

COMUNE DI BENEVENTO



Città di Benevento

SETTORE LAVORI PUBBLICI



P.R.U.S.S.T. CALIDONE

P.R.U.S.S.T. Calidone



REGIONE CAMPANIA

P.O.R. Campania FESR 2007-2013 - Obiettivo Operativo 1.2 : "Migliorare la salubrità dell'ambiente"



UNIONE EUROPEA

MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE E RIPRISTINO AMBIENTALE DELLA DISMESSA DISCARICA DI RR.SS.UU. IN LOCALITA' PONTE VALENTINO

- Zona Industriale ASI - BENEVENTO -

PROGETTO ESECUTIVO (II LOTTO)

Progettazione : Ing. Roberto La Peccerella	UBICAZIONE DELL'INTERVENTO	
	Località Ponte Valentino	
	DESCRIZIONE TAVOLA	
Geologia e consulenza specialistica : Dott. geol. Massimo Romito	Relazione specialistica	
		Tav. n° R.02
		Scala:
Collaboratori: geom. Renato Palummo geom. Carmelo Savignano	Data:	

R.U.P. : Ing. Giuseppe Soreca

Dir. LL.PP. : Arch. Isidoro Fucci

Ass. LL.PP. : Avv. Cosimo Lepore

Sindaco: Ing. Fausto Pepe

Note:

Attività di assistenza tecnica, prestata dal PRUSST Calidone in attuazione dell'Accordo Quadro del 31.05.2002, pubblicato sul BURC n. 33 del 15.07.2002.

Aggiornamento degli elaborati tecnici in seguito all'incarico di affidamento, con convenzione, del 16.11.2006 Rep.13324/2007 del documento di attuazione del 22.12.2006 e della lettera del Dirigente di Settore 24/07/2013 prot. 62988. Identificativo PRUSST: 70

Documento a cura del PRUSST Calidone - Ufficio Comprensoriale di Progettazione:

Ing. Adamo Ventura, ing. Patrizia Baldassarre, geom. Gino D'Argenio, geom. Vincenzo Cimino, geom. Gianpaolo Biele.



INDICE

1	PREMESSA	<i>pag.</i>	2
2	SPECIFICHE TECNICHE	<i>pag.</i>	3
2.1	Esecuzione di diaframma strutturale impermeabile	<i>pag.</i>	3
2.1.1	Descrizione dell'intervento	<i>pag.</i>	3
2.1.2	Tracciamento e realizzazione di muretti guida	<i>pag.</i>	4
2.1.3	Modalità di esecuzione del diaframma	<i>pag.</i>	4
2.1.4	Caratteristiche della miscela plastica di sostegno del foro	<i>pag.</i>	10
2.1.5	Caratteristiche dei giunti	<i>pag.</i>	11
2.1.6	Caratteristiche del calcestruzzo	<i>pag.</i>	11
2.2	Esecuzione di jet-grouting	<i>pag.</i>	13
2.2.1	Descrizione dell'intervento	<i>pag.</i>	13
2.2.2	Modalità di esecuzione del jet-grouting	<i>pag.</i>	14
2.3	Esecuzione capping superficiale	<i>pag.</i>	18
2.3.1	Descrizione dell'intervento	<i>pag.</i>	18
2.3.2	Geocomposito drenante gas-permeabile	<i>pag.</i>	20
2.3.3	Geocomposito bentonitico impermeabile	<i>pag.</i>	21
2.3.4	Geocomposito drenante e sistemi di drenaggio	<i>pag.</i>	24
2.3.5	Geostuoia antierosione di aggrappo	<i>pag.</i>	26
2.3.6	Terra rinforzata	<i>pag.</i>	28
2.4	Pozzi di captazione e smaltimento del biogas	<i>pag.</i>	29
2.4.1	Descrizione dell'intervento	<i>pag.</i>	29
2.4.2	Trivellazione dei pozzi	<i>pag.</i>	29
2.4.3	Sonda di captazione	<i>pag.</i>	30
2.4.4	Sigillatura e testa pozzo	<i>pag.</i>	32
2.5	Pozzi di captazione del percolato	<i>pag.</i>	33
2.5.1	Descrizione dell'intervento	<i>pag.</i>	33
2.5.2	Trivellazione dei pozzi	<i>pag.</i>	33
2.5.3	Condizionamento dei pozzi	<i>pag.</i>	34
2.5.4	Protezione superficiale	<i>pag.</i>	36
2.6	Opere di monitoraggio ambientale	<i>pag.</i>	37
2.6.1	Descrizione delle opere	<i>pag.</i>	37
2.6.2	Pozzo di monitoraggio della falda idrica	<i>pag.</i>	37



1. PREMESSA

La presente *Relazione Specialistica* riporta le modalità di esecuzione dei lavori nonché le specifiche tecniche delle forniture e delle attrezzature per l'esecuzione dell'intervento di "Messa in Sicurezza Permanente della Dismessa Discarica di RR.SS.UU. in Loc. Ponte Valentino del Comune di Benevento" - II° Lotto Completamento.

Verranno di seguito analizzate le seguenti parti d'opera

- ☑ Esecuzione di diaframma strutturale impermeabile;
- ☑ Esecuzione di Jet-grouting;
- ☑ Esecuzione capping superficiale;
- ☑ Pozzi di captazione e smaltimento del biogas;
- ☑ Pozzi di captazione del percolato;
- ☑ Opere di monitoraggio ambientale;

Costituiscono parte integrante della presente specifica tecnica i seguenti documenti:

- a) schemi funzionali;
- b) planimetrie, profili, sezioni e particolari costruttivi.

2. SPECIFICHE TECNICHE

2.1 Esecuzione di diaframma strutturale impermeabile

2.1.1 Descrizione dell'intervento

L'esecuzione di un sistema di cinturazione dell'area di discarica interessata dal II° Lotto funzionale di intervento, costituito da pannelli strutturali, ha lo scopo di realizzare un continuo impermeabile con il banco argilloso sottostante l'invaso che isoli completamente la massa di rifiuti – fonte accertata di inquinamento – dalle matrici ambientali circostanti e tanto in perfetta analogia e continuità con l'intervento eseguito nel corso della messa in sicurezza del I° Lotto di discarica.

Nel caso specifico e sulla sorta delle esperienze maturate durante l'esecuzione del I° Lotto dell'intervento di messa in sicurezza del sito di discarica, si è optato per un diaframma continuo in calcestruzzo di tipo "bifase", atteso che le caratteristiche geotecniche dei sedimenti direttamente interessati dalle fasi di scavo non garantiscono la tenuta delle pareti se non con utilizzo di sistemi di contenimento fissi o a perdere, con notevole aggravio di spese.

Il tracciato dei pannelli da realizzare è riportato nelle tavole di progetto: esso segue il perimetro dell'area di discarica sui WSW e SSE del cumulo; la quota sommitale del diaframma coinciderà con la quota di piano campagna derivante dalla livellazione iniziale, mentre la profondità risulterà variabile in funzione della quota del tetto del banco impermeabile, indicata negli elaborati grafici di progetto, con imposizione che il diaframma risulti ammorsato nei sedimenti argillosi per almeno 1,50 m di profondità.

La cinturazione del sito verrà, pertanto, realizzata mediante l'esecuzione di paratie di sezione pari a 0,60 m eseguite in tratti affiancati ed idoneamente giuntati con giunto a "coda di rondine" tipo *waterstop* per garantire l'impermeabilità della barriera verticale.

In considerazione della presenza di falda idrica e di terreni sciolti passibili di franamento, lo scavo dei singoli elementi verrà eseguito utilizzando quale fluido di perforazione e di sostegno una miscela a base di fango bentonitico.

Le modalità esecutive per la realizzazione del diaframma continuo impermeabile in calcestruzzo armato sono riassunte schematicamente nelle seguenti fasi:

- ✓ tracciamento e realizzazione di muretti guida;
- ✓ scavo di una serie di elementi primari con asportazione del terreno, utilizzando una miscela plastica per sostenere le pareti di scavo;
- ✓ eventuale dissabbiamento e pulizia del fondo;
- ✓ posa in opera dell'armatura e dei giunti;
- ✓ esecuzione del getto;
- ✓ scavo degli elementi intermedi raccordati agli elementi primari tramite giunti waterstop.

Al termine della seconda fase, pertanto, si realizza un diaframma strutturale impermeabile, senza soluzione di continuità per i tratti di interesse.

2.1.2 Tracciamento e realizzazione di muretti guida

Preliminarmente alle operazioni di scavo dovrà essere eseguito il livellamento di precisione del tracciato del diaframma e realizzate le corree di guida, in modo da avere un allineamento permanente materializzato sul suolo; le corree di guida saranno costituite da muretti aventi larghezza 50 ÷ 80 cm e profondità 40 ÷ 60 cm.

La realizzazione delle corree di guida servirà, inoltre, ad evitare problemi causati dalle fluttuazioni del livello superiore del fango bentonitico nello scavo, garantirà la presenza di un adeguato battente di fango bentonitico a partire dalla profondità alla quale diventa portante e servirà da supporto alle gabbie di armatura (che dovranno essere tenute sollevate dal fondo dello scavo) sino all'indurimento del calcestruzzo.

2.1.3 Modalità di esecuzione del diaframma

Per la realizzazione dello scavo a sezione rettangolare verranno utilizzate benne mordenti le cui dimensioni dovranno corrispondere alle dimensioni nominali dei pannelli da scavare.

Le benne mordenti potranno essere a funzionamento idraulico o meccanico ed essere manovrate mediante fune libera, o tramite aste di guida tipo Kelly.

Le attrezzature tipo Kelly potranno essere del tipo monoblocco, o

telescopico: nel caso di utilizzo di Kelly telescopici, i dispositivi di battuta devono essere tali da evitare rotazioni relative tra le varie aste.

L'ancoraggio dei Kelly sull'escavatore dovrà essere realizzato in modo da ridurre gli effetti di beccheggio dell'attrezzatura, conseguenti alla variazione di baricentro durante le manovre di scavo.

Prima dell'inizio dei lavori l'Impresa Esecutrice dovrà fornire i disegni costruttivi di cantiere, contenenti la planimetria con i pannelli numerati, indicando i primari ed i secondari, e la sequenza di esecuzione degli stessi.

Lo scavo con benna mordente sarà eseguito in presenza di fango bentonitico in quiete, le cui caratteristiche vengo riportate nel seguito.

Durante la perforazione, il livello del fango dovrà costantemente essere mantenuto in prossimità del piano di lavoro, adottando tutti gli accorgimenti ragionevoli al fine di prevenire la fuoriuscita del fango bentonitico al di là delle immediate vicinanze della zona di scavo; nel caso di improvviso franamento, con o senza perdita di fango, lo scavo verrà immediatamente riempito con calcestruzzo magro.

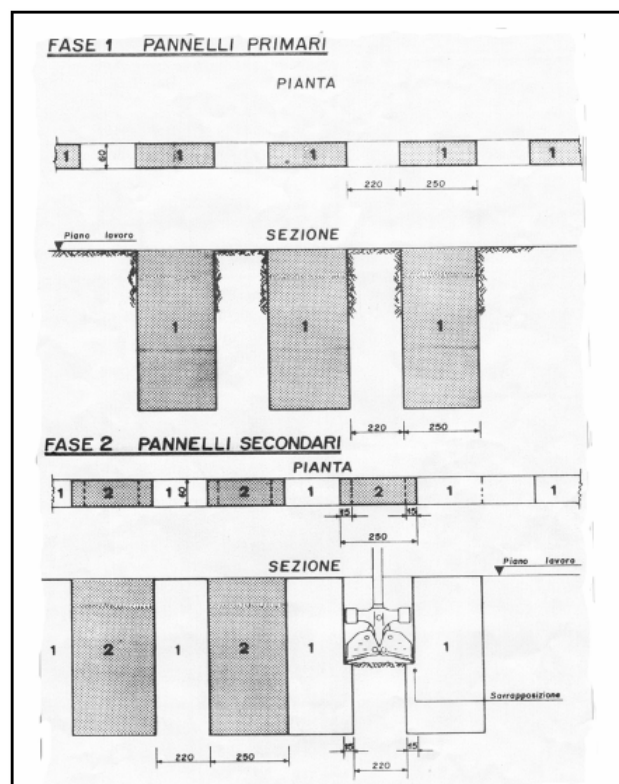


Figura 1 – Schema di sequenza operativa

Esecutivamente, dopo aver realizzato le corree di guida, si provvederà allo scavo a sezione rettangolare dei pannelli primari ([Figura 1](#)), la cui dimensione longitudinale sarà funzione del tipo di attrezzatura utilizzata.

Le lunghezze dei singoli elementi di scavo dovranno essere indicate dall'impresa in funzione delle esigenze costruttive dell'opera, della natura del terreno, della profondità di scavo, della sicurezza delle opere adiacenti, e tenendo conto delle dimensioni caratteristiche degli

attrezzi di scavo.

Al termine della perforazione si dovrà procedere all'accurata rimozione dei detriti rimasti sul fondo nonché alla sostituzione parziale od integrale del fango per ricondurlo alle caratteristiche prescritte per l'esecuzione del getto: in ogni caso, il contenuto in sabbia del fango non dovrà essere superiore al 5,00 % e la densità dello stesso non potrà superare $1,15 \text{ t/m}^3$.

In caso contrario l'Impresa Esecutrice dovrà provvedere alla sostituzione parziale o integrale del fango per ricondurlo alle caratteristiche richieste; tipo e numero dei controlli saranno commisurati, per ogni pannello, al raggiungimento delle suddette prescrizioni.

Dovranno essere predisposti opportuni sistemi per il controllo della verticalità dello scavo, e quindi dei pannelli: a tal uopo saranno utilizzati sistemi la cui precisione sarà commisurata alle profondità dei pannelli ed all'importanza dell'opera.

Successivamente verranno realizzati i pannelli secondari, di norma caratterizzati da dimensioni minori rispetto ai primari; al fine di realizzare la perfetta connessione tra i due pannelli e garantire l'impermeabilità della struttura, dovranno essere utilizzati giunti tipo "waterstop" (Figura 2).

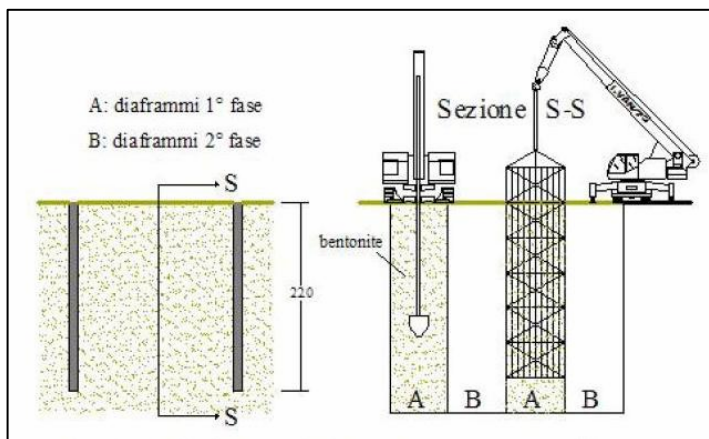


Figura 2 – Realizzazione diaframma con giunti a tenuta d'acqua

Per la corretta formazione dei giunti, si utilizzeranno tubi-spalla di opportuna forma e dimensione (colonne semi-circolari; profilati piatti irrigiditi con colonne semi-circolari; "canne d'organo", ...).

I tubi spalla saranno posati in opera - controllandone la verticalità con sistemi ottici - non appena completata la perforazione, e per tutta la profondità del pannello; ad avvenuta presa del getto si provvederà alla loro rimozione, utilizzando un opportuno estrattore a morsa idraulica: se necessario la superficie del tubo spalla potrà essere preventivamente trattata con vernici disarmanti.

Nello scavo dei pannelli adiacenti (pannelli secondari) si avrà cura di pulire con estrema cura l'impronta lasciata dal tubo-spalla, mediante opportuni raschiatori, la cui forma è ricalcata su quella del tubo spalla utilizzato; i raschiatori saranno utilizzati a fine perforazione, fissandoli rigidamente sull'utensile di scavo.

Completata la perforazione di ogni singolo pannello, si provvederà alla posa in opera delle gabbie di armatura preassemblate, costruite in conformità con le specifiche tecniche di capitolato.

Le gabbie non dovranno essere poggiate sul fondo, ma tenute sollevate tramite aggancio alle corree di guida allo scopo di garantire il completo ricoprimento delle armature con il calcestruzzo; analogamente dovranno essere predisposti appositi distanziatori verticali al fine di avere garanzia di un sufficiente spessore copriferro.

Si procederà, quindi, alla fase di getto, previo dissabbiamento ed eventuale sostituzione del fango di perforazione fino al raggiungimento dei prescritti valori di contenuto in sabbia.

Per il dissabbiamento e la rimonta del fango di perforazione da sostituire prima del getto, si potrà utilizzare uno dei seguenti sistemi:

- ✓ eiettore (air lifting);
- ✓ pompa sommersa per fanghi;
- ✓ pompa-vuoto applicata in testa al tubo-getto.

Il getto di calcestruzzo avverrà partendo da fondo foro ed impiegando un tubo di convogliamento (tubo-getto): esso sarà costituito da sezioni non più lunghe di 2,00 m di tubo in acciaio avente diametro interno pari a 20 ÷ 25 cm; l'interno del tubo dovrà essere pulito, privo di irregolarità e strozzature; le giunzioni tra sezioni saranno del tipo filettato, senza manicotto (filettatura in spessore) o con manicotti esterni che comportino un aumento di diametro non superiore a 2,0 cm; sono escluse le giunzioni a flangia.

Per una larghezza del pannello superiore ai 2,50 m sarà necessario procedere al getto utilizzando due o più tubi, alimentati in modo sincrono per assicurare la risalita uniforme del calcestruzzo.

Il tubo-getto sarà provvisto, all'estremità superiore, di una tramoggia di carico avente una capacità di almeno 0,5 - 0,6 m³, e mantenuto sospeso da idoneo sistema di sollevamento; all'inizio del getto si dovrà disporre in

cantiere di un volume di calcestruzzo pari a quello del tubo di getto e di almeno 3 o 4 metri di pannello; è prescritta una cadenza di getto non inferiore a $25 \text{ m}^3/\text{h}$, con velocità di risalita non inferiore ai $3,00 \text{ m/h}$ allo scopo di evitare la formazione di giunti “freddi”.

Prima di installare il tubo-getto sarà eseguita una ulteriore misura del fondo foro: qualora lo spessore dei depositi di fondo superi i 30 cm, si provvederà all'estrazione della gabbia di armatura ed alle operazioni di pulizia.

Il tubo di convogliamento sarà posto in opera arrestando il suo piede a $30 \div 60 \text{ cm}$ dal fondo della perforazione; al fine di evitare azioni di contaminazioni/dilavamento del primo calcestruzzo gettato, prima di iniziare il getto si disporrà entro il tubo, in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo formato da un involucro di carta riempito con vermiculite granulare o palline di polistirolo.

Durante il getto il tubo convogliatore sarà opportunamente manovrato per un'ampiezza di $20 \div 30 \text{ cm}$ in modo da favorire l'uscita e la risalita del calcestruzzo.

Previa verifica del livello raggiunto utilizzando uno scandaglio metallico a fondo piatto, il tubo di convogliamento sarà accorciato per tratti successivi nel corso del getto, sempre conservando un'immersione minima nel calcestruzzo di 3,00 metri per evitare fenomeni disgregazione o formazione di giunti orizzontali a causa della miscela di calcestruzzo e fango bentonitico.

Per nessuna ragione il getto dovrà venire sospeso prima del totale riempimento del pannello; a pannello riempito il getto sarà proseguito fino alla completa espulsione del calcestruzzo contaminato dal fango di bentonite.

In fase esecutiva dovrà, infine, essere verificata in continuo la geometria del diaframma, al fine di verificare che lo stesso sia realizzato a perfetta regola d'arte, ed in particolare:

- ◆ che l'ammorsamento nello strato impermeabile di base sia conforme alla profondità prevista in fase progettuale;
- ◆ che il diaframma sia verticale;
- ◆ che le armature siano verticali, centrate rispetto allo spessore del diaframma.

A tale scopo, per ogni cinque metri circa di diaframma realizzato, dovranno essere effettuate le seguenti verifiche:

- ✓ posizione planimetrica dell'asse dello scavo;
- ✓ quota del piano di campagna;
- ✓ profondità del tetto dello strato impermeabile;
- ✓ profondità del fondo scavo;
- ✓ verticalità dell'escavazione;
- ✓ larghezza dello scavo;
- ✓ verticalità dell'armatura;
- ✓ spessore copriferro.

In considerazione della particolare tipologia di intervento, sarà ammessa una tolleranza massima pari a 5.0 cm.

Al termine della realizzazione della cinturazione plastica, verranno eseguiti controlli a campione sull'opera con utilizzo di metodi geofisici (elettrici, elettromagnetici, GPR) ed oneri a carico dell'Impresa esecutrice.

Per ogni pannello eseguito, inoltre, l'Impresa esecutrice dovrà redigere una scheda indicante:

- ✓ data di esecuzione;
- ✓ numero progressivo del pannello;
- ✓ dati tecnici dell'attrezzatura;
- ✓ profondità di perforazione;
- ✓ informazioni relative alla stratigrafia locale;
- ✓ volumi e grafico del getto.

Il materiale estratto durante l'esecuzione delle perforazioni verrà provvisoriamente abbancato all'interno delle zona cinturata e definitivamente smaltito all'interno della stessa discarica, preliminarmente all'esecuzione del capping superficiale.

L'esecuzione dei pannelli partirà dallo spigolo SSE e proseguirà come da progetto verso lo spigolo SSW; da questo punto proseguirà lungo l'allineamento verso lo spigolo WSW fino a raggiungere la cinturazione già realizzata durante l'esecuzione del I° Lotto di intervento; i pannelli verranno eseguiti fino ad una distanza non inferiore a 4,00 m dalla cinturazione già realizzata in corrispondenza della viabilità di piano ASI e tanto al fine di lasciare il libero deflusso per le acque di falda residue le quali, altrimenti, tendono ad accumularsi all'interno della zona cinturata.

L'ultimo pannello realizzato dovrà essere dotato sul fronte esterno di giunto waterstop.

La chiusura definitiva della cinturazione verrà eseguita al termine dei lavori in sotterraneo, adottando la metodologia del jet-grouting per effettuare il collegamento con le esistenti strutture.

2.1.4 Caratteristiche della miscela plastica di sostegno del foro

In fase di scavo del singolo pannello dovranno essere garantiti due aspetti fondamentali: la stabilità delle particelle di terreno sulla parete e la stabilità globale della parete stessa.

A tal fine verrà utilizzata una miscela costituita da una sospensione di bentonite sodica la quale - in relazione alle proprie caratteristiche tixotropiche - crea, sul bordo dello scavo, un film impermeabile (cake); a tergo del cake, il fango bentonitico sviluppa una pressione di tipo idrostatico che costituisce pressione di confinamento efficace (al netto della pressione di falda nel terreno) che impedisce la rottura dell'elemento di terreno, alla scala elementare, o del fronte di scavo alla scala macroscopica.

Nell'ambito degli strati caratterizzati dalla presenza di una frazione granulometrica più grossolana (alluvioni sabbioso ghiaiose), inoltre, il fango bentonitico penetra nel terreno creando uno strato gelatinoso che ha lo stesso effetto del cake.

Durante le fasi di realizzazione degli scavi sarà opportuno che il livello del fango bentonitico nel cavo sia sempre superiore di almeno 2,00 m al livello piezometrico libero, e tanto anche in considerazione dell'incertezza sulla posizione del pelo libero del fluido nello scavo.

Il fango di sostegno sarà costituito da un premiscelato composto esclusivamente da bentonite ed acqua con composizione preliminarmente verificata in laboratorio e mantenuta costante nel corso della lavorazione.

La miscela dovrà essere a prestazione garantita: dovrà cioè rispondere ai requisiti funzionali richiesti dal progetto e comprovati da opportuna documentazione che dovrà essere presentata preliminarmente all'inizio dei lavori.

In linea di massima la miscela sarà costituita da bentonite sodica in polvere attivata ed acqua pura nella proporzione di 8/16 Kg di bentonite asciutta per 100 litri di acqua; il contenuto in sabbia finissima dovrà essere

inferiore al 3,00 % in massa della bentonite asciutta. Potranno, comune, essere utilizzati dosaggi diversi rispetto a quelli indicati in caso di necessità e previa approvazione della Direzione Lavori.

2.1.5 Caratteristiche dei giunti

La realizzazione dei giunti tra pannelli primari e secondari della paratia rappresentano uno dei punti più delicati delle fasi di lavorazione: al giunto, infatti, è affidato il trasferimento delle forze di taglio tra un pannello e l'adiacente, e la garanzia della tenuta stagna del sistema.

I pannelli primari della paratia – salvo quelli di testata – saranno dotati di giunti da entrambi i lati, preferibilmente sagomati a “coda di rondine” e dotati di sistema “waterstop” per prevenire l'infiltrazione idrica.

L'Impresa esecutrice avrà facoltà – sempre previa esplicita autorizzazione della Direzione Lavori – di realizzare i giunti impermeabili utilizzando una delle seguenti metodologie:

- mediante palancole metalliche (a perdere o da ritirare) inserite nei pannelli primari con giunto waterstop inserito in apposito alloggiamento;
- con tubo spalla a perdere (PVC) o da ritirare e giunto waterstop;
- a canne d'organo, realizzato con tubi in PVC affiancati (a perdere) o con sagomatura della palancola.

2.1.6 Caratteristiche del calcestruzzo

Il calcestruzzo utilizzato per la realizzazione della barriera strutturale impermeabile dovrà essere rispondente alle specifiche prestazioni richieste di conducibilità idraulica, resistenza a medio e lungo termine e compatibilità con la composizione chimica delle acque sotterranee; dovrà, inoltre, essere conforme alle proprietà richieste in fase di getto (tempo di presa) ed alle tempistiche di scavo.

Dovrà essere, inoltre, rispondente alle norme UNI EN 206-1 e UNI 11104.

Il calcestruzzo da utilizzare, pertanto, dovrà possedere caratteristiche tali da soddisfare contemporaneamente le seguenti esigenze:

- ✓ elevata resistenza all'attacco chimico;
- ✓ bassa conducibilità idraulica;
- ✓ elevata resistenza nei confronti di eventuali deformazioni del terreno.

Sulla scorta di quanto innanzi, pertanto, il calcestruzzo da utilizzare per la costituzione del diaframma strutturale impermeabile dovrà avere le seguenti caratteristiche tecniche minime:

◇ classe di consistenza	S4
◇ dimensione massima degli aggregati	32 mm
◇ classe di resistenza	C 32/40
◇ classe di esposizione	XA1 / XA2
◇ rapporto a/c (max)	0,50
◇ cemento min [Kg]	340

Il cemento per il confezionamento del calcestruzzo sarà fornito in polvere in sacchi o su cisterna e dotato di documento attestante la provenienza, la certificazione e le relative prove di qualità del prodotto trasportato, redatto dallo stabilimento del Fornitore.

Il confezionamento della miscela sarà effettuato in cantiere, mescolando il prodotto ottenuto con acqua, in appositi mescolatori con dosatori automatici e dovrà essere pronto per l'utilizzo in pochi minuti; la produzione della miscela deve garantire il corretto e continuo lavoro di esecuzione dei diaframmi.

Nel rispetto della vigente normativa di settore si procederà in fase esecutiva dell'opera al prelievo di idonei provini per la verifica, in laboratorio, delle caratteristiche del calcestruzzo fornito e gettato in opera; per una definizione quantitativa delle caratteristiche della miscela devono essere eseguite prove reologiche, di presa, di resistenza e di conducibilità idraulica sia su campioni di miscela fresca, sia dopo maturazione per 7, 14, 28 e 60 giorni.

A completamento dell'intervento di cinturazione, l'Impresa appaltatrice dovrà provvedere - con tutti gli oneri a proprio carico - ad eseguire, previa approvazione della D.L., controlli a campione sull'opera con utilizzo di metodi geofisici (elettrici, elettromagnetici, GPR) per verificarne la continuità e l'impermeabilità; per quanto attiene quest'ultimo parametro, il valore rilevato non dovrà essere superiore ad $1,00 * 10^{-6}$ cm/sec.

2.2 Esecuzione di jet-grouting

2.2.1 Descrizione dell'intervento

Come in precedenza evidenziato, ai fini di ottenere l'isolamento dalle matrici ambientali al contorno del cumulo di rifiuti interessato dal II° Lotto di completamento si è optato per una cinturazione del sito di discarica da realizzare complessivamente su tre fronti, in quanto sul quarto fronte, prospiciente la viabilità di piano ASI, detto intervento è stato già realizzato durante la fase esecutiva del I° Lotto di messa in sicurezza del sito.

Sul fronte ENE del cumulo, la presenza di una scarpata ad elevata acclività e la vicinanza della recinzione di un opificio industriale non consentono la realizzazione di una cinturazione con pannelli strutturali impermeabili, atteso che detta metodologia composta l'utilizzo di macchinari di notevoli dimensioni.

Su detto fronte, pertanto, la cinturazione del sito di discarica verrà effettuata mediante *jet-grouting* e tanto in perfetta analogia con quanto realizzato nel corso del I° Lotto di intervento, in particolare per quanto attiene il tratto di discarica sottoposto alla viabilità ASI; detta metodologia, infatti, necessita di macchinari di minori dimensioni e quindi di spazi operativi ridotti a fronte di risultati tecnicamente analoghi a quelli conseguiti con l'adozione della pannellatura verticale continua.

Nello specifico, il *jet-grouting* consiste nell'iniezione di un fluido stabilizzante ad altissima pressione nel terreno e che ha come scopo il consolidamento di volumi delimitati di terreno in posto al fine di migliorarne – nel caso specifico – le caratteristiche di permeabilità.

Tra le varie metodologie operative oggi esistenti sul mercato si è optato, in relazione alle caratteristiche litostratigrafiche del sito di intervento ed alle finalità da perseguire, per una tecnologia "*monofluido*" caratterizzata da una preventiva perforazione a vuoto o a circolazione di fanghi bentonitici per il sostegno delle pareti, di diametro pari a 100 mm, fino a raggiungere il banco limoso argilloso di fondo e ad attraversare il medesimo per una profondità non inferiore ad 1,50 m e la successiva iniezione ad alta pressione di una sospensione fluida costituita da acqua e cemento con l'eventuale additivazione di bentonite sodica; in virtù della pressione di iniezione si

ottiene il consolidamento di una “colonna” di terreno di sezione più ampia rispetto a quella effettivamente perforata (circa 800 mm).

Operando per colonne contigue parzialmente sovrapposte e disposte su di un singolo allineamento, si otterrà, pertanto, un diaframma colonnare continuo; per dette motivazioni, le perforazioni verranno eseguite ad un interasse non superiore a 500 mm.

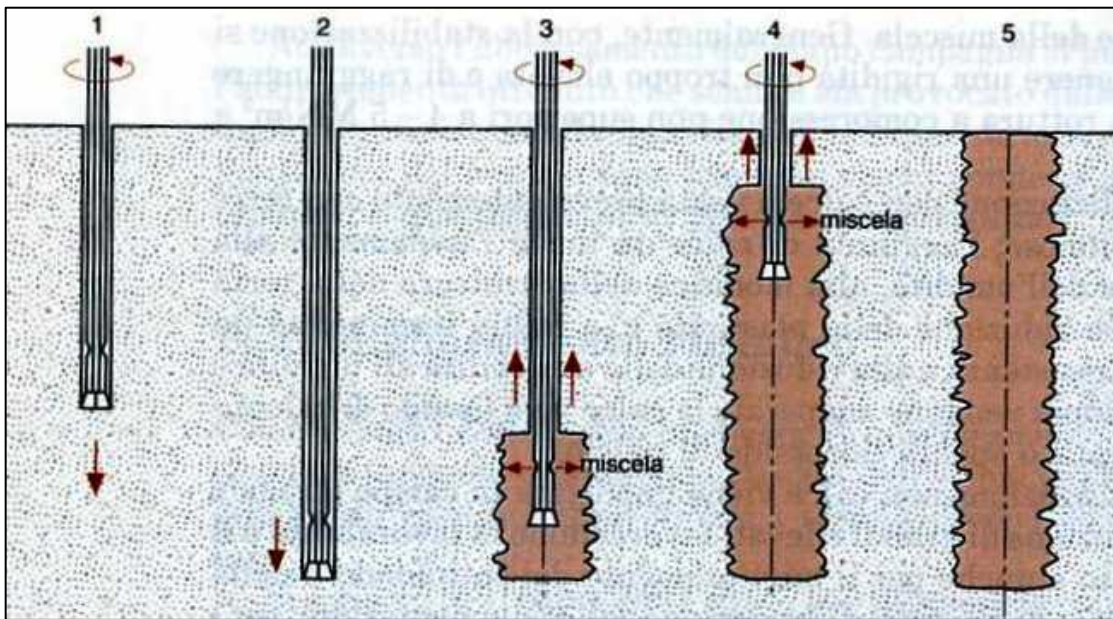


Figura 3- Schema di realizzazione colonna di jet-grouting monofluido

2.2.2 Modalità di esecuzione del jet-grouting

Per la perforazione delle singole colonne dovrà essere utilizzata una sonda automontata ad avanzamento idraulico rotary con sistema a rotazione e diametro di perforazione non superiore a 90 mm; la perforazione sarà eseguita a rotazione senza percussione.

Nel caso in cui si dovessero verificare franamenti delle pareti del perforo, potrà essere utilizzata quale sistema di sostegno una miscela costituita da una sospensione di bentonite sodica la quale - in relazione alle proprie caratteristiche tixotropiche - crea, sul bordo dello scavo, un film impermeabile (cake); a tergo del cake, il fango bentonitico sviluppa una pressione di tipo idrostatico che costituisce pressione di confinamento efficace (al netto della pressione di falda nel terreno) che impedisce la rottura dell'elemento di terreno, alla scala elementare, o del fronte di scavo alla scala macroscopica.

Nell'ambito degli strati caratterizzati dalla presenza di una frazione granulometrica più grossolana (alluvioni sabbioso ghiaiose), inoltre, il fango bentonitico penetra nel terreno creando uno strato gelatinoso che ha lo stesso effetto del cake.

Il fango di sostegno sarà costituito da un premiscelato composto esclusivamente da bentonite ed acqua con composizione preliminarmente verificata in laboratorio e mantenuta costante nel corso della lavorazione: in linea di massima la miscela sarà costituita da bentonite sodica in polvere attivata ed acqua pura nella proporzione di 8/16 Kg di bentonite asciutta per 100 litri di acqua; il contenuto in sabbia finissima dovrà essere inferiore al 3,00 % in massa della bentonite asciutta. Potranno, comune, essere utilizzati dosaggi diversi rispetto a quelli indicati in caso di necessità e previa approvazione della Direzione Lavori.

Effettuato, quindi, il tracciamento sul terreno dell'intervento, si darà avvio alla prima fase esecutiva (fase di andata o perforazione) in cui si inserisce nel terreno la batteria d'aste, munita della valvola porta ugelli, fino alla profondità di trattamento richiesta dal progetto.

In tale prima fase dovrà essere verificata in continuo la verticalità del perforo, fondamentale per la buona riuscita dell'intervento.

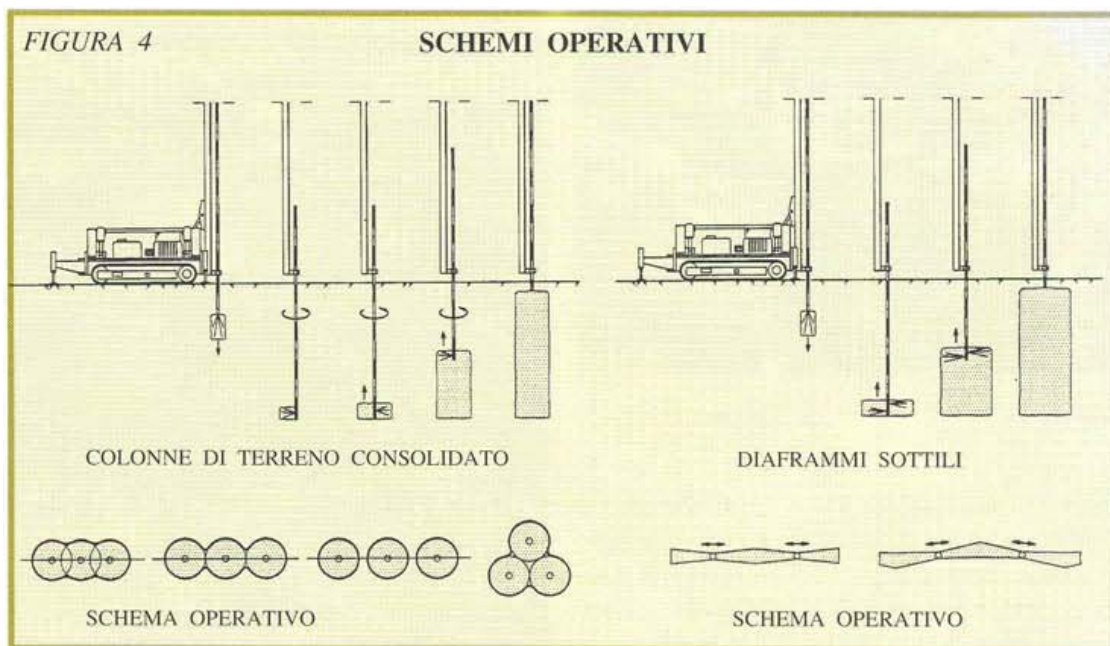


Figura 4- Schema operativo di realizzazione impermeabilizzazione colonnare con jet-grouting

Raggiunto il banco argilloso di base e perforato lo stesso per una profondità non inferiore ad 1,50 m, si darà avvio alla fase di risalita o di estrazione: la batteria di aste viene estratta a velocità di risalita ed angolare programmate mentre si effettua l'iniezione della miscela attraverso gli ugelli.

L'effetto dei getti fluidi costituiti da una miscela cementizia eventualmente additivata con bentonite sodica iniettata ad altissima velocità tramite gli ugelli dell'attrezzatura, sarà quello di disgregare la struttura del terreno in sito, miscelandolo o sostituendolo con lo stesso fluido iniettato avente effetto consolidante e, soprattutto, impermeabilizzante.

Al termine della fase di iniezione, pertanto, dovrà ottenersi una colonna consolidata di diametro orientativamente pari ad 800 mm; al fine di ottenere una struttura impermeabilizzata continua, le colonne verranno perforate in modo che la successiva sia parzialmente sovrapposta alla precedente; per dette motivazioni l'interasse tra due perforazioni contigue non sarà inferiore ai 500 mm.

La composizione della boiaccia di iniezione sarà definita nelle componenti chimico fisiche, granulometriche e quantitative in modo tale da garantire la massima affidabilità dal punto di vista statico, plastico e della impermeabilizzazione; il dosaggio della stessa sarà preventivamente eseguito in laboratorio, e successivamente in cantiere mediante opportune prove di qualificazione.

In generale, nell'esecuzione della colonna, dovranno essere rispettati i seguenti parametri operativi:

- Velocità di rotazione [rpm] $10 \div 20$
- Velocità di estrazione [cm/min] $20 \div 100$
- Diametro ugelli miscela [mm] $2 \div 4$
- Rapporto cemento/acqua $1,00 \div 1,50$ (in peso)
- Volume miscela iniettata [m³/m] $0,2 \div 0,3$
- Pressione di iniezione [MPa] $30 \div 50$
- Portata iniezione [l/sec] $1 \div 3$

Ogni singola colonna ottenuta a seguito del jetting dovrà rispettare i seguenti parametri:

- Resistenza alla compressione (terreni incoerenti) $\geq 50 \text{ Kg/cm}^2$
- Resistenza alla compressione (terreni coerenti) $\geq 40 \text{ Kg/cm}^2$
- Permeabilità $\leq 1,00 * 10^{-6}$

In fase esecutiva dovrà, infine, essere verificata in continuo la geometria della singola colonna, sia in fase di perforazione di che iniezione, al fine di verificare che la stessa sia realizzata a perfetta regola d'arte, ed in particolare:

- ◆ che l'ammorsamento nello strato impermeabile di base sia conforme alla profondità prevista in fase progettuale;
- ◆ che la colonna sia verticale;
- ◆ che l'iniezione rispetti, in termini dimensionali e volumetrici, le prescrizioni di progetto;
- ◆ che i risultati ottenuti con l'iniezione rispettino i parametri progettuali.

In considerazione della particolare tipologia di intervento, sarà ammessa una tolleranza massima pari a 5,0 cm.

Al termine della realizzazione della cinturazione colonnare impermeabile, verranno eseguiti controlli a campione sull'opera con utilizzo di metodi geofisici (elettrici, elettromagnetici, GPR) ed oneri a carico dell'Impresa esecutrice.

Per ogni colonna eseguita, inoltre, l'Impresa esecutrice dovrà redigere una scheda indicante:

- ☑ data di esecuzione;
- ☑ numero progressivo della colonna;
- ☑ dati tecnici dell'attrezzatura;
- ☑ profondità di perforazione;
- ☑ informazioni relative alla stratigrafia locale;
- ☑ volumi e grafico del getto.

Il materiale estratto durante l'esecuzione delle perforazioni verrà provvisoriamente abbancato all'interno della zona cinturata e definitivamente smaltito all'interno della stessa discarica, preliminarmente all'esecuzione del capping superficiale.

L'esecuzione del jet-grouting partirà dallo spigolo SSE e proseguirà come da progetto verso lo spigolo NNE, fino a raggiungere la cinturazione già realizzata con analogo metodo in corrispondenza della viabilità di piano ASI, operando il completo ammorsamento tra il nuovo ed il vecchio intervento.

Conclusa detta operazione, si provvederà alla completa chiusura della cinturazione per il tratto ancora aperto sul fronte NNE,

effettuando l'ammorsamento con colonne di jet-grouting tra la cinturazione con pannelli strutturali realizzata ed esistente struttura colonnare costruita durante l'esecuzione del I° Lotto di messa in sicurezza del sito di discarica.

2.3 Esecuzione di capping superficiale

2.3.1 Descrizione dell'intervento

In considerazione delle elevate pendenze che caratterizzano il corpo rifiuti, non modificabili, che non consentono l'adozione di sistemi di impermeabilizzazione e di drenaggio delle acque meteoriche di tipo minerale, si è optato – in perfetta analogia con le scelte tecniche operate in fase di esecuzione del I° Lotto di intervento - per un sistema di chiusura che utilizza esclusivamente geosintetici e che comunque rispetta appieno le prescrizioni di cui all'allegato 1, punto 2.4.3 del D. Lgs. n° 36/2003.

Partendo dal corpo rifiuti adeguatamente regolarizzato, si provvederà a predisporre un geocomposito drenante gas permeabile, con la funzione di captare e convogliare verso i pozzi di aspirazione tutte le fuoriuscite incontrollate di biogas che dovessero verificarsi lungo le scarpate, evitando, così la creazione di pericolose sovrappressioni nell'ambito dei rifiuti stoccati; tale geocomposito, inoltre, ha la funzione di scongiurare la possibilità di eventuali risalite capillari, nonché di ammortizzare ed omogeneizzare gli assestamenti del sistema di impermeabilizzazione in relazione ai prevedibili assestamenti del corpo rifiuti, dovuti anche alla degassazione.

Al di sopra di tale strato verrà disposto un sistema impermeabilizzante artificiale, deputato essenzialmente ad evitare infiltrazioni di acque meteoriche nel corpo rifiuti con conseguente formazione di percolato, costituito da un geocomposito bentonitico dotato di un coefficiente di permeabilità non inferiore a $k = 1.00 \cdot 10^{-9}$ cm/sec.

Si è optato per l'utilizzo di un geocomposito bentonitico rispetto alla più classica guaina in HDPE in relazione, tra l'altro, alla facilità e rapidità di posa in opera della prima, stesa in teli parzialmente sovrapposti, senza dover ricorrere ad operazione di saldatura a caldo, particolarmente complesse in presenza di elevate pendenze; inoltre l'elevata resistenza al taglio del geocomposito bentonitico, non vincolato da saldature, lo rende più idoneo a resistere agli sforzi di taglio e di trazione dovuti ai fenomeni di assestamento,

spesso di notevoli entità, senza rischi di lacerazioni o diminuzioni del coefficiente di permeabilità.

Al di sopra dello strato impermeabile verrà disposto un sistema per il drenaggio controllato ed il completo allontanamento delle acque di provenienza meteorica: anche in tal caso, per l'elevata pendenza delle scarpate, si utilizzerà un geocomposito drenante sintetico capace di garantire elevata trasmissione del fluido e basso rischio di intasamento a fronte di rapida ed economica posa in opera.

Le acque così captate e convogliate verso il piede delle scarpate verranno allontanate a mezzo di un sistema di tubazioni di raccolta posizionato a tergo del muro di recinzione.

Al di sopra dello strato di drenaggio verrà disposto uno strato di terreno vegetale avente spessore variabile tra 0,40 m sulle scarpate, laddove si rilevano elevate pendenze, ed 1,00 m sulle zone di sommità, laddove le pendenze risultano molto più contenute.

Al fine di aumentare la resistenza al taglio lungo la superficie di contatto tra terreno vegetale e sottostante geocomposito, verrà posata in opera una geostuoia antierosione di armatura ed aggrappo, opportunamente ancorata in testa mediante specifica trincea.

Sul fronte NNW del cumulo di rifiuti, inoltre, laddove la presenza di un esistente muro di sostegno - da preservare per evidenti motivi di opportunità - non consente la risagomatura della scarpata, è stata prevista la realizzazione di una struttura di contenimento in terra rinforzata - per uno sviluppo lineare complessivo pari a 70 m - che garantirà adeguatamente la stabilità della scarpata a monte.

Sul fronte NNE, infine, laddove - oltre alla elevata acclività - sussistono oggettivi problemi di spazi operativi per la immediata vicinanza di una proprietà terza, si è optato, ai fini della stabilizzazione della scarpata, per l'utilizzo di elementi prefabbricati in calcestruzzo vibrato poroso, posti in opera a secco salvo la fila di base, opportunamente riempiti con terreno granulare ad elevata permeabilità e sovrastante terreno vegetale per l'attecchimento della vegetazione (*Cfr. grafici di progetto*).

Gli elementi prefabbricati verranno disposti sul detto fronte su di un singolo allineamento per uno sviluppo lineare complessivo pari a circa 140 ml e su due allineanti sovrapposti per una lunghezza di circa 60 ml, in modo

tale da ottenere una sagomatura a gradoni nella fascia più acclive della scarpata (Cfr. grafici di progetto).

Verranno di seguito analizzate le principali caratteristiche tecniche e le modalità dei posa in opera dei geosintetici, dei sistemi di drenaggio e della struttura in terra armata.

2.3.2 Geocomposito drenante gas-permeabile

Per la realizzazione dello strato di livellamento gas-permeabile, avente anche funzione di protezione contro eventuali risalite capillari, si è optato per un geocomposito drenante tipo “*Enkadrain 5004C/T 110 PP*” o similare, costituito da un nucleo drenante tridimensionale realizzato in monofilamenti di polipropilene e lavorato termicamente in modo da conferirgli una configurazione particolarmente adatta a resistere alle pressioni esercitate dal terreno di rinterro; il nucleo drenante dovrà essere racchiuso da due non-tessuti filtranti termosaldati, realizzati in filamenti di polipropilene.

Per permettere le giunzioni di pannelli adiacenti, ognuno dei due non-tessuti dovrà debordare da un lato, rispetto il nucleo drenante, per almeno 15 cm.

Il geocomposito fornito dovrà, inoltre, essere caratterizzato da inerzia chimica totale, imputrescibilità, inattaccabilità da parte di roditori e microrganismi, insensibilità agli agenti atmosferici, stabilità ai raggi ultravioletti ottenuta mediante specifici quantitativi di nerofumo e possedere le seguenti caratteristiche tecniche minime:

Proprietà idrauliche e meccaniche del geocomposito drenante gas-permeabile			
Caratteristiche	Unità di misura	valore	Metodologia
Spessore	mm	≥ 4.00	
Massa areica	g/cm ²	> 1000	ASTM D5261 UNI EN 965
Resistenza a trazione longitudinale	kN/m	> 20	UNI EN ISO 10319
Resistenza a trazione trasversale	kN/m	> 20	
Deformazione a carico massimo longitudinale	%	> 50	
Trasmissività longitudinale (a 20 kPa e i = 1.0)	m ² /s	1 * 10 ⁻³	ASTM D4716 UNI EN ISO 12958

<i>Proprietà idrauliche e meccaniche dei filtri</i>			
<i>Caratteristiche</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>valore</i>	<i>Metodologia</i>
Spessore	mm	≥ 0.40	UNI EN 964 - 1
Massa areica	g/cm ²	> 100	UNI EN 965
Permeabilità all'acqua	mm/s	> 65	UNI EN ISO 11058
Resistenza a trazione longitudinale	kN/m	> 7	UNI EN 10319
Resistenza a trazione trasversale	kN/m	> 7	
Allungamento a rottura longitudinale	%	> 60	
Resistenza al punzonamento statico	kN	> 1	UNI EN 12236
Resistenza alla perforazione dinamica	mm	> 35	UNI EN 918

Il geocomposito consegnato in cantiere dovrà essere corredato, per ogni rotolo, da apposito certificato di conformità rilasciato dalla Ditta produttrice (la quale dovrà comunque operare con Sistema di Qualità conforme ai requisiti della normativa UNI EN ISO 9001:2000) secondo le modalità previste dalla norma EN 45014, che attesti lo stabilimento di produzione, la quantità, il tipo e le caratteristiche tecniche del prodotto fornito, con preciso riferimento alla data ed alla località di consegna; le caratteristiche tecniche dovranno essere corrispondenti o migliori rispetto a quelle previste in capitolato; ogni rotolo dovrà essere fornito di matricola per il riconoscimento.

Ai fini dell'accettazione del materiale dovranno essere comunque eseguite, con oneri a carico dell'Impresa esecutrice, almeno n° 3 prove di controllo e verifica dei requisiti richiesti, con prelievo in contraddittorio dei campioni da avviare ad analisi e redazione di specifico verbale; le analisi da eseguire a cura di laboratorio qualificato su singolo campione saranno atte a determinare almeno:

- ✓ massa areica [UNI EN 965]
- ✓ resistenza a trazione [UNI EN ISO 10319]
- ✓ trasmissività longitudinale [UNI EN ISO 12958]

2.3.3 Geocomposito bentonitico impermeabile

Per la realizzazione della barriera a bassa permeabilità di isolamento della massa dei rifiuti dall'ambiente circostante, verrà utilizzato un geocomposito rinforzato (GCL) tipo "HarpoBent A" o similare, costituito da

uno strato di bentonite sodica racchiuso tra due geotessili non tessuti di tipo agugliato in polipropilene.

Per la valutazione dell'affidabilità del materiale fornito, saranno verificate le caratteristiche tecniche sia del prodotto nella sua globalità, sia delle singole componenti (geotessili di contenimento e bentonite) specificate nelle schede tecniche fornite dal produttore.

Il geocomposito fornito dovrà, inoltre, essere caratterizzato da imputrescibilità, inattaccabilità da parte di roditori e microrganismi, stabilità ai raggi ultravioletti e possedere le seguenti caratteristiche tecniche minime:

Proprietà idrauliche e meccaniche del geocomposito bentonitico			
Caratteristiche	Unità di misura	valore	Metodologia
Spessore	mm	≥ 7.00	EN 964 - 1
Permeabilità (o Indice di flusso)	m/s	$\leq 5.0 \cdot 10^{-11}$	ASTM D5084 ASTM D5887
Resistenza a trazione longitudinale	kN/m	> 10	ASTM D6768 UNI EN ISO 10319
Deformazione a carico massimo longitudinale	%	> 10	
Resistenza a trazione trasversale	kN/m	> 10	
Deformazione a carico massimo trasversale	%	> 8	
Allungamento a rottura longitudinale	%	> 70	
Resistenza al punzonamento statico	N	> 2500	EN ISO 12236
Resistenza al taglio	kPa	> 15	ASTM D5231
Resistenza al peeling in direzione longitudinale	N	> 65	ASTM D4632
Quantità di bentonite nell'unità d'area	Kg/m ²	≥ 4.80	ASTM D5261
Massa areica totale (contenuto in umidità della bentonite al 12%)	g/m ²	≥ 5200	ASTM D5264 UNI EN 965
Proprietà della bentonite			
Caratteristiche	Unità di misura	valore	Metodologia
Contenuto in Montmorillonite	%	≥ 80	XRD
Indice di rigonfiamento	2 g/100 ml/24 h	≥ 24	ASTM D5890
Perdita di umidità	ml	≥ 18	ASTM D5891
Assorbimento d'acqua	%	≥ 650	ASTN E 946

<i>Proprietà idrauliche e meccaniche dei filtri</i>			
<i>Caratteristiche</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>valore</i>	<i>Metodologia</i>
Massa areica	g/cm ²	≥ 200	UNI EN 965

Il geocomposito consegnato in cantiere dovrà essere corredato, per ogni rotolo, da apposito certificato di conformità rilasciato dalla Ditta produttrice (la quale dovrà comunque operare con Sistema di Qualità conforme ai requisiti della normativa UNI EN ISO 9001:2000) secondo le modalità previste dalla norma EN 45014, che attesti lo stabilimento di produzione, la quantità, il tipo e le caratteristiche tecniche del prodotto fornito, con preciso riferimento alla data ed alla località di consegna; le caratteristiche tecniche dovranno essere corrispondenti o migliori rispetto a quelle previste in capitolato; ogni rotolo dovrà essere fornito di matricola per il riconoscimento.

Ai fini dell'accettazione del materiale dovranno essere comunque eseguite, con oneri a carico dell'Impresa esecutrice, almeno n° 3 prove di controllo e verifica dei requisiti richiesti, con prelievo in contraddittorio dei campioni da avviare ad analisi e redazione di specifico verbale; le analisi da eseguire a cura di laboratorio qualificato su singolo campione saranno atte a determinare almeno:

- ✓ massa areica [ASTM D5261; UNI EN 965; prEN 14196]
- ✓ spessore [EN 946 - 1]
- ✓ coefficiente di permeabilità [ASTM D5184; ASTM D5887]
o indice di flusso

Prima della stesura del geocomposito, sarà necessario verificare che lo stesso non risulti lacerato o comunque danneggiato; durante la posa dovrà essere verificata la sovrapposizione tra teli adiacenti, che dovrà essere non inferiore a 20 cm e la disposizione degli stessi teli, che dovrà essere parallela alle linee di massima pendenza.

A tal uopo, preliminarmente all'inizio delle operazioni di stesura, la Ditta predisporrà un'apposita planimetria (*diagramma di posa*) indicante la disposizione dei teli e delle relative giunture, da sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori; i teli dovranno essere univocamente identificati sul diagramma di posa, tramite numerazione, così come le relative giunture.

In corrispondenza delle giunture tra teli adiacenti, dovrà essere eseguita una sigillatura in bentonite sodica granulare, generalmente dello

stesso tipo di quella utilizzata per la costruzione del geocomposito e fornita dalla stessa Ditta produttrice.

Ai fini del controllo delle caratteristiche della bentonite usata per la sigillatura, a discrezione della Direzione Lavori potrà essere richiesto il prelievo di campioni da sottoporre in laboratorio alle seguenti prove:

- ✓ limiti di Atterberg [ASTM D4318; UNI 10014]
- ✓ indice di rigonfiamento [ASTM D5890]
- ✓ coefficiente di permeabilità [ASTM D5084]

2.3.4 Geocomposito drenante e sistemi di drenaggio

Ai fini della captazione e dell'allontanamento delle acque di infiltrazione superficiali, e con funzione di protezione contro eventuali risalite capillari, al di sopra del livello impermeabile verrà posizionato un geocomposito drenante tipo "Enkadrain 5006H/T 110 PP" o similare, costituito da un nucleo drenante tridimensionale realizzato in monofilamenti di polipropilene e lavorato termicamente in modo da conferirgli una configurazione particolarmente adatta a resistere alle pressioni esercitate dal terreno di rinterro; il nucleo drenante dovrà essere racchiuso da due non-tessuti filtranti termosaldati, realizzati in filamenti di polipropilene ed assemblati al nucleo drenante mediante cucitura longitudinale.

Per permettere le giunzioni di pannelli adiacenti, ognuno dei due non-tessuti dovrà debordare da un lato, rispetto il nucleo drenante, per almeno 15 cm.

Il geocomposito fornito dovrà, inoltre, essere caratterizzato da inerzia chimica totale, imputrescibilità, inattaccabilità da parte di roditori e microrganismi, insensibilità agli agenti atmosferici, stabilità ai raggi ultravioletti ottenuta mediante specifici quantitativi di nerofumo e possedere le seguenti caratteristiche tecniche minime:

Proprietà idrauliche e meccaniche del geocomposito drenante			
Caratteristiche	Unità di misura	valore	Metodologia
Spessore	mm	≥ 6.00	
Massa areica	g/cm ²	> 1000	ASTM D5261 UNI EN 965
Resistenza a trazione longitudinale	kN/m	> 20	UNI EN ISO 10319
Resistenza a trazione trasversale	kN/m	> 20	

Deformazione a carico massimo longitudinale	%	> 50	UNI EN ISO 10319
Trasmissività longitudinale (a 20 kPa e i = 1.0)	m ² /s	2.5 * 10 ⁻³	ASTM D4716 UNI EN ISO 12958
Proprietà idrauliche e meccaniche dei filtri			
Caratteristiche	Unità di misura	valore	Metodologia
Spessore	mm	≥ 0.40	UNI EN 964 - 1
Massa areica	g/cm ²	> 100	UNI EN 965
Permeabilità all'acqua	mm/s	> 65	UNI EN ISO 11058
Resistenza a trazione longitudinale	kN/m	> 7	UNI EN 10319
Resistenza a trazione trasversale	kN/m	> 7	
Allungamento a rottura longitudinale	%	> 60	
Resistenza al punzonamento statico	kN	> 1	UNI EN 12236
Resistenza alla perforazione dinamica	mm	> 35	UNI EN 918

Il geocomposito consegnato in cantiere dovrà essere corredato, per ogni rotolo, da apposito certificato di conformità rilasciato dalla Ditta produttrice (la quale dovrà comunque operare con Sistema di Qualità conforme ai requisiti della normativa UNI EN ISO 9001:2000) secondo le modalità previste dalla norma EN 45014, che attesti lo stabilimento di produzione, la quantità, il tipo e le caratteristiche tecniche del prodotto fornito, con preciso riferimento alla data ed alla località di consegna; le caratteristiche tecniche dovranno essere corrispondenti o migliori rispetto a quelle previste in capitolato; ogni rotolo dovrà essere fornito di matricola per il riconoscimento.

Ai fini dell'accettazione del materiale dovranno essere comunque eseguite, con oneri a carico dell'Impresa esecutrice, almeno n° 3 prove di controllo e verifica dei requisiti richiesti, con prelievo in contraddittorio dei campioni da avviare ad analisi e redazione di specifico verbale; le analisi da eseguire a cura di laboratorio qualificato su singolo campione saranno atte a determinare almeno:

- ✓ massa areica [UNI EN 965]
- ✓ resistenza a trazione [UNI EN ISO 10319]
- ✓ trasmissività longitudinale [UNI EN ISO 12958]

I singoli teli del geocomposito dovranno essere installati lungo la direzione di massima pendenza del pendio, in quanto il massimo afflusso

idrico avviene proprio lungo la direzione longitudinale; le estremità dei geocompositi dovranno essere unite lungo la larghezza del rotolo, utilizzando a tal uopo le parti debordanti oltre i filtri del non-tessuto.

Le acque drenate dal geocomposito verranno convogliate, per gravità, verso il piede del cumulo di rifiuti, laddove verrà predisposto un sistema di collettamento ed allontanamento costituito da una tubazione annegata in dreno minerale.

La tubazione di drenaggio, corrugata esternamente e liscia internamente, dovrà essere realizzata in polietilene neutro ad alta densità HDPE, stabilizzato ai raggi UV, ed avere diametro nominale DN 200 mm.

Essa, fornita in rotoli di lunghezza non inferiore a 25 m, dovrà avere le seguenti caratteristiche tecniche minime:

- | | | |
|--------------------------------------|---------------------|-------|
| ➤ superficie di captazione minima | cm ² /ml | > 50 |
| ➤ numero di fori sulla circonferenza | n° | ≥ 4 |
| ➤ larghezza media delle fessure | mm | ≥ 2 |
| ➤ lunghezza media delle fessure | mm | ≥ 20 |
| ➤ resistenza allo schiacciamento | N | > 300 |
- [UNI EN 50086 – 4]

2.3.5 Geostuoia antierosione di aggrappo

Al fine di migliorare il valore dell'angolo di attrito tra geocomposito bentonitico e sovrastante terreno di copertura, segnatamente in relazione all'elevata acclività che caratterizza le scarpe della discarica, si provvederà alla posa in opera – prima di procedere alla stesura del terreno di riporto - di un geocomposito di armatura ed aggrappo, avente anche funzioni antierosive, del tipo “*Enkamat 7010W/80.30 PP*” o similare, costituito da una geostuoia tridimensionale di aggrappo in filamenti di poliammide e da un geotessuto di rinforzo in polipropilene accoppiati per cucitura, sia in senso trasversale che longitudinale.

Per permettere la sovrapposizione di pannelli adiacenti, il geotessuto di rinforzo dovrà debordare da un lato, rispetto alla geostuoia di aggrappo, per almeno 15 cm.

La geostuoia fornita dovrà, inoltre, essere caratterizzata da inerzia chimica totale, imputrescibilità, inattaccabilità da parte di roditori e microrganismi, insensibilità agli agenti atmosferici, stabilità ai raggi

ultravioletti ottenuta mediante specifici quantitativi di nerofumo e possedere le seguenti caratteristiche tecniche minime:

<i>Proprietà idrauliche e meccaniche del geocomposito di aggrappo</i>			
<i>Caratteristiche</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>valore</i>	<i>Metodologia</i>
Spessore	mm	≥ 10.00	
Massa areica	g/cm ²	> 500	ASTM D5261 UNI EN 965
Resistenza a trazione longitudinale	kN/m	> 80	UNI EN ISO 10319
Resistenza a trazione trasversale	kN/m	> 25	
Allungamento a rottura longitudinale	%	> 10	
Allungamento a rottura trasversale	%	> 10	
Resistenza al punzonamento statico	kN	> 5	UNI EN 12236
Resistenza alla perforazione dinamica	mm	> 5	UNI EN 918
<i>Proprietà della geostuoia</i>			
<i>Caratteristiche</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>valore</i>	<i>Metodologia</i>
Polimero	Nylon (Poliammide 6)		
Spessore	mm	≥ 10.00	UNI EN 964 - 1
Massa areica	g/cm ²	> 250	UNI EN 965
Densità	kg/m ³	> 1100	
Punto di fusione	° C	> 200	

Il geocomposito consegnato in cantiere dovrà essere corredato, per ogni rotolo, da apposito certificato di conformità rilasciato dalla Ditta produttrice (la quale dovrà comunque operare con Sistema di Qualità conforme ai requisiti della normativa UNI EN ISO 9001:2000) secondo le modalità previste dalla norma EN 45014, che attesti lo stabilimento di produzione, la quantità, il tipo e le caratteristiche tecniche del prodotto fornito, con preciso riferimento alla data ed alla località di consegna; le caratteristiche tecniche dovranno essere corrispondenti o migliori rispetto a quelle previste in capitolato; ogni rotolo dovrà essere fornito di matricola per il riconoscimento.

Ai fini dell'accettazione del materiale dovranno essere comunque eseguite, con oneri a carico dell'Impresa esecutrice, almeno n° 3 prove di controllo e verifica dei requisiti richiesti, con prelievo in contraddittorio dei campioni da avviare ad analisi e redazione di specifico verbale; le analisi da

eseguire a cura di laboratorio qualificato su singolo campione saranno atte a determinare almeno:

- ✓ massa areica [UNI EN 965]
- ✓ resistenza a trazione [UNI EN ISO 10319]
- ✓ Allungamento a rottura [UNI EN ISO 10319]

2.3.6 Terra rinforzata

L'intervento, interessante un fronte di circa 70 m a tergo del muro di sostegno esistente sul fronte NNW del cumulo di rifiuti, consisterà nella realizzazione di una terra rinforzata di altezza pari mediamente a 2,50 m, costituito da strati di terreno a matrice granulare di altezza non inferiore a 30 cm e non superiore a 60 cm, opportunamente compattati con mezzo meccanico e rinforzati con geogriglie in HDPE monorientate aventi resistenza alla trazione non inferiore a 45 kN/m² del tipo "EnkaGrid PRO 40" o similare, costituito da strisce estruse in poliestere, senza saldature.

Il paramento a vista sarà inclinato di 65° rispetto all'orizzontale e contenuto in un cassero guida a perdere in rete metallica elettrosaldata a maglia 15 * 15 cm e correnti ϕ 8,0 mm, protetta da una barriera antierosione costituita da una geostuoia accoppiata ad un biofiltro presemato in fibre cellulosiche per favorire l'inerbimento.

Il pacchetto di impermeabilizzazione superficiale innanzi descritto verrà posato in opera al di sotto della terra armata (Cfr. grafici di progetto); analoga soluzione progettuale verrà adottata sul fronte NNE del cumulo di rifiuti, laddove la stabilizzazione della scarpata verrà ottenuta con utilizzo di elementi prefabbricati in calcestruzzo vibrato poroso, posati in opera a secco.

2.4 Pozzi di captazione e smaltimento del biogas

2.4.1 Descrizione dell'intervento

L'impianto di captazione del biogas è costituito da n° 7 pozzi di degasaggio disposti ad interasse non inferiore a 60,00 m ed in modo tale che i teorici raggi di influenza di ogni singolo pozzo (circa 30,00 m) siano parzialmente sovrapposti.

La trivellazione avrà diametro fondo foro non inferiore a 600 mm e verrà spinta fino a raggiungere la base dei rifiuti abbancati: i pozzi, pertanto, saranno caratterizzati da profondità variabili.

Il condizionamento sarà effettuato con una sonda di drenaggio microfessurata a "canna di mitra" in HDPE di diametro pari a 160 mm, opportunamente protetta da calza in tessuto-non-tessuto; l'intercapedine tra pareti del perforo e sonda drenante verrà occluso con ghiaia di idonea pezzatura.

Le teste di pozzo, adeguatamente protette da pozzetti metallici, saranno dotate di scaricatore di condensa, valvola di intercettazione e presa per analisi; esse saranno già predisposte per il collegamento diretto ad un impianto di collettamento e combustione.

2.4.2 Trivellazione dei pozzi

I pozzi di captazione del biogas, in relazione alla particolare conformazione del sito di discarica, sono concentrati esclusivamente nelle zone sommitali del cumulo di rifiuti, così come evidenziato nelle planimetrie di progetto.

Con riferimento agli elaborati progettuali, la successiva [Tabella 1](#) riporta la profondità alla quale dovrà essere spinto ogni singolo pozzo.

Pozzo	Profondità		Pozzo	Profondità
B 1	24,00		B 5	32,00
B 2	24,00		B 6	32,00
B 3	28,00		B 7	23,00
B 4	26,00			

[Tabella 1](#)

La perforazione dei pozzi dovrà essere eseguita con idonea attrezzatura automontata di potenza adeguata ed idoneamente attrezzata per raggiungere le profondità previste in progetto, con metodologia a rotazione senza circolazione di fluidi; il diametro reso fondo foro dovrà essere non inferiore a 600 mm.

Le attrezzature da utilizzare per la perforazione potranno essere costituite da utensili chiusi o aperti, tipo bucket, o da aste elicoidali continue; in ogni caso l'Impresa dovrà essere in grado provvedere alla rimozione – anche con utilizzo di tecniche ed attrezzature particolari – di eventuali ostacoli che dovessero presentarsi durante le fasi di perforazione, tipo trovanti rocciosi, rifiuti ingombranti, materiali ferrosi o plastici, ecc....

I materiali trivellati dovranno essere abbancati e sistemati all'interno della discarica stessa.

Ove nel corso della perforazione i rifiuti abbancati evidenzino tendenza al franamento e/o allo scavernamento delle pareti del perforo, l'Impresa dovrà provvedere alla posa in opera di idonea tubazione di rivestimento a recuperare avente diametro esterno non inferiore a 600 mm.

In alternativa per il contenimento delle pareti potrà essere utilizzata una rete elettrosaldata cilindrica a maglie quadre di diametro pari a 600 mm ed apertura delle maglie non superiore a 10 * 10 mm; tale rete rimarrà in posto anche dopo il condizionamento del pozzo.

2.4.3 Sonda di captazione

La sonda di captazione dei biogas da installare nel perforo realizzato sarà costituita da una tubazione in HDPE a superficie liscia di colore nero, DN 160 mm, spessore 14.6 mm, i cui requisiti dovranno essere comunque conformi con quelli previsti dalla norma UNI EN 12201.

Le fessure drenanti dovranno essere realizzate perpendicolarmente all'asse del tubo, occupandone complessivamente almeno i 2/3 della circonferenza, e dovranno essere disposte in modo alternato al fine di ridurre la conseguente perdita di resistenza allo schiacciamento; la larghezza delle fessure dovrà essere non inferiore a 4,0 mm, con interasse non superiore a 30,0 mm in modo che la superficie fessurata sia superiore al 4,0 % della superficie complessiva esterna del tubo.

La giunzione tra i vari spezzoni di tubazione – fornite in barre aventi lunghezza pari a 6.00 m – avverrà mediante specifici manicotti stampati in HDPE, dotati di sistema di battuta, alette di serraggio e viti autofilettanti antisfilamento.

Le tubazioni, consegnate in cantiere dovranno essere prodotte da Ditta che operi con Sistema di Qualità conforme ai requisiti della normativa UNI EN ISO 9001:2000 e dovranno recare in maniera visibile le seguenti marchiature:

- ✓ Indicazione del materiale (HDPE o PEAD);
- ✓ Indicazione del tipo;
- ✓ Valore del diametro esterno DE;
- ✓ Indicazione della pressione nominale PN;
- ✓ Indicazione del periodo di produzione;
- ✓ Numero di iscrizione al marchio I.I.P..

La fornitura dovrà, comunque, essere corredata da certificazione che attesti lo stabilimento di produzione, la quantità, il tipo e le caratteristiche tecniche del prodotto fornito, con preciso riferimento alla data ed alla località di consegna; le caratteristiche tecniche dovranno essere corrispondenti o migliori rispetto a quelle previste in capitolato.

Ai fini dell'accettazione del materiale, sarà facoltà della Direzione Lavori richiedere il prelievo di idonea campionatura delle tubazioni consegnate al fine di eseguire, con oneri a carico dell'Impresa esecutrice, a prove di controllo e verifica dei requisiti richiesti, con prelievo in contraddittorio dei campioni da avviare ad analisi e redazione di specifico verbale; le analisi dovranno essere eseguite a cura di laboratorio qualificato.

Le tubazioni, prima della posa in opera all'interno del perforo, dovranno essere rivestite da calza in tessuto-non tessuto, costituita da un geotessile filtrante avente le seguenti caratteristiche minime:

<i>Proprietà del geotessile filtrante</i>			
<i>Caratteristiche</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>valore</i>	<i>Metodologia</i>
<i>Materia prima</i>	polipropilene		
<i>Massa areica</i>	g/cm ²	> 130	UNI EN 965
<i>Resistenza a trazione</i>	kN/m	≥ 8.50	UNI EN ISO 10319
<i>Resistenza a punzonamento CBR</i>	N	≥ 1400	UNI EN ISO 12236
<i>Diametro di filtrazione O₉₀</i>	micron	90 ÷ 130	UNI EN ISO 12956
<i>Permeabilità normale</i>	m/sec	≥ 0.10	UNI EN ISO 11058

La colonna drenante dovrà essere dotata di fondello di chiusura sul fondo e dovrà essere calata nel perforo coassialmente allo stesso, mediante l'impiego di appositi centralizzatori in metallo o materiali analoghi.

L'intercapedine tra sonda drenante e pareti del perforo verrà occlusa con filtro granulare minerale, costituito da ghiaia di pezzatura $40 \div 70$ mm, scevra da elementi fini; il riempimento dovrà raggiungere la quota del geocomposito drenante gas-permeabile costituente il sistema di capping superficiale della discarica.

Le operazioni innanzi descritte dovranno essere eseguite con la tubazione di rivestimento del perforo ancora in posto, ove utilizzata; la stessa andrà estratta solo dopo aver realizzato il filtro granulare minerale.

2.4.4 Sigillatura e testa pozzo

I pozzi di captazione del biogas dovranno essere perforati preliminarmente alla realizzazione del capping superficiale della discarica; in fase di realizzazione di quest'ultimo, si provvederà a collegare il geocomposito drenante gas-permeabile con il filtro granulare minerale disposto all'intorno della sonda in HDPE, in modo che il pozzo possa adeguatamente collettare anche il biogas che dovesse eventualmente fuoriuscire lungo le scarpate dell'invaso.

L'isolamento del pozzo e del sistema di collettamento superficie sarà garantito dal geocomposito bentonitico costituente il capping della discarica: in corrispondenza del pozzo, detto geocomposito dovrà ricoprire il filtro granulare minerale, sarà risvoltato verso l'alto lungo la stessa sonda drenante e reso solidale con la stessa (*si confrontino i grafici di progetto*).

Ogni singola colonna drenante del biogas sarà dotata di una "testa di pozzo" in HDPE a superficie liscia di colore nero, DN 160 mm, spessore 14,6 mm, i cui requisiti dovranno essere conformi con quelli previsti dalla norma UNI EN 12201.

La testa di pozzo, avente altezza non inferiore ad 1,00 m, sarà dotata di flangia bullonata o manicotto con guarnizione a tenuta per il collegamento alla sonda drenante, flangia di chiusura bullonata in HDPE, spessore 20 mm e flangia di derivazione PN 10 DN 75 mm, con foratura conforme UNI 2277, per eventuale connessione con sistema di collettamento; essa dovrà, inoltre, essere corredata di valvola di regolazione a tenuta, resistente al gas di

discarica ed omologata DVGW o equivalente, presa per il campionamento del biogas da 3/4", completa di valvola di pressione e sistema per la raccolta e lo scarico della condensa.

In corrispondenza di ciascun pozzo verrà realizzato un tampone impermeabile di chiusura (*si confrontino i grafici progettuali*) realizzato direttamente sul geocomposito bentonitico e costituito, dal basso verso l'alto, da:

- ✓ uno strato di argilla compattata avente spessore non inferiore a 0,25 m;
- ✓ uno strato di bentonite pestellata avente spessore non inferiore a 0,30 m;
- ✓ uno strato di argilla compattata avente spessore non inferiore a 0,60 m.

Ogni singolo pozzo di degasaggio verrà protetto da un pozzetto metallico di adeguate dimensioni, dotato di griglia per aerazione, sistema di apertura a cerniera e di chiusura a chiave.

2.5 Pozzi di captazione del percolato

2.5.1 Descrizione dell'intervento

Ai fini della captazione e dello smaltimento del percolato residuo nell'ambito del tronco di discarica interessato dall'intervento e seguendo le linee di flusso della falda idrica, verranno complessivamente realizzati, all'interno della zona protetta con diaframma plastico, n° 2 pozzi spinti a profondità tale da penetrare significativamente nel banco di argilla impermeabile sottostante il corpo rifiuti; da tali pozzi il percolato residuo verrà periodicamente asportato a mezzo di autobotti e trasferito presso impianti di trattamento e depurazione autorizzati.

Sulla scorta dalle verifiche eseguite (Cfr. *Relazione Dimensionale*) è emerso che le aliquote di percolato residuo da estrarre ad avvenuto intervento di messa in sicurezza risultano essere estremamente contenute, e pertanto non si è ritenuto necessario realizzare vasche di accumulo e/o di rilancio.

2.5.2 Trivellazione dei pozzi

I pozzi di drenaggio del percolato verranno realizzati al piede delle scarpate della discarica, all'interno della zona protetta da diaframma plastico, così come evidenziato nelle planimetrie di progetto; la profondità di detti pozzi sarà pari a 15,00 m dal piano di campagna.

La perforazione dovrà essere eseguita con idonea attrezzatura automontata con metodologia a rotazione senza circolazione di fluidi; il diametro reso fondo foro dovrà essere non inferiore a 1.000 mm.

Le attrezzature da utilizzare per la perforazione saranno preferibilmente costituite da utensili chiusi o aperti, tipo bucket; in ogni caso l'Impresa dovrà essere in grado provvedere alla rimozione – anche con utilizzo di tecniche ed attrezzature particolari – di eventuali ostacoli che dovessero presentarsi durante le fasi di perforazione, tipo trovanti rocciosi, rifiuti ingombranti, materiali ferrosi o plastici, ecc....

I materiali trivellati dovranno essere abbancati e sistemati all'interno della discarica stessa.

Ove nel corso della perforazione i rifiuti abbancati e/o i sedimenti attraversati evidenzino tendenza al franamento e/o allo scavernamento delle pareti del perforo, l'Impresa dovrà provvedere alla posa in opera di idonea tubazione di rivestimento a recuperare avente diametro esterno non inferiore a 1000 mm.

2.5.3 Condizionamento dei pozzi

Il condizionamento dei pozzi dovrà essere eseguito utilizzando una tubazione rigida coestrusa in HDPE corrugata esternamente e liscia internamente, DN 400 mm, spessore 4,50 mm, classe di rigidità non inferiore a 4,0 kN/m², i cui requisiti dovranno essere comunque conformi con quelli previsti dalle norme UNI EN 7611 - 7612 - 7614.

Le tubazioni dovranno essere cieche per il tratto terminale del pozzo, attestato nell'ambito della formazione argillosa impermeabile di base, e per il tratto superiore, per una altezza non inferiore a 2.00 m; fessurate a tutta circonferenza (360 °) per il restante tratto.

Le fessure drenanti dovranno essere disposte in modo alternato al fine di ridurre la conseguente perdita di resistenza allo schiacciamento; la larghezza delle fessure dovrà essere compresa tra 6,0 mm e 9,0 mm, con interasse non superiore a 60,0 mm in modo che la superficie fessurata sia superiore al 4,0 % della superficie complessiva esterna del tubo.

La giunzione tra i vari spezzoni di tubazione – fornite in barre aventi lunghezza non inferiore a 6,00 m – avverrà mediante specifici manicotti

stampati in HDPE, dotati di guarnizione elastomerica, alette di serraggio ed eventuali viti autofilettanti antisfilamento.

Le tubazioni, consegnate in cantiere dovranno essere prodotte da Ditta che operi con Sistema di Qualità conforme ai requisiti della normativa UNI EN ISO 9001:2000 e dovranno recare in maniera visibile le seguenti marchiature:

- ✓ Indicazione del materiale (HDPE o PEAD);
- ✓ Indicazione del tipo;
- ✓ Valore del diametro esterno DE;
- ✓ Indicazione della pressione nominale PN;
- ✓ Indicazione del periodo di produzione;
- ✓ Numero di iscrizione al marchio I.I.P..

La fornitura dovrà, comunque, essere corredata da certificazione che attesti lo stabilimento di produzione, la quantità, il tipo e le caratteristiche tecniche del prodotto fornito, con preciso riferimento alla data ed alla località di consegna; le caratteristiche tecniche dovranno essere corrispondenti o migliori rispetto a quelle previste in capitolato.

Ai fini dell'accettazione del materiale, sarà facoltà della Direzione Lavori richiedere il prelievo di idonea campionatura delle tubazioni consegnate al fine di eseguire, con oneri a carico dell'Impresa esecutrice, a prove di controllo e verifica dei requisiti richiesti, con prelievo in contraddittorio dei campioni da avviare ad analisi e redazione di specifico verbale; le analisi dovranno essere eseguite a cura di laboratorio qualificato.

Le tubazioni fessurate, prima della posa in opera all'interno del perforo, dovranno essere rivestite da calza in tessuto-non tessuto, costituita da un geotessile filtrante avente le seguenti caratteristiche minime:

<i>Proprietà del geotessile filtrante</i>			
<i>Caratteristiche</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>valore</i>	<i>Metodologia</i>
<i>Materia prima</i>	polipropilene		
<i>Massa areica</i>	g/cm ²	> 130	UNI EN 965
<i>Resistenza a trazione</i>	kN/m	≥ 8.50	UNI EN ISO 10319
<i>Resistenza a punzonamento CBR</i>	N	≥ 1400	UNI EN ISO 12236
<i>Diametro di filtrazione O₉₀</i>	micron	90 ÷ 130	UNI EN ISO 12956
<i>Permeabilità normale</i>	m/sec	≥ 0.10	UNI EN ISO 11058

La colonna drenante dovrà essere dotata di fondello di chiusura sul fondo e dovrà essere calata nel perforo coassialmente allo stesso, mediante l'impiego di appositi centralizzatori in metallo o materiali analoghi.

L'intercapedine tra sonda drenante e pareti del perforo verrà occlusa con filtro granulare minerale, costituito da ghiaia di pezzatura $40 \div 70$ mm, scevra da elementi fini; il riempimento dovrà raggiungere la quota del geocomposito drenante gas-permeabile costituente il sistema di capping superficiale della discarica.

Le operazioni innanzi descritte dovranno essere eseguite con la tubazione di rivestimento del perforo ancora in posto, ove utilizzata; la stessa andrà estratta solo dopo aver realizzato il filtro granulare minerale.

2.5.4 Protezione superficiale

I pozzi di prelievo del percolato dovranno essere perforati preliminarmente alla realizzazione del capping superficiale della discarica, in modo da poter portare a rifiuto all'interno della stessa i terreni provenienti dalle escavazioni.

L'isolamento del pozzo sarà garantito dal geocomposito bentonitico costituente il capping della discarica: in corrispondenza del pozzo, detto geocomposito dovrà ricoprire il filtro granulare minerale, sarà risvoltato verso l'alto lungo la stessa sonda drenante e reso solidale con la stessa (si confrontino i grafici di progetto).

In corrispondenza di ciascun pozzo verrà realizzato un tampone impermeabile di chiusura realizzato direttamente sul geocomposito bentonitico, avente altezza non inferiore ad 1.00 m e costituito da argilla compattata (si confrontino i grafici progettuali).

Ogni singolo pozzo di drenaggio del percolato dovrà essere dotato di flangia di chiusura bullonata in HDPE e verrà protetto da un pozzetto prefabbricato in cemento vibrato di tipo carrabile, dotato di coperchio cieco, avente dimensioni pari a $1,00 * 1,00 * 1,20$ m.

2.6 Opere di monitoraggio ambientale

2.6.1 Descrizione delle opere

In ottemperanza ai dettami del D. Lgs. ° 36/2003, le opere fisse di monitoraggio ambientale sono finalizzate al controllo delle caratteristiche chimico-fisiche della falda idrica ed al rilevamento dei parametri meteorologici dell'area.

Ad integrazione delle opere di monitoraggio già realizzate in sede di esecuzione del I° Lotto funzionale dell'intervento di messa in sicurezza della discarica, si prevede di perforare un ulteriore pozzo di monitoraggio della falda idrica ubicato in aree esterne rispetto alla barriera impermeabile (*Cfr. grafici di progetto*), al fine di valutare - mediante specifiche analisi da eseguire periodicamente - sia la bontà e l'efficacia dell'intervento di cinturazione plastica eseguito che la presenza di sostanze inquinanti ancora disperse nel corpo idrico e di determinarne, con elevato margine di sicurezza, la provenienza anche la fine di prevedere eventuali interventi correttivi.

Nessun ulteriore intervento, di contro, è previsto per quanto attiene il rilevamento dei parametri meteorologici del sito, in quanto già completamente realizzato durante il I° Lotto di intervento, con il posizionamento nella zona sommitale del primo tronco del corpo discarica di una stazione per il monitoraggio meteorologico, con misura in continuo di temperatura, umidità, precipitazioni, direzione e velocità del vento, radiazione solare.

2.6.2 Pozzo di monitoraggio della falda idrica

Il pozzo di monitoraggio della falda idrica verrà realizzato all'esterno della zona protetta da diaframma plastico, così come evidenziato nelle planimetrie di progetto.

In relazione alle quote di piano campagna ed alla profondità del substrato argilloso impermeabile, la profondità di detto pozzo sarà pari a 15,00 m.

La perforazione del pozzo dovrà essere eseguita con idonea attrezzatura automontata di potenza adeguata ed idoneamente attrezzata per raggiungere le profondità previste in progetto, con metodologia a rotazione e

preferibilmente a secco (in ogni caso con utilizzo esclusivo di acqua chiara senza l'ausilio di fluidi di contenimento a base bentonitica o sintetica); il diametro reso fondo foro dovrà essere non inferiore a 800 mm.

Ove nel corso della perforazione i sedimenti attraversati evidenzino tendenza al franamento e/o allo scavernamento delle pareti del perforo, l'Impresa dovrà provvedere alla posa in opera di idonea tubazione di rivestimento a recuperare avente diametro esterno non inferiore a 800 mm.

Il condizionamento del pozzo dovrà essere eseguito utilizzando tubazioni lisce in polivinile di cloruro (PVC-U) atossico, conforme al Decreto Ministero della Salute n° 174/04, di diametro esterno $\Phi = 315$ mm e spessore 12,0 mm, classe di rigidità non inferiore a 12,0 kN/m², i cui requisiti dovranno essere comunque conformi con quelli previsti dalle norme UNI EN 7611 - 7612 - 7614.

Le tubazioni dovranno essere cieche per il tratto terminale del pozzo, attestato nell'ambito della formazione argillosa impermeabile di base, e per il tratto superiore, per una altezza non inferiore a 3,00 m; fessurate con n° 4 file disposte su file a 90° ed a tutta circonferenza (360 °), apertura non inferiore ad 1,00 mm, per il restante tratto.

La giunzione tra i vari spezzoni di tubazione – fornite in barre aventi lunghezza non inferiore a 5,00 m – avverrà mediante innesto a bicchiere o mediante giunti filettati m/f.

Le tubazioni, consegnate in cantiere dovranno essere prodotte da Ditta che operi con Sistema di Qualità conforme ai requisiti della normativa UNI EN ISO 9001:2000 e dovranno recare in maniera visibile le seguenti marchiature:

- ✓ Indicazione del materiale (PVC-U);
- ✓ Indicazione del tipo;
- ✓ Valore del diametro esterno DE;
- ✓ Indicazione della pressione nominale PN;
- ✓ Indicazione del periodo di produzione;
- ✓ Numero di iscrizione al marchio I.I.P..

La fornitura dovrà, comunque, essere corredata da certificazione che attesti lo stabilimento di produzione, la quantità, il tipo e le caratteristiche tecniche del prodotto fornito, con preciso riferimento alla data ed alla località

di consegna; le caratteristiche tecniche dovranno essere corrispondenti o migliori rispetto a quelle previste in capitolato.

Ai fini dell'accettazione del materiale, sarà facoltà della Direzione Lavori richiedere il prelievo di idonea campionatura delle tubazioni consegnate al fine di eseguire, con oneri a carico dell'Impresa esecutrice, a prove di controllo e verifica dei requisiti richiesti, con prelievo in contraddittorio dei campioni da avviare ad analisi e redazione di specifico verbale; le analisi dovranno essere eseguite a cura di laboratorio qualificato.

Le tubazioni fessurate, prima della posa in opera all'interno del perforo, dovranno essere rivestite da calza in tessuto-non tessuto, costituita da un geotessile filtrante avente le seguenti caratteristiche minime:

<i>Proprietà del geotessile filtrante</i>			
<i>Caratteristiche</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>valore</i>	<i>Metodologia</i>
<i>Materia prima</i>	polipropilene		
<i>Massa areica</i>	g/cm ²	> 130	UNI EN 965
<i>Resistenza a trazione</i>	kN/m	≥ 8.50	UNI EN ISO 10319
<i>Resistenza a punzonamento CBR</i>	N	≥ 1400	UNI EN ISO 12236
<i>Diametro di filtrazione O₉₀</i>	micron	90 ÷ 130	UNI EN ISO 12956
<i>Permeabilità normale</i>	m/sec	≥ 0.10	UNI EN ISO 11058

La colonna drenante dovrà essere dotata di fondello di chiusura sul fondo e dovrà essere calata nel perforo coassialmente allo stesso, mediante l'impiego di appositi centralizzatori in metallo o materiali analoghi.

L'intercapedine tra sonda drenate e pareti del perforo verrà occlusa con filtro granulare minerale, costituito da ghiaia di pezzatura 40 ÷ 70 mm, scevra da elementi fini; il riempimento dovrà raggiungere una quota di circa 2,00 m inferiore rispetto alla quota di boccaforo.

Le operazioni innanzi descritte dovranno essere eseguite con la tubazione di rivestimento del perforo ancora in posto, ove utilizzata; la stessa andrà estratta solo dopo aver realizzato il filtro granulare minerale.

L'isolamento in testa del pozzo sarà garantito da un tampone impermeabile avente altezza non inferiore a 2,00 m e costituito da argilla compattata (*si confrontino i grafici progettuali*), e tanto al fine di scongiurare la possibilità che eventuali acque di provenienza superficiale vadano ad inquinare le acque di falda.

Ogni singolo pozzo di monitoraggio dovrà essere corredato di cappellotto di chiusura dotato di chiave o lucchetto e verrà protetto da un pozzetto prefabbricato in cemento vibrato di tipo carrabile, dotato di coperchio cieco, avente dimensioni pari a 1,00 * 1,00 * 1,20 m.