

REGIONE VENETO

PROVINCIA DI VICENZA

**PROGETTO DI OTTIMIZZAZIONE DEL FRONTE PERIMETRALE E COMPLETAMENTO  
DEL SEDIME DELLA DISCARICA DI GRUMOLO DELLE ABBADESSE CON  
INCREMENTO DEI VOLUMI DI CONFERIMENTO**

**PROGETTO DEFINITIVO**

Descrizione Elaborato

**SPECIFICHE TECNICHE**

Edizione 01	Data: 30.04.2021	Rev.00	Data 30.04.2021
-------------	------------------	--------	-----------------

<b>Ruolo</b>	<b>Tecnico</b>	<b>Ente / Società</b>
Coordinamento Generale Progetto	Ing. Ruggero Casolin	Società Intercomunale Ambiente s.r.l.
Coordinamento Tecnico Progetto	Ing. Stefano Busana	Studio Tecnico Ing. Stefano Busana
Collaboratori:	Ing. Giulia Dal Corso	Valore Ambiente s.r.l.
	Geom. Gianluca Meneghin	
Coordinamento Sicurezza per la Progettazione:	Ing. Mauro Sofia	Studio di Progettazione Ing. Mauro Sofia
Coordinamento Studio di Impatto Ambientale:	Arch. Maria Dei Svaldi	Desam Ingegneria e ambiente s.r.l.
Estensori Studio di Impatto Ambientale:	Ing. Francesco Bertin	Desam Ingegneria e ambiente s.r.l.
	Ing. Andrea dei Svaldi	
	Dott. Paolo Criscione	
	Dott. Marco Zanta	
	Dott.ssa Bianca Pusterla	
Studio LCA Analisi Alternative	Dott. Alex Zabeo	
	Dott. Michele Molon	
Studio di Impatto odorigeno	Ing. Andrea Dian	Umwelt s.r.l.
	Ing. Alessandro Ramon	
Studio di Impatto Acustico (integrazione)	p.i. Antonio Trivellato	

Cod. file: SPT.pdf	Data emissione: 30.04.2021	Controllato:
--------------------	----------------------------	--------------

Società Intercomunale Ambiente s.r.l.

Via Quadri snc  
Grumolo delle Abbadesse (VI)  
t. +39.0444.583558 | info@sia.vi.it



## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>BARRIERE E STRATO DRENANTE DI FONDO.....</b>	<b>6</b>
2.1	GENERALITÀ.....	6
2.2	STRATO DI IMPERMEABILIZZAZIONE DI FONDO.....	6
2.2.1	<i>Provenienza dei terreni per la formazione dello strato.....</i>	<i>7</i>
2.2.2	<i>Requisiti e condizioni di accettazione dei terreni.....</i>	<i>7</i>
2.2.3	<i>Formazione dello strato.....</i>	<i>8</i>
2.2.4	<i>Verifiche successive alla formazione dello strato.....</i>	<i>9</i>
2.3	IMPERMEABILIZZAZIONE ARTIFICIALE DELLE SPONDE.....	10
2.4	GEOMEMBRANA.....	12
2.4.1	<i>Generalità.....</i>	<i>12</i>
2.4.2	<i>Caratteristiche della geomembrana.....</i>	<i>12</i>
2.4.3	<i>Posa in opera della geomembrana e verifica delle saldature.....</i>	<i>13</i>
2.4.3.1	Modalità di esecuzione delle saldature.....	14
2.4.3.2	Collaudo delle saldature.....	15
2.4.3.3	Prove distruttive.....	16
2.4.4	<i>Collaudo geoelettrico della geomembrana.....</i>	<i>16</i>
2.5	GEOTESSILE DI PROTEZIONE.....	17
2.5.1	<i>Caratteristiche del geotessile.....</i>	<i>17</i>
2.5.2	<i>Posa in opera del geotessile.....</i>	<i>18</i>
2.6	STRATI DI DRENAGGIO DI FONDO.....	19
2.6.1	<i>Generalità.....</i>	<i>19</i>
2.6.2	<i>Drenaggio granulare di fondo vasca.....</i>	<i>19</i>
2.6.3	<i>Drenaggio geocomposito sulle sponde.....</i>	<i>20</i>
2.6.3.1	Generalità.....	20
2.6.3.2	Caratteristiche del GCD.....	21
2.6.3.3	Posa in opera del GCD.....	22
2.6.4	<i>Collettore di fondo.....</i>	<i>23</i>
<b>3</b>	<b>COMPLETAMENTO DELLA COPERTURA FINALE.....</b>	<b>25</b>
3.1	GENERALITÀ.....	25
3.2	DRENAGGIO IPODERMICO DELLE ACQUE METEORICHE.....	25
3.2.1	<i>Generalità.....</i>	<i>25</i>
3.2.1.1	Caratteristiche del GCD.....	25
3.2.1.2	Posa in opera del GCD.....	26
3.3	GEOMEMBRANA.....	27

3.3.1	Generalità .....	27
3.3.2	Caratteristiche della geomembrana .....	27
3.3.3	Posa in opera della geomembrana .....	28
3.4	STRATO MINERALE COMPATTATO .....	29
3.4.1	Generalità .....	29
3.4.2	Requisiti e condizioni di accettazione dei terreni .....	29
3.4.3	Posa in opera .....	30
3.4.4	Verifiche successive alla formazione dello strato .....	32
3.5	GEOTESSILE DI SEPARAZIONE .....	33
3.5.1	Generalità .....	33
3.5.2	Qualità e provenienza del geotessile .....	33
3.5.3	Posa in opera del geotessile .....	34
3.6	STRATO DI REGOLARIZZAZIONE .....	34
3.6.1	Generalità .....	34
3.6.2	Principi del progetto: granulometria e caratteristiche meccaniche .....	34
3.6.3	Criteri di verifica delle curve granulometriche .....	36
3.6.3.1	Verifica della compatibilità granulometrica .....	37
3.6.3.2	Verifica della stabilità interna .....	38
3.6.4	Resistenza meccanica dei materiali .....	40
3.6.5	Procedura di accettazione .....	40
3.6.6	Modalità di posa in opera .....	44
3.7	STRATO DI DRENAGGIO DEL BIOGAS .....	44
3.7.1	Generalità .....	44
3.7.2	Principi del progetto: granulometria, permeabilità e caratteristiche meccaniche .....	44
3.7.3	Criteri di verifica delle curve granulometriche .....	46
3.7.3.1	Verifica della compatibilità granulometrica .....	47
3.7.3.2	Verifica della permeabilità idraulica .....	48
3.7.3.3	Verifica della stabilità interna .....	48
3.7.4	Resistenza meccanica dei materiali .....	49
3.7.5	Procedura di accettazione .....	49
3.7.6	Modalità di posa in opera .....	53
3.8	SONDE DRENANTI ADACQUATRICI .....	53
3.8.1	Generalità .....	53
3.8.2	Descrizione delle sonde .....	53
3.8.3	Posa in opera .....	54
3.8.3.1	Modalità di posa .....	54
3.8.3.2	Raccordi e pezzi speciali .....	54
3.8.3.3	Giunzioni .....	54

<b>4</b>	<b>NUOVE OPERE NELLE RETI DEL PERCOLATO E DEL BIOGAS.....</b>	<b>57</b>
4.1	GENERALITÀ.....	57
4.2	RETE DEL PERCOLATO .....	57
4.2.1	<i>Nuovi pozzi salienti a servizio della nuova vasca 18.....</i>	<i>57</i>
4.2.2	<i>Pozzo verticale nella semivasca 5 A-B.....</i>	<i>58</i>
4.2.3	<i>Attraversamenti del Muro dei pozzi esistenti .....</i>	<i>58</i>
4.3	RETE DEL BIOGAS: REALIZZAZIONE DI NUOVI POZZI VERTICALI.....	59
4.3.1	<i>Generalità .....</i>	<i>59</i>
4.3.2	<i>Caratteristiche e modalità esecutive dei nuovi pozzi.....</i>	<i>59</i>
4.4	RETE DEL BIOGAS: SOPRALZO DEI POZZI ESISTENTI NELLE ZONE DI RIBAUTATURA.....	60
4.5	RETE DEL BIOGAS: ADEGUAMENTO DELLE LINEE PRIMARIE.....	61
4.6	RETE DEL BIOGAS: SPOSTAMENTO E ADEGUAMENTO DEI PRESIDI DI GESTIONE .....	61

## 1 PREMESSA

Il presente elaborato, denominato *Specifiche tecniche*, contiene i dettagli relativi ai materiali e alle modalità realizzative delle opere descritte nella *Relazione tecnico-illustrativa*, seguendone la sequenza dell'esposizione.

Non sono comprese le *Specifiche tecniche* relative ai seguenti capitoli:

- ⇒ **formazione e realizzazione del Muro in terra rinforzata, che sarà oggetto di una specifica progettazione esecutiva;**
- ⇒ **impiantistica di emungimento e convogliamento del percolato al serbatoio di stoccaggi, che sarà oggetto di una specifica progettazione esecutiva;**
- ⇒ **rete di drenaggio, raccolta e smaltimento delle acque di pioggia, i cui dettagli sono contenuti nell'apposita *Relazione idraulica*;**
- ⇒ **ricomposizione ambientale, i cui dettagli sono contenuti nell'apposito *Piano di ripristino ambientale*.**

Nel testo sono utilizzate le seguenti principali abbreviazioni dei termini più frequentemente utilizzati:

- Il presente *Progetto definitivo* = **Progetto**;
- Società Intercomunale Ambiente S.r.l. = **SIA SRL**;
- Consorzio per l'Igiene dell'Ambiente e del Territorio di Vicenza = **CIAT**;
- Discarica per rifiuti non pericolosi/urbani di Grumolo delle Abbadesse = **Discarica**;
- Rifiuti solidi urbani = **RSU**;
- Progetto definitivo di ampliamento della discarica di cui al Decreto di approvazione della Giunta provinciale n.149 del 27 aprile 2010, inizialmente intestato al *CIAT* e successivamente volturato a *SIA SRL* con deliberazione della Giunta Provinciale n.75 del 5 aprile 2011, così come emendato dalle modifiche introdotte dal *Progetto esecutivo di ampliamento e piano economico finanziario e tariffario a valere dal 01 gennaio 2012* e dal *Progetto esecutivo della finitura a verde* = **Progetto del 2011**;
- Decreto Legislativo 36/2003, così come riconfigurato dal D.Lgs 121/2020 = **Nuovo D.Lgs 36/2003**;
- Autorizzazione Integrata Ambientale = **AIA**;

- Direzione dei Lavori = **DL**;
- Argine perimetrale in terra rinforzata = **Muro**;
- Geocomposito drenante = **GCD**;
- Polietilene ad alta densità/Polietilene a bassa densità = **HDPE/LDPE**.

L'elaborato è articolato nella seguente gerarchia, denominazione e formattazione dei titoli:

## **X** CAPITOLO

### **X.X** PARAGRAFO

#### **x.x.x** Sottoparagrafo

##### **x.x.x.x** Punto

## 2 BARRIERE E STRATO DRENANTE DI FONDO

### 2.1 Generalità

Nel presente capitolo saranno sviluppati i temi relativi all'argomento trattato nel par.6.3 della *Relazione tecnico-illustrativa*, riguardante le barriere e lo strato drenante di fondo.

### 2.2 Strato di impermeabilizzazione di fondo

Trattasi dello sviluppo dell'argomento illustrato nel punto 6.3.3.2 della *Relazione tecnico-illustrativa*.

Come ivi accennato, nella formazione di tale strato saranno confermati i criteri posti in atto nelle più recenti vasche contigue, in linea con le prescrizioni del *Progetto del 2011*, come riportato nella **Tav.11**: lo scavo avviene prevalentemente nell'ambito dell'Orizzonte A e gli arginelli perimetrali sono costituiti con il medesimo terreno argilloso compattato (vedi oltre), di altezza 1 m e pendenza di 45°.

Lo strato di impermeabilizzazione artificiale di fondo, in materiale argilloso di spessore minimo di 1 m, pendenza di compluvio del 5% e pendenza longitudinale dell'1%, sarà realizzato con terreni simili a quelli già ampiamente testati nella realizzazione delle ultime vasche della discarica esistente.

Le caratteristiche richieste ai terreni che formano tale strato sono le seguenti:

- Coefficiente di Conducibilità idraulica<sup>1</sup>  $k \leq 1 \cdot 10^{-9}$  m/s;
- Percentuale di materiale fine (passante al setaccio 200 ASTM) non inferiore al 25%;
- Indice di plasticità compreso fra 10 e 50%;
- Percentuale di ghiaia non superiore al 40%;
- Dimensioni massime dei grani pari a 50 mm.

Gli esiti delle verifiche effettuate sulle vasche già realizzate, segnatamente quelle relative all'ambito dei collaudi funzionali, hanno rivelato ottimi riscontri, sempre in linea con le caratteristiche minime prescritte nelle normative di riferimento.

I dettagli delle caratteristiche dei terreni e delle prescrizioni realizzative dello strato in oggetto sono illustrati nel seguito del presente paragrafo.

---

<sup>1</sup> Questo termine coincide con *Permeabilità idraulica* o, semplicemente, *Permeabilità*.

Peraltro, come si vedrà oltre, laddove di tratti di strato drenante del biogas sarà necessario precisare il fluido in esame e il relativo Coefficiente di permeabilità.

### 2.2.1 Provenienza dei terreni per la formazione dello strato

Oltre che da “cave di prestito”, vi è la possibilità di reperire idonei terreni dalle categorie dei “sottoprodotti” e delle “materie prime secondarie”.

Coerentemente con quest’ultima opzione potranno altresì essere impiegati terreni limosi (da scavo o da lavaggio), originariamente non caratterizzati da valori idonei di permeabilità idraulica e di indice di plasticità: alcuni studi hanno dimostrato, sulla scorta di evidenze sperimentali in campo prova, gli effetti dell’additivazione in tali terreni con bentonite sodica e/o argilla plastica, effettuata con una particolare fresatrice testata con successo in più occasioni<sup>2</sup>.

### 2.2.2 Requisiti e condizioni di accettazione dei terreni

Il *Nuovo D.lgs. 36/2003* prescrive per lo strato di impermeabilizzazione artificiale di fondo, oltre allo spessore minimo di 100 cm, solamente il Coefficiente di Permeabilità massimo  $k \leq 1 \cdot 10^{-9}$  m/s, demandando ad un campo prova la verifica degli esiti della compattazione di un determinato terreno.

Stanti le prestazioni attese da siffatta barriera, tuttavia, le proprietà richieste ai terreni fini da utilizzare in questi casi, oltre alla suddetta permeabilità sono:

- la **duttilità**, ovvero la capacità di adattarsi alle deformazioni del sottofondo dello strato. Se il terreno è caratterizzato da una sufficiente duttilità, i fenomeni di fessurazione risultano ridotti;
- la **palabilità** e la **compattabilità** tali da garantire una messa in opera senza eccessiva difficoltà. A tal fine è opportuno che il materiale sia caratterizzato da una plasticità media o medio-bassa.

Tali proprietà sono conseguibili a fronte di specifiche caratteristiche granulometriche.

Nella seguente tabella sono indicati i valori che misurano tali caratteristiche.

<i>Proprietà</i>	<i>Campo di variazione</i>
Passante al setaccio ASTM 200 – 0,075 mm (%)	≥ 25
Indice di plasticità (%)	10÷50
Percentuale di ghiaia (%)	≤40
Dimensione max dei grani (mm)	50
Coefficiente di Permeabilità idraulica $k$ (m/s)	≤ $1 \cdot 10^{-9}$

<sup>2</sup> S. Busana, M. Favaretti, C. Temporin – “Aspetti innovativi nella miscelazione in situ di limo e argilla per la copertura di discariche controllate” - Atti del XXIV Convegno Nazionale di Geotecnica - Napoli 2011;

M. Favaretti, S. Busana – “Miscelazione in situ di limo e argilla per la realizzazione dei sistemi barriera” - Proceedings Remtech Conference, Ferrara 30 September 2011;

E. Barbisan, S. Busana, M. Favaretti - “Use of silt-clay mixtures in MSW landfills cover systems” - Proceedings Sardinia 2013, Fourteenth International Waste Management and Landfill Symposium S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy; 30 September – 4 October 2013.

Un terreno ritenuto idoneo alla formazione dello strato minerale in oggetto dovrà essere sottoposto alla verifica dei requisiti di idoneità, secondo la seguente procedura:

- prelievo di una quantità di terreno rappresentativa (circa 50 kg); si suggerisce di procedere al prelievo su più zone del deposito (in cumuli o in situ), sufficientemente lontane l'una dall'altra;
- esecuzione in laboratorio di analisi granulometriche, limiti di Atterberg e prova di compattazione *AASHTO standard (Proctor standard - ASTM D698)*, con la determinazione del contenuto d'acqua  $w_{opt}$  e del peso del volume unitario secco maximum ( $\gamma_{max}$ );
- esecuzione di prove di permeabilità a carico variabile in apparecchiatura edometrica su provino ricostruito, con un contenuto d'acqua pari a  $w_{opt}$  e compattato con l'energia *Proctor standard*; la prova sarà eseguita sottoponendo il provino a una  $\sigma_{normale} \approx 50 \text{ kPa}$ .

I valori determinati dalle prove dovranno rientrare nei limiti della precedente tabella.

Dovranno altresì essere ottemperate le prescrizioni in tema di provenienza dei terreni, come previsto dalle normative vigenti, segnatamente nel caso di approvvigionamento di sottoprodotti (*Terre e rocce da scavo*) e/o di materie prime secondarie.

Nel caso in oggetto, i limiti analitici del terreno proposto dovranno rientrare nella *tab. 1 - All. 5 parte IV titolo V del D.lgs. 152/06 colonna A (verde/residenziale)*.

Le prove di accettazione dovranno essere effettuate per ogni lotto omogeneo di fornitura.

La DL potrà richiedere durante i lavori di posa una frequenza maggiore delle analisi per un periodo di tempo da essa ritenuto necessario per garantire la buona qualità dei materiali.

### 2.2.3 Formazione dello strato

La necessità di conseguire le condizioni di contenuto d'acqua e di energia di compattazione *Proctor standard* richiede la formulazione preventiva di una procedura di formazione della barriera, da definire in un campo prova (come, peraltro, consigliato dal *Nuovo D.Lgs 36/2003*). In questo, dovranno valutarsi gli effetti di una determinata modalità di compattazione (spessore degli strati, numero di passate, peso del mezzo compattante), a fronte dell'additivazione di acqua (che dipenderà dal contenuto naturale d'acqua del terreno), da verificare, ad opera completata, con specifiche prove (Cfr. il successivo sottoparagrafo). Definite tali modalità, queste dovranno essere riprodotte nella formazione della barriera completa.

Il terreno, una volta scaricato dagli automezzi, dovrà essere steso con macchine a lama, e, se necessario, sminuzzato per mezzo di aratri a dischi rotanti o attrezzature similari, in modo tale da evitare la presenza di zolle di grandi dimensioni.

La compattazione di uno strato argilloso dovrà preferibilmente essere eseguita mediante rulli a piede di pecora, che producono elevate deformazioni tangenziali. Per ottenere una migliore compattazione è inoltre opportuno procedere per strati successivi dell'ordine massimo dei 25 cm (come, peraltro, consigliato dal

*Nuovo D.Lgs 36/2003*). È altresì ammessa la compattazione utilizzando un *Dumper* opportunamente caricato<sup>3</sup>.

Nella compattazione per strati successivi la superficie inferiore dovrà essere scarificata e opportunamente inumidita prima di procedere alla formazione dello strato superiore. È inoltre necessario prevenire l'essiccazione e la conseguente fessurazione superficiale dell'argilla: lo strato deve essere mantenuto umido attraverso lo spruzzo di acqua prima della successiva stesa della geomembrana.

La formazione dello strato dovrà essere effettuata in periodi dell'anno in cui non siano previste temperature inferiori allo zero. Nel caso ciò non sia possibile e la realizzazione avvenga in periodo invernale, la protezione della barriera dagli effetti del gelo dovrà essere garantita ponendo in opera nel minor tempo possibile, al di sopra dello strato argilloso, gli strati sovrastanti. Nel caso di gelate notturne o mattutine, è necessario rimuovere e ricompattare i primi 3-4 cm di strato corticale prima del proseguimento della posa degli strati sovrastanti.

#### 2.2.4 Verifiche successive alla formazione dello strato

La verifica finale della geometria delle due semivasche, segnatamente delle pendenze, è demandata a un rilievo topografico.

La verifica dello spessore dello strato avviene tramite scavi locali, successivamente ripristinati con il terreno di risulta, opportunamente inumidito e compattato.

Sono previste prove di laboratorio e in sito per verificare la rispondenza delle caratteristiche geotecniche e idrauliche richieste.

Fra le prime, eseguite su campioni indisturbati - prelevati tramite l'infissione di fustelle in acciaio, vanno annoverate le seguenti prove:

- classificazione geotecnica visiva;
- determinazione del contenuto d'acqua naturale (ASTM D2216-92);
- determinazione del peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2);
- determinazione dei Limiti di Atterberg (ASTM D4318-95);
- analisi granulometrica (ASTM D422-63);
- densimetria (aerometria) della frazione di terreno passante al vaglio 0,075 mm (ASTM D422-63);
- prova di permeabilità a carico variabile su campione indisturbato in edometro – ASTM D2434 (o in permeometro a parete flessibile);
- nell'ambito della prova di *Densità in situ*: prova *Proctor AASHTO Standard* con la costruzione della curva di costipamento per la determinazione del peso di volume massimo e del contenuto d'acqua ottimo.

---

<sup>3</sup> Per un opportuno approfondimento di tale pratica, con gli annessi studi e prove in campo, si rimanda al cap. 3 dell'*Integrazione dello Studio geologico e geotecnico*.

Il riscontro della permeabilità in situ dello strato artificiale può avvenire in modo diretto, ad es. con permeametro Boutwell, e/o per via indiretta, determinando densità e contenuto d'acqua dei campioni prelevati.

**In tutti i casi, non è ammesso il riscontro della permeabilità sulla scorta dei soli dati di prove dirette.**

Le misure indirette consistono principalmente nella citata prova di *Densità in situ*, da eseguirsi secondo le normative di riferimento (metodo del volumometro a sabbia - CNR BU 22. Come accennato, dovrà essere determinata in laboratorio la densità massima con prova di compattazione *Proctor AASHTO Standard* su campioni prelevati nel corso delle prove di *Densità in situ*, da utilizzare a riferimento per la compattazione ottimale.

**La prova di *Densità in situ* si considera positiva allorché restituisca un grado di compattazione non inferiore al 90% della prova *Proctor Standard*.**

Per quanto concerne il numero di prove, è prevista una postazione di misure/campionamenti/analisi di laboratorio ogni 1.000 m<sup>2</sup> di superficie, con un set di prove in superficie e uno alla profondità di 50 cm.

Le verifiche di permeabilità/densità in situ saranno eseguite in ragione di 1 prova ogni 2.500 m<sup>2</sup> di superficie.

Le piccole cavità derivanti dall'asportazione dei campioni e dalle prove di *Densità in situ* dovranno essere accuratamente ripulite e intasate con bentonite o argilla compattata manualmente.

## 2.3 Impermeabilizzazione artificiale delle sponde

Trattasi dello sviluppo dell'argomento illustrato nel sottoparagrafo 6.3.4 della *Relazione tecnico-illustrativa*.

Come ivi accennato, a integrazione della barriera minerale preesistente nelle sponde, **rullata dopo lo scavo delle due semivasche**, è prevista la posa a quinconce di tre serie di materassini bentonitici caratterizzati dalle seguenti caratteristiche essenziali:

- **STRATO n. 1:** Spessore minimo di **6 mm**; conducibilità idraulica  $k < 1 \cdot 10^{-11}$  m/s;
- **STRATO n. 2:** Spessore minimo di **6 mm**; conducibilità idraulica  $k < 5 \cdot 10^{-13}$  m/s;
- **STRATO n. 3:** Spessore minimo di **6 mm**; conducibilità idraulica  $k < 1 \cdot 10^{-11}$  m/s.

Queste derivano dalle assunzioni del *Progetto esecutivo del settembre 2011* e recepite nell'AIA vigente (Cfr. SCHEDA N. 2.7.1.4), allorché si assumevano a riferimento prodotti reperibili su mercato:

- **STRATO n. 1** geocomposito bentonitico tipo *MACLINE GCL W21 della MACCAFERRI*, o similari, a contatto con il terreno lisciato delle sponde;
- **STRATO n. 2** geocomposito bentonitico tipo *MACLINE GCL NL 20 della MACCAFERRI*, o similari, intermedio, posato sul geocomposito indicato nel precedente punto;
- **STRATO n. 3** geocomposito bentonitico tipo *MACLINE GCL W21 della MACCAFERRI*, o similari, esterno, posato sul geocomposito indicato nel precedente punto.

Le caratteristiche essenziali di dettaglio di tali materassini, che costituiscono i parametri di riferimento in sede di accettazione, sono le seguenti:

materassini esterni (strati 1 e 3)

• geotessile inf. in PP NT agugliato	EN ISO 14196	[g/m <sup>2</sup> ]	≥ 200
• geotessile sup. in PP T agugliato	EN ISO 14196	[g/m <sup>2</sup> ]	≥ 100
• massa areica bentonite sodica	EN ISO 14196	[g/m <sup>2</sup> ]	≥ 4.800
• massa areica geocomposito (media)	EN ISO 14196	[g/m <sup>2</sup> ]	≥ 5.100
• contenuto di montmorillonite	EN ISO 14196	[%]	≥ 65
• spessore in condiz. asciutte (media)	EN ISO 9863-1	[mm]	≥ 6
• resistenza a trazione longitud.	EN ISO 10319	[kN/m]	≥ 12
• allungam. a tens. nomin. longit.	EN ISO 10319	[%]	≤ 30
• resistenza a punzonamento CBR	EN ISO 12236	[kN]	≥ 2
• coefficiente di permeabilità k	ASTM D 5887	[m/s]	≤ 1·10 <sup>-11</sup>

materassino interno (con un lato laminato con film in PP – strato 2)

• geotessile inf. in PP NT agugliato	EN ISO 14196	[g/m <sup>2</sup> ]	≥ 200
• geotessile sup. in PP T agugliato	EN ISO 14196	[g/m <sup>2</sup> ]	≥ 100
• massa areica bentonite sodica	EN ISO 14196	[g/m <sup>2</sup> ]	≥ 4.600
• massa areica geocomposito (media)	EN ISO 14196	[g/m <sup>2</sup> ]	≥ 5.100
• contenuto di montmorillonite	EN ISO 14196	[%]	≥ 65
• spessore in condiz. asciutte (media)	EN ISO 9863-1	[mm]	≥ 6
• resistenza a trazione longitud.	EN ISO 10319	[kN/m]	≥ 12
• allungam. a tens. nomin. longit.	EN ISO 10319	[%]	≤ 30
• resistenza a punzonamento CBR	EN ISO 12236	[kN]	≥ 2
• coefficiente di permeabilità k	ASTM D 5887	[m/s]	≤ 5·10 <sup>-13</sup>

La stesa dei geocompositi bentonitici, a cura di tecnici specializzati, dovrà avvenire mediante sormonti di almeno 30 cm. Detti sormonti saranno sigillati con bentonite sodica in polvere.

Il geocomposito bentonitico dovrà essere fornito corredato da una dettagliata descrizione del prodotto (composizione delle materie prime e metodo di fabbricazione).

Ogni rotolo dovrà avere un'etichetta identificativa secondo la norma UNI EN ISO 10320, con relativo codice del lotto di produzione del materiale fornito.

Il materiale dovrà essere marcato CE in conformità alla normativa europea ed il produttore dovrà possedere la certificazione EN ISO 9001:2008.

Il geocomposito dovrà essere approvato dalla DL, alla quale il fornitore dovrà presentare le certificazioni richieste per avallare la rispondenza ai requisiti minimi, pena ritiro immediato del materiale dal cantiere e, se si rendesse necessario, demolizione delle opere costruite a totale carico ed onere del fornitore. Sarà facoltà della DL far verificare, da un laboratorio competente, le caratteristiche dichiarate.

Senza l'assenso esplicito della DL non sarà possibile procedere alla successiva posa della geomembrana in HDPE.

La definizione dell'ancoraggio sommitale dei geocompositi sarà demandato alla fase di progettazione esecutiva del *Muro* (Cfr. cap.1).

La continuità con lo strato di impermeabilizzazione di fondo è garantita attuando lo stesso procedimento posto in atto nelle vasche contigue, rivelatosi il più affidabile all'atto pratico, così descritto: il pacchetto di tre materassini sarà risvoltato in orizzontale sopra lo strato argilloso già compattato, per uno sviluppo minimo di 2 m (Cfr. **Part.2** di **Tav.11**). In tal modo, le peculiarità di autocicatizzazione dei geocompositi bentonitici saranno esplicitate nella delicata zona del giunto.

Per quanto attiene le verifiche e i controlli del pacchetto di materassini, trattasi essenzialmente della verifica visiva dei materassini, nonché del riscontro documentale delle schede di prodotto, da effettuare per ogni lotto di produzione, ferma restando la suaccennata facoltà della DL e del Collaudatore di richiedere specifiche prove di laboratorio se ritenuto necessario.

Alla fine di ogni giornata lavorativa i geocompositi bentonitici dovranno essere ricoperti con un telo in polietilene o con altro materiale idoneo alla protezione dagli agenti atmosferici, al fine di evitare il degrado dei materassini già posati.

## 2.4 Geomembrana

### 2.4.1 Generalità

Trattasi dello sviluppo dell'argomento illustrato nel sottoparagrafo 6.3.5 della *Relazione tecnico-illustrativa*.

Al di sopra dello strato di impermeabilizzazione artificiale di fondo e pareti testè descritti, **a diretto contatto con questo**, è prevista, in continuità con le vasche già realizzate, la posa di una geomembrana liscia in polietilene ad alta densità (HDPE), di spessore minimo 2,5 mm, giuntata per saldatura.

Le caratteristiche, le modalità di posa e saldatura e i controlli relativi alla geomembrana sono dettagliati nei successivi sottoparagrafi.

### 2.4.2 Caratteristiche della geomembrana

La geomembrana sarà costituita da materiale di prima qualità (polimero vergine non rigenerato).

Il telo sarà prodotto in rotoli con una larghezza non inferiore ai 5 m, preferibilmente di 10 m, e non dovrà presentare fori, rigonfiamenti, impurità e qualsiasi segno di alterazione da agenti esterni.

Ogni rotolo sarà etichettato con indicazione dello spessore, della lunghezza, della larghezza e del numero di serie attribuito dal Produttore.

La geomembrana dovrà essere in HDPE, con le caratteristiche di seguito riportate:

• polimero base	UNI EN ISO 11358	[%]	≥ 97
• nerofumo - contenuto	UNI EN ISO 11358	[%]	≥ 2
• densità	UNI EN ISO 1183	[g/cm <sup>3</sup> ]	≥ 0,94
• spessore nominale	EN ISO 1849-2	[mm]	≥ 2,5 ± 10%
• carico di snervamento	EN ISO 527-3	[N/mm <sup>2</sup> ]	≥ 16
• carico di rottura	EN ISO 527-3	[N/mm <sup>2</sup> ]	≥ 26
• allungamento allo snervamento	EN ISO 527-3	[%]	≥ 9
• allungamento a rottura	EN ISO 527-3	[%]	≥ 700
• resistenza alla lacerazione	EN ISO 34-1/B	[N/mm]	≥ 130

NB. Per quanto riguarda il comportamento agli sforzi, i valori massimi di tolleranza tra quelli richiesti e i risultati dei test non dovranno comunque superare il 10%.

Ogni rotolo fornito dovrà essere corredato da opportune autocertificazioni del Produttore, che dovrà possedere almeno la certificazione di qualità ISO 9002 rilasciata da ente accreditato in uno stato dell'Unione Europea. Queste devono attestare che il tipo di granulo utilizzato e le caratteristiche della geomembrana siano equivalenti o migliori delle succitate.

### 2.4.3 Posa in opera della geomembrana e verifica delle saldature

Prima della posa l'Applicatore:

- fornirà alla DL per approvazione, in accordo con il Produttore, una specifica completa per quanto riguarda lo stoccaggio, la movimentazione, la posa e la saldatura dei teli;
- fornirà lo schema di posa riportante le saldature e l'identificativo dei materiali impiegati;
- stabilirà, in accordo con SIA SRL e con il benessere della DL, le tempistiche di consegna dei piani di posa (prima di iniziare la posa, l'Applicatore dichiarerà per iscritto sul Giornale dei Lavori il proprio gradimento della specifica superficie preparata).

La DL verificherà preliminarmente la rispondenza del materiale alle caratteristiche richieste e provvederà a prelevare campioni di geomembrana da sottoporre a prove presso laboratori qualificati. Segnatamente, saranno eseguite prove per la determinazione di:

- densità
- spessore nominale
- carico di snervamento, tramite prova di trazione longitudinale
- carico di snervamento, tramite prova di trazione trasversale
- carico di rottura, tramite prova di carico longitudinale
- carico di rottura, tramite prova di carico trasversale
- allungamento allo snervamento, tramite prova di allungamento longitudinale
- allungamento allo snervamento, tramite prova di allungamento trasversale

La posa in opera della geomembrana avverrà secondo norme UNI 10567 – EN 13067, da posatori qualificati presso l'Istituto Italiano della Saldatura di Genova o equivalente.

Durante la posa dei teli l'Applicatore sarà responsabile della manutenzione della superficie di posa preparata per assicurare che essa costituisca uno strato di fondazione solido, privo di avvallamenti e di discontinuità o gradini di più di 2 mm.

Le varie sezioni di telo verranno srotolate in modo da ridurre al minimo gli spostamenti a rotolo svolto. Lo srotolamento dei teli potrà avvenire a temperatura ambiente non inferiore a 5° C.

L'Applicatore sarà responsabile della stabilità dei teli posati durante i lavori e dovrà pertanto provvedere a proprie spese alla zavorratura provvisoria della geomembrana sul fondo e sulle sponde.

La geomembrana non dovrà essere in alcun modo esposta al diretto passaggio di mezzi meccanici, prima della messa in opera degli strati di protezione.

Il sormonto tra i due teli in corrispondenza di un giunto, non inferiore a 10 cm, dovrà essere tale per cui il lembo del telo di monte risulti posto sopra il lembo del telo di valle (effetto "tegola").

Per evitare il disturbo dovuto al vento nei confronti dell'allineamento dei teli e la contaminazione della zona di giunzione, durante la stesa sarà prevista, in corrispondenza delle giunzioni, la posa di zavorra temporanea.

### **2.4.3.1 Modalità di esecuzione delle saldature**

Le saldature dovranno essere eseguite al più presto possibile, comunque non prima che i due teli da saldare abbiano raggiunto la stessa temperatura, onde evitare, dopo la saldatura, fenomeni di grinze causati dalle differenti dilatazioni termiche. Andranno evitate condizioni di stress o eccessive trazioni o rigonfiamenti, prevedendo opportuni franchi per tener conto delle dilatazioni termiche lineari.

L'Applicatore dovrà fornire i dettagli delle misure da adottare per ovviare all'effetto della pioggia durante le operazioni di giunzione e per assicurare che la fascia di saldatura sia mantenuta pulita ed asciutta in ogni momento.

Una volta che i rotoli saranno stesi con sormonto idoneo, l'Applicatore eserciterà la massima cura nella preparazione delle aree da saldare. La superficie di contatto delle saldature sarà ripulita con le procedure indicate dal Produttore.

Tutte le saldature tra i teli dovranno essere ottenute esclusivamente per termofusione. Si distinguono:

- saldature standard, usate per la maggior parte dalle giunzioni, e
- saldature di dettaglio, usate per dettagli quali pezze, riprese di saldatura, saldature con raggio inferiore a 1 m.

Le saldature standard dovranno essere collaudabili con metodo "oggettivo" (vedi oltre) per il 100% del loro sviluppo; per tale motivo è prescritto il sistema di saldatura a "doppia pista" mediante cuneo caldo.

La metodologia di saldatura dovrà comprendere:

- termoelemento a conduzione diretta dell'energia termica necessaria alle saldature;
- controllo in tempo reale della temperatura di contatto della geomembrana sul termoelemento;

- regolazione della pressione di contatto della geomembrana sul termoelemento;
- regolazione del tempo di contatto della geomembrana sul termoelemento;
- regolazione della pressione esercitata sui due lembi di geomembrana saldata.

Le due piste di saldatura avranno larghezza non inferiore a 15 mm, mentre lo spazio di separazione tra le piste non sarà inferiore a 10 mm. Macchine dotate di diverse dimensioni di saldatura dovranno essere sottoposte ad approvazione da parte della DL.

Per le saldature di dettaglio potranno essere proposte anche metodologie ad estrusione di cordolo. In questo caso, i due lembi di geomembrana da saldare dovranno essere preventivamente saldati mediante termofusione (è ammesso solo in questo caso l'uso anche di aria calda) per garantire la tenuta meccanica del giunto con estrusione di cordolo fuso. Anche per le saldature di dettaglio l'Applicatore dovrà fornire le informazioni richieste per le saldature standard.

L'Applicatore consentirà che la DL sia messa in grado di visitare ed ispezionare in qualsiasi momento la posa ed il collaudo del telo. La DL si riserva il diritto di prelevare campioni del materiale tal quale o di saldature eseguite in cantiere allo scopo di provarle in proprio.

L'Applicatore dovrà fornire e mantenere in efficienza le attrezzature necessarie per il controllo, distruttivo e non, di tutte le saldature.

#### 2.4.3.2 Collaudo delle saldature

**Tutte le saldature standard**, comprese quelle eseguite durante l'eventuale assemblaggio in fabbrica, verranno collaudate in cantiere utilizzando il metodo a pressione, secondo la seguente procedura:

- intercettazione, a monte, del canale interposto tra le saldature;
- insufflazione di aria compressa a monte, e verifica a valle, della continuità delle saldature;
- intercettazione, a valle, del canale interposto tra la saldatura;
- posizionamento, a valle, di un'unità di misura manometrica accettata dalla DL;
- rilievo della temperatura del manto;
- carico pneumatico della saldatura inversamente proporzionale alla temperatura, secondo la seguente tabella:

Temperatura	Pressione
10 °C	5.5 bar
20° C	5.0 bar
30° C	4.5 bar
40 °C	4.0 bar
50° C	3.0 bar

- rilievo della pressione all'inizio del collaudo;
- rilievo della temperatura del telo dopo 10';
- rilievo della pressione dopo almeno 10'.

**Il collaudo sarà ritenuto valido se la variazione di pressione non sarà superiore al 10% del valore iniziale imposto.**

Per le saldature ad estrusione verrà previsto un collaudo meccanico con una puntazza metallica ed uno idraulico mediante il metodo a depressione.

Un tecnico dell'Applicatore verificherà ogni giunto, immediatamente dopo la realizzazione. Qualsiasi area che apparirà difettosa sarà registrata e riparata secondo le istruzioni della DL.

Gli esiti dei collaudi di tutte le saldature dovranno essere verbalizzati.

Al termine della posa l'Applicatore rilascerà un certificato di corretta messa in opera del materiale ed un certificato di qualità della saldatura.

### **2.4.3.3 Prove distruttive**

La DL si riserverà la facoltà di eseguire prove distruttive su campioni in cantiere o presso laboratori certificati, segnatamente a trazione e sfogliamento.

Le prove a trazione saranno basate sul metodo ISO R 527 e UNI EN 12311 o su un metodo equivalente approvato. I campioni tagliati con la saldatura posta al centro saranno provati sottoponendo a sforzo la saldatura in una configurazione a "trazione". Questo significa che il telo superiore verrà sottoposto a sforzo rispetto a quello inferiore secondo una direzione che lo allontanerà dalla saldatura. Il test sarà considerato positivo quando si avrà rottura del telo superiore o inferiore. Sarà negativo quando si avrà la rottura della saldatura o al contatto saldatura-telo.

Le prove a sfogliamento saranno basate sul metodo ISO R 527 e UNI EN 12311 o su un metodo equivalente approvato. Campioni tagliati con la saldatura in posizione centrale saranno provati sottoponendo a sforzo il telo superiore rispetto al bordo sovrapposto di quello inferiore, tentando quindi di "spellare" la saldatura.

Il test sarà positivo quando si romperà il telo. Sarà negativo quando la saldatura si sfoglierà.

Nel caso si verificassero prove con esito negativo dovrà essere eseguito un rigoroso esame di tutta la saldatura già completata, partendo dalla posizione della precedente saldatura provata con esito positivo; qualsiasi giunzione difettosa dovrà essere riparata seguendo le istruzioni del Produttore. Inoltre, si preleveranno a monte e a valle altri provini, sino a che si riscontreranno esiti positivi.

Prima di procedere con le successive saldature dovrà essere presentata alla DL una relazione che ponga in evidenza le ragioni del difetto della saldatura.

### **2.4.4 Collaudo geoelettrico della geomembrana**

Se le prove e i collaudi testè descritti interessano la geomembrana nei suoi aspetti "locali", la sua integrità "complessiva" dopo la posa in opera, **per ogni semivasca**, è verificabile per mezzo del collaudo geoelettrico.

Tale collaudo ha lo scopo di individuare eventuali punti di transito di liquidi attraverso la geomembrana in dopo che questa è stata coperta con strato di protezione e con il drenaggio in ghiaia.

Va eseguito a semivasca ultimata, prima del conferimento dei rifiuti.

Il collaudo geoelettrico è in grado di localizzare la presenza di lesioni di dimensioni millimetriche ma, una volta realizzate le corrette condizioni di isolamento elettrico necessarie per procedere al collaudo, la capacità risolutiva del metodo dipende dall'entità e dalle dimensioni delle lesioni.

In presenza di lesioni di dimensioni significative è necessario procedere alla riparazione della membrana e alla ripetizione del collaudo.

Il prerequisito principale per procedere al collaudo è che il materiale posto sopra la geomembrana sia completamente bagnato, e sia realizzato l'isolamento elettrico fra tale materiale e il terreno esterno alla vasca.

L'esecuzione del collaudo consiste nella misura delle anomalie del campo elettrico artificiale in corrente continua, opportunamente creato, su stazioni ubicate su una maglia regolare. La misura in corrispondenza di ogni stazione dovrà prevedere l'eliminazione del potenziale naturale o di contatto ed essere la media aritmetica di almeno 4 cicli di misura con inversione della corrente o quanto necessario per garantire uno scarto quadratico medio non superiore al 5% del valore medio.

Per verificare l'affidabilità del collaudo la DL ha facoltà di eseguire fori di ridotte dimensioni (es. 1 cm<sup>2</sup>) in posizioni coperte dalla ghiaia e non note all'esecutore del collaudo: il collaudo sarà positivo se localizzerà tali fori.

La velocità di esecuzione del collaudo geoelettrico è dell'ordine dei 5.000 m<sup>2</sup> di geomembrana al giorno.

Al termine del collaudo saranno posizionate bandierine in corrispondenza dei punti di perdita, che dovranno risultare entro un raggio inferiore a 30 cm dalla bandierina.

## 2.5 Geotessile di protezione

Trattasi dello sviluppo dell'argomento illustrato nel sottoparagrafo 6.3.6 della *Relazione tecnico-illustrativa*.

### 2.5.1 Caratteristiche del geotessile

Dal succitato sottoparagrafo si evince che al di sopra della geomembrana della zona basale delle semivasche è prevista la stesa di un geotessile, avente lo scopo di proteggere la membrana da eventuali asperità dei granuli del sovrastante strato drenante, soprattutto allorchè sarà sottoposto al carico del corpo rifiuti.

Altresì, il *Nuovo D.Lgs 36/2003* indica alcune caratteristiche minime richieste a tale componente:

- |                                       |                  |                             |
|---------------------------------------|------------------|-----------------------------|
| • geotessile non tessuto              |                  |                             |
| • massa areica                        | UNI EN 9864      | [g/m <sup>2</sup> ] ≥ 1.200 |
| • resistenza a trazione longitudinale | UNI EN ISO 10319 | [KN/m] ≥ 60                 |
| • resistenza a trazione trasversale   | UNI EN ISO 10319 | [KN/m] ≥ 60                 |
| • punzonamento statico                | UNI EN ISO 12236 | [KN] ≥ 10                   |

Ad integrazione delle indicazioni minime testè indicate, si riporta di seguito il quadro completo delle caratteristiche richieste e le modalità di posa.

Il geotessile non tessuto dovrà essere costituito da fibre stirate di polipropilene (100%), coesionato mediante agugliatura meccanica, con l'esclusione di collanti o altri componenti chimici.

Il geotessile dovrà essere inoltre stabile all'aggressione dei raggi ultravioletti, resistente ai microrganismi e ai batteri e resistente all'azione chimica del percolato.

La posa dei teli e dei livelli soprastanti dovrà essere organizzata in modo tale che i periodi di esposizione ai raggi solari non superino mai i limiti massimi previsti dal Produttore ed indicati nella scheda tecnica.

In accettazione, per ogni rotolo di geotessile da utilizzare, il Produttore dovrà presentare un certificato di qualità contenente le informazioni relative alle caratteristiche tecniche sopra riportate.

La DL verificherà preliminarmente la rispondenza del materiale alle caratteristiche richieste tramite analisi della scheda tecnica.

La DL potrà richiedere di sottoporre a prova presso laboratori qualificati campioni di geotessile.

### 2.5.2 Posa in opera del geotessile

Il geotessile sarà posato nella zona basale "piana" (in realtà con pendenza di sgrondo del 5%) direttamente a contatto con la geomembrana e risvoltati per almeno 1 m sulle sponde.

Durante il trasporto e l'immagazzinamento i rotoli dovranno essere protetti contro i deterioramenti dovuti a sole, fango, polvere o ad altre condizioni o agenti dannosi.

I geotessili saranno posizionati in opera con l'asse longitudinale parallelo alla pendenza e zavorrati, quando necessario.

Le giunzioni tra i geotessili saranno sovrapposte di almeno 20 cm e dovranno essere parallele per tutta la lunghezza dei teli stessi, senza eccessive ondulazioni, pieghe e/o corrugamenti.

I geotessili dovranno rimanere in posizione corretta durante tutte le fasi delle lavorazioni, anche in presenza di vento o altre condizioni atmosferiche avverse.

Alla fine della messa in opera dei geotessili la DL dovrà approvare il lavoro eseguito prima di proseguire con altre lavorazioni.

I geotessili non dovranno essere in alcun modo esposti al diretto passaggio di mezzi meccanici, prima della messa in opera del sovrastante strato drenante.

L'Applicatore consentirà che la DL sia messa in grado di visitare ed ispezionare in qualsiasi momento la posa dei geotessili.

La DL si riserva il diritto di prelevare campioni del materiale tal quale allo scopo di provarli in proprio, senza sollevare il Produttore dalla responsabilità delle eventuali prove richieste.

## 2.6 Strati di drenaggio di fondo

### 2.6.1 Generalità

Trattasi dello sviluppo dell'argomento illustrato nel sottoparagrafo 6.3.7 della *Relazione tecnico-illustrativa*. In questa, a proposito del tema in esame, si prospettavano due diverse situazioni:

- il fondo delle vasche, che sarà dotato di uno strato drenante granulare;
- le sponde, che, essendo più acclivi di 30° (circa 34°), saranno dotate di un geocomposito drenante (GCD).

Nei seguenti due sottoparagrafi saranno sviluppati i dettagli di dette situazioni, cui seguirà la descrizione del collettore di fondo.

### 2.6.2 Drenaggio granulare di fondo vasca

Le caratteristiche dello strato granulare di fondo vasca sono pressochè completamente delineate nel *Nuovo D.Lgs 36/2003*, come riportato nel punto 6.3.7.2 della *Relazione tecnico-illustrativa*:

- |   |              |                        |
|---|--------------|------------------------|
| • aggregato grosso marcato CE - <i>ghiaia/pietrisco</i> di pezzatura 16-64 mm |              |                        |
| • classi A1 e A3 della classificazione HRB AASHTO                             |              |                        |
| • spessore  | [m]          | > 0,5                  |
| • contenuto di carbonati  | [%]          | < 35                   |
| • coefficiente di permeabilità $k$  | [m/s]        | $\geq 1 \cdot 10^{-5}$ |
| • passante al vaglio 200 ASTM   | [%]          | < 3                    |
| • coefficiente di appiattimento   | UNI EN 933-3 | [%] < 20               |

Le altre indicazioni della norma riguardano ancora la granulometria del materiale, che dev'essere "uniforme" e con diametro minimo  $d > 4$  volte la larghezza delle fessure della tubazione di drenaggio.

Alla luce di ciò, sono qui introdotte due ulteriori prescrizioni:

- |   |       |          |
|---|-------|----------|
| • coefficiente di uniformità <sup>4</sup> | [ad.] | $\leq 5$ |
| • $d_{15}$ <sup>5</sup>                   | [mm]  | > 32     |

<sup>4</sup> Definito come il rapporto tra il diametro delle particelle corrispondenti al 60% di passante e al 10% di passante. Il coefficiente assume un valore pari a 1 nel caso di terreno perfettamente uniforme e valori via via crescenti all'aumentare dell'eterogeneità. I terreni uniformi mostrano valori del coefficiente di uniformità compresi fra 1 e 5.

<sup>5</sup> Il diametro "minimo", in ossequio al ben noto criterio di ritenzione di Terzaghi, è stato assimilato al  $d_{15}$ . La larghezza delle fessure del collettore di compluvio è pari a 8 mm (Cfr. sottopar. 2.6.4).

Come già anticipato nel punto 6.3.7.2 della *Relazione tecnico-illustrativa*, il valore del coefficiente di permeabilità  $k \geq 1 \cdot 10^{-5}$  m/s appare francamente assai basso e pertanto, poco conservativo; alla luce di quanto argomentato in nota<sup>6</sup>, tale valore è probabilmente frutto di un refuso nel testo del Decreto.

**Per questo motivo, alla luce della citata argomentazione, sarà assunto un coefficiente di permeabilità  $k \geq 1 \cdot 10^{-3}$  m/s.**

Data l'importanza dell'integrità fisica della geomembrana sottostante, specialmente nella zona di raccolta del percolato, occorrerà porre particolare attenzione alla metodologia di posa.

La stesa del materiale ghiaioso dovrà avvenire in avanzamento a partire da apposite piste di transito. Esse verranno utilizzate per il trasporto e lo scarico laterale del materiale. Detta stesa verrà effettuata da un mezzo d'opera che dovrà movimentare il materiale stazionando esclusivamente sulle piste di transito.

Lo strato così costituito non dovrà essere rullato, ma livellato con attrezzature manuali o con mezzi meccanici gommati di piccole dimensioni.

La DL verificherà la corretta esecuzione della lavorazione al completamento della stessa, in più punti, utilizzando un'asta graduata.

La verifica dello spessore dello strato drenante avverrà tramite pozzetti in ragione di un punto ogni 1.500 m<sup>2</sup> di superficie e almeno un punto sul rinforzo centrale (spessore minimo 70 cm sulla generatrice superiore del collettore di compluvio).

## 2.6.3 Drenaggio geocomposito sulle sponde

### 2.6.3.1 Generalità

Il GCD richiesto dovrà essere costituito da una struttura in HDPE a lamina cuspidata con funzione drenante e di barriera, accoppiata termicamente su entrambi i lati da un geotessile non tessuto filtrante, in polipropilene stabilizzato agli UV.

<sup>6</sup> Una prima stima, ancorchè grezza, del coefficiente di permeabilità  $k$ , applicando la formula di Hazen:  $k = c \cdot D_{10}^2$ , con  $c = 100$  se  $k$  è in cm/s e  $D_{10}$  in cm, assumendo quest'ultimo pari a 1,6 cm come da indicazione del *Nuovo D.Lgs 36/2003*, condurrebbe a un valore di 2,56 m/s, ben cinque ordini di grandezza più dell'indicazione della norma.

D'altronde, le *LINEE GUIDA CTD (1997)*, alla *E46*, fissano  $k \geq 1 \cdot 10^{-4}$  m/s.

Il passo in oggetto del *Nuovo D.Lgs 36/2003* è assolutamente identico, a meno del valore di  $k$  minimo, al seguente: «4.4.4 Barriera di base per discarica di rifiuti non pericolosi - strato drenante: spessore > 0,5 m, permeabilità  $k \geq 10^{-2}$  m/s, classi A1 e A3 della classificazione HRB AASHTO. Il materiale drenante deve essere costituito da un aggregato grosso marcato CE (indicativamente ghiaia/pietrisco di pezzatura 16-64 mm), a basso contenuto di carbonati (< 35 %), lavato, con percentuale di passante al vaglio 200 ASTM <3%; con granulometria uniforme, con un coefficiente di appiattimento < 20 (secondo UNI EN 933-3) e diametro minimo  $d > 4$  volte la larghezza delle fessure del tubo di drenaggio.» Tale passo è tratto dalle *LINEE GUIDA PER LA PROGETTAZIONE E GESTIONE SOSTENIBILE DELLE DISCARICHE* emesse dalla Regione Lombardia - *Bollettino Ufficiale Serie Ordinaria* n. 41 - venerdì 10 ottobre 2014. Alla luce di quanto testè argomentato, è assai probabile che l'indicazione del *Nuovo D.Lgs 36/2003* sia frutto di un refuso.

**Le misure di permeabilità effettuate negli strati granulari già posti in opera hanno evidenziato valori di  $k$  maggiori di  $1 \cdot 10^{-1}$  m/s.**

Il geotessile superiore esplicherà la funzione di filtro nei confronti delle particelle più fini dei rifiuti. Il geotessile inferiore esplicherà unicamente la funzione di miglioramento del coefficiente di attrito d'interfaccia con la sottostante geomembrana.

Il GCD sarà posato direttamente sulla geomembrana e avrà altresì la funzione di protezione della geomembrana medesima. **Peraltro, in prossimità del GCD**, come accennato al punto 6.3.7.3 della *Relazione tecnico-illustrativa* ed evidenziato nella Tav. **dovranno essere collocati rifiuti non biogassificabili di modesta pezzatura.**

### 2.6.3.2 Caratteristiche del GCD

Sono richieste le seguenti proprietà/prestazioni (valori limite richiesti e tolleranze):

#### Geotessili non tessuti agugliati e trattati termicamente, in Polipropilene stabilizzato agli UV

• spessore	EN ISO 9863-1	[mm]	1,2 ±20%
• porometria O <sub>90</sub>	EN ISO 12956	[µm]	120 ±30%
• resistenza a punzonamento CBR min.	EN ISO 12236	[kN]	1,6 -20%

#### Geocomposito

• spessore minimo ( $\sigma_v=2$ kPa)	EN ISO 9863-1	[mm]	7 ±10%
• massa areica minima	EN ISO 9864	[g/m <sup>2</sup> ]	1.000 ±10%
• resistenza a trazione longitud. minima	EN ISO 10319	[kN/m]	25 -10%
• resistenza a trazione trasvers. min.	EN ISO 10319	[kN/m]	18 -10%
• allungam. a rottura longitud.	EN ISO 10319	[%]	45 ±10%
• allungam. a rottura trasvers.	EN ISO 10319	[%]	45 ±10%
• resistenza a punzonamento CBR min.	EN ISO 12236	[kN]	4 -20%
• cap. dren. longit. $i=1,0$ $\sigma_v=200$ kPa min.	EN ISO 12958	[l/m/s]	1.0 ±0,26
• deform.compr.creep a 114 anni $q=200$ kPa	ASTM D7361	[%]	≤ 25%

Ottima resistenza a tutte le sostanze chimiche comuni (EN 14030)

Le prove di capacità drenante dovranno essere eseguite con piastra flessibile per simulare l'intrusione del geotessile filtrante nel nucleo drenante a causa della pressione del terreno, in accordo con la normativa EN ISO 12958.

Il GCD in fornitura dovrà essere corredato da una dettagliata descrizione del prodotto con le relative specifiche tecniche (composizione delle materie prime e metodo di fabbricazione).

La DL si riserverà di far eseguire sul GCD, in fase di accettazione, prove su ogni lotto di fornitura secondo il seguente programma:

- prova di resistenza a trazione (EN ISO 10319);

- prove per la determinazione della portata idraulica con  $i=1$  e alla pressione  $\sigma_v=200$  kPa (prova EN ISO 12958 con piastre flessibili).

Ogni rotolo di GCD dovrà essere munito di etichetta riportante il nome del Produttore, il tipo di prodotto, la numerazione del lotto e del rotolo e la data di fabbricazione.

Il GCD dovrà essere approvato dalla DL e la posa dovrà essere realizzata seguendo le indicazioni progettuali e/o le procedure fornite dal Produttore. Questi dovrà rilasciare una dichiarazione di conformità sul materiale fornito attestante le caratteristiche tecniche richieste, il nome del Committente e l'indirizzo del cantiere.

Il GCD drenante dovrà essere marcato CE in conformità alla normativa europea.

La produzione del GCD deve essere effettuata da aziende operanti almeno sotto regime di certificazione EN ISO 9001.

### **2.6.3.3 Posa in opera del GCD**

Il GCD discendente dalle sponde sarà risvoltato al di sotto dello strato drenante granulare del fondo per almeno 2 m, così da assicurare la continuità idraulica del deflusso.

Durante il trasporto e l'immagazzinamento i rotoli di GCD dovranno essere protetti contro i deterioramenti dovuti a sole, fango, polvere o ad altre condizioni o agenti dannosi.

I GCD saranno posizionati in opera con l'asse longitudinale parallelo alla massima pendenza e zavorrati, quando necessario.

L'Applicatore dovrà assicurare che i GCD rimangano in posizione corretta durante tutte le fasi delle lavorazioni, senza eccessive ondulazioni, pieghe e/o corrugamenti, anche in presenza di vento o altre condizioni atmosferiche avverse.

Completata la stesa dei GCD la DL dovrà approvare il lavoro eseguito.

I GCD non dovranno essere in alcun modo esposti al diretto passaggio di mezzi meccanici.

L'Applicatore consentirà che la DL sia messa in grado di visitare ed ispezionare in qualsiasi momento la posa dei GCD.

La DL si riserva il diritto di prelevare campioni del materiale tal quale allo scopo di effettuare prove in proprio.

Le giunzioni trasversali al pendio dovranno essere il più possibile evitate e, per questo motivo, i rotoli dovranno essere opportunamente approvvigionati per coprire, ancoraggi e sfridi compresi, l'intero sviluppo del drenaggio.

Le giunzioni longitudinali al pendio tra GCD saranno realizzate fra le anime cuspidate collegate a maschio-femmina sui lembi liberi dai geotessili, con questi ultimi successivamente sovrapposti. Dovranno essere parallele per tutta la lunghezza degli stessi, senza eccessive ondulazioni, pieghe e/o corrugamenti.

#### 2.6.4 Collettore di fondo

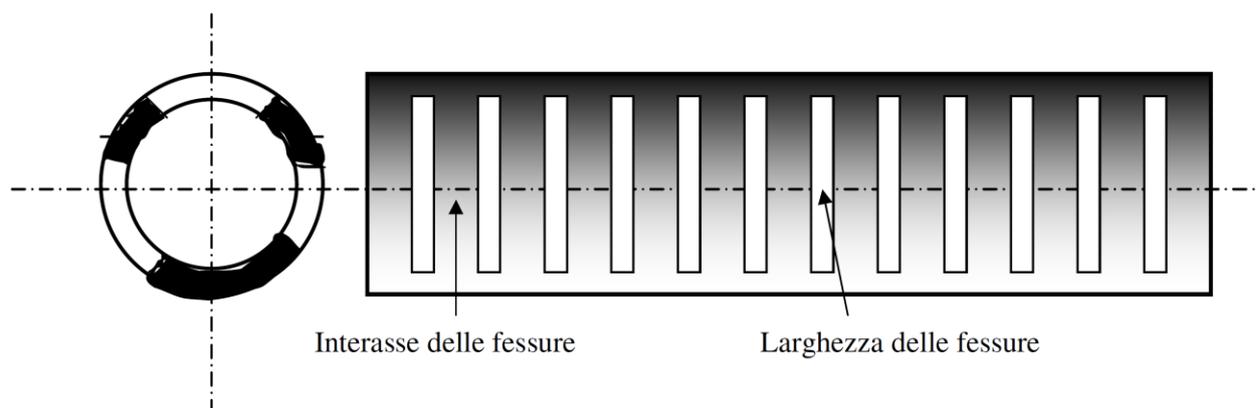
Trattasi della descrizione del collettore trattato nel sottoparagrafo 6.4.2 della *Relazione tecnico-illustrativa*.

Il collettore di raccolta del percolato posto nel compluvio fra i settori di ogni semivasca, che adduce al pozzo saliente a giorno (ove è calata la pompa di estrazione), in continuità con le vasche già realizzate, è costituito da una tubazione fessurata in HDPE con diametro nominale 225 mm e classe di pressione minima PN 12,5, secondo la norma UNI 10910.

Segnatamente, il *Progetto del 2011* indicava le seguenti caratteristiche minime:

- DN  $\geq$  225 mm;
- Classe di pressione PN 12,5;
- Larghezza delle fessure:  $\geq$  6 mm
- Interasse delle fessure: 60 mm

La larghezza delle fessure, come evidenziato nel sottopar. 2.6.2, condiziona il  $d_{15}$  del materiale granulare costituente il drenaggio di fondo; pertanto, è necessario fissare con precisione tale dato.



Nella realizzazione delle ultime vasche sono state impiegate tubazioni più performanti, caratterizzate dai seguenti dati:

- Diametro nominale (OD) = 225 mm;
- Classe di pressione PN 16 (SDR 11);
- Larghezza delle fessure = 8 mm
- Interasse delle fessure = 80 mm
- Superficie fessurata = 3,4%

**In tal guisa, dovranno essere realizzati anche i collettori delle due semivasche in oggetto:**

## SPECIFICHE TECNICHE

Progetto di ottimizzazione del fronte perimetrale e completamento del sedime della  
Discarica di Grumolo delle Abbadesse con incremento dei volumi di conferimento

- Diametro nominale (OD)  $\geq 225$  mm;
- Classe di pressione  $\geq$  PN 16 (SDR 11);
- Larghezza delle fessure = 6÷8 mm
- Interasse delle fessure: 60÷80 mm
- Superficie fessurata = 3÷5%

I sistemi di giunzione fra le tubazioni potranno essere i seguenti:

- manicotto a semplice infilaggio
- saldatura per polifusione testa a testa
- saldatura per elettrofusione con manicotto elettrico.

## 3 COMPLETAMENTO DELLA COPERTURA FINALE

### 3.1 Generalità

Nel presente capitolo saranno sviluppati i temi relativi all'argomento trattato nel cap.8 della *Relazione tecnico-illustrativa*, riguardante il completamento della copertura finale della discarica.

### 3.2 Drenaggio ipodermico delle acque meteoriche

#### 3.2.1 Generalità

Nel presente paragrafo saranno sviluppati i temi relativi all'argomento trattato nel sottopar. 8.4.3 della *Relazione tecnico-illustrativa*, riguardante la formazione del drenaggio ipodermico delle acque meteoriche infiltratesi nello strato vegetale della copertura finale della discarica.

Il GCD richiesto per la formazione di tale drenaggio dovrà essere costituito da una struttura in HDPE a lamina cuspidata con funzione drenante e di barriera, accoppiata termicamente su entrambi i lati da un geotessile non tessuto filtrante, in polipropilene stabilizzato agli UV.

Il geotessile superiore esplicherà la funzione di filtro nei confronti delle particelle più fini del sovrastante terreno vegetale. Il geotessile inferiore esplicherà unicamente la funzione di miglioramento del coefficiente di attrito d'interfaccia con la sottostante geomembrana.

Il GCD sarà posato direttamente sulla geomembrana ed esplicherà altresì la funzione di protezione della geomembrana medesima.

#### 3.2.1.1 Caratteristiche del GCD

Sono richieste le seguenti proprietà/prestazioni (valori limite richiesti e tolleranze):

Geotessili non tessuti aghiati e trattati termicamente, in Polipropilene stabilizzato agli UV

• spessore	EN ISO 9863-1	[mm]	1,2 ±20%
• porometria $O_{90}$	EN ISO 12956	[ $\mu$ m]	120 ±30%
• resistenza a punzonamento CBR min.	EN ISO 12236	[kN]	1,6 -20%

Geocomposito

• spessore minimo ( $\sigma_v=2$ kPa)	EN ISO 9863-1	[mm]	7 ±10%
• massa areica minima	EN ISO 9864	[g/m <sup>2</sup> ]	1.000 ±10%
• resistenza a trazione longitud. minima	EN ISO 10319	[kN/m]	25 -10%
• resistenza a trazione trasvers. min.	EN ISO 10319	[kN/m]	18 -10%
• allungam. a rottura longitud.	EN ISO 10319	[%]	45 ±10%
• allungam. a rottura trasvers.	EN ISO 10319	[%]	45 ±10%
• resistenza a punzonamento CBR min.	EN ISO 12236	[kN]	4 -20%
• cap. dren. longit. $i=0,1$ $\sigma_v=100$ kPa min.	EN ISO 12958	[l/m/s]	0,35 ±0,09

Le prove di capacità drenante dovranno essere eseguite con piastra flessibile per simulare l'intrusione del geotessile filtrante nel nucleo drenante a causa della pressione del terreno, in accordo con la normativa EN ISO 12958.

Il GCD in fornitura dovrà essere corredato da una dettagliata descrizione del prodotto con relative specifiche tecniche (composizione delle materie prime e metodo di fabbricazione).

La DL si riserverà di far eseguire sul GCD, in fase di accettazione, prove su ogni lotto di fornitura secondo il seguente programma:

- prova di resistenza a trazione (EN ISO 10319);
- prove per la determinazione della portata idraulica con  $i=0,1$  e alla pressione  $\sigma_v=100$  kPa (prova EN ISO 12958 con piastre flessibili).

Ogni rotolo di GCD dovrà essere munito di etichetta riportante il nome del Produttore, il tipo di prodotto, la numerazione del lotto e del rotolo e la data di fabbricazione.

Il GCD dovrà essere approvato dalla DL e la posa dovrà essere realizzata seguendo le indicazioni progettuali e/o le procedure fornite dal Produttore. Questi dovrà rilasciare una dichiarazione di conformità sul materiale fornito attestante le caratteristiche tecniche richieste, il nome del Committente e l'indirizzo del cantiere.

Il GCD drenante dovrà essere marcato CE in conformità alla normativa europea.

La produzione del GCD deve essere effettuata da aziende operanti almeno sotto regime di certificazione EN ISO 9001.

### **3.2.1.2 Posa in opera del GCD**

Il GCD sarà posato sulla sottostante geomembrana, liberata dalle eventuali zavorre e ripulita da ogni elemento ivi presente.

Il GCD discendente dalla copertura sarà risvoltato intorno al collettore fessurato del drenaggio ipodermico, in HDPE, Ø200, PN10 (Cfr. **Part. 4** della **Tav. 11**, così da assicurare la continuità idraulica del deflusso.

Durante il trasporto e l'immagazzinamento i rotoli di GCD dovranno essere protetti contro i deterioramenti dovuti a sole, fango, polvere o ad altre condizioni o agenti dannosi.

I GCD saranno posizionati in opera con l'asse longitudinale parallelo alla massima pendenza e zavorrati, quando necessario.

La posa dei GCD e dei livelli soprastanti dovrà essere organizzata in modo tale che i periodi di esposizione ai raggi solari non superino mai i limiti massimi previsti dal Produttore ed indicati nella scheda tecnica.

L'Applicatore dovrà assicurare che i GCD rimangano in posizione corretta durante tutte le fasi delle lavorazioni, senza eccessive ondulazioni, pieghe e/o corrugamenti, anche in presenza di vento o altre condizioni atmosferiche avverse.

Completata la stesa dei GCD la DL dovrà approvare il lavoro eseguito.

I GCD non dovranno essere in alcun modo esposti al diretto passaggio di mezzi meccanici, che potranno operare sopra di essi non prima di aver costituito uno strato di almeno 50 cm.

L'Applicatore consentirà che la DL sia messa in grado di visitare ed ispezionare in qualsiasi momento la posa dei GCD.

La DL si riserva il diritto di prelevare campioni del materiale tal quale allo scopo di effettuare prove in proprio.

Le giunzioni trasversali al pendio dovranno essere limitate al minimo e formate in modo che l'anima cuspidata del GCD di monte sia sovrapposta di almeno 50 cm all'anima del GCD di valle e collegata a maschio-femmina, con i geotessili successivamente sovrapposti. I rotoli dovranno essere opportunamente approvvigionati per coprire, ancoraggi e sfridi compresi, l'intero sviluppo del drenaggio.

Le giunzioni longitudinali al pendio tra GCD saranno realizzate fra le anime cuspidate collegate a maschio-femmina sui lembi liberi dai geotessili, con questi ultimi successivamente sovrapposti. Dovranno essere parallele per tutta la lunghezza degli stessi, senza eccessive ondulazioni, pieghe e/o corrugamenti.

In corso d'opera la DL valuterà eventuali diverse modalità di giunzione: per quanto attiene la connessione longitudinale (nel senso della pendenza) può essere attuata la giunzione maschio-femmina della parte di anima già scollegata in fabbrica dai geotessili, con l'aggiunta di saldature puntuali, almeno ogni 3 m, ottenute per termofusione con aria calda. Altresì, onde ridurre gli sfridi, laddove ritenuto necessario, potranno realizzarsi anche connessioni trasversali, tramite giunzioni maschio-femmina con sovrapposizione di almeno 20 cm e saldatura continua, ottenuta parimenti per termofusione con aria calda.

## 3.3 Geomembrana

### 3.3.1 Generalità

Nel presente paragrafo saranno sviluppati i temi relativi all'argomento trattato nel sottopar. 8.4.4.. della *Relazione tecnico-illustrativa*, riguardante la geomembrana di seguito descritta, posta a completamento della barriera minerale sottostante la cui superficie di posa dovrà essere opportunamente rullata e lisciata.

### 3.3.2 Caratteristiche della geomembrana

La geomembrana dovrà essere costituita dall'accoppiamento di un tessuto interno di polietilene ad alta densità (HDPE) che costituisce l'armatura di rinforzo, sopra il quale, su entrambi i lati, viene laminato a caldo un doppio strato di polietilene a bassa densità (LDPE) con funzione di impermeabilizzazione.

In tal guisa viene realizzato un prodotto che è la somma di tre strati di polietilene: una prima lamina in LDPE, una rete interna di armatura in HDPE, una seconda lamina in LDPE; ne consegue una geomembrana resa impermeabile dalla doppia lamina in LDPE e rinforzata dall'armatura in HDPE.

La geomembrana in HDPE dovrà avere le caratteristiche di seguito riportate (con tolleranza del 10%):

• massa areica	UNI EN 1849-2	[g/m <sup>2</sup> ]	≥ 320
• spessore nominale	UNI EN 1849-2	[mm]	≥ 0,5
• resistenza a trazione longitudinale	UNI EN ISO 527-4	[kN/m]	≥ 25
• resistenza a trazione trasversale	UNI EN ISO 527-4	[kN/m]	≥ 23
• allungamento al carico massimo longit.	UNI EN ISO 527-4	[%]	≤ 33
• allungamento al carico massimo trasv.	UNI EN ISO 527-4	[%]	≤ 25
• resistenza al punzonamento statico	UNI EN ISO 12236		
• resistenza agli UV	stabilizzata 5%		
• resistenza alla temperatura	da - 30° a +70° C		

La geomembrana in fornitura dovrà essere corredata da una dettagliata descrizione del prodotto con relative specifiche tecniche (composizione delle materie prime e metodo di fabbricazione).

La DL si riserverà di far eseguire sulla geomembrana, in fase di accettazione, prove su ogni lotto di fornitura.

Ogni rotolo di geomembrana dovrà essere munito di etichetta riportante il nome del Produttore, il tipo di prodotto, la numerazione del lotto e del rotolo e la data di fabbricazione.

La geomembrana dovrà essere approvata dalla DL e la posa dovrà essere realizzata seguendo le indicazioni progettuali e/o le procedure fornite dal Produttore. Questi dovrà rilasciare una dichiarazione di conformità sul materiale fornito attestante le caratteristiche tecniche richieste, il nome del Committente e l'indirizzo del cantiere.

La geomembrana dovrà essere marcata CE in conformità alla normativa europea.

La produzione della geomembrana deve essere effettuata da aziende operanti almeno sotto regime di certificazione EN ISO 9001.

Onde minimizzare le giunzioni in cantiere, sono richieste forniture di teli con le massime dimensioni previste dal piano di posa.

### 3.3.3 Posa in opera della geomembrana

Durante il trasporto e l'immagazzinamento i rotoli di geomembrana dovranno essere protetti contro i deterioramenti dovuti a sole, fango, polvere o ad altre condizioni o agenti dannosi.

La posa della geomembrana seguirà la regolarizzazione della superficie della barriera minerale, tramite stesa superficiale di terreno fine di tipo argilloso.

In caso di vento, i teli dovranno essere caricati con sacchi di sabbia o equivalenti. Tali sacchi saranno posizionati durante la posa e rimossi solo quando si procederà con la posa del sovrastante GCD, che, a sua volta, richiederà un'opportuna zavorra.

Le giunzioni in opera sono previste tramite saldatura a doppia pista.

L'Applicatore dovrà assicurare che gli elementi di geomembrana già posati rimangano in posizione corretta durante tutte le fasi delle lavorazioni, senza eccessive ondulazioni, pieghe e/o corrugamenti, anche in presenza di vento o altre condizioni atmosferiche avverse.

La geomembrana non dovrà essere in alcun modo esposta al diretto passaggio di mezzi meccanici, che potranno operare sopra di essa non prima di aver costituito uno strato di almeno 50 cm sopra il sovrastante GCD.

La DL effettuerà il controllo visivo delle saldature e, completata la stesa della geomembrana, dovrà approvare il lavoro eseguito.

## 3.4 Strato minerale compattato

### 3.4.1 Generalità

Nel presente paragrafo saranno sviluppati i temi relativi all'argomento trattato nel sottopar. 8.4.4 della *Relazione tecnico-illustrativa*, riguardante la formazione dello strato minerale compattato della copertura finale.

### 3.4.2 Requisiti e condizioni di accettazione dei terreni

Il *Nuovo D.lgs. 36/2003* prescrive per lo strato minerale compattato di fondo, oltre allo spessore minimo di 50 cm, solamente il Coefficiente di Permeabilità massimo  $k \leq 1 \cdot 10^{-8}$  m/s.

Stanti le prestazioni attese da siffatta barriera, tuttavia, le proprietà richieste ai terreni fini da utilizzare in questi casi, oltre alla suddetta permeabilità sono:

- la duttilità, ovvero la capacità di adattarsi alle deformazioni del sottofondo dello strato, segnatamente se, nel caso in esame, questo è costituito da un corpo rifiuti deformabile. Se il terreno è caratterizzato da una sufficiente duttilità, i fenomeni di fessurazione risultano ridotti;
- la palabilità e la compattabilità tali da garantire una messa in opera senza eccessiva difficoltà. A tal fine è opportuno che il materiale sia caratterizzato da una plasticità media o medio-bassa.

Tali proprietà sono conseguibili a fronte di specifiche caratteristiche granulometriche.

Nella seguente tabella sono indicati i valori che condizionano tali caratteristiche (Cfr. cap.3 dell'*Integrazione dello Studio geologico e geotecnico*).

<i>Proprietà</i>	<i>Campo di variazione</i>
Passante al setaccio ASTM 200 – 0,075 mm (%)	≥ 25
Indice di plasticità (%)	7÷50
Percentuale di ghiaia (%)	≤40
Dimensione max dei grani (mm)	50
Coefficiente di Permeabilità idraulica <i>k</i> (m/s)	≤1·10 <sup>-8</sup>

Un terreno ritenuto idoneo alla formazione dello strato minerale in oggetto dovrà essere sottoposto alla verifica dei requisiti di idoneità, secondo la seguente procedura:

- prelievo di una quantità di terreno rappresentativa (circa 50 kg); si suggerisce di procedere al prelievo su più zone del deposito (in cumuli o in situ), sufficientemente lontane l'una dall'altra;
- esecuzione in laboratorio di analisi granulometriche, limiti di Atterberg e prova di compattazione *AASHTO standard (Proctor standard - ASTM D698)*, con la determinazione del contenuto d'acqua  $w_{opt}$  e del peso del volume unitario secco maximum ( $\gamma_{max}$ );
- esecuzione di prove di permeabilità a carico variabile in apparecchiatura edometrica su provino ricostruito, con un contenuto d'acqua pari a  $w_{opt}$  e compattato con l'energia *Proctor standard*; la prova sarà eseguita sottoponendo il provino a una  $\sigma_{normale} \approx 50 \text{ kPa}$ .

I valori determinati dalle prove dovranno rientrare nei limiti della precedente tabella.

Un terreno con siffatte caratteristiche, **peraltro da confermare tramite la succitata procedura di verifica di idoneità**, prima dell'utilizzo, è presente in determinati orizzonti dello scavo, tanto che con questo è stata realizzata la parte di copertura finale già completata. All'uopo, in fase di scavo le frazioni idonee sono, e saranno stoccate in cumuli per il successivo riutilizzo.

Eventualmente, come indicato nel *Progetto del 2011* e dettagliato nel successivo sottoparagrafo, sarà comunque possibile riutilizzare detti terreni da scavo additivando le aliquote i carenti di plasticità e permeabilità con bentonite sodica al 3% o con argilla plastica.

L'approfondimento teorico-sperimentale dell'utilizzo del terreno da scavo come barriera minerale in copertura è riportato nel cap.3 dell'*Integrazione dello Studio geologico e geotecnico*.

Nel caso di ricorso a terreni da fonti esterne, le prove di accettazione dovranno essere effettuate per ogni lotto omogeneo di fornitura e per ogni provenienza diversa, su aliquote di volume di terreno a discrezione della DL.

Nel caso di approvvigionamento di sottoprodotti (*Terre e rocce da scavo*) e/o di materie prime secondarie dovranno altresì essere ottemperate le prescrizioni in tema di provenienza dei terreni, come previsto dalle normative vigenti. Nel caso in oggetto, i limiti analitici del terreno proposto dovranno rientrare nella *tab. 1 - All. 5 parte IV titolo V del D.lgs. 152/06 colonna A (verde/residenziale)*.

### 3.4.3 Posa in opera

La necessità di conseguire le condizioni di contenuto d'acqua e di energia di compattazione *Proctor standard* richiede la formulazione preventiva di una procedura di formazione della barriera, da definire in un campo prova<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> Cfr. l'approfondimento contenuto nel cap.3 dell'*Integrazione dello Studio geologico e geotecnico*.

In questo dovranno valutarsi gli effetti di una certa modalità di compattazione (spessore degli strati, numero di passate, peso del mezzo compattante), a fronte dell'additivazione di umidità (che dipenderà dal contenuto naturale d'acqua del terreno), da verificare con specifiche prove.

Definite tali modalità, queste dovranno essere riprodotte nella formazione della barriera.

Il terreno dovrà essere steso con macchine a lama, e, se necessario, sminuzzato per mezzo di aratri a dischi rotanti o attrezzature similari, in modo tale da evitare la presenza di zolle di grandi dimensioni.

La compattazione di uno strato argilloso dovrà essere eseguita mediante rulli lisci o a piede di pecora.

È altresì ammessa la compattazione utilizzando un Dumper, o mezzo equivalente, opportunamente caricato (Cfr. l'approfondimento in nota a p.p.n.7).

Come accennato nel precedente sottoparagrafo, potranno altresì essere impiegati terreni limosi e/o limo-sabbiosi dallo scavo delle vasche, originariamente non caratterizzati da valori idonei di permeabilità idraulica e di indice di plasticità: recenti studi hanno dimostrato, sulla scorta di evidenze sperimentali in campo prova, gli effetti dell'additivazione in tali terreni con bentonite sodica e/o argilla plastica, effettuata con una fresa testata con successo in più occasioni<sup>8</sup>.

Nella posa del terreno dovrà prestarsi particolare attenzione a non cagionare danneggiamenti nel sottostante geotessile di separazione dallo strato drenante del biogas. Ciò si conseguirà formando uno strato di terreno pari all'intero spessore della copertura tramite sversamento laterale con mezzi transitanti al di fuori del geotessile. La lavorazione dello strato potrà avvenire solamente dopo tale attività propedeutica.

È inoltre necessario prevenire l'essiccazione e la conseguente fessurazione superficiale dell'argilla: lo strato deve essere mantenuto umido attraverso lo spruzzo di acqua prima della successiva stesa della geomembrana.

La formazione dello strato in oggetto dovrà essere effettuata in periodi dell'anno in cui non siano previste temperature inferiori allo zero.

Nel caso ciò non sia possibile e la realizzazione avvenga in periodo invernale, la protezione della barriera dagli effetti del gelo dovrà essere garantita ponendo in opera nel minor tempo possibile, al di sopra dello strato, i successivi strati, per uno spessore non minore della profondità di penetrazione annuale del gelo, stimata<sup>9</sup>, nel sito in esame, in circa 60 cm.

Nel caso di gelate notturne o mattutine, è necessario rimuovere e ricompattare i primi 3-4 cm di strato corticale prima del proseguimento della posa degli strati superiori di terreno.

---

<sup>8</sup> S. Busana, M. Favaretti, C. Temporin – *Aspetti innovativi nella miscelazione in situ di limo e argilla per la copertura di discariche controllate* - Atti del XXIV Convegno Nazionale di Geotecnica - Napoli 2011;  
M. Favaretti, S. Busana – *Miscelazione in situ di limo e argilla per la realizzazione dei sistemi barriera* - Proceedings Remtech Conference, Ferrara 30 September 2011;  
E. Barbisan, S. Busana, M. Favaretti - *Use of silt-clay mixtures in MSW landfills cover systems* - Proceedings Sardinia 2013, Fourteenth International Waste Management and Landfill Symposium S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy; 30 September – 4 October 2013.

<sup>9</sup> Cfr. gli studi richiamati nel punto 3.3.3.5 dell'*Integrazione dello Studio geologico e geotecnico*.

#### 3.4.4 Verifiche successive alla formazione dello strato

La verifica dello spessore dello strato avviene tramite scavi locali, successivamente ripristinati con il terreno di risulta, opportunamente inumidito e compattato.

Sono previste prove di laboratorio e in sito per verificare la rispondenza delle caratteristiche geotecniche e idrauliche richieste.

Fra le prime, eseguite su campioni indisturbati - prelevati tramite l'infissione di fustelle in acciaio, vanno annoverate le seguenti prove:

- classificazione geotecnica visiva;
- determinazione del contenuto d'acqua naturale (ASTM D2216-92);
- determinazione del peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2);
- determinazione dei Limiti di Atterberg (ASTM D4318-95);
- analisi granulometrica (ASTM D422-63);
- densimetria (aerometria) della frazione di terreno passante al vaglio 0,075 mm (ASTM D422-63);
- prova di permeabilità a carico variabile su campione indisturbato in edometro – ASTM D2434 (o in permeametro a parete flessibile);
- nell'ambito della prova di *Densità in situ*: prova *Proctor AASHTO Standard* con la costruzione della curva di costipamento per la determinazione del peso di volume massimo e del contenuto d'acqua ottimo.

Il riscontro della permeabilità in situ dello strato artificiale può avvenire in modo diretto, ad es. con permeametro Boutwell, e/o per via indiretta, determinando densità e contenuto d'acqua dei campioni prelevati.

**In tutti i casi, non è ammesso il riscontro della permeabilità sulla scorta dei soli dati di prove dirette.**

Le misure indirette consistono principalmente nella citata prova di *Densità in situ*, da eseguirsi secondo le normative di riferimento (metodo del volumometro a sabbia - CNR BU 22. Come accennato, dovrà essere determinata in laboratorio la densità massima con prova di compattazione *Proctor AASHTO Standard* su campioni prelevati nel corso delle prove di *Densità in situ*, da utilizzare a riferimento per la compattazione ottimale.

**La prova di *Densità in situ* si considera positiva allorché restituisca un grado di compattazione non inferiore al 90% della prova *Proctor Standard*.**

Per quanto concerne il numero di prove, è prevista una postazione di misure/campionamenti/analisi di laboratorio almeno ogni 5.000 m<sup>2</sup> di superficie.

Le verifiche di permeabilità/densità in situ saranno eseguite in ragione di 1 prova ogni 5.000 m<sup>2</sup> di superficie.

Le piccole cavità derivanti dall'asportazione dei campioni e dalle prove di *Densità in situ* dovranno essere accuratamente ripulite e intasate con bentonite o argilla compattata manualmente.

## 3.5 Geotessile di separazione

### 3.5.1 Generalità

La separazione fra lo strato minerale compattato e lo strato di drenaggio del biogas (Cfr. sottopar. 8.4.4 della *Relazione tecnico-illustrativa*) è demandata a un geotessile tessuto non tessuto di grammatura  $\geq 300 \text{ g/m}^2$ , le cui caratteristiche sono riportate nel presente paragrafo.

### 3.5.2 Qualità e provenienza del geotessile

All'interfaccia tra lo strato di materiale drenante del biogas e quello della sovrastante barriera argillosa verrà steso un geotessile non tessuto con funzione di separazione.

Il geotessile in oggetto dovrà essere costituito da fibre stirate di polipropilene (100%) isotattico coesionato mediante agugliatura meccanica, con l'esclusione di collanti o altri componenti chimici, e dovrà avere le seguenti caratteristiche tecniche:

massa areica	EN ISO 9864	[g/m <sup>2</sup> ]	$\geq 300$
punzonamento	EN ISO 12236	[kN]	$\geq 3$
resistenza a trazione	EN ISO 10319	[kN/m]	$\geq 9$
allungamento a rottura	EN ISO 10319	[%]	$\geq 70$
apertura caratteristica $O_{90}$	EN ISO 12956	[ $\mu\text{m}$ ]	$\leq 100$

Il geotessile dovrà essere inoltre stabile all'aggressione dei raggi ultravioletti, resistente ai microrganismi e ai batteri e resistente all'azione chimica del percolato.

La posa dei teli e dei livelli soprastanti dovrà essere organizzata in modo tale che i periodi di esposizione ai raggi solari non superino mai i limiti massimi previsti dal Produttore ed indicati nella scheda tecnica.

In accettazione, per ogni rotolo di geotessile da utilizzare, il Produttore dovrà presentare un certificato di qualità contenente le informazioni relative alle caratteristiche tecniche sopra riportate.

La DL verificherà preliminarmente la rispondenza del materiale alle caratteristiche richieste.

La DL potrà richiedere di sottoporre a prova, presso laboratori qualificati, campioni di geotessile.

### 3.5.3 Posa in opera del geotessile

Durante il trasporto e l'immagazzinamento i rotoli di geotessile dovranno essere protetti contro i deterioramenti dovuti a sole, fango, polvere o ad altre condizioni o agenti dannosi.

I geotessili saranno posizionati in opera con l'asse longitudinale parallelo alla massima pendenza e zavorrati, quando necessario.

Le giunzioni tra i geotessili saranno sovrapposte di almeno 20 cm e dovranno essere parallele per tutta la lunghezza dei teli stessi, senza eccessive ondulazioni, pieghe e/o corrugamenti.

Sarà necessario assicurare che i geotessili rimangano in posizione corretta durante tutte le fasi delle lavorazioni, anche in presenza di vento o altre condizioni atmosferiche avverse.

Alla fine della messa in opera dei geotessili la DL dovrà approvare il lavoro eseguito prima di proseguire con altre lavorazioni.

I geotessili non dovranno essere in alcun modo esposti al diretto passaggio di mezzi meccanici, prima della messa in opera dell'intero spessore dello strato sovrastante.

La DL dovrà essere messa in grado di visitare ed ispezionare in qualsiasi momento la posa dei geotessili.

La DL si riserva il diritto di prelevare campioni del materiale tal quale allo scopo di provarle in proprio.

## 3.6 Strato di regolarizzazione

### 3.6.1 Generalità

Nel presente paragrafo saranno sviluppati i temi relativi all'argomento trattato nel sottopar. 8.4.6 della *Relazione tecnico-illustrativa*, riguardante la formazione dello strato di regolarizzazione, posto immediatamente sopra il corpo rifiuti.

Insieme con il sovrastante strato di rottura capillare e drenaggio del biogas costituisce un ammasso di materiali granulari la cui trattazione è più agevole a partire dallo strato in oggetto.

L'originalità della soluzione qui proposta, pur in continuità con quanto indicato nel *Progetto del 2011*, richiede necessariamente un'esposizione approfondita, oggetto dei successivi sottoparagrafi, poiché estesa a recenti contributi scientifici successivi all'epoca della stesura del *Progetto del 2011*.

### 3.6.2 Principi del progetto: granulometria e caratteristiche meccaniche

Trattandosi dello strato che consente la formazione del piano di posa dei sovrastanti strati che costituiscono il pacchetto di copertura finale, il suo spessore dipenderà dalla regolarità della superficie sommitale del corpo rifiuti.

Esso dovrà essere progettato a partire da materiali di opportune:

- **caratteristiche chimiche e morfologiche dei grani**, per garantire l'ammissibilità in discarica (segnatamente, nel caso di rifiuti) e il mantenimento, a breve e a lungo termine, dell'assenza di coesione per cementazione, *interlocking* e di fenomeni di degradazione;
- **granulometria**, per garantire la compatibilità granulometrica con i sottostanti rifiuti, prevalentemente RSU compattati in situ;
- **resistenza meccanica e resilienza**, per mantenere la suddetta granulometria a fronte delle sollecitazioni che si potrebbero sviluppare a seguito della formazione degli strati sovrastanti.

È di tutta evidenza che per poter essere utilizzati nell'ambito della discarica<sup>10</sup>, detti materiali dovranno essere ritenuti "ammissibili in discarica"; pertanto, in sede di verifica di accettazione dovranno essere verificati i limiti analitici relativi ai criteri di ammissibilità per rifiuti non pericolosi, ai sensi del *Nuovo D.Lgs 36/2003*.

**In fase di accettazione dovrà altresì essere accertato che i materiali costitutivi dei granuli non siano cementabili, nè degradabili nel tempo a seguito di qualsiasi azione chimica, fisica e biologica.**

**A proposito della caratterizzazione dei rifiuti, d'ora in poi s'intende che i materiali proposti per la formazione dello strato di regolarizzazione siano omologabili con un CER fra quelli ammissibili da impiegare in R5<sup>11</sup> nell'ambito dei volumi tecnici della discarica.**

La coesione per *interlocking* si osserva nei materiali caratterizzati da granuli di forma allungata, in cui può generarsi una tessitura ad "incastro", che impedisce lo scorrimento fra i granuli stessi. Si evita utilizzando materiali con granuli "tondeggianti", caratterizzati da fattori di forma prossimi a quello della sfera.

**Stante la funzione e la collocazione dello strato di regolarizzazione si ritiene che la verifica della forma prevalente dei granuli possa essere demandata al giudizio visivo della DL.**

Come accennato nel precedente sottoparagrafo, è stato ritenuto necessario svolgere un approfondimento volto a definire compiutamente le caratteristiche granulometriche di tale importante componente. Infatti, l'eventuale depauperamento dello strato di regolarizzazione, costituente il piano di appoggio dell'intera copertura definitiva della discarica, potrebbe compromettere la stabilità globale della stessa.

Il punto fondamentale nella progettazione dello strato di regolarizzazione, pertanto, è la compatibilità granulometrica con i sottostanti rifiuti, prevalentemente RSU compattati in discarica.

Per la progettazione di tale "strato-cuscinetto", ci si è avvalsi delle risultanze di recenti *Studi*<sup>12</sup>, condotti proprio presso la discarica di Grumolo delle Abbadesse.

---

<sup>10</sup> Va, infatti, ricordato che lo strato di regolarizzazione e lo strato di drenaggio del biogas sono posti **al di sotto della barriera di copertura** (strato argilloso + geomembrana) e, pertanto, a tutti gli effetti, collocati nell'ambito della "zona confinata" della discarica.

<sup>11</sup> Operazione di cui agli allegati B e C della *parte IV* del *D.Lgs. N. 152/06*.

<sup>12</sup> M. Favaretti, G.P. Cortellazzo, S. Busana, E. Bellò – *Experimental acceptance procedure for using cullet in the gas collection layer of MSW landfill*. Indian Geotechnical Journal – dicembre 2020.

*Problemi di compatibilità granulometrica all'interfaccia dell'ammasso rifiuti in una discarica per rifiuti solidi urbani*. - Tesi di Laurea Jacopo Zanforlin; Relatore Prof. Ing. Giampaolo Cortellazzo; Correlatore Dott. Ing. Stefano Busana – ICEA - Facoltà di Ingegneria dell'Università di Padova – luglio 2013.

Nello *Studio* del 2013, volto a determinare le caratteristiche granulometriche dello strato di regolarizzazione/drenaggio del biogas in copertura (concepiti, a questo fine, come un unico strato) e dello strato drenante del percolato di fondo, si poneva in primis l'accento sulla *funzione filtrante* dell'interfaccia fra i rifiuti e tali strati, nell'intento di evitarne l'erosione a seguito di vibrazioni, nonché degli effetti del moto di filtrazione del biogas e dell'acqua meteorica.

Il principale problema della valutazione della compatibilità granulometrica fra strato di regolarizzazione e il sottostante corpo rifiuti era proprio la schematizzazione di quest'ultimo come "terreno drenante" (poiché l'acqua meteorica attraversa lo strato di regolarizzazione e penetra nei sottostanti rifiuti).

Le risultanze di tale *Studio* di dettaglio conducono alla definizione granulometrica di progetto dello strato in esame, per cui dovranno utilizzarsi materiali caratterizzati da notevole pezzatura in modo da evitare il depauperamento, nell'ambito del corpo rifiuti, delle frazioni più fini e la conseguente instabilità del piano di posa della copertura.

I materiali potenzialmente utilizzabili nello strato in esame dovranno possedere, oltre alle succitate caratteristiche granulometriche, idonee caratteristiche meccaniche. Segnatamente, i granuli di tali materiali dovranno possedere adeguate resistenza meccanica e resilienza, in grado di assorbire le sollecitazioni di esercizio, sì da preservare pezzatura e permeabilità (maggiore della minima di progetto) anche nelle condizioni di esercizio.

### 3.6.3 Criteri di verifica delle curve granulometriche

Una volta proposto un determinato materiale granulare potenzialmente idoneo a formare lo strato di regolarizzazione sarà necessario, in primis, disporre della curva granulometrica che lo rappresenta.

Più precisamente, una quantità significativa di materiale è rappresentata da una serie di curve granulometriche contenute entro un "fuso" granulometrico: i criteri di verifica qui illustrati, in questo caso, dovranno essere estesi a più curve contenute nel fuso, a discrezione della DL.

I criteri di verifica da attuare sulle testé definite curva granulometriche possono articolarsi in due fasi:

1. verifica della *compatibilità granulometrica* con il sottostante piano sommitale del corpo rifiuti. Con ciò si intende stabilire i diametri minimi delle classi granulometriche più grossolane (definite dal  $d_{85}$ ) affinché non attraversino il sottostante piano rifiuti (a seguito di trascinamento tramite fluidi e/o azioni meccaniche e vibrazioni) compenetrandolo e, quindi, depauperando lo strato di regolarizzazione da tali frazioni;
2. verifica della *stabilità interna* dello strato. Con ciò si intende stabilire se lo strato **al suo interno** sia in grado di "trattenere" tutte le frazioni granulometriche, comprese le più fini, così da evitare migrazioni di queste verso l'esterno, depauperandone la compagine.

In altri termini, detti criteri si premurano di garantire che il materiale proposto all'accettazione come strato di regolarizzazione abbia:

- a. un significativo contenuto di grani di grossa pezzatura, tale da non "penetrare" nel corpo rifiuti e

- b. che il materiale stesso, **in sé**, possieda una granulometria tale da non favorire la migrazione **entro lo strato** delle sue frazioni fini<sup>13</sup>.

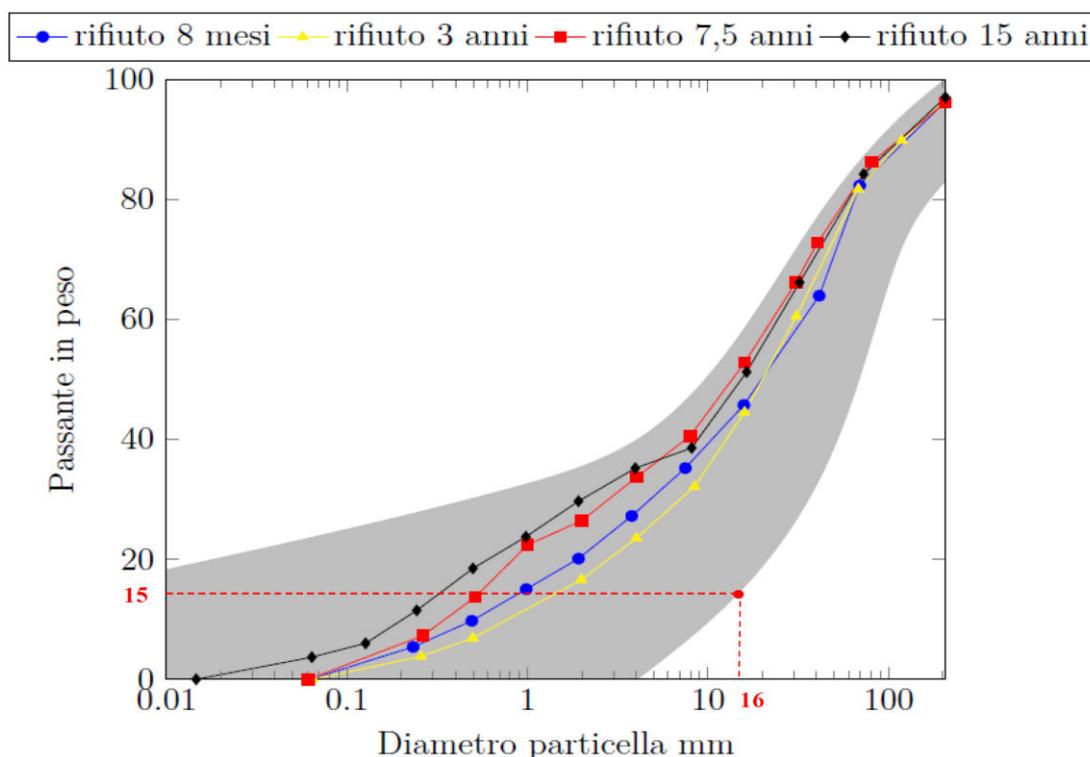
### 3.6.3.1 Verifica della compatibilità granulometrica

Il primo obiettivo è conseguito verificando, con il ben noto criterio di ritenzione di Terzaghi:

$$D_{15}/d_{85} < 4,0$$

con  $D_{15}$  relativo alla curva limite di destra del fuso di Jessberger dei RSU<sup>14</sup>, pari a 16 mm, e  $d_{85}$  dello strato di regolarizzazione.

Il citato fuso di Jessberger, rappresentativo della granulometria prevalente dei RSU, è richiamato qui sotto, con alcune curve, rilevate da articoli di letteratura ivi contenute, relativi a RSU in varie epoche di deposizione.



<sup>13</sup> Le classi granulometriche più fini dello strato di regolarizzazione devono essere trattenute dalle succitate classi più grossolane dello strato medesimo (le quali, come detto, non devono penetrare nel corpo rifiuti). In tal guisa, la “forma” della curva granulometrica del materiale che costituisce lo strato assume un ruolo di importanza, per definire quella che viene normalmente definita la “stabilità interna”. In un mezzo poroso autoprotetto, ogni classe granulometrica deve generare “vuoti” in grado di trattenere le particelle più fini mobilitate nel caso di vibrazioni e/o moti di filtrazione.

<sup>14</sup> Jessberger, H.L. (1994), *Geotechnical aspects of landfill design and construction. Part 2: material parameters and test methods*, Proceedings of the Institution of Civil Engineers Geotechnical Engineering, 107(2), 105-113.

Si noti come l'assunzione della curva di destra del fuso sia conservativa, poiché rappresenta rifiuti di pezzatura più grossolana e, pertanto, più suscettibile a farsi attraversare dai granuli dello strato di regolarizzazione.

Assumendo un fattore di sicurezza pari a 5<sup>15</sup>, si può concludere che il valore minimo del  $d_{85}$  del materiale per la formazione dello strato di regolarizzazione debba essere pari a:

$$16/4 \times 5 = 20 \text{ mm}$$

**Pertanto, potranno essere accettati materiali aventi una curva granulometrica caratterizzata da:**

$$d_{85} > 20 \text{ mm}$$

Si vedrà nel seguito che la curva granulometrica da verificare con tale procedura dovrà essere relativa al materiale così come risultante a valle delle prove di resistenza/resilienza previste in fase di accettazione.

### **3.6.3.2 Verifica della stabilità interna**

Fra i metodi ritenuti idonei nella verifica della stabilità interna di un mezzo filtrante quello più semplice è stato elaborato da Kenney e Lau (1985)<sup>16</sup>, i quali hanno osservato come all'interno dei materiali granulari si realizzi una *struttura primaria*, cui compete il trasferimento delle tensioni, e una *struttura secondaria* costituita dalle particelle più fini che si dispongono all'interno dei vuoti che si formano tra le particelle appartenenti alla struttura primaria.

A differenza delle particelle appartenenti alla *struttura primaria*, che possono considerarsi in una posizione "fissa", le particelle della *struttura secondaria* tendono a muoversi all'interno dei vuoti e fra un vuoto e quello adiacente per l'effetto di sollecitazioni esterne causate, ad esempio, da moti di filtrazione o vibrazioni.

**La potenziale instabilità interna di un materiale è da attribuirsi a queste particelle mobili.**

La *struttura primaria* può essere trattata come un filtro, mentre le particelle della *struttura secondaria* possono essere considerate come il materiale di base da proteggere.

Quando una particella mobile nel suo moto di migrazione incontra una "costrizione"<sup>17</sup> sufficientemente minuta da arrestarla, diventa anch'essa parte del filtro. A seguito di ciò, quest'ultimo sarà dunque costituito dalla *struttura primaria* con l'aggiunta delle particelle della *struttura secondaria* bloccate dalle costrizioni in grado di arrestarle.

**Un materiale internamente instabile è caratterizzato da un numero di particelle di una certa dimensione insufficiente a formare costrizioni di dimensioni tali da bloccare le particelle di dimensioni minori, per cui tali costrizioni eccessivamente ampie favoriscono l'erosione dello strato dovuta alla migrazione delle particelle fini.**

---

<sup>15</sup> Stante l'aleatorietà della "granulometria" dei rifiuti.

<sup>16</sup> Kenney, T.C., Lau, D. (1985), *Internal stability of granular filters*, Canadian Geotechnical Journal, 22(2), 215-225.

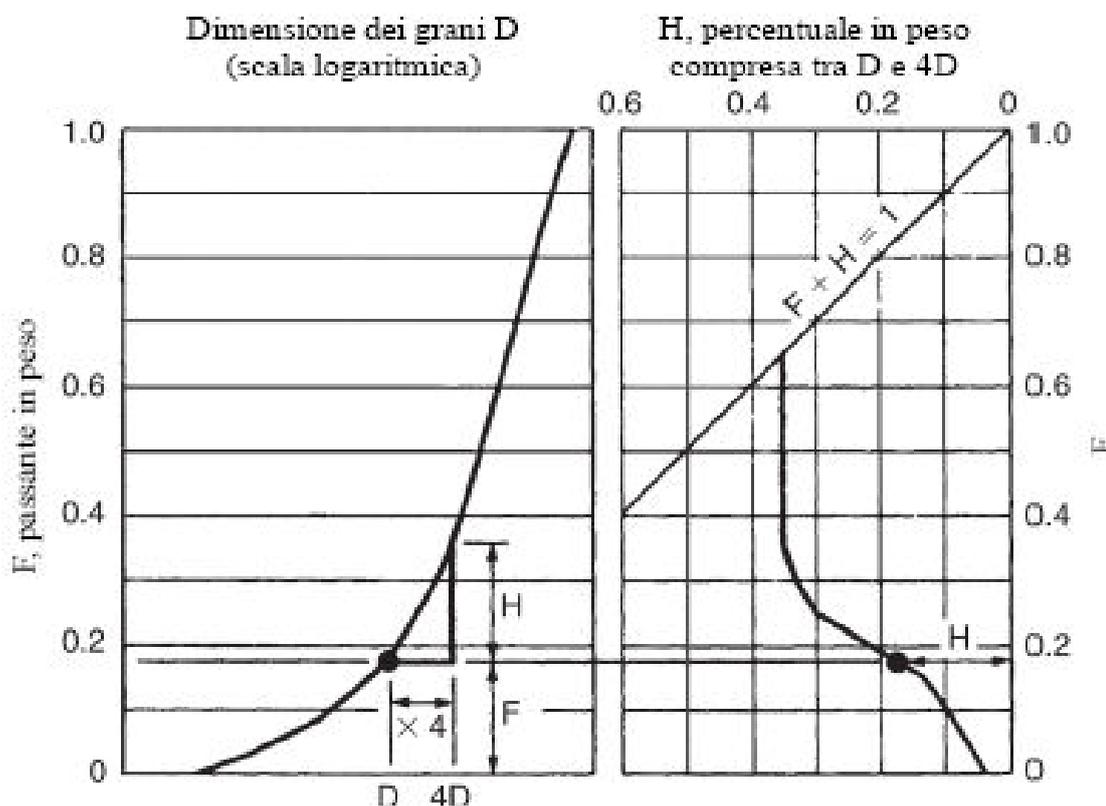
<sup>17</sup> Un vuoto generato da tre o quattro granuli della *struttura primaria*.

Dall'osservazione di un numero rilevante di prove sperimentali i due autori hanno notato come i problemi di instabilità interna siano correlati alla forma della curva di distribuzione granulometrica.

In ragione di ciò, il criterio proposto da Kenney e Lau per stabilire se un materiale è internamente stabile prende le mosse proprio dalla descrizione della forma della curva di distribuzione granulometrica; con riferimento alla sottostante figura, il metodo consiste nel determinare, per ogni valore del passante in peso  $F$  cui è associato il diametro  $D$ , la percentuale in peso  $H$  compresa tra i diametri  $D$  e  $4D$ .

Tracciando in un grafico la curva  $H - F$  è possibile valutare la posizione di tale curva rispetto alla retta limite che indica il minimo valore di  $H$  richiesto affinché il materiale sia internamente stabile. Tale retta limite ha la seguente equazione:

$$H = F$$



Non è però necessario che l'intera curva che descrive la forma della curva granulometrica sia collocata al di sopra della retta limite  $H = F$  affinché il materiale sia internamente stabile: è sufficiente che tale criterio sia rispettato per la sola frazione che rappresenta le particelle mobili, la cosiddetta "coda di fino", responsabile di gran parte delle instabilità interne dei terreni granulari.

Ne consegue, quindi, che in materiali che presentino una curva granulometrica poco “ampia” il criterio di Kenney e Lau deve essere verificato per  $0 \leq F \leq 0,3$ , mentre per curve granulometriche molto variegata tale intervallo si riduce a  $0 \leq F \leq 0,2$ .

In ogni caso, laddove il diametro  $4D$  superi quello massimo della curva granulometrica, la verifica si arresterà al diametro  $D$ .

In sede di accettazione, pertanto, la DL dovrà effettuare la verifica di stabilità interna come testé descritto per ogni curva granulometrica proposta e derivante dalle prove propedeutiche di resistenza/resilienza (vedi oltre)

Un esempio di verifica di un materiale granulare con il metodo di Kenney e Lau è sviluppato nel par.3.4 del *Fascicolo di analisi e calcoli*.

### 3.6.4 Resistenza meccanica dei materiali

Come accennato, i materiali potenzialmente utilizzabili nello strato in esame dovranno possedere, oltre alle succitate caratteristiche granulometriche, idonee caratteristiche meccaniche, per garantire che la granulometria si conservi anche nelle condizioni di esercizio. Infatti, l’eventuale frammentazione dei granuli a seguito delle sollecitazioni meccaniche connesse, in particolare, dalla posa in opera dello strato stesso e dei sovrastanti strati può modificare anche sensibilmente la curva granulometrica del materiale e, con essa, la permeabilità e la compatibilità granulometrica con i sottostanti rifiuti, con le conseguenze richiamate in precedenza.

**La questione cruciale, alla luce di dette problematiche, è la definizione dei criteri di valutazione delle caratteristiche meccaniche, segnatamente della resilienza<sup>18</sup>, tramite prove facilmente riproducibili, così da costituire un efficace protocollo di accettazione.**

**In ragione di queste ultime considerazioni, con tutta evidenza, gli esiti delle verifiche relative alle prove di resistenza/resilienza si coniugano con quanto trattato nel precedente sottoparagrafo a proposito delle caratteristiche granulometriche, tanto che, ai fini dell’accettazione di un potenziale materiale costituente lo strato in oggetto, i due aspetti costituiscono un “unicum”, come si illustrerà nel successivo sottoparagrafo.**

### 3.6.5 Procedura di accettazione

La possibilità di utilizzare materiali da svariate provenienze per la formazione dello strato in esame rende viepiù necessario predisporre un accurato capitolato di accettazione, che, a valle dell’eventuale caratterizzazione chimica nel caso di impiego di rifiuti, contenga le prove geotecniche da svolgere e le azioni da porre in atto in conseguenza degli esiti di quest’ultime.

La procedura di accettazione proposta è differenziata in due diversi test, in base alle dimensioni dei grani:

---

<sup>18</sup> Intesa come l’attitudine dei granuli a non frantumarsi.

- il primo è rappresentativo di materiali a granulometria grossolana, con trattenuto al setaccio da 19 mm (pertanto costituiti da  $d > 19,00$  mm)<sup>19</sup>;
- il secondo è rappresentativo dei materiali caratterizzati da granuli passanti al setaccio da 19 mm (pertanto costituiti da  $d < 19,00$  mm).

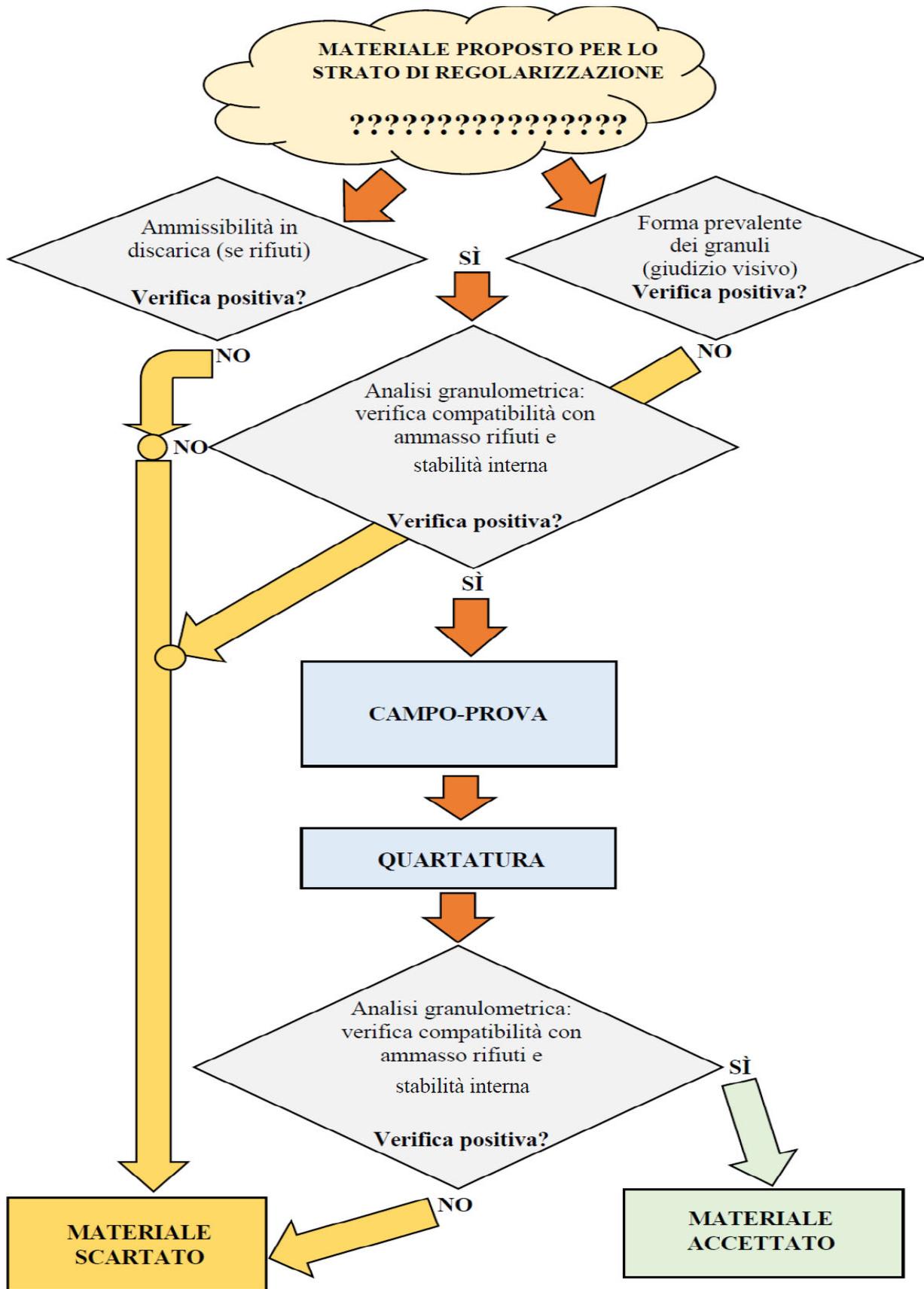
**Nel caso dei materiali idonei a formare lo strato di regolarizzazione, nel punto 3.6.3.1 si concludeva che il minimo valore del  $d_{85}$  è pari a 20 mm, talché il test di accettazione da adottare è il primo, di seguito descritto.**

Il secondo sarà invece descritto nel sottopar. 3.7.5.

Nel seguente diagramma sono riportate le fasi della procedura di accettazione di un materiale potenzialmente idoneo a formare lo strato di regolarizzazione (test n.1).

---

<sup>19</sup> Tale diametro soglia è stato mutuato dalle prove di compattazione (standard ASTM D698 e D1557). È stato introdotto nello *Studio* sperimentale riportato nella nota n. 12, in cui sono state svolte svariate prove di laboratorio su materiali con  $d < 19$  mm.



Una volta che il materiale proposto, se “rifiuto”, sia stato ritenuto ammissibile in discarica come “R5” e la DL abbia valutato visivamente la prevalenza della forma “non allungata” dei granuli, si passerà alla **prima verifica granulometrica**, per cui si ritiene sufficiente un campione rappresentativo del materiale dell’ordine dei 20 kg.

Questa verifica dovrà appurare che il  $d_{85}$  sia maggiore di 20 mm, per garantire la compatibilità con il sottostante corpo rifiuti e che il materiale sia internamente stabile.

All’uopo, si impiegherà il criterio di Kenney e Lau, illustrato nel punto 3.6.3.2. Un esempio di verifica è sviluppato nel par.3.4 del *Fascicolo di analisi e calcoli*.

Nel caso di esito positivo della verifica sarà approntato un campo prova con il materiale in esame, seguendo le modalità illustrate in SSD del *Progetto definitivo di rimodulazione*, qui di seguito riassunte.

Il **campo prova** dovrà simulare le azioni di compressione statica (o “quasi statica”<sup>20</sup>) connesse alle fasi di compattazione dei sovrastanti strati, potenzialmente in grado di generare frammentazioni dei granuli; al contempo, consentirà di tener conto dell’effetto del rifluimento del materiale a seguito del passaggio dei mezzi.

Il campo prova dovrà avere dimensioni sufficienti affinché le ruote gemellate di un DUMPER (tipo mod. CAT D350E), o mezzo equivalente, possano esplicare la loro pressione, consentendo un’adeguata zona di confinamento/rifluimento laterale.

Si ritiene che una striscia di larghezza di 2 m, lunghezza 2 m e spessore 0,5 m, posta su un fondo pavimentato (così da esaltare il contrasto, a favore della sicurezza), possa costituire un campione ottimale per eseguire il campo prova.

Il Dumper, o mezzo equivalente, caricato in modo tale che complessivamente pesi 60 t, dovrà percorrere 10 passate con le due ruote gemellate sulla mezzera del campione testé definito (con le altre due, ovviamente, fuori dal campione).

Una volta effettuate le 10 passate si procederà al prelievo di un campione rappresentativo del materiale (circa 20 kg) nella zona mediana della striscia, tramite **quartatura**.

Il campione sarà sottoposto alla **seconda verifica granulometrica**, del tutto identica, nelle finalità e nelle modalità esecutive, alla prima.

**Se l’esito di tale seconda verifica sarà positivo il materiale potrà essere impiegato come strato di regolarizzazione.**

La procedura di accettazione testé delineata dovrà essere effettuata su ogni lotto omogeneo di provenienza del materiale e, comunque, su aliquote di fornitura da definire a cura della DL.

---

<sup>20</sup> Si intendono le azioni indotte da carichi in moto lento, quali i mezzi compattatori, i veicoli di servizio, ecc.

### 3.6.6 Modalità di posa in opera

Il materiale sarà steso dapprima negli avvallamenti e nelle zone del piano rifiuti caratterizzate da irregolarità e scarsa compattazione (1<sup>A</sup> fase).

Seguirà la formazione di uno strato omogeneo e regolare, di spessore finito, sporgente dal piano rifiuti compattato come da 1<sup>A</sup> fase, dell'ordine dei 20 cm, facendo in modo che il materiale sia il più possibile uniforme dal punto di vista granulometrico in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti (2<sup>A</sup> fase).

Il materiale dovrà essere privo di qualsiasi materia estranea quale terreno organico, piante e di qualsiasi altro elemento estraneo, rispetto al campione sottoposto a procedura di accettazione.

Per il costipamento e la rifinitura saranno impiegati rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi o, in alternativa, Dumper o mezzo equivalente.

La DL verificherà la corretta esecuzione della lavorazione al completamento della stessa, in più punti, rilevandone lo spessore medio rispetto al piano rifiuti utilizzando un'asta graduata.

Una volta costituito un piano regolare, idoneo ad ospitare i sovrastanti strati della copertura finale, si dovranno verificare, tramite rilievo topografico, le quote e le pendenze della superficie, che dovranno essere informate ai dati di *Progetto*.

La DL dovrà approvare detto rilievo, una volta apportate le eventuali correzioni morfologiche della superficie.

## 3.7 Strato di drenaggio del biogas

### 3.7.1 Generalità

Nel presente paragrafo saranno sviluppati i temi relativi all'argomento trattato nel sottopar. 8.4.5 della *Relazione tecnico-illustrativa*, riguardante la formazione dello strato di drenaggio del biogas, posto immediatamente sopra lo strato di regolarizzazione, senza soluzione di continuità.

L'originalità della soluzione qui proposta, pur in continuità con quanto indicato nel *Progetto del 2011*, richiede necessariamente un'esposizione approfondita, oggetto dei successivi sottoparagrafi, poiché estesa a recenti contributi scientifici, successivi all'epoca della stesura del *Progetto del 2011*.

### 3.7.2 Principi del progetto: granulometria, permeabilità e caratteristiche meccaniche

La presente trattazione delle caratteristiche richieste allo strato di drenaggio del biogas ricalca gran parte dei temi già svolti nel precedente paragrafo a proposito dello strato di regolarizzazione.

Le uniche aggiunte sono correlate alla possibilità di impiegare granulometrie più ridotte nello strato in esame, rispetto allo strato di regolarizzazione: la permeabilità idraulica minima, legata alla funzione drenante del biogas che lo strato deve assicurare, costituisce un vincolo di progetto.

Va innanzitutto ribadito che lo strato in oggetto è concepito in piena continuità con il sottostante strato di regolarizzazione: la compatibilità fra i due strati sarà pertanto demandata alle loro caratteristiche granulometriche nell'interfaccia.

Le funzioni richieste allo strato in esame conducono alla definizione di un mezzo drenante con Coefficiente di Permeabilità idraulica (Cfr. par. 3.3 del *Fascicolo di analisi e calcoli*):

$$k_w \geq 1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

Si badi bene che tale limite, derivante dall'analisi fluidodinamica del biogas svolto nel succitato progetto, è stato per comodità riferito all'equivalente permeabilità idraulica.

Tutto ciò premesso, lo strato in oggetto, di spessore minimo da Norma pari a 50 cm, dovrà essere progettato a partire da materiali di opportune:

- **caratteristiche chimiche e morfologiche dei grani**, per garantire l'ammissibilità in discarica (segnatamente, nel caso di rifiuti) e il mantenimento, a breve e a lungo termine, dell'assenza di coesione per cementazione, *interlocking* e di fenomeni di degradazione;
- **granulometria**, per garantire la compatibilità granulometrica con il sottostante strato di regolarizzazione;
- **Coefficiente di Permeabilità idraulica**  $k_w \geq 1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ , necessario per garantire il corretto flusso del biogas nello strato drenante;
- **resistenza meccanica/resilienza**, per conservare la suddetta granulometria a fronte delle sollecitazioni che si potrebbero sviluppare a seguito della formazione degli strati sovrastanti.

È di tutta evidenza che per poter essere utilizzati nell'ambito della discarica<sup>21</sup>, detti materiali devono essere ritenuti "ammissibili in discarica"; pertanto, in sede di verifica di accettazione dovranno essere verificati i limiti analitici relativi ai criteri di ammissibilità per rifiuti non pericolosi, ai sensi del *Nuovo D.Lgs 36/2003*.

**A proposito della caratterizzazione dei rifiuti, d'ora in poi s'intende che i materiali proposti per la formazione dello strato di drenaggio del biogas siano omologabili con un CER fra quelli ammissibili da impiegare in R5<sup>22</sup> nell'ambito dei volumi tecnici della discarica.**

La coesione per *interlocking* si osserva nei materiali caratterizzati da granuli di forma allungata, in cui può generarsi una tessitura ad "incastro", che lo scorrimento fra i granuli stessi.

Si evita utilizzando materiali con granuli "tondeggianti", caratterizzati da fattori di forma prossimi a quello della sfera.

---

<sup>21</sup> Va, infatti, ricordato che lo strato di regolarizzazione e lo strato di drenaggio del biogas sono posti al di sotto della barriera di copertura (strato argilloso + geomembrana) e, pertanto, a tutti gli effetti collocati nell'ambito della zona "confinata" di discarica.

<sup>22</sup> Operazione di cui agli allegati B e C della parte IV del D.Lgs. N. 152/06.

**Stante la funzione e la collocazione dello strato di regolarizzazione si ritiene che la verifica della forma prevalente dei granuli possa essere demandata al giudizio visivo della DL.**

**In fase di accettazione dovrà altresì essere accertato che i materiali costitutivi dei granuli non siano cementabili, nè degradabili nel tempo a seguito di qualsiasi azione chimica, fisica e biologica.**

Come sopra accennato, è stato ritenuto necessario svolgere un approfondimento volto a definire compiutamente le caratteristiche granulometriche di tale importante componente. Infatti, l'eventuale depauperamento dello strato di drenaggio del biogas, costituente, fra l'altro, il piano di appoggio della barriera minerale di copertura, potrebbe finanche compromettere la stabilità della stessa.

**Il primo punto fondamentale nella progettazione dello strato di drenaggio del biogas, pertanto, è la compatibilità granulometrica con il sottostante strato di regolarizzazione.**

Per la progettazione di tale strato ci si è avvalsi delle risultanze di recenti *Studi* (Cfr. nota p.p. n.12), condotti proprio presso la discarica di Grumolo delle Abbadesse.

Nello *Studio* del 2013 si analizzavano le problematiche della compatibilità granulometrica d'interfaccia fra strati di diversa granulometria e della stabilità interna all'interno di un singolo strato.

In primis l'accento sulla *funzione filtrante* dell'interfaccia fra i rifiuti e tali strati, nell'intento di evitarne l'erosione a seguito di vibrazioni, nonché degli effetti del moto di filtrazione del biogas e dell'acqua meteorica.

I materiali potenzialmente utilizzabili nello strato in esame dovranno possedere, oltre alle succitate caratteristiche granulometriche, idonee caratteristiche meccaniche. Segnatamente, i granuli di tali materiali dovranno possedere adeguate resistenza meccanica e resilienza, in grado di assorbire le sollecitazioni di esercizio, sì da preservare pezzatura e permeabilità (maggiore della minima di progetto) anche nelle condizioni di esercizio.

### 3.7.3 Criteri di verifica delle curve granulometriche

Una volta proposto un determinato materiale granulare potenzialmente idoneo a formare lo strato di drenaggio del biogas sarà necessario, in primis, disporre della curva granulometrica che lo rappresenta.

Più precisamente, una quantità significativa di materiale è rappresentata da una serie di curve granulometriche contenute entro un "fuso" granulometrico: i criteri di verifica qui illustrati, in questo caso, dovranno essere estesi a più curve contenute nel fuso, a discrezione della DL.

I criteri di verifica da attuare sulle testé definite curva granulometriche possono articolarsi in due fasi:

- a. verifica della *compatibilità granulometrica* con il sottostante strato di regolarizzazione. Con ciò si intende stabilire i diametri minimi delle classi granulometriche più grossolane (definite dal  $d_{85}$ ) affinché non attraversino il sottostante strato (a seguito di trascinamento tramite fluidi e/o azioni meccaniche e vibrazioni) compenetrandolo e, quindi, depauperando lo strato di drenaggio del biogas da tali frazioni;

- b. verifica della *stabilità interna* dello strato. Con ciò si intende stabilire se lo strato **al suo interno** sia in grado di “trattenere” tutte le frazioni granulometriche, così da evitare migrazioni di queste verso l’esterno, depauperandone la compagine.

In altri termini, detti criteri si premurano di garantire che il materiale proposto all’accettazione come strato di drenaggio del biogas abbia:

1. un significativo contenuto di grani di grossa pezzatura, tale da non “penetrare” lo strato di regolarizzazione  
e
2. che il materiale stesso, **in sé**, possieda una granulometria tale da non consentire la migrazione **entro lo strato** delle sue frazioni fini<sup>23</sup>.

### 3.7.3.1 Verifica della compatibilità granulometrica

Il primo obiettivo è conseguito verificando, con il ben noto criterio di ritenzione di Terzaghi:

$$D_{15}/d_{85} < 4,0$$

con  $D_{15}$  relativo alla curva granulometrica rappresentativa dello strato di regolarizzazione e  $d_{85}$  dello strato di drenaggio del biogas.

Nella seguente figura, **a solo titolo di esempio**, è riportata la curva granulometrica rappresentativa di un materiale idoneo a formare lo strato di regolarizzazione, così come verificato nelle elaborazioni riportate nel par. 3.4 del *Fascicolo di analisi e calcoli*.

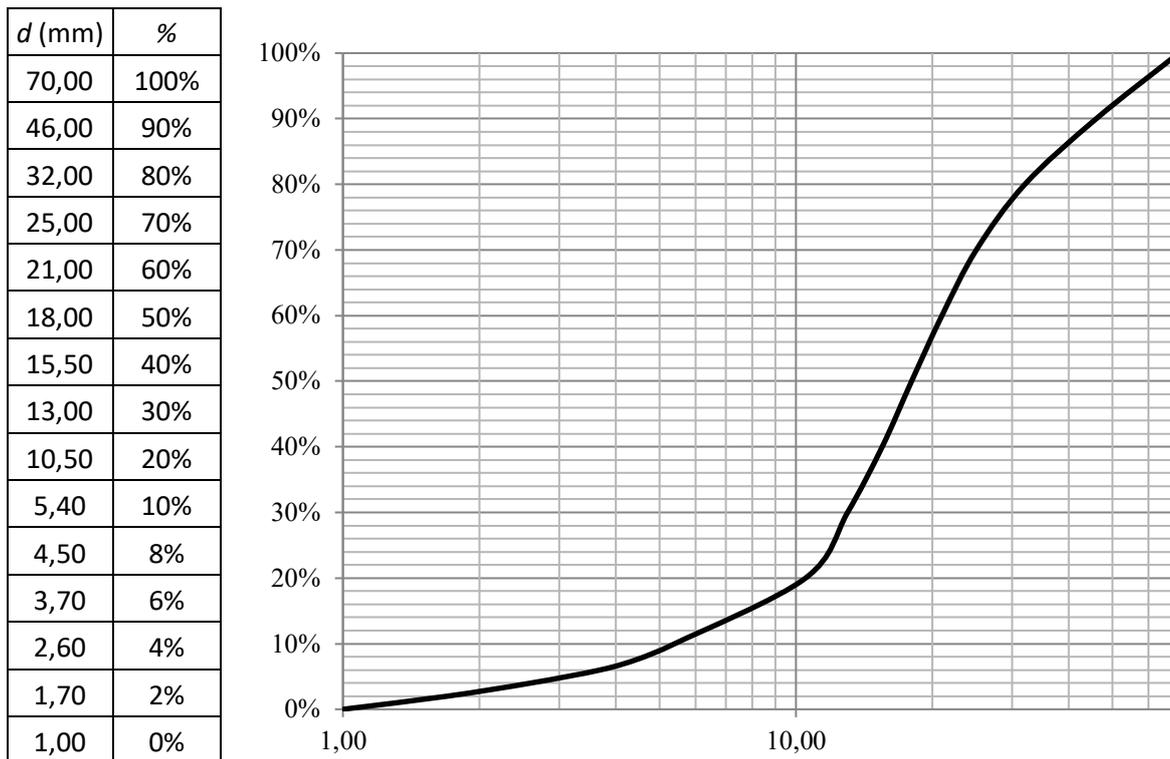
**Il  $D_{15}$  dello strato di regolarizzazione è di 7,5 mm, per cui, nel caso in esame, il  $d_{85}$  dello strato di drenaggio del biogas dovrà essere maggiore di 1,88 mm.**

Il criterio di Terzaghi, come dimostrato da vari contributi di letteratura<sup>24</sup>, è conservativo, per cui, a fronte di una ben delineata curva granulometrica dello strato di regolarizzazione, non è necessario considerare un ulteriore fattore di sicurezza (che si era applicato nella progettazione dello strato di regolarizzazione stante l’incertezza della composizione granulometrica dei sottostanti rifiuti).

---

<sup>23</sup> Le classi granulometriche più fini dello strato di drenaggio del biogas devono essere trattenute dalle succitate classi più grossolane dello strato medesimo (le quali, come detto, non devono penetrare nello strato di regolarizzazione). In tal guisa, la “forma” della curva granulometrica del materiale che costituisce lo strato assume un ruolo di importanza, per definire quella che viene normalmente definita la “stabilità interna”. In un mezzo poroso autoprotetto, ogni classe granulometrica deve generare “vuoti” in grado di trattenere le particelle più fini mobilitate nel caso di vibrazioni e/o moto di filtrazione.

<sup>24</sup> Si veda, ad esempio, Musso, A., Federico, F. (1983), *Un metodo geometrico-probabilistico per la verifica dei filtri*, Rivista Italiana di Geotecnica, 4, 177-193.



### 3.7.3.2 Verifica della permeabilità idraulica

Il succitato valore minimo del  $d_{85}$  dello strato di drenaggio del biogas costituisce il caposaldo, per quanto attiene le classi *grossolane*, nella definizione delle curve granulometriche relative ai materiali idonei a formare lo strato drenante del biogas.

Nell'ambito delle classi granulometriche più *fini*, invece, a comandare è il limite minimo della permeabilità idraulica,  $k_w = 1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ .

Una prima stima di tale parametro, nota la curva del materiale proposto, può essere effettuata utilizzando la seguente formula empirica:

$$k = 1.02 \cdot (d_5 \cdot d_{10})^{0.93}$$

È comunque necessario verificare la permeabilità idraulica del materiale proposto tramite prove di laboratorio, utilizzando un permeametro a carico costante.

### 3.7.3.3 Verifica della stabilità interna

Il metodo ritenuto più idoneo nella verifica della stabilità interna di un mezzo filtrante è stato elaborato Kenney e Lau (1985), illustrato nel punto 3.6.3.2 cui si rimanda per la descrizione.

In sede di accettazione, pertanto, la DL dovrà effettuare la verifica di stabilità interna come ivi descritto per ogni curva granulometrica proposta e derivante dalle prove propedeutiche di resistenza/resilienza (vedi oltre).

A titolo di esempio di verifica di un materiale con il metodo di Kenney e Lau si rimanda a quello sviluppato nel par. 3.4 del *Fascicolo di analisi e calcoli*.

### 3.7.4 Resistenza meccanica dei materiali

Come accennato nel precedente sottoparagrafo, i materiali potenzialmente utilizzabili nello strato in esame dovranno possedere, oltre alle succitate caratteristiche granulometriche, idonee caratteristiche meccaniche, per garantire che la granulometria si conservi anche nelle condizioni di esercizio. Infatti, l'eventuale frammentazione dei granuli a seguito delle sollecitazioni meccaniche connesse, in particolare, dalla posa in opera dello strato stesso e dei sovrastanti strati può modificare anche sensibilmente la curva granulometrica del materiale e, con essa, la permeabilità e la compatibilità granulometrica con il sottostante strato di regolarizzazione, con le conseguenze richiamate in precedenza.

**La questione cruciale, alla luce di dette problematiche, è la definizione di criteri di valutazione delle caratteristiche meccaniche, segnatamente la resilienza<sup>25</sup>, tramite prove facilmente riproducibili, così da costituire un efficace protocollo di accettazione.**

**In ragione di queste ultime considerazioni, con tutta evidenza, gli esiti delle verifiche relative alle prove di resilienza si coniugano con quanto trattato sopra a proposito delle caratteristiche granulometriche, tanto che, ai fini dell'accettazione di un potenziale materiale costituente lo strato in oggetto, i due aspetti costituiscono un "unicum", come si illustrerà nel successivo sottoparagrafo.**

### 3.7.5 Procedura di accettazione

La procedura di seguito illustrata è basata sulla trattazione esposta in un recente *Studio*<sup>26</sup>.

La possibilità di utilizzare materiali da svariate provenienze per la formazione dello strato in esame, come già riferito, rende viepiù necessario predisporre un accurato capitolato di accettazione, che, a valle dell'eventuale caratterizzazione nel caso di impiego di rifiuti, contenga le prove geotecniche da svolgere e le azioni da porre in atto in conseguenza degli esiti di quest'ultime.

La procedura di accettazione proposta è differenziata in due diversi test, in base alle dimensioni dei grani:

- il primo è rappresentativo di materiali a granulometria grossolana, con trattenuto al setaccio da 19 mm (pertanto costituiti da  $d > 19,00$  mm)<sup>27</sup>;

---

<sup>25</sup> Intesa come l'attitudine dei granuli a non frantumarsi.

<sup>26</sup> M. Favaretti, G.P. Cortellazzo, S. Busana, E. Bellò – *Experimental acceptance procedure for using cullet in the gas collection layer of MSW landfill*. Indian Geotechnical Journal – dicembre 2020.

<sup>27</sup>Tale diametro soglia, mutuato dalle prove di compattazione (standard ASTM D698 e D1557), è stato introdotto nello Studio sperimentale della precedente nota, in cui sono state svolte innumerevoli prove di laboratorio su materiali con  $d < 19$  mm.

→ il secondo è rappresentativo dei materiali caratterizzati da granuli passanti al setaccio da 19 mm (pertanto costituiti da  $d < 19,00$  mm).

La suddivisione testé introdotta è, con tutta evidenza, legata alla possibilità di svolgimento di prove di laboratorio.

Nel caso dei materiali più grossolani, idonei a formare lo strato di regolarizzazione, nel punto 3.6.3.1 si concludeva che il minimo valore del  $d_{85}$  è pari a 20 mm, talché il test di accettazione da adottare è il primo, ivi descritto.

**Il secondo, valido per gran parte dei materiali idonei a formare lo strato di drenaggio del biogas, sarà invece descritto qui di seguito. Nel seguente diagramma sono riportate le fasi della procedura di accettazione di un materiale potenzialmente idoneo a formare lo strato di drenaggio del biogas e con  $d < 19,00$  mm (test n. 2).**

Una volta che il materiale proposto, se “rifiuto”, sia stato ritenuto ammissibile in discarica come “R5” e la DL abbia valutato la prevalenza della forma “non allungata” dei granuli, si passerà alla **prima verifica granulometrica**, per cui si ritiene sufficiente un campione rappresentativo del materiale dell’ordine dei 20 kg. Questa dovrà appurare che il  $d_{85}$  sia maggiore di  $D_{15}/4$ , per garantire la compatibilità con il sottostante strato di regolarizzazione e che il materiale sia internamente stabile.

Per quest’ultima verifica si impiegherà il criterio di Kenney e Lau, illustrato nel punto 3.6.3.2. Un esempio di verifica è riportato par. 3.4 del *Fascicolo di analisi e calcoli*, relativa allo strato di regolarizzazione.

Nel caso di esito positivo della verifica, il campione rappresentativo del materiale sarà sottoposto alla **prova PCS**, con 10 cicli e pressione verticale di 2 MPa, seguendo le modalità qui di seguito riassunte.

**La PCS – Punzonamento ciclico statico, è una prova di laboratorio specificamente concepita per il caso in esame, messa a punto dal Laboratorio certificato Geotechna S.r.l. di Vicenza.**

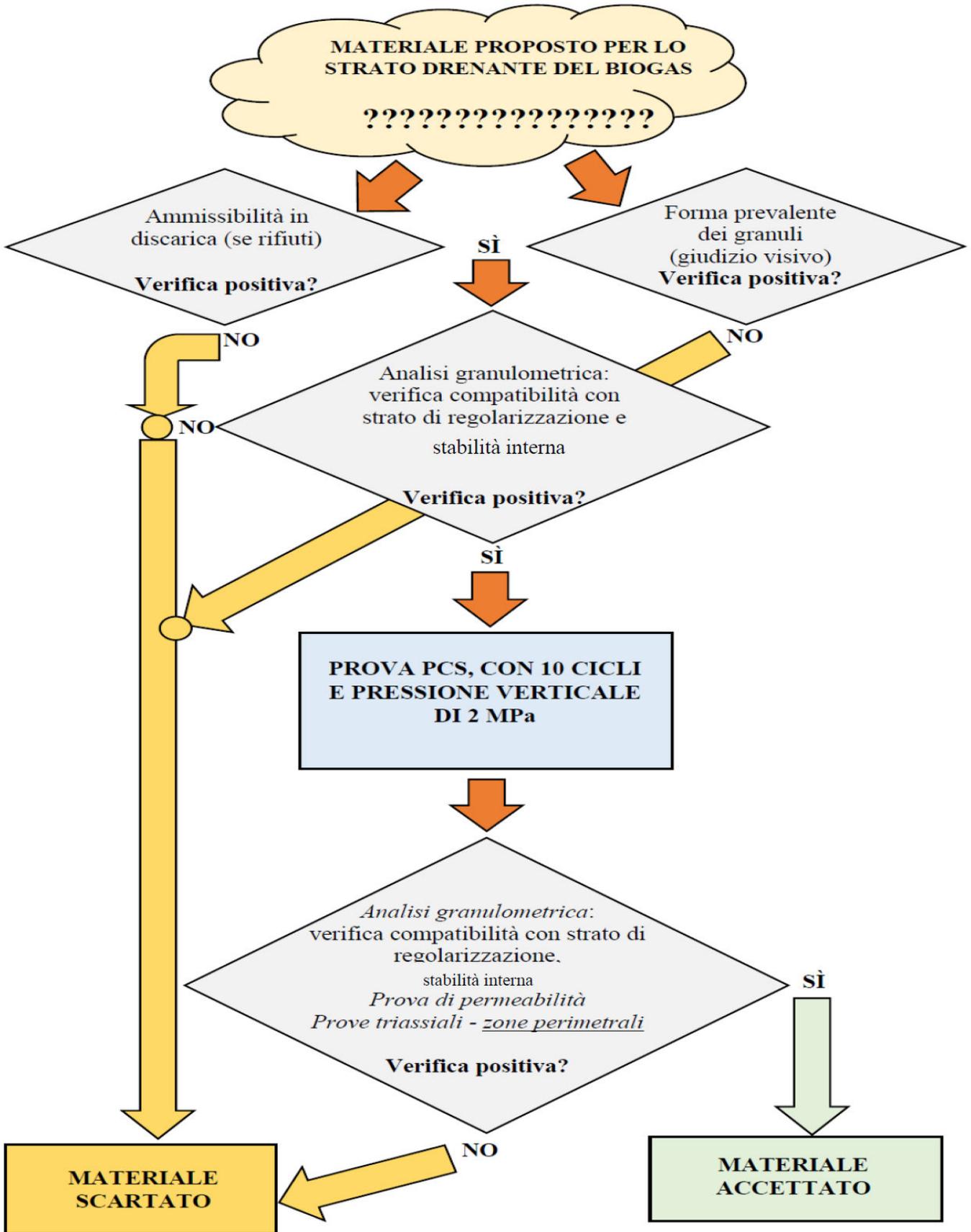
È finalizzata a riprodurre le azioni “quasi-statiche” indotte sullo strato dai mezzi di compattazione.

Il provino da sottoporre a prova PCS sarà confezionato all’interno di una formella cilindrica  $\Phi = 6''$  (151 mm) con altezza massima pari a 23 cm.

Per non impedire la deformazione orizzontale dei granuli del materiale in fase di punzonamento<sup>28</sup>, le pareti interne della formella cilindrica dovranno essere rivestite con un foglio di materiale poliuretano o neoprenico elastico a celle chiuse, dello spessore di 10 mm.

---

<sup>28</sup> Nella realtà pratica il materiale dello strato sottoposto a pressione verticale non è confinato entro pareti rigide e tende a spostarsi orizzontalmente e a rifluire verso l’alto; il citato provvedimento, oltre a quello citato nella seguente nota, si pone in questa linea.



Saranno eseguiti 10 cicli di punzonamento statico mediante una pressa con pistone oleopneumatico: l'applicazione del carico dovrà essere rapida, analogamente al successivo scarico. La pressione sul provino sarà trasmessa tramite un piattello rigido circolare  $\Phi=130\text{ mm}^{29}$  e accuratamente misurata tramite cella di carico.

La pressione da applicare dovrà essere pari a 2 MPa.



*Formella in acciaio  $\Phi=6''$  e piattello.*

Una volta effettuata la prova, il materiale dovrà essere sottoposto ad una **seconda verifica granulometrica** (compatibilità granulometrica con il sottostante strato di regolarizzazione e stabilità interna).

Contestualmente il campione dovrà essere sottoposto a **prova di permeabilità a carico costante**; quest'ultima dovrà confermare il valore del Coefficiente di Permeabilità idraulica,  $k_w \geq 10^{-4}\text{ m/s}$ .

Se l'esito di tutte le prove e verifiche relative alla procedura di accettazione testé delineata sarà positivo il materiale potrà essere impiegato come strato di drenaggio del biogas.

La procedura di accettazione dovrà essere effettuata su ogni lotto omogeneo di provenienza del materiale e, comunque, su aliquote minime di fornitura da definire a cura della DL.

---

<sup>29</sup> Il diametro del piattello inferiore a quello del cilindro consente il rifluimento del materiale, simulando con ciò il comportamento reale dello strato drenante sottoposto a carico verticale nastriforme. Il rifluimento, come riportato ampiamente nel SSD del *Progetto di rimodulazione*, potrebbe cagionare ulteriore frantumazione dei granuli.

### 3.7.6 Modalità di posa in opera

La posa in opera del materiale avverrà dal basso verso l'alto.

La stesa avverrà mediante la realizzazione di piste dello spessore minimo 50 cm sulle quali i mezzi di trasporto scaricheranno il materiale e dalle quali mezzi, esclusivamente cingolati, spingeranno in avanti i cumuli formati.

Le piste così formate dovranno coprire circa il 50% della superficie interessata dalla copertura. Ultimate le piste, i mezzi cingolati, sempre spingendo il materiale, completeranno la copertura della zona.

Nell'ambito dello strato dovranno trovare collocazione le sonde orizzontali di captazione del biogas, poste nella parte basale dello strato, al confine con lo strato di regolarizzazione (Cfr. il successivo paragrafo).

Lo strato **non** dovrà essere rullato.

La DL verificherà la corretta esecuzione della lavorazione al completamento della stessa e verificherà lo spessore in più punti, utilizzando un'asta graduata su appositi scavi, successivamente ripristinati.

La DL dovrà approvare la lavorazione prima di proseguire con le successive fasi.

## 3.8 Sonde drenanti adacquatrici

### 3.8.1 Generalità

Nel presente paragrafo saranno sviluppati i temi relativi all'argomento trattato nel sottopar. 8.4.5 della *Relazione tecnico-illustrativa*, riguardante la realizzazione delle sonde adacquatrici e di aspirazione del biogas poste nell'ambito dello strato di drenaggio testè descritto.

### 3.8.2 Descrizione delle sonde

È prevista la formazione di n. 25 zone drenanti nell'ambito del drenaggio del biogas, distribuite uniformemente su tutta la superficie della copertura finale (Cfr. **Tav. 14**).

La soluzione prospettata prevede la formazione di sonde formanti "serpentine" costituite da tubazioni microfessurate, disposte nella parte basale dello strato drenante del biogas al confine con lo strato di regolarizzazione, così da massimizzare la copertura sopra la generatrice superiore e limitare così le pressioni ivi agenti in sede di formazione degli strati sovrastanti.

Tali "serpentine", di notevole lunghezza (variabile da zona a zona ma stimabile da 100 a 200 m cadauna), saranno collegate a teste di pozzo, del tutto analoghe a quelle previste per i pozzi verticali di captazione del biogas, munite di valvole.

Le sonde in oggetto saranno costituite da tubazioni DN 160 mm microfessurate, in HDPE UNI EN 1555-2, PN10, giuntate tramite unioni saldate di testa.

La fessurazione, che dovrà essere dimensionata in modo da impedire il passaggio del  $d_{85}$  del materiale costituente lo strato drenante del biogas, riguarderà la sola parte immersa nello strato medesimo; dovrà pertanto essere interrotta nel tratto verticale di risalita che attraversa i sovrastanti strati della copertura.

Le modalità di attraversamento di tali strati sovrastanti, nonché la sigillatura degli attraversamenti saranno del tutto analoghe a quelle applicate alle teste di pozzo dei pozzi verticali (Cfr. par. 4.3).

### **3.8.3 Posa in opera**

#### **3.8.3.1 Modalità di posa**

Dopo la fornitura, le tubazioni dovranno essere protette dai raggi solari con idonei teli o posizionati sotto tettoie.

Il piano di appoggio delle tubazioni in corrispondenza della sommità dello strato di regolarizzazione dovrà essere pulito, livellato, esente da asperità e soprattutto da pietre appuntite.

Seguirà il completamento della formazione dello strato drenante, avendo cura di rinfiancare le tubazioni senza arrecare loro disturbo, evitando il transito dei mezzi sopra di esse fino al raggiungimento dell'intero spessore previsto per lo strato di drenaggio del biogas.

La DL verificherà la corretta posa in opera delle tubazioni ed approverà la lavorazione.

#### **3.8.3.2 Raccordi e pezzi speciali**

I raccordi e pezzi speciali in HDPE dovranno rispondere agli stessi requisiti chimico-fisici delle tubazioni.

I raccordi dovranno essere prodotti per stampaggio o, nel caso non fossero reperibili sul mercato, ricavati direttamente da tubazione diritte mediante opportuni tagli, sagomature ed operazioni a caldo (piegatura, saldature di testa o con apporto di materiale ecc.). In ogni caso, tali operazioni dovranno essere sempre eseguite con idonea attrezzatura.

I raccordi dovranno rispondere alla normativa vigente di settore.

#### **3.8.3.3 Giunzioni**

I sistemi ammissibili di giunzione fra le tubazioni ed i raccordi in HDPE sono i seguenti:

- a. giunzione per saldatura;
- b. serraggio per flangiatura.

##### *a. Giunzione per saldatura*

Dovrà sempre essere eseguita con apparecchiature tali da garantire che gli errori nelle temperature, nelle pressioni e nei tempi siano ridotti al minimo.

##### Saldatura per polifusione nel bicchiere

Questo tipo di saldatura si effettuerà generalmente per la giunzione di pezzi speciali già predisposti per tale sistema (Cfr. norma UNI 7611).

In tale tipo di giunzione la superficie interna del bicchiere (estremità femmina) e la superficie esterna dell'estremità maschio, dopo accurata pulizia con apposito attrezzo, verranno portate contemporaneamente alla temperatura di saldatura mediante elemento riscaldante rivestito, sulle superfici interessate, con PTFE (politetrafluoroetilene) o similare. Le due estremità verranno quindi inserite l'una nell'altra mediante idonea pressione, evitando ogni flessione o torsione.

La pressione dovrà essere mantenuta fino al consolidamento del materiale. La temperatura dell'attrezzo riscaldante sarà compresa nell'intervallo di  $250 \pm 10^\circ\text{C}$ .

### Saldatura testa a testa

Sarà usata nelle giunzioni fra tubazione e tubazione e fra tubazione e raccordo quando quest'ultimo è predisposto in tal senso.

Questo tipo di saldatura sarà realizzata con termoelementi costituiti in genere da piastre di acciaio inossidabile o di lega di alluminio, rivestite con PTFE (politetrafluoroetilene) e fibra di vetro, o con uno strato di vernice antiaderente.

Tali elementi saranno riscaldati con resistenze elettriche o con gas con regolazione automatica della temperatura.

Prima di effettuare le operazioni inerenti alla saldatura, occorrerà fare in modo che tutte le generatrici della tubazione siano alla medesima temperatura.

Le testate dei manufatti dovranno essere preparate per la saldatura testa a testa realizzando la complanarità delle sezioni di taglio per mezzo di frese (manuali per i piccoli diametri ed elettriche per i diametri e gli spessori più alti).

Le frese dovranno avere velocità moderata per evitare il riscaldamento del materiale.

Le testate così predisposte non dovranno essere toccate da mani o da altri corpi untuosi; nel caso ciò avvenisse dovranno essere accuratamente sgrassate con trielina od altri solventi idonei.

I due pezzi da saldare saranno messi in posizione e bloccati con due ganasce collegate con un sistema che ne permetterà l'avvicinamento e fornirà una pressione controllata sulla superficie di contatto.

Il termoelemento sarà inserito fra le testate che saranno spinte contro la sua superficie. Il materiale passerà quindi allo stato plastico formando un leggero rigonfiamento.

Al tempo previsto il termoelemento verrà estratto e le due testate saranno spinte l'una contro l'altra alla pressione sottoindicata, fino a che il materiale non ritornerà allo stato solido.

La saldatura non dovrà essere rimossa se non quando la zona saldata si sarà raffreddata spontaneamente alla temperatura di circa  $60^\circ\text{C}$ .

Per una perfetta saldatura delle tubazioni in HDPE, si richiede:

→ temperatura superficiale del termoelemento:  $200 \pm 10^\circ\text{C}$ ;

- tempo di riscaldamento: in relazione allo spessore;
- pressione in fase di riscaldamento riferita alla superficie da saldare: tale da assicurare il continuo contatto delle testate sulla piastra (valore iniziale 0,5 kg/cm<sup>2</sup>);
- pressione di saldatura riferita alla superficie da saldare: 1,5 kg/cm<sup>2</sup> (una volta tolta la piastra).

### Giunzioni elettrosaldabili

Queste giunzioni sono consigliabili quando si devono unire due estremità di tubazione che non possono essere rimosse dalla loro posizione (es. riparazioni). Si eseguiranno riscaldando elettricamente il bicchiere di HDPE nel quale sarà incorporata una resistenza elettrica in grado di produrre il calore necessario per portare alla fusione il polietilene.

L'attrezzatura consisterà principalmente in un trasformatore di corrente che riporterà la tensione adatta per ogni diametro di manicotto e ne determinerà automaticamente i tempi di fusione (v. istruzioni del Produttore).

Per una buona riuscita della saldatura sarà necessario accertarsi che le superfici interessate alla giunzione (interna del manicotto ed esterna delle tubazioni) siano assolutamente esenti da impurità di qualsiasi genere ed in particolare modo prive di umidità ed untuosità. Le parti che si innestano nel manicotto dovranno essere precedentemente raschiate con un coltello affilato onde togliere l'ossidazione superficiale del materiale.

Si prescrive, a saldatura ultimata, di non forzare in alcun modo la stessa se non fino a quando la temperatura superficiale esterna del manicotto sia spontaneamente scesa sotto i 50°C.

### *b. Serraggio mediante flangiatura*

Per la flangiatura di spezzoni di tubazione o di pezzi speciali, si useranno flange scorrevoli infilate su collari saldabili in HDPE.

I collari, data la resistenza che dovranno esercitare, saranno prefabbricati per stampaggio dal Produttore e saranno applicati (dopo l'infilaggio della flangia) mediante saldatura di testa. Le flange saranno collegate con bulloni inox o tiranti inox di lunghezza appropriata. L'inserimento di guarnizioni è obbligatorio in tutti i casi. Le flange potranno essere di acciaio inossidabile od alluminio protetto con rivestimento di plastica.

## 4 NUOVE OPERE NELLE RETI DEL PERCOLATO E DEL BIOGAS

### 4.1 Generalità

Come riportato nella *Relazione tecnico-illustrativa*, il *Progetto definitivo di rimodulazione* non introduce particolari modifiche all'assetto generale delle reti di emungimento e raccolta di percolato e biogas; più apprezzabili, invece, sono gli interventi locali e alcuni particolari realizzativi, i cui principali sono riassumibili come segue:

#### *Rete del percolato:*

- Realizzazione di 2 nuovi pozzi salienti a servizio della nuova vasca 18;
- realizzazione di 1 nuovo pozzo verticale nella semivasca 5 A-B;
- attraversamenti del *Muro* dei succitati 2 nuovi pozzi e di tutti gli esistenti pozzi salienti.

#### *Rete del biogas:*

- realizzazione di nuovi pozzi verticali nella vasca 18;
- soprizzo dei pozzi verticali nelle zone di ribaulatura;
- spostamento e adeguamento dei presidi di gestione.

### 4.2 Rete del percolato

#### 4.2.1 Nuovi pozzi salienti a servizio della nuova vasca 18

Trattasi di 2 nuovi pozzi a servizio delle semivasche aggiuntive 18 A-B e 18 C-D (Cfr. par.6.4 della *Relazione tecnico-illustrativa*).

**Le caratteristiche di tali pozzi risentono della necessità di attraversare il Muro; in ragione di ciò, è opportuno che il diametro dei pozzi sia ristretto al minimo necessario ad assicurare le seguenti due attività:**

- agevoli manovre di sollevamento/abbassamento delle pompe, per la loro gestione e manutenzione;
- ispezionabilità del sistema di emungimento del percolato, costituito dallo stesso pozzo saliente, come richiesto dal *Nuovo D.Lgs 36/2003*.

**Tale minimo, che pur garantisce un adeguato margine di sicurezza, sarà costituito da una tubazione da 315 PN16.**

La soluzione individuata, illustrata nella **Tav.12**, prevede la realizzazione del pozzo saliente con le medesime modalità adottate in tutte le altre semivasche, realizzato in *HDPE* irrigidito con costolature, con diametro interno da 80 cm.

**Detto pozzo, saliente dal fondo, sarà interrotto poco sotto il P.C., ove si innesterà la tubazione da 315 attraversante il Muro, che proseguirà fino in fondo ad intercettare la zona di pescaggio della pompa. Nel punto di giunzione sarà altresì disposto un fondello che eviterà l'ingresso dei rifiuti nell'intercapedine fra le due tubazioni.**

**Tale soluzione, stante la necessità di attraversamento del Muro di tutti i pozzi salienti da questo intercettati, sarà generalizzata.**

Fin dalle prime semivasche realizzate, i pozzi salienti da 80 cm, pur irrigiditi dalle succitate costolature, hanno talora mostrato suscettibilità all'ovalizzazione<sup>30</sup>, risolta realizzando rinfianchi in calcestruzzo leggermente armato nella zona mediana e basale dei pozzi, ad ulteriore irrigidimento delle strutture in HDPE. Tale metodo si è rivelato efficace e sarà riprodotto nel pozzo a servizio della semivasca in oggetto.

L'ispezionabilità del sistema prevista dal Nuovo D.Lgs 36/2003 è garantita dal diametro dei pozzi salienti, ancorchè ridotto rispetto alla precedente soluzione da 80 cm.

La sola differenza fra i pozzi salienti della semivasca 18 C-D rispetto alla 18 A-B è che la prima prevede lo spostamento del pozzo saliente sul lato nord della semivasca, così da minimizzarne la lunghezza e agevolarne la venuta a giorno (Cfr. planimetria della Tav. 12).

#### **4.2.2 Pozzo verticale nella semivasca 5 A-B**

La realizzazione della vasca 18 impone l'adeguamento della risalita a giorno del percolato della semivasca 5 A-B, tramite un pozzo verticale analogo a quelli previsti nelle vasche 6 A-B ÷ 10 A-B.

**Tale pozzo sarà realizzato con le medesime modalità descritte nel Progetto esecutivo del 2011, cui si rimanda per i dettagli.**

#### **4.2.3 Attraversamenti del Muro dei pozzi esistenti**

**È già stato ora accennato all'estensione delle modalità realizzative dei nuovi pozzi relativi alla vasca 18 a tutti gli altri pozzi, proprio per garantire le succitate modalità di attraversamento del Muro. In tal caso, ovviamente, le tubazioni da 80 cm sono già presenti e fungeranno da camicia esterna di protezione e, nella parte basale, da capacità per le pompe sommerse (Cfr. Tav. 12).**

---

<sup>30</sup> Nell'ambito di uno studio generale sulla stabilità della discarica, condotto con un codice di calcolo agli elementi finiti [Caratterizzazione meccanica degli RSU della discarica di Grumolo delle Abbadesse e applicazione di un modello costitutivo – Tesi di Laurea di Alberto Sarzo – Relatore: Prof. Ing. M. Favaretti; Correlatori: Dott.Ing. S. Busana, Prof. Ing. G.P. Cortellazzo – Facoltà di Ingegneria dell'Università di Padova, 2007], è emerso che le tensioni indotte dai rifiuti sui pozzi in oggetto non risultavano tali da indurre particolari deformazioni, ragion per cui tale comportamento è da ascrivere principalmente alla disomogeneità dei carichi sulla tubazione, con sforzi ovalizzanti concentrati. Un certo ruolo può essere ascritto anche alle temperature generate dalla degradazione dei rifiuti, dell'ordine anche dei 40-50 °C.

## 4.3 Rete del biogas: realizzazione di nuovi pozzi verticali

### 4.3.1 Generalità

L'integrazione della rete di captazione del biogas, con lo stesso raggio di influenza dei pozzi verticali di aspirazione previsto dal *Progetto del 2011*, richiede la realizzazione di nuovi pozzi nella zona della vasca 18. Dalla planimetria di **Tav. 13** si evince il numero e la posizione dei nuovi pozzi verticali.

Per quanto concerne le specifiche tecniche relative a tali realizzazioni, non vi sono particolari variazioni rispetto a quanto all'uopo previsto nel *Progetto del 2011*.

### 4.3.2 Caratteristiche e modalità esecutive dei nuovi pozzi

La realizzazione dei nuovi pozzi avviene secondo le seguenti fasi (Cfr. **Part.1** della **Tav. 13**):

- formazione di uno strato di sottofondo in ghiaia per l'appoggio della sonda, dello spessore di circa 50 cm, a circa 2 m (circa due balle compattate) dal livello dello strato drenante del percolato di fondo vasca<sup>31</sup>;
- posa di sonda fessurata drenante in HDPE De160 PN10, sullo strato di cui al precedente punto;
- formazione del dreno in ghiaia lavata di media pezzatura, fino alla quota sommitale dello strato drenante del biogas di copertura, realizzando un diametro dell'ordine dei 60 cm;
- posa di elemento di raccordo cieco in HDPE De160 PN10 sulla sonda drenante nel tratto compreso fra la quota sommitale dello strato drenante del biogas di copertura e il piano campagna;
- posa di sigillante in miscela argilla-bentonite nel tratto compreso fra la quota sommitale dello strato drenante del biogas di copertura e il piano campagna.

La protezione del pozzo saliente è garantita da un'accurata gestione delle balle compattate, disposte dapprima nel suo intorno.

Ogni circa 5 m in verticale saranno realizzate trincee di collegamento fra i pozzi, ottenute con rifiuti sfusi aventi capacità drenante (Cfr. **Part.2** della **Tav. 13**).

Sul pozzo così costruito è connessa, mediante saldatura con manicotto termico, la testa di pozzo realizzata in HDPE De160, PN10.

La testa di pozzo è dotata di una flangia cieca sommitale per consentire l'accessibilità nel pozzo per le operazioni di verifica del battente di percolato o per l'inserimento di un'eventuale pompa di spurgo. La bulloneria è in acciaio inossidabile. Sulla flangia è ricavato un punto di controllo e monitoraggio dotato di rubinetto a sfera da 1/4".

---

<sup>31</sup> Ciò garantirà la fuoriuscita dell'eventuale liquido drenato, come verificato in specifici test compiuti fin dall'avviamento della discarica, ma consentirà altresì l'eventuale utilizzo del pozzo come mezzo di umidificazione dei rifiuti.

La testa di pozzo è raccordata alla linea secondaria mediante un manicotto flessibile DN 80 con la funzione di compensare gli assestamenti differenziati che si potrebbero manifestare nell'intorno del pozzo. Tali assestamenti sono prevedibili entro il raggio di circa 1-1,5 m dal pozzo (zona di contatto tra i rifiuti e la colonna filtrante); pertanto, la capacità di compensazione deve essere estesa fino a circa 2 m dall'asse del pozzo.

Le pendenze di progetto sono tali da allontanare la condensa formatasi nelle linee, convogliandola verso i presidi di gestione.

Ogni pozzo è contraddistinto da un carattere alfanumerico, mediante palina segnaletica.

#### **4.4 Rete del biogas: soprizzo dei pozzi esistenti nelle zone di ribaulatura**

I pozzi da innalzare sono, con tutta evidenza, quelli posti nelle zone di ribaulatura della discarica e dovranno essere adeguati alle nuove quote.

Trattasi, in ogni caso, di una prassi già messa in atto nel soprizzo della zona della "vecchia" discarica nel raggiungimento delle quote previste dal *Progetto del 2011*.

Il soprizzo dei pozzi interessati dal *presente Progetto* sarà organizzato per fasi successive, onde consentire lo scollettamento programmato per aree dei pozzi in attività.

Le teste di pozzo dovranno essere dapprima smontate e, quindi, rimontate sul terminale del pozzo di captazione emergente dopo la predisposizione di un'apposita prolunga costituita da una tubazione in polietilene ad alta densità (HDPE) avente lo stesso diametro dell'esistente.

La giunzione dovrà avvenire mediante uso di manicotto autosaldante.

Successivamente alla posa, la testa di pozzo dovrà essere immediatamente rinfiata con argilla fino alla quota inferiore della derivazione e per un raggio di circa 1,5 m dall'asse del pozzo.

Tale rinfiato, oltre a garantire una migliore sigillatura del pozzo, avrà funzioni di sostegno e di protezione della testa di pozzo dal traffico dei mezzi.

Le linee secondarie di rimosse o scollegate dovranno essere ripristinate, adeguando la lunghezza delle tubazioni di collettamento del biogas dalla testa pozzo verso i presidi di gestione, collocati nella nuova posizione.

Per i pozzi da sopraelevare la quota della sommità dovrà essere, dopo il montaggio, pari al piano finito della copertura definitiva, tenendo in debito conto i potenziali cedimenti del corpo.

La posizione della testa di pozzo dovrà essere rilevabile a distanza mediante una targa analoga a quella descritta a proposito dei nuovi pozzi.

## 4.5 Rete del biogas: adeguamento delle linee primarie

Le uniche importanti modifiche alla rete di aspirazione del biogas a seguito della sua riconfigurazione, trattata nel par. 11.4 della *Relazione tecnico-illustrativa*, riguardano l'accorciamento e la semplificazione dei collettori primari, che assumeranno una configurazione ramificata e non anulare.

La ridefinizione dei diametri delle varie tratte ha evidenziato la possibilità di riutilizzare proficuamente i collettori già in opere, migliorando finanche la richiesta di prevalenza della centrale di aspirazione, come illustrato nel cap.7 del *Fascicolo di analisi e calcoli*.

Nell'ambito di tale riconfigurazione è compreso lo spostamento/adeguamento dei presidi di gestione (Cfr. il successivo paragrafo).

Le fasi di transizione impiantistica fra l'attuale configurazione anulare e la futura testè delineata dovranno essere opportunamente studiate, in sede esecutiva, in modo da minimizzare i periodi di scollettamento della rete di aspirazione.

## 4.6 Rete del biogas: spostamento e adeguamento dei presidi di gestione

Come testè accennato, la riconfigurazione della rete di aspirazione del biogas comporta la necessità di spostare e razionalizzare i presidi di gestione.

Lo spostamento sarà organizzato nelle seguenti fasi, da attuare per ogni presidio di gestione:

1. preparazione delle linee secondarie di collegamento fra i presidi di gestione e le teste di pozzo nelle lunghezze previste dalla nuova configurazione. All'uopo, possono utilizzarsi prolunghie da saldare, previa preparazione prima della successiva fase;
2. scollettamento delle linee afferenti ai presidi di gestione, utilizzando le valvole nelle teste di pozzo ed eventuale saldatura delle prolunghie di cui alla precedente fase;
3. approntamento del presidio di gestione nella nuova posizione e con il nuovo set di connessioni alle linee secondarie (vedi oltre) e ricollettamento di quest'ultime.

Nel suaccennato caso che un presidio di gestione debba ospitare nuove linee secondarie, dovrà essere ampliato tenendo conto che la sua configurazione, secondo il *Progetto del 2011*, è la seguente:

- valvola a farfalla di esclusione dell'impianto di aspirazione;
- ingressi flangiati in HDPE DN 75 PN 10 per il collegamento alle singole linee di aspirazione;
- valvole micrometriche in PVC DN 75 per la regolazione dei singoli pozzi;

- scaricatori di condensa in HDPE DN 315 PN 10 completi di tubazione di scarico e idonea guardia idraulica;
- punto di presa per strumentazioni di analisi;
- tronchetto flangiato in HDPE DN 75 PN 10 per il collegamento alle linee di aspirazione.

Conseguentemente, come trattato in precedenza, lo spostamento di un presidio di gestione dovrà essere adeguato anche il collettore primario di trasporto del biogas alla centrale di aspirazione, secondo il percorso e con i diametri illustrati nel cap.7 del *Fascicolo di analisi e calcoli*.

Nella fase provvisoria di approntamento del presidio di gestione sulla copertura provvisoria dovranno essere evitate fondazioni e membrature rigide, stanti i prevedibili cedimenti, assoluti e, soprattutto, differenziali. Di ciò si dovrà tener conto nella definizione dei particolari impiantistici di tali presidi.

La configurazione dei presidi di gestione del biogas è riportata nel **Part. 3** della **Tav. 13**.