto SR19 a oltre 5 metri nel punto S4;
- il letto dell'acquifero è costituito da strati di argille grigio/azzurre situati ad una profondità variabile tra 2.7 metri presso il punto SR19 a oltre 10 metri presso il punto SR28; tali strati presentano una potenza notevole e proteggono efficacemente l'acquifero profondo;
- trattandosi di un acquifero confinato superiormente, non si identifica una vera e propria zona di oscillazione della falda superficiale; quindi lo strato contaminato risulta molto ben localizzato in senso verticale.

Alla luce dei risultati analitici, il Piano di Caratterizzazione conclude che, nell'area in oggetto, la contaminazione del terreno interessa una superficie di circa 26.000 m² e che il volume totale di terreno contaminato è stato stimato compreso tra un minimo di 15.000 m³ e un massimo di 30.000 m³ (stima cautelativa).

3.2.2 Area B

Le aree contaminate da diossine e identificate nella planimetria in Tavola 1, sono ubicate all'interno della zona produttiva della centrale. La concentrazione riscontrata è di $1,94 \cdot 10^{-4}$ mg/kg contro un limite previsto dalla Tabella B del DM 471/94 di $1 \cdot 10^{-4}$ mg/kg.

Il campione che ha registrato il superamento del limite è stato prelevato a una profondità compresa tra 0 e 0,1 m da p.c.. Campioni più profondi non hanno presentato situazioni critiche, pertanto l'inquinamento è ascrivibile ad un fenomeno unicamente superficiale.

Tutti i sondaggi successivi eseguiti attorno all'*hot spot* e su altre aree della centrale non hanno rilevato presenze significative di diossine. Pertanto il Piano di Investigazione conclude asserendo che l'unica area interessata da questa tipologia di inquinante è quella riportata nella Tavola 1, già citata.

3.3 Principali elementi del Progetto preliminare

Il progetto preliminare, elaborato ai sensi del DM 471/99, prende le mosse dalla caratterizzazione e individua le tecniche di bonifica che sono state ritenute adatte per il raggiungimento degli obiettivi di bonifica riportati nel seguente capitolo.

3.3.1 Area A

Per quanto riguarda l'Area A, il progetto preliminare prende le mosse da alcune considerazioni del piano di investigazione iniziale e riconducibili ai punti di seguito riportati:

- L'inquinamento dei terreni dell'area è dovuto alla presenza nel tempo di un surnatante di natura idrocarburica che, trasportato dalla falda, ha impregnato i terreni esclusivamente all'interno dello stato interessato dalla falda stessa. Lo spessore della zona contaminata è stato considerato pari al 33% dello spessore dell'acquifero in ciascun punto dell'area.
- Sotto il limite delle Argille (confinamento inferiore della falda) non si registrano inquinamenti.
- Il livello di confinamento superiore della falda non è stato interessato da fenomeni di contaminazione.
- L'acqua di falda risulta contaminata da idrocarburi in soluzione in concentrazioni superiori ai VL; è stata inoltre rilevata, nei piezometri PZA e PZB, la presenza di un surnatante sempre di origine petrolifera.

Si può pertanto concludere che la zona inquinata è individuabile esclusivamente all'interno dello strato di massima permeabilità (ghiaie) nella quale scorre la falda.

L'attività di bonifica e la relativa quantificazione prendono quindi le mosse dalla necessità di un intervento su detta zona geologica che, mediamente, si trova qualche metro sotto il piano di campagna, e che raggiunge (alla base dell'acquifero) profondità variabili da qualche metro a qualche decina di metro.

Cautelativamente l'andamento dell'inquinamento sulla verticale, nel progetto preliminare, è stato considerato pari ad 33% dello spessore dell'acquifero in ciascun punto interessato dalla contaminazione.

Per quanto riguarda le tecniche di bonifica, il progetto preliminare individua quale metodo di intervento una bonifica in due fasi:

- la prima fase consiste nella realizzazione di un setto impermeabile su tre lati che impedisca lo scorrimento naturale della falda dalla zona inquinata verso lo stabilimento e chiusura del setto tramite il posizionamento di n. 3 pozzi di aggotamento in modo da evitare il reflusso da EST della falda stessa. Nella Figura 1 si riporta la soluzione ipotizzata nel progetto preliminare;

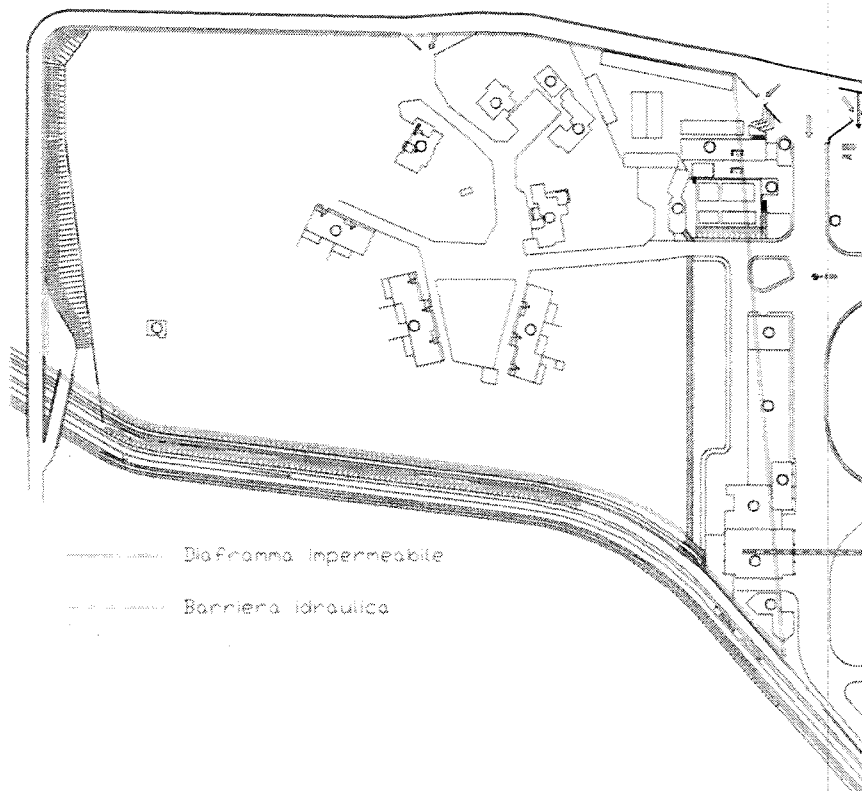


Figura 1 – Diaframma impermeabile e barriera idraulica previsti nel progetto preliminare.

- la seconda fase di bonifica comprende l'asportazione e trattamento dei terreni contaminato. Il progetto preliminare prevede in particolare la possibilità di ricorrere a due tipologie di trattamento: il primo consiste nell'applicazione di tecniche tipo Soil Washing, il secondo nello sfruttamento della biodegradazione degli idrocarburi accelerata con tecniche di Biopila.

Le due tecnologie possono, secondo il Progetto preliminare, essere anche utilizzate in serie, al fine di raggiungere l'obiettivo di abbassare le concentrazioni degli idrocarburi al di sotto dei limiti previsti dal DM471/99 per i suoli ad uso industriale.

3.3.2 Area B

Per quanto riguarda l'intervento sull'area contaminata da diossine, il progetto preliminare prevede un intervento di escavazione e conferimento in discarica del materiale contaminato.

4 OBIETTIVI DELLA BONIFICA

Alla luce delle considerazioni contenute nel Progetto preliminare si possono individuare alcuni obiettivi della bonifica, che devono essere garantiti dalle metodiche dimensionate nel presente documento.

Obiettivo 1 L'intervento di bonifica previsto deve raggiungere l'eliminazione delle fonti di inquinamento riscontrate per la porzione denominata Area A di proprietà ENEL. In tale

contesto pertanto si deve eliminare la possibilità di ulteriore apporto di inquinamento all'interno dell'area di interesse.

- Obiettivo 2 L'intervento di bonifica previsto deve, con le tecnologie prospettate, eliminare l'inquinamento riscontrato nei suoli sia nell'Area A che nell'Area B.
- Obiettivo 3 L'intervento deve favorire l'utilizzo di processi e metodi di bonifica on site, limitando quanto possibile l'asportazione dei materiali contaminati dall'area della centrale ENEL.

5 DIMENSIONAMENTO DEFINITIVO DELL'AREA DA BONIFICARE

Al fine di perfezionare lo schema di bonifica presentato nel Progetto preliminare è necessario adeguare le valutazioni numeriche di massima effettuate negli studi precedenti, per giungere ad una quantificazione del materiale da trattare. Il presente capitolo illustra i risultati di tali valutazioni.

5.1 Area A

5.1.1 Terreni

Nella relazione di calcolo in Allegato A si riportano le valutazioni effettuate per determinare i volumi dei terreni contaminati e da scavare.

Il Progetto Preliminare indica le aree che potranno essere oggetto della bonifica, circoscrivendo complessivamente la superficie sottesa dai sondaggi con evidenze di contaminazione. Per la stesura del presente Progetto Definitivo, si è proceduto a una rivisitazione dei dati disponibili (risultanze del Piano di caratterizzazione, dati relativi a indagini geognostiche eseguite successivamente) per una più mirata definizione dell'area di intervento.

Per quanto riguarda l'estensione superficiale, le valutazioni sono state eseguite assumendo una variazione lineare dei valori di concentrazione riscontrati nei diversi sondaggi effettuati nel corso della caratterizzazione. I calcoli hanno portato all'individuazione di una superficie di 23.000 m².

Riguardo l'estensione in verticale della contaminazione, si è mantenuta cautelativamente l'assunzione introdotta dal progetto preliminare (contaminazione da surnatante nel primo terzo dello spessore dell'acquifero). In accordo con tale assunzione la volumetria di materiale contaminato è stata valutata in 25.000 m³, mentre la volumetria del materiale non contaminato (tra piano campagna e tetto dell'acquifero) in 70.000 m³.

Infine per quanto concerne l'area dedicata all'installazione delle attrezzature a servizio della bonifica, sulla base dei dati della caratterizzazione, l'assenza di contaminazione in tale settore è riconducibile all'assenza dei terreni permeabili sede della falda acquifera che ha rappresentato la via di migrazione delle sostanze che hanno contaminato i terreni permeabili stessi. Elementi a sostegno di tale ipotesi sono l'assenza di contaminazione riscontrata dai sondaggi eseguiti e l'assenza di falda in questo settore.

Rimandando quindi per i dettagli all'Allegato A, di seguito si riportano le conclusioni per quanto riguarda la porzione del sito contaminata da idrocarburi:

Superficie area di scavo	23.000 m²
Totale scavo	95.000 m³
Scavo terra contaminata	25.000 m³
Scavo terra non contaminata	70.000 m³

Nelle tavole 2, 3A e 3B sono riportate rispettivamente la planimetria e le sezioni dell'area interessata allo scavo.

5.1.2 Falda

La falda, come illustrato negli studi precedenti, è confinata tra uno strato di argilla inferiore e vari strati limosi/sabbiosi superiori. La sua estensione complessiva nell'area interessata dalla bonifica è stata calcolata dalle sezioni litologiche dedotte dalla simulazione stratigrafica presentata nella relazione di calcolo in Allegato A.

Da detta relazione risulta che lo spessore medio dell'acquifero è pari a 3,44 m su tutta l'area interna alla diaframmatura.

Dalla Tavola 2 si può dedurre che la superficie dell'acquifero è valutabile in circa 23.000 m² per un volume complessivo di 80.000 m³. Tale valore rappresenta quindi il volume di materiale compreso fra il letto dell'acquifero e gli strati confinati superiori. Da considerazioni di natura geologica, possiamo considerare cautelativamente una porosità efficace di circa il 10 %, in via approssimativa, pertanto, si può stimare il volume di acqua dell'acquifero compreso fra 8.000 e 9.000 m³.

5.2 Area B

Per quanto riguarda la porzione del sito contaminata da diossine si sono considerate le seguenti quantità:

Superficie area di scavo	100 m ²
Profondità di scavo	0,30 m
Scavo terra contaminata	30 m ³

6 ORGANIZZAZIONE DELLE ATTIVITÀ

Si prevede che attività di bonifica siano organizzate in due distinti lotti.

Lotto 1 Il primo lotto riguarda l'intervento di bonifica delle aree A e B. Le attività previste comprendono:

- La demolizione degli edifici in area A;
- La realizzazione di un diaframma impermeabile al perimetro della stessa area A;
- La preparazione delle aree di stoccaggio dei materiali prodotti durante l'attività di bonifica;
- L'esecuzione degli scavi nelle aree A e B;
- La realizzazione e la gestione di un impianto di drenaggio e trattamento delle acque di falda dell'area isolata dal diaframma;
- Il trattamento dei terreni contaminati da idrocarburi provenienti dallo scavo in area A mediante vagliatura, con separazione della frazione < 2 mm da destinare a successivo trattamento mediante biopila (Lotto 2) e di quella > 2 mm da sottoporre a lavaggio per il successivo riutilizzo;
- La verifica analitica della qualità dei terreni di fondo scavo, per la restituibilità delle aree A e B.

Lotto 2 Il secondo lotto riguarda le attività relative al trattamento della frazione granulometrica < 2 mm dei materiali asportati dall'area A mediante biodegradazione con biopila

Al termine dell'attività del Lotto 1 sarà richiesto agli enti competenti un certificato di restituzione e di riutilizzabilità delle aree A e B. Analogamente alla conclusione degli interventi mediante biopila sarà richiesto il certificato di avvenuta bonifica del materiale trattato.

6.1 Ciclo del Lotto 1

6.1.1 Introduzione

Nella Tavola 4 è riportato il ciclo completo della bonifica dei terreni e dei materiali prodotti durante le attività di bonifica prevista nel Lotto 1 e la sua interconnessione con il Lotto 2.

Il ciclo di bonifica può essere suddiviso temporalmente in:

- attività preparatorie;
- scavi materiali contaminati;
- trattamenti.

Le attività preparatorie consistono in:

- demolizione;
- preparazione aree di stoccaggio;
- realizzazione impianti ausiliari;
- scavo materiale non contaminato;
- emungimento acqua di falda.

Successivamente si procederà allo scavo dei materiali contaminati e al loro abbancamento all'interno delle aree di stoccaggio precedentemente preparate.

Il materiale contaminato abbancato subirà i trattamenti on site di seguito illustrati:

- vagliatura;
- lavaggi.

L'intervento di bonifica prevede una fase di produzione e una fase di trattamento del materiale prodotto.

Parallelamente a tali fasi saranno predisposte opportune indagini analitiche in operam, per verificare la congruità della bonifica con le metodologie previste. Tali indagini sono riportate nella Tavola 4 e descritte nel Capitolo 13.

6.1.2 Fase di produzione

La fase di produzione comprende:

Demolizioni in area A. Gli edifici ricadenti nell'area di intervento saranno demoliti e i materiali saranno trattati separatamente.

Scavo terreni per diaframma impermeabile in area A. Il materiale scavato durante la realizzazione del diaframma impermeabile sarà stoccato in un'area protetta in cumuli al massimo da 1.000 m³ per un'analisi dello stato reale di inquinamento. I cumuli saranno realizzati cercando di mantenere il più possibile un'omogeneità del materiale sia in termini litologici che in termini di contaminazione visiva. Una volta caratterizzato ai sensi del DM 471/99, la frazione inquinata sarà condotta nell'area di stoccaggio dei materiali contaminati in attesa di trattamento, mentre la restante sarà evacuata come terra pulita.

Scavo terreno non contaminato in area A. Analogamente con il materiale proveniente dallo scavo superficiale, dove ci si attende un materiale non contaminato da idrocarburi, si provvederà a formare sempre cumuli di materiale di 1.000 m³ al massimo. Questi cumuli verranno caratterizzati ai sensi del DM 471/99 per produrre eventualmente una frazione inquinata da inserire nel materiale da trattare e una frazione pulita da inviare off site.

Scavo terreno contaminato in area A. Il materiale proveniente dallo strato contaminato del sottosuolo sarà scavato sempre in lotti da 1.000 m³ e posizionati nel cumulo di terra da inviare a trattamento. Una volta giunti alla fine scavo si procederà alla caratterizzazione del fondo scavo con un'analisi ai sensi del DM 471/99 di campioni superficiali con maglia 25 m x 25 m per certificare il raggiungimento dell'obiettivo di bonifica.

Emungimento acqua di falda in Area A. L'acqua di falda sarà prelevata mediante specifici sistemi di drenaggio e inviata a trattamento.

Scavo terreno in Area B. Il materiale proveniente dall'area B, sarà scavato ed evacuato senza fase di trattamento.

6.1.3 Fase di trattamento

A seguito delle fasi di produzioni saranno generate le seguenti tipologie di materiale:

- terre non contaminate
- terre contaminate da idrocarburi
- terre contaminate da diossina
- acqua di falda
- materiale inerte da demolizione

Per ciascuna di queste tipologie di materiale si prevede una diversa linea di trattamento di seguito specificata.

Terre non contaminate. Il materiale pulito sarà condotto con automezzi ad un punto di raccolta esterno alla centrale, che sarà individuato dalla società che eseguirà lo smaltimento. Tale materiale potrà anche essere utilizzato per riempimenti off-site a discrezione dell'impresa. L'eventuale riutilizzo sarà consentito solo in siti industriali, salvo ulteriori indagini analitiche di cui l'impresa vorrà farsi carico per caratterizzare il materiale in riferimento ai limiti tabellari previsti dal DM 471/99 per siti a uso verde pubblico, privato e residenziale.

Terre contaminate (Area A). Il materiale contaminato sarà innanzitutto vagliato in modo da creare una suddivisione tra materiale fine (< 2 mm), medio (compreso fra 2 e 10 mm) e grossolano (> 10 mm). Il materiale fine sarà inviato al trattamento di biodegradazione forzata con biopila (Lotto 2), mentre il materiale medio e grossolano sarà trattato mediante lavaggio. Il materiale trattato sarà successivamente analizzato con il test previsto dal DM 471/99 per materiale con pezzatura superiore a 2 mm (test di cessione ad H₂O deionizzata satura CO₂). La frazione pulita sarà inviata a recupero. Eventuali residui sporchi saranno evacuati, dopo opportuna caratterizzazione, ad una discarica controllata.

Terre contaminate da diossina (Area B). Data la natura del materiale non è possibile ipotizzare un trasporto diretto su cassoni. Le polveri generate dalla movimentazione degli automezzi produrrebbero una possibile contaminazione fuori dal sito. Per tale motivo particolare cura dovrà essere data al monitoraggio delle polveri durante le attività di escavazione, utilizzando acqua nebulizzata per abbattere l'eventuale articolato. Il materiale sarà caratterizzato ai sensi della normativa vigente e sarà inviato a impianto di incenerimento autorizzato o discarica a seconda degli esiti della classificazione.

Acqua di falda. L'acqua di falda emunta dall'area A sarà inviata ad un impianto di trattamento dedicato, il cui progetto di dettaglio è riportato in Allegato B. L'eventuale surnatante sarà separato e conferito ad un impianto di trattamento off-site.

Dopo trattamento l'acqua sarà immessa nel circuito dell'acqua industriale della centrale.

Materiale inerte dalle demolizioni. Il materiale inerte dalle demolizioni sarà innanzitutto frantumato per separare il ferro di armatura e inviato a recupero/smaltimento in impianto autorizzato ai sensi della normativa vigente.

Le fasi di produzione e di trattamento daranno origine a materiale fangoso (dallo stoccaggio dei materiali derivanti dallo scavo del diaframma e dal lavaggio dei terreni). Tali fanghi, potenzialmente contaminati da idrocarburi, saranno trattati in una filtropressa. La frazione liquida sarà inviata alla linea di trattamento acque, mentre la frazione secca sarà caratterizzata come rifiuto e avviata a smaltimento ai sensi della normativa vigente.

6.2 Ciclo del Lotto 2

Il Lotto 2 comprende unicamente il trattamento del materiale fine derivante dalla vagliatura a 2 mm del terreno contaminato dell'area A (previsto nel Lotto 1) mediante biodegradazione (biopila).

Al termine del trattamento in biopila, i materiali decontaminati saranno inviati al cumulo del materiale pulito precedentemente descritto. Durante il periodo di funzionamento della biopila il percolato prodotto sarà prelevato mediante autospurgo e inviato ad un idoneo impianto di depurazione fuori sito.

7 BILANCIO DI MASSA

Per dimensionare i singoli componenti del ciclo di bonifica è necessario effettuare un bilancio di massa per definire le quantità attese per ciascuna linea individuata al paragrafo precedente. Nella relazione di calcolo in Allegato A sono riportati il dimensionamento degli scavi e dei materiali da inviare a trattamento. Di seguito si riportano una sintesi dei risultati ottenuti con le relative ipotesi a base della valutazione:

LOTTO 1	
Quantità da scavare	
Previsione terreni da scavare	95.000 m ³
Previsione terreni contaminati	25.000 m ³
Previsione terreni puliti	70.000 m ³
Previsione scavi sotto impermeabile	2.700 m ³
Numero lotti	
Volume lotti di scavo	1.000 m ³
Numero Lotti di scavo complessivi	95 -
Numero Lotti di scavo contaminati	25 -
Numero Lotti di scavo puliti	70 -
Volume stoccaggio terreno pulito	
Volume totale da stoccare	80.000 m ³
Vagliatura	
Numeri lotti da vagliare	25 -
Volume da trattare	25.000 m ³
frazione < 2 mm	60 %
frazione > 10 mm	10 %
Volume fine contaminato	15.000 m ³
Volume medio contaminato	7.500 m ³

Volume grossolano contaminato	2.500	m ³
Superficie cumuli	796	m ²
Superfici attrezzature	50	m ²
Superficie viabilità	85	m ²
Superficie totale	931	m ²
Lavaggio		
Volume lavaggio grossolano	2.500	-
Volume lavaggio medio	7.500	m ³
Superficie impianto	239	%
Quantità totale acqua da trattare	1.500	m ³

LOTTO 2		
Biopila		
Volume da trattare in biopila	15.000	m ³
Superficie totale biopile	4.250	m ²

8 ATTIVITÀ DEL LOTTO 1

8.1 Diaframma impermeabile

Il primo aspetto peculiare della bonifica del sito è la realizzazione di un diaframma impermeabile volto a isolare idraulicamente il sottosuolo dell'Area A contaminato dal deflusso naturale della falda superficiale ed evitare l'eventuale apporto di nuovo inquinante nella zona oggetto della bonifica.

Il progetto preliminare, come riportato nella figura 1 già citata, prevedeva la realizzazione di un diaframma impermeabile su tre lati e la chiusura sul quarto attraverso la realizzazione di una barriera idraulica costituita da una serie di pozzi di emungimento. Questa situazione ha rappresentato il punto di partenza per la progettazione definitiva. Durante alcuni sopralluoghi, però, sono emersi alcuni aspetti particolari in merito alla realizzazione della protezione idraulica descritta.

Il primo aspetto è rappresentato dalla presenza nell'area a SUD-EST della barriera di alcuni impianti ed edifici ad uso della centrale termoelettrica, come rappresentato nella figura 2.

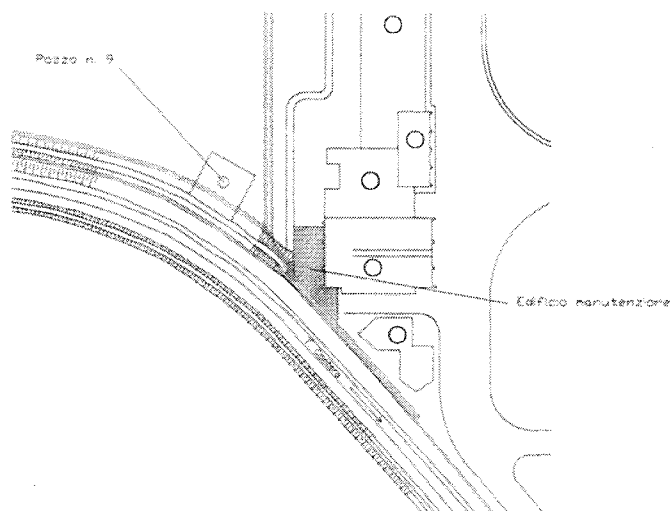


Figura 2 – Interazione Diaframma Impermeabile (in rosso) progetto preliminare e impianti/edifici centrale termoelettrica.

La sovrapposizione con le strutture della centrale rende di difficile realizzazione la barriera, costringendo a realizzare un setto che si arresti quantomeno prima del pozzo 9, come si può facilmente dedurre dalla figura 2.

Un secondo aspetto critico riguarda la realizzazione di una barriera di pozzi per la conterminazione del lato est dell'area (Figura 1) prevista dal progetto preliminare. Tale impostazione avrebbe comportato difficoltà di gestione della barriera nelle fasi successive alla bonifica. In fase di progettazione definitiva si è provveduto quindi a variare il sistema di con terminazione introducendo un sistema statico a cinturazione completa. Con questa soluzione si ottiene il totale isolamento dell'area A. La Tavola 5 allegata riporta la planimetria dell'ubicazione del diaframma, mentre la Tavola 6 illustra la sezione litologica in corrispondenza del tracciato del diaframma.

In corrispondenza dei lati NORD, OVEST e SUD dell'area si è provveduto a posizionare il setto sul confine di proprietà. Questa scelta implica che parallelamente al letto del torrente Cantera (sul lato SUD dell'area) sia necessario eseguire la rimozione dell'attuale rilevato sovrastante l'argine del torrente stesso, al fine di permettere la posa del diaframma. Successivamente alla bonifica sarà realizzato, a sostituzione del rilevato, un muro di contenimento in elevazione sopra il setto stesso e lungo il confine di proprietà. Il Rilevato da rimuovere non rappresenta un vincolo sul deflusso delle acque come illustrato dalla figura 3.

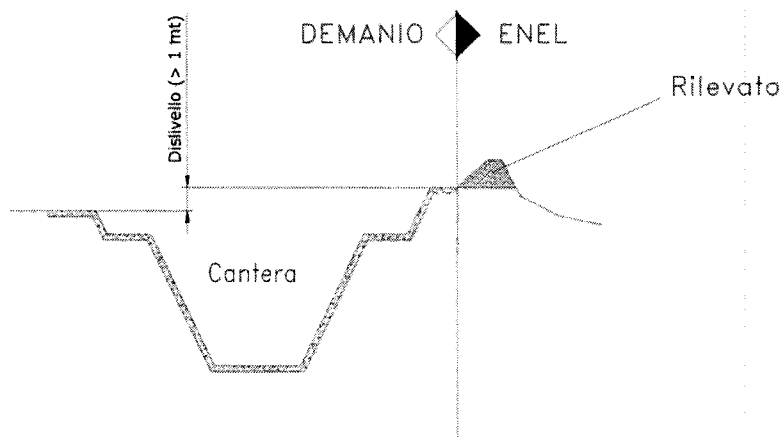


Figura 3 – Sezione illustrativa media dell'argine lungo il torrente Cantera.

Per quanto riguarda i lati a NORD e OVEST il posizionamento del setto sarà eseguito ad una distanza dalla recinzione del confine di proprietà, compatibile con le tecniche di posa utilizzabili.

Per quanto riguarda il lato Est, si prevede la realizzazione di un diaframma cemento bentonite con telo in HDPE (diaframma plastico composito) nei tratti ove sia possibile mantenere il fronte scavo ad una adeguata distanza dal setto e di un diaframma strutturale in c.a ove sia invece prevista l'apertura di fronte scavi a ridosso del diaframma stesso, con conseguente necessità di contenere la spinta del terreno (es. zone prossime a edifici).

Le caratteristiche delle due tipologie di diaframma sono riportate nella Tavola 7 e sono descritte nelle sezioni successive.

8.1.1 Diaframma plastico composito

Il diaframma plastico dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- Spessore totale = 0,8 m
- miscela ternaria acqua-cemento-bentonite con caratteristiche di permeabilità non superiori a $3 \cdot 10^{-7}$ cm/s,
- interposta geomembrana in HDPE, posata a 0,60 m dalla faccia esterna del diaframma, formata da teli larghezza minima 3,0 m, spessore almeno 2 mm e provvista di giunti laterali a tenuta a labirinto con intercapedine non superiore a 2 mm,
- profondità diaframma: variabile secondo la stratigrafia del sito, comunque tale da raggiungere un immersionamento nello strato di argille grigio-azzurre che costituiscono il letto inferiore della falda per almeno 2 m.

8.1.1.1 Caratteristiche tecniche

8.1.1.1.1 Fango autoindurente (miscela ternaria)

Il fango autoindurente assolve la duplice funzione di assicurare la stabilità delle pareti durante lo scavo e contribuire, ad indurimento avvenuto, alla formazione di una barriera composita di bassa permeabilità.

Il fango autoindurente impiegato deve essere caratterizzato da un comportamento reologico (viscosità e coesione) tale da consentire, al termine dello scavo, l'inserimento del telo HDPE (e l'estrazione del telaio) prima della sua rigidificazione; a lungo termine, deve presentare bassi valori di permeabilità e mantenere una adeguata capacità di deformazione per essere in grado di assecondare, senza fessurarsi, eventuali deformazioni del terreno.

Nelle seguenti due tabelle si riportano le caratteristiche di un fango indurente per diaframmi plastici.

Caratteristiche a breve termine della miscela plastica

Viscosità Marsh 1500 / 1000	35" - 45"
Densità	1,1 - 1,3 t/m ³
Stabilità	95 - 100 %

Caratteristiche a lungo termine della miscela plastica

Coefficiente di permeabilità K non superiore a:	$3 \cdot 10^{-7}$ cm/s
Resistenza alla Compressione con espansione late-rate libera (ELL), R _c	150 - 1000 kPa
Deformazione	1 - 2 %
Deformabilità relativa [E/R_c]	150 - 300
Tempo di presa	> 60 h
Ritiro volumetrico a 28 g	≤ 5%
Decantazione dopo 24 h	≤ 3%

In base a esperienze dirette sul campo si può ipotizzare che la composizione della miscela ternaria sarà:

acqua	1000 l
cemento tipo 325	200-300 kg
Bentonite	40-60 kg

Saranno da preferirsi cementi d'altoforno al cemento Portland.

Al fine di ridurre il coefficiente di permeabilità del fango autoindurente ad allungarne i tempi di lavorabilità, la miscela potrà essere additivata con un agente disperdente appositamente studiato, in dosaggio pari a $2 - 3 \text{ l/m}^3$.

Il confezionamento del fango autoindurente sarà eseguito in due fasi distinte:

- preparazione del fango bentonitico: il fango bentonitico verrà confezionato con un maggiore rapporto bentonite/acqua rispetto a quello della miscela ternaria finale (orientativamente 6%-8%);
- preparazione del fango autoindurente, tramite aggiunta e mescolazione dell'acqua, dell'additivo e del cemento al fango maturato.

Le bentoniti sono agenti di viscosità influenzabili dai componenti del cemento e conseguentemente, le caratteristiche reologiche della bentonite destinata alla preparazione delle miscele plastiche risulteranno diverse da quelle richieste ad una bentonite destinata alla produzione di un fluido di perforazione.

Una buona bentonite adatta alla preparazione di miscele plastiche autoindurenti, dovrà avere le seguenti caratteristiche:

Umidità	10 - 14 %
Limite di liquidità	> 400 %
Viscosità Marsh 1500 / 1000	< 33"
Decantazione della sospensione	assente
Perdita di fluido per pressofiltrazione	< 15 ml
pH della sospensione	9 - 10
Rapporto bentonite / acqua	0,06 - 0,08

Si deve inoltre tenere conto che fattori esterni non prevedibili potrebbero modificare macroscopicamente le caratteristiche reologiche iniziali:

1. l'azione imprevista di un particolare tipo di cemento, potrebbe indurre ad un'accelerazione del processo di irrigidimento della miscela con aumento incontrollato della viscosità Marsh;
2. l'arricchimento della fase solida per parziale inglobamento del terreno attraversato, potrebbe modificare il parametro densità e, destabilizzando la miscela, potrebbe diminuirne la stabilità;
3. la perdita d'acqua per drenaggio nel terreno (pressofiltrazione) potrebbe originare gli stessi problemi elencati al punto 2);
4. l'assorbimento di acqua da parte di un terreno molto arido, potrebbe originare gli stessi problemi elencati al punto 2).

In definitiva, la composizione della miscela ternaria e del fango bentonitico da impiegare dovranno essere oggetto di messa a punto in fase esecutiva in ragione della composizione del terreno e delle caratteristiche dei materiali che si hanno a disposizione, ricorrendo eventualmente anche a prove di laboratorio.

Il fango autoindurente dovrà essere preparato in cantiere mediante un impianto che consenta:

- la preparazione del fango bentonitico con la totale dispersione della bentonite in acqua e la conseguente idratazione completa della stessa prima dell'aggiunta del cemento, mediante mescolatore ad elevata turbolenza,

- lo stoccaggio entro silos o vasche, nelle quali venga prolungata l'agitazione, in modo da uniformare le caratteristiche della sospensione ed evitarne la decantazione durante il periodo di maturazione, che dovrà essere non meno di 8 ore,
- la produzione della miscela autoindurente per aggiunta di cemento ed additivi al fango bentonitico prodotto, entro mescolatori ad elevata turbolenza,
- invio al pannello in corso di scavo utilizzando una adeguata pompa di lancio.

8.1.1.1.2 Geomembrana in HDPE

La geomembrana in HDPE dovrà avere spessore minimo di 2 mm e dovrà soddisfare tutti i requisiti minimi specificati nella Norma UNI 8898-6. I singoli teli di HDPE che saranno posati dovranno avere tutti pari larghezza (preferibilmente a 5 m), salvo quelli posti alle estremità di ciascuna tratto del diaframma plastico, in raccordo con il diaframma strutturale, per i quali possono essere accettate larghezze di misura diversa da quella comune adottata per la restante parte del diaframma plastico (comunque non inferiore a 3 m).

I teli di geomembrana saranno tagliati in opera alla lunghezza richiesta per ogni singolo pannello, corrispondente alla profondità di ammorsamento nel tratto interessato, cioè almeno 2 m entro lo strato di argille grigio-azzurre che costituiscono il letto inferiore della falda superficiale.

Alla base inferiore del pannello dovrà essere fissata una zavorra a perdere, costituita da due profilati metallici tipo U, non inferiori ad U 200.

Ciascun pannello sarà completo di giunti a labirinto, costituiti da profilati estrusi in HDPE. I giunti saranno costituiti da due elementi che possono scorrere uno nell'altro: uno degli elementi sarà saldato al lato sinistro dei teli di geomembrana, mentre l'altro elemento, sarà saldato al lato destro dei teli di geomembrana. I due elementi devono incastrarsi uno nell'altro, mantenendo la capacità di scorrere longitudinalmente, con una tolleranza massima di 3,0 mm. Gli elementi avranno spessore minimo in ogni punto pari a 2,5 mm; non saranno tollerati scostamenti superiori al 5 % dello spessore nominale.

Durante la posa nella trincea, i giunti saranno riempiti dalla miscela ternaria presente nello scavo che, indurendosi, renderà i giunti impermeabili.

La saldatura degli elementi del giunto alla geomembrana sarà eseguita a piè d'opera, in apposita area, all'asciutto e con temperatura ambiente $> 5^{\circ}\text{C}$, mediante saldatore a doppio cuneo, in modo da realizzare un piccolo canale continuo per la verifica non distruttiva di continuità delle saldature. I lembi da saldare dovranno essere preventivamente molati e preriscaldati con aria calda. La saldatura ed i controlli dei giunti eseguiti dovranno rispondere ai requisiti della norma UNI 10567:1996.

Nel caso in cui i teli di geomembrana siano più lunghi dei giunti, sarà necessario saldare consecutivamente più di un elemento sullo stesso telo. In tal caso i giunti saranno posti testa a testa e saldati sul telo; si procederà quindi alla prova non distruttiva delle saldature dei due giunti consecutivi; a esito positivo della prova, l'intercapedine tra i due giunti sarà sigillata con saldatore a estrusione di HDPE. Il cordolo di estrusione dovrà riempire l'intercapedine e avere spessore di almeno 3,0 mm su tutti i lati fuori dall'intercapedine.

8.1.1.2 Modalità di esecuzione

La realizzazione del diaframma plastico composito con membrana in HDPE procederà attraverso le seguenti fasi:

- ubicazione dell'asse del diaframma sul terreno: questa attività dovrà essere eseguita con strumenti topografici da personale specializzato, sulla base degli elaborati grafici di progetto;
- realizzazione di due cordoli guida paralleli;

- scavo del terreno delimitato dai cordoli guida, mediante l'utilizzo di una benna, fino al raggiungimento della quota di progetto e mantenendo la trincea colma di fango autoindurente, come meglio di seguito specificato;
- posa della membrana in HDPE all'interno dello scavo, con la miscela autoindurente ancora allo stato fluido.

Il terreno estratto durante lo scavo del diaframma verrà trattato secondo le specifiche di escavo, distinguendo la parte "pulita" da quella "inquinata" e destinata a trattamento, similmente a quanto verrà operato per il terreno proveniente dall'area da bonificare.

8.1.1.2.1 Realizzazione cordoli guida

Lungo tutto l'asse del diaframma dovranno essere eseguiti due cordoli guida paralleli, in calcestruzzo debolmente armato, larghi 0,50 m e alti 0,70 m, con interasse 0,90 m, utili a mantenere l'allineamento dello scavo (vedi Tavola 7).

8.1.1.2.2 Esecuzione dello scavo

Lo scavo potrà essere eseguito per pannelli successivi, mediante benna mordente, comandata da escavatore a fune, oppure come trincea continua mediante escavatori con benna rovescia. Ad ogni modo, stante l'attuale stato della tecnica, per profondità del diaframma superiori a 15 m è necessario ricorrere ad una benna mordente calata nella trincea tramite escavatore a fune. In aggiunta, si evidenzia che l'escavatore con benna rovescia dovendo procedere con i cingoli a cavallo dello scavo, questo potrà essere impiegato solo nei tratti dove il diaframma plastico è completamente interno alla proprietà e non dove coincide con il confine di proprietà.

Lo scavo avrà larghezza 0,80 m e sarà condotto fino ad una profondità di almeno 2 m entro lo strato di argille grigio-azzurre, che realizzano il letto inferiore della falda superficiale. Lo scavo dovrà essere eseguito in continuo.

8.1.1.3 Iniezione della miscela autoindurente-impermeabilizzante

La trincea ovvero i pannelli saranno mantenuti colmi di fango autoindurente durante tutta l'esecuzione dello scavo, condotto fino alla profondità desiderata. La presenza del fango durante lo scavo consente di mantenere la stabilità delle pareti.

L'iniezione verrà eseguita mediante l'impiego di un sistema costituito da elementi in acciaio ed attrezzato in sommità con un imbuto e una tramoggia di scarico.

Una volta indurito, il fango costituirà il corpo del diaframma plastico.

8.1.1.3.1 Inserimento della geomembrana in HDPE

Una volta preparato, il pannello dovrà essere inserito ed agganciato in una struttura di guida ed affondamento, recuperabile, costituita da un telaio di acciaio, largo quanto il pannello (al netto della larghezza dei giunti), di peso sufficiente ad assicurare un affondamento nella miscela ternaria di fango, mantenuta allo stato fluido. La struttura dovrà anche assicurare che la posa del telo avvenga ad una distanza di 0,60 m dalla faccia esterna del diaframma.

Il telaio-guida con pannello montato sarà sollevato mediante autogrù di adeguata portata, messo in posizione verticale e portato in posizione di inserimento ai bordi dello scavo. Dopo avere verificato che la profondità di scavo sia quella prevista e che la viscosità del fango sia quella richiesta (vedi caratteristiche tecniche), si inizierà la posa in opera del telo, calando progressivamente il telaio-guida all'interno dello scavo colmo di fango e facendo scorrere il giunto entro quello del pannello adiacente già in opera.

Il telaio dovrà essere calato lentamente nello scavo, avendo cura di mantenerne la verticalità e di mantenere sempre nella corretta posizione di incastro i due profili maschio – femmina dei due teli adiacenti di geomembrana.

Una volta arrivato a fondo scavo, il pannello di HDPE dovrà essere mantenuto in posa fino all'irrigidimento del fango autoindurente; a tal fine il bordo libero superiore (fuoriuscente dallo scavo) dovrà essere fissato ad appositi supporti sistemati trasversalmente alla trincea (vedi Tavola 7). Quindi, il telaio-guida dovrà essere sganciato dal pannello appena posato e recuperato. Il telo posato dovrà essere sostenuto dai supporti provvisori fino a completa maturazione del fango autoindurente. I lembi di telo emergenti dovranno essere protetti dall'insolazione diretta.

La sistemazione finale della parte superiore di diaframma prevede un getto di calcestruzzo tra i cordoli guida per un'altezza pari a quella di riempimento fra detti cordoli.

8.1.1.4 Controlli in corso d'opera

Durante la realizzazione del diaframma, saranno tenuti sotto controllo e verificati diversi aspetti tecnici, riassunti nei punti seguenti:

- caratteristiche del fango autoindurente
- posizione planimetrica dell'asse dello scavo;
- quota del piano campagna;
- profondità del tetto dello strato impermeabile (argille grigio-azzurre);
- profondità del fondo dello scavo;
- verticalità dell'escavazione;
- larghezza dello scavo;
- dimensione dei pannelli HDPE;
- verticalità del telaio di supporto della membrana in HDPE;
- quota sul piano campagna della parte superiore della membrana (da verificare anche dopo l'indurimento della miscela impermeabilizzante);
- posizione orizzontale nello scavo della membrana (da verificare anche dopo l'indurimento della miscela impermeabilizzante).

Tutti questi controlli e verifiche dovranno essere eseguiti da personale qualificato utilizzando strumentazioni specifiche.

8.1.1.4.1 Verticalità del diaframma

La verticalità del diaframma è un aspetto tecnico molto importante della costruzione che, se non garantita, può portare ad errori di sovrapposizione fra i singoli pannelli ed alla conseguente mancata tenuta idraulica della struttura stessa.

Durante la fase esecutiva, dovranno essere monitorati in tempo reale la profondità e l'inclinazione istantanea del corpo della benna nonché la deviazione totale del pannello.

Per il rilevamento dell'inclinazione dello scavo dovranno essere impiegati in abbinamento sia strumenti a due assi (inclinometro biassiale) che a tre assi (giroscopio), con la possibilità di misurare, in funzione della profondità, anche la deviazione angolare oltre a quella longitudinale e trasversale.

All'inizio dello scavo, quando gli strumenti sopra descritti non possono essere utilizzati, la verticalità dello scavo dovrà essere garantita dalla corretta esecuzione dei muretti guida e da un continuo controllo dell'angolo di inclinazione.

La deviazione massima della verticale sarà contenuta entro l'1%.

Se dal controllo dei suddetti parametri dovessero risultare variazioni dalla verticalità dello scavo, dovranno essere adottati immediatamente tutti gli accorgimenti tecnici per correggere lo scostamento dalla verticale.

In particolare, nel momento in cui la benna sarà completamente inserita nello scavo, gli eventuali errori di inclinazione dovranno essere corretti sfruttando il principio di azione-reazione, inserendo nello scavo appositi dispositivi meccanici di correzione ("scarponi") che saranno spinti contro il terreno che, reagendo ne contrasterà l'uscita causando la voluta inclinazione della benna verso il lato da correggere.

8.1.1.4.2 Controllo delle miscele

Prove sui materiali. I materiali utilizzati per la realizzazione del diaframma plastico (bentonite e cemento) dovranno essere corredati dai relativi Certificati di Origine redatti dai produttori.

Prove sul fango bentonitico. Il fango bentonitico utilizzato per il confezionamento della miscela ternaria (fango autoindurente) dovrà essere quotidianamente sottoposto, durante la sua preparazione, a prove per la determinazione della densità, in modo da controllare, ed eventualmente correggere, l'effettivo rapporto Bentonite/Acqua del fango prodotto.

Prove sul fango autoindurente. Per ogni pannello realizzato, il fango autoindurente dovrà essere sottoposto a prove, prelevandolo all'impianto di confezionamento e/o all'immissione nello scavo, per la determinazione delle caratteristiche di densità, viscosità, decantazione e contenuto in sabbia.

I limiti di accettabilità della miscela saranno i seguenti:

- Densità «valore teorico» ± 20 g/l
- Viscosità iniziale 35" - 45" Marsh
- Decantazione < 1% dopo 4 ore
- Contenuto in sabbia < 15%

Verranno poi prelevati campioni per la determinazione a maturazione della miscela dei seguenti parametri:

- caratteristiche meccaniche di resistenza e deformabilità mediante prova di Compressione ELL;
- caratteristiche di conducibilità idraulica mediante prova di permeabilità.

Per rispondere alle specifiche tecniche, le miscele, maturate 28 giorni, dovranno presentare:

- Resistenza alla compressione ELL [R_c] non inferiore a 150 kPa e non superiore a 1000 kPa (calcolata dalla media di 3 provini);
- Deformabilità relativa [E_v/R_c] compresa tra 150 e 300 (calcolato dalla media di 3 provini);
- Conducibilità idraulica [k] non superiore a $3 \cdot 10^{-7}$ cm/s (calcolata dalla media di 2 provini).

Si sottolinea che:

- un valore $[E_t/R_c]$ più basso comporta una maggiore plasticità e quindi una minore possibilità di fessurazione qualora il diaframma dovesse essere sottoposto a sollecitazioni;
- il valore $E_t/R_c = 300$ viene in genere utilizzato per diaframmi sotto dighe, dove le sollecitazioni possibili sono estremamente elevate. Tale valore, estremamente cautelativo, viene inoltre utilizzato come riferimento per il fango vergine, per tenere conto dell'eventuale inglobamento di terreno sabbioso, in corso d'esecuzione di diaframma.

Qualora i valori di resistenza e permeabilità, rilevati dalle prove eseguite dopo 28 giorni di maturazione, non risultino conformi ai requisiti richiesti, le prove saranno ripetute dopo 90 giorni.

8.1.1.4.3 Controlli sulle saldature della membrana HDPE

Ciascun rotolo di geomembrana in HDPE, come pure i giunti da saldare, dovranno essere corredati di certificato di qualità del produttore che attesti il rispetto delle caratteristiche richieste.

Le saldature della membrana HDPE dovranno essere controllate con prove non distruttive e prove distruttive.

Prove non distruttive. Si eseguirà un collaudo ad ultrasuoni sulle saldature con cordolo interposto a facce parallele o un collaudo a vista sulle saldature con cordone sovrapposto di forma arrotondata, realizzato forzando una punta metallica lungo tutto il cordone.

Prove distruttive a campione. Le prove saranno eseguite su campioni lineari di saldatura (indicativamente ogni 300 m) e saranno di tipo qualitativo a strappo. Tali prove saranno considerate positive se la rottura non avrà luogo nell'area di saldatura.

8.1.2 Diaframma strutturale

Il diaframma strutturale dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- Spessore totale = 1,0 m
- Resistenza cls. $R_{ck} > 300 \text{ kg/cm}^2$
- Caratteristiche di permeabilità non superiori a $5 \cdot 10^{-7} \text{ cm/s}$,
- profondità diaframma: variabile secondo la stratigrafia del sito, comunque tale da raggiungere un immersione nello strato di argille grigio-azzurre che costituiscono il letto inferiore della falda per almeno 2 m.

Oltre alla impermeabilità all'attraversamento della falda, il diaframma strutturale dovrà assicurare, nella successiva fase di bonifica, anche la stabilità del fronte di scavo, previsto a progetto fino al 33% dello spessore dell'acquifero rispetto alla falda dall'estremo superiore.

8.1.2.1 Caratteristiche tecniche

8.1.2.1.1 Fango bentonitico

Lo scavo per la posa dei pannelli di diaframma strutturale dovrà essere eseguito sotto battente di fango bentonitico, a riempimento provvisorio di tutta la profondità di scavo, al fine di mantenere la stabilità delle pareti.

8.1.2.2 Modalità di esecuzione

La realizzazione del diaframma strutturale procederà attraverso le seguenti fasi:

- ubicazione dell'asse del diaframma sul terreno: questa attività dovrà essere eseguita con strumenti topografici da personale specializzato, sulla base degli elaborati grafici di progetto;
- realizzazione di due cordoli guida paralleli;

- scavo in presenza di fango bentonitico di pannelli alternati delle dimensioni di 2,50 m, mediante l'utilizzo di una benna mordente, fino al raggiungimento della quota di progetto, come meglio di seguito specificato;
- posa della gabbia di armatura;
- getto di calcestruzzo dal fondo scavo e contemporanea rimozione del fango bentonitico.

Il terreno estratto durante lo scavo del diaframma sarà trattato secondo le specifiche di scavo, distinguendo la parte "pulita" da quella "inquinata" e destinata a trattamento, similmente a quanto verrà operato per il terreno proveniente dall'area da bonificare.

8.1.2.2.1 Realizzazione cordoli guida

Lungo tutto l'asse del diaframma dovranno essere eseguiti due cordoli guida paralleli, in calcestruzzo debolmente armato, larghi 0,50 m e alti 0,70 m, con interasse 1,10 m, utili a mantenere l'allineamento dello scavo.

8.1.2.2.2 Esecuzione dei pannelli di diaframma

Il diaframma sarà realizzato mediante scavo di pannelli alternati, primari e secondari (vedi oltre), mediante benna mordente, comandata da escavatore a fune.

Ciascun pannello (primario e secondario) avrà lunghezza di 2,50 m e larghezza 1,00 m e sarà condotto fino ad una profondità di almeno 2 m entro lo strato di argille grigio-azzurre, che realizzano il letto inferiore della falda superficiale.

Lo scavo di un pannello primario sarà eseguito con supporto di tubo spalla, posto a ciascuna estremità, e mantenendo sempre lo scavo pieno di fango bentonitico. La presenza del fango durante lo scavo consente di mantenere la stabilità delle pareti. Una volta completato lo scavo, arrivando fino alla quota di progetto, si inserirà la gabbia di armatura, prefabbricata, quindi si eseguirà il getto dal basso verso l'alto, con apposito tubo di iniezione (metodo Contractor) e contemporanea estrazione e recupero del fango bentonitico, con invio a vasca di decantazione (al fine di separare i limi e la sabbia e rigenerare il fango esausto per un successivo reimpiego).

Si procederà, quindi, a realizzare il pannello primario più vicino (saltando l'esecuzione del pannello secondario interposto), nelle medesime modalità.

Una volta eseguiti due pannelli primari, si procederà a realizzare il pannello secondario interposto, procedendo nella modalità di seguito illustrata:

- rimozione dei due tubi-spalla che si vengono a trovare alle estremità del pannello secondario e contemporanea iniezione di fango bentonitico, atto a mantenere lo spazio scavato dove prima era presente il tubo-spalla,
- scavo del pannello secondario sotto battente di fango bentonitico,
- inserimento di gabbia armata, prefabbricata,
- getto.

I pannelli contigui avranno le estremità conformate in modo da realizzare un incastro tipo a "coda di rondine", mediante casseri metallici a perdere. Fra due pannelli contigui sarà interposto un giunto "water-stop".

La gabbia di armatura dovrà essere calata lentamente nello scavo, avendo cura di mantenerne la verticalità. Per i pannelli di maggiore profondità, l'inserimento della gabbia prefabbricata potrà essere facilitato da un telaio di supporto e guida, recuperabile. La movimentazione della gabbia avverrà mediante autogrù.

Una volta arrivato a fondo scavo, la gabbia dovrà essere mantenuta in posa fino all'irrigidimento del calcestruzzo; a tal fine il filo superiore (fuoriuscente dallo scavo) della gabbia dovrà essere fissato ad appositi supporti sistemati trasversalmente al pannello, che sosterranno l'armatura fino a completa maturazione del getto.

La sistemazione finale della parte superiore di diaframma prevede un getto di calcestruzzo tra i cordoli guida, per un'altezza pari a quella di riempimento fra detti cordoli.

8.1.2.2.3 Inserimento tiranti

Durante la fase di bonifica, saranno eseguiti scavi che porteranno a scoprire la parte superiore dei diaframmi strutturali realizzati. Con l'abbassamento del piano campagna, dovranno essere inseriti tiranti atti ad assicurare la stabilità del diaframma strutturale contro la spinta del terreno presente sull'area esterna (indisturbata).

In prima approssimazione, è previsto l'inserimento di una fila di tiranti ogni tre metri di abbassamento del fronte scavo, con passo fra tiranti di una fila di 3 m e profondità di inserimento nel terreno di 9-10 m. Conseguentemente, per lo scavo più profondo (~ 12 m di profondità dall'attuale piano campagna) sono previste tre file di tiranti.

La sequenza delle fasi esecutive dei diaframmi e dei tiranti può essere schematizzata come segue:

- esecuzione del diaframma, completo, nelle modalità sopra descritte;
- esecuzione degli scavi a fronte diaframma in lotti di profondità di circa 3 m;
- dopo ciascun lotto messa in posa di una fila di tiranti.

8.1.2.3 Controlli in corso d'opera

Durante la realizzazione del diaframma, saranno tenuti sotto controllo e verificati diversi aspetti tecnici, riassunti nei punti seguenti:

- caratteristiche del fango bentonitico;
- caratteristiche del getto di cls;
- posizione planimetrica dell'asse dello scavo;
- quota del piano campagna;
- profondità del tetto dello strato impermeabile (argille grigio-azzurre);
- profondità del fondo dello scavo;
- verticalità dell'escavazione;
- larghezza dello scavo;
- verticalità della gabbia di armatura dei pannelli.

Tutti questi controlli e verifiche dovranno essere eseguiti da personale qualificato utilizzando strumentazioni specifiche.

8.1.2.3.1 Verticalità del diaframma

La verticalità del diaframma sarà controllata come descritto per il diaframma plastico.

8.1.2.4 Prove sui materiali

I materiali utilizzati per la realizzazione del diaframma strutturale (cemento e in fase di scavo, bentonite) dovranno essere corredati dai relativi Certificati di Origine redatti dai produttori.

Il ferro di armatura dovrà essere fornito corredato dei Certificati di qualità rilasciati dal produttore.

8.1.2.5 Prove sul fango bentonitico

Il fango bentonitico utilizzato per il riempimento dello scavo prima del getto dovrà essere quotidianamente sottoposto a prove per la determinazione della densità, in modo da controllare, ed eventualmente correggere, l'effettivo rapporto Bentonite/Acqua.

8.2 Demolizioni

L'area oggetto dell'intervento di bonifica è caratterizzata dalla presenza di numerosi edifici in c.a.. Tali edifici, a servizio della centrale, sono attualmente non utilizzati, ad esclusione dell'edificio adibito a mensa. Per favorire le attività di bonifica si procederà con la demolizione di tutti i manufatti presenti all'interno dell'area. In particolare nella Tavola 8 sono riportati i manufatti e le relative volumetrie vuote per pieno. Complessivamente saranno da demolire circa 8.900 m³ v/p. A queste vanno anche sommate le fondazioni che dovrebbero risultare non superiori a 2.000 m³ di materiale.

Oltre agli edifici posti nella zona contaminata da idrocarburi è necessario effettuare anche la demolizione di alcuni impianti, in particolare:

- tubazione antincendio;
- sostegno linea elettrica in dismissione;
- alcune opere di raccolta acqua sotterranee.

Sui materiali di demolizione, dopo deferrizzazione, saranno eseguiti i test previsti dal DM 5/2/98. Riguardo le caratteristiche e la localizzazione dell'area di stoccaggio degli inerti da demolizione si rimanda al successivo paragrafo sulle aree di stoccaggio.

8.3 Preparazione aree di stoccaggio

Ai fini dello stoccaggio del materiale scavato, della realizzazione delle aree di trattamento individuate negli elaborati progettuali e dello stoccaggio del materiale inerte proveniente dalle demolizioni, è prevista la realizzazione di cinque aree di lavoro, per una superficie complessiva di circa 11.000 m² all'interno dell'area di centrale e di una superficie equivalente all'esterno della centrale, così suddivise:

- a. area in zona A quota + 4,00 m circa per complessivi 1000 m²;
- b. area in zona A quota + 10,15 m per complessivi 1300 m²;
- c. area in zona A quota + 8,85 m per complessivi 1850 m²;
- d. area in zona biopile quota +3,00 m per complessivi 6.300 m² (da utilizzare per le attività del Lotto 2);
- e. area esterna alla centrale di circa 11.000 m².

Le aree saranno realizzate in modo da evitare qualsiasi percolazione sul suolo causato da motivi interni (malfunzionamento impianti, percolato biopile, ecc.), esterni (piogge, ecc.) e dovranno sopportare i carichi prevedibili quali:

- impianti;
- cumuli da 1000 m³;
- macchine ed attrezzature.

Inoltre, saranno garantite la raccolta delle acque di pioggia e il convogliamento delle stesse in apposite vasche, dalle quali saranno inviate all'impianto di trattamento della centrale ENEL.

Per la realizzazione dei piazzali saranno seguite le norme per le costruzioni stradali.

Qualora nel corso dei lavori si evidenziasse, a seguito delle verifiche previste in itinere, la necessità di estensione degli scavi nella zona dedicata alla vagliatura ed al lavaggio (aree b e c dell'elenco precedente), le attrezzature di servizio alla bonifica verranno trasferite su un'altra area dopo l'esecuzione dei lavori di asportazione del terreno contaminato. Il nuovo accantieramento sarà effettuato con tutte le precauzioni e con le medesime modalità previste per l'area di servizio inizialmente prevista. Una volta ultimata la bonifica, si procederà allo smobilizzo delle attrezzature ed a condurre nuove verifiche analitiche del terreno per escludere fenomeni di contaminazione dovuti alle lavorazioni effettuate.

L'individuazione dell'ubicazione dell'eventuale nuova area sarà effettuata in corso d'opera, provvedendo, se necessario, alla livellazione del piano del terreno ed alla realizzazione di piste di accesso. La necessità dello spostamento e la scelta della nuova localizzazione degli impianti saranno concordati con gli enti preposti al controllo delle attività.

8.3.1 Piazzale quota + 4,00 m

Il materiale proveniente dalle demolizioni sarà depositato temporaneamente, in attesa degli esiti analitici per il successivo riutilizzo ai sensi del DM 5/2/98, su un piazzale di circa 1.000 m² che sarà realizzato all'interno dell'area A prima dell'inizio degli scavi. Nella Figura 5 si riporta il perimetro di detta area.

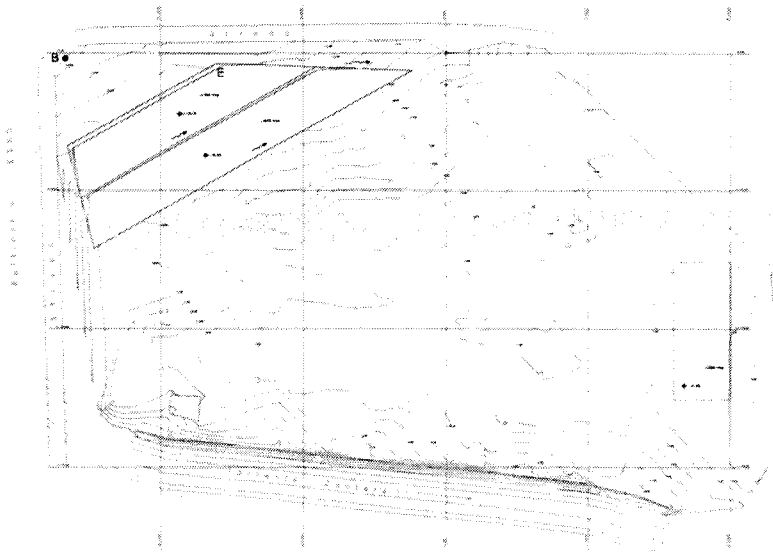


Figura 5 – Ubicazione piazzale a quota + 4,00 m

La realizzazione del piazzale sarà eseguita con le modalità riportate di seguito.

8.3.1.1 Sbancamento

Dallo stato attuale del terreno si procederà allo scavo di sbancamento, al fine di realizzare un piazzale da 1.000 m² a quota costante + 4,00 m come riportato nella figura precedente.

Il fondo scavo sarà omogeneizzato e compattato per la successiva posa dello strato impermeabilizzante. La compattazione dovrà essere portata fino al raggiungimento di una densità pari al 95% del valore ottenuto mediante la prova AASHO.

8.3.1.2 Telo HDPE

Una volta predisposto il fondo, si dovrà procedere alla stesura di un telo in HDPE su tutta la superficie del piazzale, e per 1 m oltre il limite del piazzale stesso.

Questo telo avrà spessore minimo 2 mm, sarà realizzato in fogli della larghezza minima di 6 m con resistenza a trazione media 30 kN/m, e una resistenza media alla lacerazione 250 N, e coefficiente di permeabilità non inferiore a $2 \cdot 10^{-14}$ m/s.

I fogli dovranno essere sormontati fra loro per almeno 20 cm e zavorrati secondo le indicazioni del fornitore durante le azioni di posa. La saldatura fra i teli dovrà avvenire con cuneo caldo a doppia saldatura e canaletta di prova. I processi di saldatura e le relative prove di qualità dovranno comunque essere in accordo alle norme UNI 10567.

I teli saranno posati man mano che si porterà il materiale inerte da analizzare. Il materiale sarà accumulato giornalmente e con volumetrie non superiori a 250 m³. Ogni cumulo, una volta eseguito il campionamento di analisi sarà ricoperto con telo HDPE in attesa della restituzione dei risultati (16 giorni). Non si prevede la necessità di recupero percolazioni e/o acque piovane data la presenza di cumuli coperti.

8.3.2 Piazzali quota + 10,15 e + 8,85 m

Si prevede la costituzione di due piazzali da 1.300 m² e 1850 m² nell'area A come riportato nella Tavola 9 allegata. La realizzazione dei piazzali sarà eseguita con le modalità riportate di seguito.

8.3.2.1 Sbancamento

Previa demolizione dei manufatti in c.a. e mattoni, scotico superficiale, abbattimento e/o recupero piante, smaltimento dei materiali edili rinvenuti nell'area, si procederà allo scavo di sbancamento al fine di realizzare un piazzale da 1.300 m² a quota costante + 10,15 m e un secondo da 1.850 m² a quota +8,85 m.

Lo sbancamento sarà sagomato in modo da ottenere una pendenza dell'1 %.

Il fondo scavo sarà omogeneizzato e compattato per la successiva posa dello strato impermeabilizzante. La compattazione dovrà essere portata fino al raggiungimento di una densità pari al 95% del valore ottenuto mediante la prova AASHO.

Lo scavo di sbancamento complessivo previsto si aggira intorno a 2.600 m³ di terreno. Una volta sbancato si procederà con la realizzazione di un argine di contenimento lato EST, dell'altezza di circa 30 - 50 cm per una lunghezza prevista di circa 100 m.

Il materiale per la realizzazione di tale argine sarà prelevato da quello sbancato. Ai piedi dell'argine (lato piazzale) sarà previsto uno scavo, per la posa successiva di una canaletta di raccolta acqua in cls a cielo aperto.

8.3.2.2 Telo HDPE

Una volta predisposto il fondo, si dovrà procedere alla stesura di un telo in HDPE su tutta la superficie del piazzale, sull'argine realizzato e per 1 m oltre il limite del piazzale stesso.

Questo telo avrà spessore minimo 2 mm, sarà realizzato in fogli dalla larghezza minima di 6 m con resistenza a trazione media 30 kN/m, e una resistenza media alla lacerazione 250 N, e coefficiente di permeabilità non inferiore a $2 \cdot 10^{-14}$ m/s.

I fogli dovranno essere sormontati fra loro per almeno 20 cm e zavorrati secondo le indicazioni del fornitore durante le azioni di posa. La saldatura fra i teli dovrà avvenire con cuneo caldo a doppia saldatura e canaletta di prova. I processi di saldatura e le relative prove di qualità dovranno comunque essere in accordo alle norme UNI 10567.

8.3.2.3 Telo TNT

A protezione del telo in HDPE, sarà messo in posa uno strato di separazione formato da geotessile in tessuto non tessuto (TNT), realizzato in poliestere con grammatura minima consentita di 400 g/mq e spessore di almeno 3 mm.

8.3.2.4 Fondo piazzale

Sopra il TNT sarà predisposto il fondo per la posa finale del conglomerato bituminoso. Il fondo sarà costituito da 3 strati di materiale così composti:

- sabbia vagliata e lavata a protezione dello strato di impermeabilizzazione e TNT, per uno spessore di 10 cm minimo;
- misto stabilizzante sopra strato di sabbia per spessore di 15 cm
- misto inerte a granulometria stabilizzata, per la formazione di sottofondi o rilevati stradali per uno spessore di 10 cm.

Detti materiali dovranno essere infine rullati e pressati, pronti per accogliere i conglomerati bituminosi finali.

8.3.2.5 Strato superficiale

Infine saranno predisposti due strati superficiali in conglomerato bituminoso per la copertura definitiva del piazzale. Lo strato superficiale dovrà essere costituito da due livelli così composti:

- uno primo strato di conglomerato bituminoso impastato a caldo con bitume solido in idonei impianti in ragione del 4% di bitume in peso degli inerti e stesa dell'emulsione bituminosa al 55% nella misura di kg 0.700 per metro quadrato per uno spessore di almeno cm 15.
- Un secondo strato di conglomerato bituminoso fillerizzato per strato di collegamento (binder) impastato a caldo con bitume puro semisolido in idonei impianti in ragione del 5% di bitume in peso degli inerti, fino a ottenere un volume dei vuoti residui non superiore all'8%, per spessore di almeno cm 5.

8.3.3 Piazzale biopile

Il piazzale biopile sarà realizzato nell'area di centrale e avrà superficie di 6.300 m² (Tavola 10).

Il piazzale biopile sarà costituito da una copertura posta sopra la pavimentazione attualmente presente. Per la realizzazione si provvederà alla demolizione dei manufatti presenti e al riempimento della vasca stoccaggio acqua con materiale non contaminato proveniente dagli sbancamenti in area A.

Il piazzale sarà realizzato a forma di schiena d'asino, come da planimetria citata, e con pendenze minime garantite dell'1 % su entrambe le falde.

La realizzazione del piazzale prevede le operazioni di seguito riportate.

8.3.3.1 Struttura di fondo

Sopra l'attuale piazzale sarà realizzata una struttura di impermeabilizzazione a strati di diverso materiale. Si procederà innanzitutto al livellamento di fondo mediante uno strato di misto stabilizzato di

15 cm. Tale strato dovrà compattato per la successiva posa dello strato impermeabilizzante fino al raggiungimento di una densità pari al 95% del valore ottenuto mediante la prova AASHO.

8.3.3.2 Telo HDPE

Una volta preparato il fondo, si dovrà procedere alla stesura di un telo in HDPE su tutta la superficie del piazzale, per 1 m oltre il limite del piazzale stesso.

Questo telo dovrà avere spessore minimo 2 mm, essere realizzato in fogli dalla larghezza minima di 6 m, avere una resistenza a trazione media 30 kN/m, e una resistenza media alla lacerazione 250 N, e coefficiente di permeabilità non inferiore a $2 \cdot 10^{-14}$ m/s.

La stesura del telo dovrà procedere secondo uno schema di posa preparato dall'appaltatore con l'obiettivo di minimizzare le saldature e facilitare le attività di posa.

I fogli dovranno essere sormontati fra loro per almeno 20 cm e zavorrati secondo le indicazioni del fornitore durante le azioni di posa. La saldatura fra i teli dovrà avvenire con cuneo caldo a doppia saldatura e canaletta di prova. I processi di saldatura e le relative prove di qualità dovranno comunque essere in accordo alle norme UNI 10567.

8.3.3.3 Telo TNT

A protezione del telo in HDPE, dovrà essere messo in posa uno strato di separazione formato da geotessile in tessuto non tessuto (TNT), realizzato in poliestere con grammatura minima consentita di 400 g/mq e spessore di almeno 3 mm.

8.3.3.4 Fondo piazzale

Il fondo che costituirà la base degli strati superficiali sarà costituito dai seguenti materiali:

- misto stabilizzante sopra lo strato di sabbia per uno spessore di 15 cm;
- misto inerte a granulometria stabilizzata, per la formazione di sottofondi o rilevati stradali per uno spessore di 10 cm.

Detti materiali dovranno essere infine rullati e pressati, pronti per accogliere i conglomerati bituminosi finali.

8.3.3.5 Strato superficiale

Infine saranno predisposti due strati superficiali in conglomerato bituminoso per la copertura definitiva del piazzale. Lo strato superficiale dovrà essere costituito da due livelli così composti:

- uno primo strato di conglomerato bituminoso impastato a caldo con bitume solido in idonei impianti in ragione del 4% di bitume in peso degli inerti e stesa dell'emulsione bituminosa al 55% nella misura di kg 0.700 per metro quadrato per uno spessore di almeno cm 15.
- Un secondo strato di conglomerato bituminoso fillerizzato per strato di collegamento (binder) impastato a caldo con bitume puro semisolido in idonei impianti in ragione del 5% di bitume in peso degli inerti, fino a ottenere un volume dei vuoti residui non superiore all'8%, per spessore di almeno cm 5.

8.3.4 Area di stoccaggio esterna

Per lo stoccaggio del materiale non contaminato o bonificato ai sensi del DM 471/99 proveniente dal ciclo di bonifica (scavi e/o trattamenti), si utilizzerà un'adeguata area esterna con le caratteristiche minime riportate di seguito, qualora non già autorizzata come area di stoccaggio provvisorio di rifiuti.

8.3.4.1 Sottofondo

Il fondo dovrà essere omogeneizzato e compattato per la successiva posa dello strato impermeabilizzante. La compattazione dovrà essere portata fino al raggiungimento di una densità pari al 95% del valore ottenuto mediante la prova AASHO.

Dovranno essere realizzati argini di contenimento di qualsiasi percolazione dell'area di stoccaggio.

8.3.4.2 Telo HDPE

Una volta preparato il fondo, si dovrà procedere alla stesura di un telo in HDPE su tutta la superficie del piazzale, sull'argine realizzato e per 1 m oltre il limite del piazzale stesso.

Questo telo avrà spessore minimo 2 mm, sarà realizzato in fogli dalla larghezza minima di 6 m con resistenza a trazione media 30 kN/m, e una resistenza media alla lacerazione 250 N, e coefficiente di permeabilità non inferiore a $2 \cdot 10^{-14}$ m/s.

I fogli dovranno essere sormontati fra loro per almeno 20 cm e zavorrati secondo le indicazioni del fornitore durante le azioni di posa. La saldatura fra i teli dovrà avvenire con cuneo caldo a doppia saldatura e canaletta di prova. I processi di saldatura e le relative prove di qualità dovranno comunque essere in accordo alle norme UNI 10567.

8.3.4.3 Telo TNT

A protezione del telo in HDPE, sarà messo in posa uno strato di separazione formato da geotessile in tessuto non tessuto (TNT), realizzato in poliestere con grammatura minima consentita di 400 g/mq e spessore di almeno 3 mm.

8.3.4.4 Fondo piazzale

Sopra il TNT sarà predisposto il fondo per la posa finale del conglomerato bituminoso. Il fondo sarà costituito da 3 strati di materiale così composti:

- sabbia vagliata e lavata a protezione dello strato di impermeabilizzazione e TNT, per uno spessore di 10 cm minimo;
- misto stabilizzante sopra strato di sabbia per spessore di 15 cm
- misto inerte a granulometria stabilizzata, per la formazione di sottofondi o rilevati stradali per uno spessore di 10 cm.

Detti materiali dovranno essere infine rullati e pressati, pronti per accogliere i conglomerati bituminosi finali.

8.3.4.5 Strato superficiale

Infine saranno predisposti due strati superficiali in conglomerato bituminoso per la copertura definitiva del piazzale. Lo strato superficiale dovrà essere costituito da due livelli così composti:

- uno primo strato di conglomerato bituminoso impastato a caldo con bitume solido in idonei impianti in ragione del 4% di bitume in peso degli inerti e stesa dell'emulsione bituminosa al 55% nella misura di kg 0.700 per metro quadrato per uno spessore di almeno cm 15.
- Un secondo strato di conglomerato bituminoso fillerizzato per strato di collegamento (binder) impastato a caldo con bitume puro semisolido in idonei impianti in ragione del 5% di bitume in peso degli inerti, fino a ottenere un volume dei vuoti residui non superiore all'8%, per spessore di almeno cm 5.

8.3.5 Raccolta acque dai piazzali

Le acque di pioggia e degli eventuali liquidi sversati accidentalmente durante le operazioni di trattamento, saranno raccolti e inviati all'impianto trattamento acque della centrale ENEL.

I piazzali interessati dalla raccolta sono quelli previsti nell'area A a quota +10,15 m e +8,85 m e l'area delle biopile.

Il sistema di raccolta sarà costituito da una serie di canalette in cls a cielo aperto, poste in conformità agli elaborati grafici già citati in modo da raccogliere tutta la presenza di liquidi sui piazzali stessi. La pendenza dei piazzali dovrà essere garantita di almeno l'1% verso dette canalizzazioni.

Le canalette in cls dovranno essere realizzate con pendenze minime dello 0,2 % e realizzate a pezzi congiunti. I pezzi di raccordo dovranno essere sigillati utilizzando mastice resistente agli idrocarburi. Le canalette dovranno essere collegate alle vasche di raccolta di prima pioggia e rese funzionanti prima dell'inizio delle attività su detti piazzali.

Le vasche di raccolta saranno del tipo a conguaglio che realizzano il solo effetto di invaso, immagazzinando una parte della portata in arrivo, che poi dovrà essere restituita all'impianto di trattamento ENEL.

Ipotizzando una pioggia di 5 mm su tutte le superfici del piazzale per 15 min le capienze delle vasche dovranno essere le seguenti:

- Una vasca prima pioggia area A: 15 m³;
- Due vasche prima pioggia area biopile da 20 m³ e 15 m³.

Le vasche saranno del tipo cls monoblocco, interrate e non dovranno essere del tipo carrabile. Le vasche devono poi presentare una mandata verso l'impianto di trattamento acque della centrale ENEL.

La linea sarà realizzata con tubazioni in PVC fuori terra con l'ausilio di pompe di invio, se necessario, fino al punto di scarico

8.4 Impianti ausiliari

Per la realizzazione della bonifica è necessaria realizzazione di alcune utilities.

Impianto miscelazione. Sarà realizzato un impianto di miscelazione per la realizzazione delle miscele cemento-bentonite. L'impianto sarà costituito da serbatoi verticali per lo stoccaggio delle materie prime e da vasche di miscelazione. Sarà anche realizzato il sistema di pompaggio per l'invio alla zona di lavoro. L'impianto sarà realizzato a quota + 13,00 m, sopra l'area trattamenti, in modo da favorire il deflusso della miscela. L'impianto sarà attivo durante tutto il periodo di realizzazione del diaframma impermeabile.

Impianto trattamento acque. Le acque prodotte nel corso della bonifica saranno trattate come rifiuti mediante un impianto di trattamento realizzato allo scopo. Le acque trattate saranno riutilizzate nel ciclo della centrale come acqua industriale (Tavola 11).

La descrizione dell'impianto è riportata in Allegato B.

Le acque da sottoporre a trattamento comprendono:

- Le acque sotterranee presenti all'interno del diaframma impermeabile da realizzare nell'area A, con una portata massima stimata di 150 m³/giorno per un periodo di 70 giorni consecutivi;
- Le acque esauste provenienti dai trattamenti di lavaggio terreni con frazione granulometrica > 2 mm, in quantità trascurabili rispetto alle quantità emunte dalla falda;

- Le acque provenienti dalla filtropressatura fanghi, anch'esse in quantità trascurabili rispetto alle quantità emunte dalla falda.

Dopo il trattamento l'acqua sarà sottoposta a verifica ai fini del successivo riutilizzo nella rete industriale di stabilimento. I requisiti specifici richiesti per tale utilizzo sono i seguenti:

- Portata < 25 m³/h,
- Totali solidi sospesi < 80 mg/l,
- Al < 1 mg/l,
- Fe < 2 mg/l,
- Mn < 2 mg/l,
- Idrocarburi totali < 5 mg/l,
- IPA totali < 0,1 µg/l)

Le acque che risulteranno eventualmente non conformi saranno nuovamente sottoposte a trattamento (Tavola 11).

Impianti ausiliari. Sarà realizzato un impianto lava ruote per la pulizia dei mezzi in uscita dal cantiere dal materiale proveniente dagli scavi e trattamenti. I reflui dell'impianto saranno convogliati all'impianto di trattamento acque. Sarà inoltre resa disponibile una pesa.

Area baracche. Il cantiere sarà autonomo per quanto riguarda gli uffici di cantiere, il magazzino stoccaggio campioni/laboratorio, il magazzino, lo spogliatoio.

Impianto elettrico. Sarà realizzato un impianto elettrico per tutte le componenti del ciclo di bonifica. L'impianto sarà realizzato dalla ditta incaricata conformemente alle normative in vigore e staccherà su diversi punti di consegna da parte della centrale. I punti di consegna saranno diversi in modo da limitare l'estensione dei cablaggi.

Impianto idrico. Per l'utilizzo dell'acqua sarà predisposto un attacco alla rete di acqua industriale.

In Tavola 12 è riportato il layout del cantiere. Per maggiori dettagli sull'organizzazione di cantiere si rimanda alla relazione tecnica in Allegato C.

8.5 Scavo del terreno non contaminato

Durante le attività di realizzazione del diaframma impermeabile in area A potranno iniziare gli scavi del terreno non contaminato. In particolare si ritiene necessario procedere con i seguenti passaggi:

- eseguire uno scotico superficiale di tutta l'area compresa all'interno del diaframma con evacuazione delle sterpaglie;
- recupero delle piante di specie pregiate (ulivo ed eucalipto) e conferimento a terzi;
- esecuzione scavi a lotti da 1.000 m² con verifica stato inquinamento ai sensi del DM 471/91 fino a raggiungere circa 20 cm dall'acquifero superiore;
- evacuazione del materiale fuori dalla zona lavori con autocarri.

Se durante le attività si dovessero riscontrare indizi di contaminazione, il materiale rimosso sarà conferito nel cumulo del materiale contaminato.

8.6 Emungimento dell'acqua di falda

Prima di procedere alle operazioni di scavo del terreno contaminato in area A sarà necessario emungere le acque di falda all'interno dell'area circoscritta dal diaframma.

Nella Tavola 13 è riportata l'ubicazione dei sistemi di drenaggio previsti (well point e pozzi). L'emungimento sarà condotto fino a quando l'altezza della falda raggiungerà il livello minimo di scavo (quota corrispondente al punto S della Tavola 6). Successivamente, l'azione di prelievo sarà accompagnata dalla reimmissione di una medesima portata di acqua non contaminata (prelevata dai pozzi n. 5, 8 o 9, a seconda dalle esigenze di centrale, che attingono acqua dalla falda profonda) in modo da stabilizzare il livello della falda stessa al livello minimo raggiunto e minimizzare la spinta idrostatica sul diaframma strutturale.

8.7 Scavo del terreno contaminato

Lo scavo del terreno contaminato nell'area A sarà realizzato a lotti di 1000 m³ di terreno scavato. Gli scavi saranno condotti su porzioni di circa 2000 m² e con strati orizzontali di circa 0,3 m. Ad ogni passata verticale sarà verificato lo stato del fondo scavo. Se visivamente continueranno a presentarsi evidenze di contaminazione si proseguirà nell'esecuzione dello scavo. In caso contrario si procederà alla verifica di fondo scavo eseguendo un campionamento con maglia 25 m x 25 m secondo le metodiche riportate nei prossimi capitoli.

I materiali scavati contaminati saranno trasferiti presso l'area di stoccaggio e depositati in cumuli in attesa di essere trattati. I cumuli in giacenza saranno ricoperti con teli in HDPE per evitare dilavamenti ad opera delle precipitazioni meteoriche.

I mezzi utilizzati per lo scavo subiranno settimanalmente un lavaggio completo di cingoli o ruote e benna. Gli automezzi per la movimentazione dovranno sostare per il carico al di fuori della zona pulita. Sarà fatto divieto di costruire piste carrabili sul materiale sporco con riporti di terra pulita.

Al termine della giornata i fronti scavo saranno coperti da teli in HDPE per evitare il dilavamento dei contaminanti e la percolazione negli strati sottostanti a causa di eventuali precipitazioni meteoriche.

Per evitare la produzione di polveri, si dovrà procedere con cautela e a velocità di scavo ridotte.

Per la determinazione dei tempi necessari allo scavo dei 25000 m³ è necessario tenere conto non solo della capacità produttiva giornaliera massima di scavo, ma soprattutto della capacità produttiva degli impianti di trattamento (vagliatura e lavaggio) delle capacità di stoccaggio. Queste due ultime voci limitano la produzione giornaliera a 300 m³. Pertanto lo scavo del terreno contaminato sarà eseguito complessivamente in 90 giorni. Con tale periodo di escavazione è sufficiente si prevede l'utilizzo di 2 scarrabili da 12 m³ circa e un escavatore cingolato con benna da 2,5 m³.

I materiali scavati dall'area B saranno immediatamente insaccati in big-bags tramite un'apposita tramoggia caricata direttamente dall'escavatore. I sacchi, stoccati in apposita area recintata, saranno classificati come rifiuti e successivamente evacuati entro i termini previsti per gli stoccaggi provvisori di cantiere di materiale pericoloso.

8.8 Trattamento del terreno contaminato

Una volta formati i cumuli, il materiale contaminato sarà sottoposto ai trattamenti descritti nel diagramma di flusso della bonifica (Tavola 4).

8.8.1 Vagliatura

I 25.000 m³ attesi di materiale contaminato saranno innanzitutto vagliati al fine di realizzare cumuli di pezzatura omogenea.

Il sistema di vagliatura dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- Rete superiore 10 mm
- Rete inferiore 2 mm
- Potenzialità 300 ton/giorno

Con tale sistema si effettuerà la vagliatura del materiale in 90 giorni, ottenendo tre differenti pezzature: fine (< 2 mm), media (> 2 e < 10 mm) e grossolana (> 10 mm).

Sulla base delle informazioni granulometriche disponibili e delle considerazioni effettuate nella relazione di calcolo in Allegato A, i cumuli in uscita dalla vagliatura avranno complessivamente volumi attesi pari a:

- Pezzatura fine 15.000 m³
- Pezzatura media 7.500 m³
- Pezzatura grossolana 2.500 m³

con le seguenti produzioni giornaliere stimate:

- Pezzatura fine 170 m³/giorno
- Pezzatura media 85 m³/giorno
- Pezzatura grossolana 30 m³/giorno

I valori sopra riportati sono stati utilizzati per il dimensionamento dell'impianto di trattamento. In Allegato D è riportata la descrizione della tecnologia e della sequenza operativa delle operazioni di vagliatura, in relazione alle caratteristiche dei terreni da vagliare.

8.8.2 Lavaggio

A seguito della vagliatura il materiale proveniente dal cumulo medio e grossolano sarà sottoposto a lavaggio ad acqua. L'impresa esecutrice dovrà preventivamente verificare l'efficacia della procedura e ove necessario, precedere il ricorso a tensioattivi per che facilitino la solubilizzazione e/o trascinamento in acqua degli idrocarburi.

L'impianto di lavaggio sarà semplificato rispetto ad un tradizionale impianto di soil washing, in quanto le pezzature del materiale da trattare non sono conformi alle tecniche spinte del lavaggio tradizionale dei terreni. Si prevede pertanto:

- un lavaggio in ciclone con acqua ed eventualmente aggiunta di tensioattivi;
- un separatore acqua/ghiaie;
- decantatore acqua con recupero fanghi per la filtropressa e ricircolo d'acqua.

La differenza di trattamento tra la granulometria fine e quella grossolana consisterà nella diversa velocità di permanenza nel ciclo.

Le acque da utilizzare per il lavaggio dei suoli saranno prelevate dai pozzi n. 5, 8 o 9 (a seconda dalle esigenze di centrale) che attingono acqua dalla falda profonda.

L'impianto dovrà possedere una capacità produttiva giornaliera di 120 m³/giorno e trattare 20 m³ giorno d'acqua. L'acqua di processo, una volta satura di idrocarburi, sarà convogliata nell'impianto di trattamento acque e sostituita.

8.9 Riutilizzo del materiale non contaminato e/o bonificato

Il materiale non contaminato e quello bonificato potranno essere riutilizzati in siti differenti da quello in esame previa verifica analitica della conformità dei valori di concentrazione della frazione < 2 mm ai valori limite previsti dal DM 471/99 per i siti a uso verde pubblico, privato e residenziale (tabella 1 colonna A) e della conformità degli eluati ai requisiti indicati dal DM 5/2/98.

Il materiale eventualmente non conforme sarà trattato come rifiuto ai sensi della normativa vigente.

9 ATTIVITÀ DEL LOTTO 2

9.1 Biopila

I 15.000 m³ di terreno fine con frazione granulometrica inferiore a 2 mm saranno trattati con un processo di biodegradazione in biopila.

9.1.1 Valutazione dell'efficacia del trattamento mediante biopile – dati storici

Le tecnologie proposte nel Progetto Preliminare e sviluppate nel Definitivo, sono state progettate alla luce di analoghi interventi riportati dalla letteratura scientifica, in particolare per quanto concerne il trattamento della frazione fine dei terreni mediante la tecnica della biopila.

In particolare risulta particolarmente significativa la pubblicazione EPA-542-R-03-009, *Treatment Technologies for Site Cleanup, (Eleventh edition)*, nella quale sono riportate comparativamente le diverse tecnologie che possono essere utilizzate per il trattamento di terreni, analizzando i casi di bonifica progettati ed effettuati negli Stati Uniti dal 1982 al 2002. Dalla pubblicazione si evince che la tecnica di bioremediation è stata utilizzata complessivamente in 54 siti su 863 analizzati. La quantità di materiale trattato nei casi presi in considerazione varia tra 200 m³ e 56.000 m³, con un valore medio di circa 10.000 m³, dello stesso ordine di grandezza delle quantità previste nel progetto in esame.

Tra le varie soluzioni tecnologiche utilizzabili per la bonifica mediante biopile, è stata considerata come riferimento la tecnologia sviluppata dall'istituto Battelle e riportata nella specifica tecnica TM-2189-ENV, Giugno 1996. Tale specifica, presa come base per la progettazione, è stata sviluppata da Battelle sulla scorta di prove sperimentali condotte a favore del Dipartimento della Difesa, che riguardavano anche numerosi siti con contaminazione di idrocarburi, 123 dei quali trattati con questa tecnica. Le sperimentazioni hanno indicato l'efficacia della tecnica nelle seguenti condizioni:

1. concentrazione degli idrocarburi inferiore a 50.000 mg/kg;
2. concentrazione di metalli pesanti complessivamente inferiori a 2500 mg/kg;
3. pH compreso fra 5 e 9;
4. umidità compresa fra il 5 e 25 %;

Tenendo conto che il pH e l'umidità possono essere controllati durante le fasi della costituzione della biopila, gli altri parametri sono in linea con le caratteristiche dei terreni del sito, indicate nel Piano di caratterizzazione.

9.1.2 Elementi progettuali delle biopile

La dimensione delle biopile è stata definita in accordo con la specifica tecnica Battelle, che suggerisce di non realizzare elementi di volume superiore a 1.000 m³. Sulla base delle ipotesi progettuali (volume da

trattare pari a 15.000 m³) è prevista la realizzazione di 5 biopile costituite ciascuna da 4 celle da 750 m³, con una superficie di circa 4.300 m². Nel progetto, l'area dedicata alle biopile ha invece una superficie di 6.300 m² e garantisce pertanto un buon margine di sicurezza rispetto alle previsioni progettuali in caso di maggiori quantitativi da trattare. Il layout delle biopile è presentato in Tavola 14.

Le fasi operative saranno le seguenti:

- preparazione sito;
- sistema di aerazione;
- controllo umidità;
- controllo pH;
- aggiunta nutrienti;
- realizzazione biopila.

Preparazione sito. Come già discusso nei paragrafi precedenti il sito per la realizzazione delle biopile è stato individuato all'interno della zona di centrale. Il sito previsto ha una estensione complessiva di circa 6.300 m² che dovrà essere utilizzata per lo stoccaggio delle biopile, impianti e movimentazione

Durante la preparazione dell'area, come descritto nei paragrafi precedenti, verrà creato un fondo naturale sull'attuale composto dai seguenti strati:

- strato terra mista (10 cm);
- telo HDPE;
- strato terra mista (15 cm);
- stabilizzato (5 cm).

Sulle superfici interessate dalle biopile si prevede di realizzare un secondo strato di protezione costituito da:

- telo HDPE;
- stabilizzato 10 cm rullato.

La posa deve garantire una pendenza dell'1 % in modo da raccogliere per gravità il percolato della pila. Ogni biopila, costituita da 4 celle, sarà provvista dei sistemi di aspirazione aria che saranno montati con tutti gli ausiliari su basamenti in cemento non perforanti i teli HDPE posati precedentemente.

Le celle presenteranno sui bordi un rialzo per il contenimento dell'acqua di percolazione. I rialzi saranno di almeno 30 cm e il telo HDPE dovrà sormontarli da entrambi i lati. I teli HDPE saranno posati a strisce continue, sovrapposti di almeno 30 cm.

La raccolta del percolato avverrà con autosurgito e il materiale raccolto sarà inviato a trattamento in idoneo impianto off-site.

Sistema di aerazione. Per un corretto funzionamento della biodegradazione è necessario garantire un corretto apporto di ossigeno all'interno della cella. Questo è realizzato mettendo in opera un sistema di aspirazione aria dalla biopila. Nella Tavola 14 è riportato lo schema idraulico del sistema di aerazione. Tale sistema è composto da:

- sistema di aspirazione dalle celle composto da n. 3 tubazioni a cella da 4" in acciaio inox, protette con pietrisco;
- sistema di convogliamento aria/acqua al separatore con tubazione in PVC da 4 ";

- separatore a gravità di fase costituita da serbatoio da 500 l a tenuta a cui sono presenti presa per pompa aria (4") e presa per pompa liquido (6"). Il serbatoio è anche munito di sistema galleggiante che controlla l'azionamento della pompa liquido;
- pompa liquido;
- serbatoio liquido da 3 m³;
- pompa aria sempre in funzione (da 3500 l/min);
- sistema filtrazione a carboni attivi aria e successiva emissione in atmosfera;

Il sistema di separazione aria/liquido dovrà garantire una deumidificazione dell'aria tale da non danneggiare il filtro a carboni attivi. Per tale motivo sarà necessario prevedere la realizzazione di un ciclone di separazione e/o un riscaldamento successivo prima dell'immissione alla fase depurativa.

Controllo umidità. Il controllo dell'umidità è uno dei parametri più importanti ai fini della biodegradazione. Per questo motivo si deve provvedere alla misura dell'umidità durante la formazione della cella. L'umidità complessiva deve essere compresa fra 75% e 90%. La correzione potrà avvenire prima della chiusura della cella con il sistema di aerazione (valori > 90%) o con nebulizzazione acqua (valori < 75%).

Controllo pH. Il pH della cella deve aggirarsi tra valori compresi tra 5 e 9. Per questo motivo in fase di costituzione dovrà essere valutato questo parametro e provvedere all'aggiunta di correttivi (solfuri (acidi) o limo per agricoltura (basico)).

Aggiunta nutrienti. L'azione di biodegradazione è effettuata tramite una popolazione di microrganismi naturalmente presenti nel terreno. Per aumentare la popolazione (e quindi la velocità di biodegradazione) è necessario incrementare la concentrazione dei loro nutrienti. Si deve tenere in conto però che un eccessivo rapporto nutrienti/idrocarburi può portare ad una saturazione con diminuzione degli effetti desiderati.

I nutrienti utilizzati in generale sono, comunemente reperibili come fertilizzanti agricoli, e comprendono:

- Urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
- Fosfato di ammonio $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$
- Solfato di potassio K_2SO_4
- Super fosfato $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$

In letteratura il rapporto fra la concentrazione di carbonio contaminante, azoto, fosforo e potassio deve essere garantito secondo la proporzione 100/15/1/1. Per questo motivo essendo la concentrazione media attesa nei cumuli di idrocarburi intorno a 2.500 mg/kg la concentrazione dei nutrienti per kg di suolo è data da:

- N 375 mg/kg di suolo
- P 25 mg/kg di suolo
- K 25 mg/kg di suolo

Considerando una densità del suolo pari a 1.5 ton/ m³, si valuta che per ciascuna cella (750 m³) sia da prevedere l'utilizzo di:

- 450 kg di azoto
- 30 kg di fosforo

- 30 kg di potassio

Realizzazione biopila. Ogni biopila sarà realizzata con 4 celle da 750 m³ e sarà provvista di un sistema di aspirazione dell'aria che provvederà alla regolazione dell'ossigeno all'interno delle celle. Le celle (Tavola 15) avranno forma rettangolare, con un'altezza massima di 4 m e dimensione in pianta di 190 m². In generale si dovrà preferire la dimensione in pianta di 10 m x 19 m, compatibilmente con lo spazio disponibile di 6.300 m².

La sequenza di realizzazione delle celle comprenderà le seguenti operazioni:

- preparazione fondo biopila con telo HDPE e stabilizzato come descritto precedentemente;
- realizzazione cordoli con stabilizzato altezza 30 cm e ricopertura con telo HDPE;
- posa in opera tubazioni 4" in acciaio inox in ogni cella;
- copertura tubazioni 4" con ghiaia a frazione granulometrica > 10 mm;
- stesura materiale contaminato nella cella in strati da 30/40 cm e controllo umidità e ph con eventuali correzioni se del caso;
- spargimento nutrienti nello strato;
- nuova stesure sempre per spessori da 30/40 cm fino a completamento dei 750 m³ (10 strati circa) con correzioni pH, umidità e spargimento nutrienti.
- realizzazione di n. 4 fori per strumentazione;
- copertura della cella con telo HDPE fissaggio su separatori in c.a. e ripresa sul cordolo in stabilizzato.

Una volta terminata l'azione di predisposizione della biopila (4 celle) si avvierà il sistema di aerazione.

10 PIANO TEMPORALE DEGLI INTERVENTI

In allegato E si riporta il cronoprogramma dell'intervento, per il quale si prevede complessivamente una durata di 16 mesi, salvo eventuali variazioni riconducibili principalmente all'efficienza del processo di biodegradazione nelle biopile.

In termini di restituibilità delle aree si prevede lo svolgimento delle attività in due distinti lotti:

- Il primo riguarda le attività dall'apertura del cantiere fino all'esecuzione completa degli scavi (restituzione fondo scavo positiva) nelle aree A e B, compresi la vagliatura, il lavaggio e l'evacuazione dei materiali di risulta di detti trattamenti;
- Il secondo riguarda tutte le attività relative alla gestione delle biopile e l'evacuazione dei materiali di risulta.

Pertanto si richiederanno agli enti competenti due certificati di restituzione separati: il primo associato alla restituzione ed al possibile riutilizzo delle aree A e B (Lotto 1), il secondo dell'avvenuta bonifica del materiale trattato in biopila (Lotto 2).

La richiesta di certificazione separata deriva dalla necessità di legare l'attuazione dello sviluppo industriale previsto sull'area A solo al completamento del Lotto di intervento insistente sulla medesima area (Lotto 1), svincolandolo invece da quello del secondo Lotto che, oltre a insistere su un'area diversa, comporta tempi esecutivi non compatibili con l'attuazione dei programmi di sviluppo industriale previsti.

11 COSTI PREVISTI PER GLI INTERVENTI

Nella seguente tabella si riportano i costi previsti nel contratto in essere con l'impresa incaricata allo svolgimento dei lavori per le diverse categorie di opere di bonifica.

QUADRO ECONOMICO		
ART.	DESCRIZIONE	PREZZI TOTALI
LAVORI		
1	Demolizioni	€ 117.200,00
2	Diaframma impermeabile	€ 1.972.890,00
3	Preparazione aree di stoccaggio e trattamento	€ 365.150,00
4	Scavi e movimento terra	€ 867.400,00
5	Trattamenti	€ 1.134.400,00
6	Smaltimenti	€ 205.100,00
7	Analisi	€ 174.395,00
A - Totale Lavori a misura e a corpo		€ 4.836.535,00
B - Costi per la sicurezza		€ 96.935,00
SOMME A DISPOSIZIONE PER LA COMMITTENTE		
1	Rilievi	€ 73.000,00
2	Imprevisti (5 % Lavori)	€ 263.623,29
3	Spese tecniche	
3.1	<i>Direzione Lavori</i>	€ 105.449,32
3.2	<i>Coordinamento sicurezza in fase di esecuzione</i>	€ 68.542,06
3.3	<i>Spese tecniche</i>	€ 31.318,45
3.4	<i>Contributo previdenziale</i>	€ 4.106,20
3	Totale spese tecniche	€ 209.416,01
4	Spese preparazione atti di gara	€ 10.000,00
5	Oneri fiscali	€ 1.165.701,02
C - Totale somme a disposizione		€ 1.721.740,33
IMPORTO TOTALE		
Importo totale progetto		€ 6.655.210,33

12 CRITERI DI PROTEZIONE PER I LAVORATORI E PER LA POPOLAZIONE

Le attività saranno eseguite in ottemperanza alla vigente normativa in materia di sicurezza. A questo scopo, nella modalità previste dalla legge è stato predisposto uno specifico Piano di Sicurezza e Coordinamento in fase di Progettazione dell'intervento di bonifica consegnato a tutte le imprese individuate a presentare l'offerta. In Allegato F si riporta documento di nomina del Coordinatore in fase di Progettazione ai sensi del D.Lgs. 494/96 e successive modifiche ed integrazioni.

Per quanto riguarda la protezione della popolazione non si segnalano particolari problematiche in quanto le attività di bonifica sono ubicate in area caratterizzata solamente da attività industriali. In ogni caso, come illustrato nel seguito, sarà installato un misuratore fisso in continuo di polverosità per registrare la produzione di polveri da parte del cantiere rispetto al fondo naturale. In caso di superamento di soglie critiche, definite al paragrafo 13.1.1.3, saranno sospese le attività di movimentazione terra.

13 OPERAZIONI DI CONTROLLO DELLE ATTIVITÀ DI BONIFICA

13.1 Controlli sulle attività del Lotto 1

13.1.1 Controlli in-operam

Il presente capitolo illustra i controlli analitici che saranno realizzati durante l'esecuzione dell'intervento nel lotto 1, volti alla verifica della corretta applicazione del ciclo di bonifica e del raggiungimento degli obiettivi prefissati.

13.1.1.1 Controlli sulle acque in uscita dall'impianto trattamento

Le acque in uscita dall'impianto di trattamento saranno recapitate, previa verifica analitica, al circuito dell'acqua industriale della centrale per il riutilizzo nel ciclo produttivo. La verifica sarà eseguita con un box analitico automatico che misurerà i seguenti parametri:

- pH
- Solidi sospesi
- Alluminio
- Ferro
- Manganese
- Idrocarburi totali
- IPA totali

13.1.1.2 Controlli sui terreni

Le attività di controllo riguarderanno:

- la caratterizzazione dei terreni provenienti dalle attività di scavo e dai trattamenti ai sensi del DM 471/99;
- la classificazione dei rifiuti ai sensi della normativa vigente, nel caso che i terreni debbano essere inviati a smaltimenti off site;
- l'esecuzione di prove di fondo scavo per verificare la restituibilità delle aree scavate;
- la misura della polverosità durante le operazioni di scavo e movimentazione dei terreni.

13.1.1.2.1 Cumuli di terreno

Un primo corpo di verifiche sarà condotto sui lotti di scavo del materiale pulito per definirne la riutilizzabilità in sito. Tale indagine sarà condotta sui seguenti parametri:

- Benzo(a)antracene
- Benzo(a)pirene
- Benzo(b)fluorantene
- Benzo(k)fluorantene
- Benzo(g,h,i)perilene
- Crisene
- Dibenzo(a)pirene

- Dibenzo(a,h)antracene
- Indenopirene
- Pirene
- Sommatoria Idrocarburi Policiclici Aromatici
- Idrocarburi leggeri C<12
- Idrocarburi pesanti C>12

Verrà effettuata un'analisi per ciascun lotto di scavo di circa 1.000 m³.

I campioni da analizzare saranno ottenuti miscelando terreno prelevato da almeno 4 aree distinte dei cumuli, utilizzando un campionatore manuale tale da permettere il prelievo in profondità. I quantitativi prelevati dovranno essere opportunamente mescolati in modo da costituire una miscela omogenea. Di detta miscela verrà effettuata una quartatura con prelievo omogeneo da ogni quarto. I 4 prelievi mescolati fra loro costituiranno il campione di riferimento. La quantità di campione da avviare al laboratorio sarà pari a circa di 2 Kg. Tale quantità minima potrà essere aumentata in relazione a fattori quali il rapporto solido-liquido, la struttura fisica e le dimensioni della pezzatura, ecc..

Le apparecchiature di prelievo da utilizzare per i campionamenti saranno preventivamente pulite, in modo tale da evitare possibili contaminazioni e/o alterazioni del materiale campionato.

I campioni saranno contrassegnati da un numero identificativo riferito al cumulo da cui sono stati prelevati (riconducibile tramite mappatura all'area di stoccaggio), la data di prelievo e la provenienza. Il trasporto del campione, dal punto di campionamento ai laboratori di analisi, sarà condotto nel più breve tempo possibile, avendo cura di preservare il campione da eventuali contaminazioni e/o alterazioni, utilizzando opportune modalità di confezionamento e/o eventuali specifiche provenienti dai laboratori di analisi.

Sulla base dei risultati delle analisi, se il terreno sarà conforme ai limiti tabellari potrà essere rimosso ed inviato allo stoccaggio o riutilizzato per riempimenti; in caso contrario sarà trattato come materiale contaminato all'interno del ciclo di bonifica.

Per la classificazione di cumuli provenienti dai lavaggi (quindi con granulometria > 2 mm) saranno eseguiti test di cessione all'H₂O deionizzata satura di CO₂, conformemente a quanto stabilito dal DM 471/99. I parametri da analizzare sono:

- Alluminio
- Ferro
- Manganese
- Benzo(a)antracene
- Benzo(a)pirene
- Benzo(b)fluorantene
- Benzo(k)fluorantene
- Benzo(g,h,i)perilene
- Crisene
- Dibenzo(a,h)antracene
- Indeno(1,2,3-c,d)pirene

- Pirene
- Sommatoria idrocarburi policiclici aromatici

La metodica per la preparazione del campione sarà analoga a quella descritta per i cumuli con pezzatura inferiore a 2 mm.

13.1.1.2.2 Classificazione rifiuti

Ai fini dello smaltimento in impianti off site di materiali classificabili come rifiuti (ad esempio terreno contaminato da diossine dell'area B, materiale grossolano derivante dai trattamenti della zona A non conforme al DM 471/99) saranno condotte determinazioni analitiche conformi a quanto stabilito dalla vigente normativa.

13.1.1.2.3 Restituibilità delle aree scavate

Al termine delle operazioni di scavo, si procederà al prelievo di una serie di campioni sulle pareti e sul fondo dello scavo secondo una maglia 25 m x 25 m, previo accordo con gli enti preposti al controllo. Le analisi riguarderanno i seguenti parametri:

- Benzo(a)antracene
- Benzo(a)pirene
- Benzo(b)fluorantene
- Benzo(k)fluorantene
- Benzo(g,h,i)perilene
- Crisene
- Dibenzo(a)pirene
- Dibenzo(a,h)antracene
- Indenopirene
- Pirene
- Sommatoria Idrocarburi Policiclici Aromatici
- Idrocarburi leggeri C<12
- idrocarburi pesanti C>12.

Le operazioni di prelievo campioni saranno effettuate in contraddittorio con l'ente di controllo e prevederanno il prelievo manuale nei punti di maglia sui primi 30 cm di terreno del fondo scavo.

13.1.1.3 Controlli sulle polveri

Durante le operazioni di scavo saranno monitorate in continuo le polveri totali aerodisperse (PM10) con un sistema automatico.

Il misuratore di particolato sospeso PM10 dovrà prevedere una linea di prelievo riscaldata, per ovviare ad eventuali condensazioni che limiterebbero la lettura analitica, una pompa di aspirazione, testa di prelievo completa di separatore inerziale delle frazioni di particelle con taglio a 10 micron. La testa sarà di tipo omnidirezionale, così da garantire l'indipendenza del campionamento da velocità e direzione del vento. L'analizzatore sarà basato sul principio dell'assorbimento di radiazioni beta e sarà specificatamente per la misura in continuo in aria. Le radiazioni emesse da una sorgente passeranno attraverso un filtro di vetro e verranno misurate da un rivelatore Geiger-Muller. Lo strumento sarà

provvisto di procedura di calibrazione automatica e procedura di generazione di allarme in caso di superamento di una soglia programmata.

Il funzionamento della centralina sarà attivato due mesi prima dell'inizio delle attività di scavo per registrare il valore di fondo naturale. Durante le fasi di scavo saranno considerate due soglie: la prima corrispondente ad un incremento del 50 % del valore di fondo e l'altra in base alla soglia dei livelli per la qualità della vita (DM 60/02). In particolare le attività saranno sospese e/o rallentate se sarà superata una delle seguenti condizioni:

- 1a soglia: superamento di 1,5 volte il valore di fondo.
- 2a soglia: 50 mg/m³ media 24 ore.

13.1.2 Controlli post-operam

Terminate le attività di bonifica dovranno essere attuati controlli per verificare il mantenimento delle condizioni ottenute attraverso la bonifica, con particolare attenzione al comportamento del diaframma impermeabile.

Il controllo si baserà sulla valutazione della tenuta del diaframma impermeabile. In particolare saranno realizzati 4 pozzi piezometrici ognuno su di un lato del setto. Da questi pozzi ogni 6 mesi sarà realizzato un prelievo ai sensi del DM 471/99. Dal prelievo saranno analizzati i seguenti parametri:

- Alluminio
- Ferro
- Manganese
- Benzo(a)antracene
- Benzo(a)pirene
- Benzo(b)fluorantene
- Benzo(k)fluorantene
- Benzo(g,h,i)perilene
- Crisene
- Dibenzo(a,h)antracene
- Indeno(1,2,3-c,d)pirene
- Pirene
- Sommatoria Idrocarburi Policiclici Aromatici

13.2 Controlli sulle attività del Lotto 2

Il controllo sul Lotto 2 consisterà nella verifica dell'avanzamento della biodegradazione degli idrocarburi all'interno delle celle della biopila. Per tale controllo si dovranno applicare le metodiche previste dal "Biopile Operations and maintenance manual", TM-2190-ENV, June 1996. In particolare dovranno essere registrati giornalmente i seguenti parametri dal gas interstiziale:

- Ossigeno
- Anidride carbonica
- Idrocarburi totali

Le misure saranno condotte secondo gli standards EPA.

Il gas interstiziale della cella sarà prelevato da appositi campionatori porosi posti in n. di 4 per ogni cella e posizionati a metà altezza della cella stessa (circa 2 m dal suolo). La misura sarà effettuata alla chiusura della cella, una settimana dopo e di seguito ogni 15 giorni. I dati saranno analizzati per valutare l'effettivo avanzamento della biodegradazione del sistema e il tempo residuo di trattamento.

Una volta stabilizzate le curve (in 45 giorni nessuna variazione sostanziale nei parametri misurati) il materiale della biopila sarà analizzato con le metodiche, illustrate nei paragrafi precedenti per i cumuli, al fine di verificare l'effettivo stato di decontaminazione dello stesso e il suo riutilizzo in situ.

13.3 Documentazione delle attività di controllo e modalità di conduzione delle analisi

Tutte le operazioni di prelievo e analisi sui campioni di acqua e di terreno sopra descritti dovranno essere raccolte su un apposito registro in cantiere. Per ogni campione dovrà essere riportato:

- sigla campionamento
- data prelievo
- luogo prelievo (identificativo cumulo, identificativo fondo scavo, ecc..)
- nominativo responsabile prelievo
- tipologia del materiale prelevato
- tipologia di analisi richiesta
- eventuali note.

Il certificato delle analisi eseguite dovrà riportare in modo univoco il riferimento al registro. Il registro sarà custodito nelle baracche di cantiere.

Per le analisi saranno utilizzati laboratori accreditati per la tipologia di indagine richiesta. Le metodiche saranno quelle contenute nel Piano di Caratterizzazione e già approvate in sede di Conferenza dei Servizi decisoria.

14 TAVOLE