Consorzio Industriale Provinciale Cagliari

PROVINCIA SUD SARDEGNA
COMUNE DI IGLESIAS

REALIZZAZIONE DELLA COPERTURA FINALE DEL SECONDO BACINO DELLA DISCARICA DI IS CANDIAZZUS

PROGETTO DEFINITIVO

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	Aprile 2023	Emissione	M.L. Massa	M.L. Massa	M.L. Massa
1	Febbraio 2024	Adeguamento scarico finale	M.L. Massa	M.L. Massa	M.L. Massa
2	Marzo 2024	Integrazione richiesta dal Committente	M.L. Massa	M.L. Massa	M.L. Massa
3	Giugno 2024	Integrazione richiesta dal Committente	M.L. Massa	M.L. Massa	M.L. Massa

GRUPPO DI LAVORO:

Dott. Ing. Alessandro Tanca

TITOLO:

01 - RELAZIONI
RELAZIONE TECNICA E ILLUSTRATIVA

TAVOLA N°:

RE01

SCALA:

-

Commessa:

A041EP13.CDZ

Sottocommessa:

A041C22.CDZ

Studio di Ingegneria Dott. Ing. Maria Laura Massa
Via Trieste 151 - 09045 Quartu S. Elena
e-mail: ingmassa@tiscali.it - Tel. 070 821202 - Mob. 328 7283082

IL COMMITTENTE:

R.U.P.: DOTT. ING. ALESSANDRO DI GREGORIO

RESPONSABILE DEL PROGETTO:

DOTT. ING. MARIA LAURA MASSA

RELAZIONE TECNICA E ILLUSTRATIVA

INDICE

1. PREMESSA 3

2. STATO ATTUALE 3

3. IL PROGETTO 6

3.1 CAPPING (COPERTURA FINALE) 7

3.1.1 Piano sommitale – Pacchetto tipo A 12

3.1.2 Piano sommitale – Pacchetto Tipo A1 – Var 14

3.1.3 Pendii – Pacchetto Tipo B 16

3.1.4 Viabilità interna – Pacchetto Tipo C 17

3.1.5 Sistema di raccolta delle acque meteoriche 19

3.1.6 Adeguamento dello scarico finale delle acque meteoriche 23

3.1.7 Sistema di captazione del biogas 24

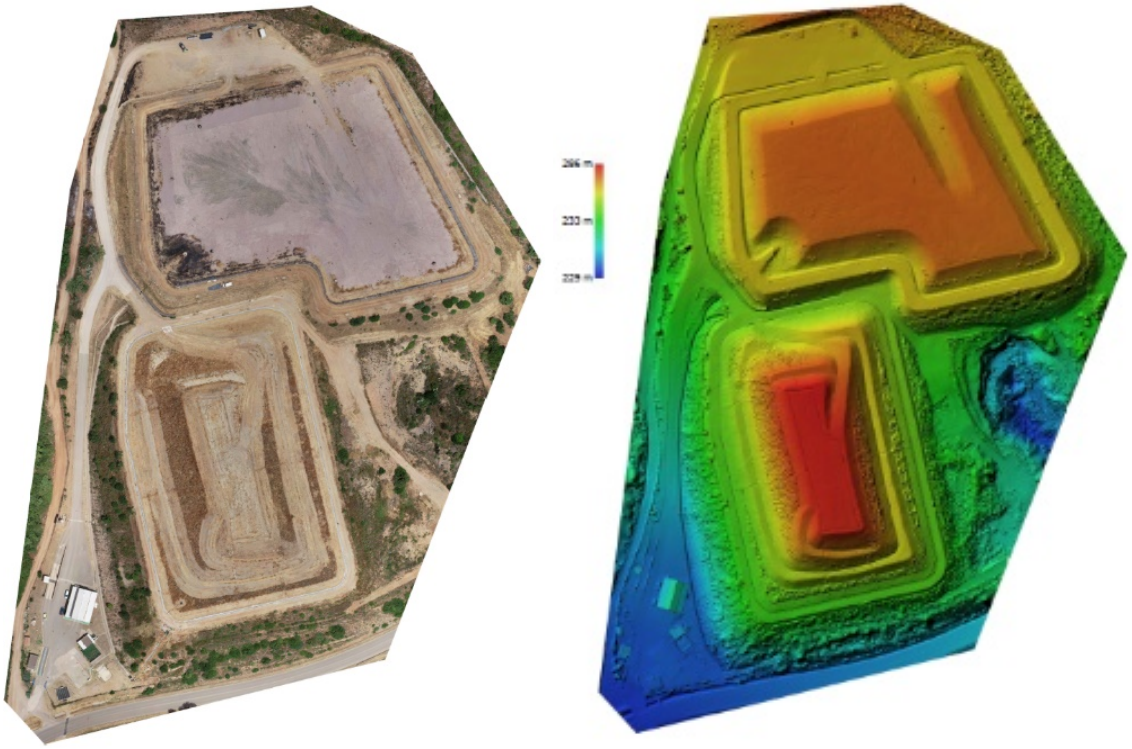
4. COSTO DELL'INTERVENTO 25

1. PREMESSA

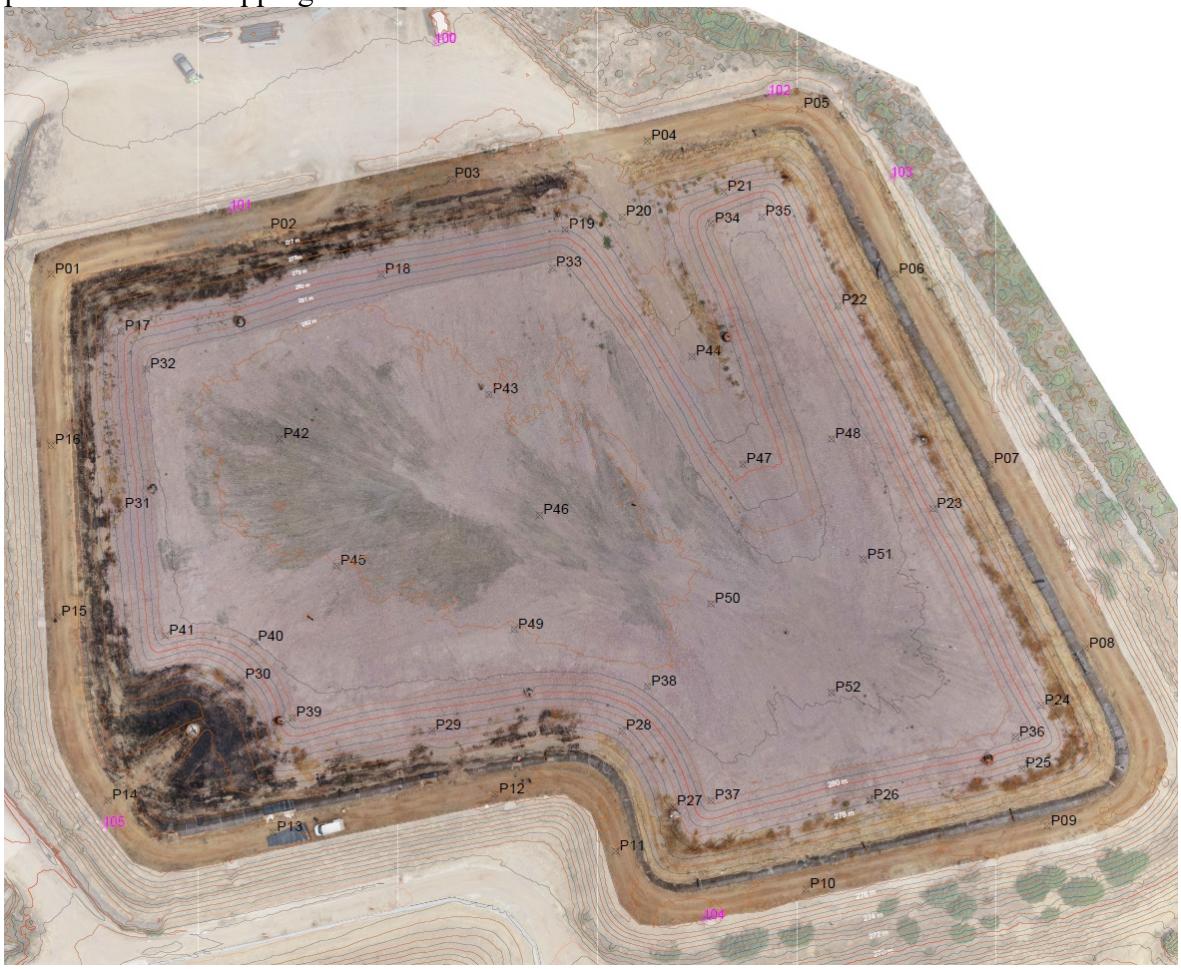
Il principale obiettivo che il CACIP si prefigge di conseguire attraverso la realizzazione delle opere in oggetto consiste nel realizzare la copertura finale ("capping") della discarica per rifiuti non pericolosi di Is Candiazzus, ricorrendo a soluzioni di sicura efficacia mediante l'adozione dei materiali, naturali e/o geosintetici, che garantiscano le prestazioni previste dal D.Lgs. 36/2003 e dalle modifiche ed integrazioni del recente Decreto Legislativo n. 121 del 3 settembre 2020.
Il secondo modulo della discarica di Is Candiazzus oggetto del presente Progetto di fattibilità tecnica ed economica è stato completato nel giugno del 2021, periodo in seguito al quale lo stesso Consorzio Industriale gestore della discarica in questione, ha immediatamente provveduto a regolarizzare le superfici dei pendii ed il piano sommitale con la stesa di uno strato di copertura provvisoria di spessore variabile, compreso tra i 10 e 100 cm, con spessore medio di 50 cm. Tale regolarizzazione consente da un lato di separare i rifiuti dall'atmosfera e favorire il deflusso superficiale delle acque meteoriche evitando l'ingresso all'interno dell'invaso, dall'altro conferisce maggiore stabilità al corpo discarica grazie alla regolarità delle pendenze e delle superfici.
L'analisi condotta sull'andamento nel tempo dei rilievi topografici eseguiti con la periodicità prevista dal piano di monitoraggio e controllo approvato (cadenza semestrale), ha evidenziato una condizione di staticità degli abbassamenti del corpo della discarica tale da poter ritenere che sussistano i presupposti per poter procedere con la copertura definitiva della discarica oggetto del presente intervento, nel rispetto di quanto previsto dalla normativa vigente sulle discariche.
La copertura definitiva della discarica permetterà di limitare al minimo le infiltrazioni delle acque meteoriche all'interno dell'invaso, riducendo notevolmente la produzione del percolato, la cui presenza all'interno del corpo rifiuti risulta causa di una serie di criticità, di natura geotecnica, ambientale e gestionale, con un forte aumento dei costi riferiti alle operazioni di aspirazione trasporto e smaltimento del refluo presso gli impianti autorizzati.
Per quanto sopra esposto il presente Progetto prevede di realizzare l'intera stratigrafia che costituisce la copertura finale del secondo modulo di Is Candiazzus.
L'intervento di capping del secondo modulo del sito in oggetto, conferirà alla discarica una configurazione finale che, con i processi di rinaturalizzazione dei luoghi, apporterà importanti benefici a tutte le componenti ambientali coinvolte, paesaggistiche, alla stabilità dei pendii, da cui discende inoltre la tenuta e la conservazione delle caratteristiche prestazionali della stratigrafia del capping realizzato.

2. STATO ATTUALE

Allo stato attuale la discarica di Is Candiazzus si compone di due moduli adiacenti, di cui per il primo è stato recentemente realizzato il capping definitivo, mentre il secondo risulta oggetto della presente; per il modulo n°2 è stata eseguita la regolarizzazione delle superfici con l'apporto di materiali di cava stesi in spessore variabile, al fine di realizzare una copertura provvisoria del cumulo dei rifiuti, separandoli fisicamente dall'atmosfera con materiale permeabile.
La parte sommitale appare sostanzialmente pianeggiante del tutto o quasi, priva di vegetazione.



L'accesso al piano sommitale è garantito attraverso la pista che dal piazzale ubicato a nord del modulo 2 sale sino alla quota attuale del piano regolarizzato su cui si dovrà intervenire per realizzare il capping.



Allo stato attuale, lungo l'intero perimetro del modulo 2 è visibile la parte superiore del telo in HDPE dell'impermeabilizzazione di fondo dell'invaso, ammorsato ad un cordolo in calcestruzzo presente ai margini della strada perimetrale lungo tutto il modulo 2.

Per ciò che attende la gestione delle acque meteoriche che precipitano sulla parte sommitale dell'invaso, queste infiltratesi nel corpo dei rifiuti, vengono raccolte in prossimità del pozzo di aspirazione del percolato a sud-ovest del modulo 2, per poi essere inviate alla vasca di accumulo dei percolati; la totalità dei volumi accumulati viene poi allontanata dalla discarica mediante autobotti, e traportati ad impianto di smaltimento autorizzato.
Le opere di capping permetteranno una nuova configurazione del sistema di raccolta delle acque meteoriche per il bacino 2, con la sostanziale differenza che non essendo derivate da fenomeni di percolazione sul corpo dei rifiuti non saranno contaminate, e potranno essere direttamente inviate allo scarico sul ricettore (cunette stradali ai margini della S.P. 84).

Sempre lungo il perimetro del catino sono presenti, regolarmente distribuite e ben visibili, le tubazioni di drenaggio del percolato che partono dal fondo catino per arrivare alla sommità dell'argine, tubazioni attraverso le quali è possibile aspirare l'eventuale accumulo di percolato dal fondo bacino che saranno mantenute in esercizio anche a capping eseguito.





Allo stato attuale, le acque meteoriche che cadono al di fuori vengono raccolte ed inviate alla vasca di rilancio presente a sud est del modulo 2;
Con riferimento alla dotazione impiantistica del modulo, nel corpo della discarica si rileva la presenza dei pozzi di captazione del biogas, equamente distribuiti sulla superficie del bacino.
Lungo il lato esterno della strada perimetrale, è presente un sistema idrico antincendio costituito da una serie di spingarde alimentate da una rete idrica antincendio dedicata la cui

efficienza dovrà essere sempre garantita sia in fase di realizzazione del capping che a copertura finale completata.
Completa lo stato attuale la recinzione esterna che delimita l'intero secondo modulo posizionata sul lato esterno della strada perimetrale.
Per maggiori approfondimenti in merito allo stato attuale si rimanda ai grafici di progetto EG01 – Corografia di inquadramento, EG02 - Planimetria e sezioni stato attuale ed EG03 - Planimetria di progetto, elaborato quest'ultimo in cui, oltre ai particolari costruttivi ed alle diverse stratigrafie del capping, sono riportati anche i principali elementi esistenti allo stato attuale, rilevanti per la corretta definizione delle opere del presente progetto con cui debbono essere coerenti.

3. IL PROGETTO

Il presente Progetto definitivo si propone di realizzare il "capping" della discarica completando l'opera e garantendo, da un lato, la rinaturalizzazione e il migliore inserimento paesaggistico, dall'altro, una gestione controllata che sia economicamente sostenibile da parte del Consorzio Industriale che riveste il ruolo di Ente gestore dell'impianto.
In sintesi le principali lavorazioni sono di seguito elencate:

- rimozione della poca e rada vegetazione presente sulla discarica e in particolare alla base dei pendii;
- riqualificazione delle cunette presenti lungo l'intero perimetro del bacino in corrispondenza del risvolto del telo impermeabilizzante in HDPE a bordo catino, che allo stato attuale assolvono alla funzione di raccolta e deflusso delle acque meteoriche di percolazione verso il pozzo di raccolta del percolato che, a capping ultimato esenti da alcun inquinante, potranno essere recapitate al corpo ricettore senza alcun trattamento;
- risagomatura e regolarizzazione dell'intero corpo della discarica; oltre ad ottimizzare l'andamento plano altimetrico delle superfici ed a renderle idonee alla realizzazione della nuova sequenza stratigrafica prevista dal capping, si interverrà sulla pendenza del piano sommitale, attualmente sub - pianeggiante, per consentire la corretta gestione e raccolta delle acque meteoriche, evitando la possibile formazione di ristagni d'acqua (a tal fine si prevede la formazione di falde con pendenza del 5% e colmo al centro del piano sommitale);
- realizzazione del capping secondo i criteri definiti dalle norme vigenti;
- realizzazione del sistema di raccolta delle acque meteoriche (sia sul corpo discarica che lungo la strada perimetrale del bacino) e collegamento delle nuove cunette al sistema di raccolta delle acque esistente, mediante gli interventi necessari per l'attraversamento della strada perimetrale e la posa di embrici lungo le scarpate a valle della stessa strada;
- adeguamento dello scarico finale delle acque meteoriche dell'intero sito di Candiazzus, necessario per la gestione delle maggiori portate determinate dalle opere in progetto, sia nella configurazione impiantistica definitiva, derivata dal completamento di tutte le opere in progetto, sia in una fase intermedia dei lavori, (dall'ultimazione delle attività di posa della geomembrana impermeabilizzante in HDPE, sino al completamento della stratigrafia prevista per la copertura definitiva), caratterizzata dalla presenza della sola geomembrana in HDPE, i cui tempi di

corrivazione, e relative portate, risultano condizionati fortemente dalle caratteristiche tecniche dell'HDPE;
- adeguamento del sistema di captazione del biogas con la riqualificazione dei pozzi esistenti e predisposizione degli stessi per l'allestimento con sistemi di ossidazione biologica.

3.1 CAPPING (COPERTURA FINALE)

Come anticipato in premessa, ai fini della stabilità della copertura finale è necessario che quest'ultima sia realizzata successivamente all'assestamento del corpo dei rifiuti presenti all'interno dell'invaso, indotto dai fenomeni degradativi che hanno interessato gli stessi rifiuti negli anni; a tal fine, esaminando i rilievi topografici eseguiti con cadenza semestrale dal gestore della discarica, si attesta una graduale riduzione degli abbassamenti, sino ad una condizione ritenuta ormai stabile rispetto alla morfologia finale.
In relazione agli obiettivi della presente, è possibile prendere in considerazione gli ultimi sei rilievi, di cui di seguito si riporta le indicazioni più significative:
- il primo eseguito al termine del conferimento dei rifiuti e prima della copertura provvisoria,
- il secondo eseguito nel dicembre 2021 con la regolarizzazione completata
- il terzo eseguito nel giugno 2022
- il quarto eseguito nel dicembre 2022
- il quinto eseguito nel giugno 2023
- il sesto eseguito nel dicembre 2023

Da un esame dei dati disponibili emerge che si sono verificati i seguenti abbassamenti medi distinti per ciascun semestre e rapportati al rilievo precedente:
- nel semestre intercorso tra il rilievo di dicembre 2021, e quello di giugno 2022 si è avuto un abbassamento medio pari a 4.9 cm;
- nel semestre successivo l'ulteriore abbassamento medio rilevato a dicembre 2022, rispetto al rilievo di giugno 2022, è pari a 7.7 cm;
- nel semestre intercorso tra i rilievi di dicembre 2022 e giugno 2023, l'abbassamento medio è risultato essere di 4.2 cm;
- infine, nell'ultimo semestre ricompreso tra giugno e dicembre 2023, l'abbassamento medio rilevato è stato pari a 4.9 cm.

Per quanto sopra, l'abbassamento medio riscontrato nei suddetti quattro semestri può ritenersi di modesta entità e, aspetto molto rilevante, non sono stati evidenziati cedimenti differenziali in nessuna parte della superficie della discarica, entrambi elementi che consentono di ritenere ragionevolmente che il corpo discarica possa attualmente essere considerato stabile ed idoneo alla realizzazione della copertura finale.
Sulla base delle suesposte considerazioni si prevede di realizzare la copertura della discarica secondo una sequenza di fasi realizzative che rispettano quanto previsto dal D.Lgs. 36/2003 e dalle modifiche ed integrazioni del recente dal D.Lgs. 121/2020 per la copertura definitiva della discarica. In sintesi in una prima fase si prevede l'esecuzione sull'intera discarica di un primo strato, parte della complessiva stratigrafia del capping, sino ad arrivare alla geomembrana in HDPE (impedendo nel minor tempo possibile ulteriori infiltrazioni delle acque meteoriche all'interno dei rifiuti e minimizzando la produzione dei percolati), per poi passare alla seconda fase realizzativa completando la stratigrafia del pacchetto di copertura finale previsto sino alla posa del terreno vegetale, ottenendo in tal modo la copertura definitiva del secondo modulo.

Come anticipato la normativa italiana, con il Decreto Legislativo 3 settembre 2020, n. 121 sulle discariche di rifiuti, prevede che la copertura finale sia realizzata secondo la seguente stratigrafia, partendo dal basso:

- Strato di regolarizzazione.
- Strato di drenaggio del gas con spessore uguale o maggiore di 0,5 m di idonea trasmissività e permeabilità al gas.
- Strato minerale compattato dello spessore ≥ 0.5 m e conducibilità idraulica ≤ $1x10^{-8}$ m/s, integrato da un rivestimento impermeabile superficiale geocomposito; deve comunque essere garantito nell'insieme che il tempo di attraversamento della barriera sia equivalente (tra argilla e geocompositi).
- Strato drenante di materiale granulare con spessore ≥ 0.5 m di idonea trasmissività e permeabilità ($K>10^{-5}$ m/s); tale strato può essere sostituito da un geocomposito drenante di caratteristiche prestazionali equivalenti, ovvero di drenare nel suo piano la portata meteorica valutata con tempo di ritorno di 30 anni. In ogni caso lo strato drenante deve essere protetto da intasamento.
- Strato superficiale di copertura con spessore ≥ 1 m che favorisca lo sviluppo delle specie vegetali di copertura per il ripristino ambientale e la protezione contro l'erosione e le escursioni termiche.

In ogni caso dovranno essere garantite le verifiche di stabilità della copertura in corrispondenza di tutte le superfici di scorrimento delle interfacce dei materiali utilizzati, eventualmente integrando a tal fine il pacchetto di copertura con geosintetici di rinforzo strutturale.

Lo stesso Decreto Legislativo n. 121 del 3 settembre 2020, prevede che gli Enti Territoriali competenti possano approvare soluzioni progettuali alternative, caratterizzate da spessori inferiori rispetto a quanto stabilito dalla normativa, purché tali soluzioni alternative garantiscano prestazioni equivalenti a quelle derivanti dall'adozione degli spessori previsti.

In particolare il Decreto ammette che possa essere ridotto lo spessore dello strato minerale compattato (impermeabilizzazione naturale) per le parti con pendenza superiore a 30° a vantaggio della stabilità, sempre che venga soddisfatto il principio di protezione equivalente e che la soluzione alternativa sia approvata dagli enti competenti.

L'utilizzo dei geosintetici in alternativa a quanto previsto dal Decreto Legislativo trova il suo fondamento nel principio di equivalenza prestazionale e riscontro nella pratica operativa consolidata attraverso anni di utilizzo, che hanno consentito di valutarne l'efficacia nel tempo a garanzia di una soddisfacente post gestione della discarica, assimilabile a quella di una discarica con copertura finale eseguita con i materiali tradizionali.

Di seguito si riportano due stratigrafie, per la parte inclinata e per la parte di copertura orizzontale, che prevedono la sostituzione dei materiali prescritti dalla normativa, argilla con funzione di impermeabilizzazione e misto granulare con funzione drenante, con specifici geosintetici, rispettivamente geomembrane in HDPE accoppiate ai geocompositi bentonitici (per assolvere alla funzione di impermeabilizzazione in luogo dello strato naturale di argilla), e geocompositi drenanti con funzione di drenaggio (in luogo dello strato naturale di ghiaia), materiali alternativi che sono complessivamente in grado di assicurare prestazioni equivalenti, almeno pari o superiori, a quelle conseguibili con l'adozione dei materiali naturali previsti dalla normativa.

L'impiego di tali materiali geosintetici costituisce una valida soluzione alternativa a quella tradizionale prevista dal Decreto che, tra l'altro, assicura i seguenti e significativi benefici:

- ridurre il carico sul corpo rifiuti a favore della stabilità complessiva del corpo dell'impianto di discarica;

- ridurre l'altezza finale dell'impianto di discarica mitigandone di conseguenza l'impatto ambientale;
- ridurre l'approvvigionamento di inerti e di argille alleggerendo la pressione sulle cave di prestito;
- ridurre il trasporto di inerti e di argille dalle cave di prestito all'impianto di discarica alleggerendo la pressione sulla rete viaria locale in termini di usura e di inquinamento (in particolare acustico e atmosferico);
- ridurre i tempi necessari al completamento dell'opera in virtù della immediata reperibilità del materiale e della facilità di movimentazione;
- ridurre i controlli in fase di esecuzione del sistema di chiusura facilitandone il completamento in tempi ridotti;
- ridurre i rischi a carico dei lavoratori in fase di lavorazione semplificando al tempo stesso le misure di sicurezza da adottare;
- ridurre le incertezze in fase di dimensionamento derivanti dal comportamento disomogeneo dei materiali naturali, assicurando per contro l'omogeneità delle prestazioni tecniche e meccaniche conseguente all'impiego di prodotti industriali di caratteristiche note, accertate e consolidate attraverso le numerose esperienze applicative.

Con riferimento alla validità come strato impermeabilizzante del binomio composto dalla geomembrana in HDPE posata al di sopra di un telo geocomposito bentonitico, binomio da adottare in alternativa allo strato di argilla da 0,50 m (previsto dal D.Lgs. 121/2020) sui pendii, si sono fatte le dovute valutazioni in ordine alla efficienza del pacchetto composto dai due citati elementi, nell'eventualità in cui la stessa membrana dovesse essere lesionata.
Sulla base delle suddette valutazioni, nell'ipotesi in cui si dovesse creare un foro (una lesione, uno strappo, ecc.) nello strato impermeabile in HDPE, la quantità d'acqua che filtrerebbe negli strati sottostanti, ostacolata dall'azione del geocomposito bentonitico, con spessore e conducibilità idraulica tale da essere in tutto equivalente allo strato da 0,50 m di argilla con conducibilità prevista dalla norma, risulterebbe comunque inferiore alla quantità d'acqua che filtrerebbe attraverso lo strato di argilla dello spessore pari a 0,50 m.
I geocompositi bentonitici previsti per l'impermeabilizzazione della copertura finale nelle parti in pendenza, sono costituiti da bentonite sodica granulare preidratata racchiusa tra due geotessili in polipropilene. Il processo di intelaiatura meccanica dei due geotessili impedisce i movimenti laterali della bentonite in essi contenuta (che è a tutti gli effetti confinata all'interno dei teli) e conferisce al geocomposito bentonitico elevata stabilità anche su scarpate a media inclinazione, come quelle che caratterizzano la discarica di Is Candiazzus. In base all'impiego previsto ed alle esigenze di progetto è stato possibile individuare la tipologia dei geotessili di confinamento più adatta (geotessili di diversa grammatura e resistenza), e determinare la quantità di bentonite in essi contenuta per assicurare il raggiungimento del valore di permeabilità richiesto dalla normativa, ottenendo una funzionalità pari o maggiore dello strato minerale di argilla compattata a fronte di una evidente semplicità di posa e di approvvigionamento del materiale necessario in cantiere.
Per quanto sopra esposto, in considerazione delle esigue possibilità che si verifichino lesioni diffuse sul telo HDPE (sul quale peraltro è semplice intervenire a ricostituirne la continuità) comunque contenute dall'azione del geocomposito bentonitico, a fronte della infiltrazione lenta ma costante sullo strato di argilla, si ritiene che si possa affermare l'equivalenza prestazionale delle due soluzioni impermeabilizzanti se non la maggiore efficienza della soluzione alternativa prevista nel presente progetto (HDPE + bentonitico).

In linea con il D.Lgs 121/2020 che prevede, per gli strati minerali compattati, si possano adottare particolari soluzioni progettuali con spessori inferiori, tali da garantire una prestazione equivalente o migliorativa in termini di tempo di attraversamento della barriera, si esegue la *Verifica del tempo di attraversamento* di un geocomposito bentonitico di spessore pari a 5 mm e conducibilità idraulica di 4x10-11 m/s e di uno strato di argilla di 0,50 m.
Di seguito sono riportate le tabelle con il calcolo relativo al tempo di attraversamento, utilizzando la formula:

t=s/k (**s**= spessore in m e **k**= conducibilità idraulica in m/s)

Tempo di attraversamento dello strato di argilla

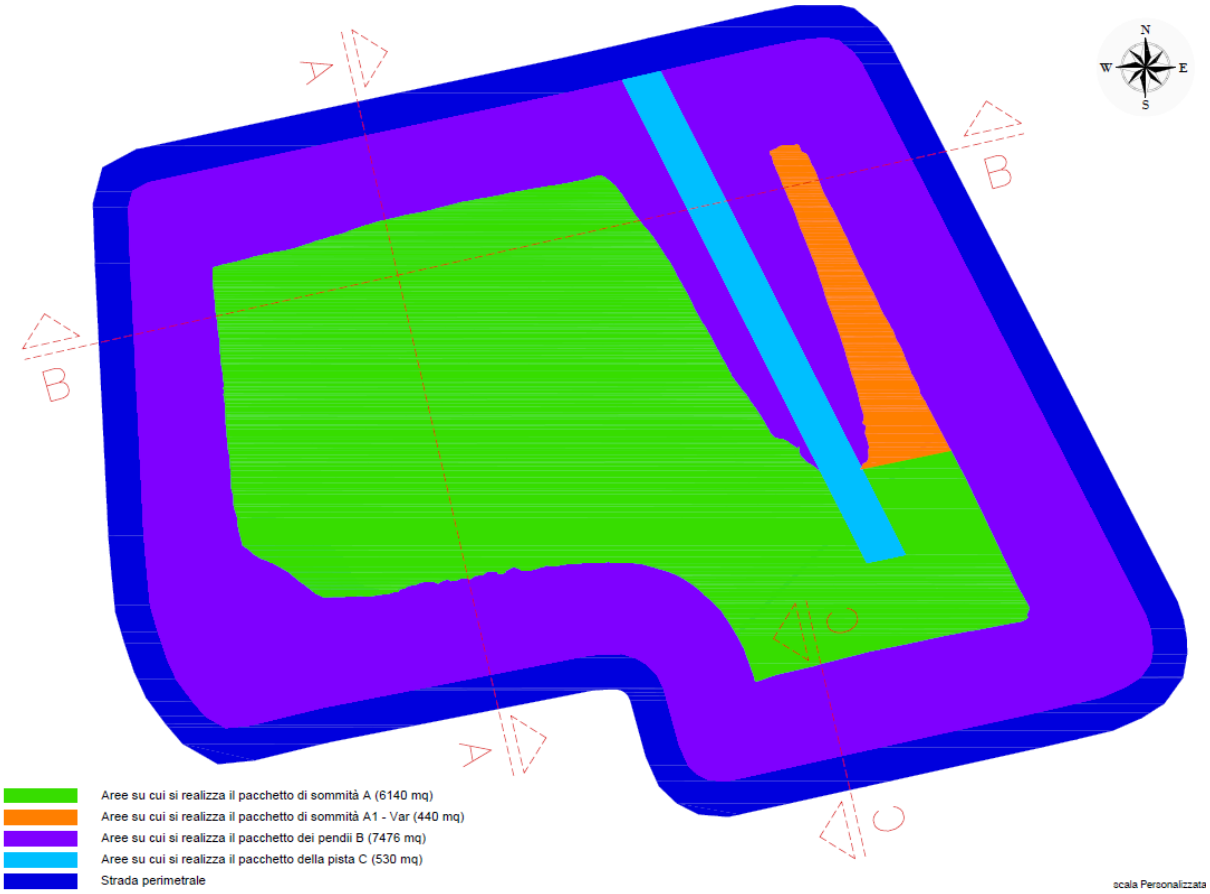
Permeabilità dello strato di argilla k (m/s)	1,00E-08
Spessore dello strato di argilla (m)	0,5
Tempo di attraversamento (anni)	**1,59**

Tempo di attraversamento del geocomposito bentonitico (GCB)

Conducibilità idraulica del GCB k (m/s)	4,00E-011
Spessore dello strato del GCB (m)	0,005
Tempo di attraversamento (anni)	**3,96**

In sintesi i materiali geosintetici previsti in progetto in alternativa a quelli naturali, garantiscono l'equivalenza prestazionale (pari o superiore) rispetto alle prestazioni attese dai materiali naturali previsti dal Decreto Legislativo 121/2020.
Nello specifico, con riferimento al geocomposito drenante previsto al di sotto del terreno vegetale si evidenzia come debba essere in grado di garantire la massima funzionalità con riferimento alla problematica che caratterizza tale elemento e di seguito descritta unitamente alle prestazioni richieste.
L'acqua meteorica d'infiltrazione, scorrendo sullo strato impermeabilizzante (nel presente progetto quindi sulla membrana HDPE e sul geocomposito bentonitico scelti per "sigillare" la discarica), riduce significativamente il coefficiente d'attrito all'interfaccia terreno-membrana, provocando delle sottopressioni che, se non opportunamente rimosse, potrebbero fare scivolare lungo il sistema di copertura il terreno vegetale superficiale previsto per l'integrazione ambientale della discarica mediante il suo inerbimento.
I geocompositi drenanti, correttamente installati sopra gli strati impermeabili, sono stati pertanto scelti in modo tale da garantire lo smaltimento del quantitativo d'acqua piovana che si può infiltrare attraverso il terreno di coltura. L'acqua meteorica d'infiltrazione, se non correttamente drenata, scorrendo attraverso il terreno di copertura, si accumula sullo strato impermeabile generando dannose sottopressioni e l'eccessivo battente idraulico, causato da un drenaggio inadeguato, può provocare cedimenti della copertura (più o meno estesi e rilevanti) con le inevitabili conseguenze negative sulla funzionalità dell'intero pacchetto di copertura finale realizzato.
I geocompositi drenanti, e le georeti a cui possono essere associati, garantiscono un'alta capacità drenante nel lungo periodo e la conseguente funzionalità ed efficacia nel mantenere la stabilità dei pendii. I geocompositi drenanti previsti in progetto mantengono oltre il 90% dello spessore iniziale laddove siano sottoposti a carichi di compressione a lungo termine, con il vantaggio di mantenere aperti i canali della struttura drenante che consente il corretto deflusso delle acque meteoriche.

Nel caso specifico della discarica di Is Candiazzus, l'impiego dei geosintetici rappresenta l'unica soluzione percorribile per ottenere il raggiungimento degli obiettivi previsti dalla normativa, e per riuscire a realizzare nel minore tempo possibile una copertura definitiva che impedisca l'infiltrazione delle acque meteoriche all'interno del corpo discarica riducendo notevolmente la formazione dei percolati e tutti i fenomeni di instabilità ad essi associati.
In particolare l'inclinazione della copertura finale della discarica supera il valore limite oltre il quale non è più assicurata la stabilità complessiva della stratigrafia prevista dalla normativa, e pertanto risulta necessario il ricorso ad una stratigrafia basata sull'impiego dei geosintetici.
Per ciascuna delle tre suddette zone omogenee sono stati individuati i pacchetti attraverso cui realizzare la copertura finale della discarica. In sintesi, sin dalla redazione del precedente Progetto Preliminare, è stata individuata una unica soluzione per la parte sommitale e per le parti inclinate. La soluzione progettuale, coerente con le prescrizioni normative, consente la immediata riduzione della formazione di percolato e renderà la copertura finale totalmente rispettosa delle disposizioni del D.Lgs. 121/2020, con prestazioni anche superiori alle stratigrafie previste dallo stesso Decreto.
Per quanto sopra si procede pertanto nel seguito ad illustrare le stratigrafie della copertura previste, distinte per le diverse superfici omogenee presenti nella discarica, che consistono nel piano sommitale, nei pendii e nella viabilità che consente l'accesso al piano sommitale.
Preliminarmente alla realizzazione della vera e propria copertura finale della discarica, è necessario realizzare uno strato di regolarizzazione a spessore variabile; tale strato ha la finalità di permettere la corretta posa in opera degli strati sovrastanti, eliminando o minimizzando le eventuali irregolarità e discontinuità delle superfici che, generalmente, si formano in fase di abbancamento dei rifiuti, o in seguito agli assestamenti cui sono soggette le masse dei rifiuti (per effetto della degradazione della frazione organica degli stessi).
La conformazione della parte sommitale prevede due falde con pendenza minima del 5% e un colmo centrale per una quota finita del colmo pari a + 283.50 m s.l.m.m. una volta realizzato il primo strato del pacchetto di capping in progetto, che raggiungerà quota 286,00 m.s.l.m.m. a copertura finale completata con la realizzazione del secondo strato del pacchetto di capping.
Per meglio comprendere le previsioni progettuali, si riporta di seguito una rappresentazione grafica illustrante le stratigrafie applicate per le diverse zone omogenee oggetto di intervento.



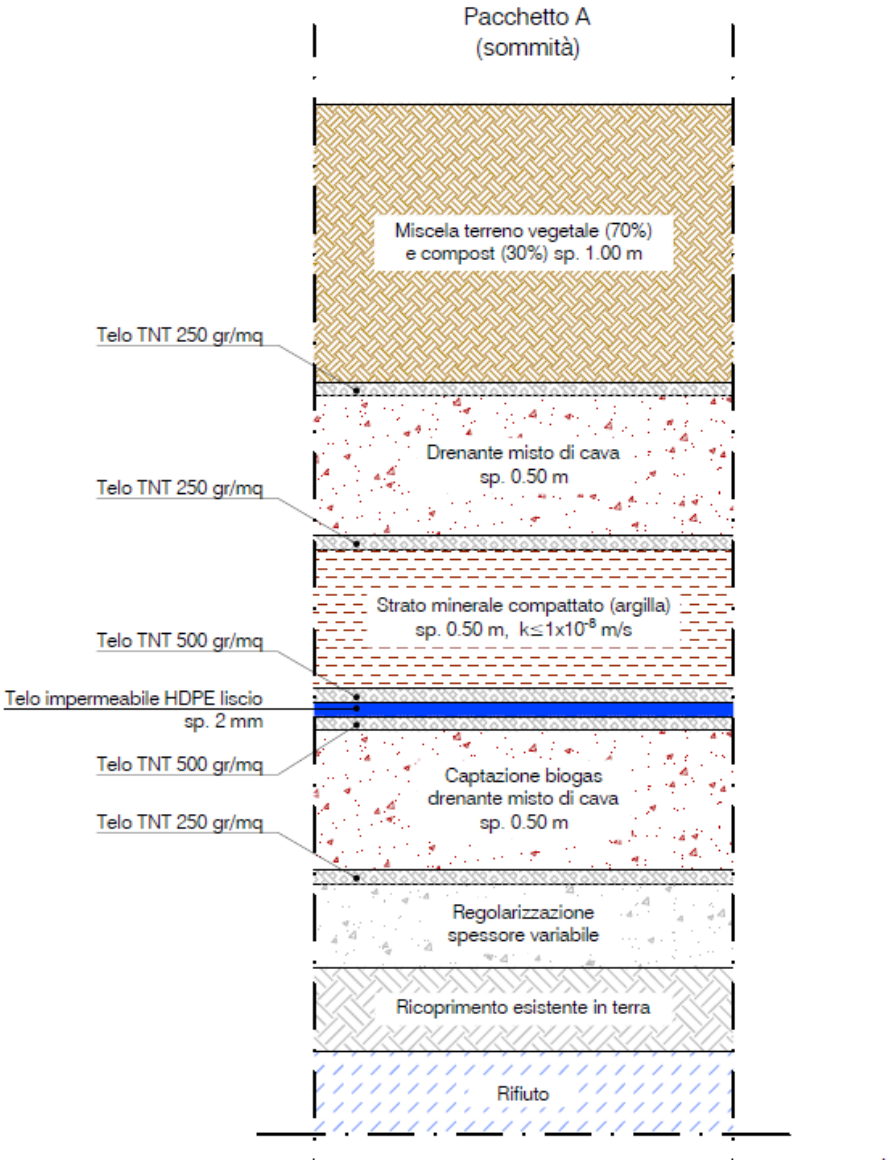
Aree omogenee pacchetti capping

Esaminando la planimetria delle zone omogenee distinte in funzione delle diverse stratigrafie del capping previsto, si evince una zona relativa al piano sommitale (in verde per la superficie di 6140 mq) denominata nel presente progetto come pacchetto Tipo A, un'altra zona sempre sul piano sommitale in cui si rende necessario adottare una diversa stratigrafia della copertura finale in quanto ricompresa tra la pista di accesso al piano sommitale e il pendio adiacente avente una distanza media tra i due pendii che la delimitano di soli 6 metri (in arancio con superficie di 440 mq) denominata di seguito come pacchetto Tipo A1 – var, i pendii perimetrali e che contornano la pista di accesso al piano sommitale (in viola con superficie di 7476 mq) denominata nel seguito come pacchetto Tipo B, e l'ultima zona omogenea che attiene alla pista di accesso (in celeste con superficie di 530 mq) denominata come pacchetto Tipo C.

3.1.1 PIANO SOMMITALE – PACCHETTO TIPO A

Data la configurazione e le contenute pendenze (limitate al 5% necessarie al deflusso ed alla corretta gestione delle acque superficiali) non si riscontrano, in tale parte della discarica, eventuali problematiche di stabilità dei pendii e delle coperture, pertanto si è optato per una stratigrafia quasi analoga a quella indicata dal citato Decreto, che prevede, dal basso verso l'alto, l'impiego di uno strato di drenaggio in materiale granulare naturale per la captazione del biogas dello spessore maggiore o uguale a 50 cm, dell'argilla (per uno spessore di 50 cm con conducibilità idraulica pari o maggiore di 10^{-8} m/s) per l'impermeabilizzazione, dello strato drenante naturale dello spessore di 50 cm per il drenaggio delle acque meteoriche e dello strato di copertura dello spessore di 1 metro

composto da una miscela di terra vegetale in percentuale del 70 % e di compost per il restante 30%.
In tale zona tuttavia, essendo la finalità del presente progetto quella di limitare il prima possibile l'infiltrazione delle acque meteoriche riducendo la formazione di percolato all'interno del corpo discarica, si prevede di adottare una stratigrafia che, nel suo complesso, migliora l'efficienza del pacchetto finito.
In sintesi, inizialmente si prevede di regolarizzare le superfici di posa formando le pendenze del 5 % idonee a gestire al meglio le acque superficiali, per poi procedere con la posa di uno strato drenante in misto naturale dello spessore di 50 cm utile alla captazione del biogas, dei tubi drenanti per convogliare il biogas raccolto, e posare in sommità la geomembrana impermeabilizzante in HDPE del tipo liscio su entrambe le facce e spessore di 2 mm.
In ossequio a quanto previsto dal D.Lgs. 121/2020, lo strato drenante deve essere protetto da intasamento, così come la geomembrana in HDPE prevista al di sopra dello strato di drenaggio del biogas, deve essere protetta dal punzonamento statico che il materiale granulare potrebbe esercitare sulla stessa, pertanto il presente progetto prevede di interporre un geotessile non tessuto tra lo strato di regolarizzazione e il drenaggio del biogas, da 250 g/m^2, e un altro geotessile non tessuto tra lo strato di drenaggio del biogas e la geomembrana in HDPE, di migliori caratteristiche prestazionali (500 g/m^2) in quanto deve assolvere anche alla funzione di contenere il punzonamento statico della geomembrana.
Come previsto dal D.Lgs. 121/2020, tutti gli strati sono protetti da intasamento e dal danneggiamento causato dagli agenti atmosferici e, nel caso della geomembrana in HDPE, dal punzonamento statico, mediante la posa di un geotessile di idonee caratteristiche tecniche interposto tra i diversi strati con lo stesso principio sopra esposto, come di seguito rappresentato nella seguente immagine illustrativa della stratigrafia del pacchetto Tipo A:



Stratigrafia del pacchetto Tipo A

3.1.2 PIANO SOMMITALE – PACCHETTO TIPO A1 – VAR

Come sopra anticipato, anche questa superficie omogenea appartiene al piano sommitale e, in quanto tale, ha un andamento sostanzialmente pianeggiante senza alcun problema di stabilità. Tuttavia la geometria di tale area, che consiste in una lunga fascia con larghezza media di circa 6 metri, impone la scelta di una stratigrafia differente da quella del piano sommitale, scelta dettata esclusivamente da esigenze costruttive che consistono nel dover prevedere una trincea di ammorsamento dei geocompositi che dovranno essere posati nei due pendii adiacenti tra i quali detta fascia è racchiusa.

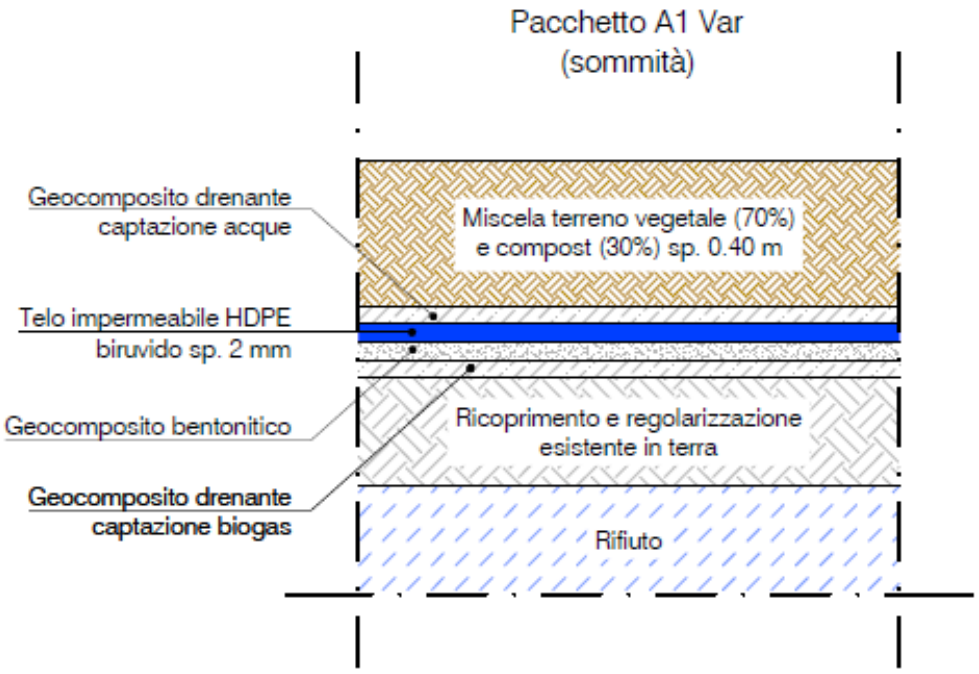
Per dare pertanto la necessaria continuità ai teli geocompositi da posare al margine di tale parte del piano sommitale, si è scelto di mantenere praticamente la stessa stratigrafia dei pendii ad eccezione della geogriglia grimpante di rinforzo che non ha alcuna funzione in assenza di pendenza e che pertanto non viene prevista.

In sintesi la ristretta larghezza della fascia, l'esigenza di attribuire comunque le pendenze dei piani per la corretta gestione delle acque meteoriche, e la difficoltà di realizzare su una fascia così stretta i tre strati di materiale naturale (strato granulare drenante per il biogas da

0.5 m, strato minerale in argilla da 0.5 m, strato granulare drenante per le acque meteoriche da 0.5 m e lo strato superficiale di terreno vegetale e compost da 1 m, per complessivi 2.5 metri di spessore), hanno portato a scegliere la seguente stratigrafia, con caratteristiche prestazionali equivalenti a quanto prescritto dal D.Lgs. 121/2020, descritta dal basso verso l'alto:

- Geocomposito drenante per la captazione del biogas (composto da geogriglia drenante accoppiata a due geotessili su entrambe le facce).
- Geocomposito bentonitico.
- Geomembrana in HDPE biruvida dello spessore di 2 mm.
- Geocomposito drenante per le acque meteoriche (composto da geogriglia accoppiata ad un geotessile posto sulla faccia superiore).
- Strato superficiale composto dalla miscela di terreno vegetale al 70% e compost al 30% per lo spessore complessivo di 0.40 m.

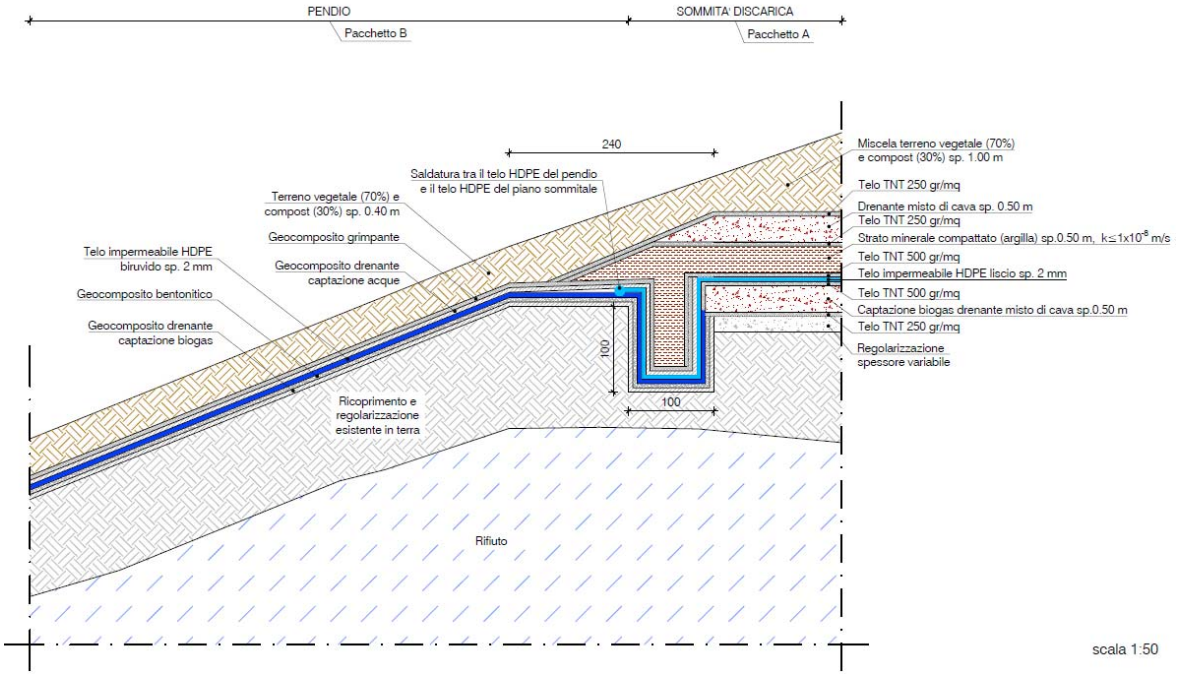
La prima fase prevede di realizzare la stratigrafia sopra descritta sino alla geomembrana impermeabilizzante in HDPE dello spessore di 2 mm, come meglio illustrato nella seguente immagine:
Il pacchetto di copertura previsto per tale area è rappresentato nella seguente immagine tipologica:



Stratigrafia del pacchetto Tipo A1 Var

Grazie alla scelta della stratigrafia sopra descritta sarà possibile procedere in maniera continua alla posa dei diversi materiali geocompositi, stendendo i diversi teli a partire dalla trincea di ancoraggio da realizzare sul piano sommitale a monte della pista di accesso allo stesso, per ricoprire poi la pista e le sue scarpate risalendo in sommità sulla fascia in oggetto, ancorando nuovamente il telo sulla trincea di ammorsamento da predisporre al centro della fascia da 6 metri, e completare la stesa dei teli sul pendio perimetrale adiacente, il tutto utilizzando un unico telo senza alcuna discontinuità a vantaggio della stabilità della stratigrafia e, elemento ancora più rilevante, a garanzia della migliore efficienza prestazionale dei diversi geocompositi, siano essi destinati alla captazione del

biogas, alla impermeabilizzazione (geocomposito bentonitico e HDPE), o al drenaggio delle acque meteoriche.
La trincea di ancoraggio dei teli dei diversi materiali geocompositi, risultata dal calcolo di dimensioni pari a 0,60x0,60 metri, sarà sovradimensionata con una sezione pari a 1,00x1,00 metri per compensare il minore peso specifico del misto granulare rispetto al calcestruzzo.
Per ulteriori dettagli sul dimensionamento degli ancoraggi si rimanda alla "relazione geotecnica-verifica della stabilità dei pendii" facente parte integrante del presente progetto definitivo
Di seguito si riportano i particolari del risvolto di ancoraggio dei teli:



Particolare risvolto di ancoraggio teli

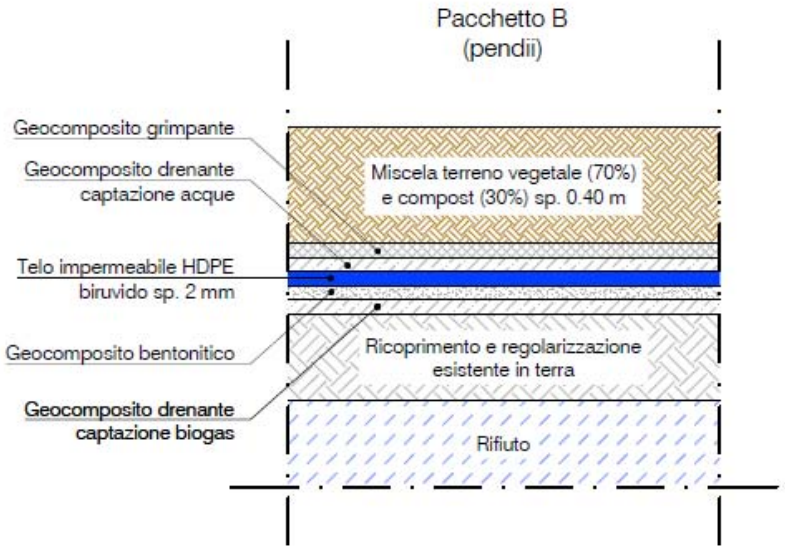
3.1.3 PENDII – PACCHETTO TIPO B

Le superfici omogenee in cui si prevede di realizzare il pacchetto Tipo B consistono nella totalità dei pendii perimetrali del corpo discarica a cui si aggiungono le scarpate presenti ai margini della viabilità di accesso al piano sommitale.
Tali scarpate hanno una pendenza media prossima al 45%, pari ad un angolo di circa 24-25°, e risultano pertanto di poco inferiori alla pendenza limite di 30° per la quale il Decreto prevede siano adottate differenti stratigrafie del pacchetto di copertura finale della discarica.
Tuttavia le pregresse esperienze maturate nell'ambito della progettazione ed esecuzione di opere di capping analoghe a quella in oggetto, portano ad affermare che la realizzazione di un capping composto da materiali naturali, pertanto con uno spessore complessivo di 2,5 metri, non fornisce per le pendenze riscontrate nel secondo modulo di Is Candiazzus sufficienti garanzie di stabilità, specie in considerazione di eventuali ulteriori assestamenti della discarica o in occasione di eventi meteorici eccezionali, eventi negli ultimi periodi tutt'altro che rari.
Sulla base di tali premesse, sempre in ossequio del principio di equivalenza delle prestazioni tecniche dei diversi strati del capping, si è scelto di adottare un pacchetto di

copertura che prevede, ad eccezione dello strato superficiale, l'adozione di materiali geocompositi, secondo gli esempi già ampiamente collaudati in analoghe opere di capping eseguite in Sardegna e in Italia in genere.
Tutte le suddette argomentazioni hanno portato a scegliere per tutti i pendii la seguente stratigrafia descritta dal basso verso l'alto:

- Geocomposito drenante per la captazione del biogas (composto da geogriglia drenante accoppiata a due geotessili su entrambe le facce).
- Geocomposito bentonitico.
- Geomembrana in HDPE biruvida dello spessore di 2 mm.
- Geocomposito drenante per le acque meteoriche (composto da geogriglia accoppiata ad un geotessile posto sulla faccia superiore).
- Geocomposito grimpante.
- Strato superficiale composto dalla miscela di terreno vegetale al 70% e compost al 30% per lo spessore complessivo di 0.40 m.

Il pacchetto di copertura previsto per i pendii è rappresentato nella seguente immagine:

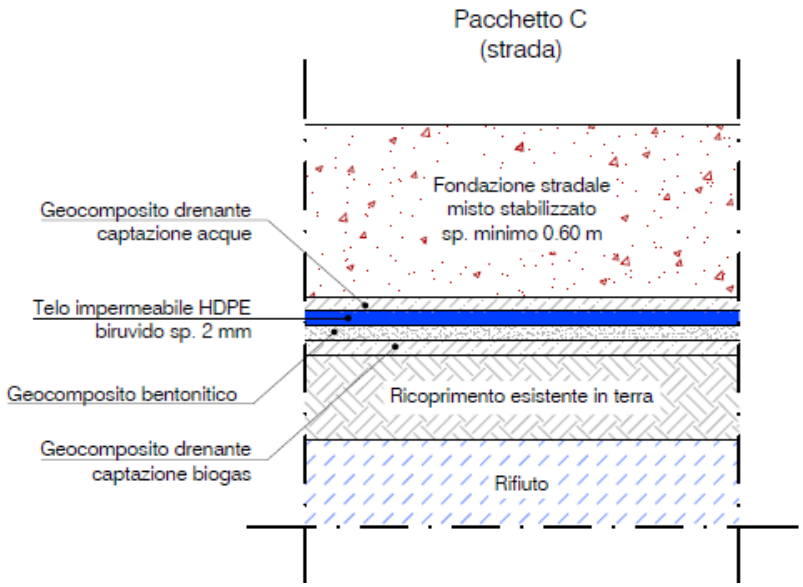


Stratigrafia del pacchetto Tipo B

3.1.4 VIABILITÀ INTERNA – PACCHETTO TIPO C

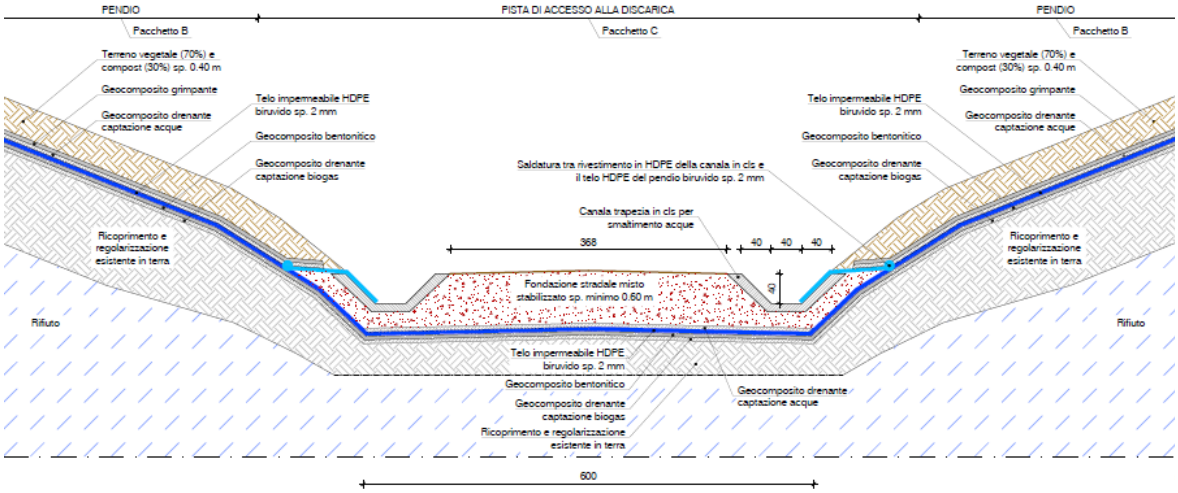
La zona omogenea rappresentata dalla sede stradale della pista di accesso al piano sommitale, viabilità esistente che costituisce l'unico accesso alla sommità e che deve pertanto restare sempre in esercizio, durante e dopo la realizzazione del capping, per garantire la corretta gestione della discarica.
La pista di accesso esistente è stata utilizzata nel tempo durante la coltivazione della discarica ed in ultimo nel corso delle opere di copertura provvisoria e di regolarizzazione delle superfici, quindi è ragionevole affermare che la stessa sia sin d'ora abbastanza stabile e pertanto poco soggetta ai fenomeni di assestamento, come del resto si è fondatamente sostenuto per l'intera discarica.
In considerazione delle predette esigenze funzionali della pista, si rende necessario adottare una stratigrafia di capping che sia rapida da realizzare ed immediatamente funzionale all'uso cui è deputata la strada, pertanto su tale superficie si prevede l'impiego di materiali geocompositi in continuità con la stratigrafia dei pendii che la delimitano, e la finitura superficiale della strada mediante la realizzazione di una fondazione stradale in misto

granulometrico stabilizzato dello spessore minimo di 60 cm, spessore che sarà eventualmente adattato per raccordare la strada con i maggiori ingombri determinati dagli spessori della stratigrafia finale dei pendii.
La strada sarà riprofilata con pendenze trasversali su due falde verso i margini della strada, dove saranno realizzate le cunette trapezie in terra destinate ad accogliere le acque che scorrono sulle scarpate, che saranno rivestite ed impermeabilizzate con la geomembrana in HDPE opportunamente saldata alla geomembrana posata sui pendii, come sopra descritto al paragrafo 3.1.3.
Si riporta di seguito la stratigrafia sopra descritta per il pacchetto tipo C della viabilità:



Stratigrafia del pacchetto Tipo C

Una volta completato il pacchetto dei pendii adiacenti alla pista, si provvederà a riprofilare le cunette trapezie ai lati della strada al piede scarpa dei pendii adiacenti, ed a rivestirle con elementi in c.a. prefabbricati trapezoidali secondo le stesse modalità precedentemente descritte per le cunette al margine della strada perimetrale al paragrafo 3.1.3, e come meglio descritto nell'immagine successiva relativa alla sezione stradale:



Particolare sezione pista di accesso – Post operam

3.1.5 SISTEMA DI RACCOLTA DELLE ACQUE METEORICHE

Con riferimento alla gestione delle acque meteoriche, per la definizione degli aspetti progettuali relativi alla copertura definitiva del modulo 2, occorre valutare in prima analisi lo stato di fatto.

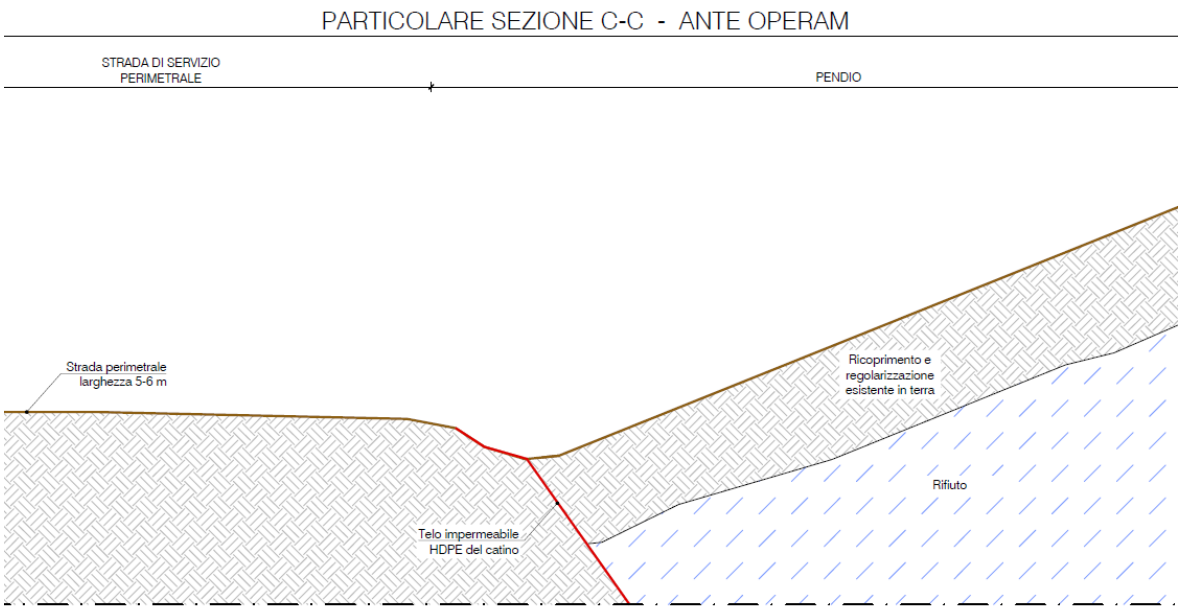
Allo stato attuale le acque meteoriche che afferiscono il modulo in esame e che potenzialmente possono venire a contatto con il corpo dei rifiuti vengono gestite come percolato, captate dalla rete di drenaggio presente nell'invaso ed avviate a smaltimento; per quanto riguarda invece le acque meteoriche i cui percorsi di corrivazione permettono di escludere qualsiasi contatto con i rifiuti, queste vengono invece scaricate sul corpo ricettore, previo trattamento in impianto di prima pioggia ubicato in prossimità dell'ingresso del sito.

Per ciò che attende le previsioni di progetto, completata la stratigrafia prevista per il capping definitivo, nell'ottica di ottimizzare gli interventi di manutenzione riferiti agli obbiettivi della presente, si è previsto di impermeabilizzare con un rivestimento in HDPE gli spazi di coltivazione non sfruttati tra la strada perimetrale e le scarpate dei volumi fuori terra del corpo dei rifiuti. Le stesse cunette, impermeabilizzate, verranno attrezzate con elementi prefabbricati in cemento armato, ancorando alla base i geocompositi dei pendii e collegando la geomembrana del pendio con una bandella, sempre in HDPE, saldata alla geomembrana e portata all'interno della canala in c.a.; in questo modo si potrà evitare che parte delle acque raccolte dal geocomposito drenante possa infiltrarsi al di sotto della strada perimetrale o all'interno del bacino della discarica stessa.

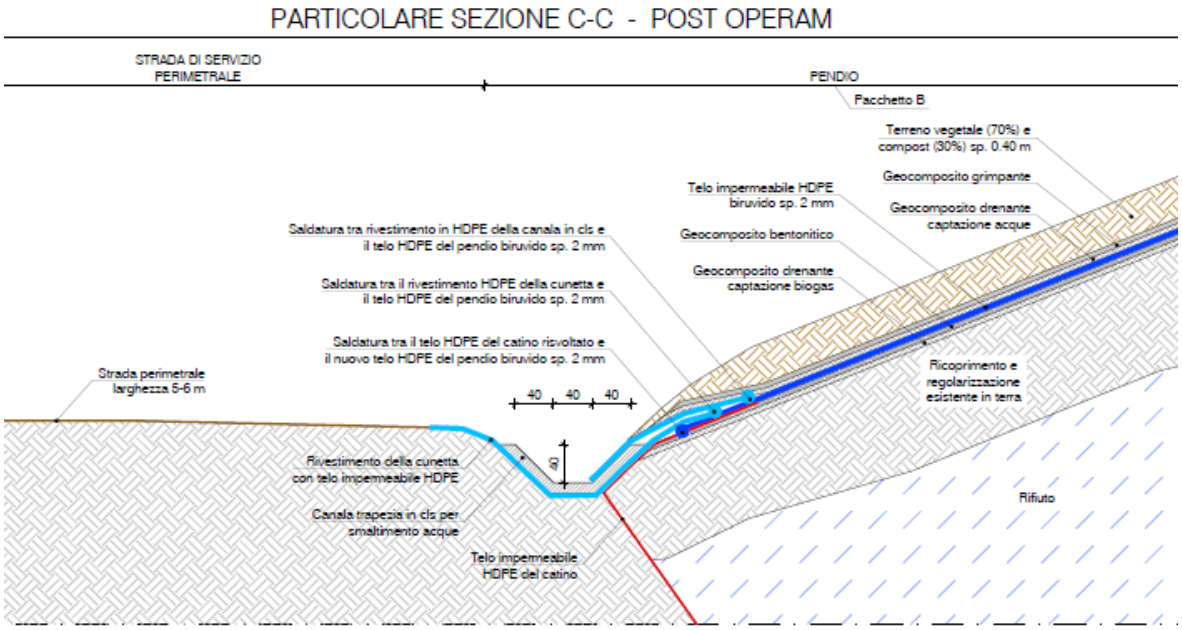
Le nuove cunette per la raccolta delle acque meteoriche da realizzare ai lati della pista di accesso al piano sommitale del modulo 2, ed il cavalcafosso da posizionare alla base della stessa pista, completano le opere di raccolta delle acque meteoriche previste nel presente progetto esecutivo.

Tutte le acque raccolte dal sistema di drenaggio sopra descritto saranno poi trasferite alla vasca di raccolta delle acque meteoriche presente al margine del secondo modulo, e da qui rilanciate presso lo scarico indicato negli elaborati di progetto, lungo la S.P. 84.

Per meglio comprendere quanto sopra descritto, si riportano di seguito i particolari costruttivi delle cunette di raccolta delle acque meteoriche alla base del rilevato della strada perimetrale, partendo dallo stato attuale per arrivare alla configurazione post operam ottenuta in seguito alla realizzazione dell'intera stratigrafia del capping in progetto:



Particolare cunetta – Stato attuale

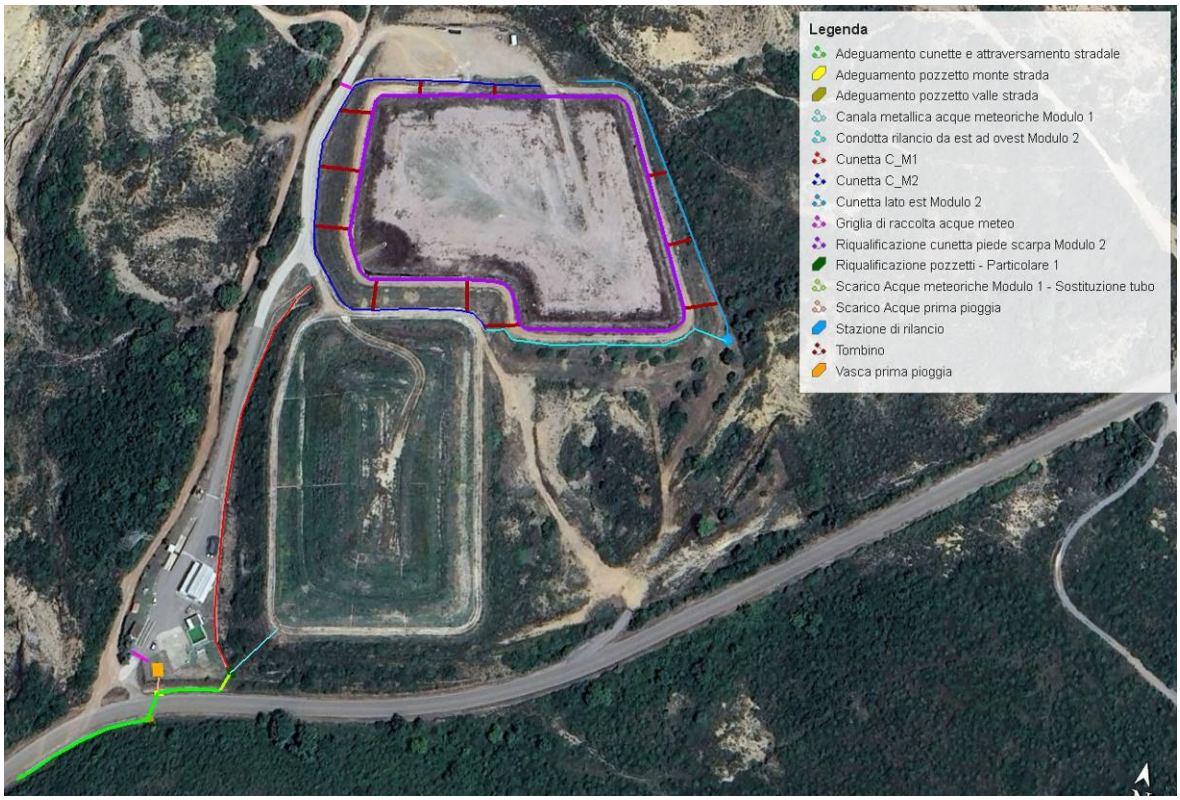


Particolare cunetta – Post operam

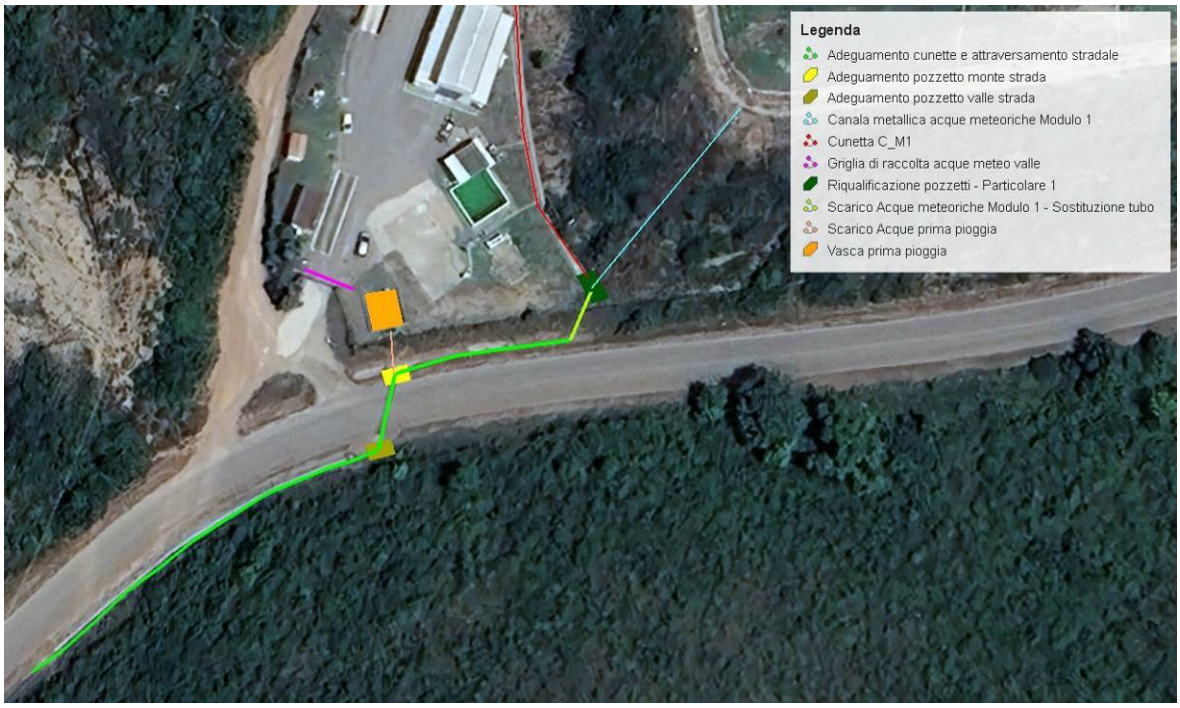
Per meglio comprendere quale sia il sistema di raccolta e gestione delle acque meteoriche allo stato attuale, e quale invece sia la previsione progettuale, si riportano di seguito due immagini aerofotogrammetriche di sintesi delle due configurazioni (attuale e di progetto):



Schema raccolta e gestione delle acque meteoriche – Stato attuale



Schema raccolta e gestione delle acque meteoriche – Progetto



Schema raccolta e gestione delle acque meteoriche – Progetto dettaglio scarico

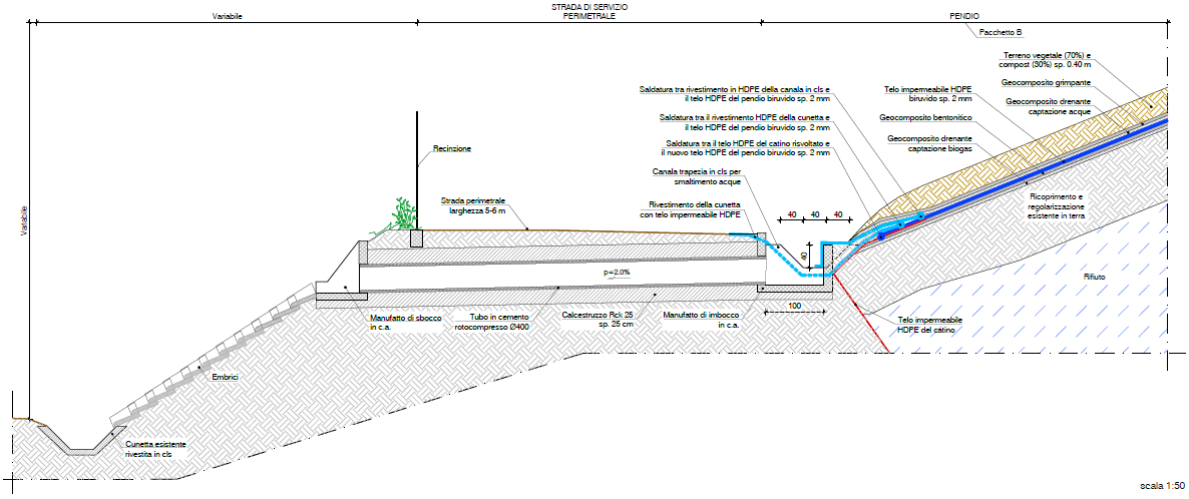


Allo stato attuale, in riferimento all'intero sito di Is Candiazzus, le acque meteoriche raccolte nelle aree esterne agli invasi, pavimentate e non convergono verso le cunette presenti al margine della viabilità interna, cosi come evidenziato nell'immagini di fianco con le due polilinee blu e rossa, e da qui avviate al trattamento di prima pioggia prima di essere poi inviata allo scarico finale lungo la S.P. 84.

La nuova configurazione di progetto per ciò che attende la gestione delle acque meteoriche, prevederà inoltre di stralciare dagli apporti meteorici destinati al trattamento in impianto di prima pioggia, tutti i deflussi derivanti dalle superfici non pavimentate, separando le due portate; a tal proposito nell'ambito delle operatività previste dalla presente si completerà la predisposizione di un cordolo stradale, che impedirà l'accesso delle acque di dilavamento della sede stradale (pavimentata) all'interno delle cunette trapezie in cls armato esistenti al margine della viabilità della discarica. In tale modo, verranno convogliate alla vasca di trattamento di prima pioggia solo le acque meteoriche drenanti le superfici pavimentate; a protezione del segmento di viabilità in transizione tra le aree pavimentate e sterrate sarà posizionata una canala grigliata continua e ortogonale alla carreggiata stradale, per poter, al fine di evitare che la commistione tra le due diverse acque.

Tale intervento permetterà inoltre di rendere disponibili le cunette trapezoidali in cls esistenti, affinché le stesse possano essere riqualificate e rese idonee a garantire il deflusso

delle acque meteoriche raccolte in corrispondenza del secondo modulo al completamento delle opere di copertura finale previste nell'ambito del presente Progetto.
Durante le attività di posa della stratigrafia prevista per la copertura definitiva del modulo oggetto della presente, dopo la posa della geomembrana in HDPE e sino al completamento degli strati più superficiali del capping, si evidenzia una sottofase di intervento ad elevata criticità idraulica, caratterizzata da un importante incremento delle portate, con ridotti tempi di deflusso meteorico,; a tal proposito, per quanto sopra descritto, si è reso necessario procedere alla verifica idraulica delle canalizzazioni, per valutarne l'idoneità a smaltire le maggiori portate affluenti nel breve periodo transitorio identificato come maggiormente critico.
Di seguito si riporta la sezione su un tombino di attraversamento della strada con i relativi manufatti di imbocco e di sbocco ed embrici sulle scarpate che separano la strada perimetrale dal sistema di raccolta delle acque. Presumibilmente il tombino non presenterà interferenza con la rete esistente delle spingarde lungo il perimetro della recinzione; sarà comunque onere e cura dell'impresa deviare la tubazione qualora si presentasse la necessità durante la posa del tombino.



Sezione sul tombino – Post operam

Per maggiore dettaglio in ordine al sistema di raccolta e deflusso delle acque meteoriche si rimanda alla Planimetria schema di raccolta acque meteoriche – EG04.

3.1.6 ADEGUAMENTO DELLO SCARICO FINALE DELLE ACQUE METEORICHE

Nell'ambito della presente progettazione è stato studiato nel dettaglio l'attuale sistema di raccolta, gestione e smaltimento delle acque meteoriche, per il quale si rende necessario valutare se tale sistema sia o meno idoneo a consentire il regolare scarico finale delle acque meteoriche le cui portate saranno incrementate in maniera rilevante in seguito alle opere di copertura finale del secondo modulo, oggetto del presente progetto definitivo.
In particolare, si deve valutare la capacità di deflusso dell'attuale scarico finale nella configurazione più svantaggiosa, a maggiore criticità idraulica, che corrisponde al periodo che intercorre tra la posa della geomembrana impermeabilizzante in HDPE, ed il completamento del capping sino allo strato superficiale di terreno vegetale.
Per quanto sopra si è proceduto a stimare le nuove portate in ingresso allo scarico finale, per poi verificare se le opere di recapito finale esistenti fossero o meno in grado di garantire il corretto deflusso delle stesse portate. Le stesse verifiche idrauliche sono state effettuate per dimostrare l'adeguatezza delle cunette a garantire il corretto deflusso delle nuove portate, sensibilmente maggiori rispetto alla situazione attuale.

Le verifiche condotte sull'attuale sistema di scarico finale, per le quali si rimanda alla Relazione idrologica ed idraulica (RE02) del presente progetto definitivo, hanno fornito risultati negativi rendendo pertanto necessario prevederne l'adeguamento; tali opere, da eseguirsi tra le prime fasi di lavorazione previste nell'ambito del progetto di capping, prevederanno oltreché una razionalizzazione e separazione delle portate associate alle diverse superfici dei bacini idrografici tributari, un incremento delle dimensioni delle cunette lungo la S.P. 84, l'aumento del diametro dei collettori esistenti o, come nel caso del tombino che attraversa la S.P. 84, prevedendone il raddoppio in affiancamento al tombino attuale.
Per maggiore dettaglio si rimanda alla tavola grafica EG06 – Planimetria scarico finale e particolari costruttivi nella quale sono indicate tutte le opere di adeguamento previste nel presente progetto, riportando per maggiore chiarezza i particolari dello stato attuale da confrontare con i particolari di progetto; nella suddetta Relazione idrologica ed idraulica (RE02), sono riportate tutte le verifiche idrauliche delle diverse tratte in cui si articola lo scarico finale riferite sia allo stato attuale che alle opere di adeguamento previste nel presente progetto definitivo.

3.1.7 SISTEMA DI CAPTAZIONE DEL BIOGAS

Completa infine l'intervento di copertura definitiva della discarica, la sistemazione dei manufatti di raccordo in testa ai 14 pozzi esistenti di captazione del biogas, da realizzare in concomitanza alla posa del telo impermeabile HDPE del capping, al quale il manufatto finale del pozzo sarà saldato.
Allo stato attuale i pozzi di captazione del biogas, equamente distribuiti sulla superficie del bacino, non sono ancora approntati con dotazioni di raccordo finale alla copertura della discarica. È stato dato incarico alla società EMENDO S.r.l. di effettuare una verifica del sistema di trattamento del biogas più idoneo per le caratteristiche del secondo modulo, finalizzato anche a verificare l'applicazione dei più recenti sistemi ad ossidazione biologica; a tal proposito, la società incaricata, propone una prima fase di indagine e studio della specificità delle emissioni, per la quale si prevede l'installazione di allestimenti utili alle attività monitoraggio del biogas (manufatti in HDPE fissati in testa ai pozzi), cui dovrà seguire una seconda fase, finalizzata alla valutazione del fenomeno produttivo del biogas, la cui definizione delle caratteristiche quali - quantitative per ogni singolo pozzo, permetterà di definire di concerto con gli enti preposti, la soluzione maggiormente adatta al contesto descritto.
In sintesi, lo studio fornirà una valutazione finale su quale sia la produzione di biogas residuo dei 14 pozzi del bacino 2, al fine di confermare l'applicabilità della tecnica di trattamento mediante bio-ossidazione in-situ (BOIS), come sviluppato da un progetto del 2021 per i 12 pozzi del bacino 1 adiacente, oppure portando il biogas di tutti i pozzi in un impianto centralizzato di bio-ossidazione nel piazzale attiguo.
Per maggiori approfondimenti, dettagli e schemi grafici si rimanda allo studio dell'impianto di trattamento biogas R-23357-01, D-23357-01,02,03,04 effettuato dalla società EMENDO S.r.l., facente parte integrante del presente progetto definitivo.
Per tale lavorazione è stato stimato un prezzo a corpo sulla base dell'offerta formulata da azienda specializzata per la dotazione del sistema nel secondo modulo della discarica di Is Candiazzus.

4. COSTO DELL'INTERVENTO

La stima del costo dell'intervento è stata effettuata sulla base delle voci di elenco prezzi desunte, laddove presenti, dal Prezzario Regionale della Regione Sardegna aggiornato lo scorso giugno 2022, ed utilizzando le analisi dei prezzi di opere analoghe a quella in oggetto, aggiornate sulla base delle offerte formulate da diversi produttori dei materiali geocompositi, di cui si prevede l'impiego tra le lavorazioni previste nel presente Progetto.
Inoltre, per la corretta impostazione dell'appalto e per consentire una agevole contabilizzazione in corso d'opera delle lavorazioni da realizzare secondo la corretta sequenza temporale, le opere sono state computate distinguendo in diversi corpi d'opera le opere relative alle diverse fasi di cantierizzazione, che in sintesi consistono in: quelle da eseguirsi preliminarmente al capping (regolarizzazione delle superfici e preparazione del piano di posa del capping); quelle successive con le quali il secondo modulo sarà interamente impermeabilizzato mediante la posa di un primo strato del pacchetto di capping previsto (pertanto sino alla posa delle geomembrana impermeabilizzante in HDPE); quelle finali relative alla posa del secondo strato del pacchetto previsto per la copertura finale della discarica. Tali corpi d'opera sono articolati secondo il quadro economico di seguito riportato.
All'importo stimato per le opere da eseguirsi nelle due fasi temporali ed ai costi della sicurezza non soggetti a ribasso, pari complessivamente ad € 2'160'000,00 debbono aggiungersi le somme a disposizione dell'Amministrazione pari ad € 210'000,00, per un costo complessivo del finanziamento necessario per realizzare la copertura definitiva del secondo bacino della discarica di Is Candiazzus pari ad € 2'370'000,00, come esposto nel quadro economico che segue:

COMUNE DI IGLESIAS
REALIZZAZIONE DELLA COPERTURA FINALE DEL SECONDO BACINO DELLA DISCARICA DI IS CANDIAZZUS

QUADRO ECONOMICO PROGETTO DEFINITIVO

n°	Descrizione	Importi	Incidenza %
A	PREPARAZIONE AREE, SCARICO FINALE E PRIMO STRATO CAPPING	995.992,21 €	46,75%
A.1	*PREPARAZIONE AREE*	€ 234.358,56	11,00%
A.1.1	*Pulizia e decespugliamento*	€ 11.385,36	0,53%
A.1.1.1	*Pulizia e decespugliamento*	€ 11.385,36	0,53%
A.1.2	*Regolarizzazione superficie*	€ 222.973,20	10,47%
A.1.2.1	*Movimenti terra*	€ 222.973,20	10,47%
A.2	*SCARICO FINALE*	€ 41.255,35	1,94%
A.2.1	*Scarico finale - Tratto 1*	€ 3.923,44	0,18%
A.2.2	*Scarico finale - Tratto 2*	€ 3.902,94	0,18%
A.2.3	*Scarico finale - Tratto 3*	€ 20.118,93	0,94%
A.2.4	*Scarico finale - Tratto 4*	€ 13.310,04	0,62%
A.3	*REALIZZAZIONE CAPPING - PRIMO STRATO*	€ 720.378,30	33,81%
A.3.1	*Impianto smaltimento acque meteoriche*	€ 19.593,73	0,92%
A.3.2	*Pacchetto A - Piano sommitale*	€ 332.546,80	15,61%
A.3.2.1	*Strato drenante captazione biogas*	€ 203.115,60	9,53%
A.3.2.2	*Impermeabilizzazione sintetica*	€ 129.431,20	6,08%
A.3.3	*Pacchetto A_var - Piano sommitale*	€ 16.046,80	0,75%
A.3.3.1	*Strato drenante captazione biogas*	€ 4.413,20	0,21%
A.3.3.2	*Geocomposito bentonitico*	€ 5.275,60	0,25%
A.3.3.3	*Impermeabilizzazione sintetica*	€ 6.358,00	0,30%
A.3.4	*Pacchetto B - Pendii*	€ 296.228,82	13,90%
A.3.4.1	*Strato drenante captazione biogas*	€ 84.550,18	3,97%
A.3.4.2	*Geocomposito bentonitico*	€ 95.991,94	4,51%
A.3.4.3	*Impermeabilizzazione sintetica*	€ 115.686,70	5,43%
A.3.5	*Pacchetto C - Viabilità interna*	€ 55.962,15	2,63%
A.3.5.1	*Movimenti terra*	€ 11.736,85	0,55%
A.3.5.2	*Strato drenante captazione acque*	€ 5.315,90	0,25%
A.3.5.3	*Smaltimento acque meteoriche*	€ 38.909,40	1,83%
B	SECONDO STRATO CAPPING E IMPIANTO SMALTIMENTO BIOGAS	1.134.384,92 €	53,25%
B.1	*REALIZZAZIONE CAPPING - SECONDO STRATO*	€ 1.034.384,92	48,55%
B.1.1	*Pacchetto A - Piano sommitale*	€ 683.148,68	32,07%
B.1.1.1	*Impermeabilizzazione naturale*	€ 188.897,10	8,87%
B.1.1.2	*Strato drenante captazione acque*	€ 201.330,60	9,45%
B.1.1.3	*Strato superficiale*	€ 292.920,98	13,75%
B.1.2	*Pacchetto A_var - Piano sommitale*	€ 11.841,63	0,56%
B.1.2.2	*Strato drenante captazione acque*	€ 4.413,20	0,21%
B.1.2.3	*Strato superficiale*	€ 7.428,43	0,35%
B.1.3	*Pacchetto B - Pendii*	€ 293.902,48	13,80%
B.1.3.1	*Strato drenante captazione acque*	€ 74.984,28	3,52%
B.1.3.2	*Rinforzo strutturale*	€ 92.702,40	4,35%
B.1.3.3	*Strato superficiale*	€ 126.215,80	5,92%
B.1.4	*Pacchetto C - Viabilità interna*	€ 45.492,13	2,14%
B.1.4.1	*Movimenti terra*	€ 11.736,85	0,55%
B.1.4.2	*Smaltimento acque meteoriche*	€ 33.755,28	1,58%
B.2	*COLLETTAMENTO BIOGAS*	€ 100.000,00	4,69%
B.2.1	*Impianto smaltimento biogas*	€ 100.000,00	4,69%
C	**IMPORTO LAVORI (A + B) soggetti a ribasso**	**€ 2.130.377,13**	**100,00%**
D	**Oneri della Sicurezza non soggetti a ribasso**	**€ 29.622,87**	**1,39%**
E	***TOTALE IMPORTO LAVORI E SICUREZZA (C + D)***	**€ 2.160.000,00**	**91,14%**
	SOMME A DISPOSIZIONE		
F.1	Spese tecniche prog. e sicurezza (C.N.P.A.I.A. e I.V.A. comprese)	€ 40.601,60	19,33%
F.2	Spese tecniche DL e CSE (C.N.P.A.I.A. e I.V.A. comprese)	€ 38.064,00	18,13%
F.3	Incentivo al RUP (il 2% di E)	€ 43.200,00	20,57%
F.4	Oneri ANAC	€ 250,00	0,12%
F.5	Polizza RUP	€ 250,00	0,12%
F.6	Imprevisti	€ 87.634,40	41,73%
F	***TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE***	**€ 210.000,00**	**8,86%**
	TOTALE COMPLESSIVO	***2.370.000,00***	***100%***