

## AREA BONOMI

### Comune di Montichiari (BS)



## PROGETTO DEFINITIVO DI BONIFICA

### Relazione Tecnica descrittiva

Committente: Gruppo Sistema

Progettazione: Ing. Alberto Angeloni (Ord. Ing. Prov. Mi n.20024)

Dott. Geol. Massimiliano Kovacs (Ord. Geol. Lomb. n. 1021)

Dott. Geol. Andrea Bavestrelli (Ord. Geol. Lomb. n.791)

Ns. Rif.:R395\_F1



Milano, ottobre 2003

Revisione n°	Data	Tipo revisione/cap.	Redatto	Verificato/approvato
R000	ottobre 2003		Angeloni, Kovacs, Maroni	Bavestrelli

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERVENTO</b>	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>Inquadramento geografico</b>	<b>7</b>
2.1.1	UBICAZIONE	7
2.1.2	DESCRIZIONE DEL SITO	7
2.1.3	INDIVIDUAZIONE CATASTALE E URBANISTICA	7
2.1.4	VIABILITÀ	8
<b>2.2</b>	<b>Ricostruzione storica delle attività di discarica</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>SINTESI DELLE ATTIVITA' DI INDAGINE</b>	<b>9</b>
<b>3.1</b>	<b>Indagini ambientali pregresse</b>	<b>9</b>
<b>3.2</b>	<b>Comparto suolo e sottosuolo</b>	<b>10</b>
3.2.1	CAMPAGNA 1991 E 1994	10
3.2.2	CAMPAGNA 2000	10
3.2.3	CAMPAGNA 2002	11
<b>3.3</b>	<b>Comparto acque sotterranee</b>	<b>11</b>
3.3.1	MONITORAGGIO PIEZOMETRICO NELL'AREA	11
3.3.2	MONITORAGGIO IDROCHIMICO DELL'AREA	12
<b>3.4</b>	<b>Comparto aria esterna</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>DEFINIZIONE DEL MODELLO CONCETTUALE DEL SITO</b>	<b>13</b>
4.1.1	QUANTIFICAZIONE E CLASSIFICAZIONE TIPOLOGICA DEI MATERIALI PRESENTI	14
4.1.2	CLASSIFICAZIONE DEI MATERIALI INTERRATI	15
<b>5</b>	<b>ASPETTI GENERALI DELL'INTERVENTO DI BONIFICA</b>	<b>16</b>
<b>5.1</b>	<b>Riferimenti normativi</b>	<b>16</b>
<b>5.2</b>	<b>Obiettivi della bonifica</b>	<b>17</b>
<b>5.3</b>	<b>Costi di intervento</b>	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>MODALITÀ OPERATIVE DI INTERVENTO: PIANO DI LAVORO</b>	<b>19</b>
<b>6.1</b>	<b>Criteri generali</b>	<b>19</b>
<b>6.2</b>	<b>Permessi e autorizzazioni</b>	<b>19</b>
<b>6.3</b>	<b>Descrizione del piano di lavoro e delle fasi successive di intervento</b>	<b>19</b>
6.3.1	CANTIERIZZAZIONE	19
6.3.2	MOVIMENTAZIONE MATERIALI E RIFIUTI	20
6.3.3	RECUPERO MORFOLOGICO	21
6.3.4	SMANTELLAMENTO E RECUPERO AREA SERVIZI	22
<b>7</b>	<b>PREDISPOSIZIONE DELL'AREA E OPERE ACCESSORIE</b>	<b>23</b>
<b>7.1</b>	<b>Accessi e viabilità di cantiere</b>	<b>23</b>
<b>7.2</b>	<b>Infrastrutture di servizio</b>	<b>23</b>





<b>11</b>	<b>DISPOSIZIONI E DISPOSITIVI DI SICUREZZA (ALL.3 D.M. 471/99)</b>	<b>55</b>
11.1	Definizione dei sistemi di delimitazione e di controllo del sito	55
11.2	Rischi associati alle operazioni di bonifica	55
11.2.1	INDIVIDUAZIONE DEI RISCHI	55
11.2.2	INDIVIDUAZIONE DELL'EQUIPAGGIAMENTO PER LA PROTEZIONE PERSONALE DEGLI OPERATORI	56
11.3	Organizzazione della sicurezza in cantiere	58
11.3.1	ALLESTIMENTO DEL CANTIERE	58
11.3.2	DEFINIZIONE DI UN PROGRAMMA SANITARIO E DI PRIMO SOCCORSO	59
11.3.3	FORMAZIONE E ADDESTRAMENTO DEL PERSONALE	59
<b>12</b>	<b>PROGRAMMA TEMPORALE DI INTERVENTO</b>	<b>60</b>
12.1	Programma lavori di bonifica	60
12.2	Programma verifiche ambientali	60

La copia è rilasciata in carta libera, per finalità inerenti l'esercizio del mandato, al consigliere comunale Paolo Verzeletti, tenuto al segreto d'ufficio nei casi previsti dalla legge e con espresso divieto di riproduzione e diffusione Montichiari II 06.12.2011



## ELENCO FIGURE FUORI TESTO

Figura 1 - Corografia	Scala	1: 20.000
Figura 2 - Estratto mappa catastale, Estratto di carta PRG	Scala	1: 20.000
Figura 3 - Viabilità	Scala	1: 40.000
Figura 4 - Cronogramma attività di bonifica		
Figura 5 - Cronogramma attività di monitoraggio		

## ELENCO TAVOLE

Tavola 1 - Stato di fatto - Ricostruzione 3D discarica - planimetria e sezioni	Scala	1: 500
Tavola 2/a - Piano di escavazione - planimetria	Scala	1: 500
Tavola 2/b - Piano di escavazione - sezioni	Scala	1: 500
Tavola 3 - Area servizi: planimetria e particolari costruttivi	Scala	1: 200
Tavola 4 - Recupero finale dell'area: planimetria e particolari costruttivi	Scala	1: 200

## ELENCO ALLEGATI

- Allegato A – Inquadramento geologico idrogeologico e meteorologico
- Allegato B – Tabelle riassuntive delle analisi chimiche – campagna 2002
- Allegato C – Scheda di classificazione rifiuti - campagna 2000 (Laboratorio C.R.C.)

La copia è rilasciata in carta libera, per finalità inerenti l'esercizio del mandato, al consigliere comunale Paolo Martelli, tenuto al segreto d'ufficio nei casi previsti dalla legge, con espresso divieto di riproduzione e diffusione. Montichiari II 06.12.2011

## 1 PREMESSA

L'area Bonomi rientra tra le 4 aree site sul territorio del Comune di Montichiari interessate dalla "Convenzione per la gestione di un giacimento controllato di II categoria tipo B in località Casa lunga di Montichiari" del 5.10.1998 tra il Comune di Montichiari e la Società VALS.ECO S.r.l. ora SYSTEMA S.r.l. La convenzione prevede che la Società SYSTEMA S.r.l. in cooperazione con il Comune di Montichiari, faccia fronte alla bonifica di 4 discariche abbandonate site sul territorio Comunale, aree Baratti, Bicelli, Accini e Bonomi.

Nel corso della Conferenza dei Servizi del 05/03/2003 tenutasi presso il Comune di Montichiari, è stata validata l'attività di investigazione effettuata nel 2002 in contraddittorio con l'ARPA di Brescia ed è stato concordato e prescritto di intervenire primariamente sull'area Bonomi attraverso la rimozione dei rifiuti presenti e di presentare un progetto di bonifica al livello definitivo ai sensi del D.M. 471/99.

La Società SYSTEMA S.r.l. ha pertanto affidato l'attività di progettazione alla Società Montana S.r.l.

Il presente "Progetto Definitivo di Bonifica" illustra gli interventi previsti per la bonifica e ripristino ambientale del sito in oggetto (mappale 75 e 76, foglio 93 del NCTR) caratterizzato dalla presenza di circa 18.000 mc di rifiuti (prevalentemente fanghi industriali) stoccati all'interno della ex depressione di cava.

### Riferimenti

1. Montana S.r.l. – Progetto di bonifica dell'area Bonomi in Comune di Montichiari, Milano, Ottobre 1994
2. Montana S.r.l. - Progetto Preliminare di Bonifica - Area Bonomi - Comune di Montichiari, Milano, novembre 2000
3. Montana S.r.l. - Piano di investigazione integrativo, Milano, ottobre 2001
4. C.R.C. S.r.l. - Rapporti di prelievo acque e risultati analisi campioni relativi alle aree Accini, Bicelli, Baratti e Bonomi site nel comune di Montichiari – Montichiari, aprile 2002
5. Montana S.r.l. - Piano di investigazione integrativo - comparto suolo - Rapporto finale, Milano, aprile 2002

La copia è rilasciata in carta libera, per finalità inerenti l'esercizio del mandato di comparizione conferito al Consiglieri comunale Paolo Verzeletti, tenuto al segreto d'ufficio nei casi previsti dalla legge 30/3/2001 n. 39, art. 1, comma 1, lett. a) e b) e presso il sito di informazione diffusione. Montichiari II 06.12.2011

## **2 INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERVENTO**

### **2.1 Inquadramento geografico**

#### **2.1.1 Ubicazione**

L'area oggetto del presente progetto definitivo di bonifica, sita in Comune di Montichiari, Provincia di Brescia, è ubicata lungo la Via Rampina di San Giorgio a sud dell'abitato di Montichiari (Figura 1).

L'area è situata alle pendici del Monte S. Zeno, collina di origine morenica, e dista a circa 400 metri ad ovest dal fiume Chiese che scorre in direzione nord-sud e rimane racchiuso fra argini artificiali.

Il centro abitato più prossimo all'area è la frazione Borgo di Sotto dell'abitato principale di Montichiari che si trova circa 1.200 metri a nord dell'area. I nuclei abitativi più prossimi all'area sono la stessa C. S. Zeno e i cascinali presenti a circa 400 metri in direzione sud in località Fontanelle.

Questa zona del territorio Montecclarese ricade nella tavoletta IGM F° 47 II S.E. a scala 1:25.000; il sito di progetto ricade nella Sezione D6d4 - "Montichiari Sud" a scala 1:10.000 della Carta Tecnica Regionale della Regione Lombardia.

#### **2.1.2 Descrizione del sito**

L'area è attualmente costituita da un'ampia depressione, coltivata a prato stabile, il cui piano campagna è situato ad una quota di circa 4-5 metri al di sotto di quella delle aree circostanti e la cui forma rettangolare misura circa 220-230 metri in lunghezza e tra 75 e 90 metri in larghezza per una superficie totale di circa 20.000 mq (Figura 1).

La depressione iniziale, formata a seguito dell'estrazione di ghiaia, è stata utilizzata tra gli anni sessanta e settanta come discarica comunale di rifiuti solidi urbani ed è stata anche soggetta a scarichi abusivi di rifiuti derivanti da attività industriali.

Già alla fine degli anni settanta l'area è stata ricoperta con terreno agricolo; attualmente non si presenta degradata in superficie ed il rifiuto è totalmente ricoperto.

Il fondo della depressione è attualmente raggiungibile attraverso due rampe collegate a due strade sterrate con larghezza variabile tra 6 e 4 metri e localizzate alle 2 estremità opposte della stessa; le due stradine si diramano dalla via Rampina di S. Giorgio.

#### **2.1.3 Individuazione catastale e urbanistica**

L'area è individuata con il mappali 75 e 76 del foglio 93 del NCTR del Comune Censuario di Montichiari (Figura 2).

L'area interessata dalla ex discarica occupa l'intero mappale 75 e solo per metà il mappale 76; confina ad ovest con C.na S. Zeno e nelle altre direzioni con terreni utilizzati a scopo agricolo (mappali 140, 268, 77, 79 del foglio 93 e mappali 1, 2, 4, 5 del foglio 107 – Allegato A).



Dal Piano Regolatore Generale vigente (1989) sul territorio Comunale di Montichiari l'area ricade in zona E1 - Agricola Ambientale. Attualmente è in corso di adozione una variante generale al PRG che prevederà il passaggio a zona di tutela (Parco delle Colline Moreniche).

Dall'osservazione del PRG si nota come tutta l'area del Monte S. Zeno, nella quale si inserisce il sito di progetto, sia interamente zona Agricola ambientale per la quale è prevista la conservazione totale dell'ambiente. Tuttavia va evidenziata l'area di C.na S. Zeno che viene utilizzata per stoccaggio e movimento di ghiaia ed inerti.

## 2.1.4 Viabilità

Il sito di progetto si trova a sud dell'abitato di Montichiari dove convergono la nuova Tangenziale ad ovest di Montichiari che parte dalla Strada Statale n° 236 Goitese da nord, e si unisce alla Strada Provinciale n° 668 e la Strada Statale n° 343 Asolana, rispettivamente con direzione est-ovest e ovest e da sud (Figura 3).

L'accesso all'area avviene dalla Strada Provinciale N° 668 attraverso la via Rampina di S. Giorgio, asfaltata e larga circa 4 m, che si sviluppa in direzione sud costeggiando a distanza il fiume Chiese, fino alla cascina S. Zeno.

## 2.2 Ricostruzione storica delle attività di discarica

Al fine di realizzare una ricostruzione attendibile di quanto accaduto nell'area in oggetto, si è eseguita una attenta ricerca degli atti amministrativi che, a diverso livello, hanno riguardato l'area stessa.

Di seguito viene riportato l'elenco degli atti riguardanti l'area Bonomi archiviati presso l'Ufficio Ecologia del Comune di Montichiari:

**11/04/77** - il Comune di Montichiari richiede al Laboratorio Provinciale di Igiene e Profilassi di effettuare delle analisi chimiche sui rifiuti Marchon scaricati nella ex discarica; l'industria suddetta produce detergenti per lavapiatti, bagnoschiuma e shampoo, laurifosfati (polveri per dentifrici, ecc.);

**24/03/81** - relazione della riunione dei Capigruppo del Comune di Montichiari con il consiglio di fabbrica della Marchon. Viene segnalato che intorno al 1977 la Marchon ha scaricato un considerevole numero di fusti contenenti acido solforico e dodecile e benzene lincare nella discarica Tortelli che in quel periodo era utilizzata come discarica per Rifiuti Solidi Urbani. La Marchon conferma lo scarico avvenuto nel 1977, ma dichiara di aver bruciato il materiale;

**ottobre 1991** - su incarico dell'Amministrazione comunale viene effettuata una campagna di sondaggi e successivamente di analisi chimiche sul materiale riscontrato il quale viene classificato come rifiuto appartenente alla categoria dei rifiuti speciali non tossici e nocivi;

**02/09/94** - con ordinanza n. 138 il Sindaco di Montichiari intima alla ditta Pulinox S.r.l. proprietaria dell'area di presentare entro 30 giorni progetto di bonifica dell'area individuata dai mappali 75 e 76 del foglio 93 del NCTR.

## 3 SINTESI DELLE ATTIVITA' DI INDAGINE

### 3.1 Indagini ambientali pregresse

Si descrivono le indagini effettuate sull'ex area Bonomi a partire dal 1991 ad oggi, che hanno complessivamente permesso la caratterizzazione qualitativa e quantitativa dei rifiuti presenti e la verifica del grado e dell'estensione della contaminazione.

Le campagne di indagine più recenti (agosto-settembre 2000 e febbraio 2002) sono state mirate ad acquisire gli elementi necessari alla definizione del Modello Concettuale del sito, ai sensi del D.M. 471/99; in particolare la campagna del 2002 è stata condotta in contraddittorio con gli Enti di controllo al fine di validare i dati di parte.

Tali indagini integrative sono state finalizzate ai seguenti obiettivi:

- completamento della delimitazione nelle tre dimensioni dell'area di interrimento di rifiuti e stima dei volumi interessati dal deposito e completamento della caratterizzazione chimica e merceologica dei rifiuti stoccati;
- caratterizzazione chimica delle matrici ambientali potenzialmente influenzate dallo stoccaggio dei rifiuti: suolo e sottosuolo, acque sotterranee, atmosfera esterna.

L'ubicazione completa dei punti di indagine è riportata in Tavola 1.

*Tavola 3.1: Schema riassuntivo delle indagini effettuate presso l'area Bonomi*

anno	Attività svolta	Campioni prelevati	Analisi effettuate	Classificazione dei rifiuti
1991	2 sondaggi a carotaggio continuo (S1 e S2)	1 da S2	1 analisi chimica tal quale ed eluati e 2 analisi merceologiche	Speciale non tossico e nocivo (DPR 915/82) smaltibile in discarica di II Categoria tipo B
1994	3 sondaggi a carotaggio continuo (S1, S2 e S3)	2 da S3	2 analisi chimiche tal quale ed eluati	Speciale non tossico e nocivo (DPR 915/82)
1994	Indagine radiometrica	-	-	Esito negativo
2000	Indagine magnetometrica	-	-	Presenza di tre anomalie (fanghi conduttivi), assenza di corpi metallici significativi
2000	23 trincee con escavatore	17 campioni medi da 17 cumuli	17 analisi chimiche tal quale ed eluati e 3 analisi merceologiche	Speciale non tossico e nocivo smaltibile in discarica di II Categoria tipo B, ai sensi del D.Lgs 22/97, Art. 57
2000	4 piezometri per il monitoraggio delle acque sotterranee	2 cicli con 4 campioni cad. prelevati	8 analisi chimiche su acque sotterranee	-
2002	9 trincee con escavatore	18 campioni, 2 per trincea	18 analisi chimiche di cui 2 analisi chimiche in contraddittorio dell'ARPA di Brescia	-
2002	Monitoraggio acque sotterranee	1 ciclo di campionamento con 4 campioni prelevati	4 analisi chimiche su acque sotterranee	-



## **3.2 Comparto suolo e sottosuolo**

### **3.2.1 Campagna 1991 e 1994**

Le campagne sono costituite rispettivamente da 2 sondaggi a carotaggio continuo nel 1991 e da 3 sondaggi a carotaggio continuo nel 1994. Il materiale campionato è stato descritto merceologicamente ed analizzato chimicamente dal Centro Ricerche Chimiche (C.R.C.) di Montichiari.

L'analisi merceologica eseguita, indica la presenza di polveri e fango non naturale frammisto a terra e sassi fino ad una profondità di circa 5 metri dal piano campagna. Dall'analisi chimica il materiale campionato è risultato caratterizzato da un'alta concentrazione di metalli ed è stato classificato, secondo l'art. 4 del D.P.R. 915/82, come rifiuto di categoria speciale non tossico e nocivo.

Nel giugno 1994 un'indagine volta a verificare la presenza di sostanze radioattive anche a bassa attività dà esito negativo. La relazione descrittiva di tale indagine è riportata integralmente nel "Progetto di Bonifica" del 1994 (si veda relazione n. 1 par. 1.1).

### **3.2.2 Campagna 2000**

#### **3.2.2.1 Indagini geofisiche**

Nei mesi di luglio e agosto al fine di verificare la presenza di corpi metallici sepolti all'interno dell'area di bonifica, come segnalato in un atto archiviato dall'Ufficio Ecologia del Comune di Montichiari nel 24/03/81 (per maggior dettaglio si veda la ricostruzione storica descritta nel "Progetto di bonifica" del 1994 - relazione n. 2 par. 1.1), e di evidenziare la presenza di particolari elementi quali fanghi oleosi, riscontrati nelle precedenti campagne (1994), è stata realizzata un'indagine con metodi indiretti.

I risultati dei profili elettromagnetici eseguiti hanno permesso di realizzare carte della conducibilità apparente; con diverso colore, secondo la scala cromatica riportata in calce alle sezioni, sono evidenziati i principali cambiamenti di conducibilità. Dalla planimetria ottenuta si sono evidenziate tre zone di anomalia elettromagnetica nella parte occidentale dell'area, rappresentate dal colore rosso (terreni conduttivi), mentre con i colori azzurro-verde-giallo sono rappresentati i terreni naturali via via più resistivi.

Dall'interpretazione dei dati si evidenzia che l'area sembra caratterizzata da una forte eterogeneità, entro cui non sono stati evidenziati corpi metallici di dimensioni significative. Le tre zone anomale caratterizzate da alti valori di conducibilità sembrano associabili alla presenza di fanghi conduttivi; tale supposizione è confortata dalle stratigrafie dei sondaggi eseguiti in passato (indagini pregresse 1991-1994) e confermata successivamente dalla campagna di scavi eseguita nel settembre 2000.

#### **3.2.2.2 Indagini geognostiche**

Nel mese di settembre, sulla base delle prime elaborazioni dell'indagine elettromagnetica, è stata realizzata una campagna di scavi geognostici al fine di verificare in modo diretto la tipologia degli elementi anomali riscontrati dalla campagna indiretta e di valutarne lo spessore. È stata effettuata una serie di scavi a diverse profondità con un'escavatore cingolato. Sono state realizzate 23 trincee esplorative spinte fino a raggiungere l'interfaccia rifiuti/terreno



naturale. Il materiale estratto dagli scavi è stato riportato in cumuli, esaminato visivamente e da 17 cumuli è stato prelevato un campione medio.

### 3.2.3 Campagna 2002

Nel febbraio 2002 è stato effettuato il piano di investigazione integrativo approvato dagli Enti di controllo le cui attività di indagine sono state indirizzate a:

- effettuare analisi di controllo sulle diverse tipologie di rifiuto riscontrate al fine di "validare" con gli Enti di controllo le analisi già effettuate;
- approfondire e completare la caratterizzazione chimica dei terreni situati al di sotto del piano di posa dei rifiuti;
- approfondire la caratterizzazione chimica e piezometrica delle acque sotterranee;
- approfondire l'indagine sui valori di alcuni parametri (in particolare Policlorobifenili e Diossine) riscontrati nei bianchi di terreno (fondo naturale).

Per l'area di progetto sono state realizzate 9 trincee esplorative (denominate da TR0 a TR8) spinte fino a raggiungere l'interfaccia rifiuti/terreno naturale, per ciascuna di esse sono stati prelevati 2 campioni suddivisi in 2 aliquote per le controanalisi da parte dell'Ente di controllo.

Dal confronto dei risultati analitici si rileva che i dati di parte concordano con quelli dell'ARPA (10% dei campioni) ad esclusione del parametro Zinco nel campione TR4-02-B (si veda Tabella in Allegato B)

## 3.3 Comparto acque sotterranee

### 3.3.1 Monitoraggio piezometrico nell'area

Nell'agosto 2000, allo scopo di verificare lo stato idrochimico e la piezometria della falda freatica sottesa dal sito in esame e in previsione del monitoraggio della qualità delle acque sotterranee da esercitare in fase di bonifica vengono installati 4 pozzi piezometrici, in accordo con le linee guida di cui all'Allegato 2 del D.M. 471/99.

In Figura 5 è illustrata l'ubicazione dei piezometri. Per la corretta georeferenziazione della rete e delle relative letture è stato condotto un apposito rilievo altimetrico delle quote di riferimento. Nella Tabella sottostante vengono riassunte le caratteristiche tecniche dei piezometri.

Tabella 3.2: Caratteristiche tecniche rete di monitoraggio

Piezometro	Ubicazione	Modalità di perforazione	Diametro	Profondità	L. tratto cieco	L. tratto fessurato	Q.A.
U.M.			"	m da p.c.	m	m	m s.l.m.
PZ1	Monte	a carotaggio continuo	4	15	6	9	86,55
PZ2	Valle	a distruzione	4	12	6	6	82,31
PZ3	Valle	a carotaggio continuo	4	16,5	9	6,5	85,37
PZ4	Valle	a distruzione	4	15	6	9	82,77

Nell'Allegato A sono riassunti i dati espressi in valori di soggiacenza e quote assolute dei rilievi di monitoraggio effettuati nel periodo settembre 2000 - aprile 2003, da cui è stato desunto il grafico dell'andamento piezometro.

Dalle sezioni idrogeologiche interpretative riportate in Figura A.1 dell'Allegato A si evince come il livello del massimo piezometrico finora monitorato sia situato ad una quota sempre maggiore di 50 cm rispetto alla quota base presunta dei rifiuti presenti nella ex depressione di cava.

### **3.3.2 Monitoraggio idrochimico dell'area**

Sono state effettuate tre campagne di rilevamento sulla qualità delle acque prelevate ai piezometri di monitoraggio dell'area (agosto e ottobre 2000 e febbraio 2003 in contraddittorio con l'ARPA di Brescia). In sintesi dai risultati delle analisi (riassunti nelle tabelle in Allegato B) si evince che:

- La concentrazione dell'alluminio e del ferro supera i valori limite in tutte le campagne sia per il piezometro a monte che in quelli a valle;
- La concentrazione del piombo e del manganese supera i valori limite solo nella campagna dell'agosto 2000 sia a monte che a valle del sito;
- La concentrazione dei policlorobifenili è superiore ai limiti legislativi nelle prime due campagne sul piezometro di monte e solamente in alcuni piezometri posti a valle del flusso di falda;
- Nella campagna del 2003 si rilevano tracce di trielina (ma inferiori al limite del D.M. 471/99) nel piezometro Pz3 di valle.

### **3.4 Comparto aria esterna**

Ad oggi non sono state riscontrate evidenze organolettiche della presenza di biogas sia sull'area in oggetto, che sulle aree adiacenti, nè effetti visibili sulle colture circostanti. Le analisi di esplosività cautelativamente effettuate a garanzia di protezione e sicurezza per gli operatori hanno dato esito negativo.



## **4 DEFINIZIONE DEL MODELLO CONCETTUALE DEL SITO**

La raccolta delle informazioni relative al sito in esame e alle aree adiacenti e l'attività di caratterizzazione eseguita attraverso indagini dirette e indirette, sia sull'area di studio che sulle componenti ambientali che possono essere state interessate dalla migrazione delle sostanze presenti nella sorgente di contaminazione, conducono alla definizione del Modello Concettuale del sito.

### **Sorgenti di contaminazione**

#### *Sorgenti primarie*

Il sito in questione si configura come ex discarica di rifiuti. In particolare la porzione ovest del bacino della ex cava risulta riempito da rifiuti misti costituiti prevalentemente da fanghi di origine industriale e in subordine da RSU e assimilabili agli urbani.

Il volume totale del materiale di rifiuto presente nella vasca può essere stimato nell'ordine di 18.000 mc. La stima è stata effettuata ricostruendo il volume della ex depressione a partire dai dati stratigrafici disponibili dalle indagini dirette.

#### *Sorgenti secondarie*

Sono considerate sorgenti secondarie le matrici ambientali potenzialmente influenzate dalla presenza dei rifiuti stoccati:

- il comparto suolo superficiale, costituito dal terreno di coltivo presente sull'area in strati da 50 a 100 cm, per la frazione immediatamente a contatto con il rifiuto;
- il sottosuolo, costituito da terreno ghiaioso-sabbioso o limo -argilloso, per la frazione costituente il piano di posa dei rifiuti;

### **Percorsi di migrazione attivi e modalità di esposizione**

Il trasporto dei contaminanti e quindi l'esposizione dei ricettori può avere luogo attraverso diversi meccanismi, che possono essere attivi o inattivi, in funzione delle caratteristiche del sito.

Nel caso in oggetto, vengono considerati attivi tutti i percorsi di migrazione diretti e indiretti legati al suolo superficiale e profondo ad esclusione dell'inalazione in ambienti confinati, assenti all'interno dell'area in oggetto:

- ingestione di suolo (suolo superficiale);
- contatto dermico (suolo superficiale);
- inalazione all'aperto di polvere (suolo superficiale);
- inalazione di vapori in ambienti aperti (suolo superficiale e profondo);
- dilavamento del suolo verso la falda (suolo superficiale e profondo).

Si assume potenzialmente attivo il percorso legato alla lisciviazione e trasporto in falda da parte delle acque di infiltrazione.



## Potenziali ricettori

I soggetti recettori sono individuati cautelativamente negli utenti del sito o delle aree adiacenti, attraverso un'esposizione in relazione alla destinazione ad uso verde agricolo e negli abitanti delle cascine più prossime.

Nella zona non sono presenti pozzi ad uso idropotabile, ma il recettore falda è comunque considerato come potenziale bersaglio.

### 4.1.1 Quantificazione e classificazione tipologica dei materiali presenti

Sulla base dei dati acquisiti durante le campagne di caratterizzazione del sito sopra richiamate e dai documenti a disposizione è stata effettuata una stima volumetrica del corpo rifiuti e delle differenti tipologie di materiali riscontrati.

Si ritiene che la determinazione precisa di tali quantitativi potrà essere effettuata solo in fase di intervento e che le incertezze nella univoca determinazione dei quantitativi di rifiuti delle varie tipologie siano connesse principalmente:

1. alla intrinseca incertezza di informazione della maglia d'indagine. Si sottolinea tuttavia che l'attività di caratterizzazione eseguita sul sito risulta rispondente ad un livello di accertamento molto accurato e ciò è dimostrato dalla densità dei sondaggi diretti effettuati, pari a circa 540 m<sup>2</sup>/sondaggio (equivalente all'incirca ad una maglia 20x20m), senza contare le campagne indirette.
2. alla complessità della giacitura delle differenti tipologie di materiale in relazione alle modalità di coltivazione della ex cava e al successivo riempimento delle tasche di materiale cavato.

Va comunque precisato che il livello di incertezza è stato cautelativamente considerato nella formulazione della soluzione tecnica e del computo economico dei lavori.

Durante le fasi di bonifica, la classificazione ed il controllo dei rifiuti sarà verificata dalle procedure descritte più avanti e dall'applicazione degli specifici protocolli analitici previsti per le fasi dello smaltimento descritti in dettaglio nella presente Relazione Tecnica.

Con riferimento alle due macro-tipologie identificate e in base alle elaborazioni eseguite suddividendo il corpo rifiuti in 4 settori, come riportato nelle tavole illustrative, sono stati stimati i volumi in banco dei differenti materiali che costituiscono la ex depressione, tali valori sono riassunti nella tabella seguente:

Tabella 4.1 - Stima delle volumetrie

Settore	suolo agricolo			rifiuto	
	superficie (mq)	spessore (m)	volume (mc)	spessore (m)	volume (mc)
S1	2.046	0,5	1.023	0,2-3,5	4.313
S2	1.996	0,4-0,5	1.071	0,4-1,4	4.539
S3	1.948	0,4-1	1.297	1-3,6	4.643
S4	2.045	0,5-1	1.637	1-3,5	4.578
<b>totale</b>	<b>8.035</b>		<b>5.028</b>		<b>18.072</b>

I calcoli forniscono un volume complessivo dei materiali presenti nella depressione di cava al limite del materiale in posto, pari a circa 23.100 mc.

Considerando il solo corpo rifiuti, inteso come l'insieme dei materiali non-naturali presenti in sito, ad esclusione quindi del terreno superficiale, la sua volumetria stimata risulta pari a circa 19.000 mc. Tali materiali poggiano su un substrato ghiaioso-sabbioso o limo-argilloso che nell'area di contatto risulta commisto ai materiali sovrastanti.

## 4.1.2 Classificazione dei materiali interrati

Concorrere quanto emerso dall'analisi storica della ex discarica, i rifiuti conferiti sembrano essere stati in parte costituiti da rifiuti solidi urbani e assimilabili, in parte di origine industriale e in particolare provenienti da attività di produzione di saponi e detergenti.

In base al recente aggiornamento della normativa in materia di classificazione dei rifiuti, non potendo attribuire con certezza una famiglia rispetto all'attività produttiva di provenienza, i materiali oggetto di asportazione saranno classificati come appartenenti sempre alla categoria "Rifiuti prodotti dalle operazioni di bonifica di terreni e risanamento delle acque di falda" secondo la tabella seguente:

Tabella 4.2 - Classificazione dei materiali rinvenuti secondo i codici C.E.R.

Elenco dei rifiuti e dei codici CER secondo Decisione 2000/532/CE	
Definizione rifiuti presenti in sito	Codice C.E.R.
Materiale riconducibile alla tipologia: "rifiuti solidi prodotti dalle operazioni di bonifica dei terreni, contenenti sostanze pericolose"	19 13 01*
Materiale riconducibile alla tipologia: "rifiuti solidi prodotti dalle operazioni di bonifica dei terreni, diversi da quelli di cui alla voce 19 13 01"	19 13 02

Dalla tabella si evidenzia che i materiali riconducibili alle tipologie "rifiuti solidi prodotti dalle operazioni di bonifica dei terreni" sono considerati, in base alla loro composizione chimica, rifiuti "pericolosi" o "non pericolosi". Tali rifiuti verranno pertanto classificati a valle delle analisi di caratterizzazione già previste.

In base alle analisi effettuate nel 2000, secondo la normativa citata, i rifiuti risultano classificabili come **non pericolosi** (allegato C - Scheda di classificazione C.R.C.).

Rispetto alla normativa relativa alla classificazione ai fini dello smaltimento (Delibera del Comitato Interministeriale del 27/07/1984) i rifiuti risultano classificabili come **speciali e accettabili** in discarica di II categoria tipo B (allegato C - Scheda di classificazione C.R.C.).



## 5 ASPETTI GENERALI DELL'INTERVENTO DI BONIFICA

### 5.1 Riferimenti normativi

- **Decreto Ministeriale del 11/03/1988**  
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate naturali, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- **Decreto Ministeriale n° 471 del 25/10/1999**  
Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'articolo 17 del D. Legislativo 5 febbraio 1997, n. 22 e successive modificazioni e integrazioni.
- **Decreto del Presidente della Repubblica n° 915 del 10/09/1982**  
*Attuazione delle Direttive CEE n. 75/442 relativa ai rifiuti, n. 76/403 relativa allo smaltimento dei policlorodifenili e dei policlorotrifenili e n. 78/319 relativa ai rifiuti tossici e nocivi.*
- **Delibera del 27/07/1984**  
*Disposizioni per la prima applicazione dell'articolo 4 del D.P.R. 10 settembre 1982, n. 915, concernente lo smaltimento dei rifiuti.*
- **Deliberazione della Giunta Regionale (Lombardia) n° 5/47636 del 07/02/1994**  
L.r. 94/80 e d.p.r. 915/82 - determinazioni in merito alle caratteristiche di ammissibilità dei rifiuti speciali e/o tossico-nocivi in discarica di II categoria tipo B impermeabilizzata «giacimento controllato».
- **Decreto Legislativo del Governo n° 22 del 05/02/1997**  
Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio.
- **Decreto Legislativo del Governo n° 389 del 08/11/1997**  
Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, in materia di rifiuti, di rifiuti pericolosi, di imballaggi e di rifiuti di imballaggio.
- **Decreto Legge n° 500 del 30/12/1999**  
Disposizioni urgenti concernenti la proroga dei termini per lo smaltimento in discarica di rifiuti e per le comunicazioni relative ai PCB, nonché l'immediata utilizzazione di risorse finanziarie necessarie all'attivazione del protocollo di Kyoto
- **Decreto recante "Norme per l'esecuzione della Decisione 2000/532/CE come modificata dalle decisioni 2000/118/CE, 2001/119/CE e 2001/573/CE" (Catalogo Europeo dei Rifiuti)**



## 5.2 Obiettivi della bonifica

Obiettivo primario della bonifica è la rimozione di ogni fonte di inquinamento, ottimizzando nel contempo le misure di sicurezza che servano ad impedire ogni diffusione dei contaminanti nelle falde acquifere e nell'atmosfera.

In questa direzione verrà effettuata l'asportazione e lo smaltimento di tutti i rifiuti abbancati ed anche dei terreni di copertura e di fondo cava inquinati dal contatto e/o dal percolamento dei medesimi rifiuti.

Si considererà completata la bonifica quando nell'area dell'ex cavità le concentrazioni residue di inquinanti nei terreni rientreranno nei valori di restituzione per l'attuale destinazione d'uso del sito. Trattandosi di un uso agricolo, verranno cautelativamente considerati i limiti normativi relativi all'uso verde/residenziale, ai sensi della Tabella 1 del Decreto Ministeriale del 25 ottobre 1999, n.471 ad eccezione dei parametri per i quali le concentrazioni di fondo risultano superiori a tali limiti di riferimento.

Tale criterio è applicato sia nei casi in cui i parametri considerati sono legati alle caratteristiche naturali dei terreni, sia per gli inquinanti di origine antropica tipicamente presenti, come manifestazione d'inquinamento diffuso, su scala regionale, nazionale ed europea anche nei suoli posti in profondità<sup>1</sup>. Tale approccio, sostenuto anche in sede di confronto con alti funzionari dell'APAT, viene proposto al fine di assicurare il più appropriato intervento in relazione al rapporto fra costi da sostenere per l'operazione di bonifica e benefici ottenibili dal singolo intervento.

Qualora anche rispetto alle concentrazioni di fondo, la bonifica dovesse risultare non sostenibile sotto l'aspetto tecnico-economico si prevede la valutazione di nuove concentrazioni residue attraverso l'implementazione di una procedura di analisi di rischio sanitario-ambientale.

Parallelamente alla rimozione dei rifiuti, saranno realizzati sistemi di monitoraggio e programmate campagne di controllo delle acque di falda per verificare che i lavori di bonifica non incidano sulla qualità delle stesse.

Ultimo obiettivo del progetto è quello di realizzare l'intera attività operativa minimizzando l'impatto ambientale generale e ottimizzando le misure di sicurezza antinfortunistica ed igienico-sanitaria per gli addetti e per le persone in qualche modo coinvolte nella bonifica.

<sup>1</sup> Il limite di cui al D.M. 471/99 sui PCB per la destinazione d'uso a verde/residenziale non ha eguali nel panorama legislativo di settore a livello internazionale, tanto che lo stesso ISS propone in una nota circolare del febbraio 2003 avente per oggetto "interpretazione del parametro PCB - D.M. 471/99" indirizzata ad ARPA Lombardia e Ministero Ambiente e Territorio di elevare tale limite da 0,001 mg/Kg a 0,06 mg/Kg. Quest'ultimo valore, definito dall'Agenzia Ambientale statunitense, deriva da criteri tossicologici e di rischio igienico-sanitario (RBCA).

## 5.3 Costi di intervento

Viene fornito il computo metrico estimativo delle opere per la bonifica dell'area esclusi gli oneri relativi alla sicurezza ex L.494/94.

Di seguito viene riportato un riepilogo per voci principali degli oneri di intervento.

Tab. 5.1 - Costi di intervento

RIEPILOGO PER VOCI		IMPORTO (Euro)
A	APPONTAMENTO CANTIERE, INSTALLAZIONE INFRASTRUTTURE DI SERVIZIO E OPERE PROVVISORIALI	€ 205,497
B	SCAVI, RIPORTI E MOVIMENTAZIONE TERRENO/RIFIUTO	€ 623,101
C	SISTEMA DI COPERTURA DEFINITIVO E SISTEMAZIONE FINALE DELL'AREA	€ 38,119
D	SMALTIMENTO TERRENI/RIFIUTI E ACQUE DI PERCOLAZIONE	€ 4,031,842
E	SMANTELLAMENTO DI CANTIERE	€ 8,000
F	NOLI	€ 18,545
G	MONITORAGGI AMBIENTALI	€ 104,931
I	RILIEVI TOPOGRAFICI	€ 5,165
L	SPESE TECNICHE	€ 364,531
M	IMPREVISTI	€ 260,379
<b>TOTALE</b>		<b>€ 5,660,110</b>

La copia è rilasciata in carta libera, per finalità inerenti l'esercizio del mandato, al consigliere comunale Paolo Verzeletti, tenuto al segreto d'ufficio nei casi previsti dalla legge e con espresso divieto di riproduzione, diffusione. Montichiari li 06.12.2011



## **6 MODALITÀ OPERATIVE DI INTERVENTO: PIANO DI LAVORO**

### **6.1 Criteri generali**

Le modalità operative per la realizzazione dell'intervento di progetto descritte al punto presente sono state impostate tenendo conto dei principali vincoli e condizioni del contorno nonché obiettivi di intervento; tra questi ricordiamo in particolare:

1. la limitata dimensione del sito e degli spazi disponibili per la cantierizzazione;
2. criteri di minimizzazione degli impatti ambientali indotti dalle attività di bonifica, ciò con particolare riferimento all'esposizione dei rifiuti agli agenti atmosferici.

### **6.2 Permessi e autorizzazioni**

Prima di procedere alla cantierizzazione si provvederà a dare comunicazione dell'inizio attività a tutti gli Enti preposti alla sorveglianza nonché all'acquisizione delle necessarie autorizzazioni e allacciamenti (acque, scarichi, energia); si faranno inoltre le richieste di permessi per le operazioni di occupazione temporanea (area di cantiere) delle aree di pertinenza necessarie all'esecuzione di lavori come da progetto.

### **6.3 Descrizione del piano di lavoro e delle fasi successive di intervento**

#### **6.3.1 Cantierizzazione**

La fase di cantierizzazione prevede l'esecuzione delle seguenti principali attività:

- posa recinzione di cantiere e segnaletica generale e di sicurezza;
- sistemazione viabilità di accesso;
- sistemazione area servizi di cantiere;
- installazione utilities generali zona servizi;
- allacciamenti elettrici e idraulici;
- realizzazione piattaforma coperta stoccaggio rifiuti;
- taglio e rimozione vegetazione da corpo rifiuti;
- realizzazione di cunette di intercettazione acque da porzione superiore e inferiore scarpata terrazzo lato est.

## 6.3.2 Movimentazione materiali e rifiuti

Ai fini della gestione ottimale delle operazioni di bonifica, l'area oggetto di intervento è stata suddivisa in 4 settori di circa 50 m di lunghezza aventi le caratteristiche richiamate in tabella e illustrate in Tavola 2.

Settore	S1	S2	S3	S4	totale
superficie (mq)	2.046	1.996	1.948	2.045	8.035

La fase di movimentazione materiali e rifiuti avverrà secondo la sequenza di attuazione qui richiamata, da effettuarsi per ogni settore:

- rimozione strato superficiale di terreno vegetale, trasporto e stoccaggio provvisorio in area di cantiere (vedi punti successivi per la descrizione delle prove di caratterizzazione);
- asportazione rifiuti, trasporto e stoccaggio provvisorio in area coperta di cantiere (vedi punti successivi per la descrizione delle prove di caratterizzazione);
- collaudi ambientali fondo scavo e pareti per la verifica del raggiungimento degli obiettivi di bonifica (si veda i criteri esposti ai punti successivi).

Con riferimento alle Tavole 2/a e 2/b, il piano di escavazione prevede che l'asportazione proceda per fasce di circa 15-20 m, a partire dalla zona sud del sito, arretrando verso nord formando un unico fronte di scavo di altezza media pari a circa 4,5 m (fino al fondo dello scavo).

Lo scavo sarà realizzato mediante utilizzo di escavatore cingolato a lungo braccio, posizionato a distanza di sicurezza dal ciglio dello scavo. Tale modalità permette la separazione dei materiali con eventuali caratteristiche merceologiche diverse già in fase di estrazione. Il materiale sarà poi caricato su automezzo dumper specifico per il trasporto interno (dalla zona di bonifica all'area servizi).

Tale modalità operativa comporta i seguenti vantaggi:

- è possibile asportare il materiale fino a fondo scavo mantenendo sia l'escavatore che il dumper di carico alla quota esistente evitando di dover percorrere il fondo della depressione o berme intermedie sul rifiuto;
- si espone agli agenti meteorici e agli scambi atmosferici una ridotta superficie di rifiuto, più agevole da coprire con i teli impermeabili;
- viene snellita la viabilità interna, evitando il problema di pulizia delle ruote dei mezzi adibiti al trasporto esterno, e così permettendo l'utilizzo di automezzi di trasporto di capacità più elevata.

Si prevede un ritmo di escavazione pari a circa 400 mc/gg (40 viaggi interni 15/20 viaggi esterni). Le principali fasi di escavazione sono illustrate in Tavola 2/b.

### 6.3.2.1 Modalità di intervento in prossimità dei livelli freatici

Le attività di rimozione del materiale saranno possibilmente effettuate nei mesi corrispondenti ai minimi livelli piezometrici. Durante queste fasi, il livello della falda sarà monitorato con cadenza



settimanale e, nel caso di risalita nel periodo di maggiore ricarica in seguito ad eventi meteorologici importanti, i lavori verranno immediatamente sospesi e si valuterà l'opportunità di realizzare un sistema di drenaggio e controllo delle acque sotterranee nelle aree di scavo.

Tale intervento sarà effettuato con la tecnologia definita wellpoints. Verrà prevista pertanto la realizzazione sui singoli settori di interesse (di dimensioni medie 50x50m ciascuno) di un sistema di minipozzi (wellpoints), collegati ad un unico collettore. La batteria di pozzi ed il collettore verranno collegati a 4 o più pompe esterne che, messe in funzione, creeranno nel complesso un abbassamento generalizzato della falda nell'area di interesse, creando le condizioni per poter operare in sicurezza. Le acque intercettate saranno poi idoneamente smaltite. Per il dimensionamento di massima di tale sistema si veda il Par. 7.5.

Nel caso in cui i lavori fossero temporaneamente sospesi, in attesa della diminuzione naturale del livello freatico, si provvederà a coprire i fronti di scavo aperti con teli in LDPE.

### **6.3.3 Recupero morfologico**

Terminate le operazioni di allontanamento dei materiali e relativo collaudo (descritto in dettaglio al Par. 9.1) si provvederà al recupero ambientale dell'area.

Si prevede che il riempimento della depressione fino ad una quota dell'attuale piano campagna avvenga in due differenti momenti, interessando in ordine cronologico prima i due settori S1-S2 e successivamente i rimanenti S3-S4. Lo scavo verrà colmato con materiali differenziati. Successivamente si effettuerà la posa dello strato di terreno vegetale in modo da permettere l'inerbimento dell'intera area. Tale materiale verrà prelevato dalla frazione di scotico risultato conforme agli obiettivi di bonifica in fase di caratterizzazione e accumulato sull'area di cantiere. Per ulteriori dettagli di questa fase si rimanda al Cap.9.

#### **6.3.3.1 Condizioni di stabilità dei terreni**

Al fine di verificare la stabilità dei terreni del fronte di scavo per assicurare le operazioni in condizioni di sicurezza è stata effettuata una apposita analisi di stabilità geotecnica.

Per quanto riguarda la valutazione dei parametri geotecnici propri del terreno sono stati presi in considerazione sia dati di letteratura che i dati ricavati da una "back-analysis" effettuata su una scarpata situata in prossimità del sito di progetto, presso il polo estrattivo Montichiari n.13. In tale analisi è stato considerato un fronte di 9 metri di altezza, costituito da tre successive balze verticali di 3 m, intervallate da due banche di circa 0.5 m. La scarpata si presentava stabile e pertanto sono state valutate le caratteristiche geotecniche minime della ghiaia assumendo (cautelativamente) che la parete presenti un coefficiente di sicurezza  $F_s = 1.0$  (condizione di equilibrio limite).

L'analisi è stata condotta mediante il codice Pc-Stabl 6, messo a punto dall'Università del Wisconsin, basato sulla teoria dell'equilibrio limite, utilizzando il metodo di Bishop semplificato (superfici di rottura circolari). I parametri che definiscono l'involuppo di rottura sono l'angolo d'attrito ( $\phi'$ ) e la coesione efficace ( $c'$ ).

Imponendo come dato di input un  $F_s$  pari a 1, si sono ricavati i seguenti parametri geotecnici:

$c'$ = coesione efficace	$\geq 10$ Kpa
$\phi'$ = angolo di attrito	$40^\circ \div 45^\circ$
$\gamma'$ = peso di volume	$19 \div 21$ kN/m <sup>3</sup>

Per sicurezza si è considerato come peso di volume il peso "saturato" e non il peso "secco" (leggermente inferiore).

In base ai parametri geotecnici ricavati dalla back-analysis è stata effettuata un'analisi per valutare la stabilità delle scarpate di terreno naturale, di profondità massima pari a 5 m circa e pendenza di circa  $60^\circ$ , che saranno messe a nudo dalla rimozione dei rifiuti.

Il terreno ha le seguenti caratteristiche:

$c'$ = coesione efficace	$\geq 10$ Kpa
$\phi'$ = angolo di attrito	$38^\circ - 40^\circ$ (valore cautelativo)
$\gamma'$ = peso di volume	$19$ kN/m <sup>3</sup>

Dall'analisi, condotta mediante il codice PC-STABL501, basato sulla teoria dell'equilibrio limite utilizzando il metodo di Bishop semplificato (superfici di rottura circolari), si è ricavato un range del  $F_s$  variabile tra 1.38 (con  $\phi'$  di  $40^\circ$ ) e 1.33 (con  $\phi'$  di  $38^\circ$ ), valori pienamente in accordo con la vigente norma di legge (D.M. 11 marzo 1988) che prescrive un  $F_s$  pari a 1,3.

In fase esecutiva sarà comunque verificato che i terreni naturali messi a nudo mantengano le stesse caratteristiche geomeccaniche di quelli oggetto di verifica di stabilità.

#### **6.3.4 Smantellamento e recupero area servizi**

Tale fase corrisponde alle attività di smantellamento dell'area servizi e dei relativi manufatti, e della restituzione dell'area nelle condizioni iniziali.



## 7 PREDISPOSIZIONE DELL'AREA E OPERE ACCESSORIE

### 7.1 Accessi e viabilità di cantiere

Con riferimento alla Tavola 2/a, l'accesso all'area di bonifica avverrà dalla Strada Provinciale N° 668 attraverso la via Rampina di S. Giorgio, asfaltata e larga circa 4 m che si sviluppa in direzione sud costeggiando a distanza il fiume Chiese, fino alla cascina S. Zeno.

All'interno del perimetro dell'area di cantiere sarà realizzata la viabilità necessaria sia ai mezzi d'opera per le attività di bonifica che ai mezzi di trasporto dei rifiuti presso gli impianti di smaltimento definitivi.

La viabilità per i mezzi interni d'opera sarà costituita da una pista di servizio, impostata sul lato nord-est dell'area, per il transito dei mezzi adibiti al trasporto dei materiali presso l'area servizi. Una seconda pista, impostata sulla viabilità interna già esistente sul lato sud-ovest verrà utilizzata per il transito dei mezzi di trasporto dei materiali provenienti dall'esterno (riempimento depressione) e dei mezzi adibiti al collaudo di fondo scavo.

### 7.2 Infrastrutture di servizio

L'area servizi verrà realizzata lateralmente all'area di bonifica, in una porzione posta ad ovest della stessa, e coprirà una superficie di circa 3.000 m<sup>2</sup>. La zona scelta per il suo posizionamento è ritenuta idonea, in quanto si trova in un'area priva di copertura vegetale con una morfologia sub-pianeggiante che, allo stato attuale, non è occupata da alcun tipo di edificio e non è interessata dal passaggio di reti tecnologiche. L'area in questione è esterna alla proprietà del sito di bonifica ma interna ad una proprietà in cui insiste un'attività di frantumazione e recupero di materiale inerte e collocata a poca distanza dalla zona di intervento. La zona è funzionale sia per la viabilità di accesso all'area di bonifica sia per l'ubicazione delle aree di stoccaggio temporaneo dei materiali rimossi.

Le strutture dell'area servizi saranno collocate direttamente sulla superficie del piano campagna, che sarà opportunamente regolarizzato e livellato.

Tutte le strutture di cantiere sono provvisorie e verranno smantellate a fine lavori e smaltite a norma di legge.

Le infrastrutture di servizio al cantiere previste sono di seguito descritte (Tavola 2):

- recinzione - L'area di progetto sarà delimitata lungo tutto il perimetro da una recinzione metallica di altezza di circa 2 m, laddove non sia già presente una recinzione in muratura o metallica. Lungo la recinzione esistente è già presente un cancello che regolerà l'entrata e l'uscita dall'area di cantiere dei mezzi e del solo personale addetto ai lavori.
- piazze di manovra interni al cantiere, parcheggio - Nell'area servizi saranno predisposte aree di manovra per i mezzi d'opera e per gli autocarri utilizzati per il conferimento finale dei rifiuti in uscita dall'area da bonificare. Nei pressi dei box sarà realizzato un posteggio auto per il personale di cantiere e i visitatori.



- box servizi, spogliatoi, ufficio D.L. - Si prevede l'installazione di due box interni al cantiere di cui uno con funzione di spogliatoio e servizi igienici per il personale interno al cantiere, uno con la funzione di ufficio per la D.L. Lo scarico dei servizi sarà collegato ad una vasca settica a tenuta di idonea volumetria e posizionata in prossimità del box stesso.
- lavaggio ruote - Nell'area servizi non è prevista l'installazione di un impianto per il lavaggio ruote in quanto non si prevede che i mezzi adibiti al trasporto dei rifiuti presso gli impianti di smaltimento definitivo vengano in contatto con i rifiuti stessi.
- cassoni scarrabili - Si prevede di collocare in prossimità del capannone coperto due cassoni scarrabili da utilizzare per lo stoccaggio di eventuali materiali provenienti dagli scavi, non appartenenti alle tipologie previste. L'eventuale copertura dei cassoni sarà realizzata con teloni impermeabili rimovibili.
- serbatoio per approvvigionamento idrico - All'interno dell'area servizi sarà collocata una cisterna per l'approvvigionamento idrico con volume di circa 10 m<sup>3</sup>.
- linea elettrica ed illuminazione interna - Le reti elettriche previste nell'area servizi saranno collegate alla E.E. esterna, adeguandosi alle necessità dell'area di cantiere. All'interno dell'area di cantiere è prevista l'installazione di punti luce mediante l'utilizzo di proiettori; il capannone coperto sarà illuminato con luci interne di tipo al neon.

## 7.3 Aree di stoccaggio temporaneo

All'interno del cantiere è prevista la realizzazione di alcune aree per lo stoccaggio temporaneo dei materiali rimossi dalla zona di bonifica.

### Stoccaggio terreni provenienti da scotico da caratterizzare

I terreni provenienti dallo scotico saranno stoccati temporaneamente presso aree dedicate interne al cantiere di bonifica e ubicate nella fascia ovest in funzione delle esigenze logistiche e della disponibilità di spazi nel corso dell'intervento. Le aree in questione saranno delimitate da un cordolo perimetrale, realizzato tramite modellazione del terreno in situ. Al loro interno i materiali saranno abbancati in cumuli dal volume di circa 300 m<sup>3</sup>, con un'altezza massima di 3 m, posati sulla superficie di piano campagna previa posa di un geotessile in polietilene e saranno coperti, per tutto il periodo di stoccaggio, con teli impermeabili in LDPE rinforzato, in attesa dell'esito della caratterizzazione (7-8 giorni di attesa).

### Stoccaggio terreno vegetale risultato conforme agli obiettivi di bonifica

I terreni di scotico che in base alla caratterizzazione sono risultati conformi ai limiti di restituzione ambientale saranno stoccati in cumuli nella fascia est dell'area di bonifica (priva di rifiuti interrati) in attesa del ricollocamento in sito in fase di ripristino ambientale.

### Stoccaggio dei materiali oggetto di smaltimento

I rifiuti rimossi dalla depressione verranno conferiti tramite dumper interno in un box di scarico coperto di superficie pari a circa 600 m<sup>2</sup> da cui verranno poi rimossi e caricati sui mezzi autorizzati per lo smaltimento.

L'area sarà dotata di copertura, mediante capannone mobile, tensostruttura o telo impermeabile. La struttura del capannone, di altezza utile minima pari a 8 m, sarà provvisto di elementi perimetrali di contenimento prefabbricati di altezza minima pari a 2,5 m e di tamponamento delle pareti laterali in metallo o in materiali plastici (teloni). Al suo interno sarà diviso in 3 setti di analoghe caratteristiche. Il capannone sarà dotato di una platea



impermeabilizzata con pendenza idonea per la raccolta di eventuale percolato in un pozzetto di rilancio ad una cisterna fuori terra a tenuta di capacità di 20 mc. Un particolare tipologico è illustrato in Tavola 3.

## **7.4 Sistemi e reti di raccolta acque**

### **7.4.1 Acque meteoriche di ruscellamento**

#### **7.4.1.1 Area di bonifica**

Per quanto riguarda l'area oggetto delle attività di bonifica, durante l'esposizione dei settori di scavo agli agenti atmosferici, si prevede l'adozione di un sistema di copertura di tipo mobile, con il fine di evitare il dilavamento del materiale durante le precipitazioni meteoriche.

Nel complesso il sistema di drenaggio delle acque meteoriche dai fronti di scavo e dal corpo rifiuti è stato dimensionato sulla base dei dati meteorologici mensili della Stazione meteo di Ghedi (serie storica dal 1952 al 2002) e sui dati di precipitazioni intense disponibili presso la stessa stazione (serie storica dal '53 al '82) per un tempo di ritorno delle stesse pari a 10 anni (Vedi Allegato A – Inquadramento geologico, idrogeologico e meteoroclimatico):

I componenti che costituiscono il sistema di raccolta delle acque meteoriche per l'area di bonifica sono di seguito specificati:

teli impermeabili – è previsto l'uso di teli in LDPE (polietilene a bassa intensità), del tipo comunemente adottato per la copertura temporanea delle discariche, opportunamente uniti in modo da formare nelle diverse fasi superfici adeguate alla copertura dei vari fronti di scavo. I teli verranno posati in occasione di condizioni meteorologiche incerte e comunque a fine giornata; essi verranno ancorati in sommità del corpo di scavo mediante picchetti e zavorrati lungo le scarpate con sacchetti di sabbia collegati ad una fune ancorata in testa alla scarpata.

Nelle fasi esecutive dell'intervento di rimozione dei materiali, si provvederà a completare gli scavi giornalieri conferendo ai settori esposti le pendenze necessarie allo scolo delle acque lungo i teli.

Dato che le operazioni di rimozione dei materiali avvengono nei vari settori in tempi differenti, per il dimensionamento del sistema di collettamento delle acque si prevede una superficie drenante pari a circa 2.000 m<sup>2</sup> per settore, superfici corrispondenti alla massima estensione planimetrica dell'area di intervento con i materiali esposti agli agenti atmosferici.

Dato che l'area di intervento è formata da 4 settori adiacenti, si prevede di realizzare un sistema di raccolta e stoccaggio delle acque di ruscellamento per ogni settore.

Tale sistema può essere così schematizzato:

canalette di raccolta delle acque - I teli in LDPE saranno collegati alla base delle scarpate dei fronti di scavo a canalette in HDPE. Gli elementi in HDPE saranno collegati fra loro mediante saldature di testa per termofusione o con riporto di materiale (estrusione). Il collegamento tra le canalette e i teli sarà realizzato ad estrusione. In fase esecutiva, qualora la conformazione del piano di posa delle canalette lo consenta, si potrà operare appoggiando semplicemente le estremità dei teli all'interno delle canalette stesse. Le canalette saranno di tipo semicircolare con diametro interno pari a 400 mm e posate in modo da realizzare pendenze sempre dell'ordine del 2%.



stazioni di raccolta e rilancio acque - Per ogni settore è previsto l'installazione di una piccola cisterna mobile all'estremità di valle del sistema delle canalette drenanti. In ognuna di tali cisterne verrà alloggiata una pompa sommersa atta al convogliamento delle acque ad una cisterna di raccolta a mezzo di una tubazione in materiale plastico. Le tubazioni saranno posizionate in modo tale da minimizzare le interferenze con i mezzi d'opera. Operativamente lo sviluppo di tali tubazioni, previsto in un massimo di circa 250 m, sarà modificato in funzione della posizione dei fronti coperti e dunque delle stazioni di sollevamento.

cisterne raccolta acque. Le acque rilanciate dalle stazioni di sollevamento verranno raccolte in due cisterne a tenuta di tipo orizzontale in vetroresina di volume di circa 25 m<sup>3</sup>. Da qui le acque, una volta caratterizzate analiticamente, verranno prelevate mediante autocisterne ed eventualmente inviate agli impianti di smaltimento.

## 7.4.1.2 Terrazza lato est e relativa scarpata

Al fine di evitare interferenze di acque meteoriche di dilavamento superficiale provenienti dalla terrazza posta ad est dell'area di intervento è stata prevista la realizzazione di due canali, uno ai piedi della scarpata est (canale 1 - Cfr. Figura 7.6) e l'altro lungo la sommità della medesima (canale 2). Il primo canale terminerà in una vasca impermeabilizzata di laminazione dalla quale l'acqua raccolta verrà poi pompata all'interno della roggia che scorre lungo il confine sud dell'area. L'acqua drenata dal canale n.2 verrà invece convogliata per gravità all'interno della stessa roggia.

La funzionalità del sistema sarà mantenuta fino al termine delle attività di bonifica.

Nei paragrafi che seguono vengono riportati i calcoli di dimensionamento dei due canali e della vasca di laminazione.

### Dimensionamento canali di drenaggio

Per il calcolo della portata di progetto di entrambi i canali si è utilizzata la nota formula razionale relativa alla stazione di Brescia Ghedi con riferimento ad un tempo di ritorno di 10 anni:

$$Q_p = \varphi \frac{i(T, t_c) A}{360} \quad (m^3/s)$$

dove:  $Q_p$  portata al colmo  
 $i$  intensità di pioggia (mm/h), che dipende dal tempo di ritorno  $T$  e dalla durata critica  $t_c$ , ricavata dalla curva di possibilità pluviometrica  
 $A$  area del bacino scolante in ettari  
 $\varphi$  coefficiente di afflusso, che tiene conto delle perdite idrologiche

In tabella si riportano i parametri caratteristici delle aree di scolo in questione utilizzati nella formula razionale. Viste le piccole dimensioni del bacino, si è considerato un tempo di corrivazione (pari alla durata della pioggia che dà la massima portata al colmo, secondo le ipotesi alla base della formula razionale) di 15 minuti.



Tabella 7.1 - Valori dei parametri utilizzati nella formula razionale

Canale	t <sub>c</sub> (ore)	I (mm/h)	φ	A (ha)
1	0,25	109,6	0,6	0,26
2	0,25	109,6	0,4	0,83

Le portate così calcolate sono risultate rispettivamente pari a 0,045 m<sup>3</sup>/s (canale 1) e a 0,1 m<sup>3</sup>/s (canale 2).

Con la formula di moto uniforme, si sono poi calcolate le dimensioni dei canali che consentono il passaggio in sicurezza della portata al colmo precedentemente calcolata.

Ipotizzando per il canale una forma trapezoidale, la formula del moto uniforme diventa:

$$Q_p = Kh \left( L + \frac{h}{m} \right) \left( \frac{hL + \frac{h^2}{m}}{L + 2h \sqrt{\frac{1}{m^2} + 1}} \right)^{2/3} i^{0,5}$$

dove: K coefficiente di Gauckler-Strickler  
L base minore del canale (m)  
h altezza del perlo libero (m)  
m pendenza delle pareti (m/m)  
i pendenza del canale (m/m)

Per entrambi i canali in esame si è ipotizzato:

K = 50 (canale in terra)  
L = 0,3 m  
i = 0,004  
m = 1,5

L'altezza che consente il passaggio della portata di punta in condizioni di moto uniforme è rispettivamente pari a 0,17 m (canale 1) e a 0,23 m (canale 2).

Considerando un franco di sicurezza, i canali in questione avranno le seguenti dimensioni:

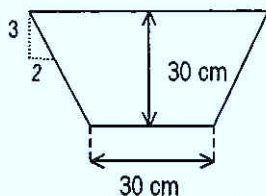


Figura 7.1: Sezione di progetto del canale di drenaggio n.1.

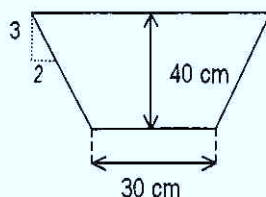


Figura 7.2: Sezione di progetto del canale di drenaggio n.2.

## Dimensionamento vasca di laminazione

A valle del canale di drenaggio delle acque meteoriche di scolo dalla terrazza ad est dell'area di intervento è prevista la realizzazione di una vasca volano, il cui scopo è quello di laminare le portate in arrivo, in modo da ridurre la portata massima in uscita ad un valore che ne consenta lo scarico all'interno del canale che scorre lungo il confine sud dell'area.

La vasca verrà impermeabilizzata tramite la posa di un telo di tipo in LDPE (polietilene a bassa intensità) ancorato alla sommità.

I fattori che influiscono sull'effetto di laminazione operato da una vasca volano e che dunque costituiscono l'oggetto del dimensionamento sono:

- la geometria della vasca;
- le caratteristiche del dispositivo di scarico;
- il volume massimo utile della vasca.

Usualmente i primi due fattori vengono definiti nella fase preliminare del dimensionamento, salvo poi prevedere perfezionamenti successivi, così che esso si riduce principalmente all'individuazione del volume.

Nel caso in esame si è considerata per semplicità una geometria della vasca di tipo rettangolare ed un dispositivo di scarico costituito da una stazione di sollevamento.

Le equazioni che permettono di descrivere il funzionamento idraulico di una vasca volano sono tre:

1) l'equazione di continuità:

$$Q_e(t) - Q_u(t) = \frac{dW(t)}{dt}$$

in cui:

$Q_e(t)$  è la portata, nota o predeterminata, in ingresso alla vasca all'istante generico  $t$ ;

$Q_u(t)$  è la portata in uscita dalla vasca; essa dipende dal tipo di scarico che regola l'uscita dalla vasca;

$W(t)$  è il volume invasato nella vasca al tempo  $t$ .



- 2) la relazione funzionale tra il volume invasato e il livello idrico  $h$  nell'invaso - in questo caso, ipotizzata la vasca rettangolare:

$$W = A_v h$$

in cui:  $A_v$  è la superficie della vasca.

- 3) la legge d'efflusso che governa l'uscita dalla vasca - in questo caso si ipotizza che la portata in uscita dalla vasca sia costante.

$$Q_u(t) = Q_u = \text{costante}$$

Introducendo le ultime due equazioni nella prima, si ottiene un'equazione differenziale nelle due variabili  $h$  e  $t$ . Questa può essere integrata numericamente in maniera semplice, scrivendola nella forma:

$$(\bar{Q}_e - Q_u)(t'' - t') = A_v(h'' - h')$$

in cui gli apici ' e '' indicano il valore delle grandezze agli istanti di calcolo  $t'$  e  $t'' > t'$ , mentre  $\bar{Q}_e$  rappresenta il valore medio della portata entrante nell'intervallo di tempo  $(t'' - t')$ .

Nel caso in esame si è considerato come idrogramma in ingresso  $Q_e(t)$ , uno ietogramma rettangolare di durata  $d$  ed intensità  $i_d$  ricavata dalla curva di possibilità climatica riportata in forma tabulare in Allegato A per un tempo di ritorno di 3 anni, depurato dalla perdite idrologiche e dalla frazione di prima pioggia. In questo modo trascurando l'effetto di laminazione che il bacino di drenaggio ha sulle portate meteoriche convogliate alla vasca, si è cercato di compensare la sottostima del volume totale di pioggia implicata dall'adozione di uno ietogramma rettangolare.

L'equazione di continuità è stata risolta per diversi valori di superficie della vasca  $A_v$  e di portata in uscita. Nella scelta del valore da assegnare a quest'ultimo parametro, si è considerata la dimensione del canale nel quale verranno pompate le acque raccolte nella vasca. Successivamente, determinati  $A_v$  e  $Q_u$ , si sono considerate diverse durate di pioggia  $d$ , così da determinare la durata critica, per la quale il volume invasato, a parità di portata in uscita, è massimo.

Nel grafico successivo si riportano i risultati del calcolo, per una **superficie della vasca di 25 m<sup>2</sup>** e per una **portata in uscita pari a 10 l/s**, sotto forma di massimi volumi invasati in funzione della durata dell'evento meteorico  $d$ .

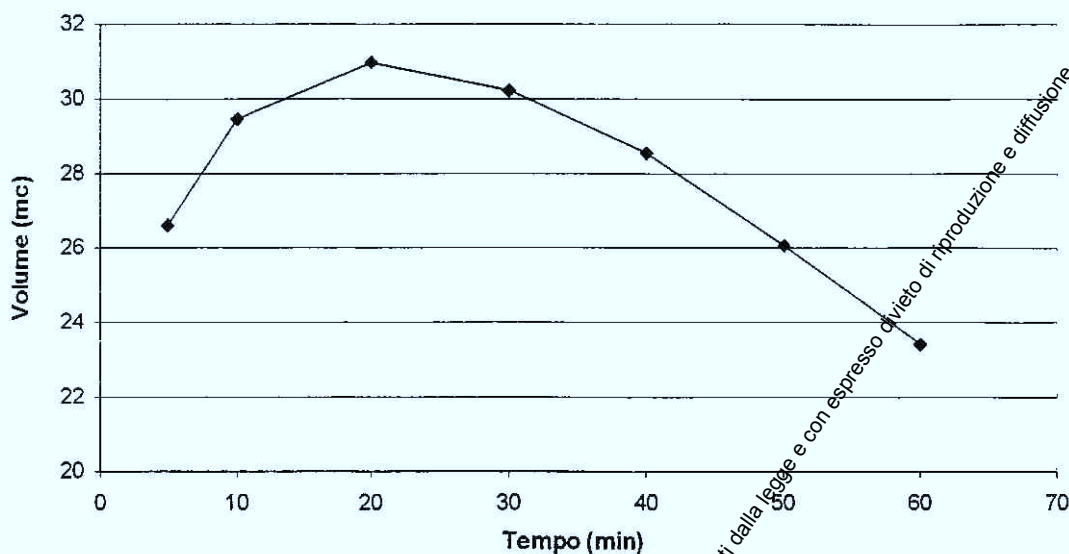


Figura 7.3 - Volume massimo della vasca volano in funzione della durata della pioggia di progetto.

Si vede che la condizione peggiore si ha per  $d = 20$  minuti, cui corrisponde un volume di circa  $65 \text{ m}^3$ . Per tale durata di pioggia si riportano gli idrogrammi in entrata in uscita dalla vasca, nonché l'andamento nel tempo dell'altezza di acqua invasata.

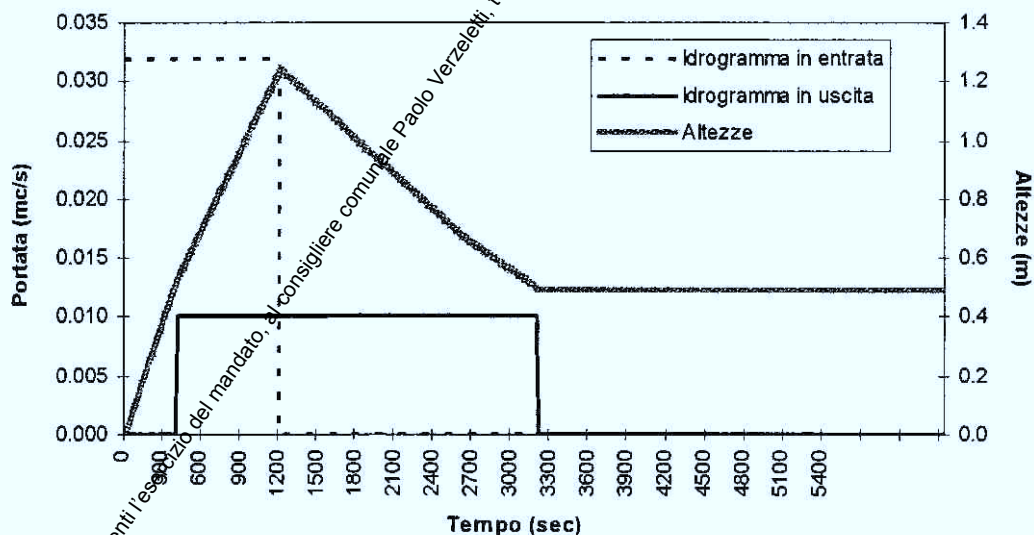


Figura 7.4 - Idrogrammi di portata in ingresso ed in uscita alla vasca e andamento nel tempo dell'altezza di acqua invasata, per la pioggia critica di durata 20 minuti.

Si nota che alla fine del funzionamento del sistema di pompaggio, nella vasca rimarrà stoccata un'altezza d'acqua pari a 50 cm: questo è infatti il battente di innesco considerato per la pompa.



## 7.4.1.3 Aree di stoccaggio temporaneo materiale di scotico

Per evitare il dilavamento dei materiali stoccati presso le aree dedicate, i cumuli di terreno vegetale saranno coperti, per tutto il periodo di residenza (7-8 gg), con teli impermeabilizzanti di tipo in LDPE (polietilene a bassa intensità), del tipo comunemente adottato per la copertura temporanea delle discariche. Essi saranno opportunamente uniti in modo da costituire delle adeguate superfici per la copertura dei cumuli dei materiali stoccati e saranno disposti fino a raggiungere il piano campagna esternamente al cordolo di recinzione. I teli verranno posati su ogni cumulo e rimarranno in situ fino al rimovimentazione dei materiali stoccati. I teli verranno eventualmente zavorrati mediante sacchetti di sabbia o pneumatici.

Le acque di ruscellamento intercettate dai teli saranno smaltite a dispersione attraverso la superficie di piano campagna.

## 7.4.2 Acque di infiltrazione

Durante le operazioni di indagine dei terreni, è stata rilevata la presenza in tutta l'area di uno strato impermeabile di argilla, la cui profondità varia fra 1 m e 4 m al di sotto del piano campagna (Cfr. Figura 7.5).

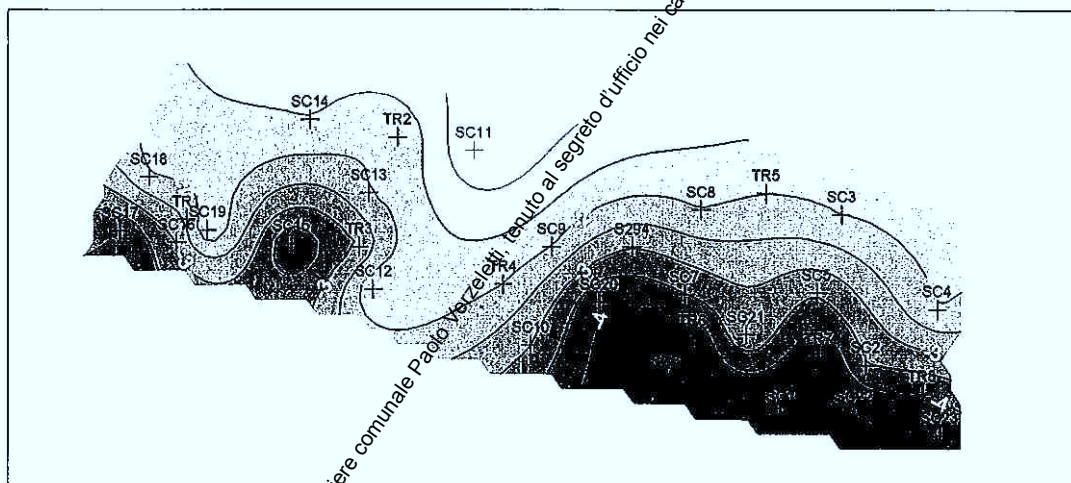


Figura 7.5: Ricostruzione andamento delle profondità del tetto di argilla

Si nota che il tetto dello strato di argilla ha un gradiente medio da est verso ovest del 4,8%.

In occasione di precipitazioni intense e di lunga durata, al di sopra di tale strato impermeabile potrebbe crearsi un flusso sotterraneo che, scorrendo da est verso ovest, andrebbe ad interessare il corpo rifiuti. A tal proposito si ricorda che durante l'esecuzione degli scavi di indagine, in alcuni punti (SC16, SC18, TR8) sono state trovate sacche d'acqua all'interno dei rifiuti. Si sottolinea tuttavia che le evidenze raccolte non sono tali da confermare la presenza di una falda sospesa al di sotto dell'area. Le sacche d'acqua riscontrate potrebbero essere parzialmente dovute ad una situazione localizzata legata alla non omogeneità della permeabilità dei rifiuti. L'acqua meteorica infiltrandosi nel corpo rifiuti potrebbe aver trovato degli strati di rifiuti più impermeabili, rimanendovi intrappolata.

Se durante le fasi di scavo della bonifica si dovessero formare sacche d'acqua localizzate e di limitato volume, tali acque verranno aggettate e asportate tramite autobotte e stoccate all'interno di un serbatoio da 40 mc presso l'area servizi per poi essere caratterizzata e smaltita a norma.

## Trincea drenante (eventuale)

Qualora la presenza di acqua all'interno dei rifiuti dovesse risultare estesa, si valuterà l'opportunità di realizzare lungo il perimetro dell'area di scavo di una trincea drenante che intercetti il tetto dello strato di argilla, in modo da proteggere il corpo rifiuti dal flusso d'acqua sotterranea che potrebbe crearsi al di sopra dello strato impermeabile (Cfr. Figura 7.2).

Seguendo la topografia dell'area, la trincea sarà divisa in due tratti, uno da nord verso sud e l'altro da sud verso nord, ciascuno terminante all'interno di un pozzetto nel quale sarà alloggiata una pompa per il rilancio dell'acqua drenata nei due canali di irrigazione che a nord e a sud costeggiano l'area di intervento (Cfr. Figura 7.6).

Per un dettaglio costruttivo della trincea e del pozzetto di rilancio dell'acqua, si veda la Tavola 3. La profondità della trincea dovrà essere tale da intercettare l'eventuale flusso sotterraneo e varierà quindi da tratto a tratto, a seconda della profondità dello strato di argilla. Attualmente non si hanno a disposizione sufficienti dati per ricostruirne il profilo, che potrà essere determinato solo in fase di realizzazione dell'opera. Il dettaglio riportato nella Tavola è riferito ad una sezione per la quale si conosce la profondità del tetto dello strato impermeabile.

Sul fondo della trincea verrà posato un tubo in HDPE ( $\Phi$  150) fessurato superiormente; lo scavo verrà quindi riempito con materiale granulare selezionato fino ad uno spessore massimo di 1 m. Nei casi in cui la trincea fosse più profonda, la rimanente area verrà riempita con idoneo materiale di scavo non selezionato.

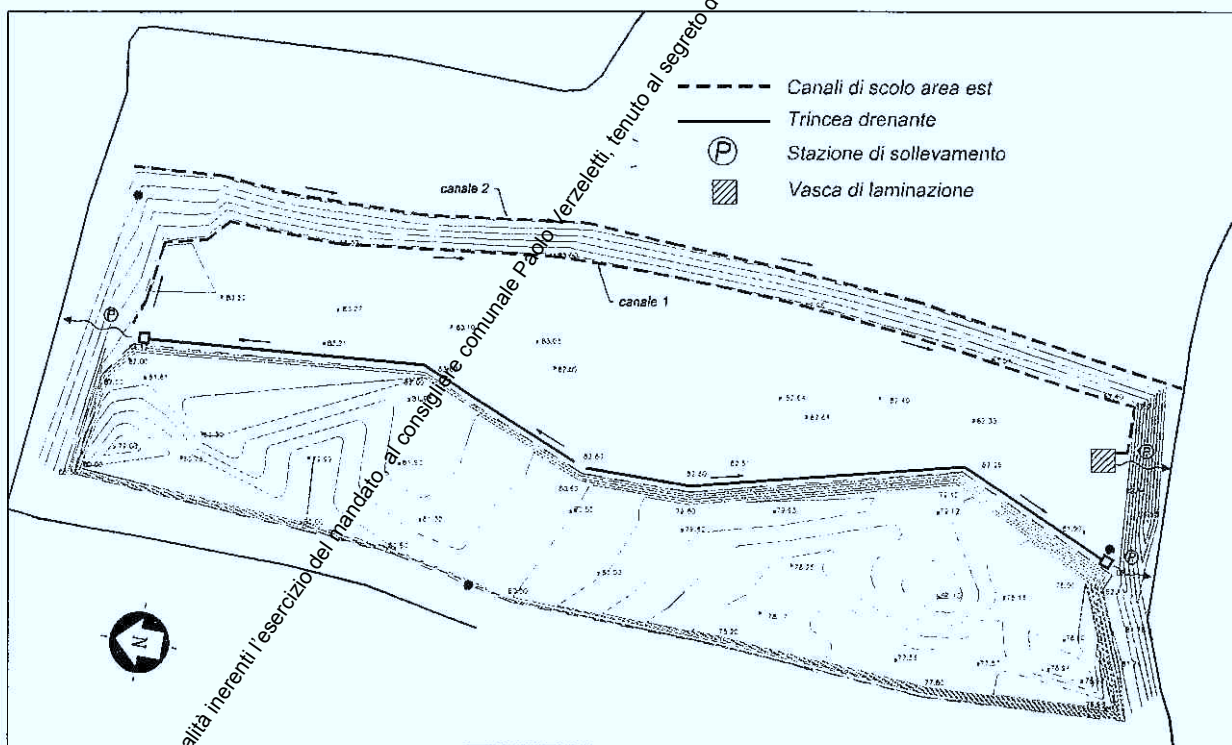


Figura 7.6: Rete di drenaggio delle acque meteoriche di dilavamento superficiale e di infiltrazione



## 7.4.3 Acque di percolazione

Le acque (colaticci) eventualmente rilasciate dai materiali stoccati all'interno dell'area di stoccaggio coperta confluiranno ad un punto di raccolta centralizzato, costituito da un pozzetto a tenuta ispezionabile nel quale sarà alloggiata una pompa sommersa per il convogliamento delle acque, mediante tubazione in HDPE, ad una cisterna verticale posta all'esterno della platea, adiacente alla stessa, di volume pari a circa 20 m<sup>3</sup>. Da qui le acque, una volta analizzate, verranno conferite ad idoneo impianto mediante autocisterna.

## 7.5 Sistema di drenaggio della falda (eventuale)

L'eventuale sistema di drenaggio della falda, da adottare in caso si operi in prossimità del livello freatico, prevede la realizzazione di un intervento per ogni singolo settore di scavo (S1-S4). Lungo ogni lato, pari a circa 50 m di lunghezza, verrà realizzata una berma, di larghezza pari a 2 m, alla quota di circa 4 m da p.c., lungo la quale verranno installati dei micropozzi (per un totale di circa 200 sondine per area) spinti fino alla quota di circa 5 m dal piano della berma.

Nella tabella che segue sono riassunti i risultati del dimensionamento di massima del sistema drenante per ogni settore.

Tabella 7.2 – Caratteristiche sistema di drenaggio della falda

	Per ogni settore
n. elettropompe	4
n. sondine di lunghezza 5 m	200
Finestratura sondine	2 m
Lunghezza collettore di aspirazione (φ 150)	200 m
Lunghezza tubazione di scarico fino a p.c.	80 m
Interasse well points	1 m

Si prevede l'installazione di 4 elettropompe centrifughe autoadescanti per l'aspirazione dell'acqua di falda con le seguenti caratteristiche:

- Portata massima: 5000 litri/min
- Prevalenza massima: 18 m ca.
- Giri/min: 1450

Prima dell'inizio dei lavori e in funzione delle specifiche esigenze, verranno definiti i parametri idraulici e di dimensionamento esecutivo dell'impianto attraverso opportune prove in sito.

## 7.6 Mezzi d'opera e di servizio

I mezzi che saranno utilizzati per la conduzione del cantiere sono i seguenti:

- due escavatori cingolati (a braccio lungo) per l'escavazione dei rifiuti e il caricamento dell'autocarro dumper, dotati di sbraccio di lunghezza adeguata;
- un numero minimo di tre autocarri dumper che saranno utilizzati per il trasporto interno dei rifiuti dal fronte di escavazione alle zone di stoccaggio temporanee;
- una pala meccanica che verrà utilizzata per il caricamento degli autocarri diretti agli impianti di smaltimento, per la realizzazione delle piste di servizio e la movimentazione del terreno vegetale o del materiale inerte;
- una lama cingolata che verrà utilizzata per la movimentazione del materiale in cantiere;
- un compattatore a rullo liscio per la compattazione dei materiali di ritombamento della depressione.

La copia è rilasciata in carta libera, per finalità inerenti l'esercizio del mandato, al consigliere comunale Paolo Verzeletti, tenuto al segreto d'ufficio nei casi previsti dalla legge e con espresso divieto di riproduzione e diffusione. Montichiari Il 06.12.2011



## 8 CRITERI DI SELEZIONE E CLASSIFICAZIONE DEI MATERIALI DI BONIFICA

L'analisi dei dati raccolti nel corso delle diverse campagne effettuate ha consentito di ricostruire con sufficiente dettaglio (pur nei limiti legati alla eterogeneità della frazione prevalente) la giacitura e le tipologie di materiale in fase solida presenti all'interno della ex-cavità.

L'intervento di bonifica proposto prevede l'asportazione completa di tali materiali, l'abbancamento in sicurezza, la loro classificazione ai fini dell'attribuzione della corretta collocazione finale (on site e off site).

In sintesi le operazioni prevedono le seguenti attività, che saranno nel seguito descritte in dettaglio:

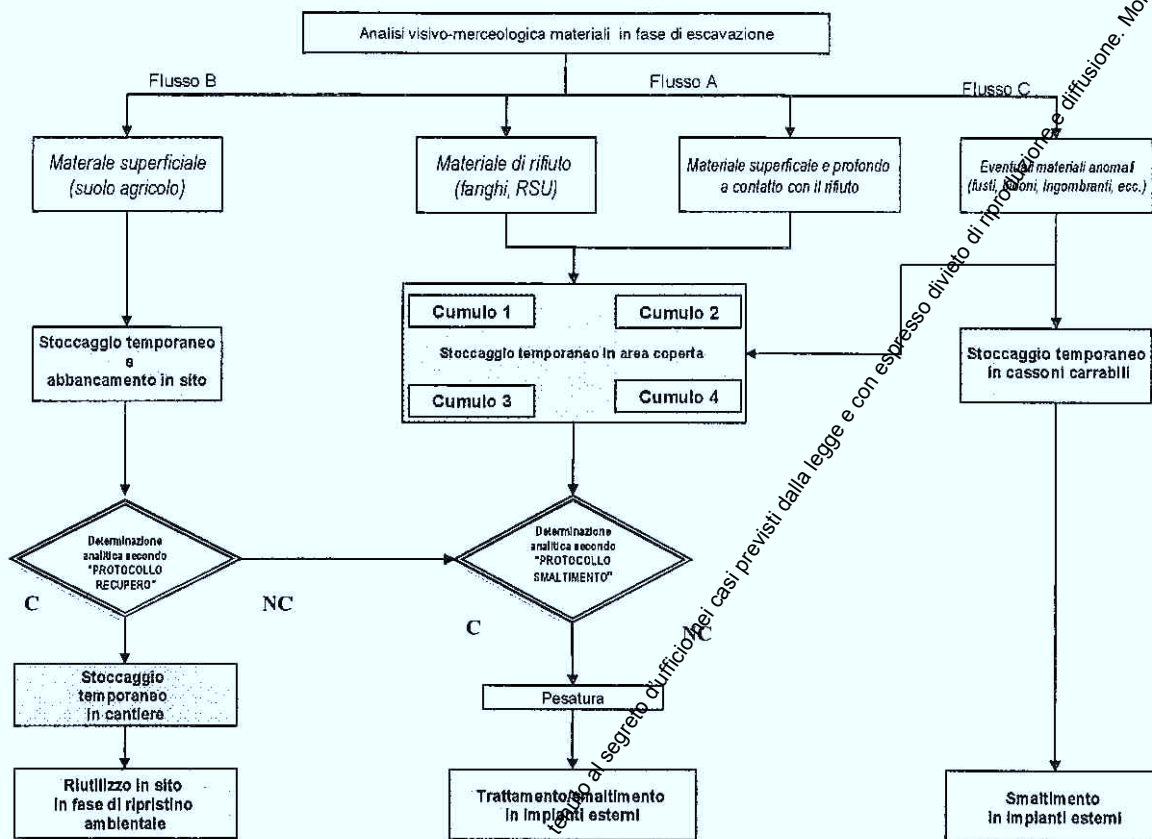
- eseguire l'asportazione attraverso lo scavo con mezzi meccanici;
- operare, già in fase di scavo, una selezione "a vista" dei materiali;
- trasportare i materiali scavati nelle zone di stoccaggio predisposte nell'area servizi, costituendo cumuli separati e distinti per tipologia prevalente;
- campionare i materiali dai cumuli e caratterizzarli chimicamente ai fini della classificazione;
- ricollocare i materiali conformi ai limiti normativi all'interno dell'area soggetta a escavazione una volta terminato il collaudo ambientale ai fini del ripristino ambientale;
- trasportare i materiali non conformi presso i poli di trattamento e/o smaltimento.

Per quanto concerne la presenza di eventuali sacche residue di rifiuto in fase liquida, in sede operativa si provvederà all'aspirazione tramite elettropompe e alla loro gestione come percolato (si veda il Par.7.4.3).

La procedura di identificazione e classificazione dei materiali viene effettuata con le modalità schematizzate nel diagramma di flusso della figura 8.1 e di seguito illustrate.

L'obiettivo è quello della caratterizzazione completa dei rifiuti e dei materiali contaminati al fine del corretto recapito degli stessi alla destinazione di smaltimento più opportuna.

Figura 8.1 - Diagramma di flusso relativo alle operazioni di asportazione, cernita e destinazione finale dei materiali oggetto di bonifica



## 8.1 Analisi visivo-merceologica

La Direzione Tecnica della Bonifica darà opportune istruzioni al personale operativo affinché in fase di movimentazione e carico il materiale rimosso secondo il piano di escavazione illustrato al Cap.6 venga sottoposto a controllo preliminare di tipo visivo al fine di poter disporre di aliquote di materiale aventi caratteristiche di omogeneità merceologica e granulometrica.

Ai fini della selezione dei materiali, si farà riferimento alle tipologie già identificate in fase di indagine, le quali possono essere raggruppate nei seguenti flussi di massa:

- flusso A – frazione costituita dai rifiuti (compreso il materiale superficiale e profondo a contatto con il rifiuto);
- flusso B – frazione costituita dal materiale superficiale (suolo agricolo);
- flusso C – frazione costituita dai materiali "anomali" non conformi alle tipologie già identificate, eventualmente riscontrabili durante l'escavazione.



## **8.2 Criteri di gestione dei flussi di materiale identificato**

### **8.2.1 Flusso A – Materiale costituito dai rifiuti**

#### **8.2.1.1 Stoccaggio temporaneo in capannone coperto**

I rifiuti rimossi dalla ex cavità verranno separati e distinti per caratteristiche prevalenti, nonostante la commistione delle varie tipologie (prevalentemente fanghi industriali e in minor misura RSU e assimilabili), e sbancati in cumuli all'interno della piattaforma coperta presso l'area servizi dove verranno sottoposti a caratterizzazione analitica.

I materiali superficiali e profondi posti a contatto con i rifiuti seguiranno il medesimo percorso.

All'interno del capannone è previsto di poter disporre contemporaneamente di 4 cumuli di volumetria pari a circa 400 mc cadauno. Tali cumuli verranno alternativamente rimossi e ricostituiti con materiale nuovo secondo la procedura di seguito descritta.

#### **8.2.1.2 Procedure di identificazione delle partite di materiale da inviare a destinazione finale**

Considerando il tempo per la restituzione delle analisi di classificazione, effettuate dal laboratorio C.R.C. (centro Ricerche Chimiche) di Montichiari (BS), pari a 3 giorni, si prevede la costituzione di almeno 4 cumuli distinti ed omogenei, che verranno allocati nell'area di stoccaggio predisposta.

La procedura di costituzione, campionamento e rimozione si può così sintetizzare:

1. viene costituito e campionato con le modalità descritte al paragrafo successivo il primo cumulo (A1);
2. in attesa dell'analisi sul primo cumulo A1, vengono costituiti e campionati i 3 cumuli B1, C1, D1;
3. viene recepito il risultato analitico sul primo cumulo A1; il cumulo A1 viene rimosso dalla sua sede ed inviato alla destinazione prevista;
4. contemporaneamente viene costituito un quinto cumulo A2;
5. si recepisce il risultato dell'analisi sul cumulo B1, questo viene quindi rimosso ed inviato allo smaltimento;
6. si costituisce al suo posto un altro cumulo B2;

Il ciclo 1-4 ricomincia fino ad esaurimento dei lavori.

Poichè viene prevista una costituzione sequenziale di almeno 4 cumuli, il procedimento sopra descritto permetterà di avere contemporaneamente 4 cumuli sull'area.

Nel caso di risultati analitici fuori specifica o di necessità di ricontralli, il cumulo in esame viene tenuto "in sospeso".

Con questa procedura si garantirà che:

- il materiale da destinare allo smaltimento sia stato effettivamente campionato e controllato prima del suo conferimento finale;
- sia possibile segregare ed inviare alla destinazione più opportuna le diverse partite di materiale;

- ogni partita del materiale in uscita sia accompagnata da un Rapporto di Prova attestante l'accettabilità nell'impianto di destinazione.

### 8.2.1.3 Modalità di campionamento del materiale in cumuli

Sul materiale accumulato, il campionamento verrà effettuato da personale specializzato sotto la direzione del laboratorio di riferimento, responsabile dell'intero procedimento analitico e sotto la supervisione della Direzione Tecnica della Bonifica secondo quanto previsto dal metodo CNR-IRSA, Quaderno 64, Metodi analitici per i fanghi, Vol.3 "parametri chimico-fisici", Appendice I, "Campionamento", al punto 3.2.1 "Giaciture dinamiche".

La procedura specifica di campionamento prevede che nel corso dell'apporto di materiale omogeneo al cumulo, ad intervalli periodici (ogni 50 mc circa), vengono prelevate opportune aliquote di rifiuto ("campioni istantanei") la cui entità sarà valutata di volta in volta in funzione della struttura fisica e delle dimensioni della pezzatura riscontrata e comunque non inferiore al peso di 1 Kg.

Il prelievo del materiale dal cumulo avverrà manualmente con un attrezzo (cucchiaio, paletta o spatola) pulito di materiale metallico.

I singoli *campioni istantanei* verranno poi combinati fisicamente ed omogeneizzati, tramite il metodo della quartatura, ottenendo in tal modo un *campione composito* rappresentativo della composizione media della massa che costituisce il cumulo.

Tale campione composito verrà quindi trasferito in un contenitore costituito da materiale inerte (in genere plastica) con tappo a tenuta.

Ogni contenitore verrà identificato con un'apposita etichetta, riportante la data e l'ora di prelievo, il punto e le modalità di prelievo del campione contenuto, il tipo di rifiuto prelevato e la sua giacitura e conservato in un apposito contenitore frigorifero alla temperatura di circa 4°C, prima di essere inviato al laboratorio per le determinazioni analitiche previste dal **protocollo smaltimento**.

### 8.2.2 Flusso B – Suolo agricolo

#### 8.2.2.1 Stoccaggio temporaneo in area di bonifica

Il materiale superficiale costituito da suolo agricolo verrà abbancato in cumuli di circa 300 mc sull'area prevista per poi essere sottoposto a campionamento secondo la procedura descritta al Par. 8.2.1.3 e a caratterizzazione analitica secondo il **protocollo recupero**. Qualora le determinazioni ne attestassero l'idoneità, il materiale verrà trasportato e collocato in area dedicata di cantiere, al fine di poterlo poi riutilizzare in sito in fase di recupero morfologico e ripristino ambientale. In caso contrario sarà sottoposto al **protocollo smaltimento** per la classificazione ai fini di valutare il corretto smaltimento.

#### 8.2.3 Flusso C - Materiali non conformi alle tipologie previste

I materiali che in fase di escavazione, in base all'analisi visivo-merceologica, saranno riconosciuti di caratteristiche merceologiche differenti dalle tipologie principali individuate, verranno asportati e temporaneamente stoccati all'interno del capannone coperto o nei cassoni predisposti sull'area servizi. In funzione della quantità e della tipologia del materiale rinvenuto e



secondo le indicazioni della Direzione Tecnica della Bonifica, verrà effettuata la caratterizzazione analitica secondo il **protocollo smaltimento**.

Corpi metallici o di diversa natura, quali fusti o bidoni, verranno comunque smaltiti separatamente.

## 8.3 Criteri di classificazione dei materiali di bonifica

### 8.3.1 Analisi dei campioni e rapporti di prova

I campioni medi prelevati da ciascun cumulo omogeneo verranno sottoposti ad una serie di analisi chimiche secondo due protocolli distinti denominati "protocollo smaltimento", da applicare ai materiali destinati al trattamento/smaltimento in impianto esterno e "protocollo recupero" per i materiali destinati al ricollocamento in sito.

In funzione di volumi stimati di materiale da sottoporre a bonifica (ad esclusione dell'eventuale terreno di fondo) è possibile valutare il numero di analisi da effettuare, come indicato in tabella per ogni flusso identificato.

Tabella 8.1 - Numero indicativo di analisi chimiche previste per i materiali di bonifica

Tipologia prevalente	Rifiuti	Suolo agricolo
Flusso	A	B
Volume stimato* (mc)	21.686	6.034
Volume cumulo (mc)	400	300
Numero analisi	54	20
Protocollo analitico	smaltimento	smaltimento/recupero

Nota: Volume sfuso (coefficiente di rigonfiamento pari a 1,2)

#### 8.3.1.1 Protocollo smaltimento

Tale protocollo è stato formulato in funzione degli obiettivi di classificazione dei rifiuti o dei materiali da questi contaminati. I criteri di caratterizzazione dovranno pertanto garantire di verificare:

- la **classificazione di rifiuto speciale tossico-nocivo** ai sensi delle Disposizioni Interministeriali in applicazione dell'art. 4 del DPR n.915 del 10/09/1982 e ai sensi della Delibera del Comitato Interministeriale del 27/07/1984;
- la **classificazione di pericolosità** in base alla Decisione 2000/532/CE del 03/05/2000 (nuovo CER - Catalogo Europeo dei Rifiuti) e successive modifiche;
- l'**accettabilità in discarica di II cat. tipo B** ai sensi della Delibera del Comitato Interministeriale del 27/07/1984;

- l'accettabilità in discarica di II cat. tipo B in Regione Lombardia ai sensi della DGR della Regione Lombardia n.5/47636 del 07/02/1994.

Si sottolinea che qualora per gli impianti in cui verranno conferiti i materiali, si richiedessero determinazioni analitiche non comprese nei protocolli formulati, i campioni saranno sottoposti alle analisi integrative secondo gli specifici riferimenti.

Su ogni campione medio prelevato secondo le modalità descritte, verranno effettuate le seguenti determinazioni analitiche relative al tal quale:

Tabella 8.2 - PROTOCOLLO SMALTIMENTO - Analisi sul tal quale.

Prova	Riferimento o metodo	Strumenti impiegati
R.105°	CNR-IRSA 1985 Qd.64/V.2/Mt. 2	Stufa
R.600°	CNR-IRSA 1985 Qd.64/V.2/Mt.2	Muffola
Pb, Cu, As, Ni, Se	CNR-IRSA 1985 Qd.64/V.3/Mt.10 APHA AWWA WEF 1995 3120	ICP (plasma ad accoppiamento induttivo)
Cd, Hg, Se	CNR-IRSA 1985 Qd.64/V.3/Mt.10 UNICHIM 1994 Man.167 MU910	Spettrofotometria AA con fornetto di grafite
Cromo VI	CNR-IRSA 1986 Qd.64/V.3/Mt.16	Spettrofotometro UV/vis
Fenoli totali	Estrazione in acqua con NaOH CNR-IRSA 1994 Quad. 100, n. 2 5066	Spettrofotometro UV/vis
Oli minerali	CNR IRSA 1985 Qd./V.3/Mt.21	

Qualora le concentrazioni di oli minerali risultassero superiori a 1000 mg/Kg, verranno ricercati anche i parametri PCB e IPA.



Su ogni campione verranno inoltre effettuate le seguenti determinazioni analitiche relative alle prove di cessione:

Tabella 8.3 - PROTOCOLLO SMALTIMENTO - Analisi sull'eluato.

Prova	Riferimento o metodo	Strumenti impiegati
Prove di cessione con acido acetico 0.5 M a pH 5	CNR-IRSA Qd.64, VI.3, App II 1985 in contenitore chiuso senza spazio di testa e prelievo del sumatante per l'analisi dei solventi	Jar test o altra strumentazione per le acque
Arsenico	UNICHIM Manuale 167 MU 920, 1994	Spettrofotometro ad AA tecnica MHS
Cadmio	UNICHIM Manuale 167 MU 910, 1994	Spettrofotometro AA fometto di grafite
Cromo VI	UNICHIM Manuale 167 MU 912, 1994	Spettrofotometro AA fometto di grafite
Mercurio	UNICHIM Manuale 167 MU 922, 1994 con modifiche	Spettrofotometro AA tecnica MHS
Piombo	UNICHIM 1994 Man.167 MU916	Spettrofotometro AA fometto di grafite
Rame	UNICHIM Manuale 167 MU 917, 1994	Spettrofotometro AA fometto di grafite
Selenio	UNICHIM 1994 Man.167 MU921	Spettrofotometro AA tecnica MHS
Prove di cessione in acqua satura di CO <sub>2</sub> per 3 ore	RR Regione Lombardia n. 3/82 in contenitore chiuso senza spazio di testa e prelievo del sumatante per l'analisi dei solventi	Jar test o altra strumentazione per le acque
Fenoli totali	CNR-IRSA 1994 Quad. 100, n. 2 500	Spettrofotometro UV/vis
Oli minerali	CNR-IRSA 1994 Quad. 100, n. 25940 met. A2 UNICHIM, Acque 8, 1975	Spettrofotometro IR

In ogni caso, ove l'aspetto fisico e le caratteristiche organolettiche dei materiali indagati suggerisca approfondimenti analitici per un più puntuale accertamento di potenziali situazioni di contaminazione, saranno svolte le indagini opportune, anche per parametri e metodi di analisi non contemplati dal presente piano di indagine, di concerto con la Direzione Tecnica di Bonifica.

I risultati analitici sui singoli campioni verranno riportati su un rapporto di prova contenente:

1. identificazione del punto campionato;
2. data del campionamento;
3. nome della persona che ha eseguito il campionamento;
4. descrizione del metodo di campionamento adottato;
5. risultati analitici ottenuti sui singoli campioni;
6. giudizio di conformità alle norme pertinenti.

Il tempo di restituzione previsto per ogni determinazione analitica è di 2 giorni.

### 8.3.1.2 Protocollo recupero

Ogni campione medio prelevato secondo le modalità descritte al Par. 8.2.1.3 verrà sottoposto ad una serie di analisi chimiche relative al tal quale, secondo il protocollo analitico illustrato nella tabella che segue. Tale protocollo è stato formulato sulla base dei contaminanti riscontrati in fase di indagine e ai sensi della normativa vigente.

- discarica II cat. tipo B autorizzata a norma di legge;
- discarica II cat. tipo B in Reg. Lombardia autorizzata a norma di legge.

Per quanto riguarda i materiali che, sottoposti a test di cessione, dovessero evidenziare caratteristiche tali da richiedere uno specifico trattamento è prevista l'invio del rifiuto a impianto di inertizzazione con successivo smaltimento in discarica di II cat. tipo B.

Per le frazioni di materiale aventi caratteristiche rispondenti alle relative specifiche tecniche di accettabilità (in particolare per terreni contaminati), si prevederà l'eventuale invio a impianti autorizzati al trattamento biologico (biopile) o di lavaggio.

Qualora per gli impianti in cui verranno conferiti i materiali, si richiedessero determinazioni analitiche non comprese nei protocolli formulati, i campioni saranno sottoposti alle analisi integrative secondo gli specifici riferimenti.

In base al D.Lvo.22/97 art.15 e successive modifiche e integrazioni, i materiali in uscita saranno accompagnati da un formulario di identificazione dal quale devono risultare i seguenti dati:

- a) nome ed indirizzo del produttore e del detentore;
- b) origine, tipologia e quantità del rifiuto;
- c) impianto di destinazione;
- d) data e percorso dell'instradamento;
- e) nome ed indirizzo del destinatario.

Tale formulario viene redatto in quattro esemplari, compilato, datato e firmato dal detentore dei rifiuti e controfirmato dal trasportatore. Una copia di esso rimane presso il detentore.

#### **8.4.2 Recupero all'interno del sito**

Si ritiene che l'unico recupero di materiali riutilizzabili possa essere costituito dalle aliquote di terreno di coltivo che costituiscono la copertura superficiale dell'area di bonifica ed eventuali frazioni di sabbie e ghiaie rientranti nei limiti di accettabilità per il riuso dei terreni.