

SCHEDA 1 - DISCARICA DI VALLIN DELL'AQUILA Progetto di ampliamento

Località: **Livorno**
Progettista e D.L.: **Ing. Paolo Ghezzi**
Committente: **A.A.M.P.S – Azienda Ambientale di Pubblico Servizio S.p.A. di Livorno**
Esecuzione lavori: **Maggio ÷ Settembre 2001**
Importo lavori : **€ 540.000**

I motivi per cui si è scelto di presentare la scheda di questo intervento, pur se di importo non eccessivo, sono i seguenti:

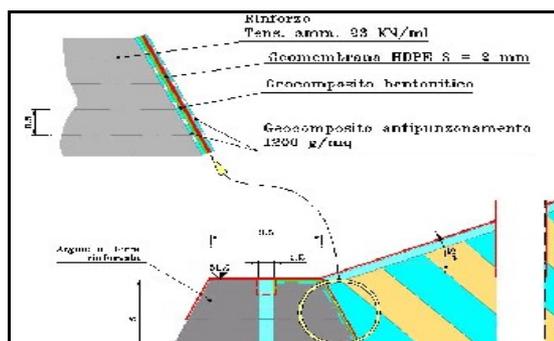
- *in esso sono ritrovabili alcuni elementi progettuali specifici inseriti nel documento tecnico,*
- *l'intervento racchiude complessità progettuali ed esecutive che ben caratterizzano la professionalità del gruppo di lavoro che si propone*
- *si riferisce alla stessa provincia in cui è previsto l'intervento ASIU ed è stato regolarmente approvato e realizzato*
- *affronta in maniera efficace ed innovativa problematiche di sicurezza in fase realizzativa.*

Descrizione dell'intervento

L'intervento è finalizzato alla ricerca di nuove volumetrie per lo stoccaggio di RSU, all'interno di una discarica esistente. La zona individuata per l'ampliamento è confinante con la porzione di discarica destinata a rifiuti speciali, con necessità di adeguate misure di sicurezza per garantire la separazione tra le due aree di stoccaggio. E' stato necessario realizzare un sistema di drenaggio del percolato per consentire, mediante perforazioni inclinate, lo smaltimento all'interno della rete di raccolta della discarica esistente. **Tutta la progettazione è stata realizzata attraverso un modello 3D, con calcolo automatico dei volumi e delle quantità e ricostruzione paesaggistica dell'intervento proposto.**

L'intervento è stato realizzato mediante la costruzione di una struttura di contenimento al piede del versante in grado di sostenere la spinta del successivo corpo rifiuti sovrastante e che occupasse il minor spazio disponibile. La scelta tecnica è ricaduta sulla realizzazione di un muro in terra rinforzata con larghezza sommitale costante di circa 4m e con versanti inclinati a 65°. Il muro si è sviluppato per una lunghezza pari a circa 180m utilizzando una geogriglia per il rinforzo della struttura. La base del nuovo invaso e il paramento interno del muro in terra rinforzata, per garantire l'isolamento del nuovo corpo rifiuti, sono stati impermeabilizzati.

La scelta in questa circostanza è ricaduta sull'accoppiamento di uno strato naturale e sintetico sul fondo del nuovo invaso, mentre, considerando l'inclinazione dei versanti di



65° con conseguente impossibilità di ricorrere ad impermeabilizzazioni naturali, è stata limitata al solo pacchetto sintetico.

Sono stati posati in opera i seguenti geosintetici, dal contatto con il muro in terra rinforzata:

- geocomposito bentonitico;
- geocomposito antipunzonamento a protezione del successivo geocomposito bentonitico;
- Geocomposito bentonitico;
- Guaina in HDPE;
- Geocomposito antipunzonamento a protezione della precedente .

Ogni geosintetico è stato posizionato con accortezza minimizzando la formazione di pieghe ed assicurando la completa sovrapposizione tra gli strati e l'ancoraggio dei materiali in idonea canaletta in sommità della testa muro.

Oltre a quanto sopra descritto, per garantire lo smaltimento del nuovo percolato è stato necessario procedere alla realizzazione di una rete di drenaggio sul fondo del nuovo involucro con recapito finale in pozzi di raccolta. Lo smaltimento è stato assicurato mediante un collegamento a gravità realizzato con delle perforazioni inclinate che mettono in comunicazione la nuova vasca con quella esistente. Per evitare l'intasamento delle tubazioni di drenaggio è stato posato in opera uno strato di ghiaia ed uno strato di geotessile di filtrazione a protezione di eventuali occlusioni della parte superficiale.

Problemi specifici

- Limitati spazi a disposizione per posizionare le strutture di contenimento, necessarie per ottimizzare la disponibilità di nuove volumetrie;
- Difficoltà di impermeabilizzazione dei versanti della struttura di contenimento, inclinati a 65°, con materiali naturali;
- Garantire la filtrazione del percolato verso il sistema di drenaggio e smaltimento in continuità con quello esistente.

Soluzioni

- ✓ Realizzazione al piede dell'attuale versante di discarica per RSU di un muro in terra rinforzata con ingombro ridotto mediante l'utilizzo di rinforzi (geogriglie);
- ✓ Impermeabilizzazione del versante interno del muro mediante sistema barriera artificiale;
- ✓ Sistema di drenaggio del percolato costituito da strato di ghiaia con idoneo geotessile di filtrazione.

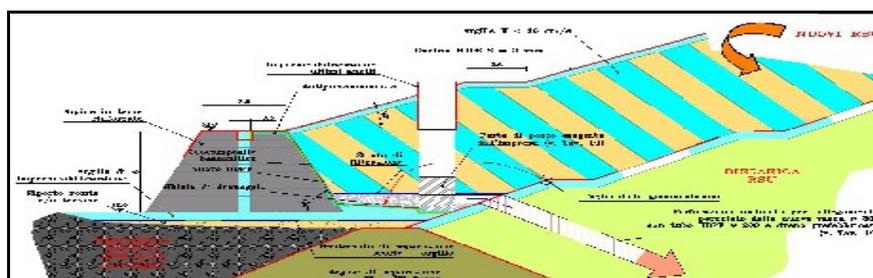




Foto n. 1



Foto n. 2



Foto n.3



Foto n.4



Foto n. 5



Foto n.6

Foto n.1 – Posa in opera della geogriglia e del terreno per la realizzazione del muro in terra rinforzata.

Foto n.2 – Particolare della geogriglia all'inizio di uno step di realizzazione (si procede per strati successivi con spessore di circa 0.6m).

Foto n.3 – Muro in terra rinforzata al termine del 4[^] step.

Foto n.4 – Posa in opera del geocomposito antipunzonamento a protezione del geocomposito bentonitico.

Foto n.5 – Geocomposito antipunzonamento a protezione dell'HDPE con ancoraggio di tutti i geosintetici.

Foto n.6 – Geotessile di filtrazione al termine della posa in opera della ghiaia di drenaggio del percolato.

Il muro in terra rinforzata si sviluppa per circa 180 m con un'altezza massima di 5m e larghezza in testa costante pari a circa 4m. L'angolo interno al piede del muro è pari a 65°.



Foto n.7 – Opera completata all'inizio della coltivazione.

Durante la realizzazione del muro in terra rinforzata è stato necessario adottare accorgimenti operativi per garantire adeguate condizioni di sicurezza. Nel caso specifico è stata predisposta, lungo il lato interno del muro, una protezione contro eventuali cadute dall'alto, realizzata con pali tipo “innocenti” su cui è stata fissata una rete anticaduta. Il sistema di protezione, fra i primi ad essere attuati in costruzioni rinforzate, è stato collaudato con successo in corso d'opera.



Foto n. 8

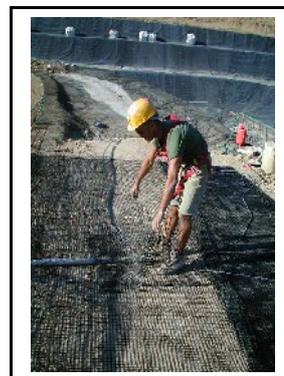


Foto n. 9



Foto n.10



Foto n.11

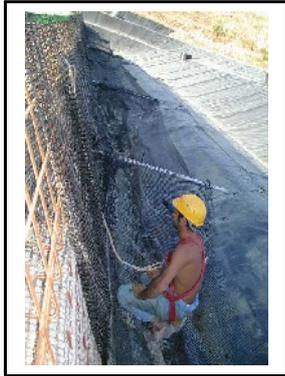


Foto n. 12



Foto n. 13

Foto n.8 - 9 Fasi operative della realizzazione del sistema anticaduta.

Foto n.10 - 11 Particolare del sistema di protezione durante la costruzione del muro (si procede alla realizzazione del sistema per ogni innalzamento del muro di circa 1.8m).

Foto n.12 Fasi di collaudo del sistema anticaduta. Il personale durante questa operazione era stato imbracato ed ancorato sulla sommità del muro.

Foto n.13 Vista panoramica del paramento interno del muro attrezzato con la rete anticaduta.

ELEMENTI DI DETTAGLIO PROGETTUALE

(Tratti dalla Relazione Tecnica di progetto esecutivo con fotografie di quanto realmente eseguito)

La sequenza logica delle lavorazioni previste in fase progettuale era la seguente:

1. Preparazione piano di lavoro e taglio guaina esistente
2. Perforazioni inclinate
3. Posa in opera del geotessuto di separazione scorie-argilla
4. Posa in opera dell'argilla di impermeabilizzazione del piano di appoggio del muro
5. Esecuzione del muro in terra rinforzata
6. Posa dell'argilla per la pendenza di fondo
7. Impermeabilizzazione
8. Pozzi di accumulo del percolato e raccordi con le perforazioni inclinate
9. Tubazioni in HDPE per il drenaggio del percolato
10. Posa in opera di ghiaia e del geotessuto di filtrazione

Il progetto si proponeva di ricavare volumetrie per RSU utilizzando delle quantità già autorizzate nella vasca denominata 2B Super per i rifiuti speciali senza per questo vanificare la possibilità di smaltire le scorie di inceneritore per i prossimi anni. Le volumetrie lorde residue disponibili nella vasca 2B Super per i rifiuti speciali ammontavano, infatti, ad oltre 241.000 mc. Pur ipotizzando il nuovo profilo proposto da

AAMPS per rispondere alle esigenze di stabilità imposte dalla normativa vigente le volumetrie residue per rifiuti speciali ammonterebbero a 227.000 mc che risultano congruenti tanto con le quantità ad oggi autorizzate quanto con le necessità di smaltimento anche nel medio termine.

I volumi lordi da destinare ad RSU con il presente progetto ammontano a circa 52.000 mc per cui il volume residuo lordo complessivamente disponibile per lo smaltimento delle ceneri inertizzate e delle scorie prodotte dall'incenerimento dei rifiuti da parte di AAMPS, è pari a 175.000 mc. Di seguito si sintetizzano le fasi principali che hanno portato alla progettazione dell'opera.

Rilievo topografico e stato di fatto

Per l'esecuzione del progetto definitivo è stato condotto dallo Studio Arbullo di Livorno il rilievo topografico di dettaglio, con equidistanza delle curve di livello di 0.5 metri e restituzione planimetrica in scala 1:500. Sulla stessa tavola è rappresentato lo stato di fatto dell'area. In particolare viene evidenziata la presenza della guaina in HDPE su tre gradoni della vasca 2B a delimitarne il confine con quella 2B Super destinata ai rifiuti speciali. Si evidenziano i pozzi di captazione del biogas presenti sulle due aree e, all'interno della vasca 2B si differenziano quelli impermeabilizzati da quelli con cemento a vista; la recinzione della discarica; il limite relativo alla presenza di sacconi di scorie e la viabilità di accesso.

Impostazione generale del progetto

Per recuperare le volumetrie desiderate, stimate in circa 50.000 mc lordi, si ipotizza di eseguire alla base della scarpata stabile della vasca 2B un'arginatura dal minimo ingombro possibile e con quota sommitale costante e pari a 51 m.s.l.m garantendo la continuità di impermeabilizzazione oggi prevista e necessaria per suddividere gli RSU dagli speciali. Il muro dovrà essere tale da permettere un raccordo stabile con il profilo autorizzato modificato per aumentarne la stabilità. Il muro è



previsto in terra rinforzata con paramenti inclinati a 65°, altezza variabile da 4 a 5 metri e larghezza costante in testa di 3.50 metri. La sagoma, pur esuberante rispetto le necessità statiche è stata preferita a soluzioni più limitative per garantire l'agevole passaggio dei mezzi di gestione e manutenzione. Il riempimento è quindi previsto con sagoma finale a

gradoni di larghezza 2.50 metri, con dislivello costante di 3 metri (escluso il primo gradone) ed inclinazione mai superiore a 22° ed in alcuni tratti ridotta fino a 16°.

Una parte dell'argine di chiusura che l'Ente gestore avrebbe dovuto eseguire in fase di completamento deve essere anticipata in modo da consentire una chiusura dell'argine in terra rinforzata a quota omogenea con i profili finali previsti per l'ammasso RSU. Il progetto prevede, inoltre, un adeguamento del sistema di impermeabilizzazione, il controllo del percolato ed un sistema di chiusura finale adeguato alla presenza della vasca 2B Super.

AAMPS dovrà inoltre provvedere, prima dell'inizio dei lavori, alla movimentazione di parte delle scorie già in posto per la preparazione dei piani di posa secondo i profili riportati nelle sezioni di progetto. L'Impresa comincerà, quindi, i lavori partendo da un profilo regolare nell'area di esecuzione del muro rinforzato.

Dimensionamento dell'arginatura in terra rinforzata



Il muro in terra rinforzata è stato studiato mediante 17 sezioni caratteristiche.

La quota di base di fondazione del muro è stata individuata in 46 m.s.l.m dalla sezione M1 alla sezione M12 e in 47 m.s.l.m dalla sezione M12 alla sezione M17. Il riporto necessario

per la regolarizzazione del piano di fondazione, a meno degli spessori previsti per il riporto dell'argilla, deve essere eseguito preventivamente da AAMPS utilizzando le scorie di combustione (codice CER 19.01.01, quindi conformi all'autorizzazione in essere) già accumulate nell'area o con altro materiale geotecnicamente equivalente. Gli ultimi 60 cm devono essere eseguiti con riporto di argilla $k < 10^{-6}$ cm/s.

Per verificare l'idoneità del piano di posa ad accogliere l'arginatura rinforzata sono state eseguite 10 prove su piastra distribuite sia sul piazzale già occupato dalle scorie sia sul riporto di terreno tal quale (caratteristico dell'arginatura di separazione tra la 2B Super e la

2B). Le prove hanno dato valori del modulo di deformazione variabili da 140 Kg/cm² a 1000 Kg/cm² del tutto compatibili con l'opera da realizzare.



La quota sommitale del muro rinforzato è costante e pari a 51 m.s.l.m. mentre la larghezza in sommità è stata ipotizzata costante e pari a 3.50 metri per consentire un'agevole manutenzione dei mezzi e l'ancoraggio dei materiali di impermeabilizzazione. Pertanto le misure dell'arginatura variano in funzione della quota del piano di appoggio che determina di conseguenza anche l'altezza del muro.

Elemento geometrico caratteristico	Quota di fondazione del muro	
	46 m.s.l.m	47 m.s.l.m
Altezza (m)	5	4
Base inferiore (m)	8.16	7.23
Base Superiore (m)	3.50	3.50
Inclinazione sponde (°)	65	65

Il muro ha sviluppo longitudinale complessivo di 180.5 metri e si raccorda al terreno esistente su entrambi i lati a quota 48 m.s.l.m.: nel tratto Sud il raccordo è tra le sezioni M2-M4 in un tratto di lunghezza 20.85 metri mentre nel tratto Nord tra le sezioni M15-M17 in un tratto di lunghezza 21.30 metri.

I muri, calcolati per resistere alla spinta del terreno richiedono dei rinforzi realizzati in fibre di poliestere di elevato modulo ed elevata tenacità, tessuti in modo da ottenere una geogriglia con maglia quadrata di 20 mm di lato ed una superficie aperta non inferiore al 75%. La geogriglia deve essere ricoperta con una membrana in resina polimerica nera per la protezione delle fibre dal danneggiamento meccanico ed ambientale nonché dall'aggressione dei raggi ultravioletti. Le fibre in poliestere costituenti la devono possedere i seguenti valori:

- Comportamento della fibra a carico costante indicando la curva tempo di rottura / percentuale del carico di rottura. Tale curva deve essere costruita con valore caratteristico delle tensioni superiore al 95% , entro un range di temperatura tra 0 e 30° C (il valore caratteristico è quello a cui il 95% dei risultati è superiore).
- La curva allungamento/tempo corrispondente al 60% del carico di rottura a temperatura costante, di durata non inferiore ad un anno.

Le geogriglie devono essere caratterizzate da basso creep ed elevato modulo elastico ed avere come minimo le seguenti rispettive caratteristiche che sono state utilizzate in fase di dimensionamento e verifica preliminare:

Resistenza a trazione longitudinale \geq	55	KN/m	(ISO EN 10139)
Resistenza a trazione trasversale \geq	300	KN/m	(ISO EN 10139)
Allungamento a rottura longitudinale e trasversale \leq	12,5	%	(ISO EN 10139)
Resistenza caratteristica a 120 anni	33	KN/m	
Fattore di sicurezza per estrapolazione a 120 anni	1,3		
Creep dopo 1 anno al 60% del carico di rottura $<$	2	%	

Verifiche del muro in terra rinforzata

Sono state eseguite le verifiche interne che hanno consentito il dimensionamento dei rinforzi; per le altre verifiche previste dalla normativa, è stato fatto riferimento in via cautelativa alla sezione tipo più penalizzante.



I terreni di fondazione sono rappresentati dallo strato di argilla di impermeabilizzazione, per il quale si sono considerati parametri geotecnici cautelativi, e dalle sottostanti balle dei rifiuti speciali. Le verifiche sono state eseguite in termini di tensioni efficaci (a

lungo termine).

Nel calcolo è stata volutamente trascurata la presenza delle balle dei rifiuti speciali, ipotizzando che lo strato di fondazione, interessato dalla trasmissione dei carichi, fosse tutto costituito dal terreno argilloso d'impermeabilizzazione, di caratteristiche geotecniche inferiori. Le verifiche sono state condotte considerando i seguenti parametri:

* **Dimensioni muro:** $H_{\max} \cong 5 \text{ m}$, $b_{\text{inf}} = 8.2 \text{ m}$, $b_{\text{sup}} = 3,5 \text{ m}$
 Incl. par. $\cong 65^\circ (\alpha)$
 Incl. pendio $\cong 22^\circ$

* **Spinta sul muro ipotizzata:** $\cong 4 \text{ t/m}$ (comprensiva di eventuale sovraccarico)

* **Verifica a ribaltamento:** $\gamma_{RSU} = 0,9$ $\gamma_t = 1,9$ (muro) $\phi_{terr} \cong 25^\circ$

$$\frac{M_r}{M_s} = \frac{55,6 \cdot 4}{4 \cdot 1,66} = \frac{222}{6,64} = 33 > 1,5 \quad (\text{verificato})$$

* **Verifica a scorrimento:** $T = 3.86$ t/m ed $F_o = N \cdot \text{tg}\phi = 25,9$ t/m

$$\frac{F_o}{T} = \frac{25,9}{3.86} = 6,7 > 1,5 \quad (\text{verificato})$$

* **Verifica a schiacciamento:** Pressioni esercitate alla base del muro: $\sigma_{\max} \cong 22.16$ t/m²

* **Resistenza a rottura del terreno:**

Per il terreno si adottano i seguenti parametri geotecnici cautelativi:

$$\gamma = 1,9 \text{ t/m}^3, \phi = \phi \cong 20^\circ$$

$$N_\gamma = 10,88; \quad N_q = 10,66 \text{ (Vesic)}$$

$$Q_{\text{rott}} = \frac{1}{2} \gamma \cdot B \cdot N_\gamma + \gamma \cdot D \cdot N_q = 68,06 \text{ t/m}^2$$

$$\frac{Q_{\text{rott}}}{\sigma_{\max}} = \frac{68,06}{22,16} = 3,1$$

Adeguamento del sistema di impermeabilizzazione

L'impermeabilizzazione della discarica deve garantire la separazione tra RSU e rifiuti speciali. Il sistema proposto è così costituito:

- Argilla di 60 cm con permeabilità $K < 10^{-6}$ cm/s in continuità con il setto arginale
- Geocomposito bentonitico
- Geomembrana in HDPE ruvida con spessore 2 mm.

A protezione del geocomposito bentonitico ed a diretto contatto con l'arginatura in terra rinforzata, ma non a contatto dell'argilla, dovrà essere posato in opera un geocomposito antipunzonamento di peso minimo 1200 gr/mq e resistenza 5300 N.



La geomembrana in HDPE dovrà essere resa solidale a quella già posata in opera sui primi tre gradoni della vasca 2B.

Si prevede di tagliare la guaina già in opera all'altezza del 1° gradone, o dove necessario in funzione della geometria della discarica, e di risvoltarla sul piano impermeabilizzato con argilla e geocomposito bentonitico per consentire, mediante saldatura, un collegamento con la nuova geomembrana. La geomembrana in HDPE dovrà essere prolungata per almeno 2 metri lungo la sponda esterna dell'arginatura rinforzata. I materiali dovranno essere ancorati sulla sommità arginale mediante una trincea di dimensioni teoriche minime di 50x50 cm..



In fase gestionale, poi, sarà necessario rimuovere l'impermeabilizzazione in argilla presente sui versanti e sotto la guaina che verrà rimossa, spessore medio 20 cm, in modo da garantire il diretto contatto tra il nuovo RSU con una superficie maggiormente permeabile dando, così, modo al percolato che si formerà di percolare almeno in parte all'interno del corpo discarica 2B.

Sistema di smaltimento del percolato

In condizioni normali lo smaltimento del percolato deve avvenire tramite il sistema di estrazione predisposto nella vasca 2B e costituito da una maglia di tubazioni in HDPE afferente in più punti a pozzi di estrazione. Poiché nel manufatto 2B esistente non è stato costituito sul fondo vasca un dreno continuo in ghiaia, per favorire il deflusso del nuovo percolato che si formerà nell'ampliamento in progetto verso il drenaggio esistente sul fondo della vasca 2B si prevedono 9 perforazioni inclinate con interasse 15 metri sostenute da una tubazione fessurata in HDPE con diametro 200 mm e PN 16 e dreno prefabbricato. Le perforazioni avranno una lunghezza variabile da circa 5.0 metri fino ad un massimo di 8.0 metri in modo da evitare qualsiasi accidentale rottura, in fase di realizzazione, del sistema di impermeabilizzazione della vasca 2B.



Per favorire il deflusso del percolato verso le perforazioni inclinate il piano interno dell'arginatura verrà realizzato con doppia inclinazione verso l'interno della vasca e con direzione Nord-Sud. Al piede dell'argine esistente è prevista la posa di una tubazione drenante in HDPE DN 250 PN 16 su cui stendere uno strato drenante in ghiaia di spessore

minimo 40 cm. Tra ghiaia ed HDPE sarà interposto un geocomposito antipunzonamento di protezione per evitare il danneggiamento meccanico.

Le tubazioni inclinate termineranno con un pezzo speciale curvilineo, non fessurato, collegato alla tubazione di drenaggio longitudinale ed inserito in un pozzo costituito da anelli in cls di diametro minimo 1000 mm. I pozzi eviteranno l'intasamento delle tubazioni inclinate.

La base inferiore di ogni pozzo, quindi, sarà realizzata con un getto di cls dello spessore di 20 cm, sullo strato di geotessuto antipunzonamento con armatura costituita da una rete di barre ad aderenza migliorata di acciaio FeB 44 k del diametro di 10 mm con maglia 20x20 cm. Le pareti esterne del pozzo dovranno essere realizzate con anelli in cls prefabbricati di diametro interno 1000 mm ed altezza 50 cm, all'interno dei quali verrà alloggiato un tubo in HDPE di diametro 630 mm con altezza 50 cm. L'intercapedine tra gli anelli ed il tubo verrà riempita con un getto di calcestruzzo e rinforzata con una rete elettrosaldata composta da barre di diametro 8 mm a maglia 20x20 cm. Il pozzo sarà, poi, completato sovrapponendo un ulteriore anello in cls di caratteristiche analoghe al primo ma fessurato reso solidale mediante malta cementizia. La chiusura provvisoria superiore dovrà disporre di sfiato. Sia gli anelli in cls che l'anello interno in HDPE devono essere predisposti per accogliere le tubazioni in HDPE di raccolta e smaltimento del percolato.



Perforazioni inclinate

La perforazione inclinata a secco in R.S.U. dovrà essere eseguita con metodo rotativo mediante infissione provvisoria di colonna di avanzamento in acciaio, con apposita scarpa dentata, DN= 300 mm. Con profondità massima 8 metri e svuotamento con elica continua. L'equipaggiamento del perforo è previsto con colonna definitiva in HDPE, DN= 200 mm. PN= 10, microfessurata con luce 3 mm. e protetta da drenaggio in ghiaia silicea arrotondata



DN= 6 ÷ 10 mm. L'esecuzione dell'opera comprende il trasporto e l'impianto cantiere, la messa in postazione delle attrezzature necessarie ed il successivo spostamento e/o allontanamento, la perforazione a rotazione DN= 300 mm. con colonna provvisoria e svuotamento della stessa mediante elica continua, la fornitura e posa di colonna definitiva in HDPE, DN= 200 mm. PN= 10 microfessurata, il drenaggio con ghiaietto siliceo arrotondato DN= 6 ÷ 10 mm, l'estrazione della colonna provvisoria in acciaio, il controllo dell'eventuale percolato estratto, lo smaltimento dei terreni e degli RSU di risulta. Tra gli oneri dell'impresa sono compresi, altresì, i raccordi secondo angolazione necessaria e la tubazione HDPE DN 200 PN 16 (per una lunghezza massima di 3 metri) e relative flange necessarie per raccordare la perforazione inclinata con i pozzi di accumulo del percolato.



ALTRI DOCUMENTI PROGETTUALI

La progettazione è stata condotta fino al livello esecutivo. In ogni fase sono stati predisposti tutti i documenti previsti dalla normativa vigente. In particolare nel progetto esecutivo sono stati inseriti:

- Relazione Tecnica con Tavole allegate
- Relazione geologico-geotecnica
- Elenco Prezzi
- Computo metrico estimativo
- Schema di contratto
- Capitolato Speciale
- Piano di Sicurezza e Coordinamento.

Di seguito si riportano alcuni stralci dei documenti più significativi a testimonianza del dettaglio e dell'approfondimento che i progettisti hanno voluto assicurare al committente.

III-1.5) Realizzazione di muro in terra rinforzata secondo le prescrizioni di capitolato, escluso il materiale di classe idonee, A1-A3, che deve essere utilizzato per la costruzione del muro; compresa, invece, la posa in opera del materiale in strati, la costipazione, i teli di armatura, reti metalliche, prove, controlli e tutto quanto necessario per garantire l'opera finita a regola d'arte. Il muro dovrà avere i paramenti con pendenza uniforme e regolare. A tale scopo l'Impresa dovrà utilizzare dei casseri metallici di contenimento o dispositivi analoghi per garantirne la perfetta continuità.

ELENCO PREZZI

Continua descrizione articolo con dettaglio e caratteristiche del muro



Calcolo delle quantità di muro in base al modello 3D

N.ord. a-4 - Costruzione di muro in terra rinforzata

Sezione	Dist. Parziale (m)	H Totale (m)	H media (m)	Superficie (mq)
Inizio		0,54		
M1	2,00	0,54	0,54	1,24
M2	4,00	2,00	1,27	6,79
M3	6,75	2,97	2,18	19,29
M4	11,09	4,00	3,99	64,57
M5	0,31	5,00	5,00	5,23
M6	15,00	5,00	5,00	66,25
M7	15,00	5,00	5,00	66,25
M8	13,96	5,00	5,00	60,27
M9	0,54	5,00	5,00	3,93
M10	15,00	5,00	5,00	66,25
M11	15,00	5,00	5,00	66,75
M12	6,43	5,00	5,00	36,97
M12'		4,00		
M13	8,57	4,00	4,00	39,42
M14	15,00	4,00	4,00	69,00
M15	8,69	4,00	4,00	39,97
M16	6,31	4,00	3,63	26,34
M17	15,00	2,76	2,76	40,45
Fine	4,00	1,43	1,43	6,33

- a) Per muri di altezza 0-3 m misurati dall'estradosso del piano bonificato di fondazione
Al mq
(Lire duecentoquarantamila) Lit. 240.000
- b) Per muri di altezza 0-5 m misurati dall'estradosso del piano bonificato di fondazione
Al mq
(Lire quattrocentoventimila) Lit. 420.000

COMPUTO METRICO

A. - COSTRUZIONE MURO RINFORZATO ED IMPERMEABILIZZAZIONE						
N.Ord.	N. El.	DESCRIZIONE	U.M.	QUANTITA'	PREZZO UNITARIO	IMPORTO PARZIALE
a.1	III.1.7	Adimentazione scorie sia in scavo che in riporto	mc	1500	6,500	9.750,000
a.2	III.1.4	Impermeabilizzazione alla base del muro con argilla s= 60 cm	mc	1500	23,000	29.900,000
a.3	III.1.4	Impermeabilizzazione con argilla per pendenza di fondo	mc	410	23,000	9.430,000
a.4	III.1.5	Muro in terra rinforzata H=5 metri	mq	790	420,000	331.800,000
a.5	III.1.8	Terrazzo da curvi per costituzione muro rinforzato	mc	3980	30,000	119.500,000
a.6	III.3.6	Strato di separazione scorie-argilla	mq	2100	4,500	9.450,000
a.7	III.3.3	Geocomposito antipuzonamento a protezione del bentonitico	mq	1560	14,000	21.840,000
a.8	III.3.4	Geocomposito bentonitico	mq	2450	15,500	37.975,000
a.9	III.3.1	Geomembrana in HDPE s=2 mm con rimozione di HDPE esistente	mq	3100	20,000	62.000,000
a.10	III.3.3	Geocomposito antipuzonamento a protezione della geomembrana in HDPE	mq	2450	14,000	34.300,000
TOTALE DELL'OPERA:						665.845,000

*Nel computo della superficie è considerato un incremento del 15% rispetto ai quantitativi teorici calcolati.

Sup. tot. Mq 783,87 m²
Si arrotonda: 790 mq m²

A.A.M.P.S. S.p.A.
LIVORNO

DISCARICA VALLIN DELL'AQUILA

**INTERVENTI DI RICONFIGURAZIONE MORFOLOGICA
DI PARTI DELL'ATTUALE DISCARICA GESTITA DA
AAMPS PER CONTO DEL COMUNE DI LIVORNO**

PROGETTO ESECUTIVO

6. – PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO
Ai sensi del D.Lgs 494/96 e del D.Lgs 528/99

GETAS-PETROGEO s.r.l. *Coordinatore per la Progettazione:*
PISA Ing. P. Ghezzi



INDICE

	<u>Pagina</u>
1. – INFORMAZIONI DI CARATTERE GENERALE	4
1.1. - Il progetto, i progettisti ed i soggetti responsabili della sicurezza	4
1.2. - Soggetti responsabili ai sensi del D.Lgs 494/96 e D.Lgs 528/99	5
2. – ELEMENTI DI PROGETTO	6
2.1. - Rilievo topografico e stato di fatto	7
2.2. - Impostazione generale del progetto	7
2.3. - Operazioni preliminari a carico di AAMPS	8
2.4. - Dimensionamento dell'arginatura in terra rinforzata	8
2.5. - Adeguamento del sistema di impermeabilizzazione	10
2.6. - Sistema di smaltimento del percolato	10
2.7. - Pozzi di accumulo del percolato	11
2.8. - Perforazioni inclinate	11
3. – PROGRAMMA LAVORI	12
3.1. - Elenco delle attrezzature, macchine, impianti e mezzi di protezione collettiva	12
3.2. - Principale documentazione da tenere in cantiere ai fini della sicurezza	13
3.3. - Programma temporale dei lavori	14
3.4. - Elenco delle fasi lavorative prevedibili	14
3.5. - Fattori ambientali e morfologici che influiscono sulla sicurezza	17
3.6. - Obblighi dell'Appaltatore legati alla sicurezza del cantiere	18
4. – PROGETTAZIONE ED ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE	20
4.1. - Progetto del cantiere	20
4.2. - Vincoli connessi al sito e ad eventuali presenze di terzi	20
4.3. - Accesso al cantiere	21
4.4. - Viabilità interna al cantiere	21
4.5. - Recinzione	21
4.6. - Segnaletica di sicurezza sul posto di lavoro	21

23100-T-PE-PS 2/39 Versione 1.0

4.7. - Cartello di cantiere	22
4.8. - Servizi igienici e assistenziali	23
4.9. - Servizi sanitari e di pronto soccorso	23
4.10. - Impianti di alimentazione e reti	25
4.11. - Prevenzione incendi	25
4.12. - Smaltimento dei rifiuti	26
5. – TUTELA DELLA SALUTE DEI LAVORATORI	27
5.1. - Movimentazione manuale dei carichi	27
5.2. - Dispositivi di Protezione Individuale	27
5.3. - Utilizzo e manutenzione di macchine e impianti	29
5.4. - Esposizione agli agenti biologici	30
5.5. - Coordinamento e misure di prevenzione per rischi derivanti dalla presenza simultanea di più imprese	31
6. – COSTI RELATIVI ALLA SICUREZZA	32
6.1. - Valutazione dei nomini-giorni relativi al cantiere	32
6.2. - Cronoprogramma delle lavorazioni	33
6.3. - Costi relativi alla sicurezza	33

ELENCO DELLE TAVOLE	
	<u>Scala</u>
TAV. 1 IPOTESI DI LAYOUT DEL CANTIERE	1:1000
TAV. 2 CRONOPROGRAMMA	

ALLEGATI	
SCHEDE DI VALUTAZIONE DEI RISCHI	
SCHEDE DI PRODUTTIVITA'	

23100-T-PE-PS 3/39 Versione 1.0

Soggetti responsabili ai sensi del D.Lgs 494/96 e D.Lgs 528/99

1. **COMMITTENTE:** AAMPS – Azienda Ambientale di Pubblico Servizio SpA - Livorno
2. **RESPONSABILE DEI LAVORI:** Non è stato espressamente nominato.
3. **COORDINATORE PER LA PROGETTAZIONE:** Ing. Paolo Ghezzi, iscritto all'albo degli Ingegneri della Provincia di Pisa al n° 1248 ed abilitato alla redazione dei piani di sicurezza secondo quanto prescritto dalla D.Lgs 494/96 e successive integrazioni
4. **DIRETTORE DEI LAVORI:** Ing. Paolo Ghezzi.
COORDINATORE IN FASE D'ESECUZIONE: Ing. Paolo Ghezzi, abilitato alla redazione dei piani di sicurezza secondo quanto prescritto dalla D.Lgs 494/96 e successive integrazioni

PIANO DI SICUREZZA E DI COORDINAMENTO Redatto ai sensi del D.lgs N° 494/96 e successivi aggiornamenti		Coordinatore per la progettazione: Ing. Paolo Ghezzi		SCHEDA RIASSUNTIVA N° S2																																																																		
FASE LAVORATIVA: Esecuzione del muro rinforzato		Codice: F1	ATTIVITÀ LAVORATIVA: Esecuzione dei muri in terra rinforzata		Codice: A1.2																																																																	
Descrizione delle fasi lavorative	Possibili rischi presenti	Dispositivi di Protezione Individuale D.P.I.		Riferimenti Normativi																																																																		
1. Valutazione ambientale con sopralluogo	A. Cadute a livello	I. Cinture di sicurezza	VI. Cuffie	D.P.R. 547/55	D.Lgs. 626/94																																																																	
2. Preparazione dell'area e rimozione eventuale vegetazione	B. Investimento	II. Scarpe antinfortistiche	VII. Guanti	D.P.R. 303/56	D.Lgs. 494/96																																																																	
3. Sistemazione su tre macchine operatrici	C. Polveri e fibre	III. Maschera di protezione	VIII. Casco	D.P.R. 164/56	D.P.R. 459/96																																																																	
4. Operazioni di scavo (a deposito provvisorio del materiale o carico diretto in camion)	D. Rumore	IV. Autoprotettivo	IX. Tuta protettiva	D.Lgs. 277/91	D.Lgs. 528/99																																																																	
5. Posa in opera dei casseri di contenimento	E. Cadute materiali dall'alto	<p>Tutto il personale, indipendentemente dalle fasi lavorative, deve indossare scarpe antinfortistiche (II) e tuta protettiva (IX).</p> <p>I D.P.I. riportati nelle schede valutative di dettaglio sono per rischi specifici associati alla lavorazione descritta. I D.P.I. consegnati con ***) saranno in dotazione del personale addetto, ma dovranno essere indossati solo in superamento dei limiti previsti per legge a indicazione del responsabile di cantiere.</p>																																																																				
6. Posa in opera del geotessuto di rinforzo	F. Urti, colpi, impatti e compressioni																																																																					
7. Posa in opera del terreno di riporto, o di terreno idoneo.	G. Caduta dall'alto																																																																					
	H. Seppellimento e approfondimento																																																																					
	I. Punture, tagli ed abrasioni																																																																					
	J. Offesa agli occhi																																																																					
	K. Schiacciamento																																																																					
	L. Elettrocuzione																																																																					
	M. Movimentazione manuale dei carichi																																																																					
	N. Olii minerali e derivati																																																																					
		<p>Informazioni, Formazione e Segnaletica</p> <p>Oltre alla formazione di base e/o specifica, tutti gli operatori devono essere informati sui rischi di fase analizzati e ricevere istruzioni di competenza.</p>																																																																				
Istruzione per gli addetti		Procedure di emergenza		FASI LAVORATIVE																																																																		
<ul style="list-style-type: none"> Prima di procedere allo scavo si dovranno verificare gli esiti delle verifiche di stabilità già prodotti nel progetto per garantire l'operatività del mezzo. Durante i lavori di scavo è sconsigliata l'esecuzione di altre lavorazioni Lo scavo dovrà avvenire in modo da minimizzare la diffusione di polveri E' vietato il trasporto di persone sui mezzi di scavo. I mezzi, a fine scavo, devono essere ricoverati in aree predisposte allo scopo e con benne abbassate. I paramenti dei muri, inclinati a 65°, non sono percorribili: è necessario predisporre scale a norma su cui il personale può agevolmente salire. E' vietato sporgersi dal muro sul paramento inclinato a 65° In caso di forti precipitazioni è necessario controllare lo stato dei versanti soprastanti l'esecuzione del muro prima di riprendere i lavori. E' obbligatorio eseguire una regimentazione delle acque meteoriche anche di natura provvisoria. 		<p>*Nel caso di frangimento versanti, si dovranno lavoratori, definire l'area predisporre in modo di ripristinare le condizioni di sicurezza.</p> <p>**In seguito a precipitazioni e sopravvenienza di acque di delimitare l'area interessata eventuali acque stagnanti in luogo sicuro, verificare il piano di lavoro e riprendere scavo.</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cod.</th> <th>Fase</th> <th>Cod.</th> <th>ATTIVITÀ LAVORATIVE</th> <th>Scheda</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="2">Attività</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F1</td> <td>Esecuzione del muro rinforzato</td> <td>A1.1</td> <td>Preparazione del piano di posa con movimentazione scorie</td> <td>S1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>A1.2</td> <td>Esecuzione del muro in terra rinforzata</td> <td>S2</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>A1.3</td> <td>Scavi di modeste dimensioni</td> <td>S11</td> </tr> <tr> <td>F2</td> <td>Opere di impermeabilizzazione</td> <td>A2.1</td> <td>Posa in opera di argilla di impermeabilizzazione</td> <td>S3</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>A2.2</td> <td>Posa in opera di geocomposito antipunctamento</td> <td>S4</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>A2.3</td> <td>Posa di geocomposito bentonitico</td> <td>S5</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>A2.4</td> <td>Posa in opera di geomembrana in HDPE</td> <td>S6</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>Opere di drenaggio percolato</td> <td>A3.1</td> <td>Posa in opera di tubazioni HDPE Ø 250</td> <td>S7</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>A3.2</td> <td>Esecuzione di pozzo di raccolta del percolato</td> <td>S8</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>A3.3</td> <td>Riparto di ghiaia siltosa di drenaggio</td> <td>S9</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>A3.4</td> <td>Perforazione pozzi inclinati</td> <td>S10</td> </tr> </tbody> </table>		Cod.	Fase	Cod.	ATTIVITÀ LAVORATIVE	Scheda			Attività			F1	Esecuzione del muro rinforzato	A1.1	Preparazione del piano di posa con movimentazione scorie	S1			A1.2	Esecuzione del muro in terra rinforzata	S2			A1.3	Scavi di modeste dimensioni	S11	F2	Opere di impermeabilizzazione	A2.1	Posa in opera di argilla di impermeabilizzazione	S3			A2.2	Posa in opera di geocomposito antipunctamento	S4			A2.3	Posa di geocomposito bentonitico	S5			A2.4	Posa in opera di geomembrana in HDPE	S6	F3	Opere di drenaggio percolato	A3.1	Posa in opera di tubazioni HDPE Ø 250	S7			A3.2	Esecuzione di pozzo di raccolta del percolato	S8			A3.3	Riparto di ghiaia siltosa di drenaggio	S9			A3.4	Perforazione pozzi inclinati	S10
Cod.	Fase	Cod.	ATTIVITÀ LAVORATIVE	Scheda																																																																		
		Attività																																																																				
F1	Esecuzione del muro rinforzato	A1.1	Preparazione del piano di posa con movimentazione scorie	S1																																																																		
		A1.2	Esecuzione del muro in terra rinforzata	S2																																																																		
		A1.3	Scavi di modeste dimensioni	S11																																																																		
F2	Opere di impermeabilizzazione	A2.1	Posa in opera di argilla di impermeabilizzazione	S3																																																																		
		A2.2	Posa in opera di geocomposito antipunctamento	S4																																																																		
		A2.3	Posa di geocomposito bentonitico	S5																																																																		
		A2.4	Posa in opera di geomembrana in HDPE	S6																																																																		
F3	Opere di drenaggio percolato	A3.1	Posa in opera di tubazioni HDPE Ø 250	S7																																																																		
		A3.2	Esecuzione di pozzo di raccolta del percolato	S8																																																																		
		A3.3	Riparto di ghiaia siltosa di drenaggio	S9																																																																		
		A3.4	Perforazione pozzi inclinati	S10																																																																		

PIANO DI SICUREZZA E DI COORDINAMENTO Redatto ai sensi del D.lgs N° 494/96 e successivi aggiornamenti		Coordinatore per la progettazione: Ing. Paolo Ghezzi		SCHEDA RIASSUNTIVA N° S2	
FASE LAVORATIVA: Esecuzione del muro rinforzato		Codice: F1	ATTIVITÀ LAVORATIVA: Esecuzione dei muri in terra rinforzata		Codice: A1.2
Descrizione delle fasi lavorative	Possibili rischi presenti	Accorgimenti per la sicurezza		D.P.I.	
1. Valutazione ambientale con sopralluogo	A. Cadute a livello G. Caduta dall'alto	<p>A. Possibili nelle prime fasi di sopralluogo quando ancora non è stata estirpata completamente la vegetazione o per la presenza di materiali precedentemente accatastati sul percorso pedonale. necessaria la tenuta da cantiere</p> <p>G. Improbabili ma possibili nei sopralluoghi sui versanti e comunque per dislivelli limitati</p>		G. VIII*	
2. Preparazione dell'area	A. Cadute a livello B. Investimento C. Polveri e fibre D. Rumore E. Cadute materiali dall'alto J. Offesa agli occhi	<p>A. Possibili quando ancora non è stata estirpata completamente la vegetazione o per la presenza di materiali precedentemente accatastati sul percorso pedonale. necessaria la tenuta da cantiere</p> <p>B. Rischio modesto in quanto l'esecuzione degli scavi avverranno in assenza di altre lavorazioni vicine.</p> <p>C. Le operazioni preliminari, eseguite con ruspe o altri mezzi, devono essere eseguite minimizzando la produzione di polveri anche ricorrendo a contenute irrorazioni della superficie soprattutto nel periodo estivo</p> <p>D. Possibile nel caso di contemporaneo utilizzo di più mezzi di escavazione ed allontanamento. Probabile nel caso di taglio della vegetazione presente mediante seghe elettriche o altre attrezzature a motore. Obbligatorio l'uso di cuffie o otoprotettori monouso.</p> <p>E. Possibili nelle parti più basse dei versanti in caso di distacchi, anche contenuti, di materiale in posto o da poco riportato. Nel caso di taglio di piante, è vietata la presenza di personale sotto gli alberi in corso di taglio. Se necessario, in funzione della pendenza dei versanti sottostanti, si potrà ricorrere a protezioni locali con reti o barriere di altra natura per impedire il rotolamento a valle di eventuali pezzi tagliati.</p> <p>J. Nel caso di taglio di piante con sega a motore è obbligatorio l'uso di occhiali o visiera.</p>		C. III*-V* D. VI* E. VIII J. V	



Il sottoscritto Dottor Giuseppe Ghezzi, nato a Monza (MI) il 05/12/1930 in qualità di Amministratore Unico della società GETAS-PETROGEO s.r.l.- E

il sottoscritto Ingegnere Paolo Ghezzi, nato a Piacenza (PC) il 12/11/1963 in qualità di ingegnere senior della società GETAS-PETROGEO s.r.l.

Dichiarano

che la scheda di sintesi di cui sopra è relativa a progetto redatto in esecuzione di incarico di progettazione effettivamente affidato, ed è stato approvato dall'Ente Competente.

Ing. Paolo Ghezzi

Dott. Giuseppe Ghezzi

Pisa, 14 Settembre 2009