

COMUNE DI CAGGIANO

PROVINCIA DI SALERNO



POR CAMPANIA FESR 2007 - 2013 Ob. 1.2
PIANO REGIONALE DI BONIFICA DGR n.175/2013 E n. 601/2013

**INTERVENTI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA DEFINITIVA DELLA
DISCARICA COMUNALE IN LOCALITA' SAN GIOVANNI CAGGIANO (SA)**

PIANO OPERATIVO DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE

RELAZIONE GENERALE



Via Antica Consolare Campana 48/B
80016 Marano di Napoli (NA)
TEL.: 081 5060018 - FAX: 081 19312682
E-MAIL: info@geomappe.com

IL PROGETTISTA

Ing. Tommaso Pelella

IL R.U.P.

CODICE COMMESSA :

171_15

CODICE DOCUMENTO :

171_RG_003

REV.	OGGETTO	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO	DATA
2	REVISIONE 2				25/05/2015
	REVISIONE				24/04/2015
0	PRIMA EMISSIONE				12/02/2015

**PIANO OPERATIVO DI BONIFICA MESSA IN SICUREZZA
PERMANENTE**

ART 242 D.Lgs n 152/06 e ss.mm.ii.

**EX DISCARICA COMUNALE CAGGIANO (SA)
LOCALITA' "SAN GIOVANNI"**

Relazione Generale

b	integrazione				20/04/2015
REV	OGGETTO	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO	DATA

Sommarrio

1. RACCOLTA E SISTEMATIZZAZIONE DEI DATI ESISTENTI	3
1.1 DESCRIZIONE DEL SITO	3
1.2 EVOLUZIONE STORICA	6
1.3 MATERIALI CONFERITI.....	9
1.4 USO DEL SUOLO E DESTINAZIONE D'USO URBANISTICA	10
1.5 ASSETTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO.....	10
1.5.1 Inquadramento Geologico e idrogeologico.....	11
1.5.2 Caratteristiche climatologiche dell'area.....	14
1.6 CENSIMENTO DEI DATI AMBIENTALI.....	16
2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	20
2.1 NORMATIVA IN MATERIA DI BONIFICA DEI SUOLI CONTAMINATI	20
2.2 NORMATIVA IN MATERIA DI DISCARICHE DI RIFIUTI.....	21
3. INTERVENTI IN PROGETTO	21
3.1 VERIFICA VASCA RACCOLTA DEL PERCOLATO.....	22
3.2 INCAPSULAMENTO INVASO DI R.S.U. E TERRENI CONTAMINANTI.....	22
3.3 REGIMENTAZIONE ACQUE METEORICHE	26
3.4 TRINCEE DRENANTI.....	27
3.5 OPERE DI DRENAGGIO DEL PERCOLATO	29
4. RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE	31
5. CRONOPROGRAMMA.....	33
6. MONITORAGGIO POST OPERAM	34
7. ANALISI DELLE DIVERSE TECNICHE DI BONIFICA	35
8. ASPETTI ECONOMICI.....	40

PREMESSA

La presente Relazione Tecnica è parte integrante del Piano Operativo per la messa in sicurezza definitiva della discarica comunale di Caggiano ai sensi dell'ex art 242 D.Lgs n 152/06 e ss.mm.ii. L'attività rientra nella Programmazione degli interventi a valere sull'Obiettivo Operativo 1.2 – POR Campania FESR 207/13 di cui alle D.G.R. N.175/DEL 03.06.2013 E D.G.R. N. 601 DEL 20.12.2013. La relazione descrive le modalità operative relative alle attività di messa in sicurezza della discarica comunale di Caggiano (SA) in località San Giovanni.

La discarica oggetto del presente Piano Operativo di Bonifica raccoglie rifiuti urbani non differenziati. Cod. Rifiuto 200301 e è classificata in 1° categoria (rifiuti non pericolosi) secondo la delibera interministeriale 27.7.1984

A conclusione delle attività di caratterizzazione svolte alla fine del 2008, è stato formulato il Modello Concettuale Definitivo, a partire dal quale, è stata redatta l'Analisi di Rischio sanitario ambientale sito-specifica secondo i criteri riportati nel D. Lgs 152/2006 - Titolo V - all. 1.

Da tale analisi si evince che il sito presenta valori non accettabili della **CSR**, in funzione della destinazione d'uso, per le seguenti sostanze:

✓ **Idrocarburi Alifatici C>12**

perché ritenute pericolose per la potenziale contaminazione della falda acquifera non profonda.

L'analisi di rischio per il sito in oggetto ha dato invece sempre valori accettabili per l'acquifero profondo che si attesta alla base dei calcari.

Dall'analisi degli elaborati si evince che la concentrazione maggiore di questi analiti si ha in prossimità della vasca del percolato, quindi eventuali interventi di "bonifica" o di "messa in sicurezza" devono essere attuati in corrispondenza di tale zona della discarica.

La discarica in oggetto è da ritenersi, dunque, **un sito contaminato** ai sensi dell'art. 240 del Titolo V "Bonifica siti contaminati" del D. Lgs. 152/2006.

1. RACCOLTA E SISTEMATIZZAZIONE DEI DATI ESISTENTI

In questa sezione sono riportati tutti i dati raccolti per descrivere in dettaglio il sito e l'area al contorno oggetto dell'intervento di bonifica e messa in sicurezza permanente. Per avere un quadro esauriente sulle caratteristiche della discarica e del contesto in cui è inserita, sono stati consultati diversi documenti acquisiti presso l'Ufficio Tecnico del Comune di Caggiano e si è fatto riferimento al piano di caratterizzazione e alla relazione sull'analisi del rischio approvati per il sito in oggetto.

1.1 Descrizione del Sito

Il Comune di Caggiano in Provincia di Salerno ricade nel Foglio 199 "Potenza" della Carta Ufficiale dello Stato edita dall'IGM (in scala 1:100.000); il territorio si estende per circa 35,26 kmq con una popolazione residente di circa 3.100 abitanti.

La discarica oggetto del Piano di Caratterizzazione di proprietà comunale è ubicata in località "S.Giovanni", latitudine N 40° 34' 07¹ – longitudine E 15° 30' 01², sulla sommità del versante settentrionale di Costa Tuvolo ed è delimitata a nord-ovest, a sud-ovest, a nord-est e ad est da una scarpata ripida interrotta, solo per il tratto di competenza del piano viario, dalla strada comunale

che collega il comune di Caggiano con i comuni limitrofi confinanti della Regione Basilicata (S. Angelo le Fratte, Savoia e Vietri di Potenza); mentre a sud, nelle immediate vicinanze, è delimitata da terreni adibiti ad uso agricolo su cui insistono alcuni fabbricati utilizzati al ricovero animali. Sempre nelle immediate vicinanze verso sud è localizzato anche il cimitero comunale nonché la strada da cui si trae accesso alla discarica.

In particolare l'area su cui insiste la discarica dista circa 1 km dal centro urbano di Caggiano, in loc. S. Giovanni, a circa 824 m s.l.m., e la vasca per la raccolta dei rifiuti occupa una superficie di circa 1.630 m².

Relativamente al vigente P.R.G. del comune di Caggiano l'area ricade in zona "E1" – agricola comune; l'impianto si affaccia su un'area ad elevato valore *panoramico-paesaggistico* costituita dalla sottostante valle del F.me Melandro; è dotato di recinzione perimetrale, con paletti in acciaio e rete metallica, e di cancello di accesso. L'impianto risulta costituito da un'invaso a vasca (fuori terra) che è stato costruito nel 1990/91 sulla base di un progetto di adeguamento autorizzato dalla Regione Campania³ ai sensi del D.P.R. 915/82 (per gli impianti già esistenti al 31.12.1986) e della L. 441/1987. Pertanto, sono noti sia i particolari tecnici costruttivi dell'invaso che il tonnellaggio dei rifiuti conferiti, quest'ultimi determinati dal registro di smaltimento dei rifiuti (carico e scarico) compilato durante l'esercizio della discarica i quali ammontano a 3.273 tonnellate. Le dimensioni dell'invaso in pianta sono di 40 m x 40 m ed è perimetrato lateralmente da una trincea in c.c.a alta 2 m con un volume utile lordo per lo stoccaggio dei rifiuti pari a 3.200 m³. L'invaso è impermeabilizzato al fondo e lateralmente con un manto sintetico composto da uno strato unico in polietilene a bassa densità ottenuto per estrusione e additivato del 2% di carbon black⁴; mentre, per l'allontanamento del percolato sono stati installati al fondo tubi drenanti di raccolta e di convogliamento in pvc forato con scarico in una vasca a tenuta stagna esterna alla discarica di dimensioni in pianta 2,60 x 3,00 m e altezza interna pari a 3,00m e pareti in cemento armato spesse 20 cm. La capacità della vasca è di 23,40 m³.

Relativamente alle modalità di esercizio dell'impianto da notizie ricevute dal personale addetto alla gestione della discarica risulta che i rifiuti una volta conferiti venivano compattati e ricoperti (tramite mezzi meccanici) con terreno vegetale.

I rifiuti abbancati si presentano, allo stato, ricoperti con terreno di riporto.

Attualmente, la discarica non è più in esercizio, dopo essere stata gestita direttamente dal Comune dalla primavera del 1991 fino all'autunno del 1998.

Dal 1998, infine, l'area limitrofa alla discarica, prima dedicata alle operazioni di manovre dei mezzi meccanici durante l'esercizio della stessa, è utilizzata come sito di deposito temporaneo e trasferimento dei rifiuti della raccolta comunale. Infatti, sono state realizzate diverse piazzole in calcestruzzo cementizio (servite da rampe) su cui stazionano cassoni scarrabili utilizzati per lo stoccaggio della raccolta differenziata comunale di RSU.

¹ Lat. Gauss- Boaga: 4.491.039

² Long. Gauss- Boaga: 2.562.349

³ D.G.R n° 3296 del 29 luglio 1988

⁴ “*Tipo Varnamo Butijl*” dello spessore di 1 mm



Fig.1: Ortofoto discarica Caggiano



Fig.2: Vista discarica lato Sud-Ovest

1.2 Evoluzione Storica

Per la ricostruzione storica delle attività svolte sul sito della discarica di “S. Giovanni” è stata svolta una ricerca bibliografica d’archivio negli atti amministrativi del comune di Caggiano e sono state eseguite interviste ai dipendenti dell’Ente.

E’ stato accertato che l’attività della discarica, gestita in regime controllato, è iniziata a partire da marzo 1991, in seguito ad un suo adeguamento ai sensi del D.P.R 915/82 (per gli impianti già esistenti al 31.12.1986) e della L. 441/1987, ed è terminata nell’aprile del 1998.

Precedentemente sempre lo stesso sito (circa dagli anni 70’) era utilizzato come sversatoio dei rifiuti solidi urbani e operava in regime incontrollato. A tal proposito, nel 1987, il Comune di Caggiano visto la mancanza dei requisiti necessari per lo smaltimento dei rifiuti presso il sito diede incarico all’Ing. Mario Panzella di redigere il progetto⁵ di adeguamento della discarica secondo le vigenti normative. In seguito, tale progetto venne trasmesso alla Regione Campania⁶ per la necessaria approvazione la quale dispose di rielaborare il progetto e ridimensionare le previsioni di spesa. Il progetto rielaborato e corretto secondo le disposizioni impartite dalla Regione fu riapprovato⁷ e trasmesso alla Regione che lo approvò⁸, con prescrizioni e raccomandazioni, e lo inserì nell’elenco trasmesso⁹ al Ministero dell’Ambiente per il previsti finanziamenti.

Le prescrizioni si riferivano ai seguenti punti:

1. l’impermeabilizzazione del fondo e delle pareti della discarica mediante l’impiego di materiali artificiali rispettando quanto prescritto dal punto 4.2.2 della deliberazione interministeriale del 27-07-1984;
2. la raccolta del percolato in vasche a tenuta stagna di idonea capacità per il periodico svuotamento;
3. autorizzazione alla dispersione nell’atmosfera del biogas, date le ridotte dimensioni dell’impianto, a condizione che in fase di esercizio sarebbero stati controllati gli effetti di tale dispersione nell’ambiente circostante;
4. l’esercizio dell’impianto e la sistemazione finale dell’area al termine dell’esercizio dovrà ottemperarsi a quanto appositamente prescritto dal punto 4.2.2 della deliberazione interministeriale del 27-07-1984

⁵ Approvato con D.G.C. n° 229 del 07-08-1987

⁶ Servizio Ecologia Igiene Ambientale e Prevenzione

⁷ Approvato con D.G.C. n° 80 del 24-06-1988

⁸ D.G.R n° 3296 del 29-07-1988

⁹ nota n° 12120 del 03-08-1988

Ottenuta l'approvazione da parte della Regione per l'adeguamento della discarica il Comune si impegnò ad avviare tutte le procedure per accedere al finanziamento statale del progetto ai sensi della L. n° 441 del 29-10-87. Il finanziamento fu concesso dalla Cassa Depositi e Prestiti con determina¹⁰ del 12-01-1990 con la quale si concedeva un mutuo di £ 275.998.487 ammortizzabile in 20 anni al saggio del 9%.

I lavori di adeguamento della discarica ebbero inizio il 08-05-1990 e furono ultimati il 21-12-1990. In forza dell'esecuzione dei citati lavori di adeguamento fu emanata l'ordinanza sindacale n° 16/90¹¹ con la quale si disponeva lo smaltimento provvisorio dei R.S.U in Loc. Molarà.

Il certificato di collaudo delle opere di adeguamento eseguite fu emesso il 19-03-91 e depositato al Genio Civile di Salerno il 08-04-91. Contemporaneamente seguirono l'emanazione

di due ordinanze sindacali la n° 5/91 e la n° 6/91¹² al fine di ripristinare lo stato dei luoghi in Loc. Molarà; infatti con l'ordinanza n° 5/91 si disponeva la riapertura temporanea della discarica in Loc. S. Giovanni e con l'ordinanza n° 6/91 si disponeva il ripristino dei luoghi in loc. Molarà.

La Regione Campania, ottenuto l'attestato dell'avvenuta ultimazione e regolarità dei lavori di adeguamento trasmesso con nota n° 2229 del 09-12-92 dall'Amministrazione Provinciale di Salerno, autorizzava, con decreto n° 804 del 03-02-1993, all'esercizio la discarica comunale di Caggiano, sita in Loc. S. Giovanni, fino ad esaurimento dell'invaso.

Durante l'esercizio la discarica è stata oggetto di diversi sopralluoghi al fine di accertare lo stato dei luoghi da parte delle Autorità di controllo competenti: (1993) Servizio Ecologia – Vigilanza Igienico – Sanitaria di Polla (USL N.57); (1995/96/97) Unità Operativa Prevenzione Collettiva Distretto N. 112 – Sala Consilina ASL SA 3 – Vallo della Lucania. e proprio in seguito ai sopralluoghi sullo stato dei luoghi eseguiti dalla polizia giudiziaria il 07-08-95 portò al sequestro preventivo della discarica. Il provvedimento di sequestro¹³, notificato ed eseguito in data 26-10-95, contestava una non corretta gestione rispetto alle prescrizioni dell'autorizzazione regionale avendo rilevato in sede di sopralluogo la non compattazione e copertura giornaliera, con materiale idoneo, dei rifiuti, l'assenza di canalizzazioni per l'allontanamento delle acque meteoriche ed l'idoneo allontanamento e captazione del percolato.

All'atto del sequestro inoltre veniva rilevato la presenza di un principio di combustione con emissione di fumi nauseabondi e molesti e che l'altezza dei rifiuti (lato valle) aveva ormai superato l'altezza del muro perimetrale. Immediatamente il Comune comunicò ed inviò gli atti del provvedimento di sequestro all'Ufficio Igiene ed Ecologia della Provincia di Salerno e al Sub – Commissario di Governo richiedendo parere di competenza, assegnatoli dalla vigente normativa, per il dissequestro della discarica.

Il 27 ottobre 1995 il Comune chiede al GIP della Procura Circondariale di Sala Consilina il dissequestro temporaneo della discarica motivandolo con la necessita di smaltire i rifiuti solidi urbani al fine di salvaguardare l'igiene pubblica e non interrompere un servizio pubblico.

La suddetta richiesta era inoltre avallata dal fatto che interpellato il Sub – Commissario di Governo questo aveva riferito di non avere altra discarica idonea sulla quale procedere temporaneamente allo smaltimento dei rifiuti solidi urbani e dal fatto che era necessario il dissequestro temporaneo per consentire i lavori di compattazione straordinaria e di copertura con terreno vegetale degli RSU

¹⁰ n° 413601600

¹¹ ai sensi dell'ex art. 12 del D.P.R. 915/82

¹² del 21-03-9

e per consentire l'accesso alla discarica degli addetti provinciali che si erano dichiarati disponibili ad effettuare il sopralluogo previa esecuzione dei lavori di cui prima.

Nel frattempo fu fatta richiesta al Comune di M. S. Giacomo di poter conferire i rifiuti presso la propria discarica il quale acconsentì per un periodo limitato di tre giorni a decorrere dal 31-10-95.

Il Gip in data 31-10-95 visto l'istanza del Comune di Caggiano di dissequestro temporaneo ne ordina il dissequestro temporaneo solo per consentire l'esecuzione dei lavori straordinari di compattazione e copertura dei rifiuti e per consentire l'accesso degli addetti del Servizio Ecologia dell'Amministrazione Provinciale di Salerno. Il giorno 6-11-95 terminati i lavori ed effettuato il sopralluogo degli addetti provinciali alla discarica furono di nuovo apposti i sigilli. La discarica fu definitivamente dissequestrata dalla Pretura Circondariale di Sala Consilina il 16-11-95 la quale acquisito il verbale di ispezione del Servizio Ambiente – Igiene ed Ecologia dell'Amministrazione Provinciale di Salerno del 06-11-95 in cui si certificava che la discarica, visto il buono stato della guaina di impermeabilizzazione dell'invaso e il buono stato della recinzione oltre che il percolato veniva convogliato in una vasca ermeticamente chiusa, era idonea allo smaltimento provvisorio degli RSU. Nel provvedimento di dissequestro definitivo, inoltre, veniva specificato che la gestione della discarica doveva attenersi a quanto stabilito dalla delibera interministeriale del 27-10-84 e che i rifiuti dovevano essere compattati e coperti con terreno vegetale quotidianamente.

Un ultimo accertamento sullo stato dei luoghi su richiesta della Provincia di Salerno, in applicazione della L.441/87 e del D.L.vo n° 22/97, fu eseguito dal' UU.OO. Prevenzione Collettiva A.S.L SA/3 in data 29-04-97. Da quest'ultimo accertamento il Settore Ecologia ed Ambiente della Provincia di Salerno oltre a ravvisare una non corretta gestione dell'impianto, ai sensi delle norme tecniche sancite dalla Delibera Interministeriale del 27-07-84, visto che non era presente alcun dispositivo di recupero e/o di combustione in loco del biogas, prendeva atto che la discarica era in fase di esaurimento e disponeva di provvedere alla sua sistemazione finale mediante ricopertura di terreno inerte e di terreno vegetale idoneo per una successiva piantumazione. Relativamente alla non corretta gestione ravvisata dalla Provincia da quest'ultimo accertamento va ricordato che la Regione Campania autorizzava al Comune di Caggiano la dispersione nell'atmosfera del biogas, date le ridotte dimensioni dell'impianto, a condizione che in fase di esercizio sarebbero stati controllati gli effetti di tale dispersione nell'ambiente circostante e che la stessa non arrechi molestia.¹⁴

La discarica Comunale di Caggiano fu definitivamente chiusa, poiché esaurita, il 21 Aprile del 1998, data a cui corrispondono gli ultimi conferimenti di RSU¹⁵ e ricoperta di terreno inerte.

Va ricordato, infine, che già durante la gestione della discarica il Comune nel 1997 si era già adoperato per la raccolta differenziata dei rifiuti come si evince dalle note relative alla scheda di rilevazione dati sulla gestione degli RSU trasmessa al Consorzio di Bacino SA/3.

¹³ Decreto di sequestro preventivo n° 1678/95 R.G.N.R. e n° 1261/95 R.G. GIP-Pretura Circondariale di Sala Consilina del 19-10-1995

La raccolta differenziata riguardava i solidi e differenziati ingombranti, la carta e i cartoni, il vetro, la plastica, le lattine, i medicinali e le pile il cui ritiro era affidato al gestore AGECO – Potenza; mentre, il comune rimaneva il gestore unico degli RSU indifferenziati.

Dalla chiusura della discarica ad oggi i rifiuti del Comune di Caggiano sono stati e vengono conferiti presso i siti gestiti dal Consorzio di Comuni del Bacino SA/3.

Attualmente l'area esterna della discarica, prima dedita alle operazioni di manovre dei mezzi meccanici durante l'esercizio della stessa, è utilizzata come sito di deposito temporaneo e trasferimento della raccolta¹⁶ differenziata dei rifiuti. Su tale area, dotata anch'essa di una propria recinzione, sono state realizzate diverse piazzole in calcestruzzo cementizio (servite da rampe) su cui stazionano i cassoni scarrabili utilizzati per lo stoccaggio della raccolta differenziata di RSU prima di essere conferiti negli appositi siti di recupero e smaltimento.

Infine, va segnalato che dalle ricerche effettuate è emerso che, durante l'intero periodo di attività della discarica, non si sono verificati incendi ma solo qualche principio di autocombustione rapidamente controllato dal personale del comune.

1.3 Materiali conferiti

Relativamente ai rifiuti conferiti presso l'impianto (tra il 1991 e il 1998), da notizie ricevute dal personale addetto alla gestione della discarica e dai dati derivanti dal registro di carico e scarico dei rifiuti disponibile presso il Comune di Caggiano, risulta che sono stati conferiti circa 3.273 tonnellate di *rifiuti solidi urbani e assimilati*.

¹⁴ punto 4.2.2 lettera e) della delibera interministeriale del 27-07-1984

¹⁵ Registro carico e scarico di RSU – Discarica S. Giovanni – Comune di Caggiano

¹⁶ il cui gestore è lo stesso Comune

1.4 Uso del Suolo e Destinazione d'uso Urbanistica

Per quanto riguarda le attività antropiche (agricole, produttive, insediative, ecc.) presenti nell'area ove è ubicata l'ex discarica comunale si è rilevato¹⁷ che i terreni circostanti la discarica sono utilizzati a scopi prevalentemente silvo-pastorali e agricoli rispettivamente: silvo-pastorali nel settore settentrionale, per la presenza di vegetazione selvatica spontanea costituita da una macchia mediterranea molto rada che si infittisce verso la base del versante, e agricole ad est e limitatamente a sud e sud ovest.

Per un raggio di circa 200 m intorno alla discarica non sono presenti fabbricati abitativi ma solo alcuni manufatti adibiti al ricovero di animali e allo stoccaggio delle scorte foraggiere. Le prime unità abitative, invece, si rinvengono a circa 250 m ad sud-ovest della discarica ove si è sviluppato ed esteso negli ultimi decenni il centro urbano di Caggiano.

Dall'esame della cartografia allegata (Carta Uso del Suolo) si traggono maggiori dettagli rispetto a quanto qui brevemente riferito.

Infine dal punto di vista urbanistico¹⁸ i terreni ove insiste l'ex discarica comunale, secondo il vigente Piano Regolatore Generale, ricadono nella Zona E1 – Zona Agricola Comune – .

1.5 Assetto Geologico ed Idrogeologico

Parte integrante di questa sezione è la definizione delle caratteristiche geologiche idrologiche ed idrogeologiche dell'area nella quale è ubicato l'impianto di discarica; delle caratteristiche degli acquiferi superficiali e profondi in quanto possibili veicoli della contaminazione.

¹⁷ Cfr Carta Uso del suolo

¹⁸ Cfr Certificato di Destinazione Urbanistica

1.5.1 Inquadramento Geologico e idrogeologico

Lo studio per la ricostruzione delle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche del sito in esame, si avvale dei sopralluoghi effettuati in situ, di interpretazione delle foto aeree ed aerofotogrammetrie del territorio comunale, di studi ed indagini riguardanti l'area o il territorio circostante e della bibliografia scientifica esistente.

L'insieme dei dati acquisiti dai rilievi effettuati nel corso delle indagini preliminari, unitamente a quelli derivanti dall'analisi bibliografica, ha consentito una prima caratterizzazione geomorfologica, idrogeologica e geologica del sito e del sottosuolo in modo da individuare e definire le successive indagini di integrazione e di maggior dettaglio per la definizione del modello concettuale definitivo. Il territorio comunale di Caggiano ricade nel Foglio 199 (Potenza) della Carta Geologica d'Italia.

Esso rientra nel quadro geologico dell'Appennino meridionale Campano – Lucano e si estende in destra orografica della valle del fiume Tanagro e in sinistra orografica della valle del fiume Melandro. La morfologia è alquanto articolata ed è caratterizzata da dorsali montuoso-collinari (carbonatiche ed arenaceo argillose) orientate ONO – ESE separate dalle valli torrentizie affluenti del Tanagro e del Melandro.

A nord, oltre la valle del fiume Melandro, si estende la dorsale carbonatica di Monte Ognà (1425 s.l.m.) e più a sud il sistema di Monte Tre Croci (741mlm).

Più a sud, delle precedenti dorsali montuose, si rinviene il sistema montuoso di Monte S. Giacomo (970m. s.l.m.) e Monte Capo La Serra (1141m. s.l.m.) che ospita il territorio comunale di Caggiano. Tale sistema è delimitato a settentrione dalla valle del Fiume Melandro e del Fiume Bianco, mentre a meridione, oltre l'abitato di Caggiano, è delimitato dalla valle del Fiume Tanagro. I rilievi presentano substrato variabile costituito da litologie carbonatiche e a luoghi argilloso-sabbiose e arenaceo - argillose.

La discarica, posta a quota 824 m s.l.m., è ubicata ad est dell'abitato di Caggiano sulla sommità dello sperone calcareo del versante settentrionale denominato Costa Tuvolo su depositi prevalentemente argilloso-marnoso-arenaceo a sud e calcarei a nord.

Essa è delimitata a nord-ovest, a nord-est e ad est da una scarpata ripida interrotta, solo per il tratto di competenza del piano viario, dalla strada comunale che collega il comune di Caggiano con i comuni limitrofi confinanti della Regione Basilicata (S. Angelo le Fratte, Savoia e Vietri di Potenza); mentre verso sud, la morfologia degrada nelle immediate vicinanze, è delimitata da terreni adibiti ad uso agricolo su cui insistono alcuni fabbricati rurali adibiti al ricovero animali.

Sempre nelle immediate vicinanze verso sud è localizzato anche il cimitero comunale oltre che dalla strada da cui si trae accesso alla discarica e dalle prime unità abitative del centro urbano.

Il sistema idrografico locale si riassume nella presenza di un unico recettore finale costituito dal Fiume Melandro, affluente del fiume Tanagro, e da un articolato sistema di tributari.

L'assetto idrografico superficiale, sia del corso d'acqua principale che dei suoi affluenti, denota un forte controllo geologico - strutturale, infatti, entrambi sono impostati lungo lineamenti tettonici (linee di maggior debolezza) che ne hanno determinato e controllato lo sviluppo.

Gli eventi che hanno determinato l'attuale configurazione geologica, strutturale e morfologica del territorio sono avvenuti tra il Miocene ed il Pliocene, in cui si sono succedute diverse fasi tettoniche compressive a prevalente componente orizzontale. Successivamente nel quaternario, alla fine del Pliocene, si sono succeduti periodi glaciali ed interglaciali con più fasi tettoniche distensive, le quali hanno controllato, attraverso sistemi di faglie normali con direzioni appenninica (WNW - ESE) e

antiappenninica, i forti sollevamenti delle catene montuose e l'individuazione dei bacini a sedimentazione lacustre intramontani (Vallo di Diano e Bassa Valle del F.me Tanagro).

Inquadramento idrogeologico

L'area oggetto di studio, da quanto emerge dall'analisi della Carta Geolitologica (Cfr. Allegato Stralcio Carta Geolitologica - Base PRG -) e dalle verifiche *in situ*, è caratterizzata in affioramento da litotipi in un assetto geologico piuttosto complesso. Dal punto di vista idrogeologico, i litotipi affioranti, sulla base delle caratteristiche geologiche della loro posizione stratigrafica, della diversa litologia e del grado e tipo di permeabilità, sono stati raggruppati in complessi idrogeologici.

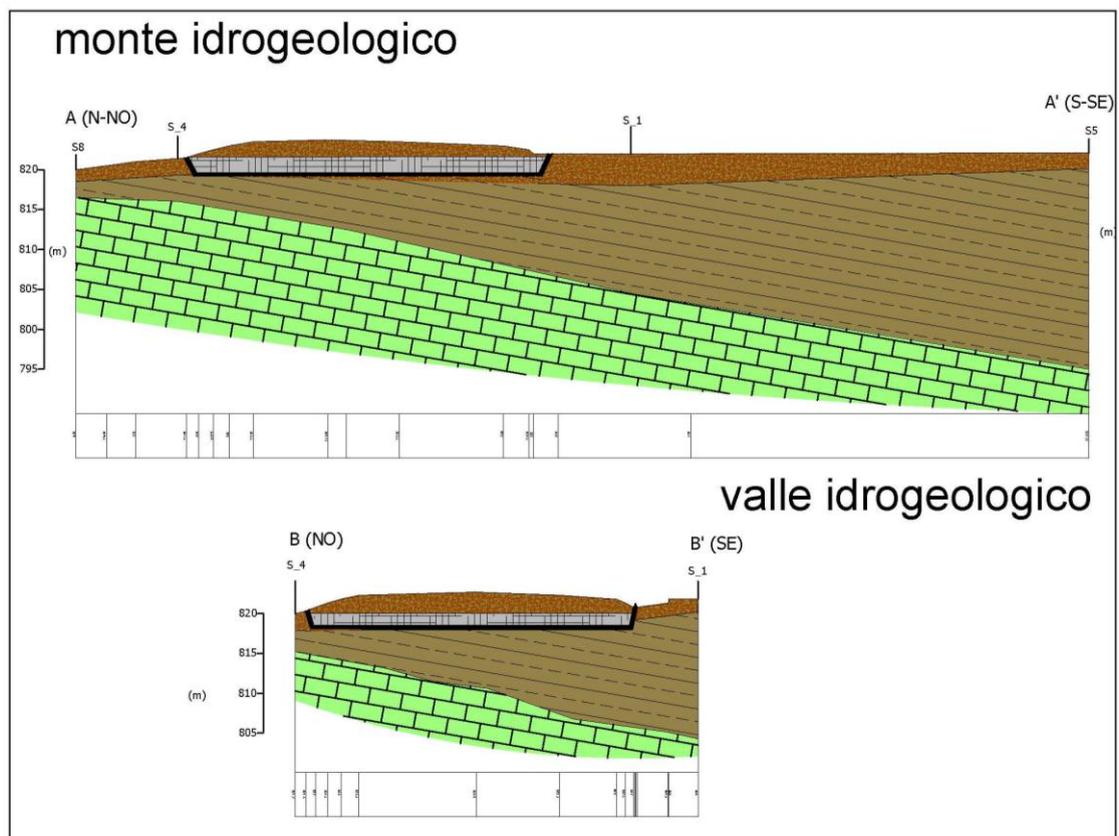
Per complesso idrogeologico s'intende un insieme di termini litologici simili, aventi una comprovata unità spaziale e giaciturale, un tipo di permeabilità prevalentemente comune ed un grado di permeabilità relativa che si mantiene in un campo di variazione piuttosto ristretto.

I litotipi affioranti sono stati raggruppati nei seguenti complessi: Complesso Argilloso – Marnoso – Arenaceo e Complesso Calcareao.

Il Complesso Argilloso – Marnoso – Arenaceo è dotato di una permeabilità primaria prevalente per porosità. Essi sono da ritenersi scarsamente permeabili, infatti, laddove il complesso è posto in modo da intercettare il libero deflusso delle acque di falda di altri acquiferi, queste ultime sono costrette a venire a giorno. Le suddette litologie sono pressoché impermeabili nei termini argillosi non alterate, invece possono contenere una modesta e superficiale circolazione idrica sotterranea (prevalentemente stagionale periodo autunnale - primaverile) nei termini arenacei e negli strati più superficiali alterati (coperture). Tale circolazione idrica sotterranea si adatta sostanzialmente alla morfologia topografica in cui gli assi di drenaggio e gli spartiacque sotterranei coincidono verosimilmente agli impluvi e displuvi superficiali.



Planimetria dell'area d'interesse con indicazione del monte e valle idrogeologico



Sezione litostratigrafica

Infine, per quanto riguarda la circolazione idrica superficiale nel complesso essa si manifesta essenzialmente sia durante gli apporti meteorici brevi ed intensi che meno intensi, purché questi ultimi siano prolungati nel tempo.

Il Complesso Calcareao è da ritenersi dotato di un'elevata permeabilità ($K > 10^{-3}$ m/s) di tipo secondaria per fessurazione e carsismo. Per quanto riguarda la circolazione idrica superficiale nel complesso calcareao, essa è pressoché nulla o lieve, vista l'intensa fratturazione e la presenza di forme di erosione carsiche epigee; mentre, la circolazione idrica sotterranea è essenzialmente basale (profonda oltre 500 m dal p. c.).

1.5.2 Caratteristiche climatologiche dell'area

Risulta importante esaminare anche alcuni fattori climatici, quali: precipitazioni e temperatura, in quanto dalla loro variazione risultano influenzati buona parte dei fattori e delle componenti ambientali sia nel loro ciclo, che nel loro sviluppo potenziale. Per tale scopo è stata redatta una Carta dei Topoieti utilizzando il metodo dei Topoieti.

Ai fini dell'elaborazione del regime termopluviometrico dell'area ove ricade l'ex discarica comunale sono state dapprima censite le stazioni pluviometriche e termometriche disponibili per il sottobacino idrografico in studio, o comunque ricadenti nel immediato intorno (del più ampio bacino idrografico di appartenenza del F.me Tanagro – F.me Melandro), ed in seguito sono stati acquisiti i rispettivi dati pluviometrici e termometrici mensili ed annuali per un periodo di tempo variabile, comunque superiore ad un ventennio (cfr. tabella 1).

Questi dati sono stati recuperati presso il Servizio Idrografico e Mareografico di Napoli. Applicando il metodo grafico dei topoieti (Thiessen 1911 *modificato da Celico, Civita, Cornello* 1977), dopo aver ubicato su supporto cartografico la rete di monitoraggio delle stazioni censite, è emerso che il bacino in studio ricade nell'area (poligono) di influenza della vicina stazione pluvio-termometrica di Polla (cfr. Carta dei Topoieti con individuazione delle aree di influenza dei pluviometri "Topoieti"). Tale metodo consente di attribuire a tutto il poligono di influenza, individuato dalla stazione pluvio-termometrica di Polla, l'altezza (mm) di pioggia e la temperatura (°C) misurata presso la relativa stazione. Pertanto, i valori della P (mm) media annua e mensile e della T (°C) media annua e mensile relativa al nostro bacino sono stati riportati nella tabella 2.

Dati Pluviometrici medi mensili ed annui															
Nome Stazione	Quota m s.l.m.	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	P media annua (mm)	Periodo di monitoraggio
Polla	446	110	107	94	98	56	42	28	48	63	99	154	146	1045	1964-92
Dati termometrici medi mensili ed annui															
Nome Stazione	Quota m s.l.m.	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	T media annua (°C)	Periodo di monitoraggio
Polla	446	5,7	6,3	8,0	11,1	15,1	18,2	20,5	20,5	17,6	13,5	9,1	6,4	12.7	1964-91

Tab 2: Dati termometrici e pluviometrici

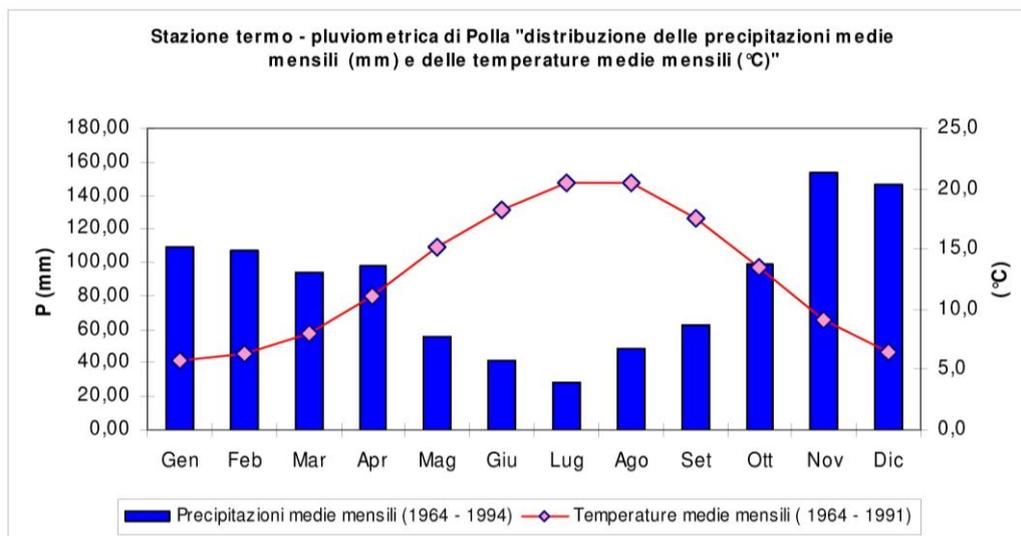


Grafico 1

Dall'analisi dei dati termo - pluviometrici della stazione di Polla (cfr. Grafico 1), in cui ricade il bacino in studio, si evince che la maggior parte degli apporti idrici diretti legati alle precipitazioni (medie mensili) si registrano nel periodo che va da ottobre ad aprile ($P \geq 90\text{mm/mensile}$); mentre, l'andamento delle temperature medie mensili registrate segue una distribuzione inversa. Ulteriori grafici relativi ai Max annuali di pioggia, ai valori estremi della temperatura e alle precipitazioni nevose sono riportati nell'allegato "Carta dei topoieti".

1.6 Censimento Dei Dati Ambientali

La fase precedente la redazione del presente progetto ha riguardato la raccolta di tutta la documentazione relativa alle indagini e agli studi di carattere ambientale/idrogeologico condotti in precedenza sul sito. In particolare ci si riferisce alle attività di indagine preliminari svolte nel mese di Giugno 2006 allo scopo di determinare un potenziale inquinamento delle acque superficiali e sotterranee, alle attività di caratterizzazione del sito svolte alla fine del 2008 e alla relativa Analisi di Rischio.

In particolare, durante le indagini preliminari effettuate nel 2006, sono stati eseguiti quattro sondaggi a carotaggio continuo, S1, S2, S3, S4, spinti fino alla profondità massima di m. 20 dal p.c (S1) e successivamente adibiti a piezometro. Con riferimento al rilevato di accumulo, S1 è stato posizionato a S, S2 ad O, S4 a N-NO ed infine S3 in prossimità della vasca di raccolta percolato posizionata a NE del sito. Questi hanno provato la presenza di un complesso arenaceo-marnoso-argilloso che poggia sul complesso calcareo di cui nei precedenti paragrafi. La superficie di contatto tra i due complessi si approfondisce muovendosi da nord a sud come si evince dalle indagini stratigrafiche pregresse allegate alla presente.

In particolare, tale interfaccia è stata trovata alla quota di 815 nel sondaggio S4, alla quota 810 nel sondaggio S2 e alla quota 806 nel sondaggio S1. Successivamente all'allestimento dei piezometri, sono stati inoltre prelevati campioni di acqua per monitorare la qualità delle acque sotterranee. In Tab 3 si riportano le quote dei sondaggi e la quota del campionamento delle acque.

Le analisi chimico-fisiche, hanno mostrato (Tab.4) una contaminazione diffusa da Fe, solfati e IPA, in particolare benzo(a)pirene. Per le acque prelevate dai pozzi in prossimità della discarica invece si riscontra solo una contaminazione diffusa da ferro mentre gli altri analiti si mantengono sotto i limiti di legge.

Presumibilmente l'acqua prelevata dai piezometri per determinare le concentrazioni dei contaminanti appartiene ad una falda sospesa a carattere effimero che si trova negli strati più permeabili del complesso arenaceo-marnoso che in generale ha una bassa permeabilità. Ciò fa presumere un isolamento di tale complesso dai calcari sottostanti. Se ciò non fosse vero, non si sarebbe trovata acqua dai piezometri ad una quota superiore dei calcari fratturati, e le acque prelevate dai pozzi a valle della discarica dovrebbero presentare caratteristiche simili a quelle prelevate in prossimità della discarica, cosa che – a quanto risulta dalle indagini, pur nella incerta ubicazione dei pozzi più distanti, non si verifica.

Sfugge a tale interpretazione la circostanza riscontrata in corrispondenza del sondaggio S4, in cui la quota falda è risultata collocarsi all'interno dello spessore dei calcari.

Pozzo n.	Posizione	L.F.	Quota boccaforo	Quota falda
S1	Monte	14	823	809
S2	Valle	10	820	810
S3	Valle	nc	819	-
S4	Valle	6	820	814

Tab 3: Piezometri esistenti da indagini preliminari

A conclusione delle attività di caratterizzazione svolte alla fine del 2008, è stato formulato il Modello Concettuale Definitivo, a partire dal quale, è stata redatta l'Analisi di Rischio sanitario ambientale sito-specifica secondo i criteri riportati nel D. Lgs 152/2006 - Titolo V - all. 1.

Da tale analisi si evince che il sito presenta valori non accettabili della **CSR**, in funzione della destinazione d'uso, per le seguenti sostanze:

✓ **Idrocarburi Alifatici C>12**

perché ritenute pericolose per la potenziale contaminazione della falda acquifera non profonda.

L'analisi di rischio per il sito in oggetto ha dato invece sempre valori accettabili per l'acquifero profondo che si attesta alla base dei calcari.

Dall'analisi degli elaborati si evince che la concentrazione maggiore di questi analiti si ha in prossimità della vasca del percolato, quindi eventuali interventi di "bonifica" o di "messa in sicurezza" devono essere attuati in corrispondenza di tale zona della discarica.

Codice	Categoria	Matrice	CampDescrizione	Ferro (Fe) (µg/l)	Solfati (SO4--) (mg/l)	Benzo(a)antracene (µg/l)	Benzo(a)pirene (µg/l)	Benzo(b)fluorantene (µg/l)	Benzo(k)fluorantene (µg/l)	Dibenzo(a,h)antracene (µg/l)	Indeno(1,2,3-c,d)pirene (µg/l)
Concentrazione di soglia limite nelle acque sotterranee - Tabella 2 All.5 D.Lgs. 152/2006				200	250	0.1	0.01	0.1	0.05	0.01	0.1
Criteria di qualità per le acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile											
06-LA17554	Acqua	Acqua da pozzo	Acqua - CA/PZ1/VA/AS del 13/06/06	650	56	0,012	0,012	0,014	0,007	< 0,001	< 0,001
06-LA17555	Acqua	Acqua da pozzo	Acqua - CA/PZ2/VA/AS del 14/06/06	210	17	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
06-LA17556	Acqua	Acqua da pozzo	Acqua - CA/PZ3/VA/AS del 14/06/06	230	16	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
06-LA17557	Acqua	Acqua da pozzo	Acqua - CA/PZ4/VA/AS del 14/06/06	160	31	0,013	0,012	0,014	0,006	< 0,001	< 0,001
06-LA18521	Acqua	Acqua da piezometro	Acqua di falda - Caggiano - Per" del 15/06/06"	60	206.2	1.170	1.330	1.510	0.610	0.110	0.710
06-LA19346	Acqua	Fluati e Percolati	Percolato da vasca	490	325	1.500	0.800	0.950	0.430	0.095	0.580

Codice	Categoria	Matric e	CampDescrizio ne	Calcio (Ca) (mg/l)	Solfati (SO4--) (mg/l)	Ferro (Fe) (mg/l)	Magnesio (Mg) (mg/l)	Cloruri (Cl) (mg/l)	Nitriti (NO2-) (mg/l)	Benzo(a)pirene (µg/l)
Concentrazione di soglia limite nelle acque sotterranee - Tabella 2 All.5 D.Lgs. 152/2006					250	200			500	0,01
Criteri di qualità per le acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile								200		
	Acqua	Acqua da piezometro	Acqua di falda - CA/S1/C1/AF del 06/07/06	95	180	150	45	123	9	0,021
	Acqua	Acqua da piezometro	Acqua di falda - CA/S1/C2/AF del 07/07/06	458	230	250	46	153,6	12,30	0,014
	Acqua	Acqua da piezometro	Acqua di falda - CA/S1/C3/AF del 07/07/06	201	123	310	23	182	<5	<0,001
	Acqua	Acqua da piezometro	Acqua di falda - CA/S2/C1/AF del 06/07/06	123	280	368	65	85,3	<5	<0,001
	Acqua	Acqua da piezometro	Acqua di falda - CA/S2/C2/AF del 07/07/06	236	320	398	23,6	98,2	8	0,014
	Acqua	Acqua da piezometro	Acqua di falda - CA/S2/C3/AF del 07/07/06	54	123	541	32,3	35	12	0,018
	Acqua	Acqua da piezometro	Acqua di falda - CA/S3/C1/AF del 06/07/06	123	320	540	41,2	102	15	0,007
	Acqua	Acqua da piezometro	Acqua di falda - CA/S3/C2/AF del 07/07/06	56	114	150	45,6	126	14	<0,001
	Acqua	Acqua da piezometro	Acqua di falda - CA/S3/C3/AF del 07/07/06	104	421	540	58,7	184,3	12	0,021

Tab 4: Concentrazioni degli analiti durante le analisi preliminari

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

2.1 NORMATIVA IN MATERIA DI BONIFICA DEI SUOLI CONTAMINATI

Il quadro normativo riguardante la disciplina dei suoli contaminati ha subito negli ultimi anni una continua evoluzione. Attualmente le principali disposizioni vigenti in materia sono costituite da:

– D.Lgs. n.152 del 3 Aprile 2006 recante “norme in materia ambientale”;

Con il D.lgs. n.152/2006 (pubblicato sul Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale, serie generale, n. 88 del 14 aprile 2006) il legislatore ha tentato di armonizzare tutte le precedenti norme in campo ambientale e conseguentemente anche quelle relative alla bonifica dei suoli contaminati (Titolo V, parte Quarta).

Questo procedimento ha portato alla abrogazione di tutta una serie di norme precedenti tra cui anche D.Lgs. n. 22/1997, uno dei primi in cui appariva con forza il concetto di bonifica. Tale concetto veniva espresso come “ogni intervento di rimozione della fonte inquinante e di quanto della stessa contaminato fino al raggiungimento dei valori limite conformi all’utilizzo previsto dell’area”.

In virtù di tale normativa chiunque cagionava anche in maniera accidentale il superamento dei limiti era tenuto a procedere a proprie spese agli interventi di messa in sicurezza, di bonifica e di ripristino ambientale delle aree inquinate e degli impianti dai quali derivava il pericolo di inquinamento.

Il nuovo D.lgs. n.152/2006 pur abrogando tale decreto, si ispira di fatto agli stessi principi basati sul concetto del “chi inquina paga”. Il D.Lgs. n.22/97 rinviava inoltre ad una successiva normativa tecnica la fissazione di precisi standards di qualità dei suoli in funzione delle diverse destinazioni d’uso possibili.

PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA

Si articola nelle seguenti sezioni:

- 1. Descrizione di dettaglio della tecnologia scelta e degli interventi proposti;*
- 2. Interventi da realizzare per l’attuazione delle prescrizioni e delle limitazioni all’uso del Sito;*
- 3. Piano dei controlli e monitoraggi post-operam.*

Nell’allegato III alla parte IV del D.lgs.152/2006 è stabilito che nel corso ed al termine di tutte le fasi previste per la messa in sicurezza, la bonifica ed il ripristino ambientale devono essere effettuate azioni di monitoraggio e controllo, al fine di verificare l’efficacia degli interventi nel raggiungere gli obiettivi prefissati ed in particolare, a seguito della realizzazione delle misure di sicurezza a valle della bonifica, per verificare che:

- i valori di contaminazione nelle matrici ambientali influenzate dal sito corrispondano ai livelli di concentrazione residui accettati in fase di progettazione;*
- non siano in atto fenomeni di migrazione dell’inquinamento; sia tutelata la salute pubblica;*
- nel corso delle attività di bonifica/messa in sicurezza permanente per verificare la congruità con i requisiti di progetto;*
- a seguito del completamento delle attività di bonifica/messa in sicurezza permanente e ripristino ambientale, per verificare, durante un congruo periodo di tempo, l’efficacia dell’intervento di bonifica e delle misure di sicurezza.*

2.2 **NORMATIVA IN MATERIA DI DISCARICHE DI RIFIUTI**

Il D.Lgs. n. 36 del 13 gennaio 2003, (Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti) stabilisce requisiti operativi e tecnici per i rifiuti e le discariche, misure, procedure e orientamenti tesi a prevenire o a ridurre il più possibile le ripercussioni negative sull'ambiente, in particolare l'inquinamento delle acque superficiali, delle acque sotterranee, del suolo e dell'atmosfera, e sull'ambiente globale, compreso l'effetto serra, nonché i rischi per la salute umana risultanti dalle discariche di rifiuti, durante l'intero ciclo di vita della discarica.

Il capitolo 2 dell'Allegato 1 definisce prescrizioni in riferimento alla protezione del territorio e delle acque per gli impianti per rifiuti non pericolosi e per rifiuti pericolosi.

In particolare in riferimento al processo di chiusura di una discarica, nel paragrafo 2.4.3, sono indicate le modalità per la realizzazione della copertura superficiale finale.

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 copertura multistrato, costituita, dall'alto verso il basso, dai seguenti strati:

- *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 una protezione adeguata contro l'erosione e di proteggere le barriere sottostanti dalle escursioni termiche;*
- *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;*
- *strato minerale compattato dello spessore $\geq 0,5$ m e di conducibilità idraulica K_{min} 10-8 m/s o di caratteristiche equivalenti, integrato da un rivestimento impermeabile superficiale per gli impianti di discarica di rifiuti pericolosi;*
- *strato di drenaggio del gas e di rottura capillare, protetto da eventuali intasamenti, con spessore ≥ 0.5 m;*
- *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 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.

3. **INTERVENTI IN PROGETTO**

Le indagini effettuate durante la fase di caratterizzazione del sito hanno evidenziato la contaminazione superficiale dei terreni ubicati al Nord della vasca di raccolta dei rifiuti.

I suoli contaminati, oltre quelli a copertura della vasca di raccolta dei rifiuti, si estendono per una superficie di circa 808 m², per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato grafico TAV 3 in allegato. Inoltre si riscontra la presenza nella falda superficiale di alcuni contaminanti quali Fe, solfati e IPA,

in particolare benzo(a)pirene.

La situazione ambientale del sito è tale per cui sono certamente necessari degli interventi finalizzati al risanamento del corpo rifiuti in ordine alla riduzione degli impatti sull'ambiente circostante riconducibili al non perfetto isolamento dell'ammasso esistente rispetto alle componenti ambientali limitrofe (suolo, sottosuolo, falda, ecc.).

L'obiettivo prioritario che si intende perseguire attraverso gli interventi in progetto è quello di evitare l'ingressione di acque meteoriche all'interno del corpo rifiuti e del terreno contaminato al fine di limitarne al minimo la lisciviazione.

Inoltre per evitare la contaminazione della falda superficiale sarà realizzata una trincea drenante che intercetta la stessa a monte idrogeologico e la canalizza verso valle attraverso una rete di collettori allo scopo di evitare il contatto con il terreno contaminato.

Pertanto gli interventi in progetto consistono in:

- **Verifica vasca raccolta percolato**
- ***Messa in sicurezza permanente della discarica attraverso la realizzazione di un "capping" esteso a tutta la superficie dell'area di discarica*** (area vasca rifiuti e superficie terreno contaminato) per un totale di circa 2400 mq di superficie trattata.
- ***Riconfigurazione della scarpata mediante attività di movimentazione terra***
- ***Realizzazione sistema di drenaggio acque meteoriche superficiali.***
- ***Realizzazione di trincee drenanti a monte idrogeologico***
- ***Realizzazione di un collettore fognario per il convogliamento delle acque meteoriche fino al recapito finale***

Gli interventi sono illustrati ai punti successivi e nel dettaglio negli elaborati grafici in allegato alla presente (tavole 4-5-6-7)

Al fine di assicurare comunque elevati standard di tutela ambientale, nella redazione del presente progetto si farà riferimento alle normative relative ai sistemi di chiusura delle nuove discariche di rifiuti ed in particolare al D.Lgs. 13 gennaio 2003, n.36 e al D.M. 3 agosto 2005 e alle linee guida ARPAC riportate nell'appendice 2 del Piano regionale di Bonifica di cui alla DGR Campania n. 129 del 27/05/2013.

3.1 verifica vasca raccolta del percolato

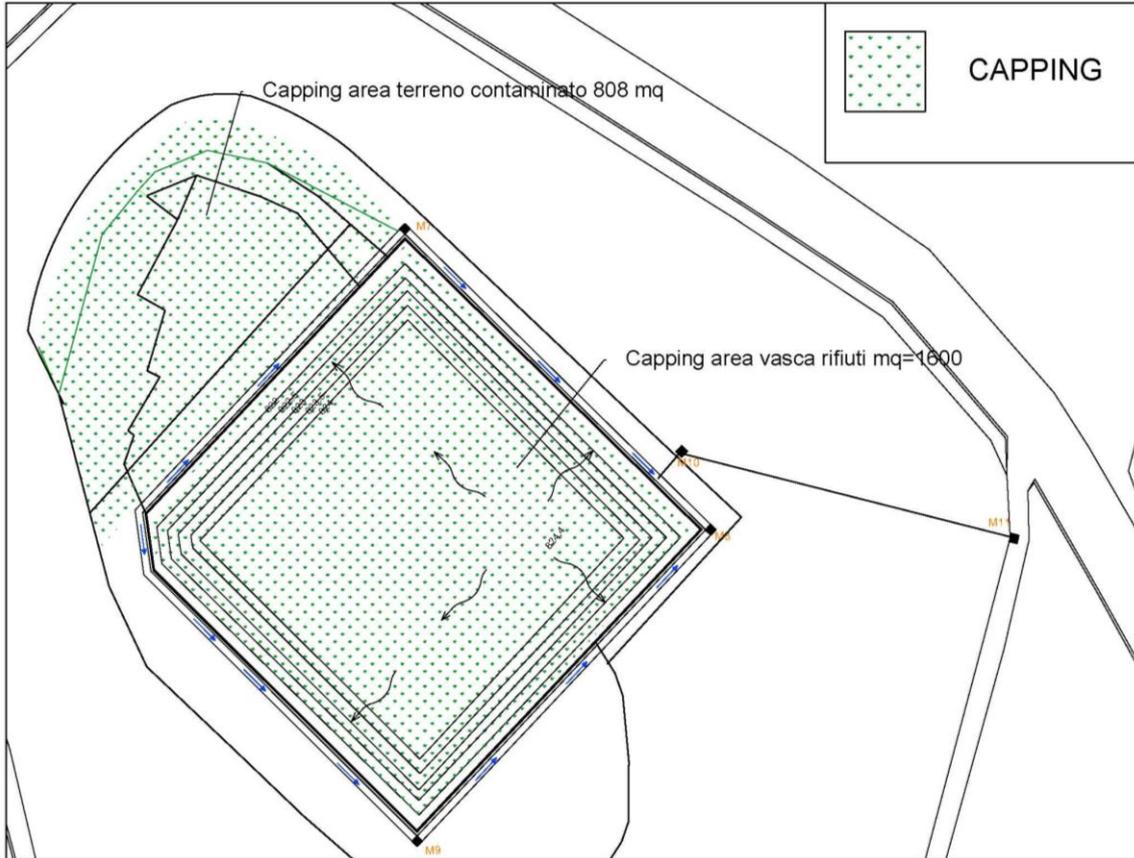
L'intervento prevede la messa a luce dell'intera vasca tramite scavo nell'intorno della stessa fino ad una distanza di 1.5 m da tutte le pareti e per una profondità di 3 m. Sarà rimossa e portata a rifiuto una quantità di terreno pari a 77 m³. La vasca sarà ispezionata e, in caso di perdite, riparata. Saranno verificate anche le tubazioni di adduzione del percolato alla vasca di raccolta. terminate le operazioni di ispezione e riparazione si procederà al reinterro con materiale pulito previa analisi di laboratorio del fondo scavo e delle pareti in accordo con ARPAC.

3.2 Incapsulamento invaso di r.s.u. e terreni contaminanti

Per l'impermeabilizzazione dell'invaso dei rifiuti e della porzione di terreno contaminato sarà realizzato un intervento di capping esteso su una superficie complessiva di circa 2400 mq, come indicato nella figura successiva. L'intervento consente di eliminare le infiltrazioni di acque meteoriche all'interno del corpo rifiuti e della porzione di terreno contaminata. Occorre ricordare che dal punto di vista geologico i terreni al di sotto dell'area oggetto di capping sono costituiti da argille aventi un coefficiente di permeabilità compreso tra $9.10 \cdot 10^{-8} \leq K \leq 4.80 \cdot 10^{-8}$ cm/s, pertanto si

possono considerare impermeabili sia per gli strati inferiori che per quelli laterali alla vasca di raccolta dei rifiuti. Pertanto si possono considerare impermeabili anche i terreni posti al di sotto di tutta l'area interessata dall'intervento di capping.

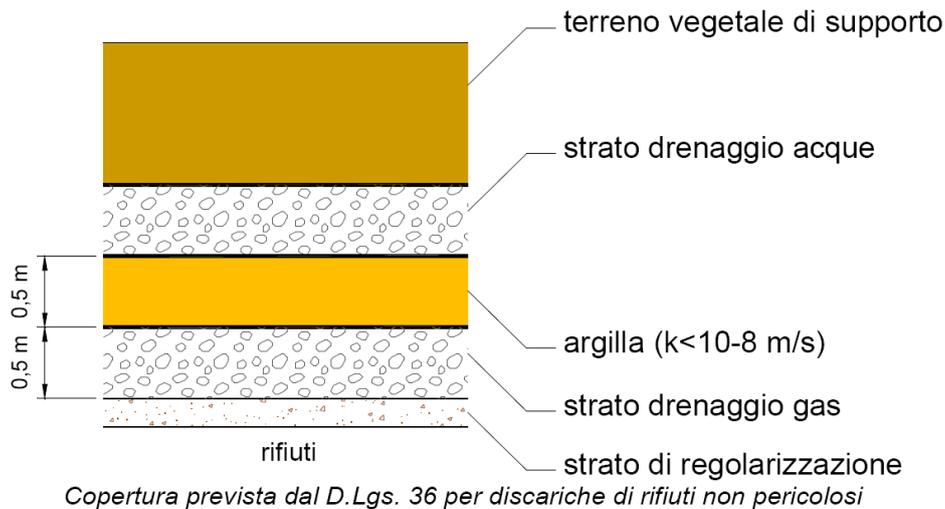
L'intervento in oggetto unito alla realizzazione di una trincea drenante a monte idrogeologico della porzione di terreno contaminato impedisce la contaminazione della falda e riduce la produzione di percolato della discarica.



Estensione area capping

In accordo con quanto indicato nel D.Lgs.36 per una discarica di rifiuti non pericolosi, la tipologia di copertura è rappresentata nella figura sottostante. In particolare sarebbero necessari dal basso:

- uno strato di materiale granulare di spessore 500 mm per il drenaggio del biogas
- una barriera naturale in argilla compattata avente spessore pari a 500mm ed in grado di assicurare una conducibilità idraulica non superiore a 10^{-8} m/s
- uno strato di materiale granulare per il drenaggio delle acque meteoriche
- uno strato di terreno vegetale di supporto



In progetto viene proposta una soluzione alternativa che garantisce prestazioni equivalenti al pacchetto indicato nel DLgs 36/03.

Gli strati di materiale naturale, che costituiscono la strato drenante per il biogas e quello per le acque meteoriche, sono sostituiti, nell'ambito di tale progetto, da materiali sintetici allo scopo di incrementare la tenuta del sistema barriera. Le moderne tecnologie produttive, unitamente con i sempre più stringenti requisiti di controllo qualità fanno sì che al giorno d'oggi un geocomposito dotato di marcatura CE e fornito da un'azienda certificata ISO 9001 possa fornire garanzie di efficienza, durabilità ed affidabilità infinitamente maggiori rispetto a qualunque materiale naturale. Le ragioni che possono portare a sostituire, sotto specifiche condizioni critiche, i materiali drenanti granulari con materiali sintetici sono molteplici.

Le prime motivazioni sono di ordine strettamente tecnico: la geometria delle sponde rende problematica la posa dello spessore di materiale granulare necessario per la captazione del biogas.

Le difficoltà sopra esposte vengono amplificate laddove le verifiche debbano essere effettuate, tenendo in considerazione le accelerazioni sismiche cui la copertura potrebbe essere sottoposta, ad esempio nelle verifiche di stabilità del pacchetto per il drenaggio delle acque meteoriche.

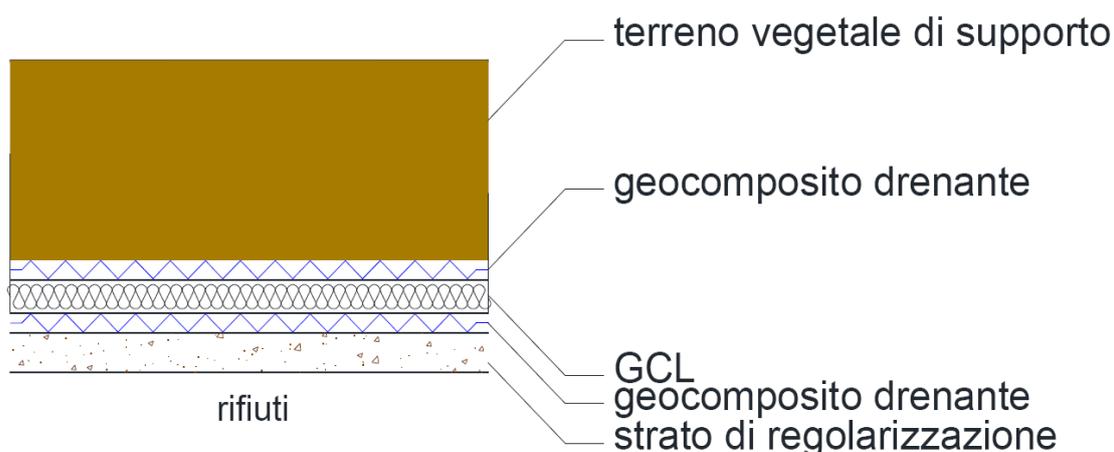
Le seconde motivazioni sono di tipo economico: i materiali che generalmente vengono utilizzati per lo strato drenante sono rappresentati da ghiaie e sabbie pulite. La necessità di conferire in cantiere ingenti quantitativi di un materiale pregiato e costoso, molto difficilmente reperibile in tale quantità da una singola fonte e, quindi di difficile controllo in cantiere, rendono tale soluzione estremamente costosa. Al contrario, un geocomposito drenante ha caratteristiche misurate e misurabili. L'ultima (ma non in ordine di importanza) valutazione che è possibile fare è legata all'impatto ambientale causato dal rispetto della normativa. In particolari contesti, l'impiego di materiali naturali (argilla ghiaia) comporta costi notevoli anche dal punto di vista ambientale; tali costi sono dovuti alle cavazioni necessarie e dal traffico provocato dal trasporto del materiale con automezzi. I vantaggi tecnici, economici e sociali sono quindi evidenti; è necessario dimostrare che il materiale prospettato soddisfi appieno i requisiti del D.lgs. 36 e possano sostituire con adeguate garanzie gli strati minerali.

Con tale relazione si vogliono fornire indicazioni relative alla scelta dei materiali sintetici che possano essere utilizzati in alternativa ai materiali naturali (strati drenanti), ed in particolare relative ai geocompositi per il drenaggio del biogas e delle acque meteoriche.

La copertura alternativa a quella prevista dalla normativa è rappresentata nella figura sottostante, ed è composta dai seguenti strati partendo dall'alto:

- Terreno vegetale di supporto (spessore di 1 m)
- Geocomposito drenante
- GCL (Geocomposito bentonitico)
- Geocomposito drenante per il biogas
- Strato di regolarizzazione (spessore variabile)

La sostituzione dei materiali naturali con materiali sintetici viene effettuata garantendo, con adeguato fattore di sicurezza, una prestazione equivalente ai materiali che si debbano sostituire.



Copertura alternativa a quella prevista dal D.Lgs. 36 per discariche di rifiuti NON pericolosi

Lo spessore complessivo del pacchetto proposto è di 1,50 cm .

La verifica dell'equivalenza tra il pacchetto impermeabilizzante proposto in progetto e quello previsto dal DLgs 36/03 viene riportata nella relazione specialistica di dimensionamento del capping documento 171_RC_007 di calcolo allegata alla presente

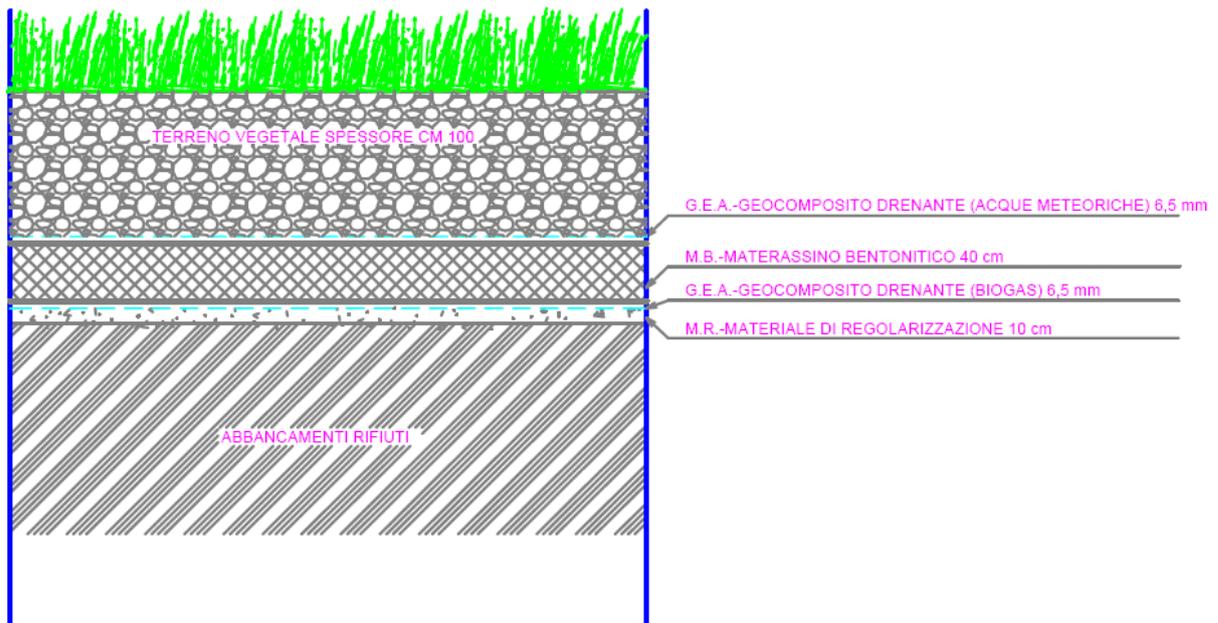


Il geocomposito individuato, nelle condizioni richieste in copertura, cioè sotto il carico di 100kPa e gradiente $i=1$, è in grado di assicurare una portata idraulica maggiore di quella richiesta.

La resistenza a trazione del materiale, pari a 17 kN/m, ne garantisce l'integrità durante le operazioni di stesa e di posa del terreno.

Le operazioni di stesura delle geomembrane dovranno essere effettuate con estrema cura, in modo tale da non danneggiare in alcun modo le geomembrane e soprattutto le giunture delle stesse.

Sez tipo capping



3.3 Regimentazione acque meteoriche

Gli interventi in progetto sono illustrati in dettaglio nella tavola 6 in allegato.

Il proporzionamento del sistema di drenaggio delle acque superficiali, viene effettuato in base all'analisi idrologica desunta dagli annali di pioggia riferiti alla zona così come indicato nella relazione idrologica in allegato al presente progetto.

La determinazione della legge di pioggia, viene effettuata con il metodo dell'interpolazione su scale logaritmiche, e per le durate inferiori e superiori a l'ora, nonché per diversi tempi di ritorno, come riassunto nella tabella nella relazione idrologica allegata

Considerando che il deflusso delle acque meteoriche, convogliate nelle predette canalette, avranno un moto di correnti a pelo libero, dalla predetta legge di pioggia, e dall'analisi del bacino imbrifero insistente su di esse, mediante la formula di Chezy, e con procedimento iterativo, si è pervenuti al dimensionamento delle sezioni delle condotte e delle canalette, come meglio specificato nella relativa relazione idraulica e di compatibilità idraulica (elaborato cod. 171_RICI_005).

Acque di ruscellamento

Sarà realizzata una rete di raccolta delle acque meteoriche mediante canalette di drenaggio in calcestruzzo vibrato poste perimetralmente alla vasca adibita a discarica e in sommità della trincea drenante, le quali raccoglieranno le acque meteoriche di ruscellamento discendenti dalla sommità della copertura della discarica e le convoglieranno nel pozzetto M10, così come indicato nell'elaborato grafico di progetto TAV 6. Attraverso dei collettori interrati le acque saranno convogliate al recapito finale.

Acque di piazzale

Le acque di piazzale saranno raccolte attraverso pozzetti con caditoie presenti nel piazzale pavimentato e convogliate al recapito finale attraverso dei collettori interrati. Lo schema idraulico viene dettagliato nell'elaborato grafico TAV 6. Il dimensionamento dei collettori è riportato nel dettaglio nella relazione idraulica 171_RICI_005

Recapito finale

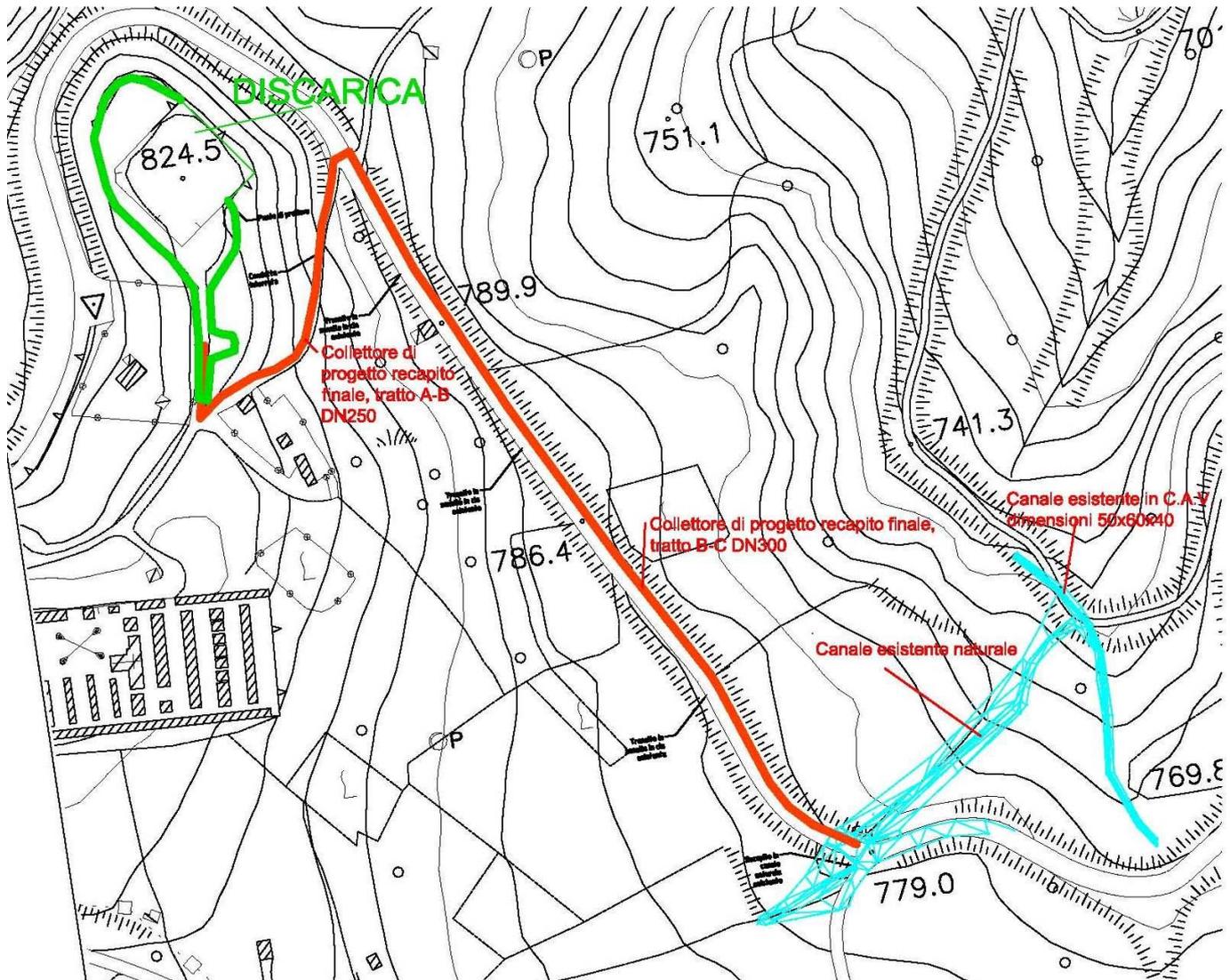
Le acque regimentate vengono convogliate, attraverso dei collettori interrati da realizzare, in un canale in terra nella zona sud est della discarica, come si evince dall'elaborato grafico TAV 6. Tale canale confluisce a sua volta in un canale in cav a cielo aperto a sezione trapezia di proprietà comunale che raccoglie le acque meteoriche della sovrastante strada comunale. Nella relazione idraulica 171_RICI_005 viene effettuata una verifica idraulica ante e post operam.

3.4 Trincee drenanti

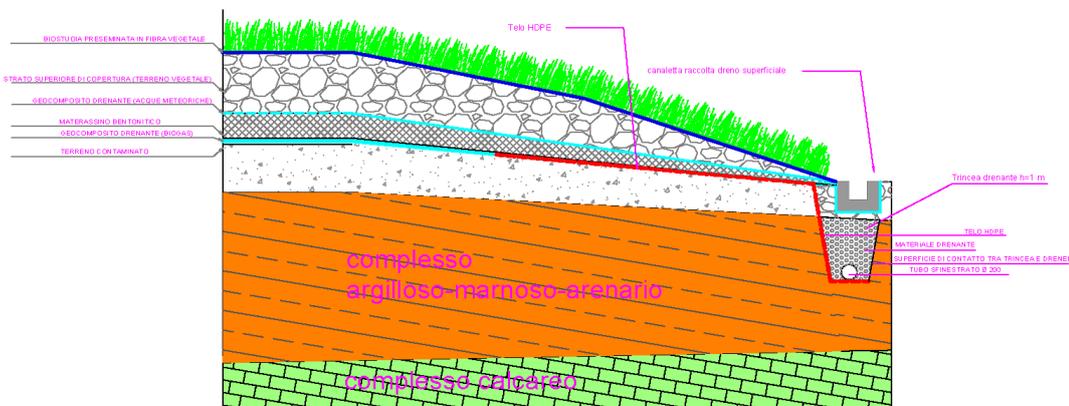
Per evitare che le acque della falda superficiale intercettino i terreni contaminati e transitino in prossimità della vasca di rifiuti, sarà realizzata a monte idrogeologico dell'area contaminata una trincea drenante con fondo scavo che si attesta nello strato di terreni argillosi. La trincea drenante avrà profondità media pari a 1 m e il fondo scavo e la parete lato rifiuti saranno impermeabilizzati mediante l'installazione di un telo HDPE. Il telo sarà opportunamente ancorato allo strato impermeabile del pacchetto di capping (geocomposito bentonitico), con sovrapposizione dei due strati impermeabili per una lunghezza pari a 5 metri.

In tal modo viene realizzata una "barriera idraulica" che, nella area di influenza della discarica, intercetta la falda superficiale a monte e la convoglia, attraverso un sistema di condotte interrate, verso valle idrogeologico fino al recapito finale.

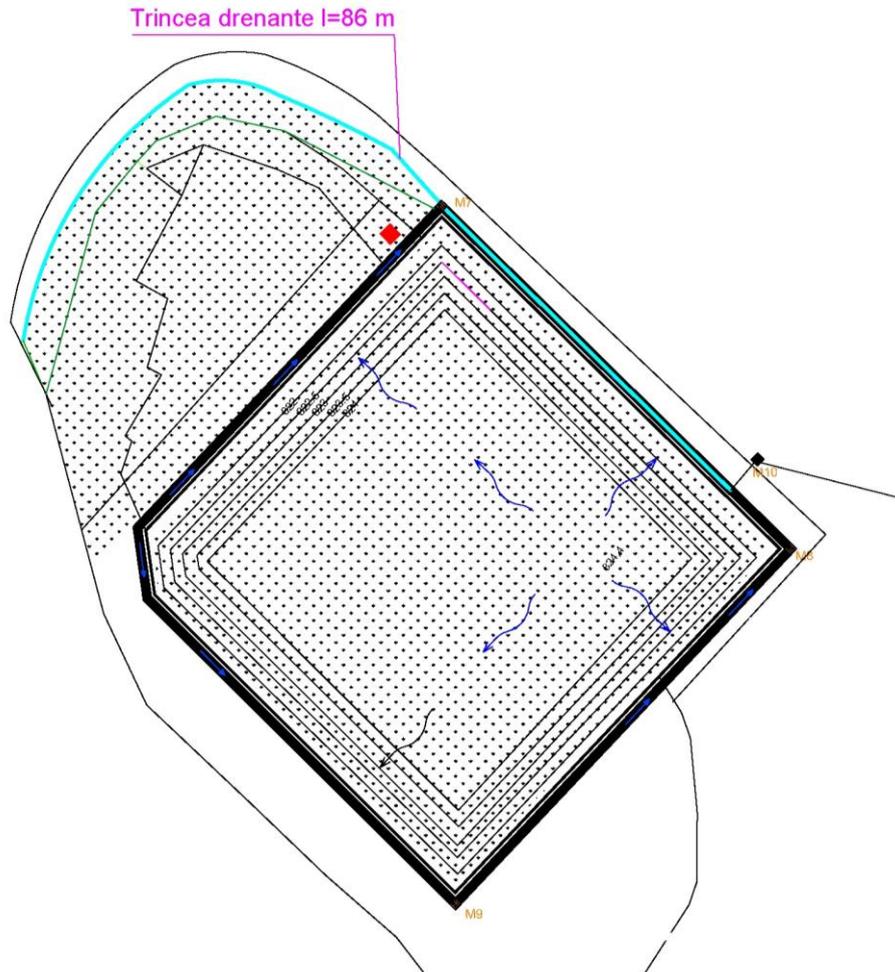
I dettagli costruttivi sono riportati nella TAV n 4



Schema regimentazione acque verso il recapito finale



Trincea drenante – sezione –



Planimetria con trincea drenante

3.5 Opere di drenaggio del percolato

Nell'ambito delle indagini di caratterizzazione del sito sono state rilevate le strutture impiantistiche presenti oltre al limite della discarica e l'ambiente circostante. ***In particolare si è rilevata la presenza di strutture per la raccolta del percolato attraverso una opportuna rete di drenaggio posta sul fondo della discarica.***

Il recapito finale è la vasca di raccolta del percolato già presente in discarica.

Inoltre è prevista la realizzazione di pozzi di emungimento spinti fino alla profondità delle sacche di percolato che eventualmente saranno riscontrate da indagini geoelettriche ed elettromagnetiche svolte in sito. Attraverso i suddetti pozzi il percolato sarà emunto e smaltito a norma di legge.

A seguito dell'incapsulamento della discarica sarà ridotta l'infiltrazione di acqua piovana nell'ammasso di rifiuti con sensibile riduzione della produzione di percolato.

Il livello di percolato nella vasca di raccolta dovrà essere monitorato onde evitare fuoriuscite e sversamenti incontrollati.

Per evitare gli sversamenti nella vasca di raccolta a cielo aperto antistante quella di raccolta del percolato saranno ostruite tutte le aperture di quest'ultima.

Nella vasca di raccolta a cielo aperto confluiranno esclusivamente le acque meteoriche regimentate.

3.6 Produzione di Biogas

E' stato accertato che l'attività della discarica, gestita in regime controllato, è iniziata a partire da marzo 1991, in seguito ad un suo adeguamento ai sensi del D.P.R 915/82 (per gli impianti già esistenti al 31.12.1986) e della L. 441/1987, ed è terminata nell'aprile del 1998.

Nel caso specifico, trattandosi di un sito di ridotte dimensioni caratterizzato da una produzione attesa di biogas molto ridotta, il quantitativo volumetrico di biogas prodotto non risulta sufficiente alla messa in esercizio di un impianto di cogenerazione in grado di compensare, in un dato intervallo temporale pari all'ammortamento delle apparecchiature e macchine elettromeccaniche necessarie, l'investimento necessario per lo sfruttamento energetico del sito.

Si osserva infatti che il biogas, allo stato attuale risulta in quantità estremamente basse per il riutilizzo ai fini energetici. La produzione di biogas è variabile nel tempo, con un massimo, in genere, dopo alcuni anni dal deposito.

I fenomeni che danno luogo alla produzione di biogas sono caratterizzati da una elevata complessità dovuta alle tantissime reazioni che avvengono simultaneamente e che sono tra loro variamente dipendenti. Il metodo di calcolo utilizzato per la stima delle produzioni di biogas attendibili nel corso della vita utile dell'impianto è l'Environmental Protection Agency degli Stati Uniti che ha sviluppato un modello matematico chiamato "Landfill Gas Emission Model" (LandGEM).

Le informazioni richieste dal modello sono combinazioni di parametri specifici del sito in oggetto:

- Capacità della discarica;
- Il numero di anni di attività della discarica;
- L'eventuale presenza di rifiuti pericolosi;
- Il tasso di generazione "k" del metano [1/anno] ;
- La generazione potenziale "L₀" di metano per tonnellata di rifiuto [m³/t].

Il software propone due set di dati di default per "k" e "L₀":

- generalmente L₀ è una funzione della frazione organica del rifiuto e della sua umidità e varia tra 100 m³ /t e 170 m³ /t. Nel nostro caso è stato considerato un valore di L₀ pari a 100 m³/t.
- il tasso generazione del metano "k" di pendente da vari fattori che possono essere la quantità d'acqua nei rifiuti, pH, temperatura, condizioni operative della discarica e condizioni del rifiuto trattato. Nel nostro caso è stato considerato un valore di 0.05/anno.

Il modello LandGEM è basato sull' equazione del primo ordine:

$$Q_{CH_4} = L_0 * R * (e^{kC} - e^{-kt})$$

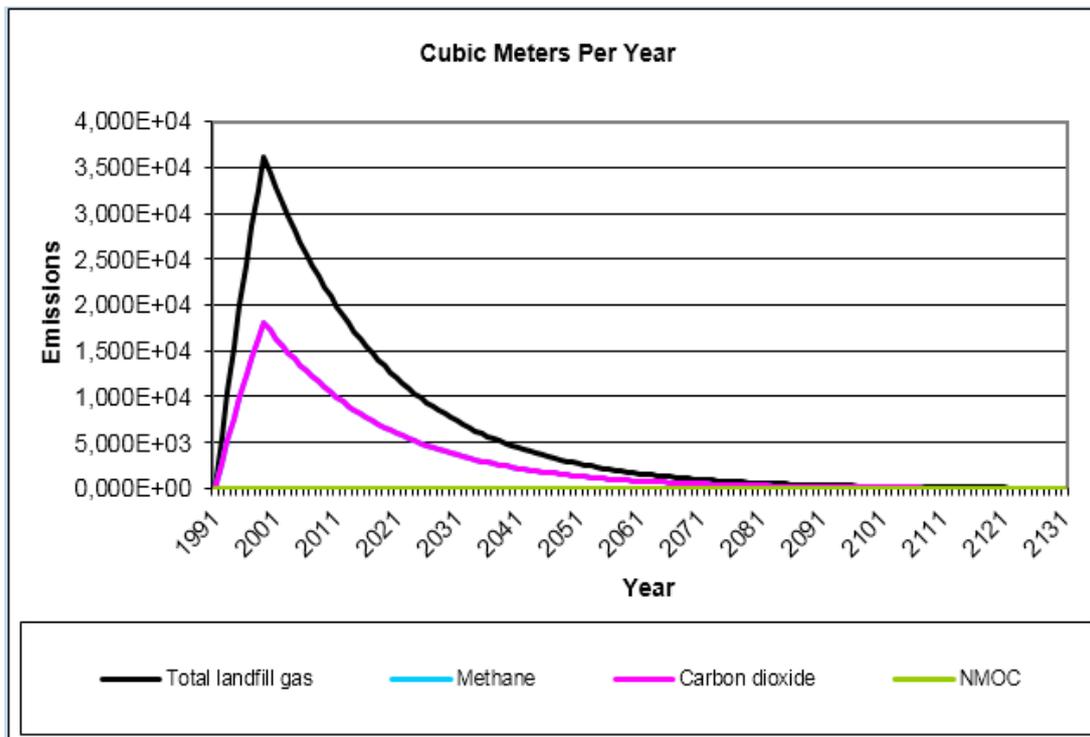
- Q_{CH₄} = generazione di metano al tempo t [m³/anno];
- L₀ = generazione potenziale di metano [m³ CH₄/ton di rifiuto];
- R = la quantità annuale media di rifiuti immessi nella discarica;
- K = tasso di generazione di metano [1/anno];
- C = il numero di anni trascorsi dalla chiusura della discarica;

- t = anni trascorsi dal primo deposito di rifiuti in discarica.

Nel caso in esame è stata stimata una quantità media di rifiuti annuali di 550 t/anno, mentre il numero di anni trascorsi dalla chiusura sono 14 e gli anni trascorsi dal primo deposito di rifiuti sono stati stimati in 24 anni.

Dai risultati ottenuti dal modello si evince che la quantità di biogas prodotto dalla discarica nel 2015 sarà pari a 20.000 m³, ossia 2, 28 m³/h.

Di seguito è riportato il diagramma dell'andamento del biogas nel tempo calcolato dal modello sopra citato:



Tale grafico visualizza l'andamento della produzione di biogas nel tempo che a partire dal 15 anno dalla fine dei conferimenti, il quantitativo effettivo risulta estremamente esiguo rispetto ad un'utilizzazione energetica con la relativa impiantistica. Pertanto si può affermare che la produzione di biogas per il sito in esame è trascurabile ai fini anche dell'impatto ambientale.

Per tale motivo non si procederà alla realizzazione di pozzi di captazione né al monitoraggio delle emissioni gassose.

4. RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE

Come già accennato, l'area ricade in zona a vocazione agricola naturalistica.

L'intervento di riqualificazione ambientale non comporta la costruzione di nessun fabbricato e si sviluppa nel pieno rispetto delle norme tecniche di attuazione regolate per questa zona.

Opere a verde

Esauriti tutti gli adempimenti necessari per l'isolamento del materiale inquinante e per la protezione dell'ambiente circostante è possibile procedere al ripristino ed al recupero ambientale dell'area.

Per garantire la copertura vegetale del terreno, verrà realizzata l'idrosemina di graminacee e leguminose. Verranno messi a dimora arbusti scelti fra le specie autoctone, disposti in maniera casuale – evitando geometrismi antropici e che abbiano un apparato radicale tale da non spingersi oltre il terreno vegetale a disposizione, così da non apportare danni alla geomembrana sottostante, collocata secondo indicazioni progettuali fornite dalla messa in sicurezza del sito.

La copertura vegetale nelle opere di ripristino ambientale ha doppia funzione, naturalistica-paesaggistica ed idrogeologico (azione antierosiva). Essa infatti favorisce un migliore inserimento dell'intervanto nell'ambiente naturale circostante migliorandone la percezione visiva, ed anche contribuisce a ridurre l'infiltrazione ed il ruscellamento delle acque meteoriche. La scelta delle specie da piantumare si è basata in primo luogo prediligendo specie coerenti con la flora e la vegetazione autoctona, ecologicamente compatibili con i caratteri microstazionali dell'ambiente circostante, in secondo luogo selezionando tra le varie quelle con le migliori caratteristiche di resistenza, facilità di attecchimento e minore necessità di manutenzione. Medesimi parametri di scelta sono stati adottati anche per la miscela di graminacee e leguminose che verrà utilizzata per coprire quelle aree interessate dall'idrosemina. La presenza della geomembrana ha vincolato la scelta e l'utilizzo quindi delle sole specie arbustive capaci di sviluppare un apparato radicale superficiale che non spingendosi in profondità non vada a danneggiare la geomembrana compromettendo l'isolamento dei rifiuti. Lungo il è stata prevista la piantumazione di siepe tipo biancospino (*Crataegus monogyna*) costituite da piante con bacche appetibili agli uccelli, al fine di aumentare la componente animale e rendere più vario l'ecosistema. L'impiego delle specie arboree quali quercia (*Quercus ilex*), o pino (*Pinus halepensis*), o carrubo (*Ceratonia siliqua*). Il periodo di impianto degli alberi andrà scelto scartando i mesi dell'anno più siccitosi. La messa a dimora degli alberi è preceduta dalla realizzazione delle buche che dovranno essere preparate in modo da tener conto del peso notevole della pianta e del naturale assestamento post piantumazione, dovranno presentare dimensioni idonee ad ospitare la zolla e le radici dell'albero, indicativamente una larghezza doppia rispetto alla zolla e profondità pari ad una volta e mezza. Dopo il riempimento della buca, è importante compattare, livellare e modellare il terreno per creare la conca di irrigazione, al fine di facilitarne l'ulteriore assestamento e la più completa adesione delle radici e della zolla alla nuova sede, nonché la ripresa della pianta.

Una pratica consigliata è quella della pacciamatura realizzata alla base degli alberi con materiali quali corteccia di pino, residui di coppatura, in maniera da ridurre l'evaporazione del terreno. Necessario, per il primo periodo di piantumazione, prevedere un sistema di ancoraggio della pianta al suolo con pali tutori da interrare ad una profondità di circa 50-80 cm (facendo attenzione a non recare danno alla zolla della pianta) e fissare con legacci al tronco. Nei primi mesi dopo la messa a dimora delle piante, saranno necessari frequenti interventi di irrigazione e successivamente periodiche potature.

Il progetto del verde prevedrà la piantumazione di specie arbustive autoctone da impiantare in vari punti dell'area.

La scelta delle specie da impiantare si è basata sulla valutazione delle caratteristiche del sito, sono state individuate quelle con maggiore adattabilità alle condizioni climatiche locali, maggiormente resistenti e necessitanti di scarsa manutenzione con un apparato radicale che non contrasti con il progetto di messa in sicurezza permanente. Per quanto concerne la messa a dimora delle piantine, il periodo più idoneo è quello del riposo vegetativo. Particolare cura dovrà essere posta sia nell'acquisto del materiale vegetale, verificandone attentamente la provenienza, lo stato sanitario e le dimensioni, sia durante il trasporto e la messa a dimora delle piante, al fine di evitare di procurare loro ferite, traumi, essiccamenti.

Le buche per la messa a dimora degli arbusti dovranno presentare dimensioni idonee ad ospitare la zolla e le radici della pianta e a creare un'opportuna area di terreno drenante, indicativamente con una larghezza circa doppia rispetto alla zolla e una profondità pari a circa una volta e mezza.

Nella preparazione della buca dovrà essere posta particolare attenzione alla eventuale presenza di reti tecnologiche sotterranee. In generale per evitare il ristagno in prossimità delle radici sarà necessario posizionare sul fondo della buca un opportuno strato di materiale drenante (ghiaia, ecc.). Dopo il riempimento della buca, è importante compattare e livellare il terreno e subito irrigare, al fine di facilitarne l'ulteriore assestamento e la sua più completa adesione alle radici e alla zolla, nonché la ripresa della pianta. Nei primi mesi dopo la messa a dimora delle piante, sarà necessario effettuare frequenti interventi di irrigazione e potatura.

Nelle restanti zone ove non è prevista la piantumazione di arbusti ed alberi, si procederà con l'inerbimento di specie erbacee con la tecnica dell'idrosemina che consente il rapido e facile rinverdimento di superfici, in particolare quelle ripide o scarsamente accessibili e con scarso terreno vegetale. Essa si effettua con l'ausilio di idroseminatrici dotate di cisterna, nella quale vengono miscelati sementi, colanti, concimi, ammendanti e acqua. La miscela così composta viene sparsa sulla superficie mediante pompe a pressione di tipo e caratteristiche (es. dimensione degli ugelli) tali da non danneggiare le sementi stesse e consentire lo spargimento omogeneo dei materiali. La presenza dei collanti garantisce la protezione delle sementi durante la prima fase della germinazione. Per garantire l'attecchimento l'intervento di idrosemina deve avvenire nel periodo vegetativo, da marzo a ottobre, con esclusione del periodo estivo più arido. Il miscuglio di sementi, di provenienza autoctona idonea alle condizioni locali, sarà composto da graminacee (ad azione radicale superficiale), da leguminose (con capacità di arricchimento in azoto del terreno), quali: *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea*, *Brachypodium spp.*, *Dorycnium hirsutum*, *Stipa bromoides*, *Medicago sativa*, *Trifolium campestre*, *Vicia sativa*. Si userà una quantità di sementi di circa 30 g/m², addizionata a sostanze colloidali, torba e fertilizzanti, da stabilire in funzione delle caratteristiche dell'area di intervento. La provenienza e la germinabilità delle sementi dovranno essere certificate e la loro miscelazione con le altre componenti dell'idrosemina dovrà avvenire in loco, per evitare fenomeni di stratificazione gravitativa dei semi all'interno della cisterna.

5. CRONOPROGRAMMA

La durata complessiva dell'intervento è stimata in 150 (centocinquanta) giorni naturali e consecutivi, dettagliati secondo il seguente cronoprogramma delle attività:

		CRONOPROGRAMMA																			
		MESE 1					MESE 2					MESE 3				MESE 4				MESE 5	
DURTA COMPLESSIVA 150 GIORNI NATURALI E CONSECUTIVI		settimana 1	settimana 2	settimana 3	settimana 4	settimana 5	settimana 6	settimana 7	settimana 8	settimana 9	settimana 10	settimana 11	settimana 12	settimana 13	settimana 14	settimana 15	settimana 16	settimana 17	settimana 18	settimana 19	settimana 20
		ALLESTIMENTO CANTIERE	1	Recinzione con elementi in ferro e rete metallica	■																
2	Impianto elettrico di cantiere																				
3	Impianto idrico e fognario di cantiere																				
4	Formazione di basamento per baracche di cantiere			■																	
5	Baracche di Cantiere			■																	
6	Impianto elettrico di cantiere																				
7	Tracciamenti del cantiere		■	■																	
8	Viabilità - stabilizzazione meccanica delle terre				■																
ISOLAMENTO ED IMPERMEABILIZ.	1	Tracciamenti			■																
	2	Scavi di sbancamento a macchina			■	■															
	3	Rilevato a macchina				■	■														
	4	Scavi a sezione obbligata a macchina					■	■													
	5	Rinterro a macchina						■	■												
	6	Rinterro a mano							■	■											
	7	Posa in opera di strati impermeabilizzanti								■	■										
OPERE DI SISTEMAZIONE E VERSANTE	1	Posa in opera di geotessile							■	■	■										
	2	Posa in opera di biostuoie							■	■	■										
REGGIMENTAZIONE ACQUE METEORICHE	1	Compattazione del terreno a macchina								■	■	■	■								
	2	Posa canalette, cunette e fossi di guardia, tubazioni								■	■	■	■	■							
	3	Posa in opera di geotessile											■	■	■	■					
OPERE VARIE	1	pozzi per estrazione biogas e per monitoraggio															■	■	■		
	2	prove e collaudi																	■	■	
	3	demobilizzazione del cantiere																		■	

6. MONITORAGGIO POST OPERAM

Il D.Lgs. 36/03 prevede che l'iter amministrativo di bonifica e messa in sicurezza di una discarica deve contenere un Piano di Monitoraggio anche per la fase post-operativa, redatto secondo i criteri stabiliti al paragrafo 5 dell'Allegato 2 dello stesso decreto legislativo.

Il Piano autorizzato dagli enti di controllo deve prevedere delle notifiche all'autorità competente in caso di eventuali effetti negativi sull'ambiente riscontrati a seguito delle procedure di controllo adottate.

Il controllo e la sorveglianza saranno condotti avvalendosi di personale qualificato ed indipendente con riguardo ai parametri ed alle periodicità riportati come esemplificativi nelle Tabelle che seguono per le:

- *Acque di drenaggio superficiale;*
- *Percolato;*
- *Parametri-climatici;*
- *Morfologia della discarica e Stato del corpo della discarica;*
- *Suolo*

Nella relazione specialistica allegata al presente progetto sono riportato nel dettaglio le modalità esecutive di realizzazione del piano di monitoraggio post operam.

7. ANALISI DELLE DIVERSE TECNICHE DI BONIFICA

Si espongono di seguito due soluzioni alternative all'intervento in progetto di cui alla presente bonifica e messa in sicurezza:

La prima soluzione è rappresentata dalla combinazione della tecnologia del Soil Washing con quella dell'Estrazione con solventi, che chiameremo "Soluzione A"

Soil washing (lavaggio del suolo)

Questa tecnica consiste nel far circolare nel suolo contaminato dell'acqua pura o additivata con solventi organici, agenti chelanti, tensioattivi, acidi o basi, allo scopo di desorbire dalla matrice del suolo una parte dell'inquinante in modo che passi in soluzione o sospensione.

La tecnica del soil washing si basa sul principio che i contaminanti vengono veicolati attraverso le particelle più fini presenti nelle frazioni del suolo, e consiste nell'effettuare un vero e proprio lavaggio (washing) con acqua, soluzioni acquose di tensioattivi, biosurfattanti, oppure con solventi organici.

I metodi su cui si basa la rimozione dei contaminanti sono due:

1. Dissoluzione completa dei contaminanti nella soluzione acquosa di estrazione;
2. Concentrazione ed eventuale dispersione dei contaminanti nella soluzione di estrazione, sotto forma di particelle sospese.

Il lavaggio del suolo contaminato avviene scegliendo, in funzione della tipologia di inquinante, tra i seguenti possibili fluidi estraenti:

- Acqua: per contaminanti facilmente solubili (es. solfati e cloruri);
- Acqua con tensioattivi: nel caso di contaminazioni da idrocarburi;
- Solventi organici: per la rimozione di composti altrimenti poco solubili in acqua come gli idrocarburi;
- Soluzioni acide (es. HCl, H₂SO₄ ed HNO₃): per contaminazioni da metalli pesanti; - Soluzioni alcaline (es. NaOH, Na₂CO₃): per contaminazioni da cianuri;
- Agenti complessanti (acido citrico, acetato di ammonio, NTA ed EDTA-acido etilendiamminotetracetico): per contaminazioni da metalli pesanti.

Le principali fasi del processo di Soil Washing sono:

1. Pretrattamento del terreno contaminato, per suddividerne la granulometria;
2. Lavaggio ed estrazione dei contaminanti, che vengono rimossi dal terreno e trasferiti in una fase liquida/acquosa;
3. Separazione delle fasi liquido estraente - terreno;
4. Post-trattamento del terreno.

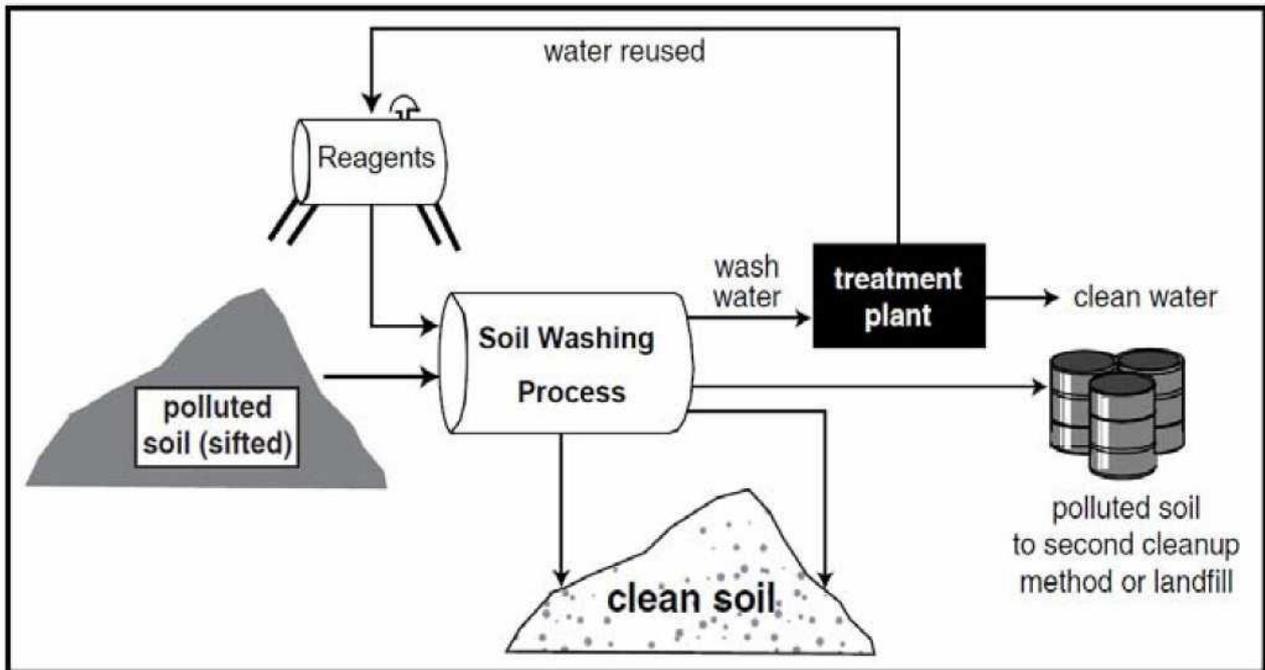


Figura esemplificativa delle fasi principali del "Soil washing"

Nella pratica il terreno contaminato subisce un processo di lavaggio, una selezione granulometrica dei materiali lavati ed in ultimo un trattamento chimico-fisico della parte acquosa/fangosa con recupero delle acque di lavaggio.

Esclusi i casi di dissoluzione completa dell'inquinante all'interno del fluido estraente, il processo consente di separare le frazioni con granulometria maggiore (sabbie e ghiaie), da limo ed argilla concentrando i contaminanti proprio in questa frazione. Le particelle di maggiori dimensioni, dopo il lavaggio, possono essere riutilizzate e riportate nel sito di provenienza. La parte rimanente di particelle con piccole dimensioni è quella contenente un'alta concentrazione di contaminanti. Tali rifiuti, di dimensioni e peso ridotto, possono essere inviati al riutilizzo in fornace e/o cementerie oppure avviati allo smaltimento definitivo.

La tecnica di Soil washing può essere utilizzata in combinazione con la tecnica ad estrazione con solvente, soprattutto nei terreni in cui si verifichi una contaminazione mista. Il caso specifico è quello in cui, in uscita dall'impianto di soil washing, si ottenga una frazione di suolo a norma per i metalli, ma non per gli organici che possono quindi essere bonificati mediante trattamento di estrazione con solvente.

Il soil washing è impiegato in caso di contaminazione del suolo da parte di metalli pesanti, idrocarburi (inquinamento localizzato) e pesticidi (inquinamento diffuso).

Nello specifico il soil-washing può trattare una grande varietà di contaminanti:

- benzene
- toluene
- xilene
- etilbenzene
- idrocarburi clorurati
- oli minerali, fenoli

- idrocarburi policiclici aromatici
- policlorobifenili
- diossine
- cianuri
- metalli pesanti.

La durata del trattamento di soil washing è in genere breve, da uno a tre mesi.

La tecnologia di Soil Washing necessita di eseguire delle prove per verificarne la fattibilità in relazione alle caratteristiche fisiche del suolo ed alla tipologia di contaminazione. Se nel terreno sono contenute percentuali di limo e argille elevate, esse rendono maggiormente problematica la fase di separazione solido-liquido; nella pratica la capacità totale di trattamento degli impianti (in t/mese) diminuisce su terreni con più alte percentuali di argilla e limo.

La specifica tecnologia di trattamento prevede che il terreno da decontaminare venga trasportato in altro sito, nel quale subisce il processo di “lavaggio” per poi ritrasportare il terreno decontaminato nel sito di destinazione. Pertanto questa tecnologia presuppone l’esistenza di ampi spazi per il trattamento del terreno o altro sito nel quale recapitare il terreno da trattare.

Estrazione con solventi

Descrizione

Vengono disciolti i composti organici nel solvente all’interno di un reattore. Gli inquinanti estratti e il solvente vengono poi immessi in un separatore per poter trattare i fluidi e per poter riutilizzare il solvente.

Applicabilità

E’ un processo indicato per trattare suoli, fanghi e sedimenti contaminati da composti organici come PCB, VOC, solventi alogenati e combustibili.

Per i composti inorganici si possono produrre reazioni che portano ad una trasformazione in composti meno tossici e meno lisciviabili.

Limitazioni

I metalli legati ai composti organici possono essere estratti assieme ai composti organici di interesse e ciò restringe le modalità di trattamento dei residui.

La presenza di emulsionanti e detergenti diminuisce l’efficacia del sistema.

Tracce di solventi possono rimanere nel suolo e bisogna poi considerare la loro tossicità.

E’ un processo poco efficace con composti organici di elevato peso molecolare e con sostanze idrofile.

Alcune tipologie di suolo e i livelli di umidità possono influenzare le prestazioni del processo.

I costi delle tecniche e tecnologia proposte sono i seguenti: € 495/mc.

Un'altra valida alternativa per la decontaminazione del sito d'interesse è rappresentato dalla combinazione della tecnologia del **Soil flushing** con quella della **Biodegradazione**, che chiameremo "**Soluzione B**".

Lavaggio (Soil Flushing)

Questa tecnica consiste nell'immettere acqua sul suolo o nel sottosuolo con eventuale aggiunta di additivi (per aumentare la solubilità dei contaminanti) al fine di separare i contaminanti dal suolo.

La tecnica prevede l'iniezione di soluzioni acquose nelle zone del suolo interessate dall'inquinamento, i fluidi così immessi nel terreno rimuovono gli inquinanti e li trasportano in zone in cui vengono bloccati ed estratti oppure immobilizzati da elementi appositamente introdotti nel terreno. L'iniezione di soluzioni avviene mediante una serie di pozzi verticali, orizzontali o inclinati, gallerie di infiltrazione o altro. L'estratto viene trasportato in superficie per il successivo trattamento in appositi impianti, ed iniettato nuovamente nel terreno.

Alla fine del processo di separazione solido/liquido si ottiene:

- la frazione di terreno lavata e depurata;
- un fango contaminato costituito da una parte solida, contenente la frazione fine del terreno in cui sono adsorbiti o fissati i contaminanti, e una parte liquida comprendente il fluido estraente, dove si trovano disciolti o in emulsione i contaminanti.

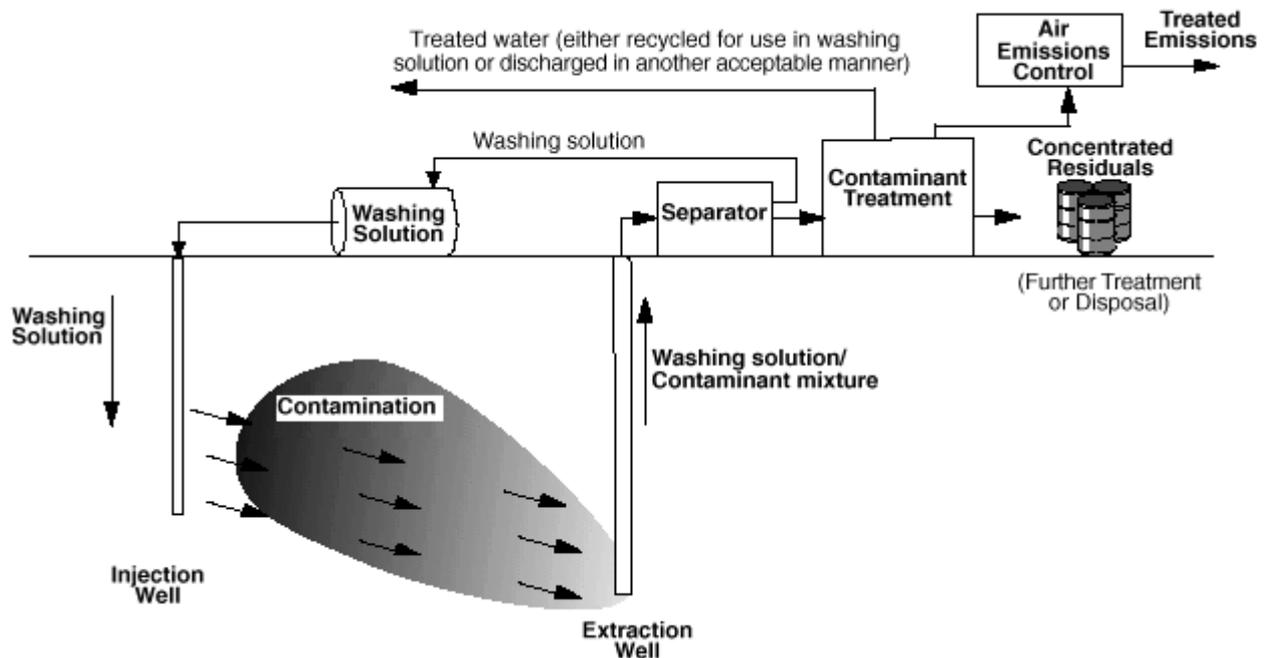


Figura esemplificativa delle fasi principali del "Soil flushing"

Le soluzioni di lavaggio, usate per il flushing, possono essere solo acqua oppure altre sostanze (come gli emulsionanti, co-solventi, chelanti, solventi, acidi e basi) che consentono sia di aumentare la velocità del processo, sia di incrementare la mobilità e la solubilità dei contaminanti. Nella scelta delle sostanze devono essere valutate preventivamente le reazioni possibili fra contaminanti diversi ed agente estraente, al fine di evitare la formazione di vapori tossici o di composti ancora più dannosi all'ambiente di quelli originari.

L'uso di queste tecniche di lavaggio è reso difficoltoso quando i terreni sono poco permeabili. In queste condizioni i flussi d'acqua hanno il duplice scopo di aumentare la permeabilità, attraverso un'azione di frammentazione del terreno, e di mobilizzare le particelle più sottili, in cui spesso sono adsorbiti gli elementi inquinanti e trasportarle in superficie per il successivo trattamento in appositi impianti. Un altro possibile utilizzo dei flussi d'acqua è quello di veicolare le iniezioni di composti, sostanze o popolazioni batteriche utili per il risanamento del sito.

L'applicazione principale del soil flushing è la riduzione della contaminazione del suolo da parte di metalli pesanti, idrocarburi (inquinamento localizzato) e pesticidi (inquinamento diffuso).

Questa tecnica è usata in genere in associazione con altre, come la **biodegradazione**, in modo tale da rendere accettabile la percentuale di riduzione dell'inquinante.

Se nel terreno sono contenute percentuali di limo e argille elevate, esse rendono maggiormente problematica la fase di separazione solido-liquido. Nella pratica la capacità totale di trattamento degli impianti (in t/mese) diminuisce su terreni con più alte percentuali di argilla e limo.

Svantaggio tipico di queste tecniche è la durata del trattamento di bonifica, che è normalmente piuttosto lungo.

Biodegradazione

Descrizione

Viene stimolata l'attività microbica mediante circolazione di soluzioni acquose nei suoli contaminati. Vengono usati nutrienti, ossigeno o altri ammendanti per incrementare la biodegradazione ed il desorbimento dei contaminanti dalla matrice solida.

Applicabilità

Disinquinamento suoli, sedimenti, fanghi ed acque sotterranee contaminate da combustibili ed in corso di applicazione anche ad altri composti organici.

Efficace nel risanamento di contaminazione di basso livello unitamente alla rimozione della sorgente.

Limitazioni

I livelli di risanamento finali possono non essere raggiunti se la matrice del terreno impedisce il contatto tra contaminanti e microrganismi.

Lo sviluppo di colonie batteriche può creare fenomeni di intasamento, impedendo il flusso dei fluidi iniettati.

Non può essere usato nei sistemi in cui è limitato lo scambio di ossigeno o di altri accettori di elettroni (ad esempio se nel sottosuolo sono presenti argille, terreni stratificati o molto eterogenei).

I percorsi preferenziali nel sottosuolo diminuiscono il contatto tra i fluidi iniettati e i contaminanti all'interno delle zone inquinate.

Alte concentrazioni di metalli pesanti, composti clorurati, idrocarburi a catena lunga o sali inorganici possono essere tossici per i microrganismi.

La biodegradazione è lenta a basse temperature

I costi delle tecniche e tecnologia proposte sono i seguenti: € 238/mc.

Si passerà ora alla comparazione economica delle due soluzioni alternative, Soluzione A e Soluzione B alla soluzione adottata (Capping).

- La decontaminazione delle aree contaminate esterne alla vasca adibita a discarica, attraverso l'uso della tecnica del "Capping" hanno la seguente incidenza economica:

costo al mq.	superficie da trattare	costo complessivo dell'intervento
	mq.	
€ 68,72	808	€ 55.525,76

- La decontaminazione attraverso l'utilizzo della "**Soluzione A**" ha la seguente incidenza economica:

costo al mc.	volume da trattare	costo complessivo dell'intervento
	mc	
€ 495,00	404	€ 199.980,00

- La decontaminazione attraverso l'utilizzo della "**Soluzione B**" ha la seguente incidenza economica:

costo al mc.	volume da trattare	costo complessivo dell'intervento
	mc	
€ 238,00	404	€ 96.152,00

In conclusione e dal raffronto dei costi sopra esposti si evince che la tecnologia di decontaminazione con un'incidenza economica inferiore è rappresentata proprio dalla realizzazione di un "capping" esteso a tutta la superficie da decontaminare.

8. ASPETTI ECONOMICI

L'importo delle opere è stato determinato attraverso il computo metrico estimativo allegato al presente progetto. I prezzi unitari sono stati desunti dal PREZZIARIO DEI LAVORI PUBBLICI 2014 di cui alla D.G.R.C. n. 713 del 30/12/2014. Per le categorie di lavorazioni non presenti nel suddetto prezziario, sono state redatte apposite analisi prezzo sommando i vari contributi per la manodopera, noli, trasporti e materiali. In particolare per la manodopera i costi orari unitari sono stati desunti dalle tabelle ufficiali.

L'importo dei lavori per la realizzazione del progetto di messa in sicurezza definitiva della discarica è pari a € **318.271,40** di cui ad € 12.564,00 per oneri per l'attuazione dei piani di sicurezza e non soggetti a ribasso.

Le somme a disposizione dell'amministrazione appaltante ammontano a € **172.977,80**

Il costo totale del progetto da quadro economico è pari a € 503.813,20

Il Progettista
Ing Tommaso Pelella

