



Fondo Europeo Sviluppo Regionale
P.O.R. CAMPANIA 2007-2013

La tua
Campania
cresce in
Europa



COMUNE DI SAN LUPO

Provincia di Benevento



POR CAMPANIA FESR 2007/2013 - Asse 1 - Obiettivo Operativo 1.2
"Migliorare la salubrità dell'ambiente" - D.R.G. n°601 del 20/12/2013

"Bonifica e messa in sicurezza dell'ex discarica di rifiuti solidi urbani ubicata in località Defensola (o Via Cantone)" San Lupo (BN)

PROGETTO ESECUTIVO

CODICE PE	DATA	REV.
A.01	AGOSTO 2018	B

TITOLO ELABORATO:

Relazione Generale e Quadro Economico

SCALA :

-

L'IMPRESA:



IL PROGETTISTA:



INDICE

1	PREMESSA	4
2	TOPOGRAFIA DEI LUOGHI	4
3	STORIA DEL SITO	4
4	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	12
4.1	Assetto geomorfologico e geologico.....	13
4.2	Geolitologia locale	14
4.3	Geomorfologia locale.....	14
5	FORMAZIONE DELLA DISCARICA	16
6	IDROGEOLOGIA E PLUVIOMETRIA	16
6.1	Regime pluviometrico	16
6.2	Idrogeologia	17
7	INDAGINI PRELIMINARI	18
7.1	Indagini in Sito	19
7.2	Idrologia superficiale	20
7.3	Idrogeologia	21
7.4	Acque superficiali	21
7.5	Acque di Falda	22
7.6	Suolo	24
8	HAZARD SUI TERRENI E SULLE ACQUE	28
9	INTERVENTI DI BONIFICA PER LA CONTAMINAZIONE DEL SUOLO E FALDA	30
10	DETERMINAZIONI ANALITICHE SULLA QUALITÀ DEI RIFIUTI.....	32
10.1	Metodo di campionamento ed analisi del rifiuto urbano biodegradabile	33
10.2	Analisi degli eluati e dei rifiuti.	33
10.3	Analisi chimico – fisica dei rifiuti	36
10.4	IRD Indice Respirometrico Dinamico.....	40
10.5	Produzione di biogas.....	40
10.6	Impianto di captazione e gestione del biogas.....	45
10.7	Termodistruzione mediante torcia	45
10.8	Rapporto BOD/COD	48
11	QUALITÀ E QUANTITÀ DEL PERCOLATO – PIANO DI SMALTIMENTO.....	48
11.1	Infiltrazione efficace	49
11.1.1	Infiltrazione efficace in assenza di copertura superficiale	49
11.1.2	Infiltrazione efficace in presenza di copertura superficiale	50
11.2	Calcolo percolato.....	51
11.2.1	Parametri fisici del percolato	51
11.2.2	Qualità del percolato da vecchie discariche	52
11.3	Trattamenti biologici.....	54
11.4	Trattamenti anaerobici	54
11.5	Trattamenti aerobici.....	54
11.6	Trattamenti Chimico-Fisici.....	55
11.7	L'evaporazione.....	55
11.8	L'osmosi inversa.....	56
11.9	Costi finali.....	59
12	DIMENSIONAMENTO DIAFRAMMA DRENANTE E BARRIERA IMPERMEABILE.....	59
13	TRINCEA DRENANTE	68

13.1	Trincea drenante a monte	68
13.1	Trincee di valle	68
14	CAPPING	71
15	MODALITÀ DI GESTIONE DELLE ACQUE CONTAMINATE - PIANO DI GESTIONE DEI RIFIUTI	74
16	PROVE SPERIMENTALI E/O TEST PILOTA DIAFRAMMA DRENANTE PROGETTATO	74
17	RETE PIEZOMETRI DI MONITORAGGIO E POZZETTI ISPETTIVI	74
18	INTERVENTI DI MITIGAZIONE DELLE CRITICITÀ AMBIENTALI DURANTE LE OPERAZIONI DI INTERVENTO (EMISSIONI DIFFUSE E RUMORE)	75
18.1	Componente ambiente idrico	75
18.2	Emissioni in atmosfera	75
18.3	Rumore	76
19	PIANO DI MONITORAGGIO E CONTROLLO NELLA FASE POST-OPERATIVA	78
20	PARERE AUTORITÀ DI BACINO DEI FIUMI LIRI-GARIGLIANO E VOLTURNO	79
21	PARERE ARPAC	81
22	RIEPILOGO DEGLI INTERVENTI	82
22.1	Demolizioni e rimozioni	82
22.2	Movimentazioni e trasporti	82
22.3	Diaframma drenante e diaframma impermeabile	83
22.4	Trincee drenanti	83
22.5	Opere di sostegno	83
22.6	Capping discarica	83
22.7	Captazione biogas	84
22.8	Opere regimazione e raccolta acque	84
22.9	Edificio servizi	84
22.10	Strade e piazzali	85
22.11	Recinzione	85
22.12	Impianti	85
22.12.1	Impianto antincendio	85
22.12.2	Impianti idrici	85
22.12.3	Impianto elettrico	85
22.12.4	Impianto illuminazione esterna	86
22.12.5	Impianto fotovoltaico	87
22.12.6	Integrazione dell'impianto fotovoltaico	88
22.12.7	Impianto di videosorveglianza	88
22.12.8	Impianto di controllo automatico del livello di riempimento delle cisterne	89
22.12.9	Impianto concentrazione delle acque	89
22.13	Stazione meteo climatica	90
22.14	Progetto paesaggistico	90
22.14.1	quadro di riferimento dell'area	90
22.14.2	Il verde ornamentale e schermante	91
22.14.3	tempi e modalità di esecuzione del recupero e della sistemazione ambiental	93
22.15	Progetto di cantiere	93
22.15.1	Fasi realizzative	93
22.15.2	Misure per l'abbattimento delle polveri e degli odori	94
23	MONITORAGGIO DELLA DISCARICA	96
23.1	Monitoraggio dei fenomeni gravitativi dell'area	98
24	TEMPI DI ESECUZIONE	98

25	INCIDENZA MANODOPERA	98
26	CONCLUSIONI	98
26.1	Parere autorità di bacino dei fiumi liri-garigliano e volturno.....	98
26.2	Parere ARPAC.....	99
26.3	Modifiche al progetto operativo di bonifica	101
27	QUADRO ECONOMICO	102

1 PREMESSA

La presente Relazione Tecnica Illustrativa è redatta nell'ambito dello sviluppo del Progetto Esecutivo per la bonifica e messa in sicurezza area discarica RSU alla località "Defensola" Via Cantone nel Comune di San Lupo (BN) - CODICE SITO: 2063C001

2 TOPOGRAFIA DEI LUOGHI

La discarica comunale di San Lupo (BN) è sita in agro del comune, su un versante posto in destra orografica del Vallone Defensola affluente del Fiume Calore.

Essa è ubicata a sud est dell'abitato di San Lupo, in una zona sufficientemente appartata, a cui si arriva percorrendo la strada comunale Cantone. All'imbocco della strada di servizio è posto un cancello divolto senza alcuna funzionalità.

In catasto il sito della discarica e l'area oggetto di intervento così come delimitata nella fase di progettazione definitiva, ricade nel Foglio di mappa n° 15 Particelle n° 215, 216, 217, 218, 219, 220, 229, 230 e 282 e secondo il vigente strumento urbanistico queste ricadono in zona "E" Agricola.

Relativamente alla cartografia ufficiale il sito rientra nel Foglio 173 Benevento della Carta d'Italia I.G.M. - Scala 1:100.000, e sotto gli aspetti di Pianificazione di Bacino esso è compreso nei territori di competenza dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri, Garigliano e Volturno.

3 STORIA DEL SITO

Per avviare lo studio del sito di discarica presente nel territorio comunale di San Lupo, nella fase di progettazione definitiva, sono stati ricercati gli eventuali dati e informazioni inerenti l'area in studio presso l'ufficio tecnico del Comune interessato.

Sono stati ricercati dati concernenti:

-  Cartografia esistente in comune Localizzazione dell'area oggetto di studio
-  Tipologia del sito
-  Uso del sito attuale e destinazione prevista dagli strumenti urbanistici vigenti Atti amministrativi prodotti nei vari anni e riguardanti il sito

Sulla base della documentazione fornita dal Comune suddetto e sulla base della documentazione prodotta precedentemente in fase preliminare, nel Progetto Definitivo posto a base di gara si è ricostruita la storia degli eventi che hanno interessato l'area di discarica. A seguire se ne riporta la ricostruzione effettuata nella precedente fase progettuale

L'area, di proprietà comunale, è ubicata in località C.da Defensola - Via Cantone, abbastanza distante dal centro abitato di San Lupo.

Tale area è stata utilizzata dal Comune di San Lupo come area di discarica sin dall'anno 1975: per dette attività veniva utilizzata un'area di proprietà privata detenuta in fitto e catastalmente individuata al foglio di mappa n° 15, porzione di particella n° 275, per una superficie stimata in circa 1.500 m².

La gestione del sito avveniva con il classico metodo della "colmata sanitaria", sversando i rifiuti prodotti in ambito comunale direttamente sul versante, all'interno di un'area sommariamente recintata e non dotata di alcun sistema di protezione della matrici ambientali, e ricoprendo sporadicamente gli stessi con terreno vegetale.

Nell'anno 1987 il Comune predispose un progetto per l'adeguamento della discarica ai sensi della Legge n° 441/87, da realizzarsi in corrispondenza della stessa area sino ad allora utilizzata in modo non controllato per lo smaltimento dei rifiuti: detto progetto prevedeva la costruzione di una vasca di stoccaggio dei rifiuti realizzata in calcestruzzo armato (spessore circa 0.20 m), sfalsata su due livelli ed impermeabilizzata con manto sintetico bitume-polimero, per una cubatura utile complessiva dell'intero invaso pari a circa 3.500 m³ il

periodo di esercizio previsto era pari a 5 anni.

I due livelli della vasca di stoccaggio dei RR.SS.UU. risultavano sfalsati di alcuni metri e dissecati da un setto, anch'esso realizzato in calcestruzzo armato e pietrame a secco, deputato alla captazione ed allo smaltimento del biogas prodotto dalla fermentazione, in condizioni anaerobiche, dei rifiuti stoccati.

Il percolato prodotto all'interno dell'invaso veniva drenato a mezzo di tubazioni in PVC e convogliato verso un pozzo realizzato mediante anelli in c.a. vibro compresso ed ubicato nella zona più depressa dell'invaso.

Completava il progetto la realizzazione di un muro di sostegno a valle dell'invaso, una pista di servizio e la recinzione dell'intera area.

Il progetto così come innanzi descritto fu approvato dalla Regione Campania con Delibera di G.R. n° 3191 del 29.07.1988 e regolarmente finanziato; I lavori vennero appaltati ed affidati alla Ditta "Guerrera Angelo Giuseppe" con sede in San Lupo in data 29.01.1990; gli stessi lavori ebbero inizio in data 12.03.1990.

Ai fini della realizzazione dell'opera, l'Amministrazione Comunale acquistò con atto stipulato in data 26.08.1991, parte della particella catastale n° 215 (Foglio di Mappa n. 15, Partita 459), già in passato parzialmente utilizzata per lo sversamento di rifiuti, per una superficie complessiva pari a 2.500 m² ad oggi non è stato ancora eseguito il relativo frazionamento, né il successivo accatastamento.

Nel corso dei lavori risultò necessario redigere una perizia di variante al progetto originario senza variazione di spesa, approvata dal Comune di San Lupo con propria delibera di G.M. n° 98 del 03.04.1990 e successivamente dalla Regione Campania ai sensi dell'art. della Legge n. 441/87 con Delibera di G.R. n. 534 del 12.02. 1991.

I lavori risultarono completamente ultimati in data 12.10.1991 e lo scarica venne posta in esercizio nel mese di gennaio dell'anno 1992.

Successivamente, con la dichiarazione dello stato di emergenza nello smaltimento dei rifiuti solidi urbani in Regione Campania (O.P.C.M. 11.02.1994 e successive), il Gruppo Tecnico a supporto del Sub Commissario Delegato per la Provincia di Benevento rilevò, nel corso di un sopralluogo esperito in data 18.04.1994, la necessità, ai fini del rilascio dell'autorizzazione all'esercizio definitiva, di eseguire alcune opere di adeguamento, tra le quali il completamento della recinzione dell' impianto. Nel corso di detto sopralluogo, inoltre, i tecnici stimarono in circa 2.100 m³ la volumetria residua dell'invaso.

L'amministrazione Comunale, con propria nota prot. n° 806 del 24.05.1994, comunicò l'ultimazione dei lavori richiesti, attestati anche dall'Amministrazione Provinciale di Benevento con nota prot. n° 14793 del 08.06. 1994.

L'impianto di scarica, quindi, venne definitivamente autorizzato all'esercizio - ai sensi dell'art. 6, lett. D) e art. 10 del D.P.R. n. 915/82 - con Ordinanza del Commissario di Governo Delegato n° 1527/D/S del 16.06.1994, valida fino ad esaurimento dell'invaso. Ulteriori interventi di manutenzione straordinaria della scarica vennero eseguiti anche nell'anno 1998, giusta comunicazione del Sindaco di San Lupo al Sub Commissario Delegato per la Provincia di Benevento con nota prot. n° 1158 del 14.08.1998.

Da evidenziare, ancora, che nell'anno 1999 l'Amministrazione Comunale trasmise al Sub Commissario Delegato per la Provincia di Benevento un progetto per il risanamento ed il consolidamento della scarica comunale, interessata da fenomeni di dissesto che avevano determinato il parziale crollo della parete di valle in calcestruzzo con interessamento del sistema di raccolta del percolato; detto progetto venne ritenuto non meritevole di approvazione sia per motivi strettamente tecnici (inadeguatezza dell'intervento proposto) che per gli elevati costi stimati dell'intervento stesso (€ 465.000.000) in relazione alla teoriche volumetrie utili ancora utilizzabili.

A seguito, infine, dell'entrata in esercizio dell'impianto di produzione CDR di Casalduni (BN) a servizio dei Comuni della Provincia di Benevento e dell'obbligo per gli stessi Comuni di conferire presso detto impianto i rifiuti solidi urbani indifferenziati, la scarica venne definitivamente dismessa giusta ordinanza n° 01 emessa in data 26.02.2002 dal Commissario Prefettizio del Comune di San Lupo. Una piccola area prospiciente la zona d'ingresso della scarica, tuttavia, è stata sporadicamente utilizzata nel corso di questi ultimi anni come area di stoccaggio provvisorio di rifiuti - comunque confinati in cassoni scarrabili a tenuta - in occasione

delle ricorrenti situazioni di emergenza: nel merito nel corso dell'anno 2006 detta area è stata sistemata con la realizzazione di una piazzola in calcestruzzo per il parcheggio del cassone scarrabile e di una zona di scarico dei rifiuti direttamente dal mezzo adibito alla raccolta allo stesso cassone senza deposito sul suolo.

Il progetto definitivo base d'asta è stato altresì redatto sulla base della seguente documentazione:

- 1) Attestazione rilasciata dal Comune di San Lupo sullo status pubblico della discarica;
- 2) Attestazione rilasciata dal Comune di San Lupo in ordine alla proprietà del sito di discarica, con allegato atto di vendita;
- 3) Ordinanza prot. n° 01527/D/S del 16.06.1994 di autorizzazione all'esercizio della discarica;
- 4) Ordinanza n° 01 del 26.02.2002 di chiusura della discarica;
- 5) Verbale di sopralluogo presso lo discarica redatto da tecnici ENEA - ANPA in data 14.03.2002;
- 6) Certificato di destinazione urbanistica e d'uso del sito.

Dalla documentazione fornita dal Comune di San Lupo è stato accertato che, durante il periodo di attività della discarica, lo stesso ha creato problemi di inquinamento ambientale.

E' evidente che l'impatto ambientale della discarica di RSU presente sul territorio comunale di San Lupo è notevole, soprattutto con riferimento alla componente inquinante del corso d'acqua e dei terreni limitrofi.

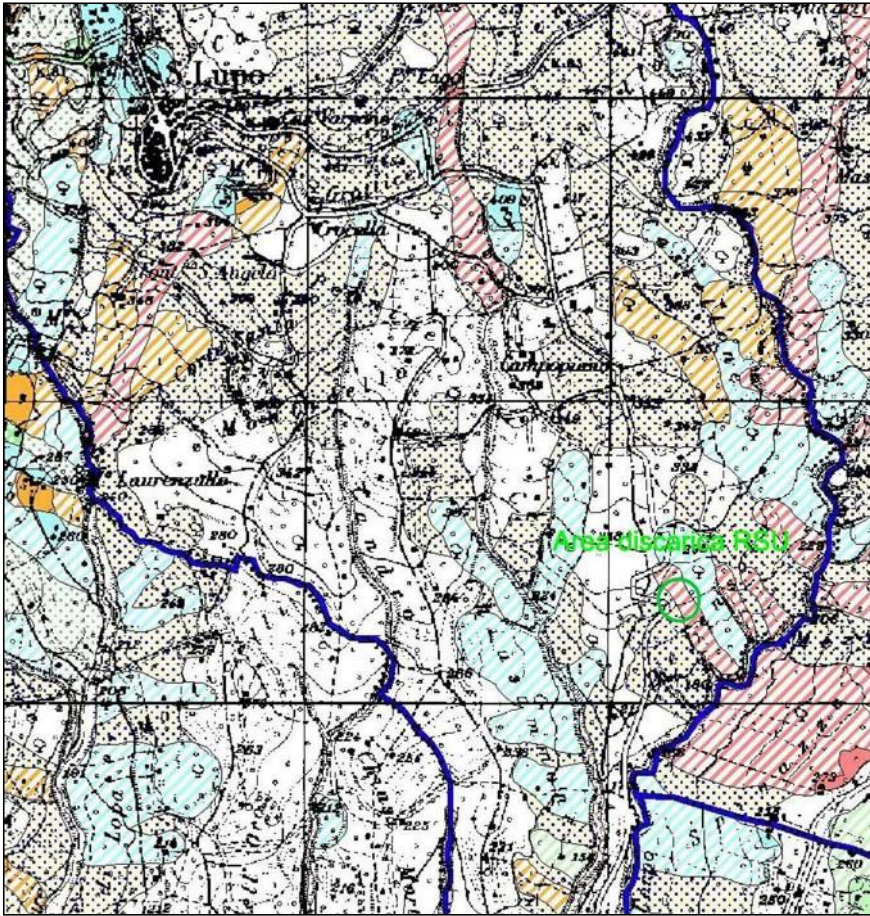
Dal certificato di destinazione urbanistica rilasciato dal Comune di San Lupo, si evince che l'area di interesse ricade nel Foglio di mappa n° 15 Particella N° 215 e la relativa destinazione urbanistica è "Zona Agricola".

Essa risulta perimetrata nell'ambito dello PSAI ed è sottoposta a vincolo rischio frana nell'ambito dello PSAI come Area di Alta Attenzione – A4.



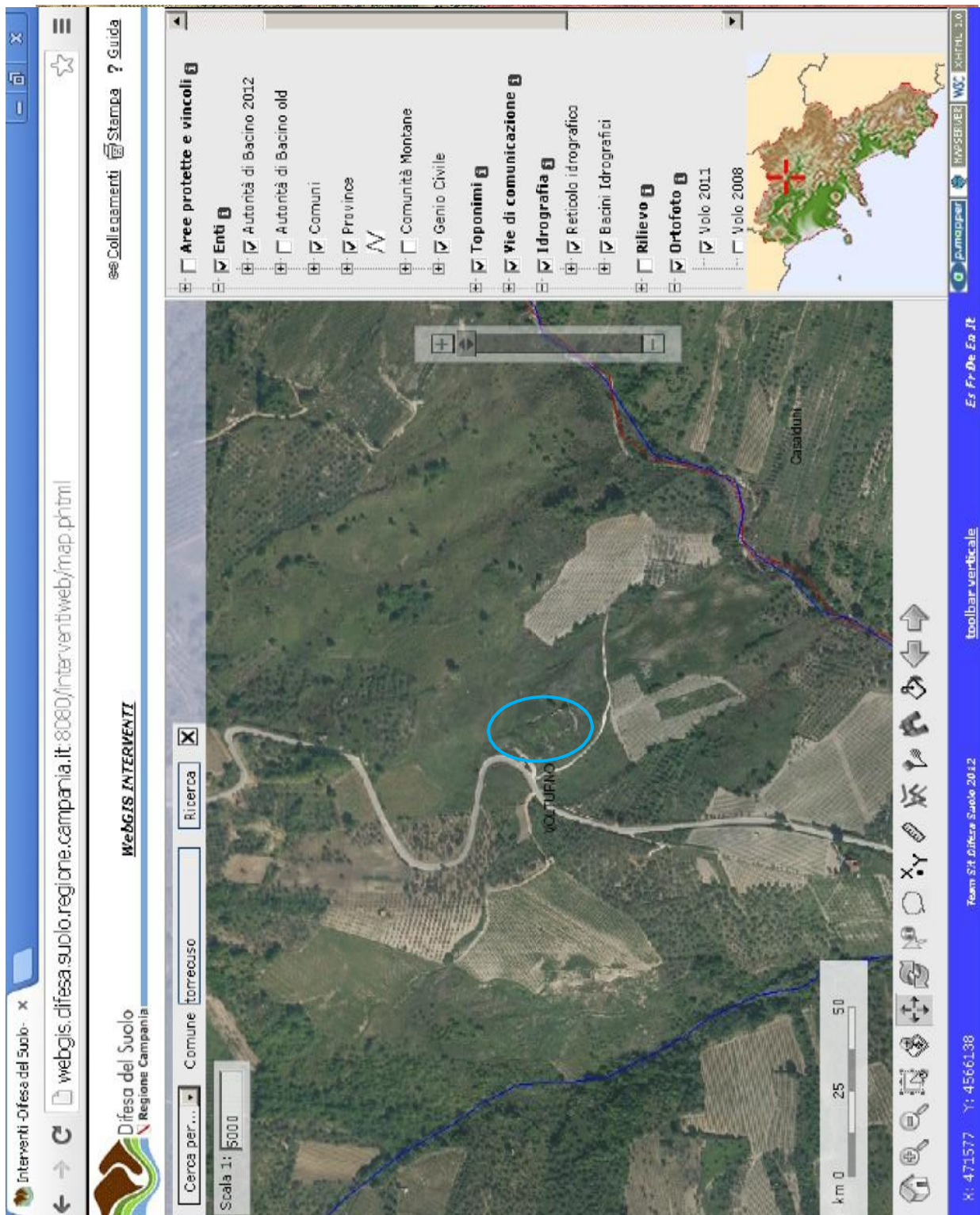
AREA DI ALTA ATTENZIONE - A4

Area non urbanizzata, potenzialmente interessata da fenomeni di innesco, transito ed invasione di frana a massima intensità attesa alta.



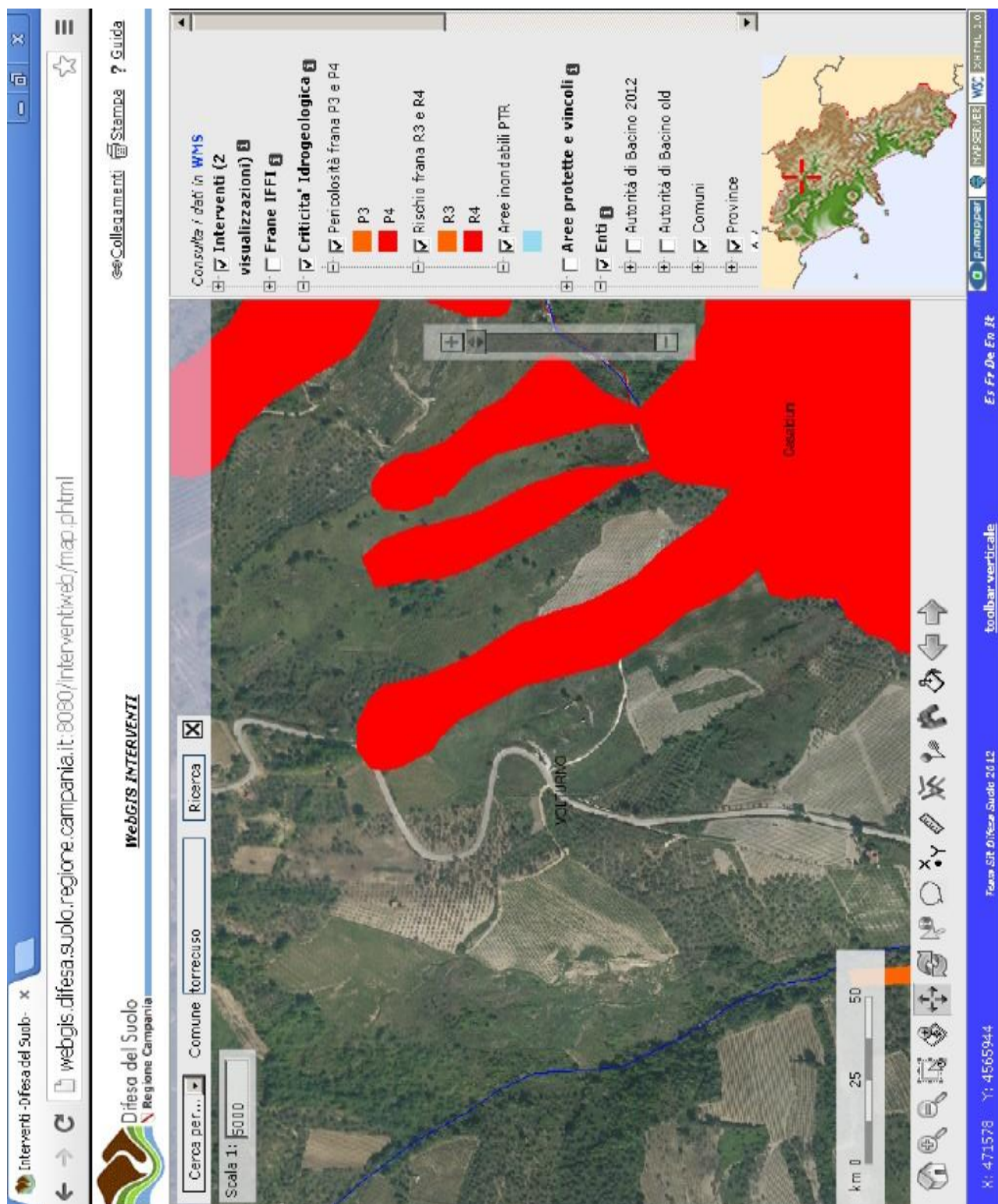
L'area indagata non rientra né è situata nei pressi di Siti di Interesse Comunitario (SIC) o Zone di Protezione Speciale (ZPS), come neppure in un proposto SIC o in un'area di collegamento ecologico funzionale ai sensi degli artt. 2 e 3 del D.P.R. 357/97, e tantomeno appartiene ad uno degli habitat naturali di interesse comunitario di cui All.to A al D.P.R. 357/97.

Infine, dal punto di vista paesaggistico, non sono presenti beni culturali né beni paesaggistici ai sensi degli articoli 136 e 157 del D.Lgs 42/2004, e non sono incluse aree tutelate ai sensi dell' art. 142 dello stesso decreto.



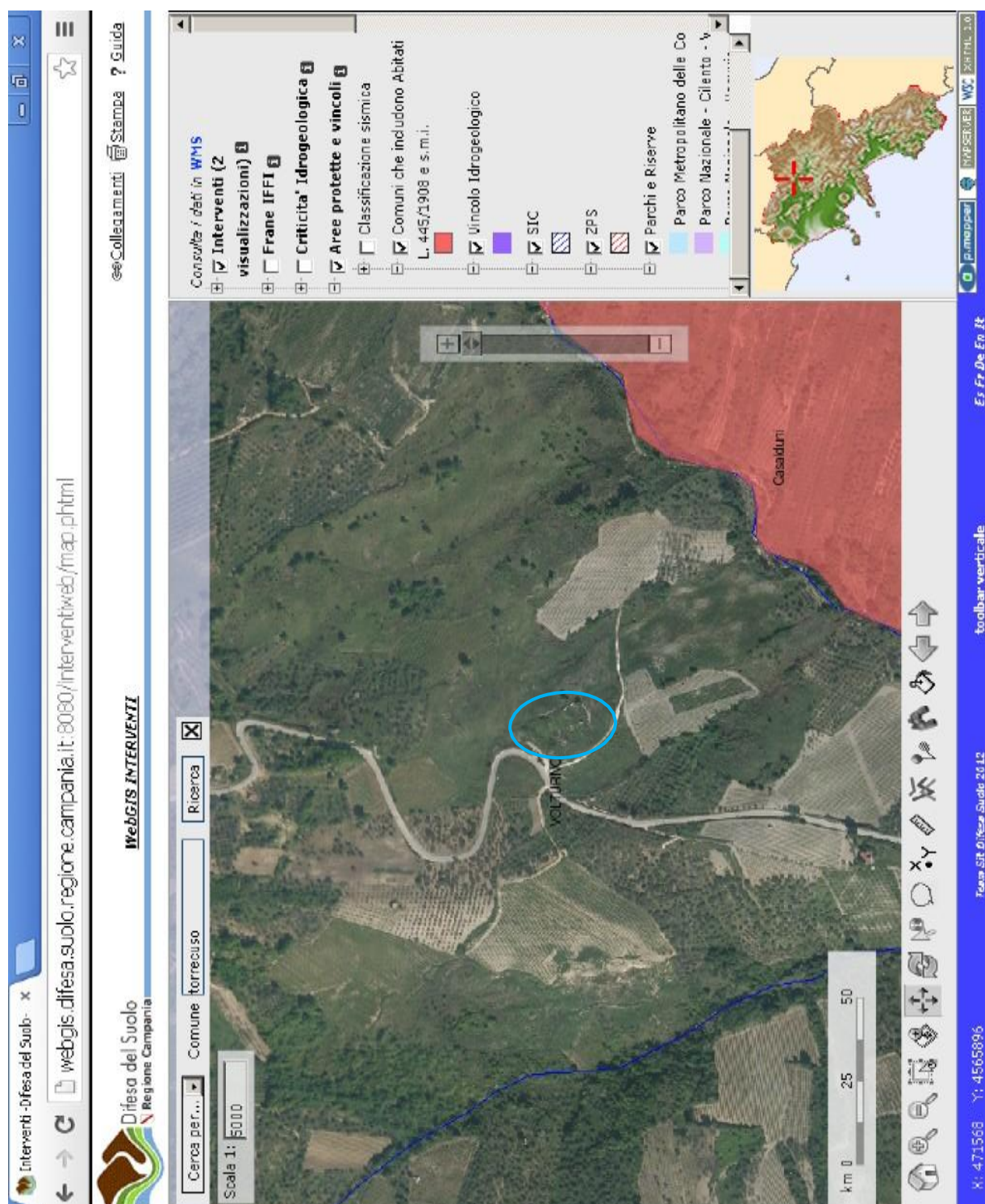
BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA AREA DISCARICA RSU alla località "Defensola" Via Cantone nel Comune di San Lupo (BN).

CODICE SITO: 2063C001 - STAZIONE APPALTANTE: Comune di SAN LUPO



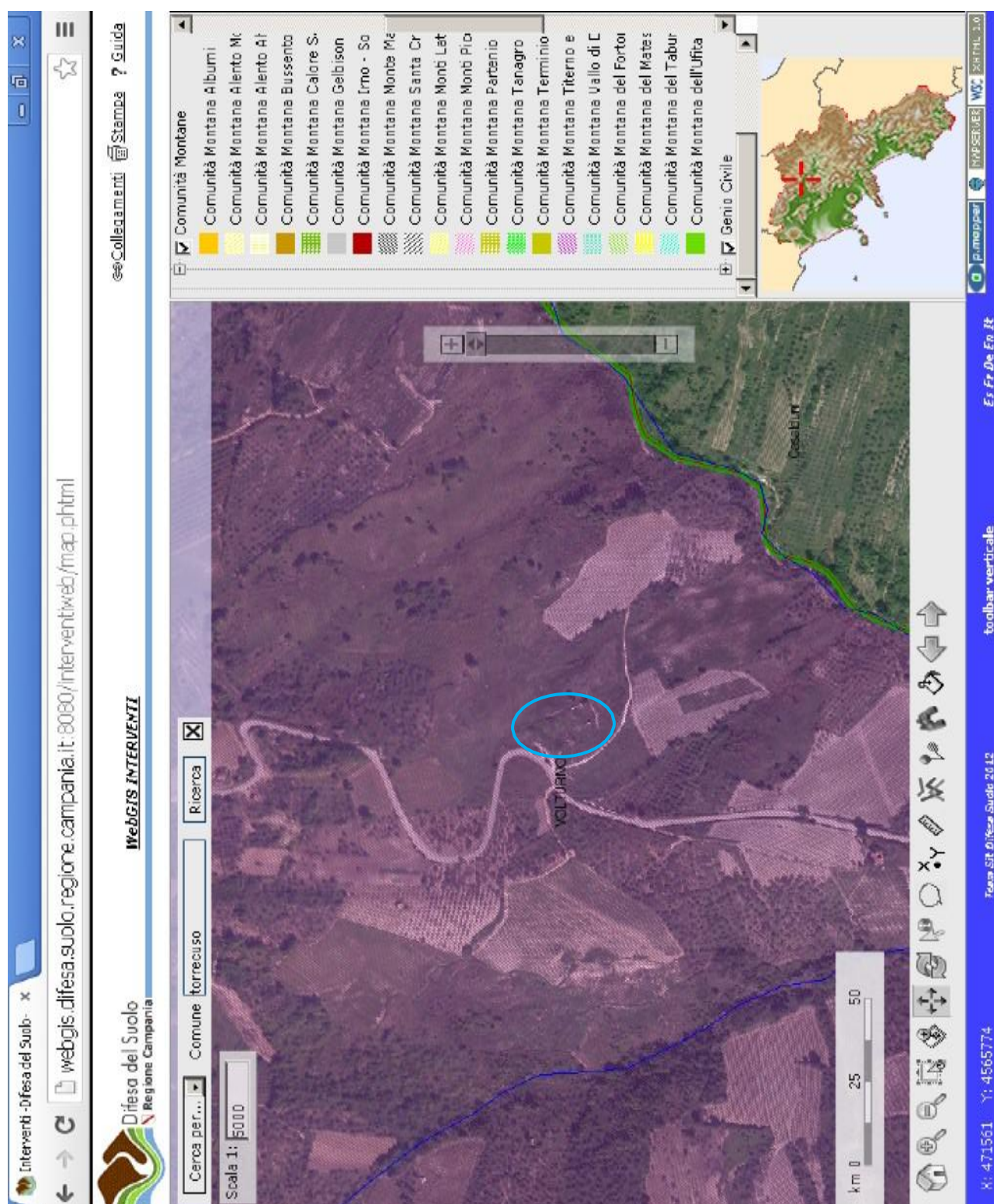
BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA AREA DISCARICA RSU alla località "Defensola" Via Cantone nel Comune di San Lupo (BN).

CODICE SITO: 2063C001 - STAZIONE APPALTANTE: Comune di SAN LUPO



BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA AREA DISCARICA RSU alla località "Defensola" Via Cantone nel Comune di San Lupo (BN).

CODICE SITO: 2063C001 - STAZIONE APPALTANTE: Comune di SAN LUPO



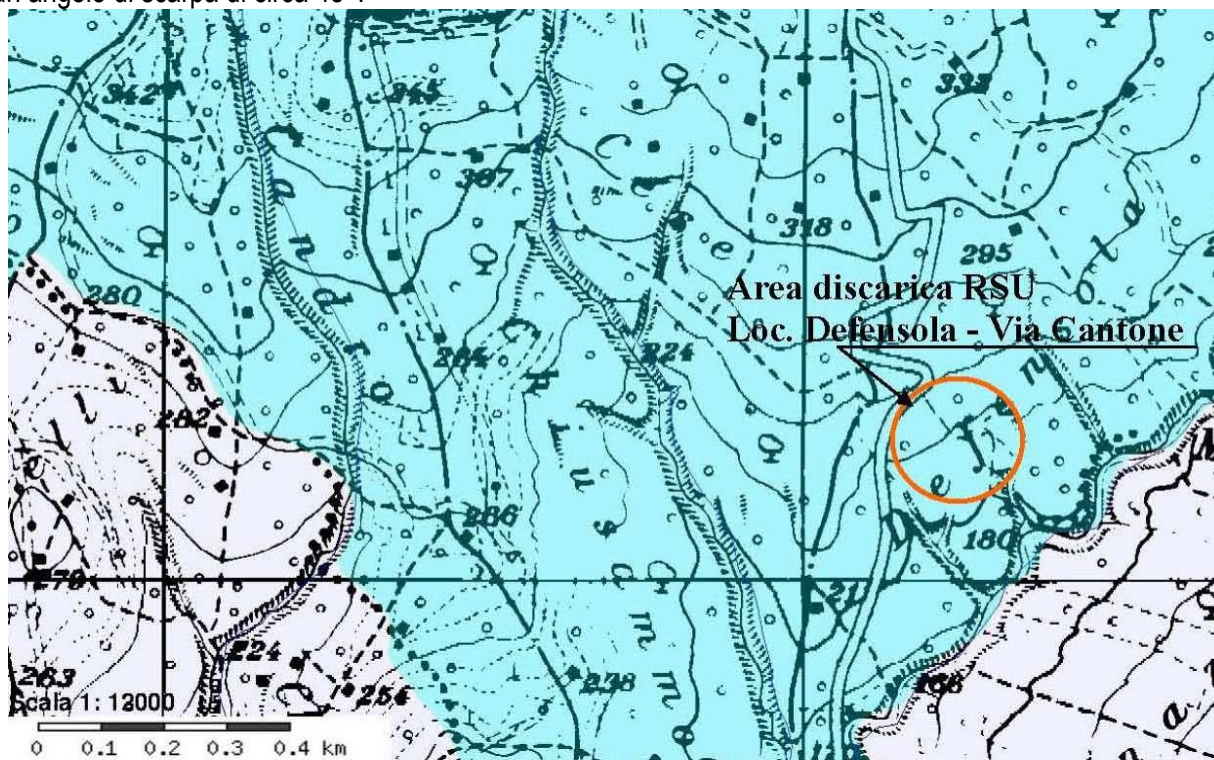
BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA AREA DISCARICA RSU alla località "Defensola" Via Cantone nel Comune di San Lupo (BN).

CODICE SITO: 2063C001 - STAZIONE APPALTANTE: Comune di SAN LUPO

4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area della discarica oggetto del presente studio è ubicata a mezza costa su un versante posto in destra orografica del Vallone Defensola, ad una quota media di circa 260,00 m s.l.m.

La discarica in senso stretto si compone di due vasche di forma pressochè rettangolare, di dimensioni globali di circa 60 m per 40 m, profonda in media circa 8,00 metri; le pareti della discarica sono dotate di un angolo di scarpa di circa 45°.



L'intera superficie dell'invaso è rivestito con membrana impermeabilizzante; allo stato attuale nella stessa si denotano vistose lacerazioni sul lato sud est a causa di uno scivolamento rotazionale che coinvolge l'intera area di discarica R.S.U..

Il fondo della vasca è parzialmente visibile in quanto ricoperto da uno strato di terreno; i rifiuti sono abbancati all'interno delle due vasche, dove raggiungono anche il bordo superiore dell'invaso (Vedasi foto). L'area di competenza della discarica è perimetrata da una recinzione metallica che in alcuni punti risulta essere mancante. A nord dell'invaso è presente un piazzale per la sosta dei cassoni scarrabili, per la raccolta di RSU e alcuni rifiuti ingombranti.

A valle della discarica sono presenti il pozzo di rilancio e di raccolta del percolato.

Nell'area della discarica non sono presenti opere per la regimentazione delle acque superficiali; è stato realizzato, invece, un setto di drenaggio del biogas in cls e pietrame a secco.

I terreni circostanti l'area dell'invaso sono incolti con presenza di vegetazione erbacea spontanea e, a luoghi, di bosco ceduo. A sud est è presente un'area coltivata a vigneto.

Nell'immediato intorno della discarica non sono state individuate strutture ed impianti per uso pubblico o residenziale; sono presenti due corpi idrici superficiali ad est e ad ovest (Vallone del Corpo), affluenti del sottostante Vallone Defensola. Il corpo idrico di maggior rilevanza presente nell'area, e potenzialmente influenzabile dalla presenza della discarica, è rappresentato dal vallone Defensola che scorre alla base del versante e dista dal sito di interesse circa 300 m. Esso rappresenta un importante affluente in dx idrografica del Fiume Calore;

4.1 ASSETTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO

L'area oggetto delle indagini ricade, con riferimento alla cartografia I.G.M., nel foglio n° 173 (Benevento scala 1: 100.000). L'area in esame è posta nella parte sud-est del territorio comunale di San Lupo. In riferimento al bacino idrografico di appartenenza, l'area ricade nel Autorità di bacino Liri, Garigliano e Volturno.

La morfologia dell'area in cui si inquadra il sito in studio, è caratterizzata da dolci rilievi collinari, i cui versanti mostrano di aver subito un'azione di modellamento morfologico originata per lo più da deformazioni a carattere gravitativo. Come gran parte dell'Appennino, caratterizzato idrograficamente dalla presenza di numerosi fiumi e corsi d'acqua, anche nell'area in parola si rileva un'idrografia significativa che, in prossimità del sito di discarica, si individua nel corso del Vallone Defensola, affluente del F. Calore. L'area di indagine è infatti ubicata su di un versante a notevole acclività che comincia in corrispondenza della strada comunale, che funge da spartiacque morfologico. La rete idrografica superficiale è costituita da solchi di erosione che vergono, per maggior parte, verso la porzione appenninica interna e di cui il F. Calore rappresenta il principale linea di impluvio della zona. I fossi e canali presenti nel territorio in oggetto sono per lo più caratterizzati da un regime saltuario, con attività solo in occasione di eventi pluviometrici importanti.

La catena appenninica deriva dalla deformazione di settori paleogeografici posti nella parte meridionale della Tetide, in prossimità del margine continentale nord-africano [D'Argenio, 1980, Channel *et alii*, 1979]. L'apertura del tirreno determina un regime compressivo che si propaga verso oriente, provocando la deformazione dei domini della Piattaforma Appenninica. Il primo edificio a falde di ricoprimento è stato notevolmente disarticolato, soprattutto nei settori assiali ed interni della catena, da faglie a basso angolo (Oldow *et alii*, 1993, Ferranti *et alii*, 1996) e da faglie normali e trascorrenti ad alto angolo durante il Quaternario (Cinque *et alii*, 1993; Hyppolite *et alii*, 1994). Alcuni autori in vari lavori a scala regionale (Malinverno & Ryan, 1986; Patacca & Scandone, 1989; Patacca *et alii*, 1990, 1992; Cinque *et alii*, 1992; Hippolyte *et alii*, 19940), individuano due fasi tettoniche che hanno interessato l'Appennino. In una prima fase, che va dal Cretacico medio al Tortoniano superiore, caratterizzata dalla convergenza tra la placca Africana e quella Europea che causa la collisione tra il blocco Corso-Sardo ed il margine continentale Apulo, il quale causa la deformazione dei domini interni Calabride, Liguride e Sicilide. Tra l'Oligocene ed il Miocene inferiore si verifica l'apertura del bacino Provenzale, [Kastens *et alii*, 1988; Sartori *et alii*, 1989] considerato come bacino di retroarco, che ha causato in seguito la rotazione del blocco Corso-Sardo, inteso come un arco vulcanico. Una seconda fase evolutiva, occorsa dal Tortoniano superiore, determina la distensione tra l'arco vulcanico (blocco Corso-Sardo) e la *root-zone* dell'Appennino, con la conseguente apertura del bacino Tirrenico. Questo cambiamento del regime tettonico determina il trasporto dei lembi più interni della catena sul margine occidentale del Tirreno, mentre parte dei lembi del blocco Corso-Sardo "Cristallino Calabro" migrano sul margine orientale dello stesso. In questa seconda fase si instaura un regime tettonico distensivo, sul margine occidentale, e un regime compressivo, su quello orientale (Malinverno & Ryan, 1986; Patacca & Scandone, 1989; Patacca *et alii*, 1990, 1992). Situazione non definibile secondo gli autori (Malinverno & Ryan, 1986; Patacca & Scandone, 1989; Patacca *et alii*, 1990, 1992) con i meccanismi classici della tettonica a zolle, perché le direzioni di convergenza tra la placca Africana ed Europea sono orientati all'incirca N-S, invece la tettonogenesi si sposta verso i settori orientali. Il meccanismo proposto dagli autori per risolvere la controversa situazione tettonica invoca ad un modello di movimento di *roll-back* and *retreat* della placca Adriatica messo in atto dal passivo affondamento della placca Africana in subduzione. Pertanto gli Autori considerano la catena Appenninica composta da due grandi strutture ad arco separate da una discontinuità crostale denominata linea Ortona-Roccamonfina, una settentrionale e l'altra meridionale, sviluppatasi con differenti stili tettonici e diverse entità di raccorciamento e rotazione. Il diverso stile tettonico che caratterizza i due archi Appenninici è confermato dal fatto che il settore meridionale del bacino tirrenico ha subito una estensione di gran lunga maggiore rispetto al settore settentrionale. Nel lavoro di Patacca *et alii* (1990) l'autore definisce un arco appenninico settentrionale, caratterizzato da una deformazione che è avvenuta, in una prima fase da occidente verso oriente in un periodo compreso tra il Tortoniano e lo Zancleano e successivamente da una seconda fase, esplicitasi da SO verso NE, definita da sovrascorrimenti disposti in imbricate-fans che ha

determinato la formazione di bacini di *piggy-back*.

L'arco appenninico meridionale, dal Pliocene superiore fino al Pleistocene inferiore, ha subito prima una deformazione da Ovest verso Est ed in seguito da NO verso SE, con uno stile tettonico tipo duplex dove le unità interne sono avanzate e sovrascorse al tetto delle unità più esterne. In tale contesto geologico strutturale s'inserisce anche il territorio comunale di Pietrelcina, in cui affiorano con predominanza litotipi argillosi e marno-argillosi, talora interrotti da depositi calcarei. Più precisamente i depositi affioranti nell'area di studio ed in quelle limitrofe possono essere ricondotti ai depositi del *Flysch Rosso Auctorum* facenti parte delle unità *Lagonegresi*. Il *Flysch Rosso* come descritto in letteratura è composto da due membri *uno* inferiore a componente calcareo-marnoso e uno superiore a componente argilloso-marnoso, (*Oligocene-Cretacico Superiore*).

4.2 GEOLITOLOGIA LOCALE

Il territorio comunale di San Lupo (250 m.s.l.m) è posto in destra orografica del Vallone Corpo che lo delimita nella sua parte sud occidentale. La geologia dell'area è tipica delle zone appenniniche, costituita da falde di sovrascorrimento e da faglie con direzione appenninica e antiappenninica le quali hanno complicato il già complesso schema strutturale delle successioni affioranti. Per definire la geologia locale è stato eseguito un rilevamento geologico di campagna suffragato dai dati dei sondaggi eseguiti per la realizzazione del P.R.G. della Variante al PRG del nuovo PRG e dati relativi ai sondaggi eseguiti per il seguente lavoro che hanno permesso il riconoscimento delle seguenti successioni litologiche:

 **LITOFACIES ARGILLOSA** - Costituita da argille e argille marnose scagliose di colore grigio- azzurre intercalate con rari interstrati calcarei di colori grigiastro. *Oligocene-Cretacico Sup.* La formazione si presenta con giacitura caotica dovuta agli intensi sforzi di *stress* subiti durante l'orogenesi appenninica che ne hanno complicato ed alterato in modo profondo l'originaria giacitura. Inoltre, presenta bassa permeabilità essendo composta in prevalenza da materiali di natura argillosa;

 **LITOFACIES ARGILLOSA MARNOSA CALCAREA** - Costituita da Marne, marne argillose di colore variabile tra il verde e il giallastro alternate a strati calcareo-marnosi. *Oligocene-Cretacico Sup.* la successione si presenta spesso caratterizzata da mesopieghe, nella parte alta della successione si passa gradualmente ad un aumento della frazione calcarea fino a diventare predominante. Le argille quanto non alterate si presentano con tipica colorazione rossastra e spesso sono intercalate da livelli calcarenitici biancastri e strati centimetrici di selce. La successione presenta una permeabilità molto variabile in funzione della presenza delle argille, del grado di alterazione e di tettonizzazione. Generalmente la parte superficiale della successione si presenta alterata e contiene nei periodi più piovosi dell'anno una falda episupeficiale la quale può indurre ad una plasticizzazione del substrato argilloso provocando movimenti franosi.

 **DEPOSITI ELUVIALI E COLLUVIALI** - Costituiti principalmente da limi ed argille a consistenza medio-bassa e da detriti poligenici a spigoli vivi con matrice limosa. Affiorano ad est dell'area studiata in zone pianeggianti dove maggiormente si accumulano le acque meteoriche. I depositi colluviali sono localizzati in depressioni morfologiche e alla base dei versanti. (*Pleistocene*)

 **DEPOSITI FLUVIALI** - Costituiti prevalentemente da ciottoli calcarei e marnosi immersi in matrice limo sabbiosa. Si ritrovano in modo continuo lungo il torrente Lenga e Vallone del Corpo. I sondaggi S1 ed S3 hanno intercettato l'orizzonte della litofacies argillosa, mentre il sondaggio S2 ha attraversato l'intera coltre di rifiuti spessa circa 7,50 m costituiti prevalentemente da inerti di lavorazione edile, (cementi, sabbie, laterizi, etc.), materiali plastici, ferrosi ed organici di origine vegetale, materiali di riporto limo-sabbiosi di colore scuro.

4.3 GEOMORFOLOGIA LOCALE

L'area esaminata è ubicata in destra idrografica del "Vallone del Corpo", affluente in destra del Fiume Calore. La

morfologia del territorio circostante l'area in esame denota una chiara maturità morfologica confermata dalla presenza di zone con bassa acclività e zone pianeggianti, dovute all'azione esercitata dagli agenti esogeni sui complessi argillosi-siltosi che affiorano con predominanza nell'area esaminata. A valle dell'area della si nota una ripresa dell'erosione lineare e di sponda esercita dal torrente Del Corpo che provoca, nel versante della discarica e nel versante opposto alla stessa, costituito da coltri argillose alterate, fenomeni di dissesto.

1. il versante su cui è ubicata lo discarica è caratterizzato da tipologie di frana per colamento e scorrimento traslativo. Mentre le aree circostanti sono caratterizzate da forme rotazionali nella parte di distacco della frana evolventi a colate nella parte di canale e di piede del corpo di frana. Talora questi eventi sono concentrati lungo le aste torrentizie ed assumono caratteri di tipo rotazionale e traslativo. Le cause dell'innescio di tali fenomenologie sono da ricondurre all'azione erosiva delle aste torrentizie associate a terreni aventi scarse resistenze a taglio. Le aste torrentizie esplicano un'azione erosiva alla base dei versanti, sia lineare che di sponda, particolarmente attiva; tra le due tipologie di erosione fluviale prevale quella lineare che comporta una incisione dell'alveo fluviale. Tale azione è la risultante di due fattori:

- a. uno cinematico, dovuto alle pendenze dei corsi d'acqua (*alta energia di rilievo*),
- b. ed una litologica legata alla geologia dei versanti, composti prevalentemente da argille e limi sabbiosi in successione stratigrafica con strati di coltri piroclastiche presenti in tutto il territorio campano. Inoltre, lo stessa discarica è ubicata su un corpo di frana come il cumulo è stato sepolto dai rifiuti della discarica stessa. Il movimento presenta una attività intermittente che coincide con i periodi di pioggia più prolungati. Inoltre all'interno dell'area di discarica nel lato a monte sono presenti gabbioni e muri di sostegno che in parte hanno rallentato il movimento del corpo di frana.



L'azione di scalzamento al piede del versante, esercitata dal Vallone Defensola, provoca fenomeni di retrogradazione, ciò produce una evoluzione del profilo stesso del versante.

In particolare nella foto sovrastante si nota lo scorrimento rotazionale del fronte del cumulo della discarica.

Nelle aree circostanti e nella stessa area della discarica sono presenti fenomeni più lenti e superficiali. In particolare l'area è interessata da movimenti di versante superficiali e lenti che interessano le coltri di copertura, derivanti dall'alterazione dei depositi argillosi marnosi (Flysch Rosso) che sotto l'azione del regime meteorico ed in rapporto alle pendenze presenti sul versante provocano un movimento lento dell'intera coltre di alterazione superficiale.

Più di rado si osservano fenomeni di erosione lineare (gully erosion) o areale (sheet erosion), localizzati sporadicamente nei versanti costituiti da terreni di natura flyschoida a prevalente composizione argillosa siltosa e privi di copertura vegetale e dotati di acclività medio elevate.

5 FORMAZIONE DELLA DISCARICA

La discarica comunale è stata utilizzata nel corso degli ultimi decenni a più riprese in funzione delle frequenti situazioni di emergenza venutesi a creare per lo smaltimento dei rifiuti. Anche per questo motivo, allo stato attuale gli spessori che ivi sono stati accumulati non sono facilmente definibili perché abbastanza compattati; inoltre, considerato il completo stato di abbandono, negli ultimi anni si è sviluppata in loco una vegetazione selvaggia molto fitta che è divenuta ricettacolo di ogni specie di animali (topi, formiche, scarafaggi e simili di ogni genere, ecc); ne risulta un paesaggio fortemente degradato e alterato nei suoi aspetti morfologici ed ambientali ciò espone l'area ad un rischio elevato per la sua vulnerabilità sia di tipo idrologico che ambientale dell'intero sito.

Allo stato attuale essa risulta delimitata mediante una recinzione con rete metallica. Durante le stagioni invernale ed estiva, appaiono problematiche le condizioni di vivibilità sia a causa del vento che disperde i materiali liberi della discarica (nel raggio di circa 200 m è facile, infatti, verificare come nei periodi ventosi si generano correnti di polveri e residui di buste e materiale di plastica che finiscono appese ai circostanti alberi boschivi), sia a causa dell'afa che rende l'aria maleodorante e praticamente irrespirabile. In relazione ai materiali conferiti in discarica le notizie raccolte presso fonti ufficiali indicano del conferimento di RR.SS.UU. oltre che di occasionali apporti di materiali provenienti da demolizioni e da scavi. L'impianto, di proprietà comunale è stato sempre gestito direttamente dallo stesso ente che lo ha utilizzato per lo smaltimento dei rifiuti solidi urbani prodotti nell'ambito del comune ed eccezionalmente in altri comuni della provincia. Durante i sopralluoghi effettuati nel sito non è stata rilevata la presenza di fusti o altri tipi di rifiuti speciali, tuttavia sarà possibile indagare l'eventuale presenza di materiali sepolti attraverso l'indagine geofisica.

6 IDROGEOLOGIA E PLUVIOMETRIA

6.1 REGIME PLUVIOMETRICO

Il clima locale è quello sub-mediterraneo tipico con periodi di aridità in corrispondenza dei mesi estivi e con abbondanti precipitazioni in quelli invernali e primaverili.

I dati derivanti dagli annali del compartimento di Napoli del Servizio Idrografico e Mareografico d'Italia; relativi alla stazione pluviometrica "Luogosano" (374 m s.l.m.) (trentennio 1920-1950) indicano che le precipitazioni atmosferiche sono concentrate in massima parte nel periodo settembre-maggio, con una media annua di circa 855 mm distribuiti in 74 giorni piovosi.

In relazione ai tipi litologici che compongono il substrato, ad alta componente argillosa, le infiltrazioni sono abbastanza ridotte e limitate alla porzione più superficiale dei terreni. Le acque di ruscellamento tendono a defluire verso valle, fino a raggiungere il Fiume Calore che rappresenta il livello di base locale e che dista circa 300 metri dalla discarica, formando rivoli diffusi la cui esistenza è strettamente legata alle precipitazioni.

La rete idrografica, infatti, è poco sviluppata e nell'intorno dell'area di interesse non sono presenti aste torrentizie ben definite.

Le acque di ruscellamento essendo in stretta dipendenza dalle precipitazioni, sono assenti nei periodi secchi; in corrispondenza di forti piogge accade invece che le portate subiscono rapidi incrementi; ciò fa sì che le acque acquistino elevata velocità e conseguentemente elevata capacità erosiva e di trasporto.

In questi periodi, i piccoli corsi d'acqua che si formano possono favorire la dispersione di eventuali inquinanti nei suoli, nelle acque sotterranee e nel Fiume Calore che, come detto, dista circa 300 metri dalla discarica e che rappresenta il recapito finale delle acque di ruscellamento.

Tanto è possibile anche perché nell'area della discarica non sono presenti opere per la raccolta e regimentazione delle acque superficiali e pertanto queste sono libere di defluire in funzione della situazione morfologica locale.

6.2 IDROGEOLOGIA

Data la varietà litologica dei materiali affioranti nell'Appennino, le caratteristiche di permeabilità molto diverse tra un litotipo e l'altro, nonché le complicazioni derivanti da alternanze di litologie a permeabilità differente, a cui si aggiunge l'intenso stato di tettonizzazione dei materiali, nell'area in esame la situazione idrogeologica risulta molto complessa. La circolazione idrica sotterranea è essenzialmente circoscritta alle formazioni fliscioidi e ai livelli clastici. Nelle formazioni fliscioidi si istaura una modesta circolazione idrica sotterranea esplicantesi attraverso diversi livelli acquiferi aventi sede nelle bancate calcaree ed arenacee, fratturate e sostenute alla base dagli orizzonti e/o livelli pelitici. Gli acquiferi più cospicui sono rappresentati dalle rocce carbonatiche ed in particolare dai livelli più francamente calcarei del Flysch, ove essi risultano intensamente tettoniati. In genere, lo stato di intensa fratturazione di tali livelli conferisce alla formazione una permeabilità secondaria che si spinge a profondità non superiori ai 100 m dalla superficie. Con specifico riferimento all'area di indagine, in questa non sono mai state riconosciute falde con capacità significativa. In corrispondenza delle aree di affioramento dei complessi argillosi, si istaurano, in occasione di eventi pluviometrici importanti, piccole emergenze che si esauriscono velocemente in alcuni giorni. Nella parte alta del paese, all'interno della Formazione della Daunia, sono segnalate alcune manifestazioni sorgentizie di modesta capacità. Sia l'osservazione dei pozzi esistenti, sia i risultati di sondaggi geognostici fatti eseguire dallo scrivente sul sito e condizionati con piezometri, hanno messo in evidenza che la falda idrica è episupeficiale e di esigua portata, la quale viene alimentata dalle acque di ruscellamento e/o di precipitazione e si insediano al di sotto alla coltre di alterazione esistente a tetto degli strati argillosi presenti nel sito oggetto di indagine. Quindi il grado di permeabilità relativo a queste coltri pur variabile da medio a basso, come dimostrano le prove Lefranc eseguite, è complessivamente tale da rendere gli affioramenti di scarso interesse idrogeologico ma di rilevanza notevole per quanto riguarda le acque di percolato e per l'innescio di dissesti idrogeologici diffusi in tutta l'area in esame.

Da ciò si deduce che le acque possono percolare attraverso i termini alterati con granulometria che consentono una permeabilità per porosità e fermandosi al contatto con la sottostante formazione argillosa, determinando locali accumuli o falde la cui piezometrica è strettamente legata alle temporanee acque di precipitazione giornaliere e la direzione di scorrimento è influenzata dall'andamento dei piani di contatto e dalla morfologia. Quindi la profondità a cui sono state rinvenute presenze idriche all'interno dei piezometri installati ed attraversanti litologie argillose non devono essere confuse con livelli piezometrici della falda ma solo come profondità di raccolta d'acqua che viene convogliata all'interno per differenza di gradiente idraulico e di coefficiente di permeabilità.

Per la caratterizzazione idrogeologica dei terreni, e in particolare per la verifica dell'esistenza di acquiferi potenzialmente inquinabili dal percolato, per la definizione della circolazione idrica sotterranea e per la parametrizzazione idrogeologica dei terreni è stata posta in essere una campagna di indagini basata su differenti tipologie di prove (misure piezometriche, prove di permeabilità, prove geofisiche).

Dalle prove di permeabilità, eseguite nella fase di indagini preliminare, si sono ricavati i seguenti valori:

Sondaggio (m)	Prof. (cm/sec)		Coeff. di permeabilità K
P1	6.00	I	1.87×10^{-5}
P2	4,00		5.81×10^{-5}
P3	6,00		1.21×10^{-5}

I valori risultati indicano per i terreni di substrato un grado di permeabilità scarso; leggermente più alto è quello determinato nei terreni della coltre superficiale misurato con la prova eseguita nel sondaggio P2.

I dati disponibili nella presente fase di progettazione esecutiva (Sondaggio n.1, prove di permeabilità sui campioni C1, C2 e C3) rivelano valori della permeabilità che per gli strati più superficiali sono paragonabili a quelli sopra riportati (10^{-5}), mentre si riscontrano valori di permeabilità sensibilmente più bassi all'aumentare della profondità (10^{-6}).

Per quanto concerne poi la presenza di falde idriche sotterranee, sia dalle risultanze delle indagini preliminari che dalle misure piezometriche eseguite nei nuovi piezometri installati nei fori di sondaggio effettuati nella fase di caratterizzazione (anno 2007), si è potuto verificare che esiste una falda episuperficiale con pelo libero impostato ad una profondità media di circa -4.00 -7,00 metri dal p.c.

Dalla ricostruzione delle isopiezometriche e dai caratteri dei luoghi si ricava che le acque sotterranee circolano da monte verso valle, sebbene con una bassa trasmissività.

In considerazione della bassa profondità a cui risiede il pelo libero della superficie piezometrica, facilmente le acque sotterranee possono entrare in contatto con eventuali perdite di percolato e pertanto risulta fondamentale la verifica di inquinamenti in questa matrice ambientale.

7 INDAGINI PRELIMINARI

Tutte le indagini di cui alla presente relazione sono state programmate ed esperite nel pieno rispetto di quanto previsto nel documento "Piano delle Investigazioni Preliminari" redatto dal Gruppo Tecnico nominato con Ordinanze Commissariali n° 248/03 e n° 328/03, così come, peraltro, specificamente richiesto nelle Delibera di G.R. Campania n° 400 del 28.03.2006.

Pertanto, in considerazioni che dette indagini hanno come obiettivo primario la verifica della sussistenza di eventuali fenomeni di inquinamento a danno degli acquiferi, sia essi superficiali che profondi, si è preliminarmente provveduto ad eseguire un rilievo idrologico ed idrogeologico dell' area direttamente interessata dalla discarica, esteso ovviamente ad un ambito territoriale più ampio e ritenuto significativo al fine di ottenere un quadro di sufficiente dettaglio per le finalità stesse del presente studio.

Verificata, quindi, in fase di rilevamento l'esistenza di alcuni pozzi per approvvigionamento idrico di tipo irriguo sia nella zona a monte della discarica che in quella a valle, si è ritenuto utile, sebbene i dati di natura idrogeologica indicassero comunque una bassa permeabilità dei sedimenti costituenti il rilievo, procedere alla perforazione di n° 3 piezometri di controllo, dei quali n° 1 ubicato immediatamente a monte della discarica e n° 2 nella zona di valle.

Si è preferito procedere alla perforazione dei piezometri utilizzando una metodologia a carotaggio continuo la quale, a fronte di costi di esecuzione più elevati, ha comunque consentito sia la ricostruzione di dettaglio delle successioni litostratigrafiche significative dell' area, anche ai fini idrogeologici, che il prelievo di campionatura in forma indisturbata sulla quale sono state eseguite prove di caratterizzazione generale e prove di permeabilità.

Contestualmente alla realizzazione dei piezometri, sono stati effettuati più cicli di campionamento ed analisi delle acque di falda relative sia ai pozzi ubicati a monte che a quelli ubicati a valle, delle acque superficiali

relative ai corpi idrici potenzialmente interessati da eventuali fenomeni di inquinamento e dei suoli nelle zone immediatamente a valle della discarica.

Le indagini eseguite, di seguito dettagliamene descritte, hanno, quindi, consentito di ottenere un quadro sufficientemente dettagliato delle interazioni esistenti tra il sito di discarica e le principali matrici ambientali circostanti.

7.1 INDAGINI IN SITO

I n° 3 sondaggi geognostici eseguiti per la posa in opera dei piezometri a tubo aperto, hanno confermato che l'area in studio è caratterizzata dall'affioramento di sedimenti a matrice prevalentemente limoso argillosa con alternanze di strati e/o livelli centimetrici di sabbia e sabbia limosa e rare intercalazioni di livelli di arenaria tenera e calcarenite.

I sedimenti indagati con le terebrazioni meccaniche risultano essere costantemente alterati e dotati di consistenza francamente plastica negli strati più superficiali; in successione tali sedimenti passano rapidamente con la profondità a raggiungere gradi di consistenza elevati. La formazione assume colorazione sui toni dell'avana marrone o del grigio marrone con fiamme varicolori nella sua parte alterata più superficiale, passando gradualmente verso il basso a grigio scuro e/o grigio verdastro nella parte inalterata.

In particolare la potenza degli strati francamente alterati e plasticizzati è pari ad 1.20 m nel sondaggio S1, eseguito nella zona a monte della discarica, a 3.20 m nel sondaggio S3 (zona a valle della discarica, lato ovest) e a 5.30 m nel sondaggio S2 (zona a valle della discarica, lato est).

Tale risultanza è perfettamente congrua e coerente con la situazione di dissesto idrogeologico che affligge il versante in studio, precedentemente descritta, in quanto la fascia alterata e plasticizzata della formazione è proprio quella che, per traslazione gravitativa, determina tale tipo di fenomeni; peraltro detti fenomeni sono concentrati prevalentemente sul verso il fronte est dell'invaso, proprio laddove la potenza delle coltri plasticizzate risulta essere maggiore.

I n° 6 campioni prelevati durante in condizioni inalterate durante il corso delle perforazioni, sono stati sottoposti a prove di laboratorio geotecnico finalizzate alla determinazione delle caratteristiche fisiche generali e della permeabilità (*Elaborato IP 02*).

I risultati di dette prove consentono di operare una suddivisione piuttosto marcata tra i sedimenti più superficiali (campioni S1C1, S2C1 ed S3C1, prelevati a profondità comprese tra 2.70 m e 3.50 m dal p.c.), quindi relativi alle coltri plasticizzate, almeno per quanto riguarda gli ultimi due sondaggi e quelli più profondi, inalterati o solo parzialmente alterati (campioni S1C2, S2C2 ed S3C2, prelevati a profondità comprese tra 6.20 m e 7.50 m dal p.c.).

I sedimenti afferenti le coltri più superficiali, infatti, sono caratterizzati da peso dell'unità di volume variabile tra $1.98 \leq \gamma_n < 2.06 \text{ gr/cm}^3$, con conseguente peso secco compreso tra 1.56 ed 1.67 gr/cm^3 ; possiedono basso valore dell'indice dei vuoti ($e = 0.64 + 0.76$), porosità nell'intorno del 40 % o poco superiore, elevato grado di saturazione e contenuto naturale in acqua nell'intorno del 23.0 + 26.0 %.

Al di sotto della fascia plasticizzata, i sedimenti passano con rapidità a stati di consistenza da solido plastico a semisolido; tali sedimenti possiedono migliori caratteristiche fisiche, i cui valori aumentano progressivamente procedendo in profondità.

Immediatamente al di sotto della coltre plasticizzata, infatti, i sedimenti mostrano peso dell'unità di volume variabile tra $2.09 \leq \gamma_n \leq 2.14 \text{ gr/cm}^3$, con peso secco compreso tra 1.74 ed 1.78 gr/cm^3 ; sono inoltre caratterizzati da valore dell'indice dei vuoti pari ad $e = 0.56 + 0.60$, porosità nell'intorno del 35.0 % o poco superiore, elevato grado di saturazione e contenuto naturale in acqua nell'intorno del 18.0 + 21.0 %.

I valori della permeabilità determinati a mezzo di prova a carico variabile in permeametro (*Elaborato IP 02*), presentano sempre molto bassi, costantemente inferiori a $1 \cdot 10^{-6} \text{ cm/sec}$; anche

in tal caso i sedimenti più superficiali alterati e plasticizzati evidenziano valori lievemente più alti del coefficiente di permeabilità ($k = 9.54 \cdot 10^{-6} \div 4.06 \cdot 10^{-6}$ cm/ sec) rispetto ai sedimenti inalterati ($k = 3.37 \cdot 10^{-8} \div 6.69 \cdot 10^{-8}$ cm/ sec).

Granulometricamente tutti i sedimenti analizzati rientrano nelle classi a taglia fine o finissima (limi ed argille) con coda grossolana nella norma delle sabbie e sabbie fini.

7.2 IDROLOGIA SUPERFICIALE

Il versante su cui insiste la discarica degrada, con acclività medio-alta, verso l'incisione denominata "*Vallone del Corpo*"; quest'ultima, di tipo perenne, rappresenta il principale corpo idrico dell' area.

Sullo stesso versante si rileva la presenza di altri due corpi idrici temporanei, ubicati rispettivamente a nord-est ed a sud-ovest rispetto al sito di discarica, entrambi confluenti nel citato *Vallone del Corpo*.

In relazione alla particolare conformazione morfologica del versante, ampiamente descritta in precedenza, caratterizzata da un globale stato di dissesto, ed in relazione alla bassa o nulla permeabilità dei sedimenti costituenti il rilievo, la densità di drenaggio che caratterizza l'area risulta essere piuttosto alta: il reticolo idrografico, peraltro, risulta fortemente immaturo e poco gerarchizzato.

Si rileva, infatti, la presenza, oltre ai corpi idrici innanzi descritti, di un elevato numero di fossi di drenaggio, alimentati dal ruscellamento diffuso, concentrati nelle fasce di versante topograficamente più depresse; peraltro, in relazione alla non linearità dei processi morfogenetici attivi sul versante, imputabili in prevalenza allo stato di dissesto in atto, tali fossi di drenaggio seguono percorsi spesso contorti e sono caratterizzati da elevato potere erosivo, testimoniato dalla tipica forma a "V" molto stretta della stessa incisione.

Da sottolineare, ancora, che l'inserimento dell' impianto sul versante e la totale assenza di un sistema di regimentazione delle acque al contorno, ha sicuramente determinato una sensibile modificazione del regime idraulico preesistente.

Si evidenzia ancora che, proprio in relazione allo stato di dissesto in essere sul versante

interessato, si determinano alcune zone in debole contropendenza nell' ambito delle quali sono possibili fenomeni di ristagno idrico e/o aree in corrispondenza delle quali il deflusso idrico risulta difficoltoso: una prima zona di ristagno è rilevabile al piede dell' ampia scarpata morfologica ubicata a monte del sito di discarica, mentre una zona di deflusso idrico difficoltoso è ubicata a valle della strada privata, determinata da una zona a debole pendenza nell' ambito del versante, più acclive.

Tale fenomeni, inoltre, si rilevano anche all' interno del sito di discarica e sono riconducibili ad analoghe motivazioni: due zone a deflusso idrico difficoltoso si rilevano, infatti, nell' area prospiciente l'ingresso della discarica ed in quella ubicata immediatamente a monte della vasca di stoccaggio dei rifiuti.

In quest'ultima zona, in particolare, sono anche nettamente visibili fenomeni erosivi dovuti alla corrivazione delle acque lungo la scarpata sita a monte, fenomeni che hanno determinato il sensibile arretramento della scarpata stessa nella sua zona assiale.

Zone di ristagno delle acque, invece, si rilevano sia nella zona nord che est dell' invaso, al piede di scarpatine morfologiche, nonché nella fascia immediatamente a valle del muro di contenimento sul fronte sud.

Mentre nel primo caso, tuttavia, l'alimentazione di tali pozze avviene ad opera di acque provenienti dall' esterno del sito di discarica, per i ristagni sul fronte est molto probabilmente vi è un apporto idrico di liquidi provenienti dalle zone di stoccaggio dei rifiuti, e tanto anche sulla scorta dei dati emersi dalle indagini chimiche; i ristagni a valle del muro di sostegno, infine, sono quasi certamente alimentati in gran parte da acque che percolano all' interno dei rifiuti abbancati e

fuoriescono causa il forte stato di degrado delle strutture deputate al contenimento degli stessi. E' interessante, infine, notare che dalle due principali pozze ubicate e cartografate a valle delle discarica, si dipartono due linee di deflusso idrico piuttosto marcate lungo le quali, per effetti di tracimazione dalle stesse pozze, i liquidi vengono convogliati verso una piccola cunetta esistente a monte della strada privata e da questa dispersi nei terreni a valle.

7.3 IDROGEOLOGIA

Come già innanzi evidenziato, la formazione geologica affiorante nell' area in studio costituisce un complesso idrogeologico dotato di bassa o nulla permeabilità; quanto innanzi è avvalorato anche dai risultati delle prove di permeabilità eseguite su campioni di terreno allo stato indisturbato, le quali evidenziano, come già innanzi sottolineato, valori del coefficiente di permeabilità uk'' prossimi o inferiori a $1 \cdot 10^{-6}$.

Tuttavia, nonostante i bassi valori di permeabilità, nelle aree di affioramento di tali sedimenti si rileva di frequente la presenza di corpi idrici molto superficiali, con superficie piezometrica libera attestata a profondità non superiori ai 3.00 - 4.00 m circa dal piano di campagna.

Tali livelli idrici, caratterizzati da portate sempre estremamente modeste e che spesso hanno carattere tipicamente stagionale (di frequente si assiste alla loro totale scomparsa nelle stagioni secche), sono attestate nell'ambito delle coltri più superficiali, laddove fenomeni di alterazione subaerea rendono le stesse più permeabili, e sono tamponate inferiormente per limite di permeabilità relativa dai terreni integri della formazione.

Tale falda superficiale, per i motivi di cui innanzi, presenta morfologia marcatamente adattata alla superficie topo grafica, con risalita della superficie piezometrica quasi a piano campagna laddove diminuisce lo spessore delle coltri superficiali e/o con recapiti

preferenziali verso aree vallive o in corrispondenza di incisioni torrentizie, laddove la stessa superficie topografica incide i livelli piezometrici.

In ordine ai tre piezometri installati, nell' arco del mese successivo alla loro posa in opera, sono state eseguite n° 3 misurazioni con l'ausilio di freatimetro ad impulsi elettrici.

I risultati di tali misurazioni hanno evidenziato condizioni sostanzialmente anidre per il piezometri pz 3, una lieve risalita del livello freatico nel piezometro pz 2, pari a circa 1.00 m, ed una risalita più consistente nel piezometro pz 1, pari a circa 5.00 m.

Va, tuttavia, sottolineato che il lasso di tempo intercorso tra la posa in opera della strumentazione ed i rilievi eseguiti - peraltro in un periodo caratterizzato da scarso apporto idrico di origine meteorica - è sicuramente troppo breve per aver consentito una stabilizzazione dei flussi idrici e dei livelli piezometrici in relazione alla lentissima velocità di filtrazione delle acque nell' ambito di terreni caratterizzati da permeabilità estremamente bassa.

7.4 ACQUE SUPERFICIALI

Le successive Tabella 2e Tabella 3 riportano la tipologia e le coordinate di ogni punto di prelievo nonché la data dei prelievi eseguiti con le rispettive date.

Sigla	Coordinate (*)	Tipologia
A 1	N 4 566 142,18 E 2 491 023,60	Corpo idrico superficiale; zona a monte area discarica
A 2	N 4 566 085,89 E 2 491 126,07	Ristagno idrico superficiale a bordo area discarica lato est
A 3	N 4 565 984,62 E 2 491 081,61	Corpo idrico superficiale; zona a valle area discarica lato ovest
A 4	N 4 566 055,35 E 2 491 122,49	Ristagno idrico superficiale a valle muro di contenimento discarica
A 5	N 4 565 888,05 E 2 491 303,12	Corpo idrico superficiale (Vallone del Corpo) a valle area discarica
(*) Sistema di riferimento: Nazionale Gauss-Bouga (Roma 40), Fuso est		

Tabella 2 - Localizzazione e Tipologia dei punti di prelievo acque superficiali

Sigla	Data Prelievo		
Prelievo	06.05. 2006	20.05. 2006	30.05.2006
A 1	◆		◆
A 2	◆	◆	◆
A 3	◆		◆
A 4	◆	◆	◆
A 5	◆		

Tabella 3 - Distinta prelievi acque superficiali

Sono stati complessivamente individuati n° 5 punti di prelievo per il campionamento e l'analisi delle acque superficiali dei quali tre riferiti a corpi idrici superficiali, sia a valle che a monte della discarica, e due riferiti a ristagni idrici.

I risultati delle analisi eseguite sui campioni prelevati in corpi idrici superficiali, sia a monte che a valle della discarica, evidenziano che le stesse risultano essere conformi ai limiti delle acque di scarico di cui all' allegato 5, tabella 3, D. Lgs. n° 152/2006.

Le analisi sulle acque prelevate in corrispondenza di ristagni a bordo ed a valle della discarica mostrano risultati, per tutti i tre cicli di prelievo, non conformi ai limiti di cui innanzi: in particolare le acque di cui al punto di prelievo A2, risultano oltre i limiti per l'azoto nitrico ed evidenziano, inoltre, elevati valori di solfati; le acque di cui al punto di prelievo A4, risultano invece oltre i limiti per i valori di BOD5, COD, azoto nitrico, piombo, solfati ed evidenziano valori particolarmente elevati di cadmio, rame, zinco e cloruri.

7.5 ACQUE DI FALDA

Le successive Tabella 4 e Tabella 5 riportano la tipologia e le coordinate di ogni punto di prelievo nonché la distinta dei prelievi eseguiti con le rispettive date.

Sono stati complessivamente individuati n° 5 punti di prelievo per il campionamento e l'analisi delle acque di falda, oltre ai prelievi eseguiti in due dei tre piezometri installati, atteso che il piezometro pz 3 è risultato praticamente anidro.

I risultati delle analisi eseguite sui campioni prelevati nell'ambito dei pozzi ubicati nella fascia a monte della discarica (P1, P2 e P3) evidenziano una complessiva scadente qualità, e risultano non

conformi o ai limiti per le caratteristiche delle acque destinate al consumo umano (Allegato 1, parte B, D. Lgs. 31/2001) [vedasi esami analisi chimiche effettuate dal dr. Chimico Giuseppe Mazza]; tali acque, tuttavia, possono essere sfruttate per scopi irrigui.

<i>Sigla</i>	<i>Coordinate (*)</i>	<i>Tipologia</i>
P 1	N 4 566 176,14 E 2 490 955,06	Pozzo esistente utilizzato a scopo irriguo; zona a monte area discarica; profondità presunta 10 m circa; livello idrico statico - 0.70 m dal p.c.
P 2	N 4 566 249,69 E 2 490 918,10	Pozzo esistente utilizzato a scopo irriguo; zona a monte area discarica; profondità presunta 10 m circa; livello idrico statico - 1.00 m dal p.c.
P 3	N 4 566 207,39 E 2 491 038,77	Pozzo esistente utilizzato a scopo irriguo; zona a monte area discarica; profondità presunta 5 m circa; livello idrico statico - 1.30 m dal p.c.
P 4	N 4 566 009,98 E 2 491 108,09	Pozzo esistente utilizzato a scopo irriguo; zona a valle area discarica; profondità presunta 7 m circa; livello idrico statico - 1.80 m dal p.c.
P 5	N 4 566 047,25 E 2 491 267,64	Pozzo esistente utilizzato a scopo irriguo; zona a valle area discarica; profondità presunta 18 m circa; livello idrico statico - 1.90 m dal p.c.
<i>Sigla</i>	<i>Coordinate (*)</i>	<i>Tipologia</i>
Pz 1	N 4 566 132,77 E 2 491 073,28	Piezometro a monte area discarica
Pz 2	N 4 566 024,93 E 2 491 147,12	Piezometro a valle area discarica
Pz 3	N 4 566 045,05 E 2 491 122,10	Piezometro a valle area discarica
<i>(*) Sistema di riferimento: Nazionale Gauss-Boaga (Roma 40), Fuso est</i>		

Tabella 4 - Localizzazione e Tipologia dei punti di prelievo acque di falda

I risultati delle analisi eseguite sui campioni prelevati nell' ambito dei pozzi ubicati nella fascia a monte della discarica (P1, P2 e P3) evidenziano una complessiva scadente qualità, e risultano non conformi o ai limiti per le caratteristiche delle acque destinate al consumo umano (Allegato 1, parte B, D. Lgs. 31/2001); tali acque, tuttavia, possono essere sfruttate per scopi irrigui.

I pozzi ubicati nella zona a valle della discarica, di contro, pur confermano le analoghe scadenti qualità delle acque, evidenziano una modificazione - più sensibile in corrispondenza del pozzo P4, più

<i>Sigla</i>	<i>Data Prelievo</i>			
<i>Prelievo</i>	06.05.2006	20.05.2006	30.05.2006	24.06.2006
P 1	◆		◆	
P 2	◆	◆	◆	
P 3	◆	◆	◆	
P 4	◆	◆	◆	◆
P 5	◆	◆	◆	

<i>Sigla</i>	<i>Data Prelievo</i>	
<i>Prelievo</i>	30.05.2006	24.06.2006
Pz 1	◆	◆
Pz 2	◆	◆
Pz 3		

Tabella 5 – Distinta prelievi acque di falda

prossimo alla discarica – nei valori della conducibilità, più elevata, e notevole arricchimento in nitrati, sodio, calcio, cloruri e solfati, tanto che il loro utilizzo risulta sconsigliabile anche ai soli fini irrigui.

Per quanto riguarda i prelievi eseguiti nei piezometri, gli stessi hanno fatto registrare valori conformi ai limiti per le acque sotterranee di cui all'allegato 5, parte IV, tabella 2, del D. Lgs. n° 152/2006.

Si ritiene, tuttavia, che tali risultati siano da considerarsi poco significativi in relazione al breve lasso di tempo intercorso tra la posa in opera della strumentazione ed i prelievi eseguiti, segnatamente in relazione alla bassissima velocità di filtrazione delle acque nell'ambito i terreni caratterizzati dall'essere scarsamente permeabili.

Analisi probabilmente più significative potranno essere eseguite in tempi successivi, al raggiungimento di una complessiva stabilizzazione dei flussi idrici e dei livelli piezometrici.

7.6 SUOLO

Le successive *Tabella 6* e *Tabella 7* riportano la tipologia e le coordinate di ogni punto di prelievo nonché la distinta dei prelievi eseguiti con le rispettive date.

Sono stati complessivamente individuati n° 4 punti di prelievo del suolo, di cui uno a monte della discarica, identificato come TG ed utilizzato come parametro di riferimento e tre a valle della stessa. Sono stati complessivamente individuati n° 4 punti di prelievo del suolo, di cui uno a monte della discarica, identificato come TG ed utilizzato come parametro di riferimento e tre a valle della stessa. Le analisi eseguite in corrispondenza del punto TG non evidenziano la presenza di significativi contaminanti, tanto da rientrare nei limiti per i suoli ad uso verde di cui all'allegato 5, tabella I, colonna A, del D. Lgs. n° 152/2006.

I campioni di suolo prelevati a valle della discarica, di contro, mostrano un sostanziale arricchimento in composti inorganici, in particolare del cadmio, che risulta quasi costantemente oltre i limiti di cui innanzi; nel punto di prelievo T3, inoltre, si riscontra una presenza - in entrambe le analisi eseguite - di cloruro di vinile (CVM) in quantità tre / quattro volte superiore rispetto ai limiti di legge.

Sigla	Coordinate (*)	Tipologia
T 0	N 4 566 112,52 E 2 491 056,69	Suolo a monte area discarica
T 1	N 4 566 052,94 E 2 491 122,46	Suolo a valle area discarica
T 2	N 4 566 034,51 E 2 491 125,51	Suolo a valle area discarica
T 3	N 4 566 030,35 E 2 491 156,85	Suolo a valle area discarica

(*) Sistema di riferimento: Nazionale Gauss-Boaga (Roma 40), Fuso est

Tabella 6 – Localizzazione e Tipologia dei punti di prelievo del suolo

Sigla	Data Prelievo	
Prelievo	06.05.2006	30.05.2006
T 0	◆	
T 1	◆	◆
T 2	◆	◆
T 3	◆	◆

Tabella 7 – Distinta prelievi del suolo

7.2 Analisi chimiche

Campione n°	Acque	Ubicazione	Conformità ai sensi del DLgs 152/06	Non conforme ai sensi del DLgs 152/06	Elemento
2	Ruscello	A1	X		
1 9	Acqua superficiale	A2		X	Azoto nitrico, Solfati
2	Ruscello	A3	X		
1 9 9	Acqua superficiale	A4		X	BOD5, COD, Azoto nitrico, Cd, CrVI, Cu, Zn, Cloruri, Solfati
2 0	Acqua superficiale	A5	X		

2 2	Acqua superficiale	A6		X	Azoto nitrico, Solfati
2 2 9	Acqua superficiale	A4		X	BOD5, COD, Azoto nitrico, Pb, Cu, Zn, Cloruri, Solfati
2	Ruscello	A1	X		
2 3	Acqua superficiale	A2		X	Azoto nitrico, Solfati
2	Ruscello	A3	X		
2 3 1	Acqua superficiale	A4		X	BOD5, COD, Azoto nitrico, Cd, Pb, Cu, Zn, Cloruri, Solfati
2	Pozzo	P1		X	Solfati
2	Pozzo	P2		X	Solfati
202	Pozzo	P3	X		
203	Pozzo	P4		X	Conducibilità (2950 $\text{\text{€}}$ /cm), Na, Ca, Cloruri, Solfati
2	Pozzo est.	P2		X	Na, Solfati
2	Pozzo est.	P3	X		
2 2 6	Pozzo est.	P4		X	Conducibilità (3020 $\text{\text{€}}$ /cm), Na, Ca, Cloruri, Solfati
2 2 7	Pozzo est.	P5		X	Conducibilità (3020 $\text{\text{€}}$ /cm), Na, Solfati
2	Pozzo est.	P1		X	Solfati
2	Pozzo est.	P2		X	Solfati
2	Pozzo est.	P3	X		
2 2 2	Pozzo est.	P4		X	Conducibilità (3012 $\text{\text{€}}$ /cm), Na, Ca, Cloruri, Solfati
2	Pozzo est.	P5		X	Na, Solfati
2 3 4	Pozzo est.	P4		X	Conducibilità (2990 $\text{\text{€}}$ /cm), Na, Ca, Cloruri, Nitrati, Solfati

2	Piezometro	Pz1	X		
2	Piezometro	Pz2	X		
2	Piezometro	Pz1	X		
2	Piezometro	Pz2	X		
Campione n°	Suolo	Ubicazione	Conformità ai sensi del DLgs 152/06	Non conforme ai sensi del DLgs 152/06	Elemento
2 0	Suolo T0 (top soil)	T0	X		
2 0	Suolo T1 (top soil)	T1		X	Cd
2 1	Suolo T2 (top soil)	T2		X	Cd
2 1	Suolo T3 (top soil)	T3		X	Cd, CVM
2 1	Suolo T3 (top soil)	T1		X	Cd
2 1	Suolo T2 (top soil)	T2	X		
2 1	Suolo T3 (top soil)	T3		X	Cd, CVM

Tabella 8 – Analisi chimiche

8 HAZARD SUI TERRENI E SULLE ACQUE

Per il principio di massima cautela sono stati inseriti anche le analisi prodotte sui suoli e sulle acque sotterranee in fase preliminare ed in fase di caratterizzazione.

Dati Fase delle Indagini preliminari

Tipologia anti	contamin	Cd (mg/K g ss)	Cd (mg/K	Cloruro di Vinile	Cloruro di Vinile
T1					
T2					
T3					

Dati Fase di caratterizzazione

Tipologia contami	Mn (µg/l)	Solfati (mg/l)
S4	231	356
S1	158	

Dato ARPA - Fase di Caratterizzazione

Tipologia anti Sondaggi	Mn (µg/l)	Al (µg/l)	Ni (µg/l)	Solfati (mg/l)
S4	766	445	60.5	851.8

Come per i suoli anche per le acque sotterranee presentiamo delle tabelle riepilogative sui contaminanti ritrovati in tutte le fasi, sottolineando che per la falda non occorre l'ausilio di algoritmi di calcolo per l'Analisi di Rischio, poiché i valori di CSR in attuazione del principio generale di precauzione (art. 43 D. Lgs 04/2008), per ciascun contaminante deve essere fissata equivalente alle CSC di cui all'Allegato 5 della parte quarta del presente decreto ed il punto di conformità deve essere di norma fissato non oltre i confini del sito contaminato oggetto di bonifica e confermando la necessità di bonificare la falda acquifera giacente al di sotto del sito contaminato.

Per quel che riguarda l'estensione dell'area contaminata, sia per i suoli che per la falda, si riporta in allegato, cartografia della superficie indicativamente coinvolta dalla contaminazione. Di seguito vengono, inoltre, elencati i parametri geometrici e la stima indicativa dei volumi della sorgente secondaria di contaminazione per ogni inquinante i cui valori accertati superano quelli della CSR e per i quali si raccomanda un'operazione di bonifica.

- **CADMIO**

Perimetro	Area	Volume
181,5 m	2009 m ²	2009 m ³

- **CLORURO DI VINILE**

Perimetro	Area	Volume
69 m	378 m ²	378 m ³

Dall'analisi di rischio, considerando una destinazione d'uso Industriale/commerciale, si ricava che per la Protezione della Salute umana, i LAS per il suolo superficiale e assumono un valore di $3,89 \cdot 10^{-1}$ e per il suolo profondo di $3,01 \cdot 10^{-1}$.

Per minimizzare la migrazione dei contaminati dal sito all'ambiente circostante, sono stati messi in atto sistemi idonei a bloccare il deflusso dei contaminanti nell'ambiente circostante (vedi § 8 – Il progetto e l'esecuzione).

9 INTERVENTI DI BONIFICA PER LA CONTAMINAZIONE DEL SUOLO E FALDA.

Le indagini preliminari eseguite dal Comune di San Lupo nel 2006, hanno riscontrato valori di contaminazione riscontrati per il Cadmio e per il Cloruro di Vinile che superano moderatamente le concentrazioni limite stabilite dalla Tabella 1 "Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo riferiti alla specifica destinazione d'uso dei siti da bonificare, Colonna "A" per "Siti ad uso Verde Pubblico, Privato e Residenziale", dell'Allegato 5 del Titolo V della Parte Quarta del D. Lgs 152/06, mentre le concentrazioni del Cadmio e Cloruro di Vinile rientrano ampiamente nella stessa Tabella 1, Colonna "8" per "Siti ad uso Commerciale e Industriale".

E' intenzione dell'Amministrazione comunale procedere all'esproprio della suddetta area sita a valle della ex discarica RSU, assimilarla ad area pertinenziale alla ex discarica RSU modificando la destinazione d'uso delle attuali particelle - destinazione urbanistica "Zona

Agricola" ad area assimilabile ad uso Commerciale ed industriale.

L'area risulta interessata da limi argilloso-sabbiosi pressoché impermeabile ($K < 1 \times 10^{-7}$ cm/sec), tra 5,00 – 6,00 m e 12 metri dal p.c. come risulta dalle stratigrafie allegate al Piano delle Indagini Preliminari e al Piano di Caratterizzazione.

Il livello di contaminazione della falda discontinua arealmente e con carattere stagionale, è presente entro i primi 4-5 metri dal piano campagna nello strato argilloso di copertura alterato, a permeabilità bassa o molto bassa ($1 \times 10^{-7} < K < 1 \times 10^{-5}$ cm/sec).

I limi argilloso-sabbiosi pressoché impermeabili ($K < 1 \times 10^{-7}$ cm/sec) attestati tra 5,00 – 6,00 m e 12 metri dal p.c. garantiscono l'assenza di contaminazione della falda, priva di continuità areale, riscontrata nello strato di sabbia limosa (permeabilità non definita) presente alla profondità di 13,00 -14,00 metri dal p.c., nella zona di intervento a valle della discarica.

In relazione alla falda campionata e contaminata in Fase di caratterizzazione da **Mn** e **Solfati** (dato parte) e da **Mn, Al, Ni e Solfati** (dato ARPAC) l'estensione indicativa della falda contaminata è pari a 2.439 m^2 pari ad un volume presunto di $16.260 \text{ m}^3 = 16.260.000 \text{ l}$.

Per quanto riguarda la bonifica della falda campionata e contaminata da **Mn** e **Solfati** (dato parte) e da **Mn, Al, Ni e Solfati** (dato ARPAC) è applicabile la metodologia on site del **PUMP AND TREAT**. Il prelievo ed il trattamento di acque sotterranee può essere inteso come misura di sicurezza (se si ha inquinamento delle fasi solide del sottosuolo il P&T svolge unicamente la funzione di barriera idraulica, controllando il flusso delle acque sotterranee) o come tecnologia di bonifica delle acque sotterranee (se accoppiata all'aggiunta di reagenti per favorire le reazioni di degradazione chimica o biologica dei contaminanti presenti nell'acquifero). La tecnologia di P&T non agisce sulla sorgente di contaminazione ma, attraverso il controllo idraulico dell'acquifero, consente di contenere il pennacchio inquinato.

L'acqua di falda contaminata è estratta dal sottosuolo attraverso un diaframma drenante a portata di estrazione tale da intercettare l'intero pennacchio di contaminazione o, comunque, il volume di acquifero che si intende idraulicamente controllare. Le acque emunte sono poi inviate ad una vasca di stoccaggio per poi essere avviate al più vicino impianto di trattamento ASI di Benevento.

L'estrazione dell'acqua non garantisce che il contaminante sia stato rimosso dal suolo o dal sottosuolo; infatti la sorgente di contaminazione può essere presente nella zona insatura o in una porzione di acquifero diversa da quella da cui l'acqua è estratta.

Inoltre, se la sostanza inquinante è assorbita alle fasi solide del sottosuolo anche nella zona di saturazione, l'estrazione di acqua può non portare alla sua rimozione. Infatti la rimozione del contaminante dalla sorgente è dipendente dalle caratteristiche superficiali dei solidi, dalle condizioni geologiche e idrogeologiche del sito e dalla tipologia del sistema di estrazione.

Per questi motivi i fenomeni di desorbimento dalla fase solide possono essere molto lenti e, per le sostanze a bassa solubilità, l'estrazione di acqua sotterranea può non influire significativamente sugli equilibri di ripartizione

tra solido e liquido.

Le numerose applicazioni di questa tecnica hanno permesso di verificare che, in molti casi, anche dopo molti anni di estrazione delle acque inquinate, non si osserva una significativa diminuzione della concentrazione delle sostanze inquinanti disciolte. La continua presenza delle sostanze contaminanti sulla fase solida o di fasi organiche separate dalla fase acquosa si manifesta con i fenomeni noti come:

- **Tailing:** al procedere dell'estrazione di acqua sotterranea la velocità di diminuzione della concentrazione delle sostanze inquinanti si riduce progressivamente; tale effetto ha come

conseguenza il fatto che i tempi per raggiungere gli obiettivi di qualità fissati come obiettivi della bonifica siano molto superiori a quelli previsti sulla base delle equazioni di diffusione, basate sul fatto che le reazioni chimiche di desorbimento siano all'equilibrio;

- **Rebound:** a seguito di una interruzione delle operazioni di estrazione si osserva, alla ripresa dell'estrazione, un aumento della concentrazione delle sostanze in soluzione. Al procedere dell'estrazione la concentrazione può di nuovo diminuire.

Tali fenomeni (Figura 1) sono dovuti al fatto che il passaggio in soluzione delle sostanze inquinanti è dipendente dalle cinetiche di desorbimento e diffusione, alla eterogeneità del mezzo poroso.

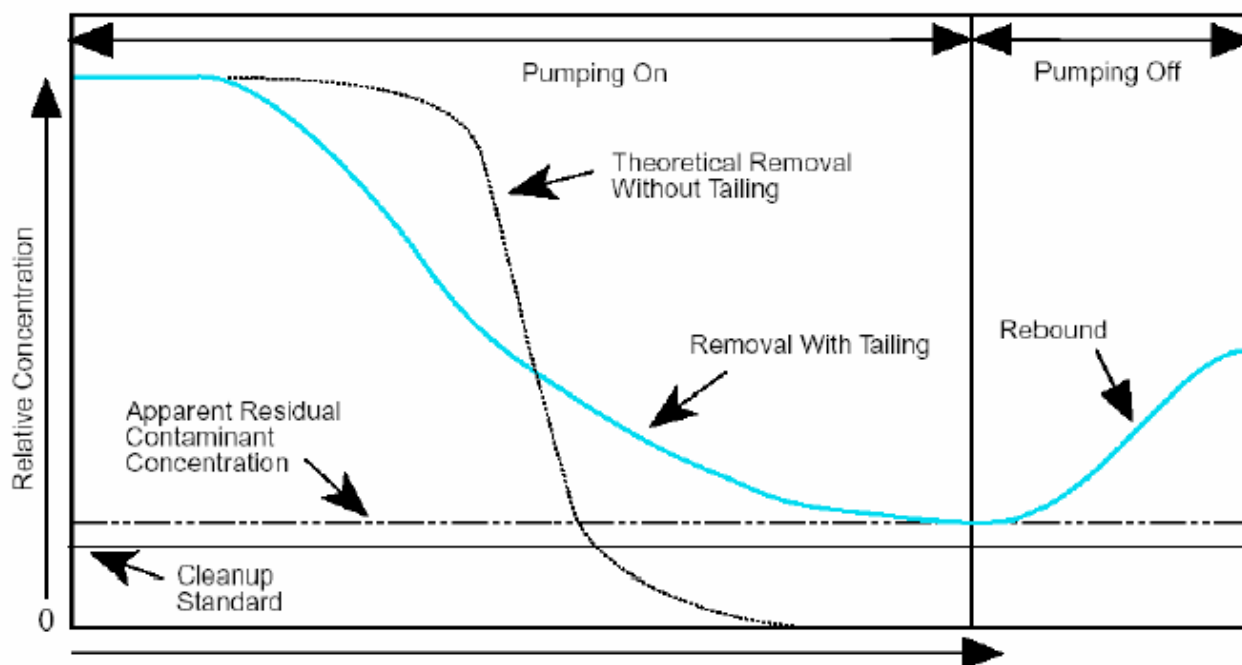


Figura 1 – fenomeni di tailing e rebound in un intervento di P&T

La tecnica di P&T presenta i vantaggi e svantaggi mostrati in Tabella 4.

Vantaggi	Svantaggi
La relativa semplicità di esecuzione e la facilità di progettazione di un sistema di diaframmi drenanti possono garantire la realizzazione di un intervento di messa in sicurezza a medio/lungo termine. Durante le attività di bonifica condotte con altre tecniche si possono realizzare barriere di pozzi per controllare le attività svolte sul sito di Intervento	Questa tecnica non riduce la concentrazione della sorgente quando questa è costituita da sottosuolo inquinato Gli svantaggi principali riscontrabili sono relativi agli effetti di tailing (con aumento dei tempi di funzionamento richiesti) e rebound (con un aumento della concentrazione all'interruzione della fase di pompaggio) Il raggiungimento degli obiettivi di bonifica può richiedere anni

Per i relativi costi e per quanto non specificamente indicato nella presente relazione si veda la TAV. A. 18 – Relazione per la selezione e l'esecuzione degli interventi di bonifica e ripristino ambientale, di messa in sicurezza operativa o permanente, nonché per l'individuazione delle migliori tecniche di intervento a costi sostenibili (B.A.T.N.E.E.C. - Best Available Technology Not Entailing Excessive Costs) ai sensi Art. 242 del DLgs 152/06.

La proposta progettuale di bonifica dell'area inquinata dal cloruro di vinile e dal cadmio, tenendo conto delle considerazioni suindicate prevede pertanto i seguenti interventi:

- Movimentazioni e trasporti di modeste quantità di terreni di risulta
- Cinturazione parziale lato valle: diaframma drenante (hmax: 8,00 m dal p.c.) e diaframma impermeabile (hmax: 8,50 m dal p.c.); pozzo di raccolta (hmax: 10,00 m dal p.c.)
- Capping discarica
- Opere regimazione e raccolta acque
- Recinzione
- Progetto paesaggistico

10 DETERMINAZIONI ANALITICHE SULLA QUALITÀ DEI RIFIUTI

In merito a tale punto, non avendo il Comune di San Lupo disponibilità economiche per le determinazioni analitiche sulla qualità dei rifiuti, si è ritenuto fare riferimento ai dati relativi allo smaltimento degli RSU in Campania.

Si rammenta a tale scopo che gli indirizzi strategici e normativi per la gestione dei rifiuti definiti dall'Unione Europea e ripresi nella normativa nazionale (D.Lgs. 152/06) individuano lo smaltimento in discarica come il terminale residuale di un sistema impiantistico costituito dall'integrazione delle diverse tipologie di trattamento. L'attuale quadro della gestione dei rifiuti in provincia di Avellino vede nel conferimento in discarica il quasi esclusivo destino di quanto non raccolto in forma differenziata. La discarica è un luogo in cui vengono depositati in modo non selezionato i rifiuti solidi urbani e tutti i rifiuti provenienti dalle attività umane (detriti di costruzioni, scarti industriali, ecc...). La direttiva europea 99/31/CE, recepita in Italia dal D.lgs. 36/2003, prevede tre diverse categorie di discarica: discarica per rifiuti inerti; discarica per rifiuti non pericolosi (tra i quali gli RSU - Rifiuti Solidi Urbani); discarica per rifiuti pericolosi.

Prima di essere smaltiti in discarica, tutti i rifiuti devono essere soggetti a trattamento e ne deve essere abbattuto il contenuto organico in modo da ridurre la pericolosità per l'ambiente e la salute pubblica.

A sua volta, la discarica deve essere progettata e costruita in modo tale che i rifiuti siano confinati, evitando l'inquinamento del terreno, delle acque freatiche e delle acque superficiali. In particolare, devono essere approntati sistemi e/o misure volti a ridurre al minimo i disturbi e i rischi provenienti dalla discarica e causati da: emissione di odori e polvere; materiali trasportati dal vento; uccelli, parassiti ed insetti; rumore e traffico; incendi. In più, ogni discarica è progettata per accogliere un determinato volume di rifiuti e, quindi, ha una vita limitata. Dopo la sua chiusura, deve essere sorvegliata per almeno 30 anni e l'ultima fase di sistemazione dell'area di discarica consiste nella piantumazione del sito.

Il D.lgs. 36/2003 prevede che i rifiuti prima di poter essere smaltiti in discarica soddisfino i criteri di ammissibilità definiti nel DM 27/09/2010. Un produttore che intende smaltire un proprio rifiuto in discarica deve effettuare una "caratterizzazione di base", ovvero fornire informazioni relative a tutte le caratteristiche del rifiuto in modo tale che lo smaltimento avvenga in condizioni di sicurezza. Se la "caratterizzazione di base" di una tipologia di rifiuti soddisfa i criteri di ammissibilità per una determinata categoria di discarica, tali rifiuti sono considerati ammissibili e vengono sottoposti ad una verifica di conformità effettuata dal gestore della discarica sulla base dei dati forniti dal produttore. La verifica di conformità consiste in una o più analisi effettuate sul rifiuto, la principale delle quali è rappresentata dal test di cessione, mirato a verificare la potenziale capacità del rifiuto di liberare sostanze pericolose per l'ambiente.

Le discariche, così come gli impianti produttivi a più elevato impatto ambientale, sono sottoposte ad una Autorizzazione Integrata Ambientale prevista dal D.Lgs 59/2005 e s.m.i., nella quale è previsto che il Gestore esegua una serie di autocontrolli sulle matrici ambientali per verificare l'adeguata Gestione dell'impianto. Anche Arpa, con minor frequenza, esegue controlli e verifiche su tali impianti. Le linee guida per effettuare un corretto monitoraggio di un impianto oggetto di un'Autorizzazione Integrata Ambientale sono indicate dal DM 31/01/05.

Il campionamento, le determinazioni analitiche per la caratterizzazione di base e la verifica di conformità sono effettuati con oneri a carico del detentore dei rifiuti o del gestore della discarica, da persone ed istituzioni indipendenti e qualificate. I laboratori devono possedere una comprovata esperienza nel campionamento e analisi dei rifiuti e un efficace sistema di controllo della qualità.

Il campionamento e le determinazioni analitiche possono essere effettuate dai produttori di rifiuti o dai gestori qualora essi abbiano costituito un appropriato sistema di garanzia della qualità, compreso un controllo periodico indipendente.

10.1 METODO DI CAMPIONAMENTO ED ANALISI DEL RIFIUTO URBANO BIODEGRADABILE.

Il campionamento della massa di rifiuti da sottoporre alla successiva analisi deve essere effettuato tenendo conto della composizione merceologica, secondo il metodo di campionamento ed analisi IRSA, CNR, NORMA CII-UNI 9246.

Secondo quanto previsto dalla direttiva 1999/31/CE, art. 2, lettera m), devono essere considerati fra i rifiuti urbani biodegradabili gli alimenti, i rifiuti dei giardini, la carta ed il cartone, i pannolini e gli assorbenti.

10.2 ANALISI DEGLI ELUATI E DEI RIFIUTI.

Il campionamento dei rifiuti ai fini della loro caratterizzazione chimico-fisica deve essere effettuato in modo tale da ottenere un campione rappresentativo secondo i criteri, le procedure, i metodi e gli standard di cui alla norma UNI 10802 "Rifiuti liquidi, granulari, pastosi e fanghi – Campionamento manuale e preparazione ed analisi degli eluati" e alle norme UNI EN 14899 e UNI EN 15002. Le prove di eluizione per la verifica dei parametri previsti dalle tabelle 2, 5, 5a e 6 del presente decreto sono effettuate secondo le metodiche per i rifiuti monolitici e granulari di cui alla Norma UNI 10802.

La determinazione degli analiti negli eluati è effettuata secondo quanto previsto della norma UNI 10802. Per la determinazione del DOC si applica la norma UNI EN 1484. I risultati delle analisi degli eluati sono espressi in mg/l; per i rifiuti granulari, per i quali si applica un rapporto liquido/solido di 10 l/kg di sostanza secca, tale valore di concentrazione, effettuando i test di cessione secondo le metodiche di cui alla Norma UNI 10802, equivale al risultato espresso in mg/kg di sostanza secca diviso per un fattore 10.

La determinazione del contenuto di oli minerali nella gamma C10-C40 è effettuata secondo la norma UNI EN 14039.

Per la digestione dei rifiuti tal quali, sono utilizzati i metodi indicati dalle norme UNI EN 13656 e UNI EN 13657. La determinazione del TOC nel rifiuto tal quale è effettuata secondo la norma UNI EN 13137. Il calcolo della sostanza secca è effettuato secondo la norma UNI EN 14346.

Per determinare se un rifiuto si trova nello stato solido o liquido si applica il procedimento riportato nella norma UNI 10802.

La determinazione dei PCB deve essere effettuata sui seguenti congeneri: congeneri significativi da un punto di vista igienico-sanitario: 28, 52, 95, 99, 101, 110, 128, 138, 146, 149, 151, 153, 170, 177, 180, 183, 187 congeneri individuati dall'OMS come "dioxin like": 77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169, 189.

Le determinazioni analitiche di ulteriori parametri non specificatamente indicati dalle norme sopra riportate devono essere effettuate secondo metodi ufficiali riconosciuti a livello nazionale e/o internazionale."

In merito alla qualità dei rifiuti solidi urbani occorre ricordare che essi costituiscono delle matrici molto

differenziate ed eterogenee, come:

- Composizioni;
- Granulometria;
- Dimensioni;
- Caratteristiche.

La loro classificazione avviene secondo quanto stabilito dalla norma (D.L.5 febbraio 1997, n.22 decreto Ronchi.) che non si rifà, sé non in parte a parametri analitici o chimico-fisici, ma bensì all'origine o alla pericolosità.

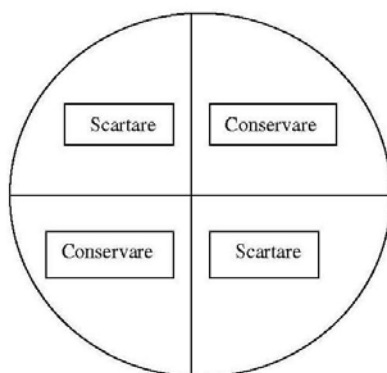
Tuttavia, la conoscenza della composizione e della caratteristiche chimico-fisiche dei rifiuti è necessaria per la scelta e la progettazione dei sistemi di gestione e trattamento.

L'Analisi merceologica dei rifiuti avviene attraverso

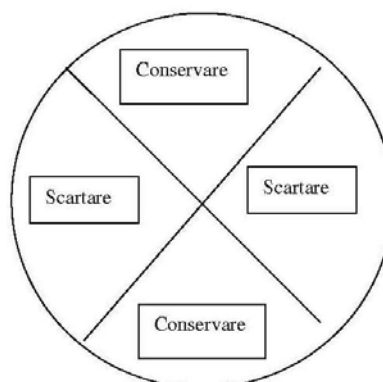
1. individuazione del campione di rifiuti rappresentativo della composizione merceologica dei rifiuti raccolti in un certo bacino di utenza.
2. metodica di analisi del CNR → 3-4 tonnellate pesatura ed inquantamento del campione, previa separazione degli oggetti ingombranti.

Le classi merceologiche conferite nella discarica in località Defensola sono:

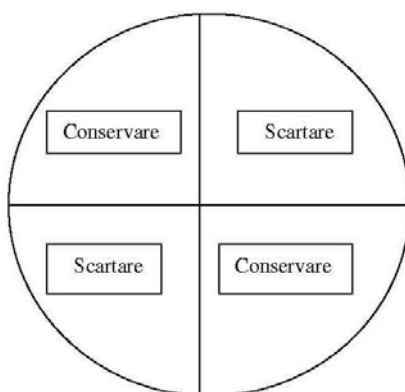
- vetro;
- altri inerti: porcellana, ceramica, pietre, gessi, mattoni, materiali di risulta provenienti da scavi, ecc..;
- metalli: ferro, alluminio e altri metalli;
- alluminio: include lattine di alluminio ma anche fogli di alluminio in film come buste per le patatine, per il caffè, vaschette per alimenti, ecc..;
- pile e batterie: incluse le pile a bottone;
- farmaci: confezioni con medicinali interi o parti di essi;
- contenitori T e/o F: contenitori anche vuoti, di sostanze tossiche ed infiammabili;
- altri pericolosi: termometri, lampade a fluorescenza e a vapori metallici, siringhe, ecc..;
- tessili: abiti, giacche, stoffe, ecc..;
- pelli e cuoio: scarpe, cinture, ecc..;
- plastica in film: buste e sacchetti di plastica, polietilene da imballo sottile ecc..;
- contenitori in plastica: solo contenitori per liquidi (latte, acqua, bibite, detersivi, ecc..);
- altra plastica: contenitori vari non per liquidi, plastica rigida per imballi, polistirene ed altri poliespansi, oggetti in plastica dura in genere;
- organico putrescibile: alimenti, materiale organico di origine vegetale o animale;
- carta: carta e materiali cellulosici che possono essere assimilati quali ad esempio cotone idrofilo, assorbenti igienici, pannolini per infanti;
- cartone: cartone da imballo;
- legno.

Primo inquartamento

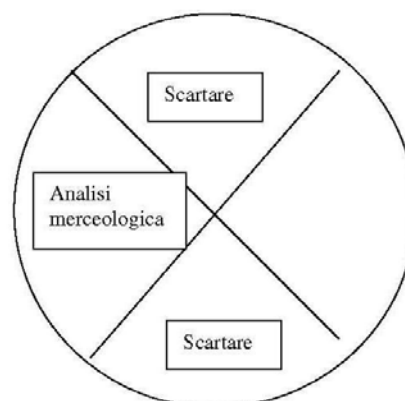
Altezza 60 cm
Peso 3000-4000 Kg



Altezza 30 cm
Peso 1500-2000 Kg

Secondo inquartamento

Altezza 25 cm
Peso 750-800 Kg



Altezza 25cm
Peso 350-400 Kg

10.3 ANALISI CHIMICO – FISICA DEI RIFIUTI

Oltre alle caratteristiche merceologiche, si effettuano anche le seguenti analisi, per caratterizzare l'idoneità rispetto ai trattamenti e per poter quantificare i bilanci di materia delle trasformazioni che avvengono nei trattamenti dei rifiuti (incenerimento, trattamenti biologici ecc.):

- umidità;
- sostanze volatili;
- ceneri;
- analisi elementare;
- potere calorifico;
- densità.
- Umidità

L'umidità percentuale si definisce come:

$$U \% = (G - E) / G * 100$$

dove G è il peso in grammi del campione tal quale ed E è il peso del campione essiccato (a 105° C per un certo tempo, come per la determinazione dei solidi totali nelle acque).

Il tenore percentuale secco, complemento a 100% dell'umidità, è quindi definibile come:

$$SS \% = E / G * 100$$

L'umidità dipende molto dalla quantità di sostanza organica presente: 40-45 % per gli RSU tal quali.

Valori medi di umidità per alcune frazioni merceologiche (%)

- | | |
|----------------------|----|
| • Carta – cartone | 6 |
| • Materie plastiche | 2 |
| • Metalli | 2 |
| • Frazioni organiche | 70 |
| • Sottovaglio | 30 |

Sostanze volatili – ceneri

La sostanza secca prima definita può essere classificata in componente volatile (sost. organica) e ceneri (sost. inorganica).

Le ceneri si ottengono per calcinazione in forno a muffola a 650°C per 4 – 6 ore.

Sia le sostanze volatili SV che le ceneri C vengono espresse in percentuale sul peso della sostanza secca:

$$SV = (PS - PC) / PS * 100$$

e inversamente:

$$C = (PS - PSV) / PS * 100$$

dove:

PC = peso delle ceneri in grammi PS =

peso del secco in grammi

PSV = peso del secco volatile in grammi

Analisi elementare Serve per:

- individuare la presenza e la concentrazione di elementi inquinanti;
- valutare la presenza di elementi nutrienti, necessari nei processi di trattamento biologico;

- calcolo teorico del potere calorifico.

ESEMPIO: RIFIUTI BENEVENTO 1993**Analisi elementare**

Carbonio	% s.s	40,85
Azoto	% s.s	1,28
Idrogeno	% s.s	6,26
Ossigeno	% s.s	32,05
Zolfo	% s.s	0,08
Cadmio	mg/Kg s.s	1,82
Cromo totale	mg/Kg s.s	44,78
Piombo	mg/Kg s.s	185,68
Rame	mg/Kg s.s	112,24
Zinco	mg/Kg s.s	370,31
Arsenico	mg/Kg s.s	0,58
Antimonio	mg/Kg s.s	1,41
Mercurio	mg/Kg s.s	1,24
Fluoruri	mg/Kg s.s	75,43
Cloruri	mg/Kg s.s	5003,05
Bromuri	mg/Kg s.s	n.r

Potere calorifico

Potere calorifico superiore PCS: joule o calorie sviluppate dalla completa combustione del campione secco.

Potere calorifico inferiore secco PCIS o PCIS : ottenuto sottraendo dal PCS il calore latente di evaporazione dell'acqua che si forma per reazione/combinazione dell'idrogeno presente nel combustibile con l'ossigeno e che ovviamente alla temperatura di combustione si trova in forma di vapore:

$$PCIS = PCS - 597,5 \cdot n \quad \text{Kcal/Kg comb.secco}$$

$$PCIS = PCS - 600 \cdot n$$

N = moli di acqua formata per reazione

Potere calorifico inferiore PCI: ottenuto dal PCIS il calore latente di evaporazione dell'acqua contenuta nel combustibile

$$PCI = (100 - U\%) \cdot PCIS / 100 \quad \text{Kcal/Kg comb.umido}$$

$$PCI = PCIS - Z \cdot U\% \quad \text{Kcal/Kg secco nel comb. umido}$$

	Densità tipica	Rapporti di compattazione		
	Kg/m ³	Scarso	Medio	Ottimo
	288	2	2,8	3
Carta	82	2,5	4,5	6
Cartone	50	-	-	-
Plastica	64	5	6,7	10
Tessili	64	2,5	5,8	6,5
Sfalci verdi	104	2	4	5
Gomma	128	2,5	3	3,3
Cuoio	160	-	-	-
Legno	240	-	-	-
Vetro	194	1	1,7	2,5
Lattine	88	-	-	-
Metalli non ferrosi	160	3,3	5,6	6,7
Metalli ferrosi	320	1,7	2,9	3,3

Z = calore latente di evaporazione dell'acqua.

Il calcolo del PCI, nota la composizione elementare del combustibile, è possibile mediante la Formula di Dulong:

$$PCI = 81 * C + 287,0 * (H - 0,125 * O) + 22,1 * S - 6 * U$$

Kcal/Kg secco contenuto nel combustibile

C, H, O ed S sono le percentuali delle componenti elementari espresso sul secco.

Le percentuali sull'umido e non sul secco si esprimono come:

$$\% \text{ umido} = \% \text{ secco} * (1 - U\%)$$

Quindi esprimendo C, H, O, S come percentuali sul combustibile umido, si ottiene: $PCI = 81 * C + 287,0 * (H - 0,125 * O) + 22,1 * S - 6 * U$

Kcal/Kg combustibile umido

Per passare da Kcal a KJ^a, si deve moltiplicare per 4,187.

Densità

La densità delle diverse frazioni merceologiche dipende molto dal grado di compattazione.

Sia nei sistemi di raccolta dei rifiuti (autocompattatori) che a seguito di prolungati stoccaggi come anche in discarica, la compattazione aumenta.

Ai sensi del D.L. 5 febbraio 1997, n.22 Decreto Ronchi i rifiuti conferiti nella discarica di la Cat di San Lupo (BN) possono essere assimilati Rifiuti Solidi Urbani ed Assimilabili

- a) rifiuti domestici, anche ingombranti, provenienti da locali e luoghi adibiti ad uso di civile abitazione;
- b) rifiuti non pericolosi provenienti da locali e luoghi adibiti ad usi diversi da quelli alla lettera a), assimilati ai rifiuti urbani per qualità e quantità, ai sensi degli art.18 e 21;
- c) Rifiuti provenienti dallo spezzamento delle strade;

- d) Rifiuti di qualunque natura o provenienza, giacenti sulle strade ed aree pubbliche o sulle strade ed aree private comunque soggette ad uso pubblico o sulle spiagge marittime e lacunari e sulle rive dei corsi d'acqua;
- e) Rifiuti vegetali provenienti da aree verdi. Quali giardini, parchi e aree cimiteriali;
- f) Rifiuti provenienti da esumazioni ed estumulazioni, nonché gli altri rifiuti provenienti da attività cimiteriali;
- g) Rifiuti derivati dalle attività di demolizione, costruzione, nonché i rifiuti che derivano dalle attività di scavo.

Analisi elementare delle classi merceologiche discarica San Lupo

% s.s. = percentuale riferita al materiale solido secco.

% t.q. = percentuale sul tal quale (il tal quale corrisponde alla somma del materiale solido secco e del contenuto di acqua)

MERCEOLOGIA RIFIUTI		%	Ci	fb	u	C org	C bio
		Valori di default					
MR1	organico - residui	10,00%	55,00%	70,00%	45,00%	2,12%	1,48%
MR2	residui giardino	5,00%	50,00%	70,00%	45,00%	0,96%	0,67%
MR3	carta e cartone	7,00%	50,00%	60,00%	8,00%	1,93%	1,41%
MR4	tessili e cuoio	3,00%	50,00%	20,00%	10,00%	0,27%	0,18%
MR5	legno	8,00%	50,00%	50,00%	20,00%	1,60%	0,96%
MR6	plastica e gomma	27,00%	70,00%	0,00%	2,00%	0,00%	0,00%
MR7	vetro e inerti	32,00%	0,00%	0,00%	3,00%	0,00%	0,00%
MR8	metalli	8,00%	0,00%	0,00%	3,00%	0,00%	0,00%

Tali dati sono stati utilizzati per il calcolo del biogas attraverso il software "Bio 5" elaborato da Enrico Magnano che è stato utilizzato per circa 7 anni su centinaia di discariche in Italia e nel Mondo. Il modello ottimizzava ulteriormente il questionario di acquisizione dati portandolo a rendere disponibili ben **17 fattori correttivi** dei coefficienti di produzione specifica (Kp) e di efficienza di captazione (Kc). L'approccio probabilistico è effettuato con la definizione dei due estremi valutativi: **Best Case e Worst case**.

10.4 IRD INDICE RESPIROMETRICO DINAMICO

L'IRD è determinato come di seguito riportato.

$$IRD_h = Q * (O_{2i} - O_{2f}) * V_g^{-1} * 31.98 * SV^{-1} \quad (9)$$

$$IRD = \frac{\sum_{t_c=0}^{24} IRD_h}{24} \quad (10)$$

dove:

IRD_h = Indice di Respirazione Dinamico orario (calcolato ogni ora) ($mg\ O_2 * Kg\ SV^{-1} * h^{-1}$);

Q = flusso d'aria ($L * h^{-1}$);

O_{2i} = concentrazione dell'ossigeno in ingresso al respirometro ($mL * L^{-1}$);

O_{2f} = concentrazione dell'ossigeno in uscita dal respirometro ($mL * L^{-1}$);

V_g = volume occupato da una mole di gas¹;

31.98 = peso molecolare dell'ossigeno ($g * mol^{-1}$);

t_c = intervallo di tempo (24 ore) durante il quale si rilevano i valori di IRD_{24} consecutivi più elevati;

SV = solidi volatili in valore assoluto (Kg) calcolati con la seguente formula:

$$SV_{Kg} = SV_{vr} * \frac{1000 - U_{cvr}}{1000} * P_{IRD} \quad (11)$$

dove:

SV_{Kg} = peso dei solidi volatili del campione oggetto di analisi (Kg);

SV_{vr} = solidi volatili del campione in valore relativo, espressi sulla sostanza secca ($g * Kg^{-1}$);

U_{cvr} = umidità corretta, determinata dopo l'umidificazione del campione (secondo la procedura sopra descritta) in valore relativo ($g * Kg^{-1}$);

$PIRD$ = peso del campione standardizzato (kg)

10.5 PRODUZIONE DI BIOGAS

La valutazione della produzione delle emissioni, ed in particolare del biogas, prodotto in discarica ricopre un ruolo estremamente importante sia per valutare l'impatto ambientale che un sito per lo smaltimento di RSU può comportare, sia ai fini della progettazione dei sistemi di estrazione e per le valutazioni tecnico-

economiche circa l'opportunità di una valorizzazione energetica del biogas.

Questa quantificazione è stata effettuata utilizzando il testo Biogas da discarica Manuale di progettazione, gestione e monitoraggio degli impianti con il modello di previsione produttiva BIO-5 su formato Excel per Windows® di Magnano Enrico.

Il valore calcolato con il software BIO5 è in buon accordo con i dati di letteratura anche perché i materiali conferiti nella discarica di San Lupo hanno il 23% di parte organica, 15% percentuale rifiuti velocemente putrescibili, 18% percentuale rifiuti lentamente putrescibili (vedasi tabella successiva).

BIO-5		<i>elaborato da Enrico Magnano (*)</i>		<i>Risultati prospezione</i>
impianto:		Discarica RSU San Lupo (BN)	data: 12-apr-14	
Parametro calcolato	sigla	risultato	unità misura	
Percentuale rifiuti velocemente putrescibili	RVP	15,00%		
Percentuale rifiuti lentamente putrescibili	RLP	18,00%		
Percentuale rifiuti non putrescibili	RNP	67,00%		
Percentuale rifiuti putrescibili	RP	33,00%		
Carbonio biodegradabile	C _{org}	68,82	kg / t RS	
Carbonio biogassificabile	C _{bio}	47,02	kg / t RS	
Carbonio biogassificabile RVP	C _{bio} RVP	21,56	kg / t RS	
Carbonio biogassificabile RLP	C _{bio} RLP	25,46	kg / t RS	
Biogas producibile	LFG ₅₀	87,83	Nm ³ / t RS	
Fattore di correzione in funzione dell'umidità	Kud	1,17		
Biogas producibile considerato il fattore Kud	Ptu	103,00	Nm ³ / t RS	
Biogas producibile considerato il fattore Kud RVP	Ptu RVP	47,23	Nm ³ / t RS	
Biogas producibile considerato il fattore Kud RLP	Ptu RLP	55,77	Nm ³ / t RS	
Coefficiente di regressione della curva RVP	Kr RVP	0,73681		
Coefficiente di regressione della curva RLP	Kr RLP	0,90320		
Coefficiente cinetico RVP	Ki RVP	0,30543		
Coefficiente cinetico RLP	Ki RLP	0,10181		
Tempo di semitrasformazione RVP	Ts RVP	2,26942	anni	
Tempo di semitrasformazione RLP	Ts RLP	6,80825	anni	
Biogas producibile nell'arco di 40 anni	Ptu 40	103,62	Nm ³ / t RS	
Biogas producibile nell'arco di 40 anni - RVP	Ptu 40 RVP	49,93	Nm ³ / t RS	
Biogas producibile nell'arco di 40 anni - RLP	Ptu 40 RLP	53,69	Nm ³ / t RS	
Biogas producibile nell'arco di 40 anni		481,574	Nm ³	
Coefficiente di produzione Kp	Kp	43,36%		
Biogas producibile con fattore Kp	Ptu Kp	44,66	Nm ³ / t RS	
Biogas producibile nell'arco di 40 anni con fattore Kp	Ptu Kp 40	0,45	Nm ³ / t RS	
Coefficiente di captabilità Kc	Kc	58,83%		
Biogas captabile con fattore Kc	Ptu Kc	26,27	Nm ³ / t RS	
Biogas captabile nell'arco di 40 anni		283,300	Nm ³	
Primo anno di conferimento		1982		
Numero anni di conferimento		11	anni	
Totale rifiuti conferiti		11.030	t RS	

(*) Il presente modello di calcolo è da intendersi quale proprietà intellettuale dell'autore: Enrico Magnano. Le violazioni dei diritti di proprietà intellettuale saranno perseguite ai sensi dell'art 2, paragrafo 1 delle Direttiva 2004/48/CE, recepita con Decreto Legislativo n°140 del 16/03/2006 (GU 82 del 7/4/2006)

Il volume di biogas calcolato risulta essere $V_b - RVP = 100,16 \text{ Nm}^3/\text{t RS}$; il biogas captabile nell'arco di 1 quarantennio è pari a 283.300 Nm^3 con un'efficienza della raccolta del biogas pari a $e_b = 90\%$. Inoltre si fanno le seguenti ipotesi:

- la composizione media del biogas è $p_{\text{CH}_4} = 55\%$ e $p_{\text{CO}_2} = 45\%$.
- Nella combustione in torcia tutto il carbonio del CH_4 si trasforma stechiometricamente in CO_2 .
- I gas contenuti nel biogas con percentuale minore del CH_4 e del CO_2 sono trascurati tranne il solfuro di idrogeno di cui si assume una percentuale in volume pari a $p_{\text{CH}_4} = 0.00002\%$ [1] che si considera come indicatore dell'odore.
- I gas contenuti nei gas di combustione con percentuale minore del CO_2 sono trascurati.
- I pesi specifici dei gas considerati sono:

$$\text{CH}_4 = 0.696565 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{CO}_2 = 1.96155 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{H}_2\text{S} = 1.539 \text{ kg/m}^3$$

Il biogas da captare a San Lupo viene termicamente distrutto senza recupero di energia in torcia. Perciò l'emissione totale di metano e di anidride carbonica vale:

$$P_{\text{CH}_4} = V_b * p_{\text{CH}_4} * (1 - e_b) * \text{CH}_4 = 7.7 \text{ kg/t}$$

$$P_{\text{CO}_2} = V_b * p_{\text{CO}_2} * 1 * \text{CO}_2 + V_b * p_{\text{CH}_4} * e_b * \text{CO}_2 = 372.5866 \text{ kg/t},$$

mentre quella di solfuro di idrogeno vale:

$$P_{\text{H}_2\text{S}} = V_b * p_{\text{H}_2\text{S}} * (1 - e_b) * \text{H}_2\text{S} = 0.000006186 \text{ kg/t}$$

Per quanto riguarda le determinazioni analitiche relative alla produzione di biogas gli unici dati rinvenibili sul website dell'ARPA CAMPANIA sono relativi alla campagna di monitoraggio dei rifiuti della discarica di Pianura (NA) attraverso mezzo mobile.

data: **01 FEBBRAIO 2008**

SO2	NO	NO2	NOX	CO	CH4	NMHC	THC	PM10	O3
ug/m3	ppb	ug/m3	ppb	mg/m3	ppm	ug/m3	ppm	ug/m3	ug/m3
20,0	67,5	54,0	97,1	1,2	2,3	76,6	2,4	ND	15,6

data: **02 FEBBRAIO 2008**

SO2	NO	NO2	NOX	CO	CH4	NMHC	THC	PM10	O3
ug/m3	ppb	ug/m3	ppb	mg/m3	ppm	ug/m3	ppm	ug/m3	ug/m3
19,3	28,0	49,5	55,0	1,0	2,2	70,7	2,3	19,5	12,5

data: **03 FEBBRAIO 2008**

SO2	NO	NO2	NOX	CO	CH4	NMHC	THC	PM10	O3
ug/m3	ppb	ug/m3	ppb	mg/m3	ppm	ug/m3	ppm	ug/m3	ug/m3
21,4	28,0	50,9	55,7	1,1	2,2	71,0	2,3	15,6	13,4

data: **04 FEBBRAIO 2008**

SO2	NO	NO2	NOX	CO	CH4	NMHC	THC	PM10	O3
ug/m3	ppb	ug/m3	ppb	mg/m3	ppm	ug/m3	ppm	ug/m3	ug/m3
21,2	13,1	25,8	27,4	1,1	2,2	71,2	2,4	10,1	18,5

data: **05 FEBBRAIO 2008**

SO2	NO	NO2	NOX	CO	CH4	NMHC	THC	PM10	O3
ug/m3	ppb	ug/m3	ppb	mg/m3	ppm	ug/m3	ppm	ug/m3	ug/m3
22,1	38,3	35,7	57,9	1,0	2,2	71,5	2,4	15,3	25,7

data: **06 FEBBRAIO 2008**

SO2	NO	NO2	NOX	CO	CH4	NMHC	THC	PM10	O3
ug/m3	ppb	ug/m3	ppb	mg/m3	ppm	ug/m3	ppm	ug/m3	ug/m3
24,1	64,0	54,3	93,7	1,3	nd	nd	nd	29,8	nd

data: **07 FEBBRAIO 2008**

SO2	NO	NO2	NOX	CO	CH4	NMHC	THC	PM10	O3
ug/m3	ppb	ug/m3	ppb	mg/m3	ppm	ug/m3	ppm	ug/m3	ug/m3
19,6	14,8	28,3	30,5	0,8	ND	ND	ND	17,5	18,4

data: **08 FEBBRAIO 2008**

SO2	NO	NO2	NOX	CO	CH4	NMHC	THC	PM10	O3
ug/m3	ppb	ug/m3	ppb	mg/m3	ppm	ug/m3	ppm	ug/m3	ug/m3
17,7	6,1	10,0	11,9	0,5	2,2	58,3	2,3	7,8	34,6

data: **09 FEBBRAIO 2008**

SO2	NO	NO2	NOX	CO	CH4	NMHC	THC	PM10	O3
ug/m3	ppb	ug/m3	ppb	mg/m3	ppm	ug/m3	ppm	ug/m3	ug/m3
19,6	7,0	13,4	14,6	0,9	2,2	26,1	ND	7,8	34,6

data: **10 FEBBRAIO 2008**

SO2	NO	NO2	NOX	CO	CH4	NMHC	THC	PM10	O3
ug/m3	ppb	ug/m3	ppb	mg/m3	ppm	ug/m3	ppm	ug/m3	ug/m3
22,3	8,1	18,7	18,6	0,7	2,3	28,6	2,3	10,5	27,1

data: **11 FEBBRAIO 2008**

SO2	NO	NO2	NOX	CO	CH4	NMHC	THC	PM10	O3
ug/m3	ppb	ug/m3	ppb	mg/m3	ppm	ug/m3	ppm	ug/m3	ug/m3
22,0	7,4	20,3	18,7	0,8	2,3	26,9	2,3	11,4	30,4

data: **12 FEBBRAIO 2008**

SO2	NO	NO2	NOX	CO	CH4	NMHC	THC	PM10	O3
ug/m3	ppb	ug/m3	ppb	mg/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3
20,7	7,6	21,2	19,4	0,8	ND	ND	ND	16	33,3

data: **13 FEBBRAIO 2008**

SO2	NO	NO2	NOX	CO	CH4	NMHC	THC	PM10	O3
ug/m3	ppb	ug/m3	ppb	mg/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3
23,9	21,1	31,0	38,2	1,1	1124,8	43,5	1162,4	20,2	36,1

data: **14 FEBBRAIO 2008**

SO2	NO	NO2	NOX	CO	CH4	NMHC	THC	PM10	O3
ug/m3	ppb	ug/m3	ppb	mg/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3
25,9	59,9	62,3	93,3	1,7	1170,8	90,0	1255,0	43,7	ND

data: **15 FEBBRAIO 2008**

SO2	NO	NO2	NOX	CO	CH4	NMHC	THC	PM10	O3
ug/m3	ppb	ug/m3	ppb	mg/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3
20,6	42,6	63,7	77,3	1,5	1160,3	71,7	1226,2	38,2	32,9

data: **16 FEBBRAIO 2008**

SO2	NO	NO2	NOX	CO	CH4	NMHC	THC	PM10	O3
ug/m3	ppb	ug/m3	ppb	mg/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3
17,7	6,1	8,8	11,2	0,7	1092,0	29,8	1116,0	17,3	42,9

data: **17 FEBBRAIO 2008**

SO2	NO	NO2	NOX	CO	CH4	NMHC	THC	PM10	O3
ug/m3	ppb	ug/m3	ppb	mg/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3
21,0	6,3	10,2	12,2	0,7	1096,4	30,1	1120,6	7,4	44,4

data: **18 FEBBRAIO 2008**

SO2	NO	NO2	NOX	CO	CH4	NMHC	THC	PM10	O3
ug/m3	ppb	ug/m3	ppb	mg/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3
26,0	58,4	56,4	89,3	1,6	1178,0	77,6	1249,9	29,9	23

data: **19 FEBBRAIO 2008**

SO2	NO	NO2	NOX	CO	CH4	NMHC	THC	PM10	O3
ug/m3	ppb	ug/m3	ppb	mg/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3
23,1	58,0	66,6	94,2	1,5	1178,0	94,5	1266,7	47,4	25,8

data: **20 FEBBRAIO 2008**

SO2	NO	NO2	NOX	CO	CH4	NMHC	THC	PM10	O3
ug/m3	ppb	ug/m3	ppb	mg/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3
21,1	41,9	74,8	82,5	1,5	1148,7	70,2	1213,1	35,9	15,2

10.6 IMPIANTO DI CAPTAZIONE E GESTIONE DEL BIOGAS

Poiché nell'Allegato I al punto 2.5 del D.l.vo 36 del 2003 è previsto sempre l'utilizzo energetico del gas di discarica, solo in caso di reale impraticabilità del recupero (da confermare da parte dell'autorità competente), può essere consentita la termodistruzione del gas in conformità alle norme del citato punto 2.5. Allegato I.

In tal caso le emissioni convogliate in atmosfera, derivanti dalla termodistruzione, andranno autorizzate ai sensi del D.l.vo 133/2005 e i limiti da rispettare saranno quelli ivi riportati.

In caso di discariche di volumetria totale inferiore a 30.000mc (come nel nostro caso), può essere consentita la combustione del biogas mediante torcia considerandola, ai fini normativi, come impianto di sicurezza e in quanto tale, ai sensi dell' art.269 p.to 14 lett.i del D.l.vo 152/2006 (ex DPCM 21/07/89), essa non richiede autorizzazione.

Si precisa, inoltre, che tutti gli impianti devono essere dotati di torcia di emergenza funzionante in caso di avarie o manutenzioni (ordinarie e/o straordinaria) del sistema di captazione.

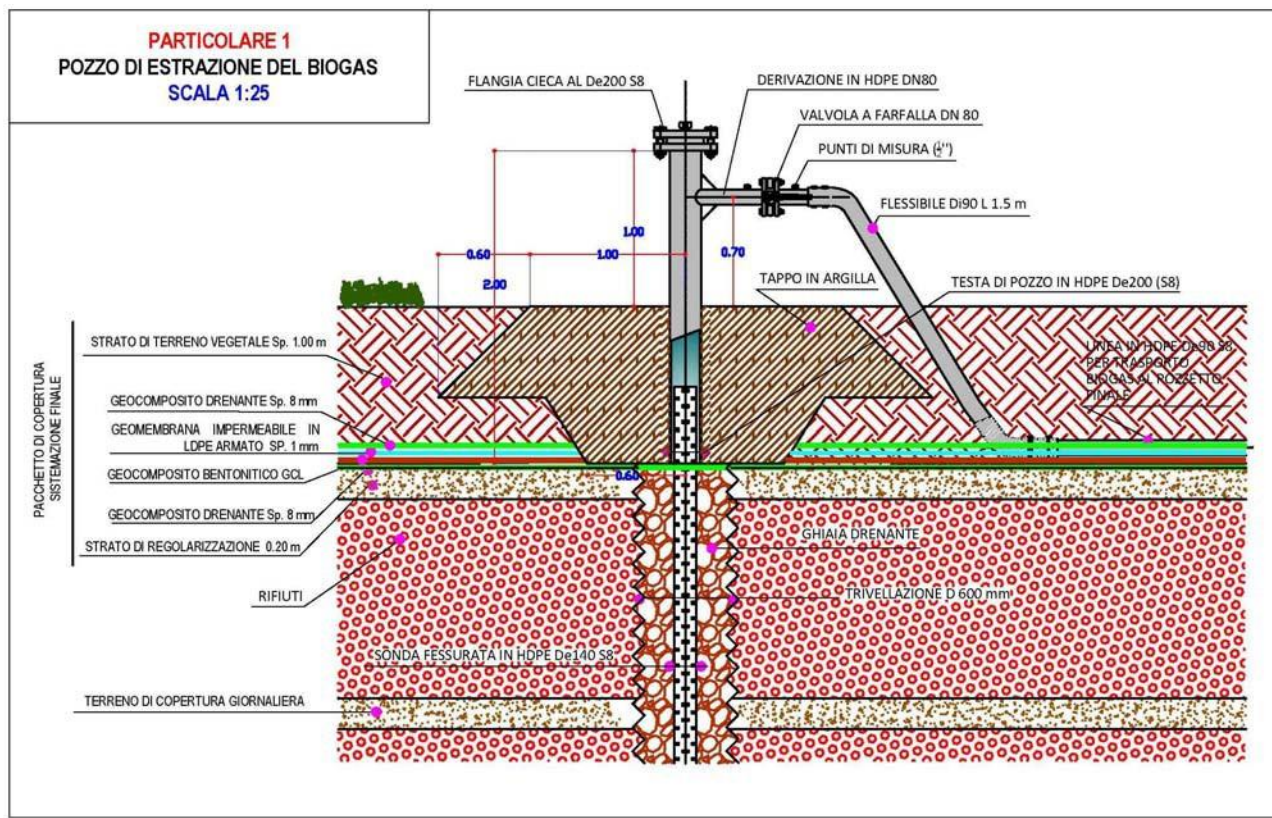
10.7 TERMODISTRUZIONE MEDIANTE TORCIA

Nella discarica in questione sono stati stoccati anche rifiuti biodegradabili, per cui verrà dotata di un sistema di raccolta e combustione dei gas.

Ciascun pozzo sarà collegato superiormente ad una tubazione che fa capo a sua volta ad un sistema di aspirazione: viene così a stabilirsi una depressione in testa a ciascun pozzo che esercita la sua azione di richiamo del biogas in una zona di influenza a forma sferica. La depressione applicata, dell'ordine di qualche decina di cm di colonna d'acqua, non dovrà in ogni caso consentire l'immissione nel rifiuto di aria proveniente dal terreno circostante la discarica. La distanza tra i pozzi varia in genere tra i 20-30 m ed anche più in funzione della profondità della discarica. Nel caso in esame l'interasse è pari a 8,00m.

La sistemazione dei pozzi è stata effettuata in base all'area di influenza; in particolare il raggio di ciascuna area di influenza è pari generalmente a 2 volte la profondità di ogni pozzo stesso.

Calcolo della velocità di generazione del metano K	
Profondità media dei pozzetti di raccolta [m]	3,00
Raggio stabilizzato medio di influenza [m]	8,00
Peso specifico dei rifiuti [t/m ³]	0,8
Percentuale biodegradabile di rifiuti [%]	70
Generazione potenziale di metano	106
Velocità di flusso stabilizzato medio di biogas per pozzetto [m ³ /min]	0,297
Età media dei rifiuti [anno]	2
Velocità di generazione del metano K[1/anno]	0,08904



Il biogas, noto anche come *landfill gas*, rappresenta il prodotto finale della degradazione microbica della materia organica in mancanza d'aria, condizione che si verifica all'interno del corpo della discarica. Il processo di degradazione si svolge in diverse fasi successive, durante le quali la sostanza organica grezza presente nel rifiuto viene prima ridotta in componenti minori e successivamente trasformata in biogas, un gas composto prevalentemente da metano (45-60%) ed anidride carbonica (40-55%), con tracce di gas diversi.

Il processo di degradazione prende avvio già nelle prime settimane di attività e si protrae per diversi anni dopo la chiusura della discarica. Quindi, una volta completata e realizzata l'impermeabilizzazione sommitale, la discarica può essere considerata come un "contenitore di accumulo" del biogas e del percolato.

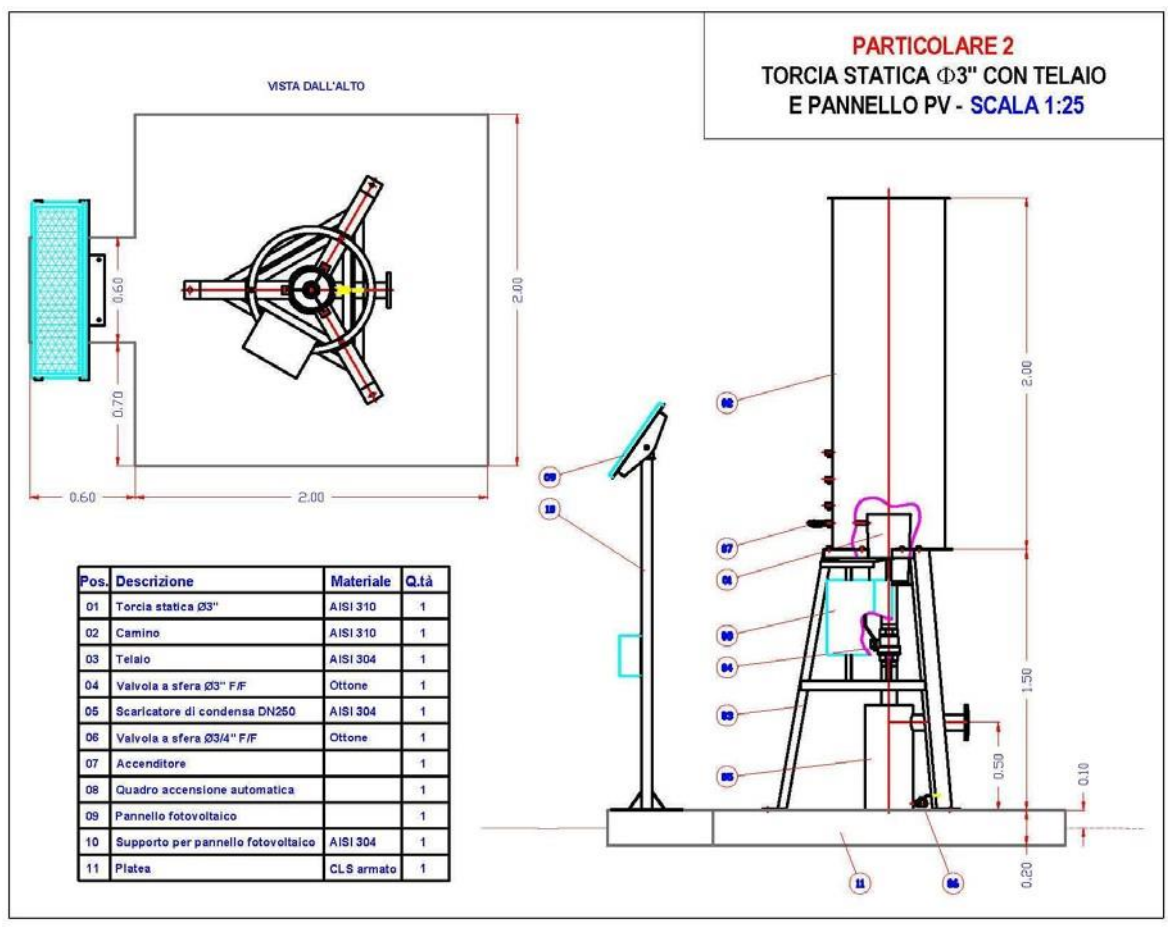
Nella discarica, il sistema di captazione e trattamento del biogas viene effettuato mediante **una rete di 4 pozzi verticali e l'impiego di n° 1 torcia statica a fiamma apparente**, indicato nei casi di bonifica di vecchie discariche o nella messa in sicurezza dove la capacità di produzione biogas è limitata causa la ridotta quantità dei rifiuti smaltiti e dove non sia possibile avere a disposizione energia elettrica per l'alimentazione delle varie apparecchiature.

Torcia statica di combustione biogas, fornita su telaio con camino di combustione e sistema di accensione automatica, disponibile nei modelli: TSCHT100 per portate nominali fino a 100 mc/h.

La torcia è sufficiente allo smaltimento del biogas che come è possibile analizzare negli Allegati Stima quantitativo del biogas Tav. A.09 il quantitativo captabile di biogas dal 2008 ad oggi è in costante diminuzione, con valori inferiori al 1m³/h.

Caratteristiche tecniche standard funzionamento: automatico.

Max. temperatura di combustione: 900 °C.

Percentuale minima di CH₄: 25%.**Caratteristiche costruttive standard**

La torcia, realizzata su telaio di supporto in acciaio inossidabile, comprende una valvola di intercettazione a farfalla con comando a leva collegata ad un barilotto di ingresso con presa di scarico condensa.

Il bruciatore in acciaio inossidabile è posizionato all'interno della camera di combustione sempre realizzata in acciaio inossidabile, prima del bruciatore è inserito il filtro rompifiamma realizzato con maglia di acciaio inossidabile.

Il sistema di accensione è automatico costituito da trasformatore e accenditore, inserito in prossimità del bruciatore, alimentazione elettrica da batteria collocata nella cassetta di contenimento della logica di comando e controllo.

Un apposito circuito elettrico comanda il ciclo di accensione, il consenso di fine ciclo di accensione è dato dalla rilevazione fiamma tramite termocoppia, in caso di spegnimento della fiamma si riattiva automaticamente il ciclo di accensione per un numero determinato di tentativi. Indicatori luminosi

segnaleranno lo stato di funzionamento della torcia. Per il mantenimento dello stato di carica della batteria è installato un sistema a pannelli fotovoltaici opportunamente dimensionato per l'impegno di potenza elettrica richiesta.

10.8 RAPPORTO BOD/COD

Nel caso di vecchie discariche viene spontaneo pensare che le caratteristiche sono quelle di un percolato vecchio o metanigeno, cioè difficilmente biodegradabile a causa soprattutto della qualità della sostanza organica (rapporto BOD/COD molto basso; sostanza organica ad alto peso molecolare) e dell'elevato contenuto di azoto ammoniacale (Vedasi TAV. A.12 Modalità gestione percolato – Stima quantitativo percolato.). Molto spesso invece ci si trova di fronte a casi di percolati relativamente giovani o con caratteristiche completamente differenti da quanto previsto dalla letteratura.

11 QUALITÀ E QUANTITÀ DEL PERCOLATO – PIANO DI SMALTIMENTO

Le caratteristiche principali della discarica RSU sono: Volume

totale = 11.030 m³

Area totale = 3.938 m²

Altezza media dei Rifiuti = 3,50 m

Densità = 0.8 t/m³

Pendenza del fondo = 4 %

Distanza fra i collettori del percolato = 8/10 m

Il tipo di drenaggio è costituito da un corpo drenante scavato sul fondo, realizzato con strati a diversa granulometria di ghiaia e sabbia al cui interno è annegato un tubo in HDPE macrofessurato, con protezione, laterale e sul fondo, in geotessuto e, superiore in geotessile termosaldato, con pendenza media del 4%.

La vita della discarica è stata divisa in 2 fasi:

- Fase I di conferimento;
- Fase II di dismissione della discarica.

Poiché non è possibile tener conto dell'effettiva morfologia della discarica, si è valutata la forma finale a cupola della copertura, considerando un'altezza media finale dei rifiuti pari a 7,50m, corrispondente al rapporto tra volume di rifiuti e superficie in pianta della discarica.

FASE I	1° strato	2° strato	3° strato	4° strato	1° strato
	Copertura intermedia	Barriera sup.	RSU	Drenaggio laterale	Barriera sul fondo
Altezza [m]	0,1	-	Variabile	0,3	2
Porosità	0,475	-	0,671	0,168	0,451
Cap.campo	0,378	-	0,292	0,073	0,419

Punto essic.	0,265	-	0,077	0,019	0,332
Cond.idr. [cm/sec]	5*10-5	-	1*10-3	2*10-3	1*10-9
FASE II	1° strato	2° strato	3° strato	4° strato	1° strato
	Copertura superficiale	Barriera sup.	RSU	Drenaggio laterale	Barriera sul fondo
Altezza [m]	1,0	1,00	7,50	0,3	2
Porosità	0,46	0,427	0,671	0,168	0,451
Cap.campo	0,3	0,418	0,292	0,073	0,419
Punto essic.	0,18	0,367	0,077	0,019	0,332
Cond.idr. [cm/sec]	6,4*10-5	1*10-7	1*10-3	2*10-3	1*10-9

La discarica, nello stato di completa chiusura, è stata rappresentata come una successione di due strati di diverso spessore e con diverse caratteristiche geologiche e funzionali. Durante la fase di esercizio gli strati sono solo uno, mancando la copertura finale e assumendo al suo posto solo uno strato di copertura intermedio. Nella tabella precedente sono riportate le caratteristiche relative ai vari strati in cui è stata schematizzata la discarica.

Per poter stimare il costo ambientale causato in 30 anni da una tonnellata di rifiuti posti in discarica, si è calcolato quanto percolato in questo lasso temporale viene prodotto dalla discarica. Il valore di 30 anni è stato assunto dalla letteratura, perché tale è ritenuto il periodo in cui i rifiuti subiscono un processo di digestione e di percolazione.

11.1 INFILTRAZIONE EFFICACE

In generale, il dato di infiltrazione efficace del sito corrisponde al quantitativo di acque meteoriche che ricadono sulla superficie della discarica infiltrandosi all'interno dell'ammasso di rifiuti.

Nel caso delle discariche, si distinguono i due casi principali per la definizione del dato di infiltrazione, espresso generalmente in cm/anno:

1. infiltrazione in assenza di copertura superficiale (lef);
2. infiltrazione in presenza di copertura superficiale (lef_cop).

11.1.1 INFILTRAZIONE EFFICACE IN ASSENZA DI COPERTURA SUPERFICIALE

Nel primo caso, **in assenza di copertura superficiale**, si può far riferimento al valore di infiltrazione del sito (**lef**) che andrà stimato sulla base delle condizioni meteo-climatiche specifiche.

A tal proposito, occorrerà reperire i dati di precipitazione da una stazione pluviometrica presente sul sito o comunque vicina alla discarica e stimare il dato di infiltrazione mediante modelli e formule note

di calcolo, sulla base del bilancio idrologico del sito.

In riferimento a quanto già definito per il calcolo dell'“infiltrazione efficace nella procedura di analisi di rischio assoluta per i siti contaminanti [APAT, “*Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi di rischio assoluta ai siti contaminati*” 2005] formule basate sull'espressione del bilancio idrologico:

$$I_{ef} = P - (ET + RS)$$

dove:

P rappresenta il dato di precipitazione atmosferica, solitamente il valore medio annuo (cm/anno); ET rappresenta il valore di evaporazione e traspirazione della copertura vegetale presente nel sito (cm/anno); Rs corrisponde al termine di ruscellamento o scorrimento superficiale (cm/anno).

Nel caso di terreno omogeneo, l'“infiltrazione efficace media annua può essere stimata in funzione delle precipitazioni medie annue e del tipo di terreno prevalente nel suolo (sabbia, limo o argilla) a mezzo delle seguenti relazioni empiriche:

$$I_{ef} = 0,0018 \cdot P^2 \text{ per terreni sabbiosi (SAND)}$$

$$I_{ef} = 0,0009 \cdot P^2 \text{ per terreni limosi (SILT)}$$

$$I_{ef} = 0,00018 \cdot P^2 \text{ per terreni argillosi (CLAY)}$$

Le suddette correlazioni prevedono valori di precipitazione media annua (P) e di Infiltrazione efficace (I_{ef}) espressi in cm/anno.

Inoltre, per correlare le relazioni sopra riportate con la classificazione dei terreni compositi basata sul metodo dell'“USDA, si sottolinea che:

- nella classe *SAND* sono comprese le tessiture: Sand, Loamy Sand e Sandy Loam;
- nella classe *SILT* sono comprese le tessiture: Sandy Clay Loam, Loam, Silt Loam e Silt;
- nella classe *CLAY* sono comprese le tessiture: Clay Loam, Silty Clay Loam, Silty Clay, Sandy Clay e Clay.

Le suddette relazioni empiriche sono riferite ad un suolo ricoperto da erba.

11.1.2 INFILTRAZIONE EFFICACE IN PRESENZA DI COPERTURA SUPERFICIALE

Nel secondo caso, **in presenza di copertura superficiale (I_{ef_cop})**, una volta nota l'“infiltrazione senza copertura, si potranno introdurre degli opportuni coefficienti riduttivi del valore di infiltrazione del sito al fine di ottenere un dato che sia rappresentativo del tipo di copertura presente.

Tali coefficienti riduttivi possono essere ricavati conoscendo i parametri geometrici ed idraulici della copertura superficiale ed applicando un bilancio idrologico al sistema della copertura.

Nella tabella seguente si riportano alcuni coefficienti riduttivi ripresi dalla letteratura per alcune tipologie di copertura superficiale (gli strati di copertura sono indicati dall'alto verso il basso) [T. Gisbert, C. Balquet, G. Barina and C. Petitpas, 2003].

Esempi di alcuni coefficienti riduttivi per la copertura finale	
coefficiente di copertura finale	tipo di copertura finale
0,7	suolo (> 0,3 m)
0,5	argilla (1 m; $k \leq 1 \times 10^{-9}$ m/s)

0,25	strato di terreno strato di drenaggio argilla (1 m)
0,05	strato di terreno strato di drenaggio geomembrana argilla (1 m)

11.2 CALCOLO PERCOLATO

Il calcolo del percolato viene eseguito assumendo che nei primi 30 anni della vita della discarica di San Lupo da 1 tonnellata di rifiuti si produce una quantità di percolato prodotto pari a $V_{perc.prod.} = 144.4 \text{ l/t}^1$ con la composizione della Tab.A della Legge Merli (come risulta dall'applicazione del codice HELP3.07). Tenendo conto del periodo di attività della discarica RSU (11 anni) e un coefficiente di copertura finale pari a 0,05 (tipo di copertura finale: geomembrana composita bentonica, impermeabile di superficie, geomembrana in HDPE, geocomposito drenante tridimensionale, terreno da coltivazione dello spessore di 100 cm) la quantità di percolato è pari a 259.696,63 litri, senza tenere conto della quantità di percolato che può infiltrarsi nella barriera che separa i rifiuti dal suolo perché produce un danno trascurabile.

A	B	C	D	E	F	G	H
Percolato [l/t]	RSU [t]	40 anni [l]	Periodo conf. [anni]	D C-D [l]	k copertura a finale	l percolato fase post operativa	percolato E2+H2 [l]
144.40	11.030.5	1.592.732.00	43.800.13	1.548.931.87	0.05	77.446.59	121.246.72

11.2.1 PARAMETRI FISICI DEL PERCOLATO

I parametri fisici che generalmente caratterizzano il percolato sono:

- pH;
- conducibilità elettrica;
- potenziale redox.

Concentrazione iniziale delle specie chimiche presenti nel percolato (CLO)

Per le discariche controllate, si devono raccogliere i dati storici di concentrazione delle specie chimiche presenti nel percolato, mentre, come già esposto, per le discariche in progettazione si può far riferimento a valori di letteratura.

Tali valori serviranno a determinare il valore rappresentativo o la distribuzione rappresentativa della concentrazione iniziale alla sorgente (CLO), per ognuna delle specie presenti nel percolato e identificate

¹ Tesi specialistica "Studio per la previsione della produzione di percolato e biogas della discarica RSU di Poiatica Carpineti (RE) nell'ambito di una collaborazione tra ENEA e AGAC di Reggio Emilia.

quali indicatori.

In caso di non disponibilità degli stessi, nella tabella seguente si riportano delle distribuzioni di probabilità tipiche, riprese dalla letteratura del settore [Environment Agency; 2003d], per alcuni contaminanti presenti nel percolato prodotto da una discarica per rifiuti urbani e assimilabili.

Distribuzioni di probabilità da letteratura per alcune specie chimiche del percolato [Environment Agency; 2003d]			
specie	distribuzione di probabilità triangolare		
	valore minimo (mg/l)	valore più probabile(mg/l)	valore massimo (mg/l)
ammoniaca	32,1	267	1100
arsenico	0,00371	0,00485	0,0107
cloruri	271	997	2650
cromo	0,0231	0,0981	0,416
rame	0,0129	0,0509	0,191
piombo	0,0337	0,111	0,340
nichel	0,0345	0,126	0,627

Una lista più completa è riportata nella seguente tabella in cui sono riportati dati risultanti dalle analisi effettuate in doppio sui campioni di percolato prelevati da percolati provenienti da discariche RSU nella provincia di Padova con i valori medi calcolati.

11.2.2 QUALITÀ DEL PERCOLATO DA VECCHIE DISCARICHE

La difficoltà di definire le caratteristiche del percolato e la loro variabilità nel tempo, determina spesso un'incertezza nella scelta del più appropriato sistema di trattamento.

In generale le caratteristiche quantitative del percolato sono influenzate da fattori esterni come l'apporto idrico (meteorico, superficiale, sotterraneo) e da fattori interni come l'umidità iniziale, la produzione e consumo di acqua durante la biodegradazione dei rifiuti; nel caso di discariche esaurite risulta ovviamente determinante la copertura finale. La qualità dipende più strettamente dalla composizione dei rifiuti, in particolare dalla componente organica e dal contenuto di ione ammonio e di metalli. Il concorso di tutti questi fattori fanno sì che la composizione chimico fisica dei percolati sia fortemente variabile poichè dipendente dall'evoluzione dei processi biologici che si sviluppano all'interno dell'ammasso dei rifiuti (Lavagnolo, 2000).

Nel caso di vecchie discariche viene spontaneo pensare che le caratteristiche sono quelle di un percolato **vecchio o metanigeno, cioè difficilmente biodegradabile a causa soprattutto della** qualità della sostanza organica (rapporto BOD/COD molto basso; sostanza organica ad alto peso molecolare) e dell'elevato contenuto di azoto ammoniacale (Tabella 1).

Tabella 1 - Composizione del percolato da discariche di RSU (Gronadecki, 1995)

Parametro (mg/l)	(Ehrig, 1990)				(Krise, 1994)			
	fase acida		fase maturogenica		fase acida		fase intermedia	
	intervallo	media	intervallo	media	intervallo	media	intervallo	media
pH	4,5-7	6	7,5-9	8	6,2-7,8	7,4	6,7-8,3	7,5
COD	6.000 - 60.000	22.000	500 - 4.500	3.000	950 - 40.000	9.500	700 - 28.000	3.400
BOD ₅	4.000 - 40.000	13.000	20 - 550	180	600 - 27.000	6.300	200 - 10.000	1.200
TOC	1.500 - 25.000	7.000	200 - 5.000	1.300	350 - 12.000 ²⁾	2.600 ²⁾	300 - 1.500 ²⁾	880 ²⁾
AOX (µg/l)	540 - 3.450	1.674	534 - 2.010	1.040	260 - 6.200	2.400	260 - 3.900	1.545
org. N ¹⁾	10 - 4.350	600	10 - 4.250	600				
NH ₄ -N ¹⁾	30 - 3.000	750	30 - 3.000	750	17 - 1.650	740	17 - 1.650	740
TKN ¹⁾	40 - 3.425	1.350	40 - 3.425	1.350	250 - 3.000	920	250 - 3.000	920
NO ₂ -N ¹⁾	0 - 25	0,5	0 - 25,0	0,5				
NO ₃ -N ¹⁾	0,1 - 50	3	0,1 - 50	3				
SO ₄	70 - 1.750	500	10 - 420	80	35 - 925	200	20 - 330	90
Cl ⁻	100 - 5.000	2.100	100 - 5.000	2.100	315 - 12.400	2.150	315 - 12.400	2.150
Na ²⁾	50 - 4.000	1.350	50 - 4.000	1.350	1 - 6.800	1.150	1 - 6.800	1.150
K ²⁾	10 - 2.500	1.100	10 - 2.500	1.100	170 - 1.750	880	170 - 1.750	880
Mg	50 - 1.150	470	40 - 350	180	30 - 600	285	90 - 350	300
Ca	10 - 2.500	1.200	20 - 600	60	80 - 2.300	650	40 - 310	150
tot. P ¹⁾	0,1 - 30	6	0,1 - 30	6	0,3 - 54	6,8	0,3 - 54	6,8
Cy ²⁾	0,03 - 1,6	0,3	0,3 - 1,6	0,3	0,002 - 0,52	0,155	0,002 - 0,52	0,155
Fe	20 - 2.100	780	3 - 280	15	3 - 500	135	2 - 120	36
Mn ²⁾	0,03 - 2,05	0,2	0,02 - 2,05	0,2	0,01 - 1	0,19	0,01 - 1	0,19
Cu ²⁾	0,004 - 1,4	0,08	0,004 - 1,4	0,08	0,005 - 0,56	0,09	0,005 - 0,56	0,09
Zn	0,1 - 120	5	0,03 - 4	0,6	0,05 - 1,6	2,2	0,06 - 1,7	0,6
As ²⁾	0,005 - 1,6	0,16	0,005 - 1,6	0,16	0,0053 - 0,11	0,0255	0,0053 - 0,11	0,0255
Co ²⁾	0,0005 - 0,14	0,006	0,0005 - 0,14	0,006	0,0007 - 0,525	0,0375	0,0007 - 0,525	0,0375
Hg ²⁾	0,0002 - 0,01	0,01	0,0002 - 0,01	0,01	0,00002 - 0,035	0,0015	0,00002 - 0,035	0,0015
Pb ²⁾	0,008 - 1,02	0,09	0,008 - 1,02	0,09	0,008 - 0,4	0,16	0,008 - 0,4	0,16

¹⁾ parametro dipendente dal livello di biodegradazione, ²⁾ DOC = carbonio organico disciolto

Molto spesso invece ci si trova di fronte a casi di percolati relativamente giovani o con caratteristiche completamente differenti da quanto previsto dalla letteratura.

Risulta quindi indispensabile l'analisi di tutti i dati disponibili, acquisiti sia durante la fase di deposizione dei rifiuti sia nelle fasi di chiusura e post-chiusura (dati progettuali, meteorologici, sui rifiuti depositati, sulla qualità e quantità del percolato e del biogas prodotto). Il confronto di tali dati permette di comprendere qual

è la fase di degradazione raggiunta dai rifiuti e cosa ci si può aspettare in funzione anche dell'efficacia del sistema di captazione del percolato e del biogas (Cossu et al., 2000).

11.3 TRATTAMENTI BIOLOGICI

La trattabilità biologica del percolato dipende dal rapporto BOD5/COD, se intorno a 0,5 è indice di un percolato derivante da rifiuti prevalentemente in fase acida, dal rapporto TKN/COD normalmente strettamente correlato al primo, dalla presenza di fattori tossici o inibenti l'attività batterica quali metalli, cloruri, solfuri e alcuni composti organici (fenoli, cianuri, ecc). Con l'aumentare dell'età della discarica, il trattamento del percolato si deve focalizzare sulla nitrificazione dell'ammoniaca. La denitrificazione biologica può essere raggiunta se viene aggiunto un substrato organico esterno.

11.4 TRATTAMENTI ANAEROBICI

I lagunaggi anaerobici si sono dimostrati un buon sistema di pretrattamento del percolato: da un lato infatti consentono di smorzare le punte di quantità e qualità del percolato, influenzando positivamente sui successivi trattamenti, dall'altro garantiscono una buona efficienza di abbattimento della sostanza organica. I valori ottenuti sono di circa 80-90% di riduzione di COD con carichi organici intorno a 1 kgCOD (m3d)-1. La principale controindicazione sta nella totale inefficacia nei confronti dell'azoto ammoniacale; inoltre un rapporto troppo alto di TKN/COD in ingresso, indice di una discarica in fase metanigena, determina una diminuzione del rendimento di rimozione della sostanza organica (Cossu e Lavagnolo, 1999). I metalli risultano ridotti per effetto dell'inglobamento nella biomassa in sedimentazione. Fino a qualche tempo fa, pochi sono stati gli studi o le applicazioni eseguite sui digestori anaerobici (convenzionali o riscaldati), forse perchè si riteneva che tali processi fossero troppo lenti e troppo sensibili agli shock di carico ed ai costituenti tossici e quindi inadeguati per un liquame come il percolato.

Alcune esperienze hanno mostrato negli ultimi anni come a temperature di 25°C le reazioni degradative procedano velocemente senza mostrare fasi di latenza e hanno attestato l'influenza positiva dell'aggiunta di fango digerito e nessuna dall'aggiunta di fosforo. Interessanti si sono mostrate le applicazioni su reattori UASB (digestori a letto di fango), che hanno permesso un'efficienza di rimozione della sostanza organica intorno al 90% con percolati giovani caratterizzati da valori in ingresso di COD tra i 10.000-20.000 mg l-1.

11.5 TRATTAMENTI AEROBICI

Attualmente sono in esercizio numerosi impianti di trattamento aerobico che fanno soprattutto riferimento a lagunaggi. Tali sistemi infatti, al pari dei lagunaggi anaerobici, si dimostrano sistemi semplici, economici ed affidabili, ciò che appunto viene richiesto per il trattamento del percolato. Le indagini su scala pilota e su scala reale hanno dimostrato che tale metodologia è in grado di fornire delle efficienze di abbattimento dell'ordine del 98-99% per BOD e COD e comunque superiori al 90% per l'N-NH4. I lunghi tempi di ritenzione richiesti dai lagunaggi aerati permette alle popolazioni batteriche di svilupparsi sufficientemente anche alle basse temperature e di rimuovere anche la parte più difficilmente biodegradabile. Tra gli impianti di nitrificazione sperimentati in scala reale, si sottolineano due diversi tipi, entrambi in Inghilterra, uno a biomassa sospesa e l'altro a biomassa adesa. Il primo fa parte di un sistema di trattamento che prevede a monte un reattore anaerobico UASB. Dal momento che i processi di nitrificazione sono sfavoriti o inibiti

dalla presenza di metalli pesanti, da basse temperature e da bassi pH, il trattamento anaerobico ha il vantaggio di ridurre tali fattori inibenti "preparando" il liquame al trattamento di nitrificazione. L'efficienza di rimozione è stata del 99% con un carico di 0.028 KgN-NH₄ (KgSS d)⁻¹ e, sebbene nel passaggio da NH₃ a NO₂ il pH subisce una diminuzione, il liquame ha mostrato un elevato potere tampone in quanto il rapporto alcalinità/azoto ammoniacale era di 7:1. Il secondo processo, applicato in scala reale, ha utilizzato dei dischi biologici rotanti e si rivolgeva alla nitrificazione di un percolato proveniente da uno scarico in fase metanigena: la scelta del processo a biomassa adesa rispetto a quella sospesa è stata preceduta da indagini in scala pilota che hanno dimostrato come i dischi biologici comportassero minori problemi di esercizio (specie nel controllo dei solidi) oltre che minori costi di gestione. Una particolarità interessante è stato l'utilizzo del biogas della discarica per il riscaldamento del percolato nel periodo invernale, che ha consentito una velocizzazione del processo ed un risparmio sui costi di impianto stimati in 40% del totale (Cossu et al., 1989).

11.6 TRATTAMENTI CHIMICO-FISICI

I trattamenti chimico-fisici agiscono principalmente sulla separazione e concentrazione degli inquinanti. Il concentrato deve poi essere incenerito, smaltito in discarica o ulteriormente trattato. In generale non esiste un trattamento da solo efficace al raggiungimento di tutti gli obiettivi necessari al rispetto della legge. I processi di chiariflocculazione e di osmosi inversa hanno bassi rendimenti sulla sostanza organica a basso peso molecolare e sulla rimozione dei composti ammoniacali, mentre i processi ad adsorbimento hanno problemi con i composti ad alto peso molecolare. I processi di ossidazione chimica o ad umido riducono la componente biorefrattaria aumentando il rapporto BOD/COD e favorendo una successiva depurazione biologica (Andreottola et al., 1995).

11.7 L'EVAPORAZIONE

E' la tecnica normalmente applicata su percolati particolarmente carichi aventi conducibilità superiore ai 20.000 µsiemens/cm, o COD superiori ai 10.000 mg/L.

Il rapporto di concentrazione può arrivare fino a 7-8 volte l'alimentazione, ma l'evaporato richiede comunque un trattamento supplementare che può essere o biologico o meglio ancora di osmosi inversa. Il sistema di evaporazione viene solitamente dimensionato con macchine mono-effetto, perché pluri-effetti o termocompressioni provocherebbero incrostazioni e sporcamenti dovuti alla massiccia presenza sia di durezza inorganica che di contenuti organici incrostanti come acidi grassi e prodotti della decomposizione proteica. I materiali di costruzione richiesti devono essere resistenti a corrosione salina e acida perché l'evaporazione viene mantenuta in ambiente acido per mantenere lo ione ammonio bloccato nella forma NH₄ nel concentrato.

In casi particolari l'evaporazione viene effettuata in ambiente basico strappando l'ammoniaca con aria dall'evaporato condensato basico e assorbendola in acido solforico con formazione di solfato ammonico che viene teoricamente utilizzato come ammendante, ma in pratica risulta essere un altro rifiuto da smaltire.

Il costo di investimento per un sistema evaporativo è molto alto, e alto è anche il costo di esercizio (vedi tabelle analitiche), ma proprio sul costo di esercizio è possibile intervenire, se in presenza di impianti di cogenerazione, che utilizzano il biogas prodotto dalla discarica per produrre energia elettrica che viene ceduta in rete.

In pratica per ogni Kw messo in rete c'è la necessità di smaltire ca 1,5-1,8 Kw termici che si

recuperano dal raffreddamento dei motori a biogas e della torcia, e possono essere convertiti in acqua calda da utilizzare come fluido intermedio per l'evaporazione (sotto vuoto) del percolato, con un recupero che può essere molto significativo sui costi di esercizio.

11.8 L'OSMOSI INVERSA

E' la tecnologia generalmente più utilizzata perché a fronte di investimenti contenuti e di costi energetici relativamente bassi garantisce un risultato eccellente. L'osmosi inversa si applica solitamente su percolati a carico organico medio basso (inf a 10.000 ppm di COD) e a conducibilità inferiori ai 20.000 μ siemens/cm. Un problema limitante, per l'applicazione sono gli sporcamenti delle membrane a spirale avvolta e del difficile recupero delle stesse con i lavaggi tradizionali.

A questo proposito risulta fondamentale il pretrattamento del percolato che alimenta l'unità di osmosi inversa che può essere di tipo tradizionale con una filtrazione a sabbia (il più usato) o con sistema di ultrafiltrazione (ceramica)

E' fondamentale individuare, in funzione delle quantità da trattare, delle caratteristiche del percolato e del tipo di conduzione e gestione dell'impianto se può essere conveniente rinunciare al pretrattamento con ultrafiltrazione e prevedere sostituzioni delle membrane osmotiche più frequenti.

Spesso i costruttori di impianti propongono una sorta di contratto di gestione all-included che prevede già gli interventi di sostituzione insieme alla manutenzione ordinaria. Spesso i costruttori di impianti propongono una sorta di contratto di gestione all-included che prevede già gli interventi di sostituzione insieme alla manutenzione ordinaria.

Si riportano di seguito alcuni dati indicativi riferiti agli impianti descritti proposti, relativi a costi di investimento e costi di esercizio.

E' evidente che questi dati sono frutto di esperienze su impianti realizzati, ma vanno poi verificati in funzione delle diverse caratteristiche qualitative, quantitative del percolato e adeguate alle situazioni logistiche e ambientali di nuovi insediamenti.

Analisi costi

	Investimento (EURO)	
	mc/anno trattato	
	10.000	15.000
Filtro a sabbia +Osmosi	150.000	220.000
Ultrafiltrazione +Osmosi	250.000	360.000
Evaporatore+Osmosi	450.000	680.000

	Costi di esercizio (EURO-ANNO)			
	mc/anno trattato			
	10.000		15.000	
	energia	manutenzione	energia	manutenzione
Filtro a sabbia +Osmosi	71.280	25.000	95.040	30.000
Ultrafiltrazione +Osmosi	106.920	10.000	154.440	12.000
Evaporatore+Osmosi**	178.200	15.000	261.360	20.000

	Costi specifici (EURO/mc)					
	mc/anno trattato					
	10000			15000		
	Esercizio	Ammortamento*	Totale	Esercizio	Ammortamento*	Totale
Filtro a sabbia +Osmosi	9,6	2,4	12,0	8,3	2,3	10,6
Ultrafiltrazione +Osmosi	11,7	3,9	15,6	11,1	3,8	14,9
Evaporatore+Osmosi**	19,3	7,1	26,4	18,8	7,1	25,9

*Ammortamento considerato su 7 anni di esercizio

** Non sono considerati i recuperi energetici possibili con la cogenerazione

Il costo di investimento per i due sistemi appena esaminati è molto alto, e alto è anche il costo di esercizio (vedi tabelle analitiche). E' economicamente molto più conveniente avviare i modesti volume di percolato presso impianti autorizzati dislocati all'interno del territorio provinciale.

Risultato di prove pilota in scala di laboratorio su percolati da discariche di RSU dismesse da più anni

In Tabella 5 si riportano le caratteristiche di alcuni percolati provenienti da alcune discariche del Veneto, alto Adige, Basilicata, dismesse circa 10 anni.

Il trattamento in scala pilota su questi percolati è stata una evaporazione sotto vuoto.

Tabella 4 - Caratteristiche del percolato e prestazioni medie dell'impianto di trattamento del percolato di una discarica in Nord Italia.

I valori riportati sono quelli medi del periodo di monitoraggio.

Parametro	Percolato	Condensato totale evaporatore	Resa di rimozione %	Effluente trattato	Resa di rimozione %
COD, mg/L	1110 ÷ 5660	50 ÷ 110	> 98%	< 50	> 99%
NH ₄ -N, mg/L	882 ÷ 2990	830 ÷ 2900	---	0,2 ÷ 5	> 99%
Alcalinità CaCO ₃	3800 ÷ 11300	---	---	1125 ÷ 4640	---
pH	7,7 ÷ 8,5	9,8 ÷ 10,3	---	7,6 ÷ 8,9	---
Cl ⁻ , mg/L	1500 ÷ 2800	10 ÷ 25	---	---	---
Fe, mg/L	4 ÷ 16,7	---	---	---	---
Cu, mg/L	< 0,02 ÷ 0,35	---	---	---	---
Zn, mg/L	0,8 ÷ 3,25	---	---	---	---
T.S. mg/L 105 °C	1210 ÷ 9800	---	---	---	---
Ca mg/L	0,3 ÷ 225	---	---	---	---
SO ₄ mg/L	7 ÷ 280	---	---	---	---
TKN mg/L	990 ÷ 3020	---	---	---	---
BOD ₅ mg/L	500 ÷ 1800	---	---	< 10 ÷ 15	> 99%

Tabella 5 - Caratteristiche dei percolati provenienti da discariche dismesse da diversi anni in diversi luoghi (1=Veneto; 2=Basilicata; 3=Alto Adige; 4=Alto Adige)

PARAMETRI (mg/l)				
pH	7,5	7 ÷ 8	8,4	8
Alcalinità (CaCO ₃)	6700	7800	4650	4100
COD	1100	3700	2300	3350
BOD ₅	118	600	125	480
NH ₄ ⁺	1600	1950	1250	805
Cloruri	1100	2800	12500	1180
Solfati	80	115	270	60
Calcio	55	65	90	270
Residuo secco 105 °C	5500	10700	23600	7150

Tabella 6 - Caratteristiche medie del condensato ottenuto dopo il trattamento sui percolati di Tabella 5

PARAMETRO (mg/l)	VALORE
pH	5,2 ÷ 5,8
COD mg/L	20 ÷ 90
BOD ₅ mg/L	< 20
NH ₄ -N mg/L	0,5 ÷ 2
Cloruri mg/L	25 ÷ 110

L'acido impiegato è il cloridrico o il solforico a seconda del tenore di ione calcio presente nel refluo grezzo. Il valore del pH del condensato viene corretto al valore di circa sette con modestissime quantità di idrossido di sodio.

Dato il basso valore delle sostanze secche a 105°C presenti nel refluo grezzo, la quantità di residuo concentrato al 40% di S.S. (con incipiente precipitazione di fasi solide pari al 3÷8%), è pari a circa 20÷30 litri per 1000 L di percolato trattato.

11.9 COSTI FINALI

Il servizio di prelievo, trasporto, conferimento e smaltimento di circa 121,25 tonn di percolato (CER 19.07.03) con COD≤10.000 mg/l, prodotto nella discarica di rifiuti solidi urbani non pericolosi di Defensola in San Lupo (BN) è pari a 58,00€/tonn.

Il trattamento applicato è del tipo aerobico.

Percolato [t]	percolato E2+H2 [€/t]	Imponibile	IVA	Totale
121,25	€ 58,00	€ 7.032,27	€ 1.476,78	€ 8.509,04

Il percolato stoccato sarà quindi avviato ad impianto di trattamento esterno impianto autorizzato ASI di Atripalda (AV).

12 DIMENSIONAMENTO DIAFRAMMA DRENANTE E BARRIERA IMPERMEABILE

La barriera idraulica costituisce una misura di contenimento della contaminazione dell'acquifero superficiale. Questa tecnologia è solitamente utilizzata per la rimozione di inquinanti miscibili con l'acqua; non agisce sulla sorgente di contaminazione ma ha lo scopo di contenere il plume inquinato (Tunesi e Napoleoni, 2003).

La barriera idraulica è applicabile per il contenimento di plume contaminati da composti organici e inorganici in particolar modo per quelli caratterizzati da elevata solubilità e che non hanno la tendenza a ripartirsi/riassorbirsi sulle fasi solide. L'intervento può essere effettuato su acquiferi permeabili e caratterizzati da una profondità della falda che non consente l'applicazione di altre tecnologie di trattamento e consiste nel creare una depressione piezometrica per controllare e interrompere il flusso delle acque contaminate.

Le tipologia realizzativa è di seguito descritta:

- barriera costituita da pozzi o da dreni (diaframma drenante) con lo scopo di arrestare il flusso a valle dei contaminanti in modo da isolare potenziali bersagli della contaminazione, quali pozzi di acqua potabile;

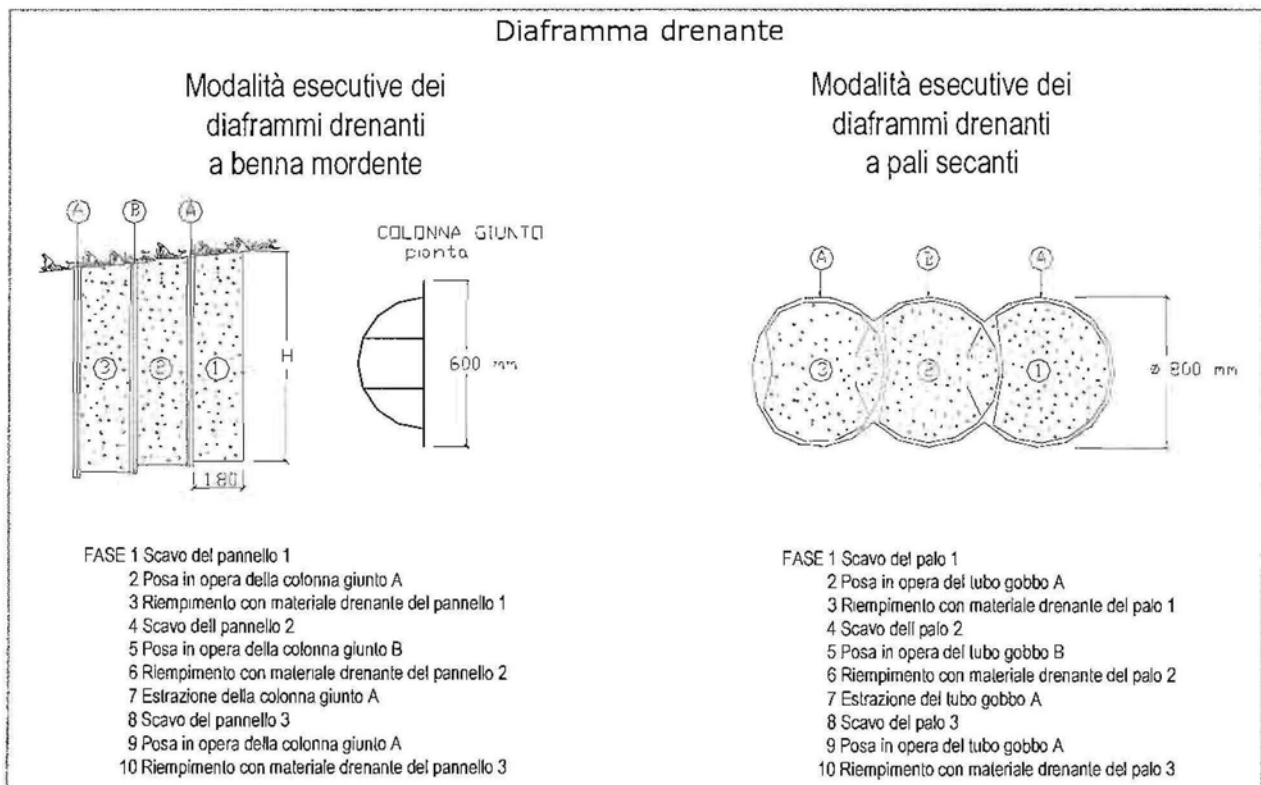
La tecnica presenta i seguenti vantaggi:

- per la semplicità di progettazione e realizzazione è utilizzabile come un intervento di messa in sicurezza;
- possono essere realizzate barriere di pozzi per controllare i risultati delle attività di bonifica condotte con diverse tecniche.

La barriera idraulica è quindi una misura di contenimento della contaminazione dell'acquifero della falda freatica. Essa è costituita da un diaframma drenante realizzato mediante una sequenza di perforazioni di diametro 0,80m e profondità di 8,00 m con riempimento di materiale inerte (ghiaia, ghiaietto, sabbia o materiali sintetici tipo drenaggi drenoter ecc.). Questa tipologia di dreni vengono utilizzati dei tubi sagomati

(tubo gobbo) che permettono di avere una secanza tra pali contigui per mantenere la continuità del corpo drenante.

Di seguito viene riportato un esempio di diaframma drenante.



Nella parte terminale del diaframma drenante sarà realizzato un pozzo in acciaio di diametro cm 100 della profondità di 10,00m di deposito delle acque contaminate con estrazione monofase con l'utilizzo di una doppia pompa per convogliare le acque in una cisterna interrata di stoccaggio prima del prelievo definitivo.

La porzione di acquifero interessata dal flusso verso le opere di captazione è denominata zona di captazione; nello specifico questa zona ha un'ampiezza di circa 43m, misurati lungo il margine sud della discarica e un'estensione **verticale pari a 8,00 m**.

Il dimensionamento della barriera idraulica è stato effettuato sulla base di modelli che simulano le proprietà idrodinamiche del mezzo poroso, il trasporto degli inquinanti in falda e gli effetti indotti dal pompaggio sul campo di moto della falda.

Il dimensionamento del diaframma drenante e la portata da estrarre sono stati individuati a partire da due condizioni piezometriche indisturbate significative:

- piezometria media, rappresentativa delle condizioni medie di funzionamento della barriera idraulica. Essa corrisponde alla piezometria ottenuta calibrando il modello rispetto alla livello piezometrico medio di ciascun piezometro nel periodo giugno 2006/dicembre 2012;
- piezometria critica, a cui corrisponde il massimo valore di trasmissività, carico idraulico e gradiente piezometrico, condizioni che sono le più critiche per il funzionamento della barriera idraulica.

La regolazione delle pompe avviene ad opera di un programma di calcolo che individua la portata ottimale da

emungere in corrispondenza del pozzo di recapito finale al fine di catturare tutto il fronte contaminato.

Nella fase delle indagini preliminari sono state effettuate prove di emungimento per calcolare le proprietà idrauliche dell'acquifero freatico che vengono definite come trasmissività e coefficiente d'immagazzinamento. La trasmissività T definisce in un valore - parametro le condizioni della permeabilità verticale della colonna litologica-stratigrafica ed è definita come prodotto dello spessore dell'acquifero per la permeabilità dei materiali costituenti l'acquifero stesso. Il coefficiente d'immagazzinamento CI è il volume di acqua che può essere disponibile in un acquifero e liberato sotto l'influenza della gravità dall'acquifero stesso. Esso è dipendente dal tipo di falda (freatica o artesiane), dalla permeabilità del mezzo. Per falde freatiche $CI = 30 - 40 \%$ per alluvioni sabbio-ghiaiose e talora limose Per falde artesiane in pressione CI è molto basso = $10^{-3} - 10^{-6}$. Le prove di portata sono state eseguite su pozzo singolo con piezometri radiali (2). I dati delle prove di portata vengono riportati generalmente su grafici a scala logaritmica Che servono a definire le proprietà idrauliche e l'idrogeologia sotterranea di un acquifero.

POZZO IN FALDA FREATICA CON DUE PIEZOMETRI

=====	
Portata massima emunta	0,13 l/sec
Livello piezometro N. 1	0,80 m
Livello piezometro N. 2	0,30 m
Distanza Pozzo-Piezometro N. 1	11,0 m
Distanza Pozzo-Piezometro N. 2	23,0 m
Spessore dell'acquifero	6,0 m
=====	

DATI IN USCITA

=====	
Trasmissività	0,00003358156 mq/sec
Permeabilità	0,00000559692 m/sec
=====	

In allegato il calcolo per il dimensionamento del diaframma drenante.

COLLETTORE PRINCIPALE

Verifica tecnica del

Formula di Hooghoudt modificata
non valida se i dreni sono sopra
il piano di separazione tra K1 e K2

DRENAGGI PROFONDI

TRINCEA FINO A 20°

(fino a 100 kPa di carico efficace)
Committente

PANNELLI DRENANTI

PARAMETRI INGRESSO	INSERIRE IL VALORE (solo negli spazi bianchi)	UN.MISURA
l (lunghezza dren)	42	m
interasse tra i laterali	200	m
profondità (H) trincee parallele	18,00	m
profondità (Hisp) lisca di pesce	20,20	
portata collettore	-1,30E=04	(m³/s)
portata laterali	-1,384E=03	(m³/s)
numero laterali	1	N
braccio doppio	1	0-1
pendenza collettore (°)	3,00	gradi

GHIAIA

PARAMETRI INGRESSO	INSERIRE IL VALORE (solo negli spazi bianchi)	UN.MISURA
Altezza dren (solo ghiaia)	0	m
Larghezza dren (solo ghiaia)	0	m
l (lunghezza dren)	42	m

Ghiaia

gli spazi in giallo sono di calcolo automatico e protetti da scrittura

C126 foglio DP

interasse tra i laterali	200	m	s (kPa)	k (m/s)
profondità (H)	18	m	0	2.00E-03
portata collettore	0,00E+00	(m³/s)	20	2.00E-03
portata laterali	0,000E+00	(m³/s)	100	8.00E-04
numero laterali	1	N	k (des)	-2,27E-04
braccio doppio	0	0-1		
pendenza collettore (°)	3,00	gradi		

Allegato PROGETTARE SISTEMI DRENAGGIO Maggio 2013

SOLLECITAZIONI ATTESE IN ESERCIZIO SUL SISTEMA DI DRENAGGIO

TRINCEE PARALLELE	SPINA DI PESCE
1	1
CARATTERISTICHE GEOTECNICHE TRINCEA DRENANTE	
γ terreno (kN/m³)	19,00
ϕ (gradi)	23,00
c (t/m²)	0,00
H (m)	38,20
σ_h progetto (kPa)	317,98
sollecitazione sul dren	
valore max 100 kPa	
Pannelli drenanti	
PROVE PERMEABILITÀ SOTTO CARICO	
σ (kPa)	k (m/s)
0	1.00E-03
20	7.35E-04
100	3.27E-04
k (des)	2.27E-04

PENDENZA TRINCEA DRENANTE (gradi)	NON SUPERIORE AI 20°	Gradiente idraulico (pendenza in °)
GRADIENTE IDRAULICO EQUIVALENTE (MVAI)	3 0,05	0,1 (6°)

PRESTAZIONI IDRAULICHE ATTESE DAL SISTEMA DRENOTER

PORTATA SOTTO SCHIACCIAMENTO

Q (m³/s)

-6,496E-05

Pendenze trincea fino a 20° (gradiente <0,35)

PORTATA SOTTO SCHIACCIAMENTO

Q (m³/s)

-1,299E-04

Le acque estratte dalla barriera idraulica vengono stoccate in una vasca per poi essere avviate a trattamento presso il depuratore ASI di Atripalda (AV). Lo scarico, previo campionamento, deve essere effettuato nel rispetto dei limiti di emissione previsti per acque reflue industriali (art. 243 D. Lgs 152/06).

Le analisi di monitoraggio sull'acqua di falda consentono di valutare gli effetti della barriera idraulica; lungo l'asse della barriera, a causa del richiamo di acqua contaminata non si riscontra una diminuzione delle concentrazioni ma un generale aumento delle stesse.

Per verificare invece l'efficacia dell'intervento è necessario utilizzare dei pozzi di monitoraggio posti idrogeologicamente a valle della barriera.

A valle sarà effettuata, altresì, la cinturazione dell'area contaminata mediante l'esecuzione di diaframma impermeabile spinto fino alla **profondità di 8,50 m** e per uno spessore di 0,50 m fino ad intestarsi nel limo argilloso impermeabile. Il diaframma impermeabile viene realizzato mediante lo scavo con attrezzature di scavo speciali (tipo idrofresa). All'interno dello scavo vengono poi pompate miscela di acqua, cemento e bentonite e, prima che la miscela "plastica" indurisca, vengono posti in opera teli impermeabili.

Per porsi in condizioni di sicurezza il diaframma avrà uno spessore $S = 50$ cm e un ammorsamento pari a 1,00 m nello strato delle *argille marnose grigie alquanto compatte di colore grigio e con a luoghi elementi marnosi*.

Per maggiori dettagli si faccia riferimento alle tavole grafiche allegate.

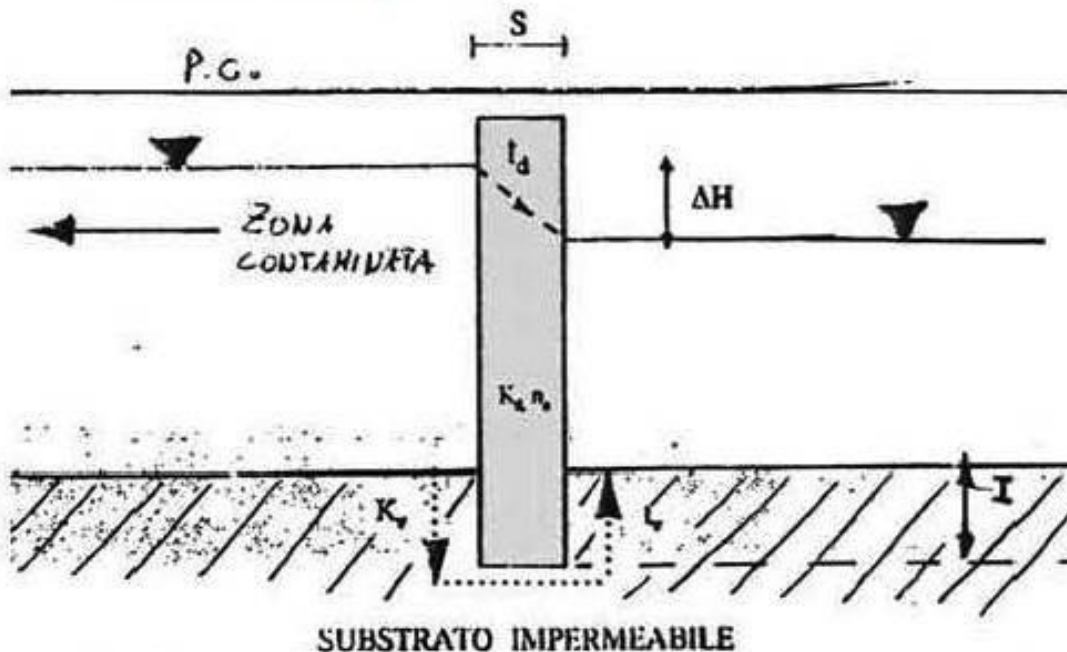
Si riporta il calcolo effettuato per il dimensionamento del diaframma impermeabile:

Facendo riferimento alla figura sotto indichiamo con:

S : spessore del diaframma

K_d : permeabilità del diaframma

ΔH : "battente" idraulico



Stanti queste definizioni si può definire la portata, in valore assoluto, di percolato attraverso la barriera come:

$$q_d = K_d \frac{\Delta H}{S}$$

(notare che manca il – perché si considera il valore assoluto) Se ora si indica con t_d il tempo di migrazione per advezione del contaminante attraverso il diaframma e ricordando che q_d rappresenta una velocità media del fluido si ha:

$$t_d = \frac{S}{q_d}$$

Dalla quale:

$$t_d = \frac{S^2}{K_d \Delta H}$$

La normativa sulle discariche indica un tempo:

$$t_d > 50y$$

Il quale, in mancanza di misure dirette, deve essere valutato per:

$$\Delta H = 1m$$

Sempre facendo riferimento alla figura si può calcolare il valore progettuale dell'immorsamento (I):

Indicando con q_v la portata, in valore assoluto, di percolato sotto il diaframma e con K_v la permeabilità dello strato di immorsamento si ha:

$$q_v = K_v \frac{\Delta H}{2I + S}$$

Questa portata può essere legata al tempo di migrazione sotto al diaframma t_v :

$$\frac{2I + S}{t_v} = K_v \frac{\Delta H}{2I + S}$$

Dalla quale:

$$I = \frac{-S \pm \sqrt{K_v \cdot \Delta H \cdot t_v}}{2} \text{ (si sceglie la soluzione positiva)}$$

In questo caso il valore di riferimento per il tempo di migrazione è:

$$t_v > 150y$$

Ed in ogni caso è bene non adottare valori di immorsamento minori di 1 m.

Si vuole realizzare un diaframma a pannelli utilizzando una miscela che fornisce un $K_d = 10^{-8} \text{ cm/s}$ immorsandolo in uno strato impermeabile con lo stesso valore di permeabilità $K_v = 10^{-8} \text{ cm/s}$.

$$t_d = \frac{S^2}{K_d \Delta H}$$

$$S = \sqrt{t_d K_d \Delta H}$$

Utilizzando i valori di riferimento: $t_d = 50\text{y}$ e $\Delta H = 1\text{m}$ si ha:

$$S = \sqrt{\left(50\text{y} \cdot 31536000 \frac{\text{s}}{\text{y}}\right) \left(10^{-8} \frac{\text{cm}}{\text{s}}\right) (100\text{cm})} = 39.7\text{cm} \cong 40\text{cm}$$

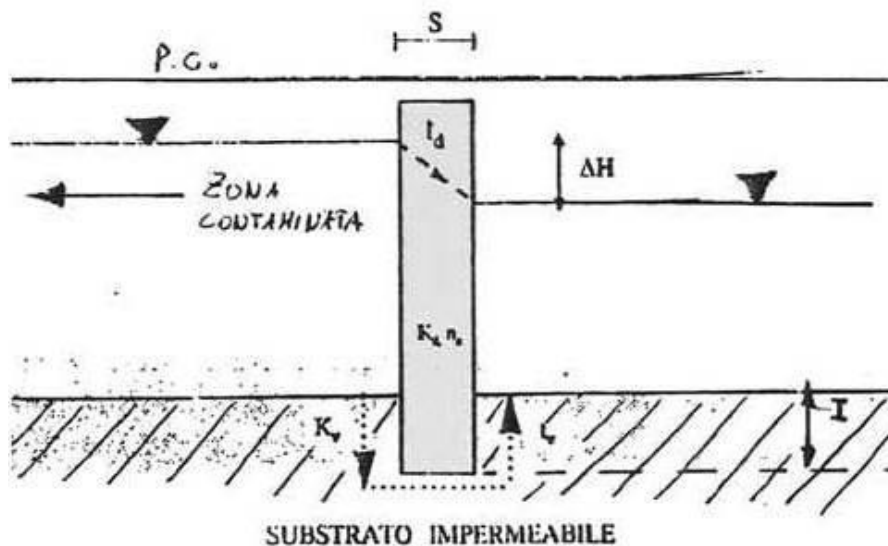
E utilizzando i valori di riferimento: $t_v = 150\text{y}$ e $\Delta H = 1\text{m}$ si ha:

$$I = \frac{-S \pm \sqrt{K_v \cdot \Delta H \cdot t_v}}{2}$$

$$I = \frac{-40\text{cm} \pm \sqrt{\left(150\text{y} \cdot 31536000 \frac{\text{s}}{\text{y}}\right) \left(10^{-8} \frac{\text{cm}}{\text{s}}\right) (100\text{cm})}}{2}$$

$$I = \frac{-40\text{cm} \pm 68.8\text{cm}}{2} \rightarrow I = 14.4\text{cm}$$

Quindi si adotta il valore minimo $I = 1\text{m}$



13 TRINCEA DRENANTE

Ai fini dell'intercettazione delle acque sotterranee, a valle della discarica, è stato previsto un sistema di drenaggio che, mediante l'utilizzo di pannelli prefabbricati, consente la realizzazione di drenaggi delle acque nei terreni ad, alte prestazioni idraulico-meccaniche.

L'inserimento nel terreno di una trincea drenante permette di realizzare una linea a forte permeabilità data dalle differenza di pressione esistente tra quella presente all'interno del corpo del dreno (pressione atmosferica) e la sovrappressione dell'acqua che si trova all'interno dei pori del terreno stesso.

In virtù della differenza di permeabilità che si verifica all'interfaccia tra trincea drenante e mezzo geologico in posto, si innesca un moto di filtrazione che porta all'abbattimento della falda freatica ed alla diminuzione del tenore di acqua nel terreno. Il relativo abbattimento delle pressioni interstiziali porta ad un miglioramento delle caratteristiche geotecniche dei terreni. In sostanza si introduce un aumento delle caratteristiche di resistenza, come espresso dalla nota relazione di Coulomb-Terzaghi che esprime la resistenza al taglio disponibile nel terreno in relazione alla tensione normale efficace

$$\tau = C' + \sigma' \operatorname{tg} \varphi' \quad \text{con } \sigma' = (\sigma - u)$$

13.1 TRINCEA DRENANTE A MONTE

Il progetto operative di bonifica della discarica (progetto definitivo) prevede la realizzazione di una trincea di tipo tradizionale, con material arido di idonea granulometria e geotessuto, avente un'altezza complessiva di 3,50 m (a monte idrogeologico della discarica RSU) e una larghezza di 1,0 m

La trincea drenante a monte della discarica è finalizzata a ridurre il flusso delle acque al di sotto del corpo dei rifiuti e a contenere i volumi idrici da sottoporre a trattamento o smaltimento. Attese le caratteristiche idrolitostratigrafiche del sito accertate con le indagini geognostiche integrative utilizzate in questa fase progettuale segue che la trincea potrà essere attestata ad un profondità pari a 3.50 m dal p.c.

13.1 TRINCEE DI VALLE

Le trincee drenanti realizzate a valle hanno la funzione di intercettare le acque di falda potenzialmente inquinate e saranno attestate ad una profondità media di circa 4,00 m nelle argille di colore grigio con livelli marnosi, litologie con caratteristiche litostratigrafiche idonee da garantirne l'efficacia. Infatti, nei terreni argillosi il coefficiente di permeabilità orizzontale in metri/sec è pari a $10e-9$.

Le trincee di valle saranno realizzate con pannelli drenanti prefabbricati. Il pannello drenante è costituito da uno scatolare in rete metallica a doppia torsione in maglia esagonale tipo 8x10 con filo di diametro 2,70mm zincato a caldo con rivestimento Zinco-Alluminio 5%.

Lo scatolare metallico è rivestito internamente con un geotessile di filtrazione e separatore che viene progettato in base alle specifiche caratteristiche granulometriche del terreno da drenare. Il nucleo drenante poroso è costituito da "ciottoli" di polistirolo non riciclato,

imputrescibile, insolubile e chimicamente inerte alle acque. Questo tipo di sistema rappresenta in molte situazioni di utilizzo la più sicura, veloce ed economica alternativa al classico sistema di drenaggio basato sull'utilizzo di materiali inerti abbinati a tubi dreno e geotessuto.

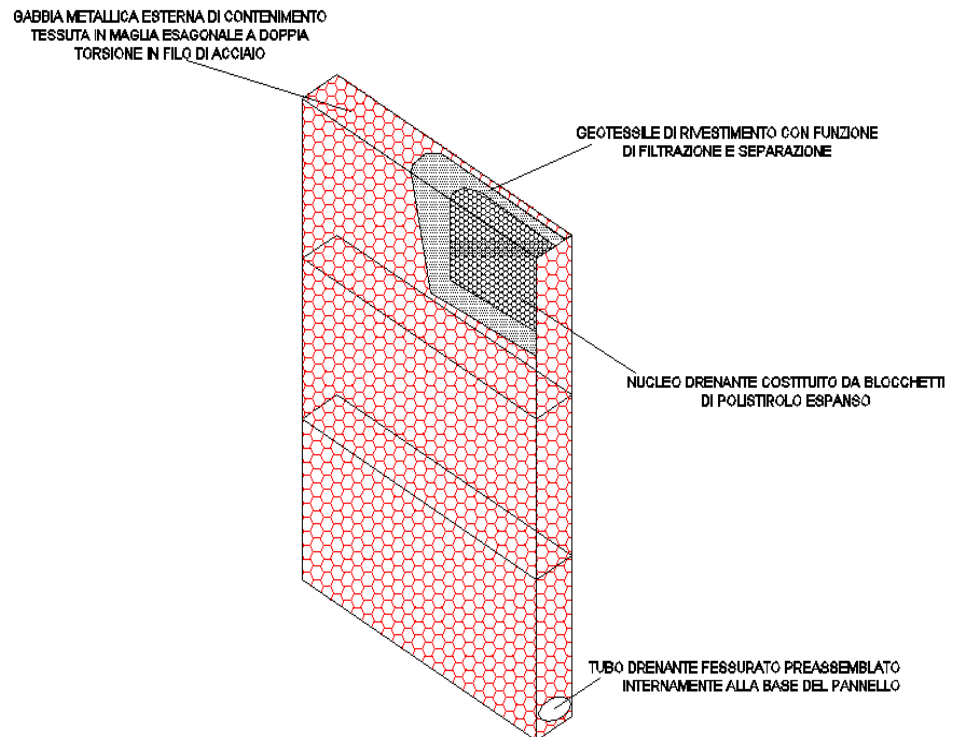
Alla base, come riportato nella TAV.B.14.1 -

“Particolari costruttivi”, per aumentare la capacità di smaltimento idraulico, è previsto un tubo microfessurato da 160 mm.

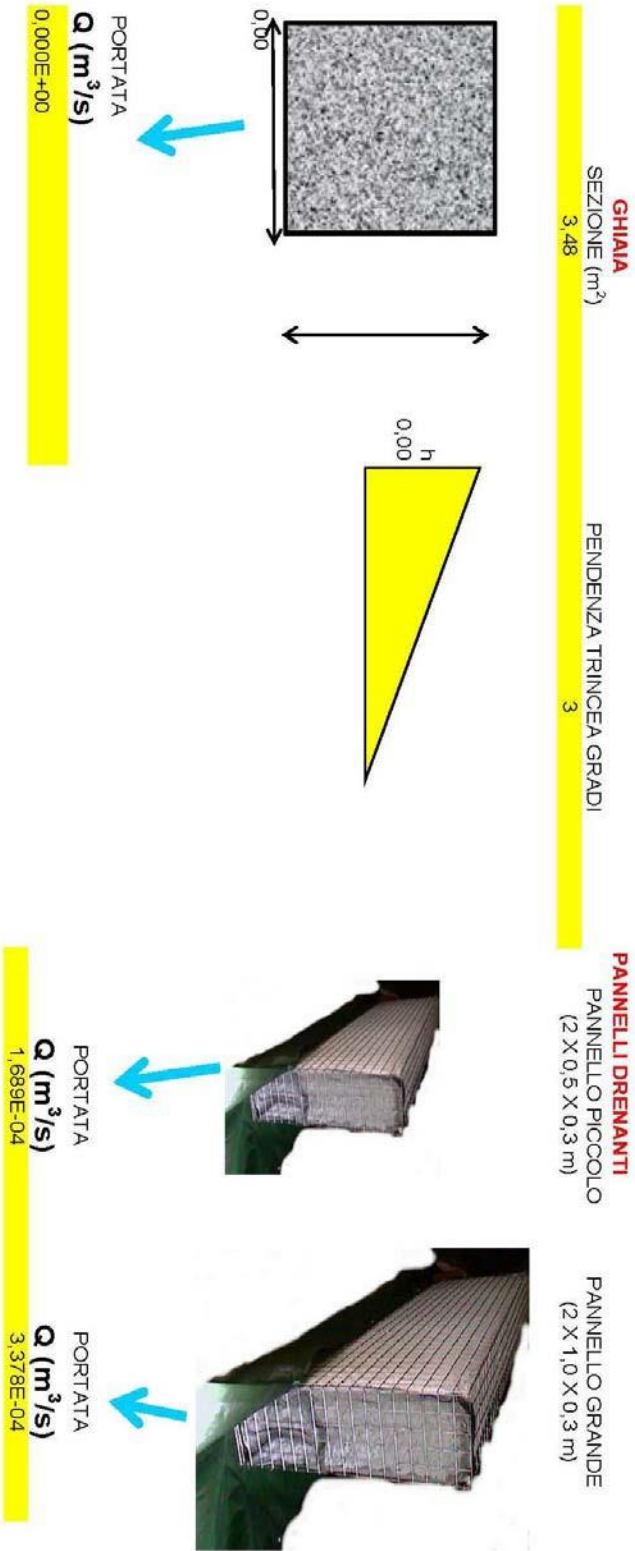
La trincea verrà realizzata mediante l'utilizzo di pozzetti debitamente fessurati che permettono di programmare salti di quota al fine di definire le giuste pendenze della linea drenante.

Inoltre, l'utilizzo di tali pozzetti ispezionabili consente di svolgere operazioni di controllo

sulla funzionalità del sistema e di manutenzione. Le fessurazioni perimetrali che consentono l'alloggiamento del pannello devono essere debitamente 'sigillate' con guaina o geotessuto per impedire infiltrazioni di terreno e quindi l'interramento del pozzetto.



PRESTAZIONI IDRAULICHE ATTESE DAL SISTEMA DRENANTE



PRESTAZIONI IDRAULICHE RICHIESTE AL SISTEMA DRENANTE

PRESTAZIONI RICHIESTE AL DRENO				
m ³ /m/gg dreno		portata richiesta al dreno (m ³ /s)	portata dreno/ha (l/s)	m ³ /gg dreno
1,65		8,02E-04	0,006	69,3

14 CAPPING

Il D.Lgs 36/2003 prevede che la "copertura superficiale finale della discarica deve rispondere ai seguenti criteri:

- isolamento dei rifiuti dall'ambiente esterno;
- minimizzazione delle infiltrazioni d'acqua;
- riduzione al minimo della necessità di manutenzione;
- minimizzazione dei fenomeni di erosione;
- resistenza agli assestamenti ed a fenomeni di subsidenza localizzata.

La copertura deve essere realizzata mediante una struttura multistrato costituita, dall'alto verso il basso, almeno dai seguenti strati:

1. strato superficiale di copertura con spessore ≥ 1 m che favorisca lo sviluppo delle specie vegetali di copertura ai fini del piano di ripristino ambientale e fornisca una protezione adeguata contro l'erosione e di proteggere le barriere sottostanti dalle escursioni termiche;
2. strato drenante protetto da eventuali intasamenti con spessore ≥ 0.5 m in grado di impedire la formazione di un battente idraulico sopra le barriere di cui ai successivi punti 3) e 4);
3. strato minerale compattato dello spessore ≥ 0.5 m e di conducibilità idraulica di $\geq 10^{-8}$ m/s o di caratteristiche equivalenti, integrato da un rivestimento impermeabile superficiale per gli impianti di discarica di rifiuti pericolosi;
4. strato di drenaggio del gas e di rottura capillare, protetto da eventuali intasamenti, con spessore ≥ 0.5 m;
5. strato di regolarizzazione con la funzione di permettere la corretta messa in opera degli strati sovrastanti.

Poiché la degradazione dei rifiuti biodegradabili, incluse le componenti cellulosiche, comporta la trasformazione in biogas di circa un terzo della massa dei rifiuti, la valutazione degli assestamenti dovrà tenere conto di tali variazioni, soprattutto in funzione alla morfologia della copertura finale.

La copertura superficiale finale come sopra descritta deve garantire l'isolamento della discarica anche tenendo conto degli assestamenti previsti ed a tal fine non deve essere direttamente collegata al sistema barriera di confinamento.

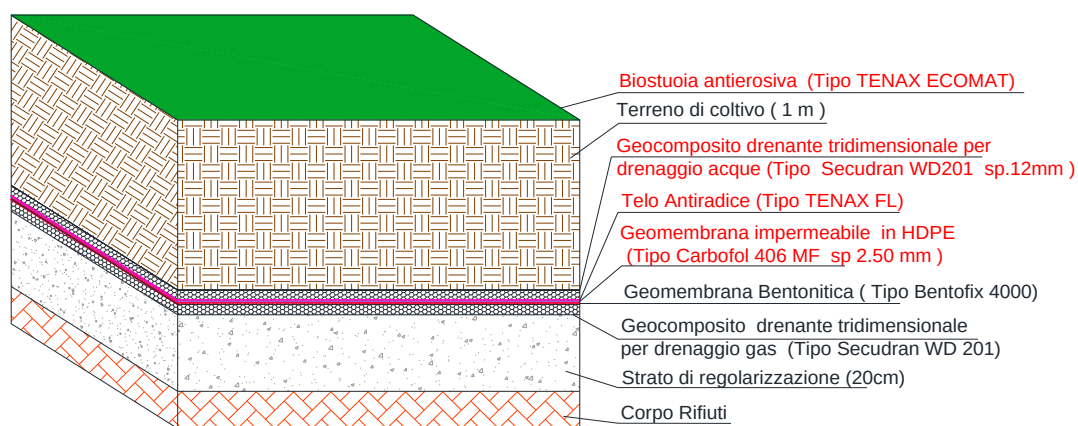
La copertura superficiale finale della discarica nella fase di post esercizio può essere preceduta da una copertura provvisoria, la cui struttura può essere più semplice di quella sopra indicata, finalizzata ad isolare la massa di rifiuti in corso di assestamento.

Detta copertura provvisoria deve essere oggetto di continua manutenzione al fine di consentire il regolare deflusso delle acque superficiali e di minimizzarne l'infiltrazione nella discarica.

La copertura superficiale finale deve essere realizzata in modo da consentire un carico compatibile con la destinazione d'uso prevista".

Data la situazione geostatica dell'area (scivolamento rotazionale), il capping sarà realizzato utilizzando la seguente struttura in strati (dal basso verso l'alto):

- Strato di regolarizzazione in misto granulare $h = 20$ cm
- Strato impermeabilizzante realizzato con geocomposito bentonitico, con conducibilità idraulica ultima $K < 2 \cdot 10^{-11}$ m/s, tipo Betonfix4000
- Geomebrana impermeabilizzante in HDPE dello spessore di 2,5 mm
- Telo antiradice
- Strato drenante di rottura capillare realizzato con geocomposito drenante;
- di terreno agrario sistemato e lavorato di spessore finito cm 100 all'interno dell'area discarica, pronto per l'inerbimento
- biostuoia antierosiva



Dettaglio stratificazione capping

- 1) strato di regolarizzazione in misto granulare h = 20 cm
- 2) Strato drenante di rottura capillare realizzato con geocomposito drenante;
- 3) Geomembrana composita bentonitica, tipo Bentofix B 4000, ottenuta per accoppiamento a sandwich di tre strati. Lo strato superiore sarà costituito da un tessuto non tessuto agugliato, del peso di 300 g/mq e dovrà risultare in entrambi i lati longitudinalmente, saturato per 50 cm dai bordi, con polvere di bentonite addizionale. Lo strato centrale impermeabilizzante, che sarà costituito da bentonite sodica naturale per una quantità pari a 4700 g/m², avrà un grado di umidità pari al 10 % (DIN 18121, 5h a 105 °C; ISO 11465) ed un rigonfiamento minimo di 24 ml (ASTM-D 5890, 2 g /100 ml/ 24 h).Lo strato inferiore sarà costituito da un geotessile tessuto, accoppiato inferiormente ad un tessuto non tessuto, del peso complessivo di 350 g/m² . Il collegamento meccanico tra gli strati sarà realizzato mediante un processo di interaguliatura meccanica (Brevetto Naue n° 278419), il quale distribuirà uniformemente su tutta la superficie del geocomposito, circa 2.500.000 di fibre/ mq passanti dallo strato superiore a quello inferiore, dove infine verranno ancorate. Il geocomposito bentonitico così realizzato, dovrà presentare un coefficiente di permeabilità $k < 2 \cdot 10^{-11}$ m/s (DIN 18130 – ASTM-D-5887) e dovrà possedere i seguenti requisiti fisico-meccanici:

- spessore a secco: 7 mm (EN ISO 9863-1)
- resistenza allo spellamento: > 100 N/10 cm (DIN EN ISO 10319)
- resistenza a trazione longitudinale: 16 kN/m (DIN EN ISO 10319)
- allungamento a rottura longitudinale: 50 % (DIN EN ISO 10319)
- resistenza a trazione trasversale: 30 kN/m (DIN EN ISO 10319)
- allungamento a rottura trasversale: 50 % (DIN EN ISO 10319)

4) Geomembrana in HDPE (polietilene ad alta densità) di spessore 2,5 mm tipo Carbofol 406 MF/MF, prodotta con polimero vergine (non rigenerato o riciclato), per una quantità minima pari al 97 % mentre per il restante 2 % sarà costituita dal pigmento (carbon black) con l'aggiunta di additivi atti a migliorare le qualità di viscosità, saldabilità e resistenza ai raggi U.V. In particolare, l'indice di viscosità, definito dal MFI (Melt Flow Index), dovrà risultare compreso tra 2 e 3 g/10 min (ASTM D 1238 190/5 Cond. P) La geomembrana presenterà entrambe le superfici profilate, ottenute per estrusione diretta, con struttura caratterizzata da punti di ancoraggio di altezza > 0,9 mm, per una quantità pari a circa 31.500 punti al metro quadrato.

La geomembrana sarà prodotta per estrusione orizzontale e la sua larghezza dovrà risultare pari a 5,10 m, al fine di assicurare omogeneità e regolarità in tutto il suo spessore e per tutta la sua estensione superficiale.

Ai fini di un controllo di qualità, la geomembrana dovrà essere targata per tutta la sua estensione, con le indicazioni del nome del prodotto, il tipo di prodotto, il produttore, la materia prima utilizzata, la settimana e l'anno di produzione. Inoltre i bordi del telo, per almeno 10 cm, dovranno risultare completamente lisce onde permettere l'esecuzione delle saldature con i metodi convenzionali.

La geomembrana dovrà risultare completamente impermeabile all'acqua e dovrà presentare le seguenti caratteristiche dimensionali e chimico-fisiche:

- Densità: 0,942 g/cm³ (ASTM D 1505)
- Melt Flow Index (MFI): 2÷3 g/10 min (ASTM D 1238 190/5)
- Carico di snervamento: 25 N/mm (ASTM D 6693)
- Allungamento a snervamento: 12 % (ASTM D 6693)
- Carico di rottura: 36 N/mm (ASTM D 6693)
- Allungamento a rottura: 400 % (ASTM D 6693)
- Resistenza alla lacerazione: 200 N/mm (ASTM D 1004)
- Resistenza alla perforazione: 800 mm (DIN 16726)
- Elongazione multi assiale: 15 % (DIN 53861/EN 14151)
- Stabilità dimensionale : < 1 % (ASTM D 1204, (1 ora a 100 °C))
- Resistenza al punzonamento: 500 N (ASTM D 4833)

5) Telo antiradice

6) Geocomposito drenante tridimensionale in PP a filtro stabile, tipo Secudrain 201 WD 601 201, costituito da un corpo centrale in monofilamenti estrusi a forma ondulata, resistente ad elevata compressione ed accoppiato per termosaldatura su entrambi i lati ad un geotessile non tessuto agugliato. Il geocomposito drenante dovrà presentare le seguenti proprietà fisico-meccaniche:

- Massa areica: 1000 g/m² (EN ISO 9864)
- Spessore: 12 mm (EN ISO 9863-1)
- Resistenza a trazione longitudinale: 18 kN/m (EN ISO 10319)
- Resistenza a trazione trasversale: 25 kN/m (EN ISO 10319)
- Allungamento a trazione longitudinale: 50 % (EN ISO 10319)
- Allungamento a trazione trasversale: 40 % (EN ISO 10319)
- Resistenza al punzonamento: 3,8 kN (EN ISO 12236)

I due geotessili accoppiati dovranno possedere le seguenti caratteristiche:

- ◇ peso (EN ISO 9864): 200 g / m²
- ◇ spessore (EN ISO 9863-1): 2,5 mm
- ◇ coeff. di permeabilità (EN ISO 11058): 1,0 · 10⁻¹ m/s
- ◇ porosità O90,W (EN ISO12956): 0,12 mm

7) Terreno da coltivazione per uno spessore di cm 100, composto da terra sciolta di buona qualità, 10% di torba e 10% di concime naturale.

8) Biostuoia antierosiva

L'accoppiamento tra la struttura tridimensionale centrale e i geotessili, sarà realizzato mediante termosaldatura omogenea, onde assicurare una filtrazione uniforme e duratura su tutta la superficie;

Il geocomposito drenante, sotto un gradiente idraulico pari ad 1 e sotto un carico verticale pari a 50 kPa, dovrà presentare un valore di portata idraulica $q = 1,5 \cdot 100 \text{ l / m} \cdot \text{s}$, mentre per un gradiente idraulico pari

a 0,1 e sotto un carico verticale pari a 50 kPa, presenterà un valore di portata idraulica $q = 4,0 \cdot 10^{-1} \text{ l/m} \cdot \text{s}$ (EN ISO 12958).

Questi strati sono ancorati sulla superficie di estradosso della R.S.U. a un cordolo in c.a. avente dimensioni 70 cm *70 cm e al terreno mediante sovrapposizioni e saldature. La pendenza della copertura del cumulo dei rifiuti dovrà essere tale da favorire lo scorrimento delle acque superficiali e meteoriche, raccolte da un'opportuna rete di canali, al fine di evitare l'erosione dell'area bonificata e del versante stesso.

15 MODALITÀ DI GESTIONE DELLE ACQUE CONTAMINATE - PIANO DI GESTIONE DEI RIFIUTI

La gestione prevede la programmazione ed esecuzione degli interventi di prelievo e trasporto delle acque contaminate presso impianti autorizzati (Consorzio ASI Atripalda - AV), organizzando gli stessi secondo necessità e comunque tali da evitare fuoriuscite di acque inquinate.

L'importo presunto del servizio è quantificato in € 27,00 mc oltre IVA, prezzo sul quale dovrà essere effettuato il ribasso d'asta.

Il costo presunto è riportato nella seguente tabella.

Acque contaminate mc (30 anni)	Acque contaminate mc (10 anni)	Acque contaminate mc (1anno)	Acque contaminate mc (5anni)	Costo smaltimento €/mc	Costo smaltimento € (1 anno)	Costo smaltimento € (5 anni)	Costo smaltimento € (10 anni)	Costo smaltimento € (30 anni)
48780	16260	1626	4725	€ 27,00	€ 43.902,00	€ 127.575,00	€ 439.020,00	€ 1.317.060,00
IVA 21%					€ 9.219,42	€ 26.790,75	€ 92.194,20	€ 276.582,60
TOTALE					53.121,42	154.365,75	531.214,20	1.593.642,60

16 PROVE SPERIMENTALI E/O TEST PILOTA DIAFRAMMA DRENANTE PROGETTATO

Tali prove sperimentali e/o test pilota saranno effettuati in fase di collaudo delle opere realizzate.

17 RETE PIEZOMETRI DI MONITORAGGIO E POZZETTI ISPETTIVI

Come già descritto in precedenza la falda contaminata sarà drenata da due diaframmi drenanti realizzati mediante una sequenza di perforazioni di diametro cm. 80 e profondità di m. 8,00 con riempimento di materiale inerte (ghiaia, ghiaietto, sabbia, ecc.).

Nella parte terminale del diaframma drenante sarà realizzato un pozzo in acciaio di diametro cm 100 della profondità di m. 10,00 di deposito delle acque contaminate con estrazione monofase con l'utilizzo di una doppia pompa per convogliare le acque in una cisterna interrata di stoccaggio prima del prelievo definitivo. Tale pozzo sarà utilizzato anche per il campionamento delle acque intercettate.

In fase esecutiva si prevede il monitoraggio delle acque profonde per mezzo di n° 04 sondaggi condizionati a piezometri di cui 3 saranno attrezzati anche ad inclinometri:

- *Pz0 ubicato a monte idrogeologico dell'area e condizionato a piezometro*
- *Pz1 in prossimità dell'edificio servizi condizionato a piezometro e attrezzato con inclinometro;*
- *Pz2 da ubicare in corrispondenza delle opere di sostegno su pali, a valle della discarica RSU*
- *Pz3 da ubicare in corrispondenza del diaframma drenante a valle.*

Cfr. Elaborato B.08.1- Ubicazione piezometri e inclinometri - fase esecutiva

18 INTERVENTI DI MITIGAZIONE DELLE CRITICITÀ AMBIENTALI DURANTE LE OPERAZIONI DI INTERVENTO (EMISSIONI DIFFUSE E RUMORE)

Il presente illustra in maniera sintetica i potenziali impatti ambientali previsti nella fase esecutiva sia nella fase esecutiva di realizzazione delle opere che nella successiva fase di gestione post operativa, e le misure di mitigazione adottate per prevenire o ridurre tali impatti su ciascuna componente ambientale.

Si possono distinguere due tipologie di misure di mitigazione:

- la prima tipologia consta di interventi che si sono tradotti in input progettuali, ovvero nella scelta all'interno del progetto di tecnologie o sistemi, applicati a parti dell'impianto, tali da ridurre gli impatti;
- la seconda tipologia consta di procedure operative che, applicate durante la fase di degli interventi di bonifica e messa in sicurezza, consentono di minimizzare i rischi e ridurre gli impatti sull'ambiente.

18.1 COMPONENTE AMBIENTE IDRICO

L'area della discarica si colloca in una zona che presenta un corpo idrico superficiale perenne a valle e due corpi idrico superficiali temporanei ad Ovest e ad Est; per quanto riguarda i corpi idrici sotterranei, le indagini eseguite hanno mostrato la presenza di una falda freatica con una soggiacenza media di 4,00-6,00 m dal p.c.

Sia per le acque superficiali che per quelle sotterranee non si prevedono di conseguenza impatti diretti a causa della realizzazione delle opere. La generazione in fase di cantierizzazione di un impatto sulle acque potrebbe derivare unicamente da sversamenti accidentali sul suolo di sostanze inquinanti. La prevenzione nei riguardi di ogni potenziale impatto indiretto legato a cause accidentali, avviene attraverso adeguate procedure operative di cantiere relativamente a:

- raccolta e smaltimento delle acque reflue del cantiere e delle acque di dilavamento dei piazzali;
- procedure di gestione e stoccaggio di eventuali sostanze inquinanti impiegate nel cantiere;
- riduzione della polverosità delle aree di cantiere.

La prevenzione delle possibilità di inquinamento dell'ambiente idrico viene effettuata mediante le seguenti opere di progetto e misure operative:

- le acque di pioggia che ricadono in aree dove vi è transito di automezzi o che comunque possono essere in qualche maniera venute a contatto con dei rifiuti vengono trattate e non sversate direttamente in corpi idrici;
- è previsto il mantenimento ed il ripristino funzionale dell'impianto di raccolta ed estrazione del percolato: tale sostanza verrà estratta dalla discarica tramite sistemi di pompaggio e trasportata in serbatoi di stoccaggio per poi essere smaltita nel depuratore ASI di BN.

A seguito della copertura finale della discarica si hanno comunque garanzie di una minore infiltrazione di acque all'interno dell'ammasso di rifiuti e una graduale riduzione del percolato prodotto.

Con il passare del tempo si esauriscono anche i processi di trasformazione dei rifiuti che comportano anch'essi la formazione di percolato.

18.2 EMISSIONI IN ATMOSFERA

Gli impatti sulla componente atmosfera sono originati, in fase di esecuzione dei lavori, dalle emissioni gassose generate dai mezzi di cantiere ma soprattutto dal sollevamento di polveri indotto direttamente dalle lavorazioni in cantiere e indirettamente dal transito degli automezzi sulle piste di cantiere. Gli interventi adottati per bloccare le polveri comprendono opere di mitigazione e modalità operative finalizzate alla limitazione del sollevamento del particolato. A

tal fine, in particolare, si provvederà a:

- effettuare un adeguato lavaggio delle ruote dei mezzi di cantiere nell'apposita vasca di lavaggio ad ogni viaggio in uscita dal cantiere, al fine di preservare lo stato qualitativo della sede stradale ed evitare il sollevamento di polveri;
- innaffiare periodicamente le aree interessate da lavorazioni che generano polveri, in particolare dove si eseguono attività di movimento terra e di demolizione;
- bagnare, o in alternativa coprire, le aree eventualmente destinate allo stoccaggio di terreno al fine di evitare il sollevamento ed il trasporto delle polveri verso l'esterno;
- stoccare i cumuli di materiali di scavo in aree lontane da possibili ricettori;
- realizzare i piazzali di cantiere con una finitura dello strato superficiale tale da ridurre la generazione di polveri;
- irrorare sistematicamente con acqua, in riferimento alle condizioni meteo-climatiche, i piazzali e le piste interne al cantiere;
- procedere alla pulizia e spazzolatura della viabilità esterna ai cantieri interessata dal transito dei mezzi;
- prevedere l'utilizzo di teloni di copertura aventi adeguate caratteristiche di impermeabilità e resistenza allo strappo per tutti i mezzi adibiti al trasporto di materiale sciolto, al fine di ridurre la diffusione di polveri;
- utilizzare esclusivamente mezzi di cantiere provvisti di sistemi di abbattimento del particolato a valle del motore, di cui occorrerà prevedere idonea e frequente manutenzione e verifica dell'efficienza anche attraverso misure dell'opacità dei fumi; i mezzi di cantiere a motore diesel dovranno essere dotati di filtri auto-rigeneranti per l'abbattimento del particolato. Di tali attività si dovrà dare evidenza anche nel Sistema di Gestione Ambientale con la descrizione di adeguate procedure per il corretto utilizzo ed attestazione della regolare esecuzione della manutenzione;
- installare cartelli segnaletici indicanti l'obbligo di procedere a passo d'uomo all'interno dei cantieri in modo che i mezzi di cantiere procedano a velocità ridotta sulle piste di servizio.

Le emissioni in atmosfera dovute alla fase post operativa di una discarica sono legate prevalentemente a due fonti di produzione differenti:

- fonti di emissione interne, legate principalmente al biogas residuo prodotto dalla decomposizione dei rifiuti;
- fonti di emissione esterne, imputabili al traffico dei mezzi impiegati nel cantiere per l'esecuzione dei lavori.

18.3 RUMORE

L'area individuata per la discarica è situata nel comune di San Lupo (BN), che allo stato attuale non è dotato del Piano di Classificazione Acustica; secondo il P.R.G. la zona adiacente al sito di discarica è destinata ad usi agricoli (ZONA C) quindi è applicabile il limite Tutto il territorio nazionale [70 dB(A) diurno, 60 dB(A) notturno].

Per quanto riguarda invece i percorsi dalla strada statale fino alla discarica, si fa riferimento alla categoria F secondo la Tabella II del DPR 142/2004.

Di conseguenza, pur non applicandosi il criterio differenziale, i limiti di immissione calcolati nello studio si conformano a quanto previsto dalla classificazione acustica comunale dei territori interferiti; nel caso specifico, mancando tale strumento ci si attiene sempre al limite Tutto il territorio nazionale.

Per la valutazione di tale impatto si è scelto di utilizzare un modello matematico di previsione secondo il Metodo ISO 9613-2, indicato dalle direttive europee come standard di riferimento per la valutazione in campo aperto del rumore prodotto da siti industriali.

Tale metodo è implementato in numerosi software di simulazione acustica, tra i quali è stato scelto NFTP ISO 9613 sviluppato da MAIND s.r.l.

Il modello suddetto calcola il valore del Livello di Pressione Acustica equivalente prodotto da una serie di sorgenti puntiformi poste sul territorio.

Nella simulazione sono stati analizzati i seguenti scenari:

1. FASE DI CANTIERE

Esecuzione dello scavo; Capping;

Realizzazione impianti e servizi.

La lavorazione più critica è risultata essere lo scavo in cui si possono rilevare valori superiori ai 70 dB(A) seppur immediatamente all'esterno del perimetro del sito in esame; comunque il livello di pressione sonora massimo stimato in facciata ai ricettori più vicini non supera i 50 dB(A) (non si applica il periodo di riferimento notturno in quanto il cantiere opera solo nella fascia oraria diurna), valore che è compatibile con i valori di legge.

Per la gestione post-operativa del sito di discarica è prevista, dopo la ricopertura delle vasche, la raccolta del percolato e del biogas prodotto fino a completa bonifica dell'area. In questa fase non saranno presenti macchine operatrici ma esclusivamente gli impianti di raccolta e pompaggio, oltre all'impianto di trattamento del biogas. Gli impianti avranno un funzionamento a ciclo continuo che comprende anche il periodo di riferimento notturno. Si è quindi scelto di eseguire una simulazione acustica nello scenario post esercizio, trascurando l'impianto di raccolta del percolato (acusticamente irrilevante) e considerando l'impianto di trattamento e bruciatura del biogas alla torcia apparente al massimo regime.

Le simulazioni effettuate mostrano come il rumore rimanga essenzialmente contenuto all'interno dell'area di discarica: il contributo al livello di pressione sonora presso i ricettori analizzati si stima essere inferiore a 30 dB(A), compatibile, anche in periodo di riferimento notturno, con le classi acustiche più sensibili. Questo aspetto risulta molto importante, dal momento che l'impianto di trattamento del biogas continuerà a funzionare per alcuni anni anche dopo la bonifica e la messa in sicurezza permanente della discarica.

In fase esecutiva è prevista un'organizzazione di dettaglio delle aree di cantiere in termini di impatto acustico, tale da mantenere gli impianti fissi rumorosi alla massima distanza dai ricettori e le distanze opportune tra i vari gruppi di lavoro in modo da non produrre sovrapposizioni di contributi di emissione sul singolo ricettore.

Una volta definiti layout e macchinari di cantiere in funzione della minimizzazione dell'impatto acustico, dovranno comunque essere attuate tutte le possibili azioni di mitigazione del rumore anche tramite la scelta delle macchine e delle attrezzature, con opportune procedure di manutenzione delle stesse e ponendo particolare attenzione alle modalità operative e di predisposizione del cantiere.

A titolo indicativo ma non esaustivo si dovrà:

- prevedere misure di contenimento dell'impatto acustico da adottare nelle situazioni operative più comuni, misure che riguardano in particolar modo l'organizzazione del lavoro nel cantiere e l'analisi dei comportamenti delle maestranze per evitare rumori inutili;
- garantire, in fase di programmazione delle attività di cantiere, l'operatività in simultaneo di macchinari e impianti di minima rumorosità intrinseca;
- prevedere che i principali impianti fissi di cantiere non superino i valori di potenza sonora prescritti dalla vigente normativa;
- scegliere i macchinari che, a parità di prestazioni, siano più silenziosi; tutti i macchinari impiegati dovranno comunque avere livelli di potenza sonora compatibili con i limiti imposti dal D.Lgs. 262/2002 ed eventuali s.m.i.. Inoltre, sarà necessario predisporre un elenco delle macchine che realmente verranno utilizzate in cantiere con le relative caratteristiche acustiche;
- prevedere la richiesta di deroga ai limiti di emissione/immissione acustica per le sole attività non completamente mitigabili, prima dell'inizio delle lavorazioni rumorose in funzione delle caratteristiche dei propri macchinari, delle modalità di lavoro e dell'effettiva organizzazione interna dei cantieri.

19 PIANO DI MONITORAGGIO E CONTROLLO NELLA FASE POST-OPERATIVA

Il Piano di monitoraggio e controllo prende in esame gli aspetti e le attività che nel loro insieme attengono alla corretta ed efficace gestione della discarica in fase post operativa al fine di soddisfare tutta la normativa di settore.

Vengono pertanto dapprima definite le modalità di omologa, di accettazione e di conferimento già richiamate nel piano di gestione operativa, per passare poi a definire:

- la periodicità e il soggetto responsabile del sistema di controllo;
- il sistema di regimazione acque di pioggia, il sistema di controllo impianto di captazione biogas e
- l'impianto estrazione e raccolta percolato e il sistema antincendio.

Vengono individuate inoltre le attività di monitoraggio ambientale consistenti nel rilievo periodico del campo acustico interno ed esterno all'impianto, nella misurazione quotidiana dei parametri meteorologici (pioggia, temperatura, vento, u.r., evaporazione), nonché definiti i programmi temporali delle manutenzioni delle diverse opere componenti la discarica che sono presenti nella gestione post operativa della stessa discarica.

Il piano di monitoraggio prevede:

- **monitoraggio acque di falda dei quattro piezometri da realizzare in fase esecutiva;**
- inserimento del **cadmio e cloruro di vinile** nei rilievi analitici per il suolo;
- inserimento del **manganese, nichel, alluminio e solfati** nei rilievi analitici per le acque sotterranee;
- modalità di impiego della tecnica "pump and treat", al fine del risanamento delle acque prelevate dal sottosuolo;
- inserimento nel monitoraggio del percolato di tutti i parametri di cui alla tabella 1 dell'allegato 2 al D.Leg.vo 36/2003 relativi alle acque sotterranee;
- monitoraggio della qualità delle acque superficiali raccolte dal fosso perimetrale;
- monitoraggio della qualità dell'aria relativi all'impianto di combustione con torcia; nel monitoraggio delle emissioni diffuse vanno monitorati CO₂, mercaptani (DMS e DMDS), CVM, benzene e stirene; la frequenza del monitoraggio per le emissioni diffuse è semestrale in quella post-operativa; il monitoraggio della qualità dell'aria viene completato dalle misure eseguite in sette punti esterni all'area discarica, di cui due possano rappresentare la situazione "bianca" mentre gli altri cinque sono posti sopravento e sottovento in corrispondenza di obiettivi sensibili; tutti i dati di monitoraggio così ottenuti sono da utilizzare in modelli di simulazione delle ricadute, anche in corrispondenza dei bersagli sensibili non direttamente monitorati;
- l'eventuale migrazione di biogas nel sottosuolo viene monitorato visivamente sulle aree di confine ed è oggetto di una relazione annuale; nel caso di esistenza di tali migrazioni si provvede a realizzare una adeguata opera di captazione e a impiegare lo strumento portatile di rilievo per la determinazione di CH₄, CO₂ e O₂;
- per i livelli di guardia della presenza di biogas all'esterno dell'area discarica sono previsti nove punti di misura;
- verifica mediante monitoraggio dell'impatto acustico ai sensi della normativa nazionale sul perimetro della discarica e all'esterno della stessa, in fase di esecuzione dei lavori.

Lo schema di monitoraggio delle acque sotterranee prevede di mantenere quattro piezometri di controllo (profondità max 10,00 m).

Per ulteriori approfondimenti si rimanda all'elaborato A.05 – Piano di Monitoraggio e Controllo e alle tavole grafiche B.08.1 - Ubicazione piezometri e inclinometri - fase esecutiva, B.08.2 - Planimetria generale punti di campionamento.

20 PARERE AUTORITÀ DI BACINO DEI FIUMI LIRI-GARIGLIANO E VOLTURNO

Nel parere trasmesso dall'AdB dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno con prot. 8990 del 05/12/2013 è riportato quanto segue:

«Con riferimento all'oggetto ed ai relativi elaborati trasmessi dal comune di San Lupo con nota prot. n. 2084 del 09/10/2013, visto il resoconto della Conferenza di servizi del 07/11/2013, trasmesso con nota a margine evidenziata, in relazione agli aspetti di propria competenza la scrivente Autorità di Bacino rileva quanto segue:

- ✓ *il progetto operativo di bonifica in oggetto interessa la discarica comunale (Cod. CSPI: 2063C001), per il cui Piano di Caratterizzazione la scrivente Autorità di Bacino ha espresso parere con prot. 7041 del 24/09/2009;*
- ✓ *la discarica e l'area strettamente contermina oggetto dell'intervento di bonifica, come già esplicitato nel citato parere, ricadono in aree perimetrate come Area di alta alluvione-A4 ed Area di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati all'interno, ovvero di fenomeni di primo distacco-C1, nell'ambito del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Rischio di frana [PsAI-Rf], approvato con DPCM del 12/12/2006 (G.U. del 28/05/07 n. 122);*
- ✓ *il progetto in esame, partendo dalle conclusioni del Piano di Caratterizzazione approvato, da cui è risultato uno stato di contaminazione piuttosto diffuso, prevede interventi di bonifica e messa in sicurezza permanente della discarica RSU comunale, consistenti essenzialmente in:*
 - *capping della discarica,*
 - *diaframma drenante, costituito da pali secanti di diametro 600 mm riempimenti di materiale inerte: nella parte terminale del diaframma sarà realizzato un pozzo di raccolta;*
 - *cinturazione dell'area contaminata mediante l'esecuzione di diaframma impermeabile;*
 - *una trincea drenante;*
 - *impianto di captazione del biogas;*
 - *opere di sostegno costituite da gabbionate poggiate sia su pali che su fondazioni superficiali;*
 - *un canale di guardia con finalità di regimazione e raccolta acque;*
 - *impianto di trattamento delle acque di prima pioggia;*
 - *un rilevato per la viabilità interna in misto stabilizzato;*
 - *impianto elettrico; impianto di illuminazione; impianto antincendio; sistema di sicurezza e videosorveglianza; costruzione di un piccolo edificio da destinare a servizi tecnici; sul tetto dell'edificio sarà installato un impianto fotovoltaico;*
- ✓ *gli interventi proposti nelle suddette aree A4 (v. art. 4), rientrano tra quelli consentiti dalle Norme di Attuazione del PsAI-Rf, le quali prescrivono a corredo del progetto uno studio di compatibilità Idrogeologica (v. art. 17), commisurato all'importanza e dimensione degli interventi ed alla tipologia di rischio e di fenomeno*
- ✓ *l'incartamento progettuale, pur non includendo uno specifico studio di compatibilità idrogeologica, contiene elementi utili, sebbene non del tutto esaustivi, ai fini della verifica della compatibilità ai sensi dell'art. 21 delle Norme di Attuazione del citato PsAI-Rf;*
- ✓ *per gli interventi ricadenti nelle aree C1, in base alle stesse norme, la sola prescrizione da rispettare è quella di subordinare la realizzazione alla corretta applicazione della normativa vigente in materia, con particolare riguardo alle disposizioni contenute nel D.M. LL.PP. 11 marzo 1988, nella circolare LL.PP. 24/9/88 n. 3483 e successive norme e istruzioni.*

Per tutto quanto sopra, per i soli aspetti di propria competenza e per le specifiche finalità della conferenza di servizi indetta, la scrivente Autorità di Bacino esprime parere favorevole al progetto di bonifica in epigrafe, ritenendo tuttavia necessario, ai fini di un'esauritiva verifica della compatibilità idrogeologica, condotta in ottemperanza con quanto disposto dalle citate norme del PsAI-Rf, che il progetto esecutivo debba comprendere i seguenti approfondimenti:

- a. *un'integrazione delle indagini geognostiche da eseguirsi in prossimità delle opere di sostegno e dei*

- diaframmi in progetto, da attestare ad adeguata profondità e, soprattutto, da condizionare con inclinometri;*
- b. un piano di monitoraggio per il controllo dell'efficacia degli interventi, corredato da un programma di misure sperimentali che contenga anche misure inclinometriche derivanti dall'integrazione geognostica di cui al punto precedente;*
 - c. una valutazione analitica inerente la tipologia, geometria ed eventualmente anche l'ubicazione degli interventi di sostegno in progetto, finalizzata ad un obiettivo miglioramento della stabilità globale del versante, in termini di confronto del coefficiente di sicurezza nelle condizioni "ante" e "post operam", atteso che da quanto riportato nell'incartamento pervenuto non si evidenzia un incremento delle condizioni di sicurezza nelle condizioni "post operam";*
 - d. una verifica della compatibilità dell'edificio dei servizi con le fenomenologie franose riconosciute nel sito in cui insiste la discarica».*

In riferimento al suddetto parere è superfluo ribadire che l'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno ha espresso per i soli aspetti di propria competenza e per le specifiche finalità della conferenza di servizi indetta, **parere favorevole al progetto di bonifica in epigrafe, ritenendo tuttavia necessario**, ai fini di un'esauritiva verifica della compatibilità idrogeologica, condotta in ottemperanza con quanto disposto dalle citate norme del PsAI-Rf, **che il progetto esecutivo debba comprendere i seguenti approfondimenti:**

- ✓ *un'integrazione delle indagini geognostiche da eseguirsi in prossimità delle opere di sostegno e dei diaframmi in progetto, da attestare ad adeguata profondità e, soprattutto, da condizionare con inclinometri;*
- ✓ *un piano di monitoraggio per il controllo dell'efficacia degli interventi, corredato da un programma di misure sperimentali che contenga anche misure inclinometriche derivanti dall'integrazione geognostica di cui al punto precedente;*
- ✓ *una valutazione analitica inerente la tipologia, geometria ed eventualmente anche l'ubicazione degli interventi di sostegno in progetto, finalizzata ad un obiettivo miglioramento della stabilità globale del versante, in termini di confronto del coefficiente di sicurezza nelle condizioni "ante" e "post operam", atteso che da quanto riportato nell'incartamento pervenuto non si evidenzia un incremento delle condizioni di sicurezza nelle condizioni "post operam";*
- ✓ *una verifica della compatibilità dell'edificio dei servizi con le fenomenologie franose riconosciute nel sito in cui insiste la discarica*

In fase esecutiva, in ottemperanza a quanto previsto dalle Norme di Attuazione del PsAI-Rf si prevede il monitoraggio delle acque profonde per mezzo di n° 04 sondaggi condizionati a piezometri di cui 3 saranno attrezzati anche ad inclinometri:

- **Pz0 ubicato a monte idrogeologico dell'area e condizionato a piezometro**
- **Pz1 in prossimità dell'edificio servizi condizionato a piezometro e attrezzato con inclinometro;**
- **Pz2 da ubicare in corrispondenza delle opere di sostegno su pali, a valle della discarica RSU**
- **Pz3 da ubicare in corrispondenza del diaframma drenante a valle.**

Cfr. Elaborato B.08.1- Ubicazione piezometri e inclinometri - fase esecutiva

Gli interventi ricadono in parte in aree A4 non urbanizzate, per le quali si applicano i divieti di cui all'articolo 3 delle Norme di attuazione del PSAI-Rf con le medesime eccezioni. In tali aree sono previsti:

- ✓ *interventi atti all'allontanamento delle acque di ruscellamento superficiale e che incrementano le condizioni di stabilità dell'area in frana;*

- ✓ opere di bonifica e sistemazione dei movimenti franosi;
- ✓ opere con fondazioni indirette (opere di sostegno e edificio servizi) adeguatamente progettate e da eseguire in misura adeguata al rischio dell'area; la loro realizzazione concorre ad attenuare e/o eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio. A tal uopo vedasi le Sezioni allegate all'Elaborato 7 *Verifiche di back analysis* dello Studio Geologico (A.03) in cui si evidenzia l'incremento del coefficiente di sicurezza che passa da $F_s = 1,18$ ante operam a $F_s = 1,65$ post operam.

I sondaggi, nel rispetto delle prescrizioni ARPAC potranno essere attestati alla profondità max di 10,00 ma dal p.c. Il monitoraggio inclinometrico e strumentale a mezzo di installazione di capisaldi topografici interni ed esterni alla zona instabile per la misura, rispettivamente, degli spostamenti superficiali e profondi saranno estesi ad un intero anno.

Gli esiti saranno comunicati tempestivamente all'AdB dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno.

21 PARERE ARPAC

In data 12/06/2014 si è svolta la Conferenza dei Servizi Decisoria. Nella seduta è stato acquisito il parere favorevole dell'ARPAC – Dipartimento Provinciale di Benevento con le seguenti indicazioni:

- Le acque sotterranee captate dai diaframmi drenanti, nel caso in cui rispettano i limiti della tabella 3 dell'all. 5 alla parte III del D. Lgs.. 152/06;
- Effettuare il Piano di Monitoraggio e controllo con le modalità previste dall'Allegato 2 punto 5 del D. Lgs. 36/03 per la fase di gestione post-operativa e per un tempo non inferiore a 30 anni dalla data di chiusura della discarica (art. 8 comma 1 lettera m del D.Lgs. n. 36/03);
- Comunicare preventivamente ad ARPAC ed agli altri Enti interessati la data dei campionamenti e degli autocontrolli nell'ambito del Piano di Monitoraggio e Controllo;
- Per il controllo delle acque meteoriche fare riferimento ai valori della tabella 3 alla Parte Terza del D. Lgs.. 152/06, per il percolato definirne la qualità con classificazione ed attribuzione del codice CER ai fini del corretto smaltimento; per le acque sotterranee attenersi alle CSC fissate dalla tabella 2 dell'Allegato del Titolo V "bonifica siti contaminati" della parte quarta del D. Lgs.. 152/06;
- Relativamente alla valutazione sul gas di discarica si ritiene quanto segue:
 - Si prende atto di quanto riportato relativamente al sistema di captazione e del suo ridimensionamento (da n. 8 pozzi e 4 torce a n. 4 pozzi e 1 torcia), considerando che esso è legato soprattutto alle esigenze di sicurezza della discarica;
- Relativamente al PMC prevedere di valutare la qualità dell'aria con cadenza semestrale mediante campionatori passivi presso i più vicini ricettori relativamente alla diffusione dei composti inorganici Ammoniaca (NH_3) ed Acido Solfidrico (H_2S), nonché dei Composti Organici Volatili (COV), in considerazione dei venti predominanti;
- Si precisa che il Piano di monitoraggio e controllo sarà rivalutato in fase di attuazione dell'intervento di bonifica, in quanto i dati attualmente in possesso sono previsionali;

Il parere favorevole dell'ARPAC contiene le seguenti raccomandazioni:

- Che le trincee o barriere drenanti e/o impermeabili vengano attestate ad una idonea profondità in funzione delle caratteristiche idrolitostratigrafiche del sito, tale da garantirne l'efficacia;
- Che per le barriere idrauliche e per i sistemi drenanti le acque sotterranee sia garantita la costante efficienza di captazione – stoccaggio e allontanamento delle acque al fine di evitare

ristagni di fondo e travasi sotterranei:

- *Che gli interventi di bonifica vengano realizzati da ditte regolarmente iscritte all'Albo Nazionale gestori Ambientali come previsto dall'art. 212 comma 5 del D. Lgs.. 152/06;*
- *Effettuare una corretta gestione di tutti i rifiuti e/o sottoprodotti, comprese le rocce e terre da scavo, derivanti dalle operazioni stabilite dal progetto, secondo la normativa vigente, tenendo conto anche le risultanze analitiche riscontrate durante le indagini preliminari e di caratterizzazione da cui si sono evinti superamenti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione CSC.*

In riferimento alla profondità delle trincee o barriere drenanti e/o impermeabili in funzione delle caratteristiche *idrolitostratigrafiche* del sito, alla luce delle indagini geognostiche integrative utilizzate in questa fase progettuale, è possibile precisare quanto segue:

- La trincea drenante a monte della discarica, finalizzata a ridurre il flusso delle acque episuperficiali al di sotto del corpo dei rifiuti e a contenere i volumi idrici da sottoporre a trattamento o smaltimento, potrà essere attestata ad una profondità pari a 3.50 m dal p.c.,
- Le trincee drenanti realizzate a valle saranno attestate ad una profondità media di 4,00 m nelle argille di colore grigio con livelli marnosi, litologie con caratteristiche litostratigrafiche idonee da garantirne l'efficacia. Tali trincee infatti, hanno lo scopo di diminuire la lisciviazione di composti contaminati verso la falda sottostante e consente di diminuire il volume di falda drenata dal diaframma drenante realizzato a valle.
- I diaframmi drenanti e impermeabili saranno ammorsati nelle *argille marnose grigie alquanto compatte di colore grigio e con a luoghi elementi marnosi* che si attestano ad una profondità > di 6,00 m fino a oltre i 30 m investigati. Per queste litologie il coefficiente di permeabilità orizzontale in metri/sec è $>10e-9$ m/s, salvo valori maggiori che potrebbero essere dovuti dalla presenza degli elementi marnosi. Al fine di garantire un ammorsamento di almeno 1,0 m nello strato delle *argille marnose grigie alquanto compatte di colore grigio e con a luoghi elementi marnosi*, si ritiene idonea una profondità dei diaframmi drenanti pari a 8,0 m e una profondità dei diaframmi impermeabili di 8,50 m.

22 RIEPILOGO DEGLI INTERVENTI

22.1 DEMOLIZIONI E RIMOZIONI

Demolizione parziale totale dei muri di sostegno lato valle e laterali esistenti in calcestruzzo armato e dei muri, del muretto di recinzione in conglomerato cementizio; rimozione delle opere in ferro; trasporto a rifiuto.

22.2 MOVIMENTAZIONI E TRASPORTI

Trattandosi di abbancamento rifiuti avvenuto da una quota di -3,50 m circa dal p.c. fino al riempimento delle vasche occorrerà in generale movimentare nell'area di cantiere i materiali 1 sola volta per la realizzazione del capping sommitale.

22.3 DIAFRAMMA DRENANTE E DIAFRAMMA IMPERMEABILE

Realizzazione di diaframma drenante, costituito da pali secanti Ø 800 mm, riempiti di inerti opportuni, spinti alla profondità di m 8,00 dalla quota del capping di fondo, con l'impiego di tubi metallici di rivestimento provvisorio (tubo gobbo) in grado di garantire la continuità del diaframma drenante, riempimento con inerti (pietrame calcareo misto 4/7 pulito da ogni impurità compreso la pulizia dello strato di base dei cumuli a contatto con il terreno), posa di un telo in tessuto non tessuto da 250 g/m² di separazione fra il terreno e gli inerti.

Esecuzione di diaframma impermeabile spinto alla profondità di m 8,50 dalla quota del capping di fondo, spessore 50 cm: diaframma plastico da eseguirsi con l'impiego di benne oleodinamiche autopenetranti, compreso il riempimento con miscele autoindurenti, costituite da 40-70 kg/m³ di bentonite e da 250-300 kg/m³ di cemento, in quantità fino a 1,33 volte il volume teorico del diaframma, posa in opera di teli impermeabili all'interno dello scavo prima che la miscela "plastica" indurisca, secondo l'indicazione della D.L.

Costruzione di pozzo rivestito per recapito acqua diaframma drenante, con diametro pari a 1.000 mm e profondo 10,00 m.

22.4 TRINCEE DRENANTI

Trincea drenante a monte

Trincea drenante da realizzare a monte della vasca di raccolta degli RSU avente sezione di larghezza media m 1,0 x m 3,50 di profondità dall'attuale piano di campagna, strato anticontaminante e con funzione di filtrante fra il terreno di base ed il riempimento composto da geotessile non tessuto, tubazione sfinestrata di profondità per la raccolta acqua diametro 200 mm, strato impermeabilizzante in HDPE da porre sul lato di valle della trincea

Trincee drenanti a valle

Nell'area contaminata a valle dell'impianto di discarica si prevede la realizzazione di un sistema di trincee drenanti a lisca di pesce con impiego di pannelli drenanti tipo gabbiodren T100-30 16, ad alte prestazioni idraulico-meccaniche, costituiti da struttura di contenimento in rete metallica a doppia torsione (dimensioni 2x1x0,30), nucleo drenante in polistirolo imputrescibile, con tubo pre-assemblato corrugato di raccolta diametro esterno 160mm. Sulla base per rendere impermeabile il fondo, viene posta una guaina sintetica di rivestimento. I pannelli vengono posizionati alla profondità di 4,00 m e abbinati a pannelli drenanti di dimensione 2x1x0,30, disposti in verticale, con un interasse di circa 10 m.

22.5 OPERE DI SOSTEGNO

Terre rinforzate Tipologia 1(A), di altezza h = 4,00 m posizionate a valle della vasca RSU con fondazione su n° 3 file sfalsate di pali trivellati phi = 0,80 m L = 15,00 m interasse 2,00 m con piastra di fondazione in c.a. spessore = 0,70 m con dente esterno

Terre rinforzate Tipologia 1(B), di altezza h = 4,00 m posizionate a sud della vasca RSU con fondazione su n° 3 file sfalsate di pali trivellati phi = 0,80 m l = 15,00 m interasse 2,00 m con piastra di fondazione in c.a. spessore = 0,70 m con dente esterno

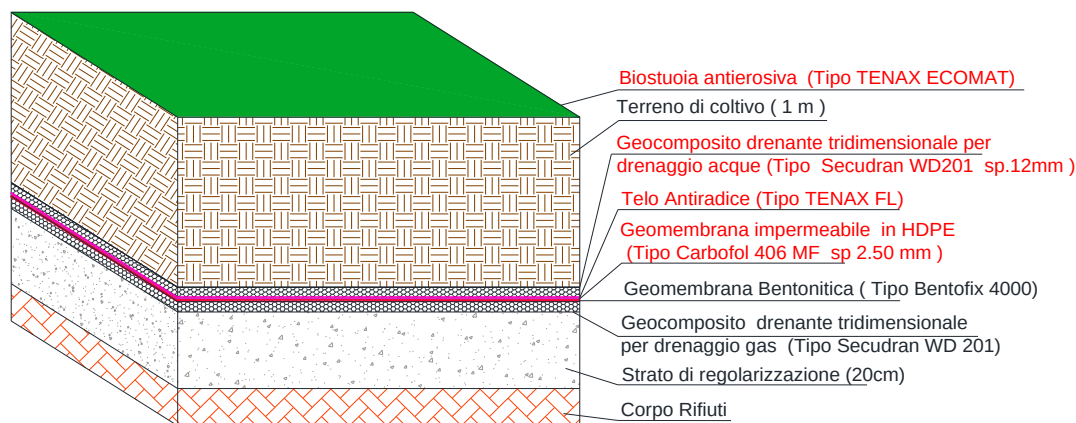
Terre rinforzate Tipologia 2, di altezza h = 4,00 m posizionate a monte della vasca RSU con fondazione su piastra in c.a. spessore = 0,70 m e dente esterno

22.6 CAPPING DISCARICA

Fornitura e posa in opera di:

- Strato di regolarizzazione in misto granulare h = 20 cm
- Strato drenante di rottura capillare realizzato con geocomposito drenante;
- Strato impermeabilizzante realizzato con geocomposito bentonitico, con conducibilità idraulica ultima $K < 2 \cdot 10^{-11}$ m/s, tipo Betonfix4000

- Geomebrana impermeabilizzante in HDPE dello spessore di 2,5 mm
- Telo antiradice
- Strato drenante di rottura capillare realizzato con geocomposito drenante;
- di terreno agrario sistemato e lavorato di spessore finito cm 100 all'interno dell'area discarica, pronto per l'inerbimento
- biostuoia antierosiva



Dettaglio stratificazione capping

22.7 CAPTAZIONE BIOGAS

Realizzazione di impianto di captazione biogas costituito da:

- trivellazione per i pozzi di estrazione biogas profondità mt 3,50÷5,00
- formazione di pozzo di captazione biogas
- fornitura e posa in opera di testa di pozzo in HDPE PN6 De110 gruppo di regolazione in HDPE

per totali n. 4 pozzi

Fornitura in opera di torcia statica a fiamma apparente per combustione biogas di discarica, costituita da:

- valvola di intercettazione del tipo a farfalla DN 50, con comando a leva
- rompi fiamma con maglia in acciaio inox inserito tra la valvola e l'ugello di combustione
- ugello di combustione in acciaio inossidabile opportunamente dimensionato per garantire le condizioni di operatività della torcia
- camera di combustione
- supporto di montaggio per il fissaggio al terreno o su supporto idoneamente dimensionato;
- bocchello per l'inserimento del sistema manuale di accensione

e comprensiva di assemblaggi finali, collegamenti meccanici, elettrici, avviamenti e collaudi, istruzione del personale, compreso infine pannello fotovoltaico di alimentazione, batteria, collegamenti alla torcia per totali n. 1 torce

22.8 OPERE REGIMAZIONE E RACCOLTA ACQUE

Canale di guardia in conglomerato cementizio vibro compresso e vasca di accumulo per l'impianto Antincendio. Lavori conseguenti di tubazioni, allacci alle pluviali del fabbricato tecnico, etc.

22.9 EDIFICIO SERVIZI

Costruzione di un fabbricato da destinare a servizi (tecnici), struttura intelaiata in c.a. e fondazione monopalo con plintino sotto ciascuno dei 9 pilastri, dim. in m 8,0 x 6,0 per H=2,6/4,0 (Hmin/Hmax), completo di rifiniture ed

impianti per civile; sul tetto impianto fotovoltaico; lo stabile avrà un serbatoio idrico in vetroresina per la conservazione dell'acqua dei servizi igienici ed un gruppo di sollevamento, una fossa biologica semplice o ad anelli a campana in calcestruzzo prefabbricato completa di bacino chiarificatore, vasca di raccolta e dispositivo espurgo fanghi, capacità di circa 1800 l per 11 utenti; il servizio igienico per diversamente abili.

22.10 STRADE E PIAZZALI

Formazione di rilevato: 0,50 m circa per strada e per piazzale; rinterro o riempimento di cavi eseguito con materiali selezionati di idonea granulometria, scevri da sostanze organiche, proveniente dalla cave, strato di fondazione in misto granulare stabilizzato con legante naturale per strada e piazzale; strato anticontaminante e come funzione di filtrante fra il terreno di base ed il riempimento con il rilevato composto da geotessile non tessuto sulla strada; calcestruzzo non strutturale per ancoraggio capping.

Il progetto prevede la sistemazione della stradina esistente, per una larghezza di 4,00 m con uno strato di fondazione in misto stabilizzato dello spessore di 30 cm su uno strato separatore/ripartitore in tessuto non tessuto di grammatura minima 300 g/mq, e strato superficiale in asfalto bianco dello spessore di 4 cm.

22.11 RECINZIONE

Cancello carraio e pedonale costituito da pannello grigliato elettrosaldato in acciaio e recinzione realizzata con filo di acciaio armonico plastificato, di colore verde, di altezza pari a 2,00 m per tutto il perimetro della discarica. Si prevede altresì il mascheramento della recinzione mediante piantumazione lungo il perimetro della stessa di specie rampicanti (edera o *lonicea caprifolium*) resistenti anche per esposizione alla siccità prolungata e alle basse temperature.

Oltre al cancello di monte, su Via Cantone, si prevedono due ulteriori cancelli all'altezza delle vasche di raccolta delle acque potenzialmente inquinate, al fine di consentire l'accesso all'area di scarica per mezzo della stradina perimetrale.

22.12 IMPIANTI

22.12.1 IMPIANTO ANTINCENDIO

Costituito da: tubazione in polietilene (rete per collegamento idranti, raccordi, stacchi, pezzi speciali etc, per gruppo pressurizzatore); N. 3 estintori carrellati nel locale tecnico; n° 02 gruppo attacco per motopompa con valvola di intercettazione con attacco VV.F.

22.12.2 IMPIANTI IDRICI

Allacci e forniture degli apparecchi igienici, di arredo completo per bagno per persone disabili; realizzazione:

- degli scarichi e di fossa biologica semplice o ad anelli a campana in calcestruzzo prefabbricato completa di bacino chiarificatore, vasca di raccolta e dispositivo espurgo fanghi;
- di un serbatoio idrico in vetroresina per la conservazione dell'acqua munito di coperchio a tenuta con relativo gruppo di sollevamento acqua

22.12.3 IMPIANTO ELETTRICO

Si compone di 1 gruppo elettrogeno che genera la corrente necessaria per il funzionamento delle pompe e degli altri servizi. Ciascun gruppo si compone delle seguenti parti: motore diesel; alternatore trifase; interruttore di macchina; serbatoio carburante di servizio; batterie accumulatori; armadio di comando, controllo e commutazione rete. Al raggiungimento del livello max del percolato in una delle due vasche di raccolta, si avrà l'avviamento di uno dei due gruppi elettrogeni e l'inserimento della relativa pompa di sollevamento. Raggiunto poi il livello minimo si avrà il distacco della pompa precedentemente avviata ed il successivo spegnimento del gruppo. L'impianto elettrico è alimentato direttamente dal gruppo elettrogeno,

con fornitura di 25 kW, tensioni nominali di esercizio di 380/220 V, frequenza 50 Hz.

L'impianto elettrico realizzato in conformità alle leggi e normativa vigente nel momento della realizzazione dell'opera, sarà composto da:

- Quadro elettrico generale di comando e controllo utenze cablate, realizzato in carpenteria metallica, di caratteristiche idonee al locale in cui è prevista l'installazione. Posizionamento a parete, dimensioni maggiorate del 40% rispetto a quelle necessarie per l'alloggio di tutti i componenti elettrici ed elettronici necessari (interruttore generale, interruttore automatico magnetotermico, interruttori differenziali di sezionamento utenze, etc..)
- Rete di distribuzione con eventuali opere in tracce su muratura; conduttori del tipo H07V-K o N07V-K di sezione minima di fase e di terra pari a 2.5 mmq, scatola di derivazione a vista da 100x100x50 mm a vista da 66x82 mm; supporto 1 posto con viti vincolanti per scatola 3 posti; frutto, serie commerciale; placca in materiale plastico o metallo 1 posto per scatola 3 posti; morsetti a mantello o con caratteristiche analoghe; conforme alle norme CEI e progettato ed eseguito in conformità delle norme tecniche vigenti, incluse le opere murarie per l'apertura delle tracce, fori e quant'altro per il posizionamento e fissaggio dei pezzi, e ogni altro onere e magistero per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte. Sono da installare e quindi rete di distribuzione a servizio di:
 - N. 10 prese 16/A
 - N 10 punto luce a interruttore 16 A
 - N.1 gruppo di sollevamento acqua per i servizi igienici
 - N.1 gruppo di pressione antincendio con proprio sottoquadro di gestione per l'avviamento in cascata delle pompe e la loro termo protezione.
 - N.3 pompe multistadio sommergibili, da installare nei pozzi drenaggio incluso monitoraggio con sonde di livello dei pozzi con allarme visivo e sonoro sulla scatola quadro generale
 - N. 1 allacciamento tra gruppo elettrogeno, inverter dell'impianto fotovoltaico e quadro generale con adeguati componenti per l'alimentazione del quadro, in modo alternato dai due sistemi di produzione, in funzione dello stato di carica del pacco batteria.
 - Scaldacqua elettrico da installare nel locale servizi.
 - N. 4 lampada e portalampada tipo a sospensione per l'illuminazione dei locali

L'impianto sarà fornito in opera completo di ogni altro onere e magistero per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

22.12.4 IMPIANTO ILLUMINAZIONE ESTERNA

L'illuminazione dell'area di impianto, assimilabile ad un rettangolo di lati circa 40x100mt ciascuno, si effettua con n. 6 lampioni posizionati sul perimetro dell'area, in corrispondenza dei vertici e del centro dei due lati maggiori. A causa dell'assenza di rete elettrica in zona si sceglie di installare n. 6 lampioni fotovoltaici, ognuno composto dai seguenti componenti:

- **Pannello Fotovoltaico** da 250Wp, con celle di Silicio Monocristallino
- **Regolatore di Carica e Crepuscolare** per il controllo e la regolazione in modo continuo della carica della batteria da parte del pannello fotovoltaico, per evitare eccessiva carica e quindi surriscaldamento degli elementi e dell'elettrolita, inoltre il regolatore ha la funzione di blocco della carica, qualora la tensione del pannello non sia in grado di caricare la batteria, evitando così il percorso inverso di scarica della batteria.

Una seconda importante funzione di questa elettronica è la funzione di crepuscolare di precisione, utilizzando la soglia minima di produzione del pannello fotovoltaico per l'accensione e lo spegnimento automatico della lampada.

L'elettronica ha anche la funzione di controllore della carica minima della batteria, che in caso raggiungimento del valore impostato, distacca il carico, mantenendo attiva in stand-by tutta l'elettronica.

- **Lampada** a Led da 84W in apposita armatura carenata.
- **Batteria di Accumulo e Stoccaggio** posizionato in box metallico sulla cima del palo.

La batteria utilizzata è del tipo compatto a elettrolita in Gel sigillato con elementi integrati e doppio polo elettrico. Non necessita di manutenzione e/o rabbocchi di elettrolita.

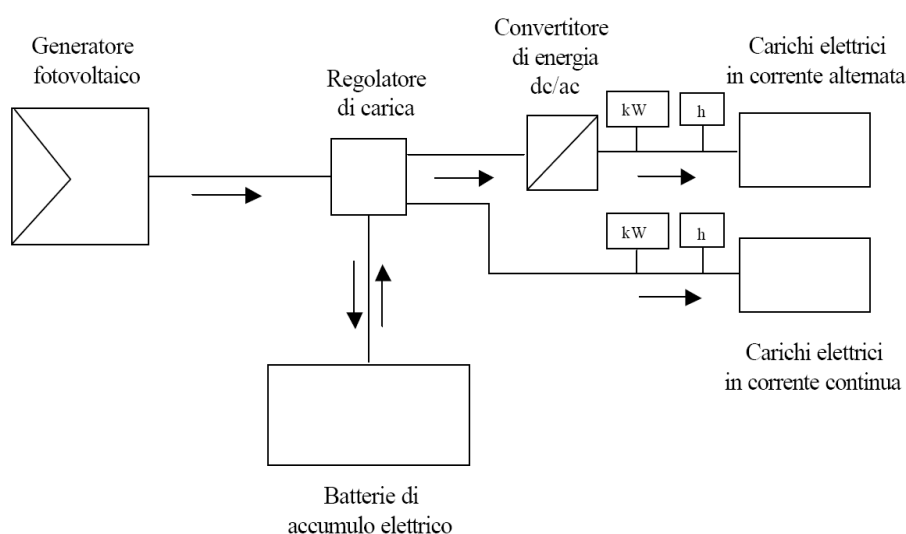
La batteria sarà surdimensionata, in quanto alimenterà in continuo una telecamera wireless di videosorveglianza dell'area, collocata sullo stesso palo del lampione.

- **Palo di Sostegno** ancorato a terra in una base in CLS (calcestruzzo) e realizzato in acciaio zincato.

22.12.5 IMPIANTO FOTOVOLTAICO

L'“**impianto fotovoltaico a isola**” (Stand Alone system) assicura la disponibilità di energia elettrica in zone prive di rete di distribuzione, dove è importante avere disponibilità di energia elettrica per le utenze in sito. Tali impianti prevedono l'utilizzo di “batterie di accumulatori” per la fornitura di energia nelle ore di assenza di radiazione solare.

I componenti essenziali del sistema fotovoltaico a isola si possono riassumere nel sistema a blocchi di seguito riportato:



Il “**Campo Fotovoltaico**” (o generatore fotovoltaico) è il sistema dedicato alla raccolta dell'energia solare mediante moduli fotovoltaici (o pannelli fotovoltaici). In genere esso è formato da una connessione serie-parallelo di moduli fotovoltaici esposti al sole che generano energia elettrica sotto forma di corrente e tensione continua. In prossimità del campo, si ha la “**Scatola di giunzione elettrica**” (o quadro di campo), in cui vengono effettuate le connessioni in parallelo delle stringhe di moduli e vengono installati i dispositivi di sezionamento e protezione delle stringhe.

Si ha poi il “**Controllore di Carica**” (o regolatore di carica), che è un dispositivo elettronico che regola la ricarica e la scarica degli accumulatori in modo costante. Con esso l'energia elettrica prodotta viene gestita e stabilizzata ad una tensione di 11 o 24 Volts. Il regolatore di carica supervisiona inoltre l'utilizzo delle batterie - ottimizzandone quindi la durata ovvero caricando al meglio le batterie ed evitandone la completa scarica.

Il regolatore di carica ha quindi tra le sue funzionalità più tipiche quelle di:

- Stacco del campo fotovoltaico dalla batteria in caso di bassa tensione e cioè tensione inferiore a quella utile a quest'ultima come può avvenire dopo il tramonto;
- Stacco del campo fotovoltaico dalla batteria in caso di avvenuta ricarica totale di quest'ultima;
- Stacco dei carichi elettrici dalla batteria in caso di scarica profonda di quest'ultima (batteria ormai esaurita) al fine di non andare incontro a fenomeni di solfatazione che compromettono irrimediabilmente la funzionalità della batteria;
- Stacco del campo fotovoltaico dalla batteria in caso di ritorni di tensione dalla batteria al pannello;

La **“Batteria di Accumulo”**, che ha il compito di accumulare l'energia elettrica proveniente dai moduli solari. La batteria di accumulo, costituita da una o più batterie, immagazzina l'energia non utilizzata durante la giornata e la cede nel momento in cui i pannelli fotovoltaici, non generano sufficiente corrente e cioè quando essi non sono in grado di soddisfare la richiesta di energia.

L'**“Inverter”** (o convertitore DC/AC) è un dispositivo elettronico che converte l'energia in 'corrente continua' generata dai pannelli fotovoltaici e accumulata nelle batterie in energia in 'corrente alternata' che è utilizzabile dalle più comuni utenze.

Il calcolo per il dimensionamento dell'impianto fotovoltaico, con il quale si determina il numero e le caratteristiche dei pannelli Fv, viene in genere eseguito sulla base del bilancio tra l'energia solare incidente sui moduli e da essi convertita in energia elettrica e gli assorbimenti legati ai carichi ed alle efficienze dei vari componenti dell'impianto.

L'impianto dovrà essere realizzato secondo la normativa e le leggi di riferimento del settore di riferimento, in vigore al momento dell'esecuzione dell'opera.

La progettazione dell'impianto deve passare attraverso lo sviluppo delle seguenti fasi:

- determinazione del carico elettrico;
- calcolo della radiazione solare annuale;
- scelte progettuali sulla configurazione dell'impianto fotovoltaico
- l'impianto FV per l'alimentazione delle utenze in campo.

Il carico elettrico è il consumo medio annuo delle utenze (illuminazione locali, scaldacqua, pompe sommerse, gruppo di sollevamento, alimentazione strumentazione di registrazione).

La scelta ricade su un impianto fotovoltaico ad isola con capacità del pacco batterie di 810 Ah a 12V in grado di fornire 4500 Wh/giorno o 1500 Wh/giorno per 3 giorni di autonomia, e configurato con n. 18 pannelli fotovoltaici da 250 Wp (n. 2 stringhe da 9 pannelli), da installare sulla copertura del fabbricato su apposita struttura di ancoraggio realizzata in profilato commerciale zincato.

Al fine di preservare le batterie, un relè ha la funzione di disconnettere l'alimentazione al quadro generale utenze, che sarà alimentato dal gruppo elettrogeno predisposto.

22.12.6 INTEGRAZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

L'impianto fotovoltaico da installare sulla copertura del locale servizi pari a 4,50 kWp viene integrato con ulteriori pannelli da posizionare al suolo nell'area adiacente il locale servizi e a monte del corpo discarica al fine di disporre di un impianto di potenza complessiva pari a 40 kWp, sufficiente per l'alimentazione dell'impianto di illuminazione, delle pompe, dell'impianto di videosorveglianza e dell'impianto di evaporazione/concentrazione nelle condizioni operative medie stimabili.

22.12.7 IMPIANTO DI VIDEOSORVEGLIANZA

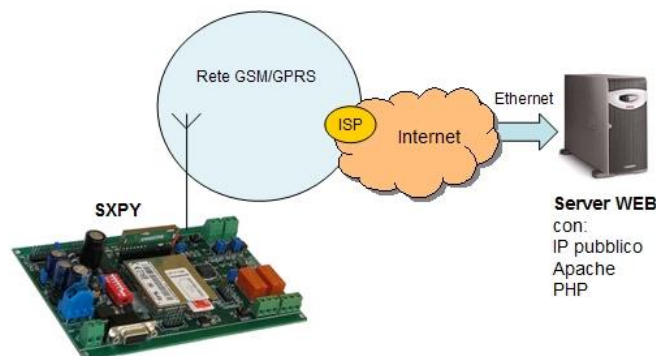
Il sistema di videosorveglianza prevedere i seguenti componenti:

- **N. 10 Telecamere fisse** tipo wireless H264, DDNS free, infrarosso automatico, visione notturna fino a 30 metri, installate sui lampioni in sito ed alimentate dalle batterie a carica fotovoltaica dei lampioni stessi;
- **N. 1 DVR 8 Canali video** e 4 canali audio, tecnologia H264, con connessione UMTS 3G o WiFi Lan, per la registrazione in tempo reale, supporto per chiavette Huawei compatibili per sorveglianza da remoto in tempo reale;
- **N.1 Monitor LCD 22"** Full HD collegato al DVR per la visualizzazione in tempo reale ed in differita delle immagini trasmesse dalle telecamere-

Il sistema avrà la possibilità di monitoraggio real-time ed in differita, memorizzazione dei dati su DVR con possibilità di registrazione e visualizzazione anche da remoto tramite rete 3G - UMTS, al fine di consentire il reperimento delle immagini anche in caso di atti vandalici compiuti direttamente sul posto.

22.12.8 IMPIANTO DI CONTROLLO AUTOMATICO DEL LIVELLO DI RIEMPIMENTO DELLE CISTERNE

Nell'ambito della implementazione della offerta tecnica di gara, il presente progetto esecutivo prevede un sistema di monitoraggio finalizzato a ridurre i rischi di sversamenti, rotture, ecc., relativi alla rete di gestione del percolato e delle acque di falda drenate.



SCHEMA DI FUNZIONAMENTO TELECONTROLLO

Il sistema di telecontrollo e telerilevamento previsto, tramite apposite centraline e sensori installati presso ciascun serbatoio di stoccaggio temporaneo, riesce a valutare e segnalare (anche via sms) il livello di riempimento dei serbatoi, oltre ad altri eventuali parametri relativi al funzionamento del sistema stesso. In questo modo è possibile effettuare un monitoraggio pressoché in continuo del “sistema percolato” garantendo un tempestivo intervento qualora si verificassero guasti, malfunzionamenti, rotture o altri eventi accidentali che potrebbero causare lo sversamento di percolato.

22.12.9 IMPIANTO CONCENTRAZIONE DELLE ACQUE

Il progetto definitivo evidenzia che in fase di caratterizzazione della discarica è stata riscontrata nella falda al di sotto del corpo rifiuti, la presenza di Mn e Solfati (dato parte) e da Mn, Al, Ni e solfati (dato ARPAC). Il progetto definitivo indica l'estensione della falda contaminata pari a 2.439 m², per un volume presunto di 16.260m³ = 16.260.000l.

Per quanto riguarda la bonifica della falda contaminata il progetto definitivo prevede di applicare la metodologia on site del PUMP AND TREAT: l'acqua di falda contaminata è estratta dal sottosuolo attraverso un diaframma drenante. Le acque emunte sono poi inviate ad una vasca di stoccaggio per poi essere avviate al più vicino impianto di trattamento.

In questa fase progettuale, al fine di implementare la proposta tecnica formulata dall'Impresa in sede di gara, si prevede la installazione presso l'edificio servizi, di un impianto di evaporazione/concentrazione delle acque in grado di ridurre i volumi di liquido da trasportare al più vicino impianto di trattamento.

L'impianto è costituito da un evaporatore/concentratore sottovuoto con scambiatore di calore immerso nel liquido da trattare con le seguenti caratteristiche:

- ✓ funzionamento automatico;
- ✓ scarico del concentrato tramite pompa automatica con frequenza impostabile a PLC o mediante il consenso ricevuto dal densimetro di cui può essere dotato l'evaporatore, senza fermare l'operazione di evaporazione e senza perdere il vuoto
- ✓ possibilità di funzionamento con riciclo del liquido di processo;
- ✓ sistema antischiuma automatico
- ✓ specula (con sistema di pulizia) per il controllo visivo del contenuto della caldaia;
- ✓ possibilità di prelevare campioni di distillato e concentrato senza fermare l'evaporatore.

Le acque sotterranee captate dai diaframmi drenanti, addotte nell'adiacente pozzo di diametro cm 100 della profondità di 10,00 m previsto in progetto, saranno emunte e convogliate in una cisterna interrata di stoccaggio prima del prelievo definitivo. Nel caso in cui rispettano i limiti della tabella 3 dell'art. 5 alla parte III del D.Lgs 152/06 le acque, previa autorizzazione del Comune di San Lupo, saranno immesse nell'adiacente Vallone

Defensola, così come previsto dall'art.41 c.4 del D.L. 69/2013 convertito dalla L. 98/2013; esse in tal caso sono assimilate alle acque reflue industriali e sono soggette al regime autorizzativo di cui alla parte III del D.Lgs.152/06. Ove non sia possibile procedere all'immissione delle acque emunte nei corpi idrici superficiali (caso in cui i suddetti limiti siano superati) le acque di falda immagazzinate saranno pompate nella vasca adiacente il locale servizi e quindi sottoposte al processo di concentrazione per mezzo dell'evaporatore con una riduzione del volume di oltre il 95%. La parte residuale, invece, sarà avviata a trattamento depurativo da effettuare presso un apposito impianto di trattamento delle acque industriali tecnicamente idonei.

22.13 STAZIONE METEO CLIMATICA

Stazione meteo climatica tipo Vantage Pro 2, costituita sinteticamente dagli elementi seguenti:

- Vantage Pro2 Plus wireless con sensori radiazione solare e UV & schermo solare ventilato 24 h
- Consolle/ricevitore per Vantage Pro2 wireless
- WeatherLink IP (con datalogger per invio dati su internet, senza PC)
- WeatherLink per Emergenze con streaming datalogger (per Windows, porta seriale)
- Licenza d'uso aggiuntiva (per tutti i modelli, versione Windows)
- Modulo software allarmi email/telefonici (richiede WeatherLink)

22.14 PROGETTO PAESAGGISTICO

Il piano di ripristino ambientale è articolato nei seguenti punti:

- quadro di riferimento dell'area
- tempi e modalità di esecuzione del recupero e della sistemazione ambientale

22.14.1 QUADRO DI RIFERIMENTO DELL'AREA

La proposta progettuale prevede una copertura vegetale permanente delle scarpate stesse, la creazione di piste agibili per gli interventi di manutenzione, la prevenzione dei dissesti superficiali per erosione e scorrimento del terreno di ricoprimento interessati dall'aggressione degli agenti atmosferici.

L'intervento prevede i seguenti lavori (limitatamente al confinamento dei rifiuti):

- A. Asportazione sulle scarpate della coltre di terreno interessato da fenomeni superficiali di dissesto (erosione diffusa, denudazione, scorrimenti del terreno vegetale di ricoprimento e della coltre superficiale delle scarpate esterne degli argini perimetrali e dei cigli delle banche intermedie, accumulo sulle banche e al piede della discarica di materiale terroso originato da erosione e dissesti gravitativi a monte), senza intaccare la massa dei rifiuti abbancati in pendenza.
- B. Ripristino della pendice esterna, mediante costruzione di opere di contenimento su pali di fondazione con riprofilatura del versante in terreno argilloso compattato, ai quali viene assicurata la pendenza delle scarpate esterne. Al contatto fra rifiuti e argini esterni di contenimento (lato monte), vengono disposte trincee drenanti per il drenaggio delle acque meteoriche e un sistema di gabbionate rinverdite (Vedasi B.11.1 – Sezioni Longitudinale).
- C. Creazione di una protezione vegetale delle scarpate: ripristinata la sezione trasversale della copertura esterna dei rifiuti, tale da rendere agevole l'accesso e la operatività dei mezzi meccanici in uso per la manutenzione ordinaria delle scarpate, si richiede di ricostruire una efficiente copertura vegetale, necessaria per contenere i processi erosivi e per prevenire dissesti della coltre superficiale. E' previsto l'utilizzo di una biostuoia inerbita, addizionata con terreno sciolto e compost, che costituisce il supporto per la crescita di rampicanti (glicine, caprifoglio, edera, gelsomino o altri, scelti in relazione alla resistenza

offerta durante l'accrescimento alle particolari condizioni ambientali del sito); la modesta pendenza a seguito delle operazioni di riprofilatura del versante consente la piantumazione di specie arbustive ad integrazione della protezione diffusa delle scarpate con rampicanti.

Tali modalità di isolamento superiore e laterale dei rifiuti, rispettano per intero le prescrizioni del D.Lgs.36/2003, soprattutto per quanto concerne la successione degli strati di copertura finale; i requisiti richiesti per le coperture (isolamento dei rifiuti dall'ambiente esterno, minimizzazione delle infiltrazioni d'acqua, riduzione al minimo della necessità di manutenzione, minimizzazione dei fenomeni di erosione, resistenza agli assestamenti ed a fenomeni di subsidenza localizzata).

La destinazione d'uso finale dell'area di discarica è ad uso naturalistico-ecologico.

Il Piano di ripristino ambientale ha previsto, pertanto, le modalità di intervento descritte a seguire.

22.14.2 IL VERDE ORNAMENTALE E SCHERMANTE

Sarà realizzato Roverella (*Quercus pubescens*), Cerro (*Quercus cerris*), Aceri (*Acer spp.*), Orniello (*Fraxinus ornus*) posti in filare e alternati a Carpino nero (*Ostrya carpinifolia*) con sesto d'impianto che varia dai 3 metri per il genere quercus ai 4/6 per i i cerri, gli aceri e l'orniello.

Gli impianti sono stati realizzati con specie, sia arboree che arbustive, quasi esclusivamente autoctone e con l'intento di garantire un migliore inserimento paesaggistico dell'impianto e della discarica nel contesto territoriale.

Saranno piantumate tutte le aree interne libere e saranno realizzate barriere verdi perimetrali con funzione schermante.

La qualità del suolo (argilloso, tendenzialmente ben strutturato) permetterà la crescita vigorosa delle piante e l'attecchimento delle stesse. Tale situazione sarà garantita con laute concimazioni organiche, utilizzando il compost aziendale, con lavorazioni del terreno e con abbondanti irrigazioni.

Particolare attenzione sarà dedicata ad assicurare una corretta manutenzione di questi filari arborei, effettuata mediante concimazioni e pacciamature organiche, potatura di allevamento e, soprattutto, mediante il mantenimento di una linea di microirrigazione fissa.

La funzione schermante di questi filari sarà incrementata, lungo il bordo perimetrale della discarica mediante la realizzazione di una siepe arbustiva da impiantarsi all'interno della recinzione. La siepe sarà costituita da un unico allineamento di arbusti di taglia media posti a dimora con un sesto d'impianto di 50 cm ed a gruppi monospecifici di 3/5 piantine. Le piante saranno lasciate liberamente sviluppare, così da realizzare una fitta e spessa barriera alta 2,5/3,5 m.

Le specie utilizzate nella realizzazione della siepe saranno le seguenti:

- a) Rovo, Caprifoglio, Biancospino 25%
- b) Pungitopo 20%
- c) Sanguinella (*Rhamnus _atarica*) 5%
- d) Mirto, Lentisco 25%

Aree verdi interne

Per quanto riguarda, poi, la fascia di terreno a verde a monte dell'area di discarica RSU è prevista la piantumazione di filari su due file di alberi espansi alternati a elementi arbustivi.

Le specie erbacee da utilizzare sono state scelte fra le piante tipiche dei suoli argilloso – sabbiosi, principalmente in base alla loro capacità consolidante del terreno, che presentano una pendenza relativamente notevole e necessitano di specie con radici particolarmente resistenti e profonde, ed alla loro rapidità di accrescimento, al fine di creare una copertura vegetale nel più breve tempo possibile; inoltre sono state preferite specie già utilizzate in interventi di consolidamento di scarpate franose e di riqualificazione paesaggistica di terreni degradati, specie azotofissatrici che, per l'appunto, fissano nel terreno l'azoto, importante per tutte le funzioni di crescita della pianta e specie poliennali che assicurano una maggiore stabilità alla comunità.

La scelta di cinque diverse specie per la miscela deriva dall'evidenza sperimentale che comunità ricche di specie sono più stabili di comunità povere, per lo meno nelle prime fasi della successione.

In base a questi criteri, le miscele saranno così composte:

1. *Bromus inermis*: pianta tipica dei suoli argillosi, presenta una crescita rapida assicurando una veloce copertura del terreno in oggetto. 20%;
2. *Festuca arundinacea*: predilige terreni ricchi di argilla ed è dotata di un apparato radicale profondo e resistente che la rende un'ottima consolidante del terreno; inoltre cresce molto rapidamente. 25%;
3. *Lolium perenne*: caratteristica di suoli particolarmente argillosi, mostra una crescita rapidissima; ha radici abbastanza profonde e grande resistenza all'aridità. 25%;
4. *Hedysarum coronarium*: oltre alla predilezione per suoli argillosi, questa pianta è anche azotofissatrice, quindi migliora la qualità del terreno; è inoltre in grado di crescere su suoli molto degradati. 15%;
5. *Trifolium repens*: pianta azotofissatrice, cresce su suoli ricchi di argilla e possiede radici molto resistenti allo strappo. 15%.

Messa a dimora delle piante arboree ed arbustive

Questa operazione merita un paragrafo a se stante data l'importanza della sua corretta esecuzione, infatti, un cattivo riguardo nella messa a dimora rende ancora più difficoltosa la ripresa vegetativa della piantina. Il periodo ideale è ottobre-novembre, prima delle gelate invernali, con il terreno in tempera. Le buche, aperte con trivella meccanica (se il terreno non è bagnato) avranno dimensioni idonee, in relazione al pane di terra della piantina: in generale, buche di 0.3 x 0.4 m dovrebbero essere sufficienti. Le piantine saranno fornite in fitocelle la cui asportazione dovrà avvenire solo al momento della messa a dimora, avendo cura nel preservare l'integrità della zolla e dell'apparato radicale. Prima della piantagione sarà eventualmente necessario riempire parzialmente le buche con terreno sminuzzato, in modo che le piante possano essere collocate su uno strato di fondo di spessore adeguato alle dimensioni della zolla delle diverse specie vegetali.

La messa a dimora degli alberi e degli arbusti avverrà in relazione alle quote finite, avendo cura che le piante non presentino radici scoperte oppure risultino, una volta assestatosi il terreno, interrate oltre il livello del colletto. La zolla dovrà essere integra, sufficientemente umida, aderente alle radici; se si presenta troppo asciutta sarà immersa temporaneamente in acqua. Le buche, prima della messa a dimora delle piantine, saranno arricchite con torba e concime onde ottenere un favorevole sito di accrescimento. Dopo la messa a dimora delle piantine si procederà al riempimento definitivo delle buche con la terra smossa, eliminando eventuali detriti o quant'altro possa ostacolare l'accrescimento, avendo cura di sminuzzare eventuali zolle grossolane. La terra verrà costipata con cura in modo che non rimangano vuoti attorno alla zolla. A riempimento ultimato, attorno alle piante sarà formata una piccola conca per la ritenzione dell'acqua da addurre subito dopo in quantità abbondante, per favorire la ripresa della pianta e facilitare il costipamento e l'assestamento della terra attorno alle radici e alla zolla. Per ogni pianta dovrà essere collocata una canna di segnalazione alta almeno 150 cm fuori terra e una protezione contro il morso di ungulati e roditori (shelter).

Manutenzione

Le condizioni particolarmente avverse nelle quali si troveranno a vegetare le piantine, anche se si tratta di specie ad elevato grado di rusticità, rischiano di compromettere il successo dell'intervento di riqualificazione. Per ridurre il più possibile questo rischio, è opportuno provvedere con alcuni accorgimenti manutentivi. Studi sulla vegetazione accresciuta in discarica hanno evidenziato come, nei primi due anni dalla messa a dimora, si verificano alte percentuali di mortalità (anche dell'80%) e ciò conferma la necessità di accudire scrupolosamente le piante.

Il brusco cambiamento di ambiente, dal vivaio alla discarica, rischia di vanificare il lavoro fatto.

La manutenzione è dunque una spesa fondamentale per ridurre il più possibile i costi di risarcimento.

Per i primi 5 anni dall'impianto sono previsti i seguenti interventi:

- almeno due annaffiature di soccorso sia per gli alberi che per gli arbusti;

- una sarchiatura manuale nelle macchie alberate l'anno successivo l'impianto; tale lavorazione andrà eseguita manualmente. Lo scopo è quello di distruggere meccanicamente le erbe infestanti, favorire la circolazione dell'aria ed assicurare una migliore conservazione dell'umidità;
- risarcimento delle fallanze calcolato sul 30% degli alberi e degli arbusti;
- concimazione del prato con concimi a rapida e a lenta cessione l'anno successivo la semina;
- risemina a spaglio calcolata sul 15% del prato

Impianto di irrigazione

Le opere in progetto sono integrate da un impianto del genere "a rete" interrato, inclusivo di elettrovalvole, condotti, tubazioni e irrigatori di tipo dinamico ("a turbina"), a maggiore raggio di azione.

L'erogazione dell'acqua potrà essere costante o avvenire ad intermittenza attraverso una centralina di controllo regolata in funzione delle diverse necessità stagionali.

Il progetto prevede anche la posa di una vasca di raccolta delle acque piovane che, invece di defluire direttamente presso il vicino torrente, saranno trattenute per poter essere impiegate ai fini dell'irrigazione.

Il progetto paesaggistico collegherà nuovamente l'area della ex discarica al contesto ambientale circostante.

22.14.3 TEMPI E MODALITÀ DI ESECUZIONE DEL RECUPERO E DELLA SISTEMAZIONE AMBIENTALE

Con le opere previste, il cumulo dei rifiuti raggiungerà la sua configurazione finale, senza possibilità di ulteriori, successive modifiche.

Gli interventi progettuali che interesseranno l'innalzamento della copertura sarà apprezzabile, ma difficilmente percettibile, riferendosi ad un modesto incremento di altezza (3%) su un fronte visivo piuttosto allungato (60 ml), affacciato verso sud, ove sono praticamente assenti punti di visuale facilmente accessibili.

Riguardo ai criteri scelti per la sistemazione morfologica dei versanti, si precisa che saranno mantenute le scarpate con inclinazione finale 1/2; i rifiuti sono di fatto contenuti all'interno di argini perimetrali costituiti da terra limoso-argillosa sottoposta a compattazione spinta; sul fondo discarica è presente un drenaggio diffuso che trasferisce il percolato al fondo del settore di discarica per prevenire la formazione di falde sospese, responsabili di eventuali fughe di percolato e di spinte idrauliche contro gli argini pericolose per la loro stabilità.

Per le coperture definitive, si confermano le modalità di intervento, conformi al D.Lgs. 36/2003, già esaminate nella Relazione tecnica illustrativa.

22.15 PROGETTO DI CANTIERE

22.15.1 FASI REALIZZATIVE

Al fine di limitare le interferenze interne ed esterne all'area di cantiere sono state analizzate le modalità esecutive delle opere individuando cinque macrofasi che, coerentemente con il cronoprogramma, individuano una separazione temporale delle diverse tipologie di attività e delle relative squadre coinvolte.

Fase 1

La prima fase interessa principalmente l'allestimento del cantiere, le demolizioni e rimozioni e la realizzazione del tratto ad est della stradina perimetrale

In questa fase l'accesso ai fondi è garantito dalla stradina esistente che non è interessata dai lavori. Al termine della Fase 1 saranno realizzati i pali di fondazione del locale servizi.

Fase 2

In questa fase si prevede la sistemazione della discarica, la realizzazione del secondo tratto di stradina perimetrale per consentire l'accesso ai fondi e la realizzazione di opere in c.a in particolare questa fase

interessa la realizzazione delle palificate e delle opere di fondazione a valle del corpo scarica e successivamente la realizzazione delle terre rinforzate

L'accesso ai fondi è possibile attraverso il tratto di stradina realizzate nella fase 1

Gli accessi al cantiere sono 2 in modo tale da garantire una separazione fisica delle aree di lavoro.

Fase 3

In questa fase si prevede la realizzazione del diaframma drenante e del diaframma impermeabile rispettivamente a monte e a valle del corpo rifiuti. Proseguono i lavori di realizzazione delle terre rinforzate e dell'edificio servizi. Si prevede inoltre la realizzazione del capping e la sistemazione delle aree a monte.

L'accesso ai fondi è possibile attraverso il tratto di stradina realizzata nella fase 1

Gli accessi al cantiere sono 2 in modo tale da garantire una separazione fisica delle aree di lavoro

Fase 4

In questa fase si prevede la sistemazione delle area di scarica, l'ultimazione della stradina perimetrale di accesso ai fondi, e la realizzazione delle trincee drenanti e degli impianti. Continuano i lavori di realizzazione del capping e dell'edificio servizi e della sistemazione delle aree, la realizzazione delle recinzioni. L'accesso ai fondi è possibile attraverso il tratto di stradina realizzate nella fase 1

Gli accessi al cantiere sono 2 in modo tale da garantire una separazione fisica delle aree di lavoro

Fase 5

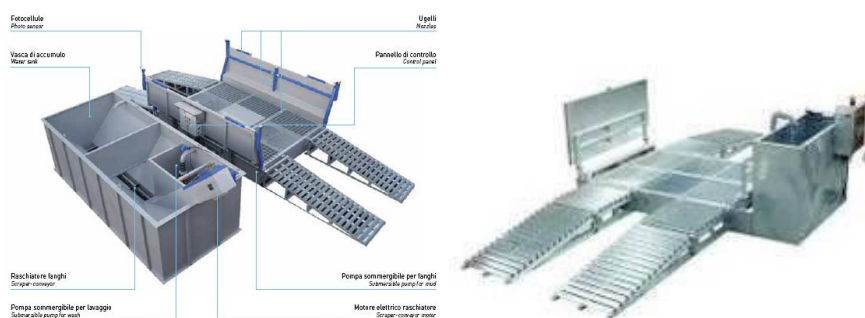
Smobilizzo del cantiere: rimozione baraccamenti, recinzioni provvisorie di cantiere, impianto lavar ruote, ecc.

L'accesso ai fondi è possibile attraverso la stradina perimetrale ormai completa

22.15.2 MISURE PER L'ABBATTIMENTO DELLE POLVERI E DEGLI ODORI

Impianto lavar ruote

Per ridurre il possibile imbrattamento e dispersione di sedimenti e materiali inquinanti sulla viabilità di accesso all'area di cantiere è prevista l'installazione sistemi di pulizia lava ruote per i mezzi in uscita. Gli impianti di tipo mobile, totalmente fuori terra e facilmente installabili in poche ore, non necessiteranno di allacciamenti alla rete fognaria per lo scarico delle acque di lavaggio, poiché queste verranno interamente recuperate e riutilizzate.



Impianto nebulizzatore per l'abbattimento delle polveri e degli odori

Per ridurre la dispersione delle polveri prodotte dalla movimentazione del materiale depositato verranno utilizzati sistemi di abbattimento delle polveri mediante l'utilizzo di **impianti di nebulizzazione fissi o mobili**.



Misure di sicurezza D.M. 04.03.2013

Nella presente fase di progettazione esecutiva è stato implementato l'adeguamento delle procedure di installazione, disinstallazione e manutenzione degli apprestamenti e della segnaletica di cantiere ai criteri integrativi di sicurezza specifici per le attività lavorative introdotti dal D.M. 04.03.2013, inerenti le attività di misure integrative rispetto ai contenuti "minimi" di cui al D.Lgs. 81 /2008 volte a ridurre la probabilità di accadimento degli incidenti ordinariamente legati ai rischi interferenziali tra cantiere e viabilità. Tali misure integrative riguardano sia l'esigenza di garantire la costante informazione e formazione degli operatori coinvolti che la necessità di utilizzare dispositivi di protezione individuale con migliori standard di visibilità e sicurezza nonché, ancora, l'opportunità di ricorrere a procedure specifiche per l'apposizione, la delocalizzazione e la manutenzione della segnaletica di cantiere. L'adozione contestuale di tali misure migliorative individuate all'interno del PSC, assicura la mitigazione della probabilità di accadimento di incidenti ovvero altri eventi critici (riduzione della "Frequenza"), in forma sinergica e complementare rispetto alle ulteriori misure introdotte.

23 MONITORAGGIO DELLA DISCARICA

Al fine di verificare che la discarica non determini fenomeni di inquinamento dell'ambiente circostante, occorre prevedere la realizzazione di uno specifico **sistema di monitoraggio, gestione e manutenzione** delle opere di bonifica e messa in sicurezza realizzate. Questo deve essere organizzato secondo le prescrizioni del Decreto Legislativo n° 36/2003, che definisce i parametri da misurare e la cadenza delle misure per un periodo di 30 anni dalla chiusura della discarica (art. 8 comma 1 lett. m e allegato 1 punto 2.2 del D.Lgs 36/03). Quindi nel caso in oggetto la cui dismissione è avvenuta nel 2002, il monitoraggio e controllo dev'essere realizzato fino al 2032, dunque per **ulteriori 15 anni**.

Il monitoraggio riguarda i seguenti aspetti:

- acque sotterranee (tramite piezometri appositamente realizzati);
- percolato;
- acque di drenaggio superficiale;
- biogas di discarica;
- qualità dell'aria nell'area circostante la discarica;
- cedimenti del corpo della discarica;
- parametri meteo climatici.

Nel caso della discarica in esame è particolarmente significativo anche il monitoraggio dei cedimenti dell'area adiacente (a monte e a valle) del corpo discarica viste le evoluzioni geomorfologiche che hanno interessato anche recentemente il versante e le prescrizioni dell'Autorità di Bacino al progetto definitivo.

Il piano di monitoraggio deve essere finalizzato a controllare lo stato dell'ambiente e verificare l'eventuale insorgere di emergenze ambientali connesse alla presenza della discarica.

A seguito delle integrazioni richieste in sede di CdS dall'ARPAC il piano di monitoraggio del progetto definitivo è stato sensibilmente modificato, prevedendo, in sostituzione di un sistema di monitoraggio in continuo dei parametri significativi con trasmissione in tempo reale dei dati, un programma di monitoraggio secondo le cadenze prescritte dalla norma.

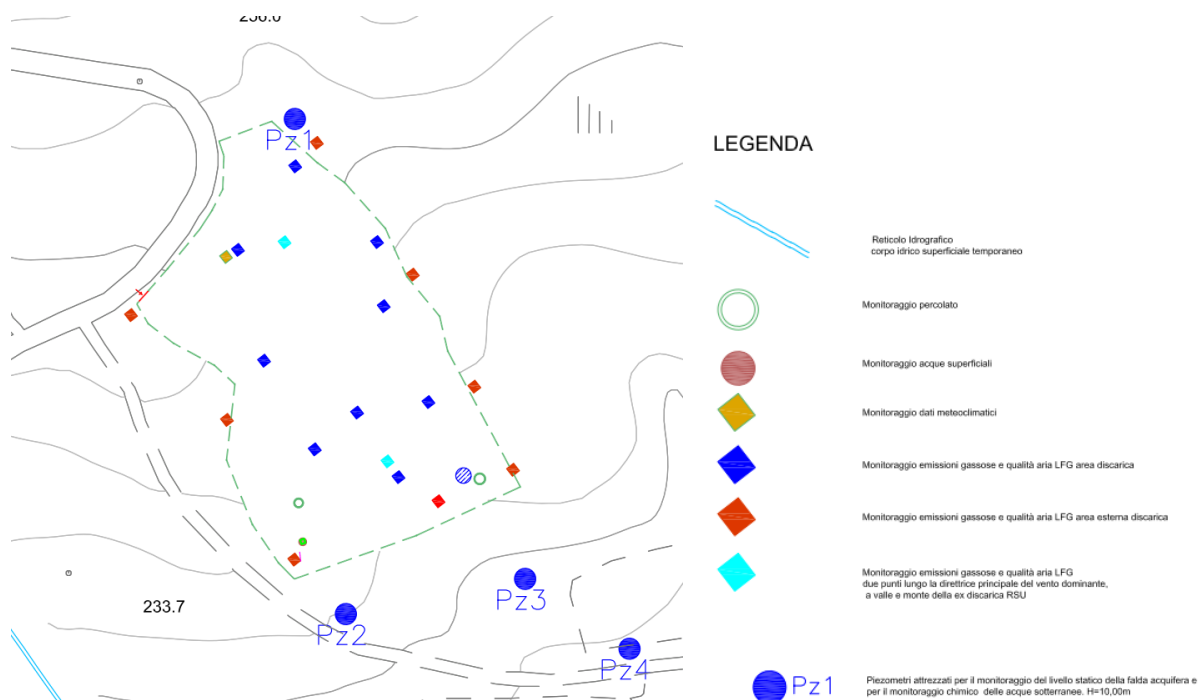
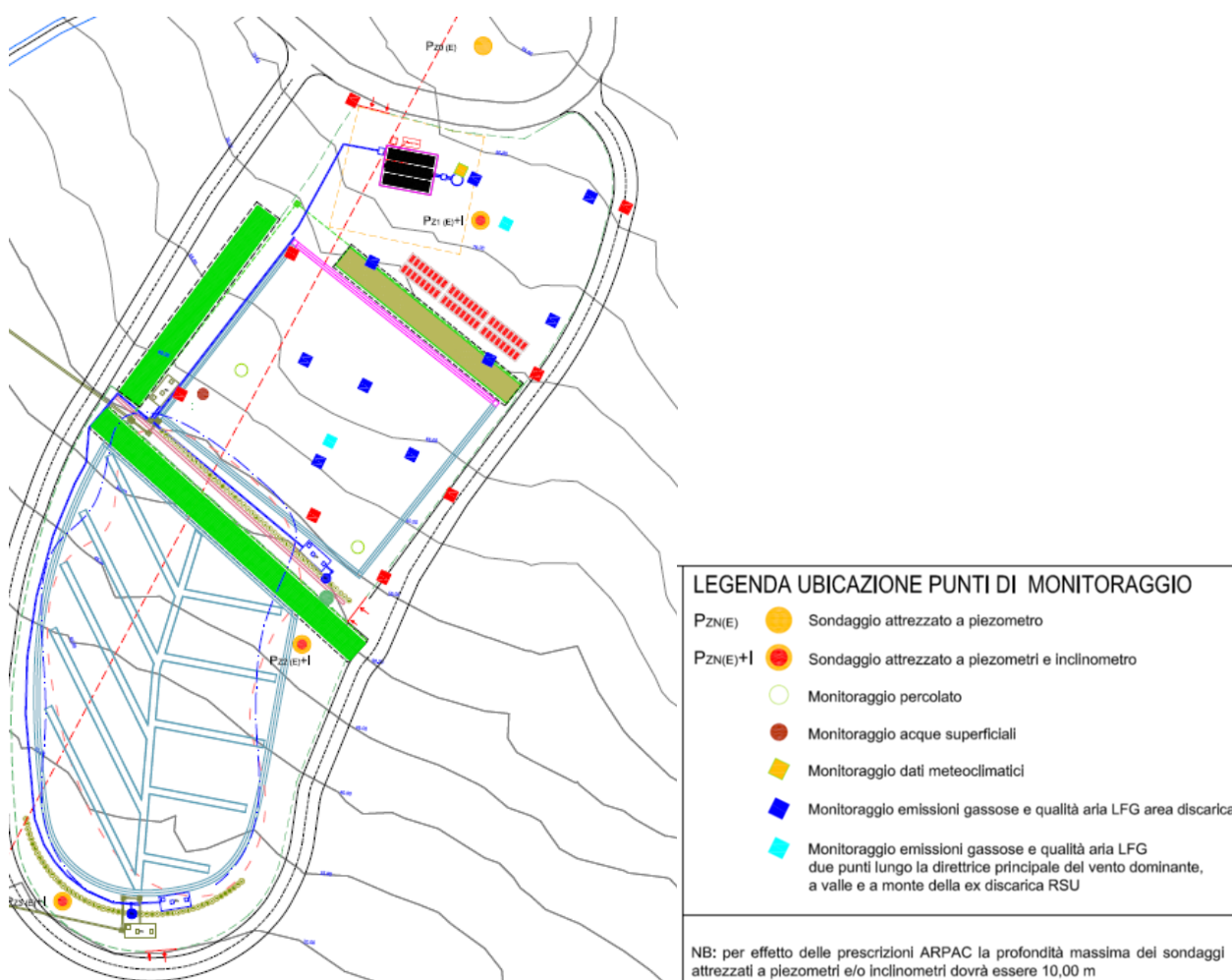
In particolare il Piano di Monitoraggio del PDG, prevede una serie di controlli, tipici delle discarica bonificate in fase post-operativa, che sono descritti negli elaborati

- ✓ TAV.A.05 Piano di monitoraggio e controllo
- ✓ TAV.A.11 Monitoraggio emissioni biogas
- ✓ TAV.A.12 Monitoraggio acque superficiali
- ✓ TAV.B.16 Punti Monitoraggio Matrici

Detti elaborati definiscono gli apprestamenti necessari per la misura dei parametri da controllare e la cadenza delle misure per un periodo di 30 anni dalla chiusura della discarica (cfr. Schema n. 1 e Schema n.2).

Il progetto esecutivo recepisce integralmente le prescrizioni del progetto definitivo di gara nei seguenti elaborati di PE

- A.05 PMC (Piano Monitoraggio e Controllo)
- A.06 Relazione tecnica metodologie di captazione e stima quantitativo biogas
- A.07 Monitoraggio acque superficiali
- A.08 Piano emergenza eventi eccezionali
- A.09 Stima emissioni biogas
- A.12 Modalità gestione percolato - Stima quantitativo percolato
- B.07 Ubicazione indagini di riferimento
- B.08.1 Ubicazione piezometri e inclinometri - fase esecutiva
- B.08.2 Planimetrie Generale: Punti di campionamento

**SCHEMA N.1: INDICAZIONE PUNTI DI MONITORAGGIO (PROGETTO OPERATIVO)****SCHEMA N.2: INDICAZIONE PUNTI DI MONITORAGGIO (PROGETTO ESECUTIVO)**

23.1 MONITORAGGIO DEI FENOMENI GRAVITATIVI DELL'AREA

La realizzazione di opere di contenimento in corrispondenza dei tratti di versante instabili o potenzialmente instabili, in particolare nei pressi dell'area a valle del sito di discarica, limitano l'erosione del versante ed evitano l'insorgere di fenomeni gravitativi, riducendo il rischio per il suolo e il sottosuolo.

Per quanto riguarda invece i problemi connessi ai cedimenti inesorabilmente generati dai fenomeni di trasformazione nel tempo dei rifiuti, va segnalato che l'ormai avvenuta stabilizzazione del corpo discarica rende l'impatto potenziale del tutto trascurabile, ciò anche in virtù del fatto che il corpo rifiuti risulterà confinato all'interno dei muri perimetrali esistenti.

Il PE prevede di effettuare per i primi 2 anni un rilievo piano altimetrico mediante il quale monitorare trimestralmente i cedimenti anche nell'ordine di pochi centimetri; naturalmente nel caso non si abbiano variazioni di rilievo i celerimetrici saranno previsti con cadenza semestrale o annuale.

24 TEMPI DI ESECUZIONE

E' previsto che la conclusione degli interventi avvenga entro 144 giorni naturali e consecutivi dalla consegna dei lavori

25 INCIDENZA MANODOPERA

Calcolando il numero di uomini/giorno necessari per realizzare gli interventi in progetto otteniamo un'incidenza della mano d'opera, sulla base di 8 ore di giornata lavorativa e assumendo un costo orario medio di 31,00 €/h, pari a:

1152 uomini/giorno

1152 uomini/giorno x 8 h/g x 31,00 €/h = **285.696,00 €**

26 CONCLUSIONI

26.1 PARERE AUTORITÀ DI BACINO DEI FIUMI LIRI-GARIGLIANO E VOLTURNO

Il parere che l'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno ha espresso per gli aspetti di propria competenza al progetto operativo di bonifica, prescrive che il progetto esecutivo debba comprendere i seguenti approfondimenti:

- ✓ *un'integrazione delle indagini geognostiche da eseguirsi in prossimità delle opere di sostegno e dei diaframmi in progetto, da attestare ad adeguata profondità e, soprattutto, da condizionare con inclinometri;*
- ✓ *un piano di monitoraggio per il controllo dell'efficacia degli interventi, corredato da un programma di misure sperimentali che contenga anche misure inclinometriche derivanti dall'integrazione geognostica di cui al punto precedente;*
- ✓ *una valutazione analitica inerente la tipologia, geometria ed eventualmente anche l'ubicazione degli interventi di sostegno in progetto, finalizzata ad un obiettivo miglioramento della stabilità globale del versante, in termini di confronto del coefficiente di sicurezza nelle condizioni "ante" e "post operam", atteso che da quanto riportato nell'incartamento pervenuto non si evidenzia un incremento delle condizioni di sicurezza nelle condizioni "post operam";*

- ✓ una verifica della compatibilità dell'edificio dei servizi con le fenomenologie franose riconosciute nel sito in cui insiste la discarica

In fase esecutiva, in ottemperanza a quanto previsto dalla AdB e dalle Norme di Attuazione del PSAI-Rf si prevede il monitoraggio delle acque profonde per mezzo di n° 04 sondaggi condizionati a piezometri di cui 3 saranno attrezzati anche ad inclinometri:

- Pz0 ubicato a monte idrogeologico dell'area e condizionato a piezometro
- Pz1 in prossimità dell'edificio servizi condizionato a piezometro e attrezzato con inclinometro;
- Pz2 da ubicare in corrispondenza delle opere di sostegno su pali, a valle della discarica RSU
- Pz3 da ubicare in corrispondenza del diaframma drenante a valle.

Cfr. Elaborato B.08.1- Ubicazione piezometri e inclinometri - fase esecutiva

Gli interventi ricadono in parte in aree A4 non urbanizzate, per le quali si applicano i divieti di cui all'articolo 3 delle Norme di attuazione del PSAI-Rf con le medesime eccezioni. In tali aree sono previsti:

- ✓ interventi atti all'allontanamento delle acque di ruscellamento superficiale e che incrementano le condizioni di stabilità dell'area in frana;
- ✓ opere di bonifica e sistemazione dei movimenti franosi;
- ✓ opere con fondazioni indirette (opere di sostegno e edificio servizi) adeguatamente progettate e da eseguire in misura adeguata al rischio dell'area; la loro realizzazione concorre ad attenuare e/o eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio. A tal uopo vedasi le Sezioni allegate all'Elaborato 7 *Verifiche di back analysis* dello Studio Geologico (A.03) in cui si evidenzia l'incremento del coefficiente di sicurezza che passa da $F_s = 1,18$ ante operam a $F_s = 1,65$ post operam.

I sondaggi, nel rispetto delle prescrizioni ARPAC potranno essere attestati alla profondità max di 10,00 ma dal p.c. Il monitoraggio inclinometrico e strumentale a mezzo di installazione di capisaldi topografici interni ed esterni alla zona instabile per la misura, rispettivamente, degli spostamenti superficiali e profondi saranno estesi ad un intero anno.

Gli esiti saranno comunicati tempestivamente all'AdB dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno.

26.2 PARERE ARPAC

Il parere favorevole dell'ARPAC al progetto operativo della bonifica della discarica RSU del Comune di San Lupo in località Dfensola contiene le seguenti indicazioni:

- Le acque sotterranee captate dai diaframmi drenanti, nel caso in cui rispettano i limiti della tabella 3 dell'all. 5 alla parte III del D. Lgs. 152/06;
- Effettuare il Piano di Monitoraggio e controllo con le modalità previste dall'Allegato 2 punto 5 del D. Lgs. 36/03 per la fase di gestione post-operativa e per un tempo non inferiore a 30 anni dalla data di chiusura della discarica (art. 8 comma 1 lettera m del D.Lgs. n. 36/03);
- Comunicare preventivamente ad ARPAC ed agli altri Enti interessati la data dei campionamenti e degli autocontrolli nell'ambito del Piano di Monitoraggio e Controllo;
- Per il controllo delle acque meteoriche fare riferimento ai valori della tabella 3 alla Parte Terza del D. Lgs. 152/06, per il percolato definirne la qualità con classificazione ed attribuzione del codice CER ai fini del corretto smaltimento; per le acque sotterranee attenersi alle CSC fissate dalla tabella 2 dell'Allegato del Titolo V "bonifica siti

contaminati” della parte quarta del D. Lgs.. 152/06;

- Relativamente alla valutazione sul gas di discarica si ritiene quanto segue:
 - Si prende atto di quanto riportato relativamente al sistema di captazione e del suo ridimensionamento (da n. 8 pozzi e 4 torce a n. 4 pozzi e 1 torcia), considerando che esso è legato soprattutto alle esigenze di sicurezza della discarica;
- Relativamente al PMC prevedere di valutare la qualità dell'aria con cadenza semestrale mediante campionatori passivi presso i più vicini ricettori relativamente alla diffusione dei composti inorganici Ammoniaca (NH₃) ed Acido Solfidrico (H₂S), nonché dei Composti Organici Volatili (COV), in considerazione dei venti predominanti;
- Si precisa che il Piano di monitoraggio e controllo sarà rivalutato in fase di attuazione dell'intervento di bonifica, in quanto i dati attualmente in possesso sono previsionali;

Il parere favorevole dell'ARPAC contiene altresì le seguenti raccomandazioni:

- Che le trincee o barriere drenanti e/o impermeabili vengano attestate ad una idonea profondità in funzione delle caratteristiche idrolitostratigrafiche del sito, tale da garantirne l'efficacia;
- Che per le barriere idrauliche e per i sistemi drenanti le acque sotterranee sia garantita la costante efficienza di captazione – stoccaggio e allontanamento delle acque al fine di evitare ristagni di fondo e travasi sotterranei;
- Che gli interventi di bonifica vengano realizzati da ditte regolarmente iscritte all'Albo Nazionale gestori Ambientali come previsto dall'art. 212 comma 5 del D. Lgs.. 152/06;
- Effettuare una corretta gestione di tutti i rifiuti e/o sottoprodotti, comprese le rocce e terre da scavo, derivanti dalle operazioni stabilite dal progetto, secondo la normativa vigente, tenendo conto anche le risultanze analitiche riscontrate durante le indagini preliminari e di caratterizzazione da cui si sono evinti superamenti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione CSC.

Tali indicazioni e raccomandazioni sono parte integrante del presente progetto esecutivo. Con particolare riferimento alla profondità delle trincee o barriere drenanti e/o impermeabili in funzione delle caratteristiche *idrolitostratigrafiche* del sito, alla luce delle indagini geognostiche integrative utilizzate in questa fase progettuale, è possibile precisare quanto segue:

- La trincea drenante a monte della discarica, finalizzata a ridurre il flusso delle acque episuperficiali al di sotto del corpo dei rifiuti e a contenere i volumi idrici da sottoporre a trattamento o smaltimento, potrà essere attestata ad una profondità pari a 3.50 m dal p.c.,
- Le trincee drenanti realizzate a valle saranno attestate ad una profondità media di 4,00 m nelle argille di colore grigio con livelli marnosi, litologie con caratteristiche litostratigrafiche idonee da garantirne l'efficacia. Tali trincee infatti, hanno lo scopo di diminuire la lisciviazione di composti contaminati verso la falda sottostante e consente di diminuire il volume di falda drenata dal diaframma drenante realizzato a valle.
- I diaframmi drenanti e impermeabili saranno ammorsati nelle *argille marnose grigie alquanto compatte di colore grigio e con a luoghi elementi marnosi* che si attestano ad una profondità > di 6,00 m fino a oltre i 30 m investigati. Per queste litologie il coefficiente di permeabilità orizzontale in metri/sec è >10e-9 m/s, salvo valori maggiori che potrebbero essere dovuti dalla presenza degli elementi marnosi. Al fine di garantire un ammorsamento di almeno 1,0 m nello strato delle *argille marnose*

grigie alquanto compatte di colore grigio e con a luoghi elementi marnosi, si ritiene idonea una profondità dei diaframmi drenanti pari a 8,0 m e una profondità dei diaframmi impermeabili di 8,50 m.

26.3 MODIFICHE AL PROGETTO OPERATIVO DI BONIFICA

Il presente Progetto Esecutivo integra il progetto definitivo/progetto operativo di bonifica con le soluzioni proposte in sede di offerta dall'Impresa e adatta le soluzioni del Progetto Definitivo alla luce delle indagini geologiche e dei rilievi topografici integrativi disponibili in questa fase progettuale.

In particolare si evidenzia quanto segue:

- le opere di sostegno a gravità sui tre lati della vasca sono realizzate in terra rinforzata rinverdita e non in gabbioni;
- la platea di fondazione delle opere di sostegno in terra rinforzata sul lato sud-ovest della vasca RSU esistente, viene realizzata su 5 livelli anziché ad un'unica quota, attese le pendenze riscontrate in fase di approfondimento dei rilievi topografici;
- la posizione dei sondaggi attrezzati a piezometri e/o inclinometri è stata rivista nel rispetto delle prescrizioni dei pareri espressi e in funzione della ubicazione delle opere;
- il capping è stato integrato con una biostuoia antierosiva e con un telo antiradice mentre le geomembrane impermeabili sono state incrementate di spessore (da 1.5 mm del PD sono passate a 2,5 mm del PE)
- le dimensioni delle vasche di raccolta delle acque potenzialmente inquinate indicate nelle planimetrie del PD (3,0 x 3,0 x 4,0 m) sono state uniformate e rese coerenti con le dimensioni delle vasche indicate nelle tavole dei particolari costruttivi del PD (vedi Tav. B.14 del Progetto Definitivo): 5,20 x 2,50 x 2,50 m
- le trincee previste dal progetto operativo di bonifica (PD) a valle del corpo rifiuti aventi la funzione di captare le acque di falda potenzialmente inquinate, saranno realizzate con l'impiego di pannelli drenanti prefabbricati in sostituzione della soluzione classica che prevede l'impiego di materiale inerte di idonea granulometria proveniente da cava.
- è prevista, tra le soluzioni integrative, la realizzazione di un *impianto di concentrazione delle acque* captate dal diaframma di valle secondo quanto descritto al paragrafo 22.12.9 (Cfr. Elaborato C.3 *Capitolato Speciale di Appalto*- Allegato D)
- la sistemazione / realizzazione della stradina perimetrale per l'accesso alle vasche al fine di evitare il transito dei mezzi al di sopra del corpo rifiuti (capping)
- ad integrazione del PD, inoltre, è prevista: la realizzazione di un impianto di irrigazione, il potenziamento dell'impianto fotovoltaico, la installazione di un sistema di telecontrollo per il monitoraggio da remoto del livello di riempimento delle vasche

Il riepilogo degli interventi previsti in progetto è riportato al capitolo 22 – *Riepilogo degli interventi* della presente Relazione cui si rimanda, unitamente a tutti gli elaborati del presente progetto esecutivo, per una esaustiva descrizione delle opere da realizzare.

27 QUADRO ECONOMICO REV. B

QUADRO ECONOMICO				P.D.	P.E.	P.E. (al netto del ribasso)
A - IMPORTO LAVORI	A.1	Importo dei lavori al netto degli oneri della sicurezza		€ 1 999 504,29	€ 1 999 504,29	€ 1 853 700,43
	A.2	Oneri estrinseci per la sicurezza		€ 14 176,86	€ 14 176,86	€ 14 176,86
	A.3	Progettazione esecutiva		€ 20 000,00	€ 20 000,00	€ 18 541,60
	TOTALE LAVORI IN APPALTO (A.1+A.2+A.3)			€ 2 033 681,15	€ 2 033 681,15	€ 1 886 418,89
B - SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE	B.1	Allacciamneto pubblici servizi		€ 3 000,00	€ 13 040,96	€ 13 040,96
	B.2	Imprevisti (5% di A.1 + A.2)	5%	€ 100 684,06		
	B.2.1	Imprevisti (1% di A.1 + A.2)	1%		€ 20 136,81	€ 18 678,77
	B.3	Acquisizione di aree o immobili		€ 24 400,00	€ 71 893,11	€ 71 893,11
	B.4	Spese generali (Prove di collaudo; Monitoraggio a completamento delle opere; Spese tecniche relative alla progettazione, al coordinamento della sicurezza, alla D.L., assistenza giornaliera e contabilità; Incentivo RUP; Spese per supporto al RUP; consulenza geologica, geomeccanica, geotecnica, sismica, geomorfologica, idrologica, idrografica e idrogeologica, indagini geognostiche, geofisiche e geoelettriche, prove di laboratorio, monitoraggio piezometrico; Spese commissione giudicatrice;Collaudo statico ed altri eventuali collaudi specialistici)		€ 224 569,74	€ 180 000,00	€ 180 000,00
	B.5	Per oneri di discarica autorizzata (previa esibizione di apposita fattura)			€ 80 547,25	€ 74 715,09
	Totale B (B.1+B.2+B.3+B.4)			€ 352 653,80	€ 365 618,13	€ 358 327,93
C - I.V.A.	C.1	I.V.A. (22% di B.4 + A.3)	22%	€ 53 805,34	€ 44 000,00	€ 43 679,15
	C.2	I.V.A. Lavori (10% di A.1+A.2+B.2+B.2.1+B.5)	10%	€ 211 436,52	€ 211 436,52	€ 196 127,12
	C.3	I.V.A. (22% di B.1)	22%	€ 6 028,00	€ 2 869,01	€ 2 869,01
	Totale C (C.1+C.2+C.3)			€ 271 269,86	€ 258 305,53	€ 242 675,28
TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE				€ 623 923,66	€ 623 923,66	€ 601 003,21
TOTALE COMPLESSIVO				€ 2 657 604,81	€ 2 657 604,81	€ 2 487 422,10
ECONOMIE REALIZZATE (2 657 604,81 € - 2 487 422,10 €)						€ 170 182,71