Comune di Trani

Regione Puglia

OPERE DI CHIUSURA DEFINITIVA DEL I E DEL II LOTTO DI DISCARICA E IMPIANTI CONNESSI IN LOCALITÀ "PURO VECCHIO" TRANI (BAT)

PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE:

AMIU S.p.A.

Sede legale e amministrativa alla Strada Provinciale 168

Località Puro Vecchio 76125 Trani (BT)

Codice Fiscale e Partita IVA 04939590727

PEC: amiutranispa@pec.it

PROGETTO:

Studio Romanazzi-Boscia e Associati s.r.l.

via Amendola 172/c, 70100 Bari - tel.: 080.548.21.87 - Fax: 080.5[illegible]

Prof. Ing. Eligio ROMANAZZI

Dott. Ing. Giovanni F. BOSCIA

Dott. Ing. Sebanino GIOTTA

Dott. Ing. Fabio PACCAPELO

Ing. Federico Cangialosi

Ing. Gianluca Intini

Dott. geol. Vito Specchio

ALLEGATO	3. CHIUSURA DEFINITIVA	SCALA:
R.3.2.1	3.2 REALIZZAZIONE DEL PACCHETTO DI CHIUSURA **RELAZIONE TECNICA**	--- DATA: **GIUGNO 2022**

AGGIORNAMENTO	DATA	DESCRIZIONE

INDICE

1 PREMESSA 2

2 STATO DI FATTO 3

3 STRUTTURA DEL CAPPING DI COPERTURA DEI RIFIUTI 4

3.1 CAPPING TIPO 1 5

3.2 CAPPING TIPO 2 6

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI 7

4.1 STRATO IMPERMEABILE 7

4.1.1 Caratteristiche tecniche del materiale 7

4.2 STRATO DRENANTE 9

4.3 STRATO DI AGGRAPPO: GEOSTUOIA GRIMPANTE 11

4.4 STRATO SUPERFICIALE DI COPERTURA 12

5 EQUIVALENZA CAPPING AL D.LGS 121/2020 (EX D.LGS 36/2003) 13

5.1 GEOCOMPOSITO BENTONITICO 13

5.2 GEOCOMPOSITO DRENANTE 13

1 PREMESSA

Nella presente relazione vengono illustrate le scelte progettuale, e le relative verifiche tecniche, associate alla definizione della barriera composita, evidenziando le caratteristiche migliorative rispetto a quanto previsto dal progetto a base di gara.

Tale disamina viene condotta a partire dalla descrizione delle modalità con cui si prevede di eseguire la riconfigurazione dell'estradosso della ex discarica, condizione imprescindibile per determinare le corrette condizioni al contorno per poter garantire le migliori condizioni di posa della barriera composita.

2 STATO DI FATTO

Il sito di interesse è stato sottoposto in precedenza ad interventi di chiusura provvisoria, i quali costituiscono la base di partenza per le opere di chiusura permanente in oggetto al presente progetto.

In particolare, durante la chiusura provvisoria sono state realizzate le lavorazioni di riconfigurazione del corpo rifiuti, le quali costituiscono, nella maggior parte dei casi, le operazioni preliminari indispensabili per la corretta realizzazione del capping di chiusura e la buona riuscita delle sue prestazioni in fase di esercizio. Dal punto di vista morfologico, quindi, il corpo rifiuti si presenta già allo stato di fatto riconfigurato e predisposto alla posa della stratigrafia prevista per le superfici orizzontali e del pacchetto di geocompositi previsto per le scarpate, di cui si parlerà dettagliatamente nel seguito della presente relazione. Infin, le scarpate sono state dotate in fase di riprofilatura con delle berme intermedie, le quali forniranno zone utili per "spezzare" la continuità dei teli e alloggiarne i relativi ancoraggi, al fine di ridurre le tensioni massime cui saranno sottoposti in fase di esercizio.

La chiusura provvisoria ha previsto, inoltre, la posa di un telo impermeabile in HDPE di spessore 1 mm, la quale costituisce lo strato impermeabile a protezione dei rifiuti abbancati. Tale guaina, le cui caratteristiche sono state calibrate per avere funzionalità provvisoria, costituirà lo strato di base sul quale sarà realizzato il capping definitivo. Come si vedrà nel seguito, in corrispondenza delle scarpate è stata prevista la posa dello strato impermeabile costituito dal geocomposito bentonitico; pertanto, in fase di progettazione del capping sono state eseguite verifiche di stabilità, ponendo particolare attenzione sull'interfaccia tra la guaina in hdpe esistente e il geocomposito bentonitico di progetto.

3 STRUTTURA DEL CAPPING DI COPERTURA DEI RIFIUTI

Il pacchetto di chiusura definitiva proposto avrà caratteristiche tali da:

- **minimizzare l'infiltrazione delle acque meteoriche** nel corpo della discarica;
- consentire il **corretto esercizio dei sistemi di raccolta del percolato**;
- **evitare la fuoriuscita incontrollata di biogas**;
- **adattarsi ai cedimenti nel tempo** dell'ammasso dei rifiuti;
- **favorire la piantumazione e la sistemazione a verde** dell'area.

Nell'Allegato 1 del D.Lgs. n. 36/2003 al punto 2.4.3 *"Copertura superficiale finale"* è prevista la realizzazione di una copertura multistrato costituita, dall'alto verso il basso, almeno dai seguenti strati:

1. strato superficiale di copertura con spessore maggiore o uguale a 1 m che favorisca lo sviluppo delle specie vegetali di copertura ai fini del piano di ripristino ambientale, fornisca una protezione adeguata contro l'erosione e protegga le barriere sottostanti dalle escursioni termiche;
2. strato drenante protetto da eventuali intasamenti con spessore maggiore o uguale a 0,5 m in grado di impedire la formazione di un battente idraulico sopra le barriere di cui ai successivi punti 3) e 4);
3. strato minerale compattato dello spessore maggiore o uguale a 0,5 m e di conducibilità idraulica maggiore o uguale a 10^{-8} m/s;
4. strato di drenaggio del gas e di rottura capillare, protetto da eventuali intasamenti, con spessore maggiore o uguale a 0,5 m;
5. strato di regolarizzazione con la funzione di permettere la corretta messa in opera degli strati sovrastanti.

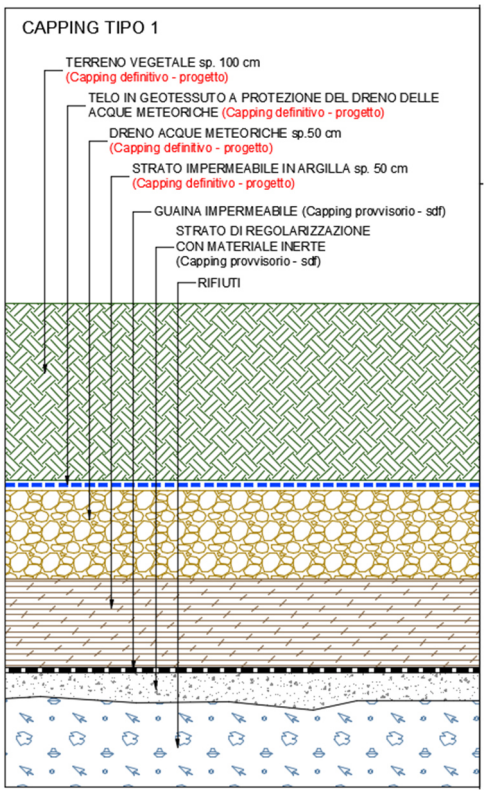
Tale tipologia di copertura sarà realizzata sulle **superfici della discarica aventi pendenze leggere** (superfici sub-orizzontali), mentre sulle scarpate una simile stratigrafia appare tecnicamente non idonea, sia per la complessità della posa in opera, sia perché pendenze elevate causerebbero lo scivolamento stesso del capping. Su tali superfici si propone, quindi, la realizzazione di una copertura avente caratteristiche prestazionali analoghe, ma costituita da materiali che possono essere posati in opera su superfici a elevata pendenza, riuscendo ad essere efficienti ed efficaci anche in tali situazioni.

In corrispondenza del ciglio delle scarpate, dove si verifica il cambio di tipologia di copertura, sarà prevista una superficie (di lunghezza minima pari a 10 m) di sovrapposizione; in questa fascia la prima tipologia di capping (superfici sub-orizzontali) gradatamente si adegua alla seconda (scarpate).

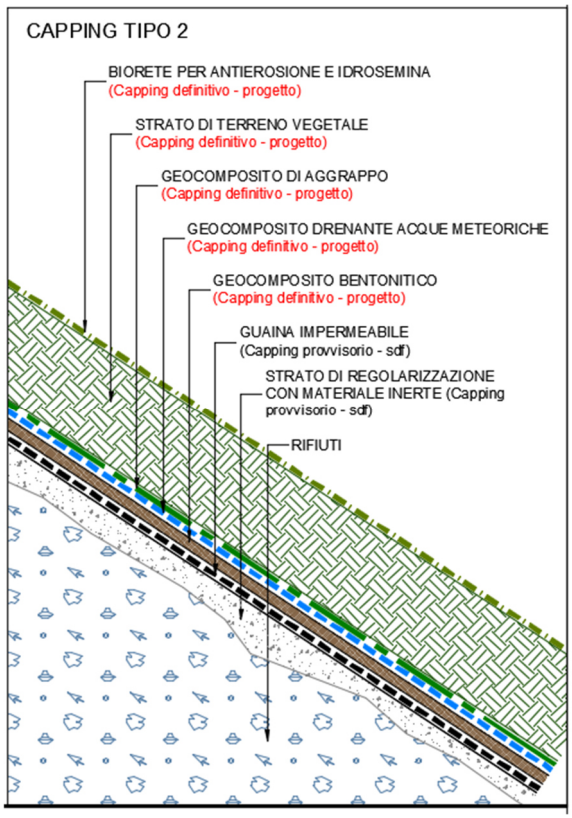
3.1 CAPPING TIPO 1

Il capping di tipo 1 verrà utilizzato nelle aree suborizzontali che ricoprono una superficie di circa **29.152 m²**. Il capping tipo 1 sarà costituito da una stratigrafia conforme alle prescrizioni del D.LGS 121/2020 (ex D.LGS 36/2003), che prevedono:

- **Strato impermeabile**: costituito da uno strato minerale compattato (argilla) dello **spessore 0,5 m** e di **conducibilità idraulica di 10^{-8} m/s;**
- **Dreno acque meteoriche**: costituito da uno strato drenante in pietrame dello **spessore di 0,5 m**;
- **TNT**: telo in geotessuto non tessuto per la protezione del sottostante dreno da possibili intasamenti;
- **Ricoprimento**: strato finale di terreno vegetale dello **spessore di 1 m**.



3.2 CAPPING TIPO 2



Il capping tipo 2 sarà utilizzato nelle scarpate, per una superficie complessiva di circa **30.043 m²**. Data la pendenza e l'estensione non trascurabili che caratterizzano le scarpate dei lotti I e II, in questo caso l'applicazione della stratigrafia classica del capping definitivo non può essere applicata secondo le modalità previste dal dlgs 121/2020. Pertanto, il capping tipo 2 sarà costituito da un pacchetto di geocompositi che meglio si prestano all'applicazione su superfici inclinate e che presentano caratteristiche prestazionali equivalenti o superiori a quelle previste dalla norma. Il capping tipo 2 sarà costituito dai seguenti geocompositi, partendo dal basso:

- **Strato impermeabile**: costituito da geocomposito bentonitico;
- **Drenaggio acque piovane:** costituito da geocomposito ad alto indice dei vuoti
- **Strato di rinforzo/aggrappo:** costituito da geocomposito grimpante;
- **Strato di ricoprimento:** costituito da terreno vegetale di ricoprimento dello spessore di 0,5 m;
- **Biorete antierosione**: costituita da biostuoia in fibre naturali biodegradabili per favorire il rinverdimento dell'estradosso.

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Uno degli aspetti fondamentali nella scelta dei materiali costituenti i geocompositi di un capping è costituito dalle modalità di applicazione di questi sui pendii. Nei tratti in pendenza, infatti, è necessario identificare con precisione la tipologia e le caratteristiche del geocomposito da utilizzare, al fine di individuare tutti gli angoli di attrito lungo le superfici di interfaccia tra i vari geocompositi, con il terreno vegetale, con l'estradosso rifiuti e con gli altri materiali in gioco. Le modalità di interazione, peraltro, sono espressamente richieste dalle NTC 2018.

4.1 STRATO IMPERMEABILE

Il geocomposito bentonitico (GCL, Geosynthetic Clay Liner) è un prodotto costituito da bentonite sodica e geosintetici, formato da uno strato di argilla (bentonite) estremamente sottile (generalmente inferiore a 1 cm) racchiuso tra due geotessili o incollato ad una geomembrana sintetica¸

Nel presente progetto, è prevista la posa di geocomposito bentonitico per l'impermeabilizzazione superficiale del capping e delle scarpate del tipo non laminato, in cui lo strato di bentonite è fissato meccanicamente, mediante processo di agugliatura tra i due geotessili.

Oltre a verificare che il geocomposito abbia caratteristiche tecniche conformi a quelle indicate nelle successive tabelle, l'Appaltatore dovrà attenersi alle specifiche di posa previste dal produttore ed agli accorgimenti tecnici descritti nel documento presente.

4.1.1 Caratteristiche tecniche del materiale

Il geocomposito bentonitico da impiegarsi dovrà essere costituito da uno strato di bentonite sodica granulare racchiuso e fissato, mediante coesione meccanica (n. di punti di agugliatura ≥ 50.000/m^2), a due geosintetici, assolutamente esenti da collanti, appretti, impregnanti.

Il geocomposito bentonitico dovrà essere conforme alle caratteristiche tecniche e prestazionali riportate in Tabella 1 e Tabella 2 e dovrà essere:

- resistente ad agenti chimici presenti nel corpo rifiuti;
- inattaccabile da microrganismi, insetti e roditori;
- imputrescibile;
- resistente all'invecchiamento;
- stabile ai raggi UV e agli agenti atmosferici in genere.

Il geocomposito bentonitico dovrà avere, comunque, le seguenti proprietà:

- bassa permeabilità;
- compatibilità chimica ai contaminanti acidi;
- capacità di autoconfinamento;
- capacità autosigillante delle lesioni;
- flessibilità e resistenza.

Il materiale impiegato dovrà avere la marcatura CE, in conformità alle norme UNI EN vigenti.

Il produttore deve fornire inoltre certificazione ISO 9001, e polizza assicurativa RC prodotto per danni contro terzi per massimale non inferiore a 5 milioni di Euro (validità decennale come da DPR 224/1988 art. 14) con sottolimite di 0.5 milioni di Euro per il danno da inquinamento ambientale accidentale.

Tabella 1: Caratteristiche del geocomposito bentonitico

CARATTERISTICHE	NORMA	UNITÀ DI MISURA	VALORI DI RIFERIMENTO
Geotessile di contenimento			PP o PE (sup) PP (inf)
Spessore (a 2 kPa)	EN ISO 9863-1	mm	≥ 7
Massa areica geocomposito	UNI EN 14196	g/m^2	≥ 6000
Resistenza a trazione	UNI EN ISO 10319	kN/m	≥ 10(L)
Allungamento a rottura	UNI EN ISO 10319	%	≤ 20(L)
Resistenza al punzonamento statico	UNI EN ISO 12236	N	≥ 1800
Resistenza allo spellamento	ASTM D6496	N/10cm	65
Permeabilità	EN 16416 - ASTM D5887	m/s	$\leq 2{,}5 \times 10^{-11}$
Indice di Flusso	EN 16416 - ASTM D5887	m/s	$\leq 7{,}0 \times 10^{-9}$
Larghezza del rotolo		m	≥ 5
Lunghezza del rotolo		m	≥ 30

Tabella 2: Caratteristiche della bentonite sodica granulare

CARATTERISTICHE	NORMA	UNITÀ DI MISURA	VALORI DI RIFERIMENTO
Contenuto di montmorillonite	Analisi mineralogica XRD	%	> 70
Indice di rigonfiamento	ASTM D5890	ml/g	≥ 24
Perdita di Flusso	ASTM D5891	ml	< 18
Massa di bentonite**	EN 14196	g	≥ 5700**
Umidità**	ASTM D4643	%	12**

**Massa di bentonite fissata al 12% di umidità

4.2 STRATO DRENANTE

Come strato drenante si utilizzerà un geocomposito sintetico (costituito da un'anima interna ottenuta per estrusione di monofilamenti sintetici aggrovigliati alla quale vengono termoaccoppiati due geotessili filtranti).

Il documento presente fornisce le specifiche tecniche per i geocompositi drenanti.

Il geocomposito drenante dovrà essere:

- resistente ad agenti chimici presenti nel corpo rifiuti;
- resistente alle sollecitazioni meccaniche;
- inattaccabile da microrganismi, insetti e roditori;
- resistente alle perforazioni di radici;
- imputrescibile;
- resistente all'invecchiamento;
- stabile ai raggi UV e agli agenti atmosferici in genere.

Il geocomposito dovrà rispondere alle caratteristiche tecniche riportate nella successiva Tabella 3.

Il materiale dovrà avere la marcatura CE, in conformità alle norme UNI EN vigenti.

Il Sistema Qualità del Produttore dovrà essere certificato a fronte delle norme UNI EN ISO 9001. Il produttore dovrà possedere inoltre certificazione ISO 14001 e deve inoltre possedere polizza assicurativa RC prodotto per danni contro terzi per massimale non inferiore a 5 milioni di Euro (validità decennale come da DPR 224/1988 art. 14) con sottolimite di 0.5 milioni di Euro per il danno da inquinamento ambientale accidentale.

Inoltre, il prodotto dovrà possedere una certificazione ambientale (EPD) emessa da ente terzo accreditato in accordo a ISO 14025 e EN 15804

Il geocomposito dovrà essere costituito da un nucleo drenante tridimensionale, lavorato termicamente in modo da conferirgli una configurazione particolarmente efficace a resistere alle pressioni di confinamento esercitate dal terreno di rinterro, racchiuso da due geotessili filtranti termosaldati.

Tabella 3: Caratteristiche tecniche del geocomposito drenante

Caratteristiche	**Norma**	**Unità di misura**	**Valori di riferimento**
Massa areica	EN ISO 9864	g/m^2	700
Spessore a 2kPa	EN ISO 9863-1	mm	7
Resistenza a trazione	EN ISO 10319	kN/m	≥16.5
Deformazione al carico massimo	EN ISO 10319	%	< 80
Portata idraulica longitudinale a 20 kPa (i = 0,1), contatto R/S	UNI EN ISO 12958	l/(m·s)	0.43
Portata idraulica longitudinale a 100 kPa (i = 0,1), contatto R/S	UNI EN ISO 12958	l/(m·s)	0.35

Portata idraulica longitudinale a 200 kPa (i = 0,1), contatto R/S	UNI EN ISO 12958	l/(m·s)	0.25
Coefficiente riduttivo delle prestazioni idrauliche calcolate con contatto R/R, rispetto a condizioni di progetto R/S		-	0,60
Coefficienti riduttivi delle prestazioni drenanti a lungo termine (5, 50 e 100 anni), ai diversi livelli di pressione di esercizio, dovuti al decremento dello spessore per il compressive creep RF_{cr}	ISO 25619 @10.000 h di test		Certificati da laboratorio terzo qualificato*
Coefficiente riduttivo delle prestazioni drenanti a lungo termine - 100 anni, a 50 kPa, dovuto al decremento dello spessore per il compressive creep RF_{cr} con applicato fattore di taglio si da simulare il comportamento in scarpata,	ISO 25619 @10.000 h di test		<1.20*
Global Warming Potential (GWP 100 anni) - coefficiente di emissione di kg CO_2 per kg di prodotto realizzato fco stabilimento di produzione, incluso dell'imballaggio.	ISO 14025 - EN 15804		<2.50 kg CO_2-Equiv. per kg di prodotto realizzato *
Punzonamento dinamico del singolo filtro	EN ISO 13433	mm	33
Resistenza al punzonamento statico del singolo filtro	EN ISO 12236	kN	1,4
Larghezza del rotolo			> 4 m

*valore certificato da ente governativo/laboratorio accreditato esterno qualificato (BBA o assimilabile)

In caso di prodotto non certificato rispetto il compressive creep, ovvero con certificazione ottenuta in accordo a ASTM D4716 (prove accelerate di creep a 1000 h di test) le prestazioni idrauliche richieste al prodotto e riportate in precedenza dovranno essere incrementate di un fattore pari a 3 a parità di condizioni di contatto, mentre la massa areica minima dovrà risultare almeno pari a 1200 g/m^2 in quanto scegliendo un materiale di maggiore spessore a parità di peso si avrebbe una maggiore portata idraulica nei test a breve termine ma risulterebbe soggetto a fenomeni di deformazione viscosa molto marcati essendo la massa del nucleo –oltre alla sua geometria –uno dei fattori maggiormente influenzanti la deformazione viscosa.

4.3 STRATO DI AGGRAPPO: GEOSTUOIA GRIMPANTE

La geostuoia grimpante tridimensionale è un geocomposito ad elevato indice di vuoti ottenuto per estrusione di monofilamenti sintetici aggrovigliati e saldati nei punti di contatto ed è impiegata per il rinforzo dello strato vegetale di copertura nei tratti in scarpata.

Inoltre, dovrà essere:

- resistente ad agenti chimici presenti nel corpo rifiuti;
- inattaccabile da microrganismi, insetti e roditori;
- imputrescibile;
- resistente all'invecchiamento;
- resistente alle sollecitazioni meccaniche;
- stabile agli agenti atmosferici in genere.

Il geocomposito dovrà rispondere alle caratteristiche tecniche riportate nella successiva Tabella 4

Il materiale impiegato deve avere la marcatura CE, in conformità alle norme UNI EN vigenti.

Inoltre, il prodotto dovrà possedere una certificazione ambientale (EPD) emessa da ente terzo accreditato in accordo a ISO 14025 e EN 15804

La geostuoia sarà costituita da una geogriglia tessuta in poliestere ad alta tenacità con rivestimento polimerico compenetrata e resa solidale durante il processo di produzione ad una serie di filamenti poliolefinici distribuiti su di essa in maniera casuale si da conseguire un miglioramento delle sue caratteristiche di aderenza con il terreno sopra di esso riportato (non sono ammesse geogriglie di tipo tessute la cui struttura tridimensionale sia stata ottenuta mediante una speciale tessitura in quanto l'effetto tridimensionale non è garantibile durante le fasi di messa in opera e quindi di esercizio).

Tale geocomposito dovrà rispettare i livelli prestazionali riportati nella Relazione geotecnica di verifica di stabilita del pacchetto di copertura; in particolare, con riferimento alla norma BS8006 o ISO TR 20432, il fornitore del geosintetico di rinforzo dovrà garantire il soddisfacimento dei requisiti seguenti (riferite ad una striscia di prodotto di dimensione pari a 1 m):

Tabella 4:Caratteristiche della geostuoia grimpante

Caratteristiche	**Norma**	**Unità di misura**	**Valori di riferimento**
Massa areica	EN ISO 9864	g/m^2	≥1000
Spessore a 2kPa	EN ISO 9863-1	mm	15
Resistenza a trazione nominale	EN ISO 10319	kN/m	≥ 200
Allungamento a carico massimo	EN ISO 10319	%	≤ 12%
sforzo di trazione allo SLU/SLV con deformazione massima inferiore al 12%;	ISO TR 20432	kN/m	≥ 90
deformazione per "creep" dopo 100 anni per lo sforzo allo SLE	EN ISO 13431	%	< 2%*

Global Warming Potential (GWP 100 anni) - coefficiente di emissione di kg CO_2 per kg di prodotto realizzato fco stabilimento di produzione, incluso dell'imballaggio,	ISO 14025 - EN 15804		<3.50 kgCO_2-Equiv. per kg di prodotto realizzato *

*valore certificato da ente governativo/laboratorio accreditato esterno qualificato (BBA o assimilabile)

Tenendo conto delle seguenti indicazioni per lo SLU/SLV:

- vita utile dell'opera: 50 anni;
- certificazione dei coefficienti parziali del materiale: fm;
- coefficiente parziale di sicurezza sulla durabilità e tipologia dell'opera: fn=1.1.
- In sostanza, la resistenza caratteristica del rinforzo Tb, dipendente dal prodotto adottato, dovrà essere tale da rispettare la seguente disuguaglianza:
- Tb / (fn*fm) ≥ Tr

I valori delle trazioni Tr riportati sono un "minimo" da rispettare; in sostanza, anche le verifiche di stabilita del pacchetto dei geosintetici condotte dall'Appaltatore in accordo al capitolo dedicato del progetto, fornissero valori del tiro sulla geostuoia di rinforzo inferiori, tali valori NON costituiranno livello prestazionale ai sensi del presente documento. Se al contrario i valori di Tr determinati dall'Appaltatore sulla base dei prodotti che intende adottare fossero superiori a quelli riportati in precedenza, allora tali valori costituiscono riferimento prestazionale di capitolato mantenendo le deformazioni di riferimento proprie del presente documento.

4.4 STRATO SUPERFICIALE DI COPERTURA

Il terreno agrario da utilizzare per la sistemazione a verde dovrà possedere una struttura glomerulare, con scheletro in quantità non superiore al 5% e con pH 6-6,5 contenente sostanza organica non inferiore al 2%.

La terra vegetale, da apportare quale substrato alla crescita della vegetazione, dovrà essere chimicamente neutra, contenere nella giusta proporzione e sotto forma di sali solubili tutti gli elementi minerali indispensabili alla vita delle piante ed una sufficiente quantità di microrganismi e di sostanza organica (humus minimo 1%), esente da sali nocivi e da sostanze inquinanti e dovrà rientrare per composizione granulometrica media nella categoria della "terra fine" in quanto miscuglio ben bilanciato e sciolto di argilla, limo, sabbia (terreno di medio impasto).

La presenza di pietre è tollerata nella misura del 5% in peso con elementi con pezzatura inferiore ai 5 cm.

Come detto, per favorire il rinverdimento dell'estradosso si farà ricorso a tecniche di ingegneria naturalistica, mediante la posa di una biostuoia in fibre naturali biodegradabili.

In particolare, è' prevista l'installazione di teli di juta costituito da fibre naturali (paglia, cocco, sisal, etc.), in genere contenute tra reti in materiale sintetico (tipo polipropilene o poliammide) o naturale (tipo juta) dello spessore di qualche decina di mm lungo le scarpate che si formeranno sull'ex corpo discarica al fine per facilitare la crescita della vegetazione di nuovo impianto e migliorare dunque le caratteristiche di resistenza all'erosione nella fase preliminare.

5 EQUIVALENZA CAPPING AL D.LGS 121/2020 (EX D.LGS 36/2003)

Nel seguito si descrivono le scelte progettuali assunte con riferimento all'equivalenza del pacchetto proposto con quello indicato dal d.lgs. 121/2020. Al proposito il d.lgs 121/2020 riporta che "*Particolari soluzioni progettuali, opportunamente motivate, nella realizzazione della copertura finale delle scarpate laterali, potranno essere autorizzate dall'Autorità competente a condizione che garantiscano una protezione e una funzione equivalenti*".

L'individuazione dei geosintetici costituenti la stratigrafia proposta è stata condotta considerando per ogni strato previsto la specifica funzione, le caratteristiche e le prestazioni richieste in base al principio dell'equivalenza, come schematicamente riportato nella tabella di seguito riportata:

Funzione	Tipo di geosintetico	In sostituzione di
Impermeabilizzazione	**Geocomposito bentonitico**	Strato minerale compattato dello spessore ≥ 0,5 m e di conducibilità idraulica di 10^{-8} m/s
Drenaggio acque meteoriche	**Geocomposito drenante**	Strato drenante protetto da eventuali intasamenti con spessore ≥ 0,5 m in grado di impedire la formazione di un battente idraulico sopra le barriere

5.1 GEOCOMPOSITO BENTONITICO

Per quanto riguarda il **geocomposito bentonitico**, si sottolinea che il geocomposito proposto sostituisce in modo assolutamente appropriato uno strato di argilla di spessore 0,50 m come verificabile nel confronto riportato di seguito relativamente al tempo di attraversamento dello strato impermeabilizzante da parte di un fluido.

In particolare, uno spessore di **argilla** pari a 0,50 m con permeabilità **$k=1x10^{-8}$** m/s avrà un tempo di attraversamento pari a:

0,5 m / $1x10^{-8}$ m/s=0,5 x 10^{8} s = **1,58** anni

Utilizzando come elemento d'impermeabilizzazione il geocomposito bentonitico che, come si evince dalla scheda tecnica sopra riportata, ha una permeabilità di $2,5x10^{-11}$ e uno spessore pari a 7 mm, si avrà un tempo di attraversamento pari a:

7 mm / $2,5x10^{-11}$ m/s=8,6 x 10^{12} s = **8,88** anni

5.2 GEOCOMPOSITO DRENANTE

Per quanto riguarda il **geocomposito drenante**, l'equivalenza viene dimostrata come segue:

In base al d.lgs 121/2020 il materiale che compone lo **strato drenante naturale** deve avere permeabilità almeno pari a K = $1x10^{-5}$ m/s. Considerando:

- spessore s= 0,5 m
- gradiente idraulico i = 0,03 (2°) – valore molto cautelativo
- larghezza drenante L =1 m

In queste condizioni la portata che lo strato drenante è in grado di far defluire è pari a:

Q = K * s * i = **$1{,}50 \times 10^{-4}$ l/s m**

A parità di gradiente idraulico, il **geocomposito** scelto, come si evince dalla scheda tecnica riportata in precedenza, è in grado di garantire una permeabilità, sotto il carico di 1 m di terreno vegetale (circa 20 kPa), pari a **0,47 l/s m.**

Il geocomposito è quindi in grado di offrire una permeabilità di ben tre ordini di grandezza superiore a quella richiesta dalla vigente normativa.