

Studio Tecnico Minerario e Ambientale
Dott. Pian. Fabio Grasso - Dott. Geol. Pietro Pittau
Dott. Ing. Salvatore Angelo Figus – Dott. Ing. Pierpaolo Medda

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

QUADRO PROGETTUALE

AMPLIAMENTO DISCARICA PER RIFIUTI SPECIALI NON PERICOLOSI ATTRAVERSO LA COSTRUZIONE DELL'8° ARGINE IN SOPRAELEVAZIONE

Località Serra Scirieddus
Comune di Carbonia
Provincia Sulcis Iglesiente

Maggio 2026

Committente



S.p.A.

Sede Legale e Amministrativa
Via Privata Maria Teresa, 11 20123 MILANO

I partecipanti al seguente studio:

Dott. Pian. Fabio Grasso

Dott. Geol. Piero Pittau

Dott. Ing. Angelo Figus

Dott. Ing. Pierpaolo Medda

SOMMARIO

1	Premessa	4
2	Descrizione introduttiva del progetto	5
2.1	Inquadramento geografico	5
2.2	Inquadramento topografico	6
2.3	Inquadramento catastale	8
2.4	Ubicazione del sito	8
3	Quadro di riferimento progettuale	10
3.1	Premessa	10
3.2	Rifiuti conferiti nel sito	10
3.2.1	Rifiuti speciali	11
3.2.2	Rifiuti speciali pericolosi	11
3.3	Rifiuti in deroga	12
3.4	Elenco dei codici CER	12
3.5	Volumetrie conferite da inizio attività	12
3.6	Adeguamento al D. Lgs. 121/2020	12
3.7	Descrizione dell'impianto autorizzato	12
3.7.1	Fase 1 (vasca di base)	12
3.7.2	Fase 2 (argini da 1 a 5)	18
3.7.3	Fase 3 (argini 6 e 7)	32
3.8	Progetto del nuovo ampliamento (8° argine in sopraelevazione)	59
3.8.1	Opere sui versanti nord ed est	59
3.8.2	Argini di sopraelevazione lati sud e ovest	62
3.9	Sistema di monitoraggio	86
3.10	Dipendenti	88
3.11	Macchinari	89
3.12	Attività indotte legate all'iniziativa	89
3.13	Verifiche preliminari per l'ampliamento	91
3.14	Modalità di esercizio	92
3.15	Evoluzione temporale e tempi di costruzione	93
4	Analisi costi-benefici	94
4.1	Premessa	94
4.2	Analisi finanziaria	96
4.2.1	Costi di costruzione	96
4.2.2	Ricavi di esercizio	98
4.2.3	Costi di costruzione, esercizio e post gestione	99
4.2.4	Utile dell'intrapresa	99

1 Premessa

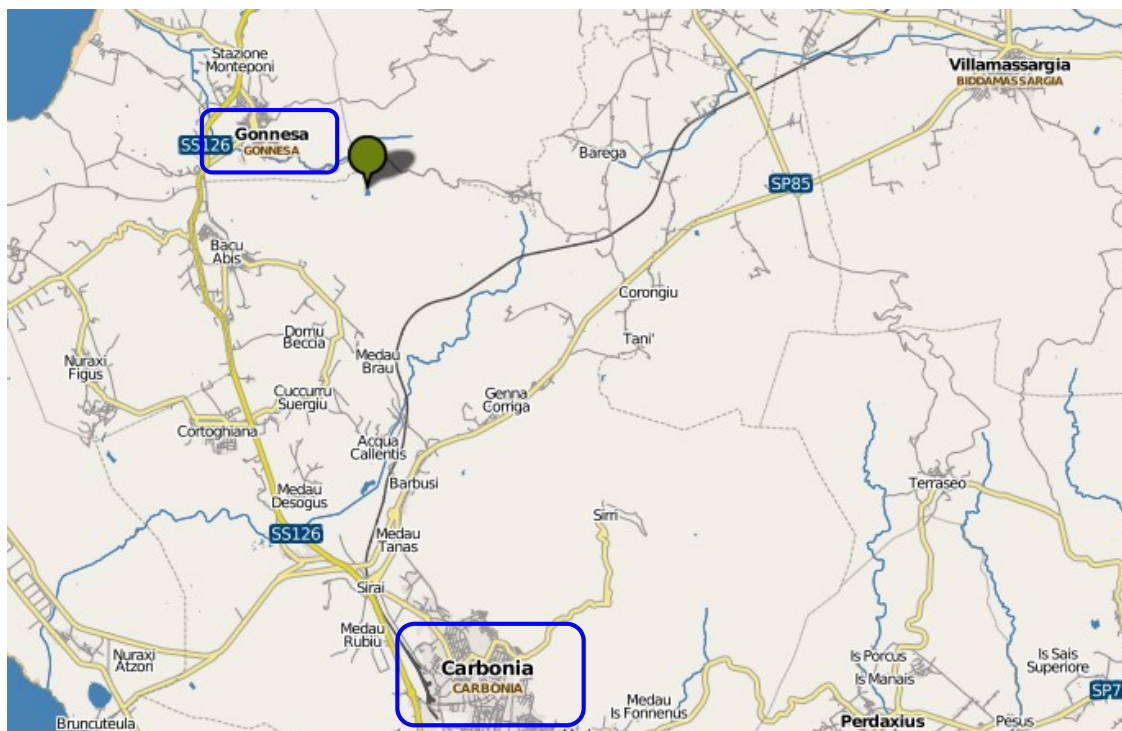
Il presente quadro progettuale è a corredo del progetto definitivo che, si intende sottoporre alla procedura di VIA ed è relativo all'ampliamento per sopraelevazione (8° argine) della discarica in esercizio per rifiuti speciali non pericolosi, prodotti da utenze diffuse, ubicata in località "Serra Scirieddus" nel comune di Carbonia nella provincia del Sulcis Iglesiente, poiché ricadente nell'allegato A1 alla Delibera della Giunta Regionale 24 marzo 2021, n. 11/75 punto 12 Discariche di rifiuti urbani non pericolosi con capacità complessiva superiore a 100.000 m³ (operazioni di cui all'allegato B, lettere D1 e D5, della parte quarta del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152); discariche di rifiuti speciali non pericolosi (operazioni di cui all'allegato B, lettere D1 e D5, della parte quarta del decreto legislativo 152/2006), ad esclusione delle discariche per inerti con capacità complessiva sino a 100.000 m³.

2 Descrizione introduttiva del progetto

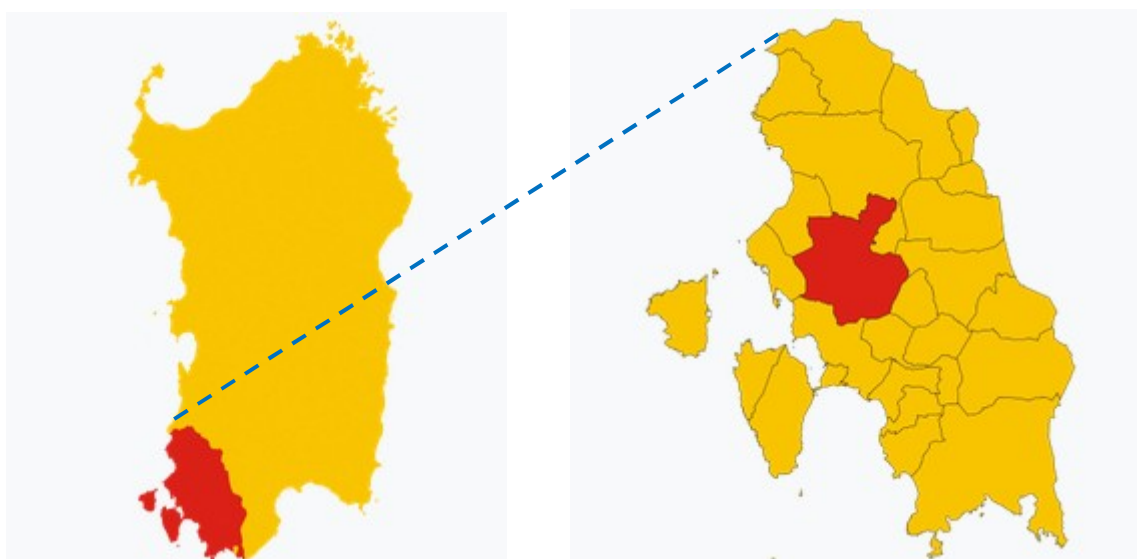
2.1 Inquadramento geografico

L'area della discarica ricade all'interno del comune di Carbonia nella provincia del Sulcis Iglesiente, in un'area della Sardegna meridionale compresa a sud della direttrice che unisce i centri abitati di Gonnese e Villamassargia, rispettivamente a est e a ovest.

Il sito dista circa 10 km dal centro di Carbonia e circa 2,5 km dall'abitato di Gonnese.



La posizione del comune di Carbonia nella regione Sardegna e nella provincia del Sulcis Iglesiente è visibile nelle immagini seguenti.

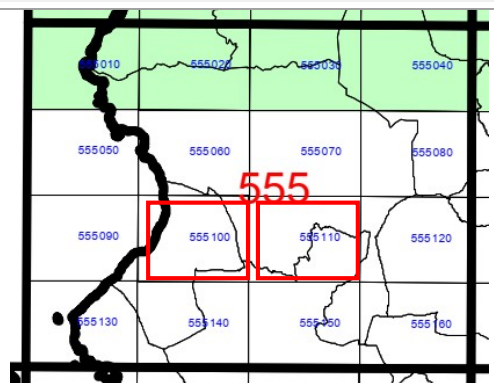


L'area della discarica occupa una modesta incisione valliva situata nel versante meridionale del Monte Onixeddu, a qualche centinaio di metri dai ruderi della vecchia miniera.

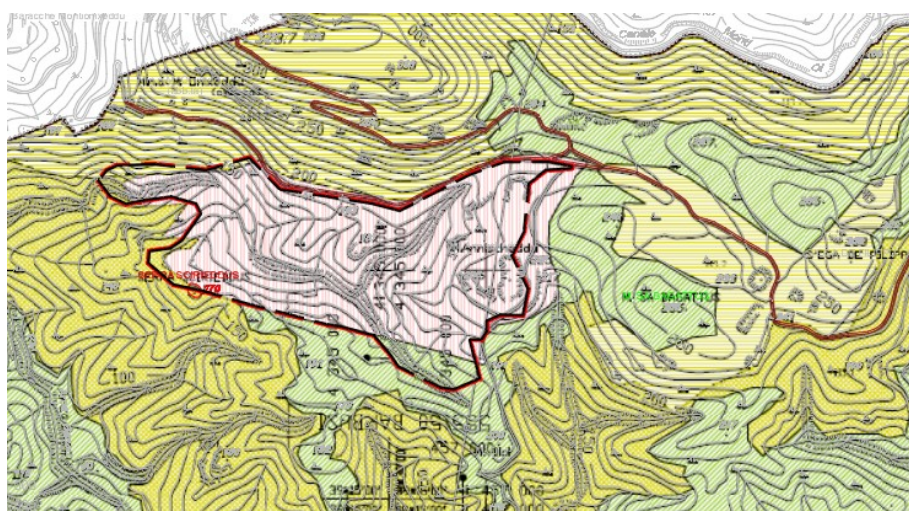
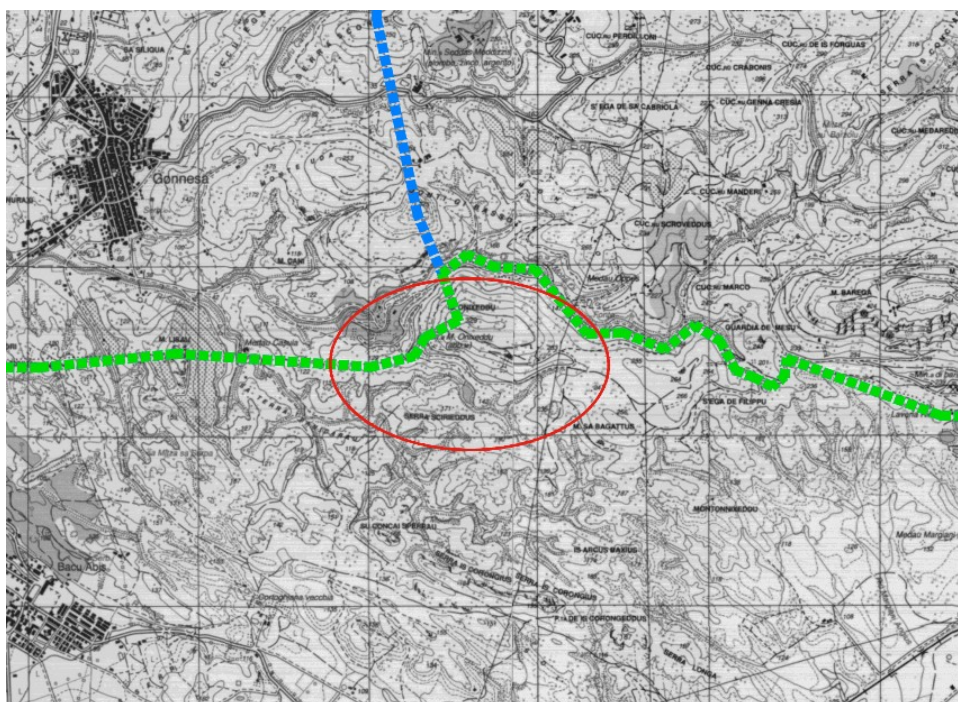
2.2 Inquadramento topografico

L'ampliamento in progetto verrà realizzato all'interno dell'attuale perimetro della discarica in esercizio che è ubicata:

- sulla carta IGM 1:25000 nel foglio 565 sezione IV denominazione Narcao e
- sulla carta Tecnica Regionale 1:10000 nel foglio 555 sezione 100 denominazione Gonnese e nel foglio 555 sezione 110 denominazione Miniera Campo Pisano.

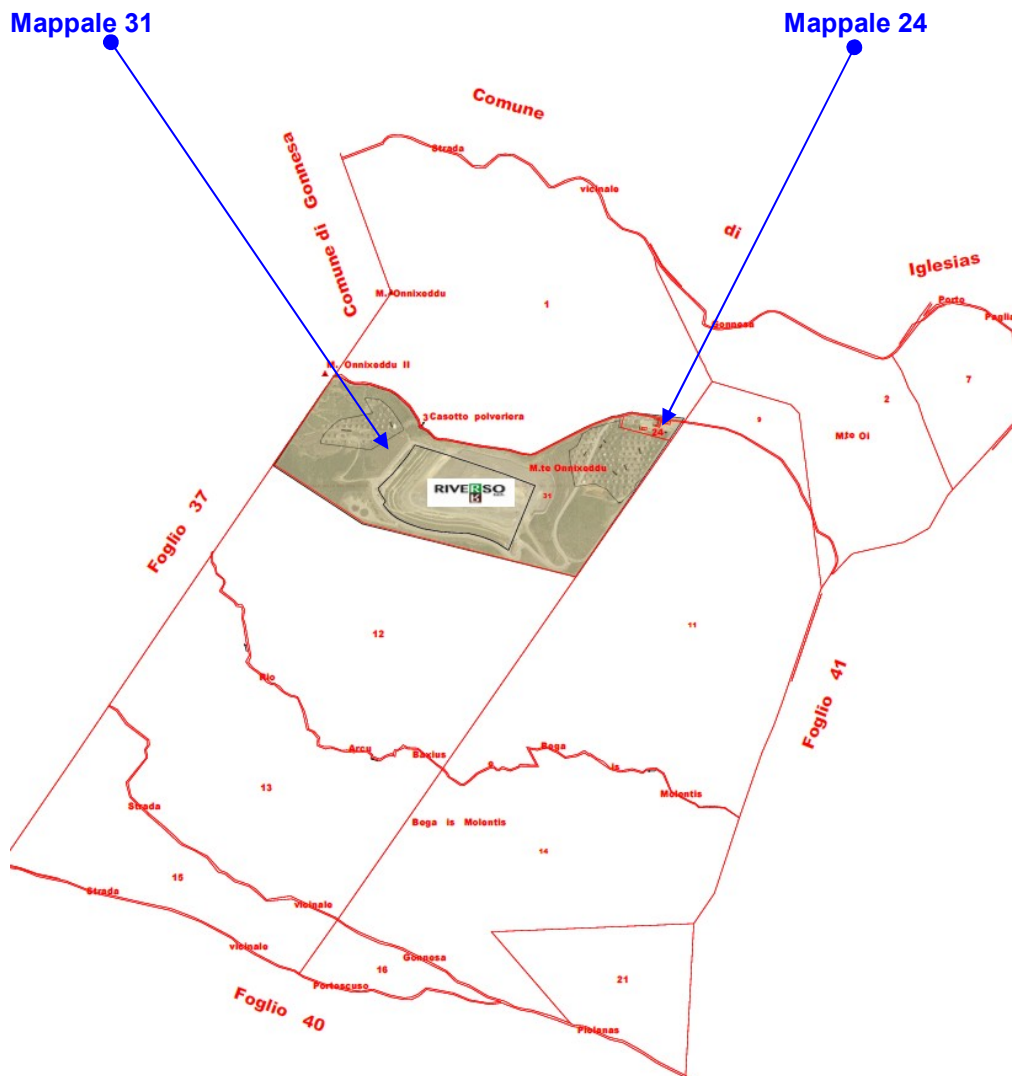
Cartografia	Identificativo area	Denominazione	
IGM 1:25000	555 sezione IV	Narcao	
CTR 1:10000	555 sezione 100 555 sezione 110	Gonnese Miniera Campo Pisano	

Le immagini sotto riportate, mostrano l'area dove ha sede l'impianto di discarica oggetto dello studio di impatto ambientale per la richiesta di ampliamento attraverso la sopraelevazione dell'8° argine, rispettivamente sulla cartografia IGM al 25000 e CTR al 10000.



2.3 Inquadramento catastale

L'area della discarica, ricade nel foglio 39 del catasto terreni del comune di Carbonia, mappali 31 e 24 come indica l'allegato 03 e l'immagine sottostante.



2.4 Ubicazione del sito

Il sito è ubicato in un ambiente interessato da attività estrattiva, ormai da tempo conclusa, che ha lasciato traccia con discariche di miniera, cunicoli, gallerie e ruderi di edifici.

La morfologia nell'immediato intorno del sito è condizionata dai rilievi del Monte Onixeddu e dalle incisioni vallive, aventi andamento est-ovest.

I versanti più acclivi si trovano a nord di Monte Onixeddu, mentre quelli meno acclivi si raccordano dolcemente verso sud, per la presenza di modesti depositi alluvionali.

Le quote rilevanti della zona sono date dai 328 m slm del Monte Onixeddu e dai 255 m slm di Monte Sa Bagattus, entrambi ricadenti nel bacino imbrifero.

La zona interessata dalla discarica, si raggiunge facilmente percorrendo la strada interpodereale che collega la S.P. 2 a Gonnese e che conduce alla discarica dopo circa 6 chilometri, essa è caratterizzata da una

larghezza media della carreggiata di metri 6,00 e dalla presenza di un fondo stradale prevalentemente in terra battuta per i primi 3 chilometri. seguiti, da altri 3 chilometri con fondo asfaltato con piazzole di interscambio.

3 Quadro di riferimento progettuale

3.1 Premessa

Il presente progetto ha per oggetto l'ampliamento per sopraelevazione attraverso la costruzione dell'8° argine della discarica in esercizio per rifiuti speciali non pericolosi, prodotti prevalentemente da utenze diffuse, ubicata in località "Serra Scirieddus" nel comune di Carbonia nella provincia del Sulcis Iglesiente.

L'ampliamento proposto con il presente progetto verrà sviluppato secondo le seguenti linee principali:

- realizzato e gestito dalla stessa struttura operativa che ha realizzato e gestisce l'impianto attualmente in esercizio,
- utilizzando le esperienze pregresse maturate dallo stesso management e dagli stessi operatori.

L'impianto in esercizio è una discarica controllata autorizzata allo smaltimento di rifiuti speciali non pericolosi (rifiuti di origine prevalentemente industriale, non suscettibili di riutilizzo o di recupero di materiale od energia).

Il bacino d'utenza della discarica è essenzialmente costituito dalle zone del Sulcis-Iglesiente e più in generale della Città metropolitana di Cagliari e dalle Province del Medio Campidano.

La scelta originaria del sito, avvenne in quanto l'area presentava una serie di caratteristiche che lo rendevano particolarmente idoneo alla realizzazione di un impianto di smaltimento rifiuti, che di seguito si elencano:

- distanza dai centri abitati;
- distanza da zone di approvvigionamento idrico (con assenza di falde idriche nel sottosuolo per una profondità di oltre 30 metri dal piano di imposta della discarica);
- assetto morfologico favorevole;
- peculiarità geologiche, idrologiche e geotecniche dei terreni;
- assenza di corsi d'acqua superficiali;
- distanza da insediamenti sottovento;
- buon livello di accessibilità;
- ridotta distanza dal bacino di produzione prevalente dei rifiuti;
- pre-esistenza di infrastrutture impiantistiche (linee elettriche ed impianti della miniera di Barega);
- copertura vegetale del suolo di scarso rilievo.

Ad oggi, il sito mantiene invariate tali peculiarità, per cui l'ampliamento proposto dell'impianto esistente, che si prefigura d'importanza strategica per il soddisfacimento della domanda di smaltimento di rifiuti sul territorio, risulta ancora la soluzione ottimale rispetto a soluzioni alternative.

3.2 Rifiuti conferiti nel sito

Nella discarica in oggetto di "Serra Scirieddus" in comune di Carbonia, sono ammessi sia rifiuti speciali non pericolosi sia rifiuti speciali pericolosi il cui eluato risulti conforme ai limiti di Tabella 5a del DM 27.09.2010, in virtù delle Determinazioni n. 303 del 18/10/2011 e n. 355 del 14/12/2012, che vengono conferiti all'interno di un modulo ad essi specificatamente dedicato.

I rifiuti ammessi, sono di seguito elencati per macro voci in forma esemplificativa e non esaustiva.

3.2.1 Rifiuti speciali

- Rifiuti derivanti da prospezione, estrazione da miniera o cava, nonché dal trattamento fisico o chimico di minerali;
- Rifiuti prodotti da agricoltura, orticoltura, acquacoltura, selvicoltura, caccia e pesca, trattamento e preparazione degli alimenti;
- Rifiuti della lavorazione del legno e della produzione di pannelli, mobili, polpa, carta e cartone;
- Rifiuti della lavorazione di pelli e pellicce, nonché dell'industria tessile;
- Rifiuti della raffinazione del petrolio, purificazione del gas naturale e trattamento pirolitico del carbone;
- Rifiuti dei processi chimici inorganici;
- Rifiuti dei processi chimici organici;
- Rifiuti della produzione, formulazione, fornitura ed uso di rivestimenti (pitture, vernici e smalti vetrati), adesivi, sigillanti e inchiostri per stampa;
- Rifiuti dell'industria fotografica;
- Rifiuti prodotti da processi termici;
- Rifiuti prodotti dal trattamento chimico superficiale e dal rivestimento di metalli ed altri materiali, idrometallurgia non ferrosa;
- Rifiuti prodotti dalla lavorazione e dal trattamento fisico e meccanico superficiale di metalli e plastiche;
- Rifiuti da imballaggio, assorbenti, stracci, materiali filtranti e indumenti protettivi non specificati altrimenti;
- Rifiuti non specificati altrimenti nell'elenco;
- Rifiuti delle operazioni di costruzione e demolizione (compreso il terreno proveniente da siti contaminati);
- Rifiuti prodotti da impianti di trattamento dei rifiuti, impianti di trattamento delle acque reflue fuori sito, nonché dalla potabilizzazione dell'acqua e dalla sua preparazione per uso industriale;
- Rifiuti urbani (rifiuti domestici e assimilabili prodotti da attività commerciali e industriali nonché dalle istituzioni), inclusi i rifiuti della raccolta differenziata;

3.2.2 Rifiuti speciali pericolosi

- Rifiuti derivanti da prospezione, estrazione da miniera o cava, nonché dal trattamento fisico o chimico di minerali;
- Rifiuti della raffinazione del petrolio, purificazione del gas naturale e trattamento pirolitico del carbone;
- Rifiuti dei processi chimici inorganici;
- Rifiuti dei processi chimici organici;
- Rifiuti della produzione, formulazione, fornitura ed uso di rivestimenti (pitture, vernici e smalti vetrati), adesivi, sigillanti e inchiostri per stampa;
- Rifiuti prodotti da processi termici;
- Rifiuti prodotti dal trattamento chimico superficiale e dal rivestimento di metalli ed altri materiali, idrometallurgia non ferrosa;
- Rifiuti prodotti dalla lavorazione e dal trattamento fisico e meccanico superficiale di metalli e plastiche;

- Oli esauriti e residui di combustibili liquidi (tranne oli commestibili ed oli di cui ai capitoli 05, 12 e 19);
- Solventi organici, refrigeranti e propellenti di scarto (tranne 07 e 08);
- Rifiuti da imballaggio, assorbenti, stracci, materiali filtranti e indumenti protettivi non specificati altrimenti;
- Rifiuti non specificati altrimenti nell'elenco;
- Rifiuti delle operazioni di costruzione e demolizione (compreso il terreno proveniente da siti contaminati);
- Rifiuti prodotti da impianti di trattamento dei rifiuti, impianti di trattamento delle acque reflue fuori sito, nonché dalla potabilizzazione dell'acqua e dalla sua preparazione per uso industriale;
- Rifiuti urbani (rifiuti domestici e assimilabili prodotti da attività commerciali e industriali nonché dalle istituzioni), inclusi i rifiuti della raccolta differenziata.

3.3 Rifiuti in deroga

- Su istanza del Gestore, la provincia del Sud Sardegna con la Determinazione n. 120/AMB del 13.04.2017, per modifica non sostanziale della Determinazione n. 209 del 21.07.2016 AIA ai sensi dell'art. 29 nonies del D.Lgs152/06 per la deroga ai parametri fluoruri.
- Determinazioni n.120/AMB del 13.04.2017 e n. 130/AMB del 20.04.2017 ha concesso l'autorizzazione allo smaltimento di ulteriori tipologie di rifiuti specifici, in deroga, ex art. 10 D.M. 27.09.2010.
- Determinazione n. 303 del 10.09.2018 della provincia Sud Sardegna, concede la modifica non sostanziale dell'AIA per la deroga al parametro TDS dei rifiuti identificati con CER 190305.

3.4 Elenco dei codici CER

L'elenco dettagliato dei CER ammessi allo smaltimento è riportato nell'allegato A della Determinazione A.I.A. n°46 del 17.02.2022.

3.5 Volumetrie conferite da inizio attività

Dal 2002 (anno di inizio attività) a tutt'oggi, sono state conferite in discarica 2.617.500,00 tonnellate di rifiuti, occupando una volumetria di circa 1.745.000,00 m³.

3.6 Adeguamento al D. Lgs.121/2020

Il progetto rispetterà i criteri del decreto.

3.7 Descrizione dell'impianto autorizzato

3.7.1 Fase 1 (vasca di base)

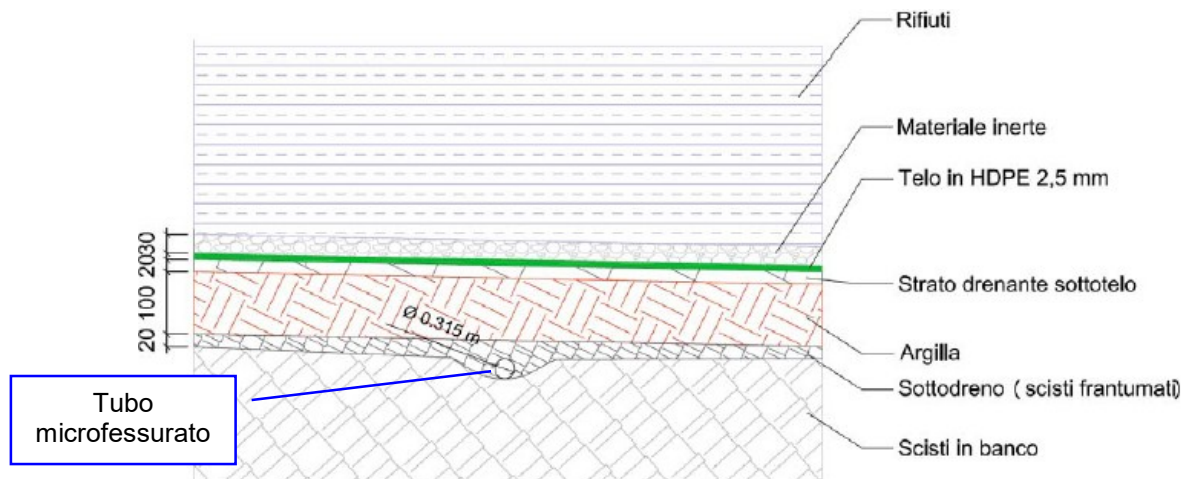
La prima fase dell'impianto è consistita nella costruzione ed esercizio della vasca ottenuta dalla regolarizzazione e dallo sbarramento verso valle di un compluvio naturale mediante un argine in terra, a sua volta suddivisa in tre moduli mediante arginelli di fondo in argilla.

La volumetria complessivamente autorizzata è stata di m³ 850.000 netti.

La vasca è completamente impermeabilizzata:

- sul fondo mediante uno strato di argilla compattata dello spessore $\geq 1,00$ metro e un telo in HDPE (spessore 2,5 mm), adeguatamente associato ad uno strato drenante in cui è collocata la rete di drenaggio del percolato;
- sulle pareti mediante una geogriglia romboidale tridimensionale in HDPE (spessore di cm 7) riempita con terra argillosa, con funzione di cuscinetto antipunzonamento, posta al di sotto di un materassino bentonitico ed un telo in HDPE (spessore 2,5 mm) a sua volta protetto da pneumatici.

In particolare, il sistema di impermeabilizzazione di fondo ha la stratigrafia indicata nella immagine seguente che a partire dal basso ha previsto:



- 0,2 metri di ghiaia, per lo smaltimento di eventuali sottopressioni idrauliche sotterranee sulla vasca,
- 1,0 metro di argilla compattata (permeabilità $K=1 \times 10^{-7}$ cm/s),
- 0,2 metri di sabbia per il controllo di eventuali perdite sottotelo,
- 2,5 mm di telo in HDPE saldato a doppia pista.
- 0,3 metri di materiale inerte sopratelo con funzione di protezione del telo impermeabilizzante.

In particolare, nello strato drenante sottostante l'argilla è posato in asse alla vasca un tubo microfessurato ad una quota inferiore a quella di fondo vasca (incassato in apposito scavo), avente la funzione di captare eventuali venute d'acqua e convogliarle verso l'esterno della vasca.

Come precedentemente descritto, la vasca è suddivisa in tre moduli funzionali, ognuno completo di sistema di raccolta e allontanamento del percolato e di sistema di controllo sottotelo per l'individuazione di eventuali perdite di percolato dovute ad anomalie della barriera impermeabile.

La rete di captazione e drenaggio del percolato è suddivisa in n.3 ramificazioni principali, secondo la ripartizione originaria della discarica in tre moduli adiacenti (denominati, a partire da quello a quota inferiore, 1 – 2 – 3), separati tra loro da due argini di argilla alti circa 1,5 metri.

Ciascuna delle ramificazioni della rete di captazione del percolato è posizionata sul fondo dei tre moduli originari ed è costituita da tubazioni in HDPE fessurate ("Tubazioni di drenaggio" - $\varnothing = 315$ mm) che confluiscono in n. 3 tubazioni in HDPE non fessurate ($\varnothing = 315$ mm) posizionate ai piedi dell'argine meridionale della discarica, posto a quota più bassa.

Le tre tubazioni non fessurate convergono nel punto a quota più bassa di tutta la discarica (vertice SW del modulo 1), dove è ubicato un pozzetto d'ispezione per ogni tubazione.

Dai tre pozzetti d'ispezione si dipartono altrettante tubazioni in HDPE non fessurate di grosso diametro ("Pozzi di aspirazione" - $\varnothing = 500$ mm), che scorrono lungo la parete della discarica fino a raggiungere la quota della pista di coronamento del bacino.

Da tale quota si dipartono n. 3 tubazioni in HDPE ("Tubazioni di mandata" - $\varnothing = 63$ mm) che si collegano ad un serbatoio di accumulo da 750 m³ in C.A. ($\varnothing$ 20 m, impermeabilizzato con manto in PEAD, posto esternamente al perimetro della vasca, nella parte sud-occidentale dell'impianto).

Per migliorare l'efficienza di captazione, sui predetti pozzetti basali sono stati innestati e progressivamente sollevati con l'aumentare della quota dei rifiuti dei pozzi verticali.

Il manufatto è stato realizzato con tubazione DN 1000 in PEAD giuntata a bicchiere, che garantisce la tenuta stagna dei pozzetti; il tubo in PEAD funge anche da cassero al rivestimento di protezione in cls., onde evitare il contatto tra i rifiuti e il tubo conferendo stabilità e rigidità al manufatto (Figg. 4.3/II e 4.3/III). Le due foto seguenti, la prima che risale al mese di giugno dell'anno 2018 e la seconda al mese di agosto dello stesso anno, mostrano l'ubicazione dei pozzi d'ispezione.





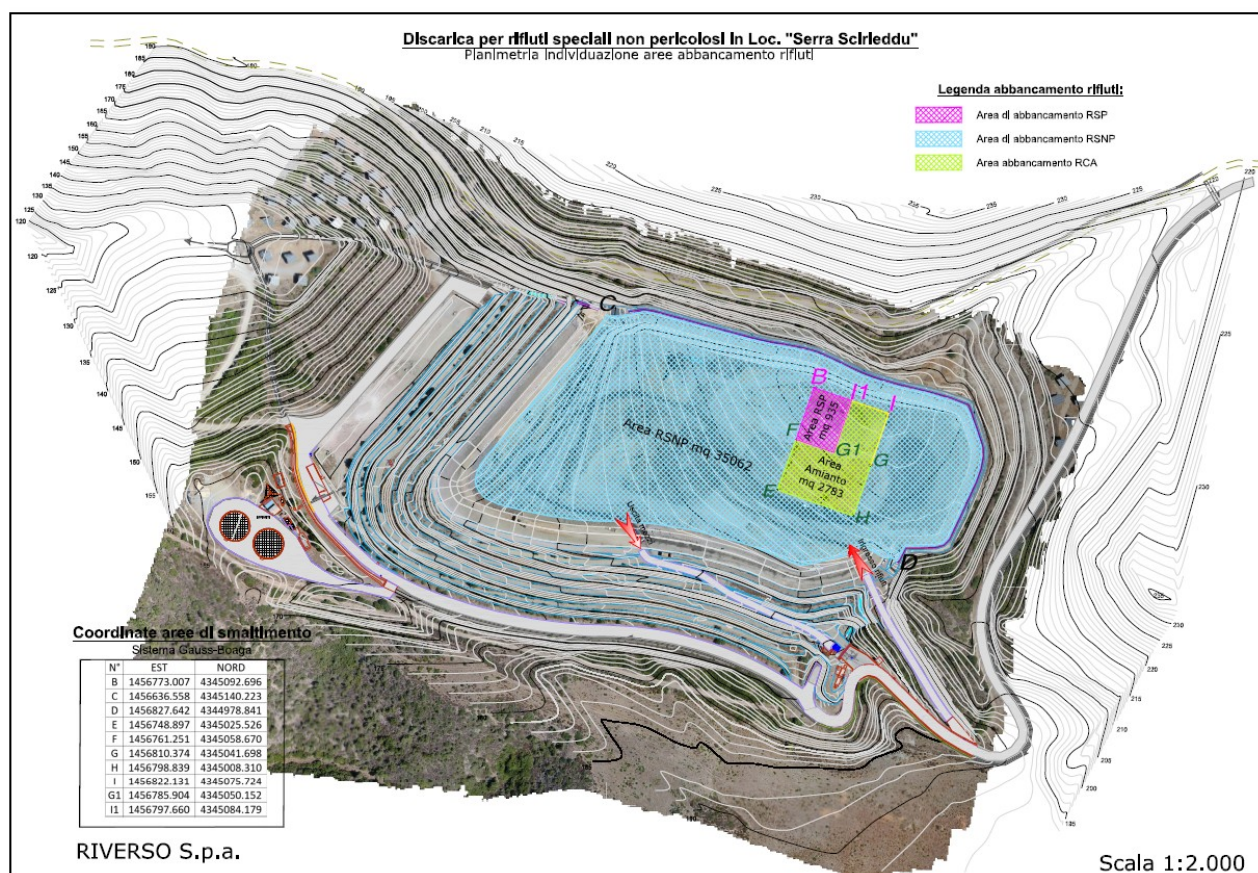
Attualmente l'impianto di aspirazione automatizzato del percolato viene aspirato da questi pozzi mediante una pompa sommersa e convogliato (per il momento) alla vasca di stoccaggio.

La società ha già acquistato e montato un impianto ad osmosi inversa per il trattamento in sito del percolato con il recupero e riutilizzo del permeato per le esigenze dell'impianto di discarica "*abbattimento delle polveri e quant'altro*" vista la mancanza di acqua industriale e di acque sotterranee da ricercare e richiedere in concessione.

La possibilità di percorrere la strada della ricerca e della successiva concessione per lo sfruttamento dell'acqua sotterranea, è stata abbandonata poiché già in passato fu richiesta una autorizzazione alla ricerca ed i lavori di perforazione pur arrivando a profondità importanti non hanno ritrovato la risorsa acqua sfruttabile.

L'acqua che ad oggi viene acquistata e approvvigionata attraverso autobotti, mentre una volta messo a regime l'impianto di trattamento, il concentrato prodotto da questo, verrà inviato al trattamento presso impianti esterni autorizzati, a mezzo autobotti.

Nell'immagine seguente è riportata l'ubicazione delle aree di stoccaggio dei rifiuti, in particolare delle celle dedicate allo smaltimento dei materiali contenenti amianto, dei rifiuti pericolosi e non pericolosi.



Morfologicamente la vasca ha uno sviluppo planimetrico all'incirca trapezoidale, con il ciglio superiore degradante da est verso ovest e da nord verso sud ed una superficie (misurata alle quote del predetto ciglio), di circa 38.780 m².

Essa è delimitata tutt'intorno da una pista di servizio che, lungo il lato ovest, corre sulla sommità dell'argine artificiale di contenimento.

Il progetto autorizzato prevede l'abbancamento dei rifiuti fino alla quota di -0,50 metri dal bordo superiore della vasca, così come risulta dalle tavole progetto.

La discarica, è inoltre dotata di un sistema di canale perimetrali all'impianto che raccolgono e convogliano a valle le acque meteoriche esterne in una vasca di decantazione, prima di essere rilasciate nel reticolo idrico superficiale (Rio Sibasca).

Poiché nell'impianto non vengono smaltiti rifiuti biodegradabili, esso non è dotato di un sistema di captazione del biogas.

La discarica, interamente recintata, è infine dotata dei necessari impianti e strutture di servizio ed accessorie: viabilità interna, locali di servizio, pesa, impianto di illuminazione, video sorveglianza, ecc..

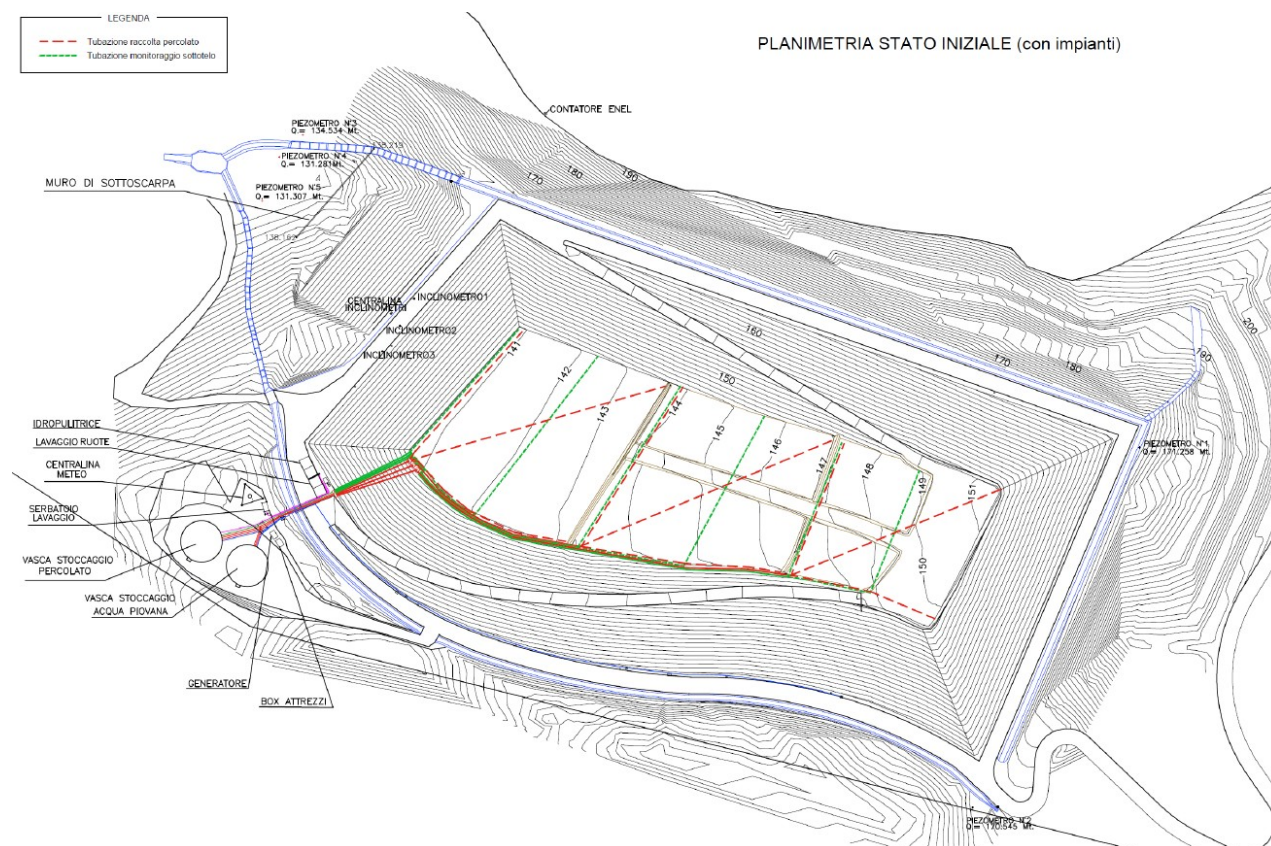
In seguito all'adeguamento dell'impianto al D. Lgs. 36/03 e ss.mm.ii., le originarie modalità di chiusura sono state adeguate alla predetta norma.

Per quanto riguarda gli interventi di recupero e mitigazione ambientale il progetto originario prevedeva l'impianto di essenze forestali a rapido e lento accrescimento sulla superficie sommitale, onde mitigare "i possibili effetti dovuti alla presenza della discarica, verosimilmente causati dall'azione del vento (particolarmente attivo in tale area soprattutto dai quadranti di ovest ed est), dall'evo-traspirazione,

dall'emissione di polveri a causa del traffico veicolare in associazione al vento e dai possibili effetti da rumore dovuto al trasporto ed alla movimentazione dei rifiuti.

All'esaurimento del ciclo di gestione della discarica era previsto il rimodellamento della superficie superiore e la sua piantumazione con prato permanente ed impianti arborei/arbustivi".

L'illustrazione degli aspetti costruttivi salienti di questo step sono riportati nelle figure seguenti:



3.7.2 Fase 2 (argini da 1 a 5)

Planimetria del piano di imposta dell'ampliamento



La seconda fase di vita dell'impianto è consistita nella costruzione ed esercizio di n. 5 argini di sopraelevazione, realizzati su parte della vasca preesistente.

Questo ampliamento è stato valutato rispettivamente nel 2011 per quanto concerne la compatibilità ambientale e nel 2013 autorizzato per quanto concerne l'AIA.

La volumetria netta era di circa m^3 698.000 così suddivisi: circa 630.000 m^3 derivanti dalla sopraelevazione degli argini e 68.000 m^3 dal rimodellamento morfologico sommitale.

Stante la morfologia naturale delle aree circostanti l'impianto, caratterizzata dalla presenza di rilievi collinari, il corpo di scarica in elevazione, lungo i lati est e nord, è stato addossato alle scarpate naturali adeguatamente rimodelate e regolarizzate, mentre lungo i rimanenti lati sono stati costruiti 5 argini artificiali in terra fondati sui rifiuti compattati.

Al fine di evitare interferenze tra le sopraelevazioni e l'argine artificiale di chiusura della vasca originaria verso ovest, il primo argine di sopraelevazione è stato previsto arretrato di circa 30 metri.

La chiusura della porzione di vasca esistente non interessata dalle sopraelevazioni è stata prevista ed è avvenuta contestualmente alla costruzione del primo argine di sopraelevazione.

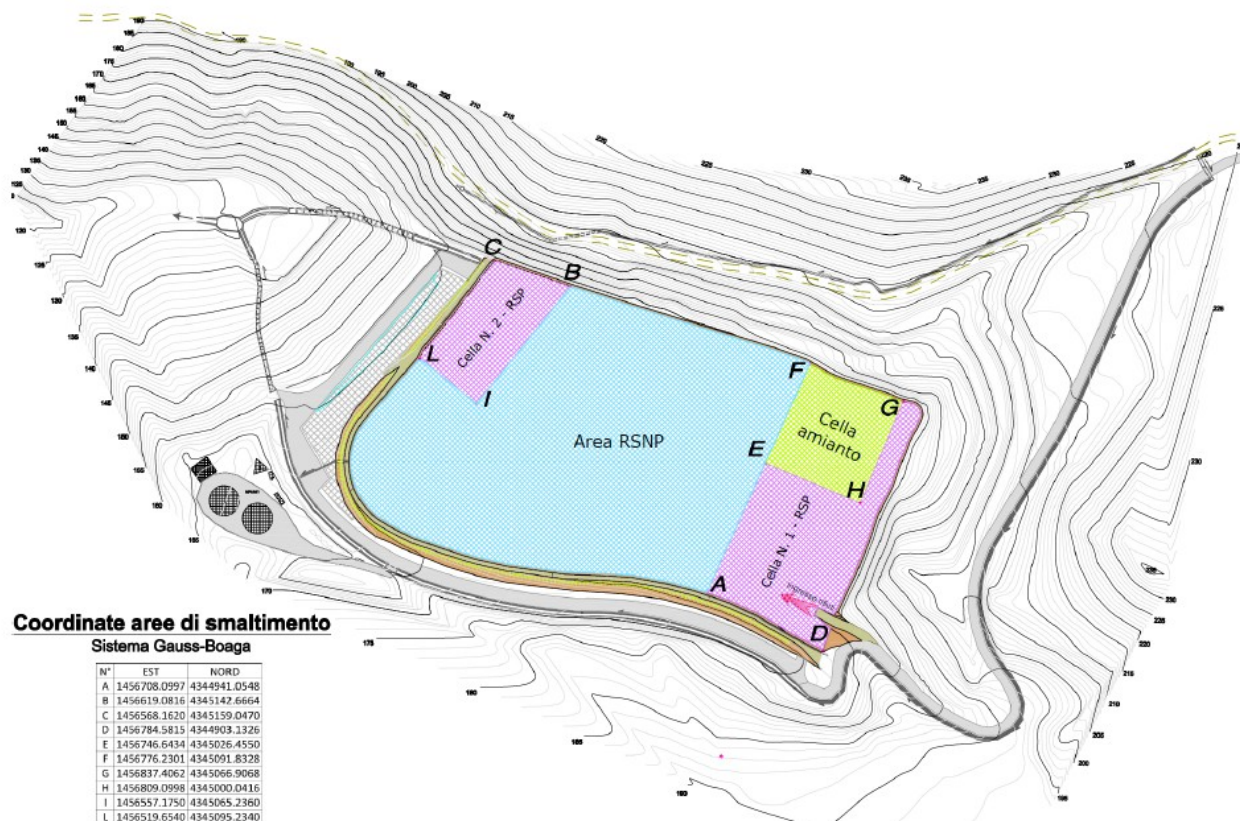
Ogni argine ha un'altezza costante di 3 metri a partire dalla quota dei rifiuti su cui è fondato ed uno sviluppo medio di circa 505 metri.

Tra un argine e quello successivo è stata mantenuta una pista di servizio di larghezza pari a 3 metri.

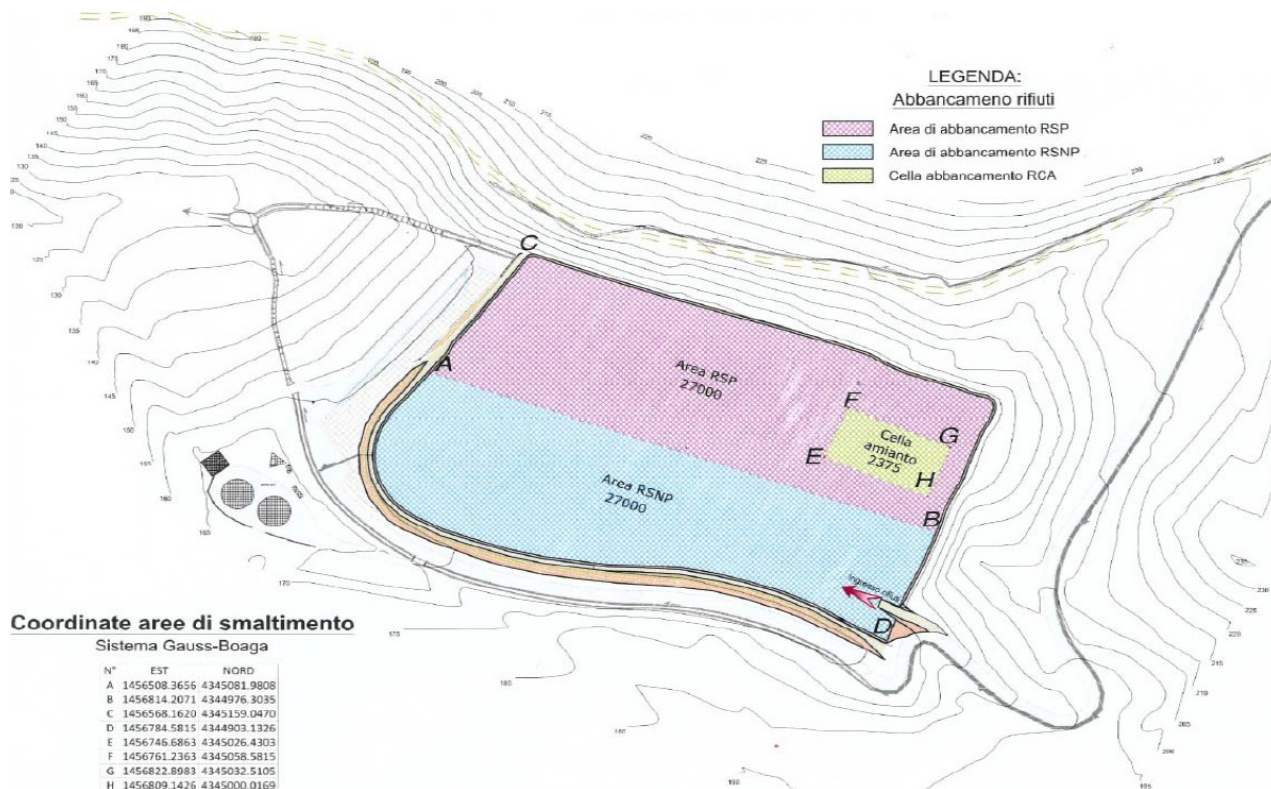
Le celle per RCA e per RP, inizialmente (fino al 2017) sono state sopraelevate sull'originaria impronta come da immagine seguente.



Successivamente nell'anno 2018, sono state in parte rilocalizzate, previo assenso della Provincia competente, come mostra la figura seguente.



Successivamente con il nuovo assenso da parte dell'Ente, la localizzazione delle celle è stata quella riportata nella figura seguente.



L'abbancamento dei rifiuti è avvenuto fino ad una quota inferiore di 0,5 metri rispetto a quella sommitale dell'argine ed in banchi dello spessore massimo di 0.5 metri; al completamento del riempimento di ogni singolo argine, la superficie finale della massa di rifiuti ha avuto una pendenza verso ovest di circa il 3% e verso sud del 1% circa, coerentemente con l'andamento planimetrico del fondo vasca originario.

Per quanto concerne la raccolta e smaltimento del percolato, l'ampliamento non ha avuto la necessità di alcuna integrazione all'impianto esistente; infatti la prevalenza del nuovo corpo di discarica ha insistito sull'impronta di quello iniziale (vasca), dotato di adeguata rete di drenaggio e trasporto del percolato alle vasche di stoccaggio.

Poiché la superficie dei rifiuti esposti alle precipitazioni atmosferiche, durante le successive sopraelevazioni è rimasto sostanzialmente invariato o leggermente inferiore rispetto a quella sommitale dell'originaria vasca, l'impianto di trattamento in esercizio ha continuato ad essere sufficiente ed adeguato anche per lo smaltimento dei percolati prodotti dall'ampliamento della discarica.

Il progetto di ampliamento ha recepito alcune prescrizioni scaturite in fase autorizzativa, relative all'adeguamento del precedente sistema di gestione delle acque meteoriche, che è stata realizzata contestualmente alla costruzione del primo argine di sopraelevazione.

La descrizione del sistema di gestione delle acque meteoriche, così come implementato, è riportata nel seguito.

L'ampliamento della discarica, estendendosi a ridosso dei versanti del Monte Onixeddu ha interferito con alcune strutture pre-esistenti, di cui si è effettuato l'adeguamento contestualmente alla costruzione della prima sopraelevazione ed in particolare:

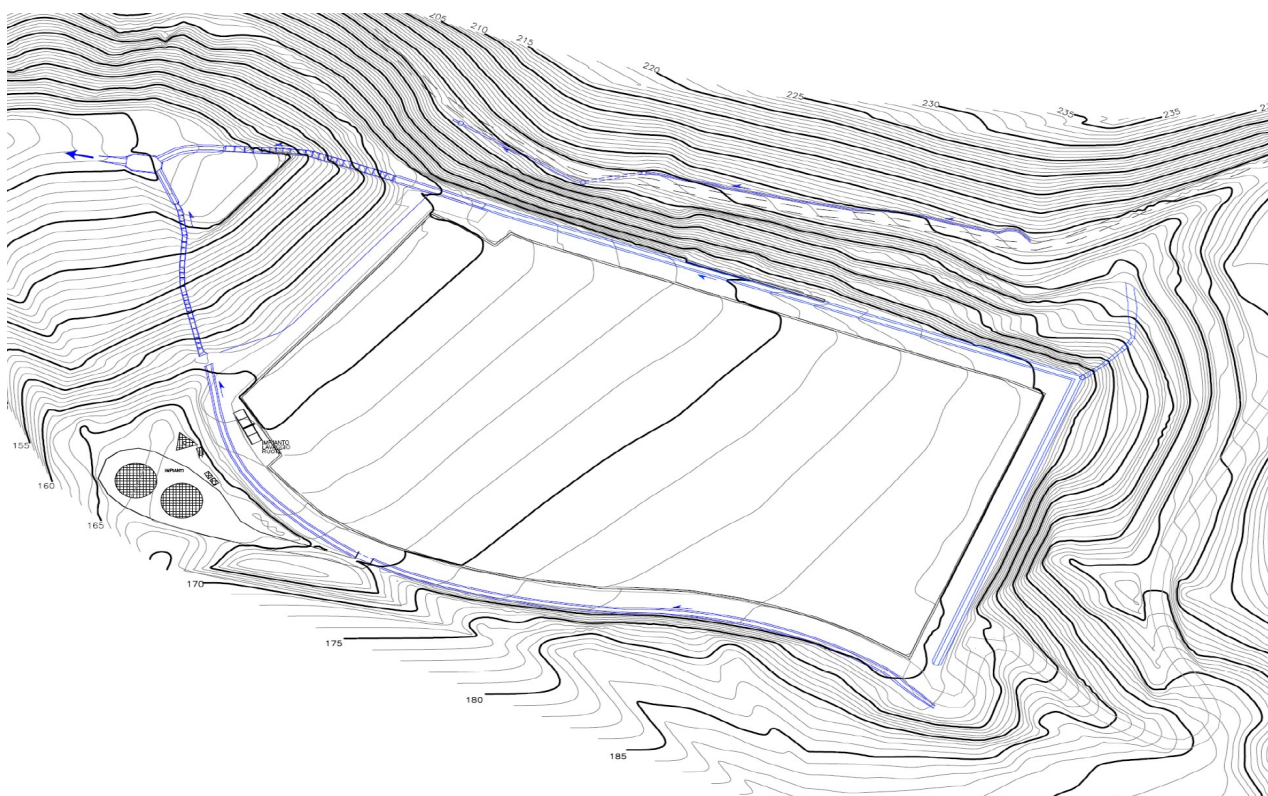
- lo smantellamento della pista corrente lungo i lati nord ed est della vasca e la modifica dell'adiacente fosso di guardia;
- la ridefinizione del sistema di controllo e regimazione delle acque meteoriche provenienti dai versanti nord ed est.

La realizzazione dell'ampliamento ha comportato inoltre:

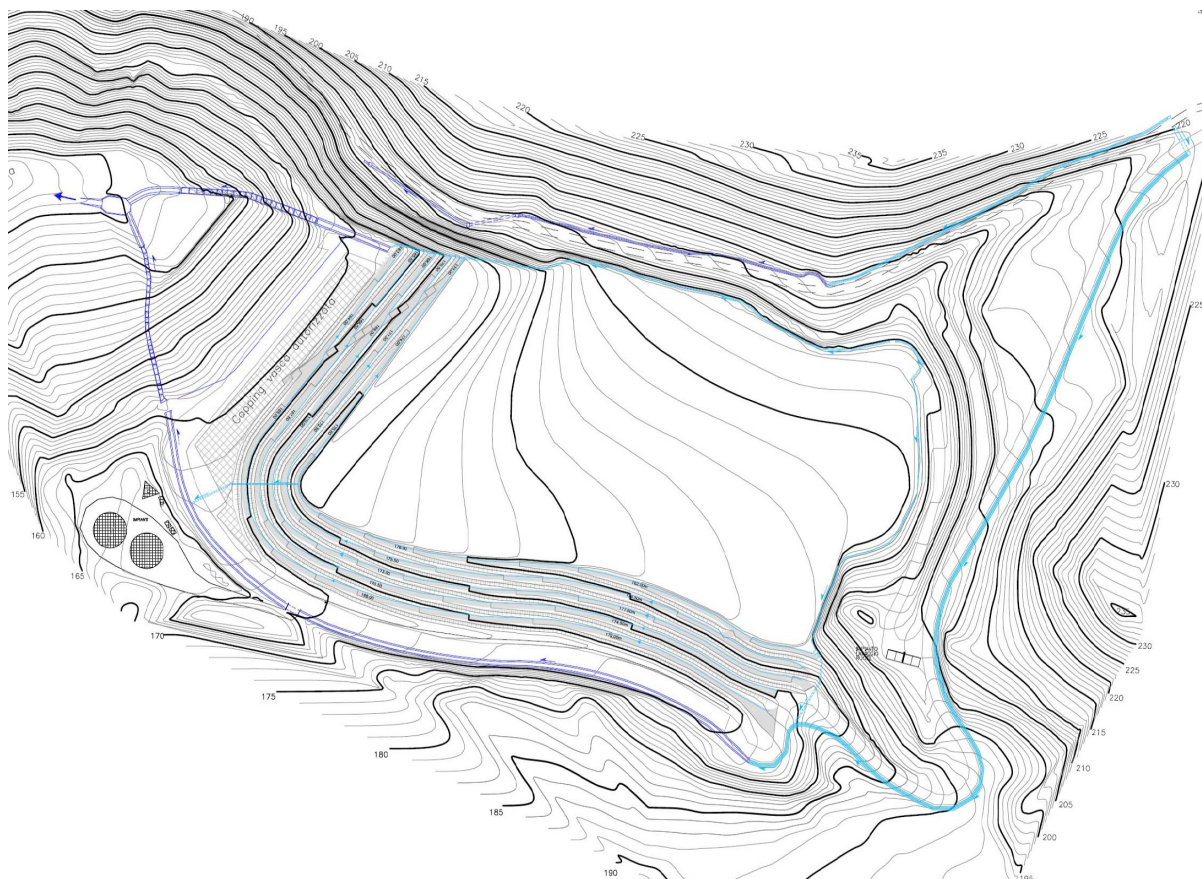
- la riprofilatura e messa in sicurezza dei versanti nord,
- la realizzazione di una nuova pista di servizio, per raccordare la pista principale esistente all'area di conferimento,
- l'adeguamento del sistema di drenaggio e trattamento delle acque di prima pioggia dei piazzali di servizio e della pista principale,
- lo spostamento dell'impianto di lavaggio ruote.

Al completamento della coltivazione del 5° argine di sopraelevazione, il progetto prevedeva la chiusura della discarica mediante la realizzazione sulla superficie sommitale del pacchetto multistrato così come previsto dal D.Lgs. n. 36/03 e successivamente la rivegetazione, secondo quanto previsto dal Piano di ripristino ambientale.

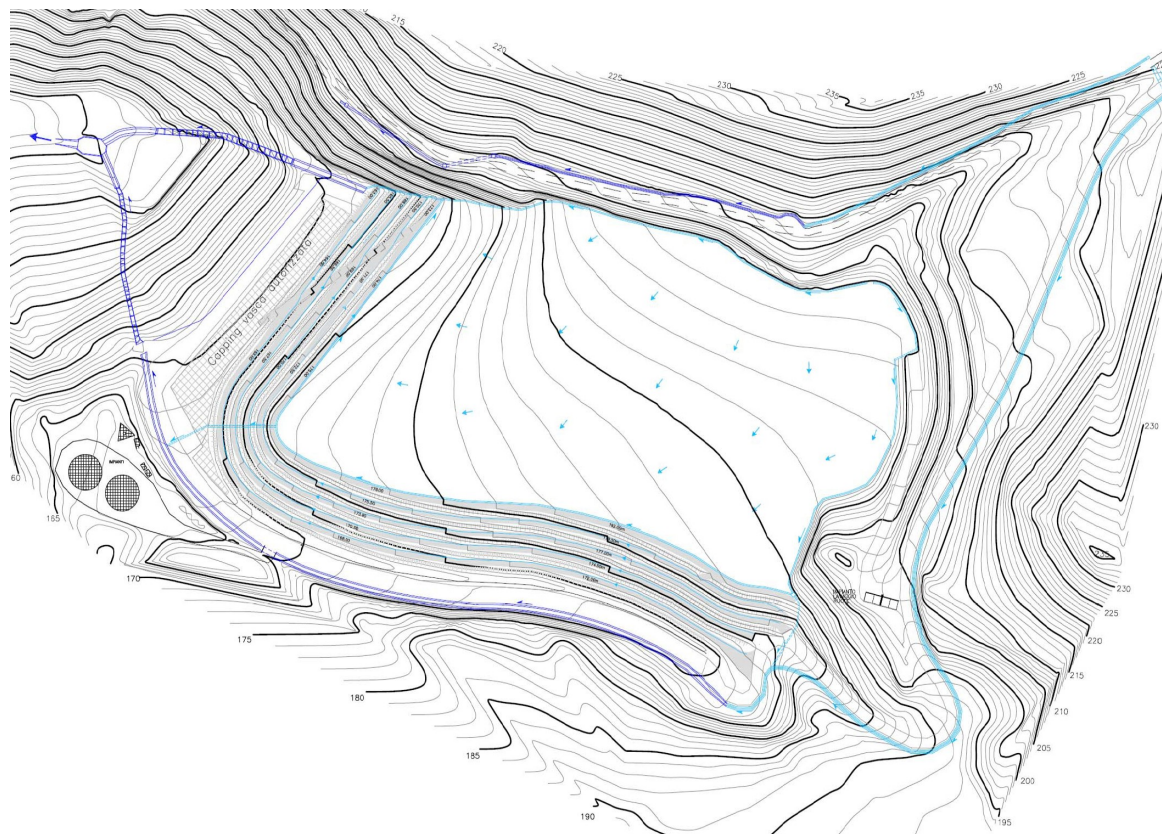
La planimetria di imposta degli ampliamenti che è praticamente la planimetria di fine coltivazione della fase 1 è mostrata nella figura seguente.



Gli elementi costruttivi principali della fase 2, sono riportati nelle figure seguenti, la prima riguarda la planimetria a fine coltivazione della 2ª fase.

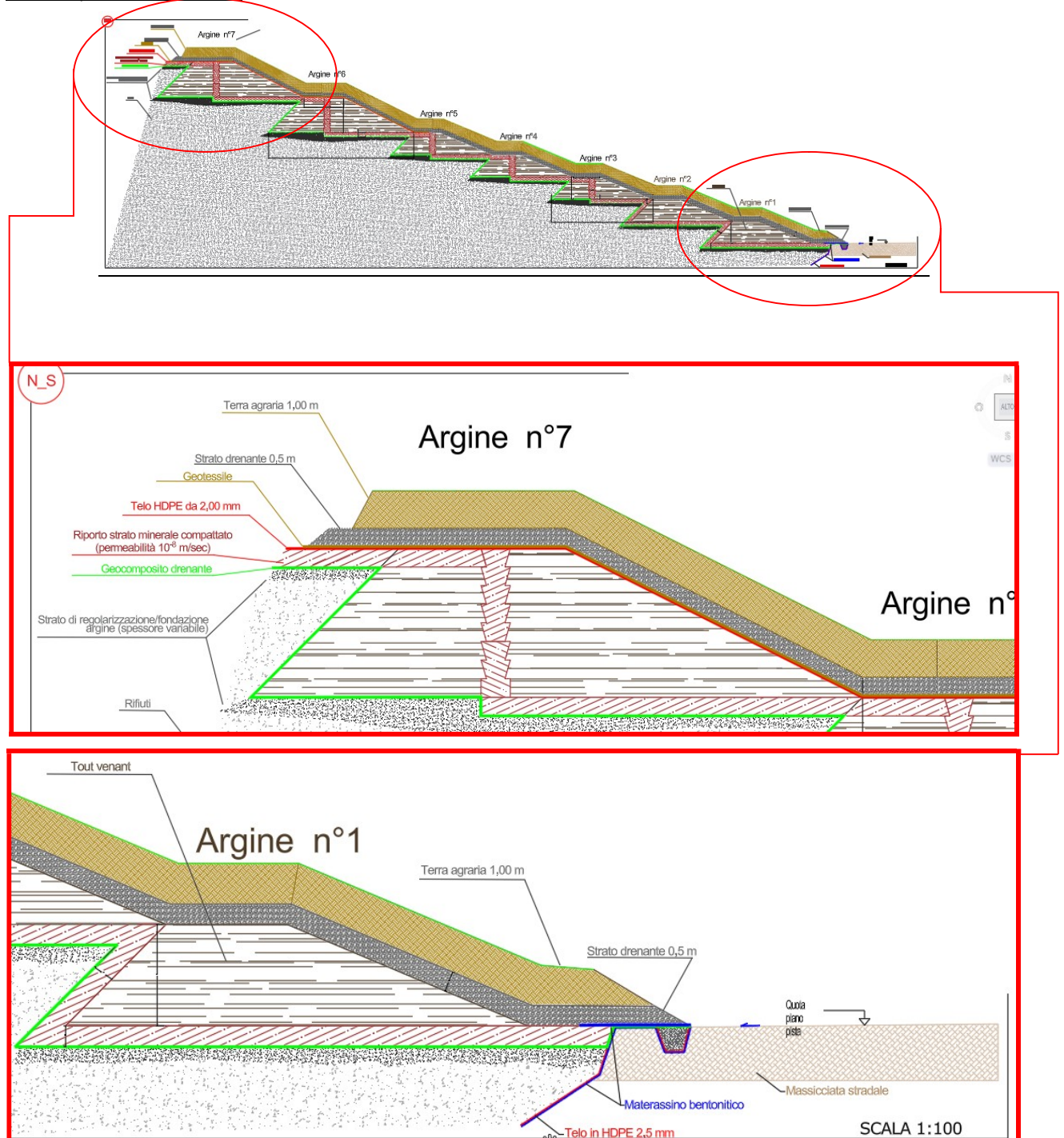


L'immagine seguente, mostra la planimetria di chiusura della 2^a fase.

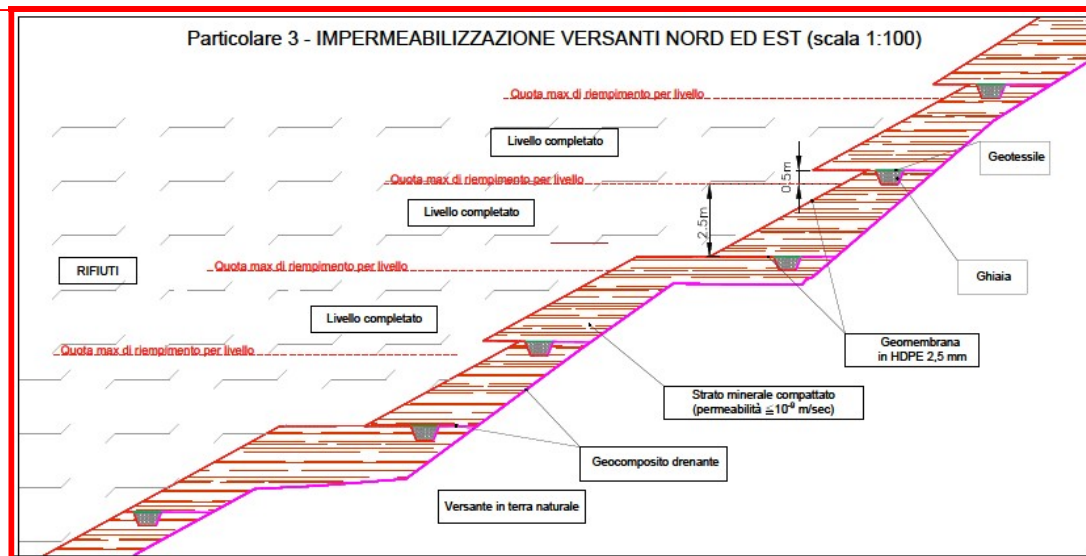
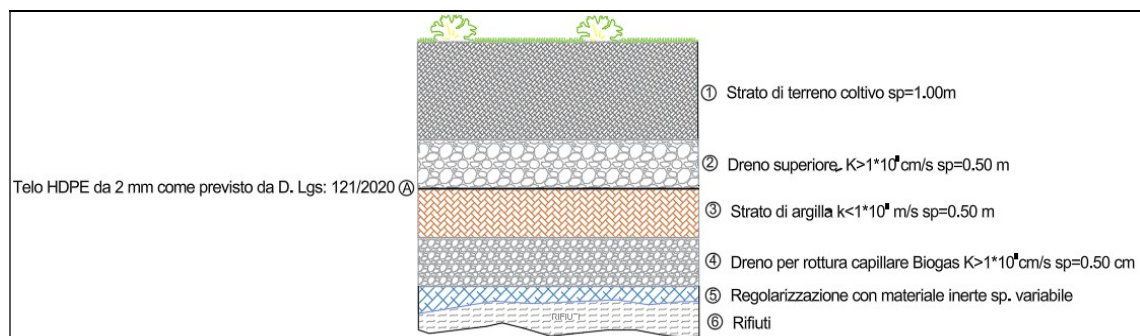
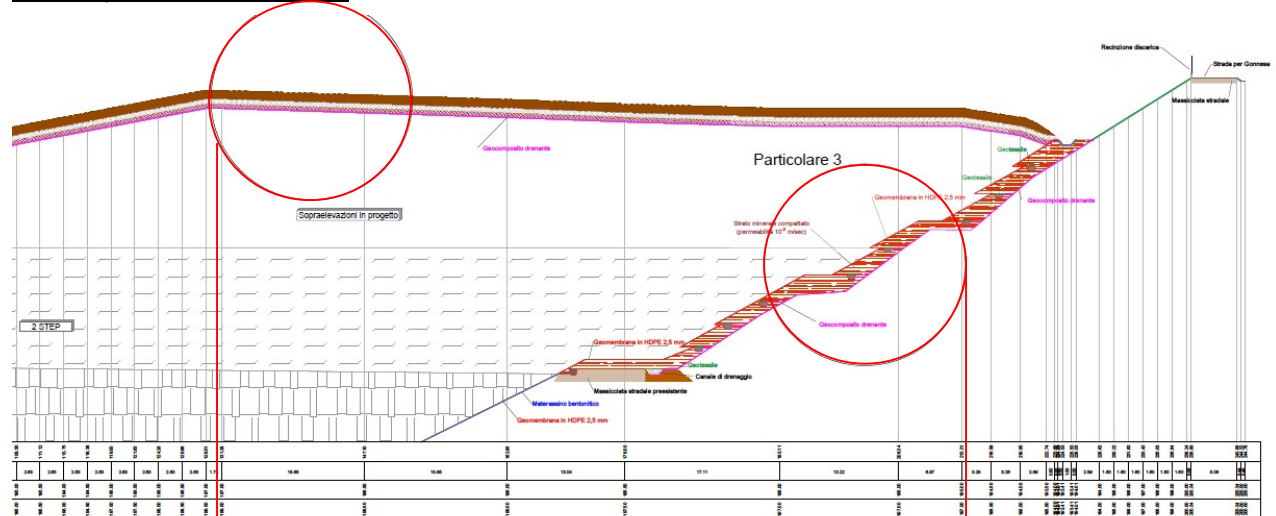


Le immagini di seguito indicate, mostrano la sezione tipo in direzione Nord- Sud e alcuni particolari costruttivi.

Sezione tipica N-S argini a Sud

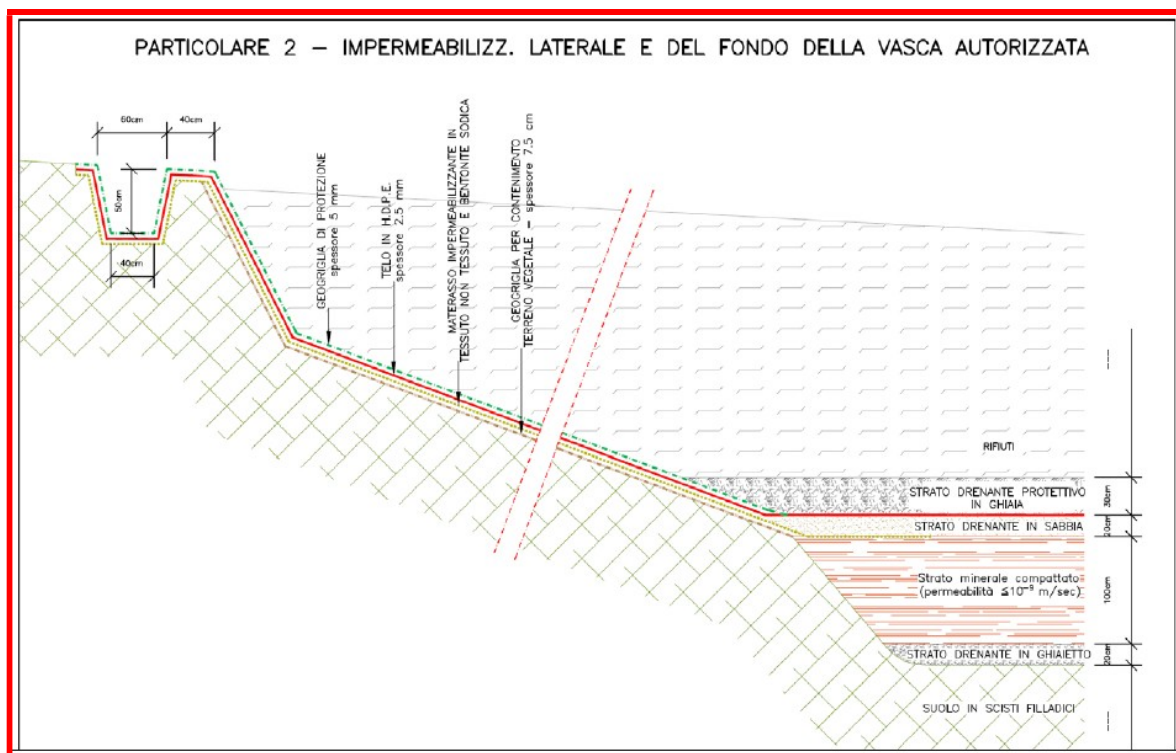


Sezione tipica N-S Versante a Nord

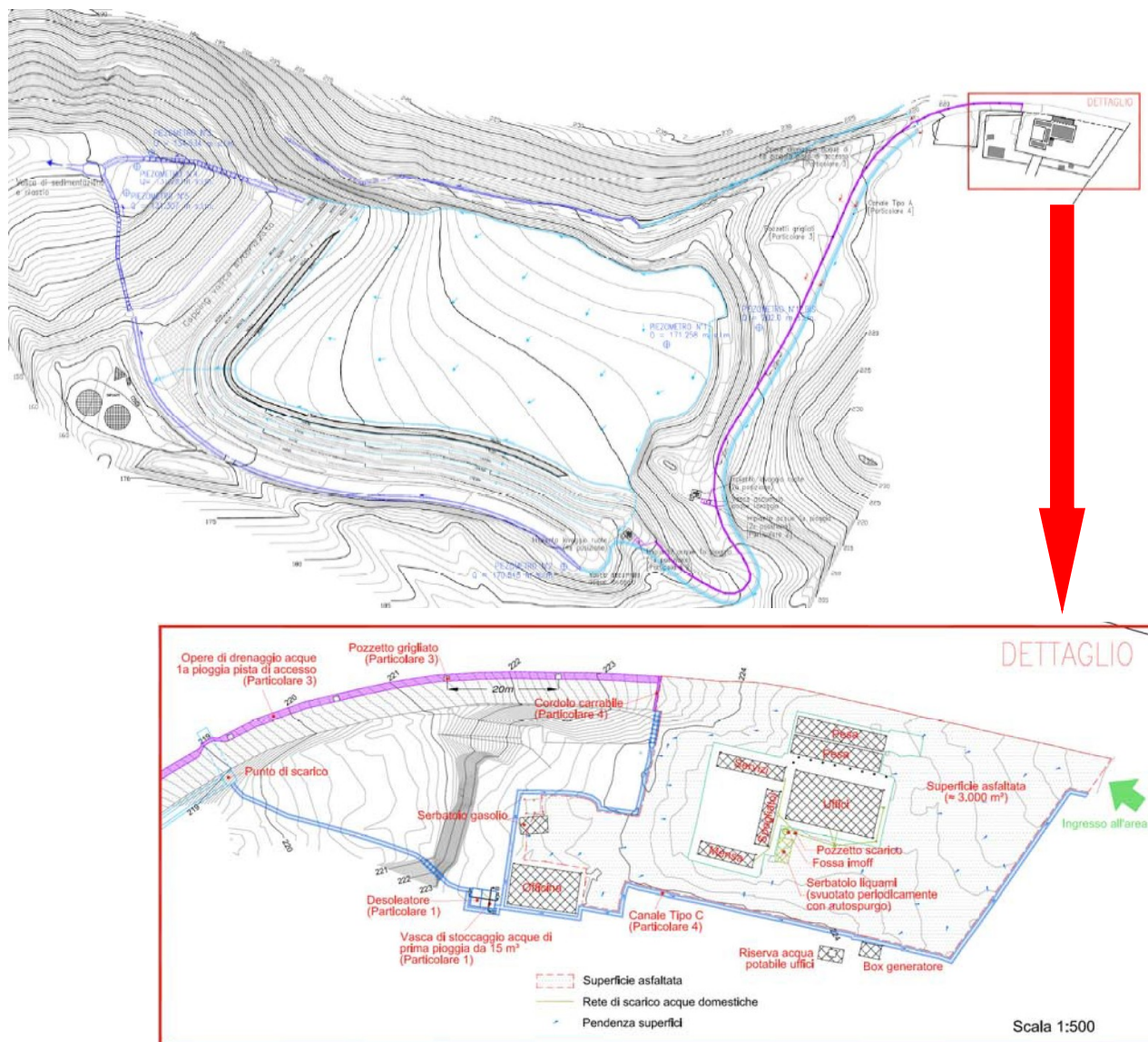


Le immagini di seguito indicate, mostrano invece, la sezione tipo in direzione versanti nord e est con alcuni particolari costruttivi.

Sezione tipica di versante a Nord e Est



Di seguito si mostra la planimetria generale di gestione delle acque meteoriche con la planimetria di dettaglio.



L'ampliamento di cui sopra, è stato differito fino all'inizio del 2017 con la costruzione del primo argine di sopraelevazione e delle opere connesse (riprofilatura del versante nord, opere di regimazione e trattamento acque meteoriche e spostamento impianto lavaggio ruote).

Il progetto esecutivo di tali opere in conformità con il progetto definitivo, ha previsto una serie di variazioni migliorative (non sostanziali) di diverse opere che, pur comportando un sensibile incremento di costi, hanno consentito di ottimizzarne gli aspetti costruttivi e funzionali.

Le variazioni apportate sono state le seguenti:

- per migliorare la stabilità e la sicurezza, il versante nord su cui era previsto solamente il disaggio dei materiali instabili, è stato oggetto invece di una riprofilatura generale per l'intera altezza interessata dall'ampliamento complessivo e dalla realizzazione di n. 2 berme intermedie;
- per migliorare la stabilità del segmento centrale del versante nord è stata realizzata la sopraelevazione della gabbionata esistente;

- sui versanti a nord e ad est, al posto dello strato di materiale drenante sciolto previsto a contatto del terreno naturale, tenuto conto dell'acclività dei versanti, è stato posato un geocomposito drenante, di conseguenza, è stato eliminato, in quanto ritenuto superfluo, il materassino bentonitico originariamente previsto di separazione tra lo strato di materiale drenante sfuso e lo strato a bassa permeabilità soprastante, che manterrà le caratteristiche originarie;
- per favorire un miglior smaltimento delle acque meteoriche durante la fase di esercizio della discarica, viene mantenuto lo scarico esistente nel compluvio tra i versanti nord ed est, previo intubamento del canale attuale a cielo aperto e costruzione di appositi pozzetti di derivazione ed ispezione e di uno sbarramento in terra a monte del compluvio;
- al fine di facilitare le operazioni di rullatura e costipazione dei materiali, in favore della stabilità, è stata aumentata la sezione degli argini sud ed ovest,
- per ottimizzare:
 - l'integrazione degli argini sud ed ovest rispettivamente con i versanti est e nord,
 - l'accesso alle nuove vasche di sopraelevazione e
 - la gestione dell'area di lavaggio ruote

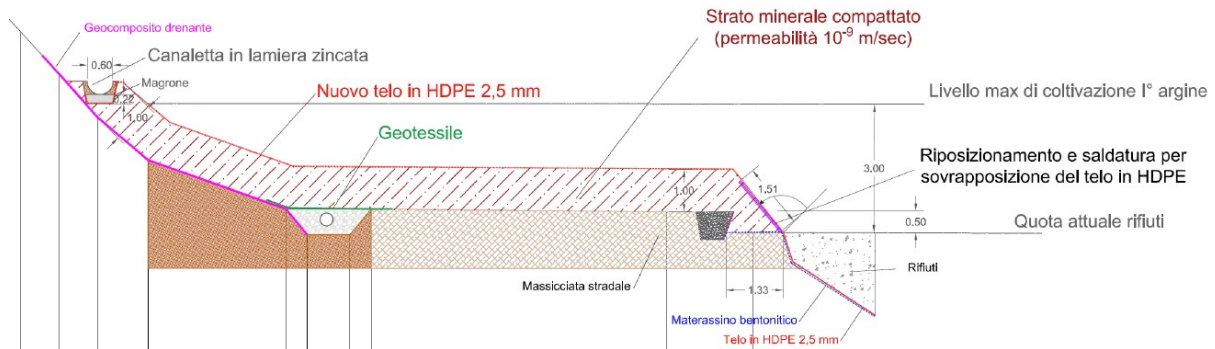
è stato rettificato lo sviluppo degli argini in prossimità del loro innesto sui versanti in roccia, con trascurabile perdita di volumetria utile.

- sul paramento esterno degli argini sud ed ovest, è stato inserito uno strato di materiale drenante, dello spessore di metri 0,50, tra il corpo dell'argine e lo strato di terra vegetale, posato successivamente alla costruzione del 2° argine di sopraelevazione, in conformità a quanto previsto dal D. Lgs. 36/03;
- al fine evitare cedimenti differenziali, la fondazione dell'argine ovest (tutta) e degli angoli sud-est e sud-ovest dell'argine sud è stata rinforzata con rete elettrosaldata;
- a protezione della fondazione dell'argine ovest in prossimità (verso W) dello stesso, è stata realizzata una trincea drenante;
- al fine di accelerare la costruzione e limitare le interferenze del cantiere con l'attività di conferimento dei rifiuti, il canale di raccolta delle acque meteoriche corrente a monte della pista di collegamento tra l'area servizi e l'area di smaltimento, originariamente previsto in cls "gettato in opera" e rivestito in pietrame, è stato realizzato in elementi prefabbricati metallici zincati, aventi analoghe caratteristiche idrauliche. Per lo stesso motivo, la costruzione delle caditoie di raccolta delle acque meteoriche trasversali alla stessa pista è stata realizzata con elementi prefabbricati in cls vibrocompresso.
- la condotta interrata di raccolta delle acque meteoriche sulla pista di accesso alla discarica, nei tratti più ripidi, è stata interrotta con l'interposizione di 2 pozzetti accoppiati di sedimentazione e rallentamento del flusso e protetta per tutta la lunghezza da una soletta in cls armato, anziché da un cordolo longitudinale.

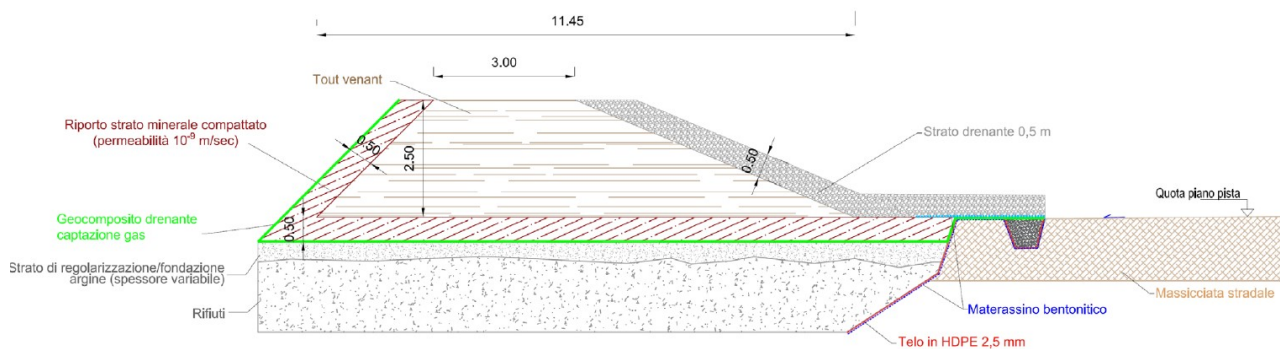
A fronte delle modifiche apportate con il progetto esecutivo, le caratteristiche costruttive delle opere principali costituenti il primo argine di sopraelevazione ed opere connesse, sono riportate nelle figure che seguono.

L'immagine che segue, mostra la sezione-tipo di impermeabilizzazione della pista e addossamento versante nord ed est.

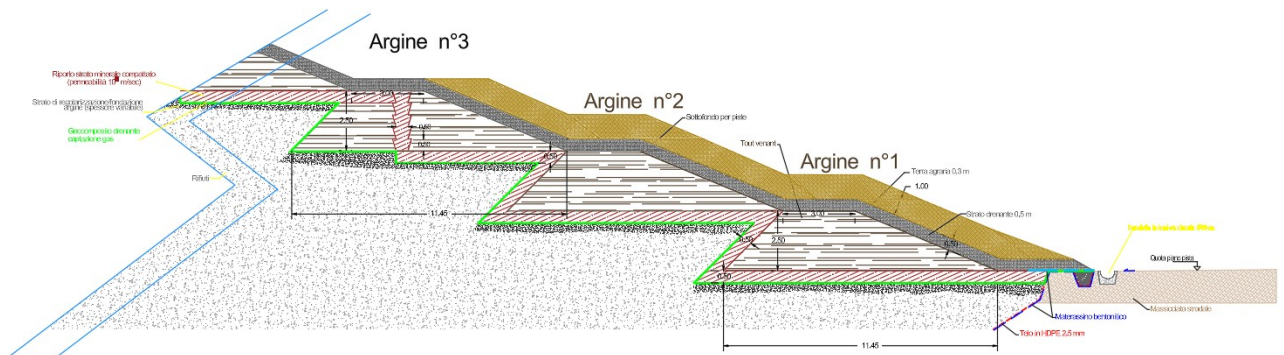
Chiusura con telo in HDPE e
saldatura fra telo vecchio e nuovo



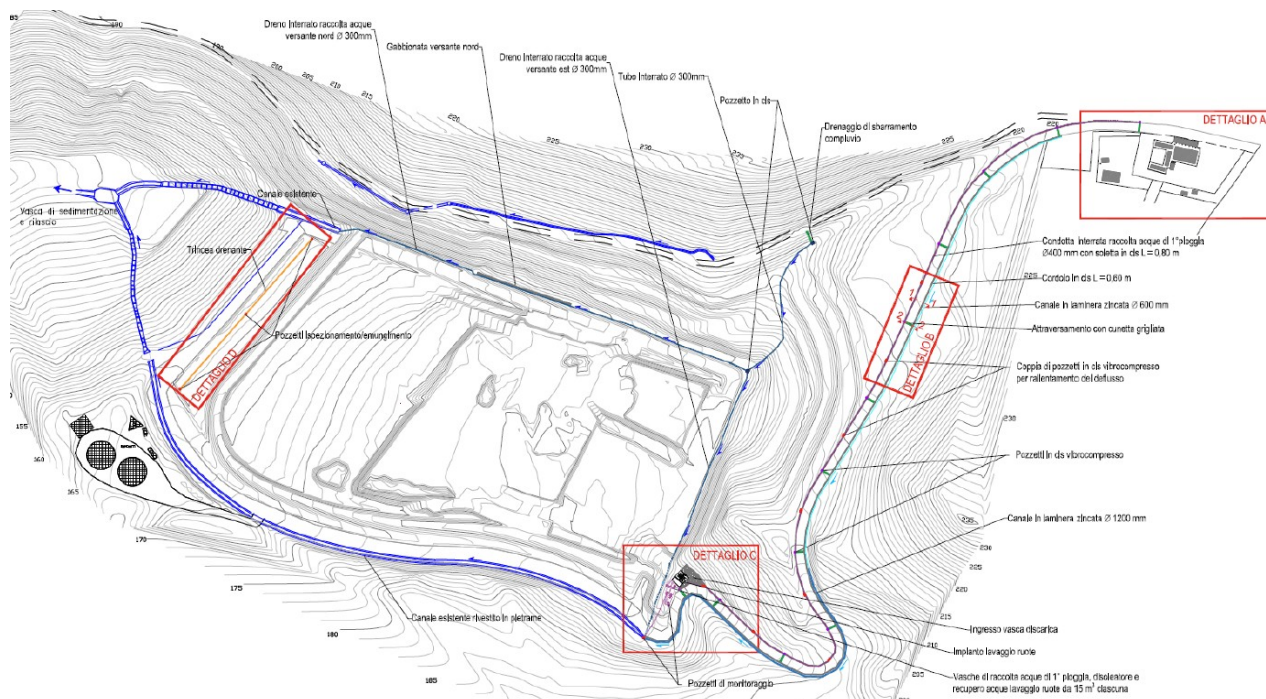
L'immagine che segue, mostra la sezione-tipo degli argini sud ed ovest per il primo e secondo argine,



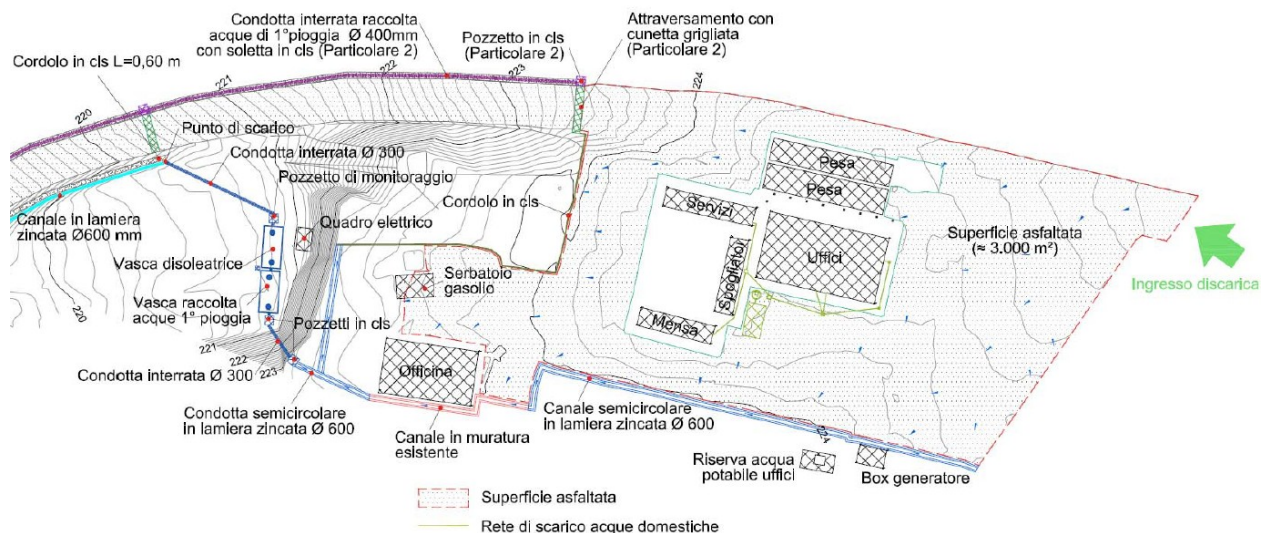
Mentre dal terzo la sezione si differenzia per la modifica sul paramento interno dove non viene effettuato il riporto dello strato minerale perché inserito nel taglione centrale al corpo dell'argine.



L'immagine che segue, mostra la planimetria delle opere di regimazione delle acque meteoriche e di drenaggio.

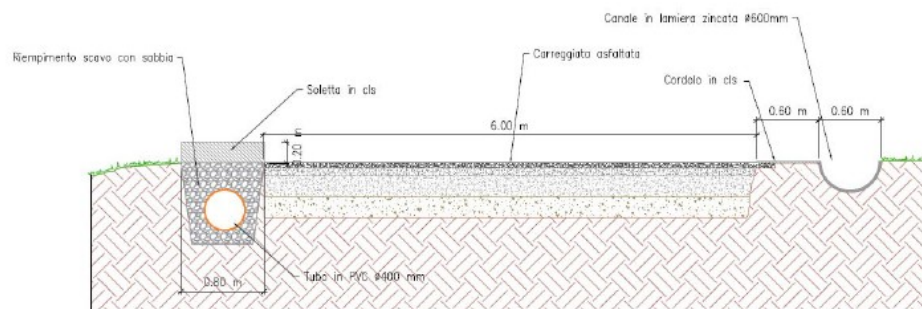


La successiva immagine, mostra il dettaglio A, in cui è contenuta la planimetria che indica il drenaggio delle acque meteoriche di 1ª pioggia del piazzale di servizio.

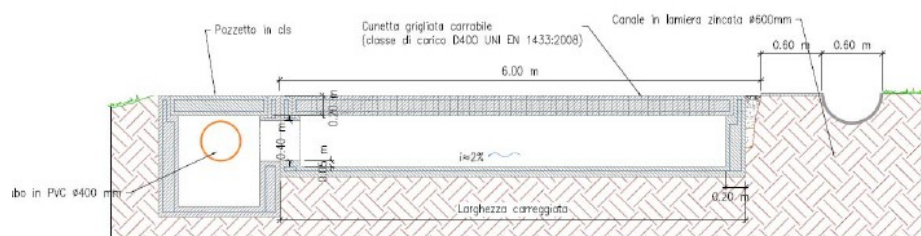


Le immagini seguenti, sono riferite al dettaglio B e riguardano i particolari della regimazione delle acque, in sequenza le sezioni 1-1 e 2-2 della pista di accesso e la planimetria della cunetta grigliata con pozzetto.

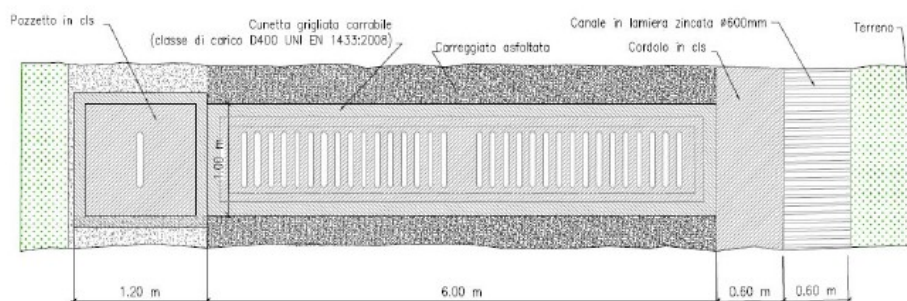
Sezione 1-1 della pista di accesso



Sezione 2-2 della pista di accesso



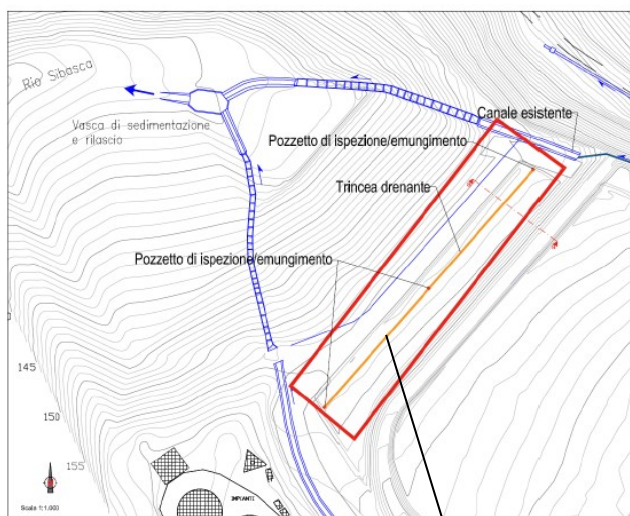
Planimetria cunetta grigliata con pozzetto



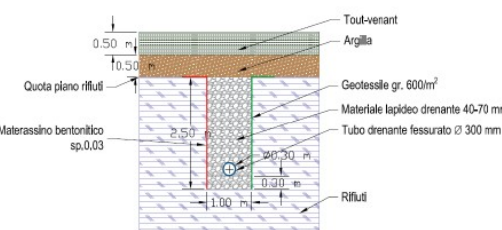
La successiva immagine, che riguarda il dettaglio C, mostra la planimetria dell'area dell'impianto delle acque di 1^a pioggia pista e impianto lavaggio ruote.



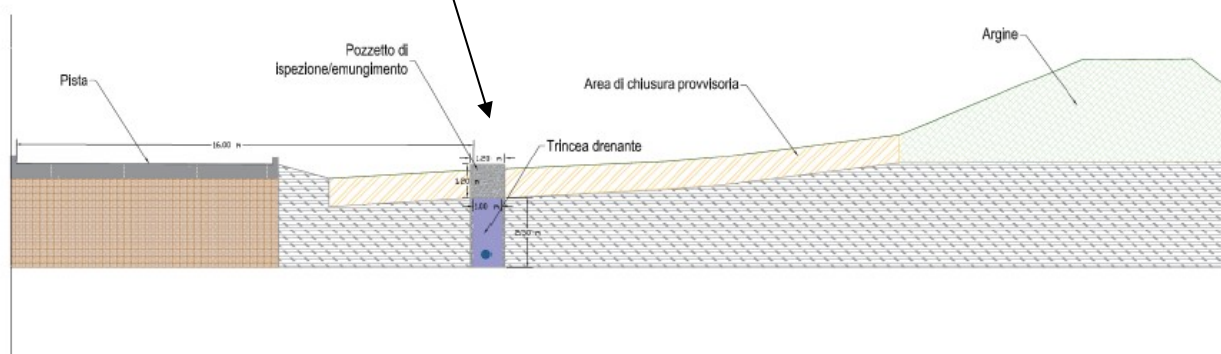
La successiva immagine, che riguarda il dettaglio D, mostra la planimetria, i dettagli della trincea drenante e la sezione A-A.



Particolare trincea drenante



Scala 1:100



Gli argini successivi al primo, per quanto concerne gli aspetti costruttivi, sono stati realizzati in analogia al primo, adottando le migliori sopra descritte.

Contestualmente alla costruzione del secondo argine di sopraelevazione, in relazione ad un aumento dei conferimenti, è stato rimesso in esercizio anche il vecchio impianto di lavaggio ruote, ubicato sul vertice sud ovest della discarica, al fine di garantire un adeguato trattamento in tempi rapidi ai mezzi in uscita dall'impianto.

A tal fine è stata realizzata una pista di servizio, di raccordo tra l'impianto e la sommità del secondo argine di sopraelevazione, che è stata progressivamente prolungata nella costruzione dei successivi argini.

3.7.3 Fase 3 (argini 6 e 7)

Questa fase riguarda l'ampliamento con la costruzione ed esercizio del 6° e 7° argine in sopraelevazione e successivo rimodellamento morfologico sommitale, per una volumetria aggiuntiva di circa 286.000 m³ netti.

Anche questo insiste prevalentemente sull'impronta della vasca autorizzata, i cui requisiti di impermeabilità sono stati esaminati in precedenza e che, sulla base dei monitoraggi pregressi, devono considerarsi efficienti.

Per tale motivo, non si sono previste ulteriori strutture di confinamento del piano di posa e nuove opere di drenaggio del percolato.

Anche questi argini di sopraelevazione, per la loro posizione planimetrica (realizzati sull'impronta della vasca esistente), costituiscono anche la parziale copertura (capping) della vasca originaria, per cui le loro caratteristiche costruttive, per quanto attiene i materiali e relativi spessori, così come riportati nei paragrafi successivi rispondono di fatto ai requisiti previsti dal D.Lgs. n. 36/03.

La costruzione degli ulteriori argini di sopraelevazione è avvenuta sostanzialmente in analogia con quanto fatto in fase di realizzazione del 1° e 2° argine, recependo così le migliori apportate con la progettazione esecutiva degli stessi, come descritta in precedenza.

Come in precedenza, l'imposta del 6° e 7° argine è avvenuta sui rifiuti compattati ad una quota di – 0,50 metri rispetto alla sommità dell'argine precedente.

I 2 nuovi argini sono stati realizzati con criteri costruttivi e materiali analoghi a quelli adottati per i precedenti 5 argini autorizzati, ad eccezione delle migliori indicate in precedenza.

L'unica differenza dei nuovi argini rispetto ai precedenti è consistita nella loro maggiore altezza (e conseguentemente sezione), pari a metri 4,0, anziché metri 3,0.

Il capping è stato traslato sui rifiuti ad esaurimento della volumetria del 7° argine, adeguatamente modellati per ottimizzarne i profili longitudinale e trasversale di progetto.

Al fine di limitare la pendenza longitudinale (ovest-est) della superficie sommitale di chiusura della discarica a causa delle sopraelevazioni, è stato previsto, lungo il lato ovest del corpo di discarica, un contrafforte, tra il 6° e 7° argine, tale da consentire una riduzione della pendenza.

La costruzione è avvenuta contestualmente all'abbancamento dei rifiuti nella vasca formata dall'argine precedentemente costruito e l'argine successivo è stato posato sui rifiuti compattati già abbancati.

Per consentire la sequenza costruttiva in progressione, una volta completata la costruzione di un argine, lungo il suo perimetro interno, per una larghezza di circa 20 metri (> dell'impronta di un argine) sono stati

abbancati e compattati in strati omogenei rifiuti aventi caratteristiche geotecniche tali da poter fungere da fondazione dell'argine successivo fino alla quota di -0,50 metri rispetto alla sommità dell'argine esistente.

Al termine della costruzione del 7° argine, lungo il lato ovest della discarica, è stato realizzato il contrafforte di cui sopra, con lo stesso criterio costruttivo degli argini.

La pendenza media complessiva dei nuovi argini (insieme dei 7 argini) è di circa 14°.

Le opere create e le loro caratteristiche tecniche e dimensionali sono descritte nei paragrafi seguenti.

3.7.3.1 Opere sui versanti nord ed est

3.7.3.1.1 Riprofilatura/disgaggio dei versanti

Lungo il lato nord ed est i rifiuti saranno addossati ai versanti naturali esistenti, riprofilati nella fascia interessata dalle nuove sopraelevazioni e interessati da interventi di disgaggio di masse instabili sulla parte superiore del versante.

3.7.3.1.2 Regimazione delle acque e drenaggi sul versante nord

Come per gli argini precedenti autorizzati, anche per il 6° e 7° argine, a partire dalla cavità lasciata dalla rimozione della canaletta metallica temporanea precedentemente posta sulla berma sommitale dell'ultimo argine costruito, rimossa in fase di costruzione dell'argine successivo, e per un'altezza non inferiore a metri 4,0 e comunque di poco superiore all'altezza del nuovo rilevato, è stato posato un geocomposito drenante.

Il geocomposito è stato ancorato al terreno lungo il suo lembo superiore mediante chiodatura con tondini di ferro uncinati ad un estremo, mentre il lembo inferiore è stato immerso nella canaletta anzidetta, posato sullo strato di magrone di ancoraggio del telo in HDPE dell'argine precedente e trattenuto dal materiale drenante di riempimento della canaletta stessa, posato in quantità tale da colmare la cavità residua.

3.7.3.1.3 Preparazione della fondazione del rilevato e dell'area di movimentazione macchine operatrici

Per ogni rilevato di sopraelevazione, in prossimità del bordo vasca, costituito dalla sommità del rilevato precedente, lungo i lati nord ed est, per una larghezza non inferiore a metri 5,0 i rifiuti compattati hanno raggiunto una quota non superiore a metri -0,50 rispetto al bordo vasca stesso.

Durante la costruzione, in seguito alle verifiche geotecniche, si è reso necessario il riporto di materiale lapideo grossolano da rullare "a rifiuto" e/o la stesa di rete elettrosaldata, laddove la portanza dei rifiuti è risultata insufficiente a garantire la stabilità del manufatto soprastante ($q < 1,50 \text{ kg/cm}^2$ o $M_d < 150$).

Sui rifiuti così preparati, è stato steso uno strato di sabbione/stabilizzato di regolarizzazione di circa metri 0,20 per una larghezza di metri 4,0-5,0, adeguatamente rullato, su cui è stata stesa una geomembrana in HDPE, compresa tra due geosintetici non tessuti di grammatura non inferiore a 600 g/m^2 .

Sul pacchetto multistrato sintetico è stato steso un ulteriore strato di sabbione/stabilizzato dello spessore di circa metri 0,30 rullato.

3.7.3.1.4 Posa materiale a bassa permeabilità

Nonostante la presenza di rocce a bassa permeabilità ed i rilevati della discarica siano impostati su un piano inclinato, l'impermeabilizzazione del versante è avvenuta con la posa di uno strato di argilla compattata dello spessore minimo di metri 1,0 (permeabilità $K = 1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$).

L'impermeabilizzazione di questi versanti è avvenuta contestualmente alla costruzione dei corrispondenti argini sud ed ovest ed è andata avanti per fasce/gradoni successivi di altezza di circa 2,5 - 4,0 metri.

Per ottimizzare la posa dell'argilla vista l'acclività, questa è stata posata con la tecnica cosiddetta "dell'abete".

In pratica, vista in sezione, la barriera geologica artificiale è costituita dall'argilla poggiate sul geocomposito drenante, a forma trapezia, con la base maggiore, poggiate sui rifiuti.

La sezione adottata consente una idonea compattazione degli strati con i mezzi da cantiere.

Ultimate le operazioni preparatorie di cui al punto precedente, si è effettuata la posa dello strato minerale a bassa permeabilità addossato ai versanti nord e est a formare un rilevato di larghezza variabile al piede, al fine di ottenere alla quota sommitale di progetto del rilevato una berma di circa 2,5-3,0 metri di larghezza.

Il paramento verso l'interno della discarica ha una pendenza di circa 28°, mentre quello esterno ha seguito la pendenza del versante.

Il materiale è stato e rullato in strati successivi di spessore finito non superiore a metri 0,25.

Ultimato il riporto del materiale, si è effettuata la riprofilatura dello stesso garantendo uno spessore minimo di 1 metro ortogonalmente alla superficie del versante.

Il materiale di risulta è stato reimpiegato per la formazione del segmento successivo e/o per la costruzione degli argini sud ed ovest.

3.7.3.1.5 Posa geomembrana in HDPE

Ultimata la posa del materiale a bassa permeabilità, preliminarmente alla posa della geomembrana, sulla berma sommitale del rilevato in addossamento al versante, è stato realizzato uno scavo in sezione obbligata di circa metri 0,80x0,60 (per l'immorsamento del telo in HDPE) e la posa di una canaletta di raccolta delle acque del versante superiore.

Al fine di evitare ogni transito di mezzi sulla geomembrana posata, la posa della stessa è avvenuta in due fasi:

1. una prima striscia longitudinale, della larghezza di circa metri 6-7, posata prima del riporto del materiale a bassa permeabilità, a partire dalla sommità del rilevato esistente e stesa verso l'interno della vasca sul primo strato di sabbione/stabilizzato di riporto. Contestualmente alla geomembrana sono stati posati 2 geotessili di protezione della stessa (uno sopra ed uno sotto), di grammatura non inferiore a 600 g/m². Questa geomembrana è stata saldata per estrusione a quella preesistente (impermeabilizzazione dell'argine precedente) sulla berma superiore dello stesso, parallelamente al fosso di immorsamento. Successivamente, è stato steso e compattato il secondo strato di sabbione/stabilizzato. La geomembrana ed i due geotessuti di protezione, durante la stesa dell'argilla, sono fatti fuoriuscire lateralmente dal predetto materiale di riporto per almeno 0,50-0,80 metri verso l'interno della vasca, in una fascia non interessata dalla movimentazione dei mezzi d'opera;
2. la restante parte della geomembrana è stata posata successivamente alla posa e riprofilatura dell'argilla, mediante srotolamento dei teli lungo il paramento del nuovo rilevato. Il lembo superiore di ogni telo si è fatto aderire al fondo del fosso di cui al primo capoverso e fatto sporgere verso monte per almeno metri 0,40 ed ancorato nello stesso mediante getto di calcestruzzo a basso dosaggio (magrone), per uno spessore non inferiore a metri 0,30. Il lembo inferiore è stato unito alla fascia di

geomembrana di cui al precedente punto 1), opportunamente risvoltata sul materiale di protezione, mediante termosaldatura a doppia pista. Nela caso in cui si è optato per non posare la canaletta metallica temporanea, il lembo superiore della geomembrana è stato fissato al terreno mediante pioli metallici ad interasse non superiore a metri 1,0.

Operando in tal modo, si è garantita:

- la continuità dell'impermeabilizzazione tra la geomembrana di un argine e quella dell'argine successivo
- l'integrità della geomembrana durante le fasi di lavorazione.

3.7.3.1.6 Posa canaletta metallica

Completata la posa del materiale a bassa permeabilità in addossamento al versante ed ancorata la geomembrana nel fosso superiore del rilevato, nella sezione libera di scavo, è stata posata manualmente sul magrone di ancoraggio della geomembrana, una canaletta in lamiera zincata, di raccolta delle acque di ruscellamento defluenti da monte.

Tale canaletta è stata posta in modo tale che la pendenza non sia inferiore allo 0,5% rispettivamente verso ovest (quella sul lato nord) e verso sud-est (quella sul lato est).

La canaletta ha due sezioni differenti:

- diametro di metri 0,60 lungo il lato est e prima parte del lato nord,
- diametro di metri 1,20 lungo il secondo tratto del lato nord, a partire dalla confluenza con le canalette di versante.

Qualora sia prevista la costruzione delle sopraelevazioni in rapida successione, a discrezione della DL, la posa della canaletta metallica potrà essere evitata ed essere sostituita dalla chiodatura al terreno di versante del lembo superiore della geomembrana, come descritto nel precedente paragrafo 4.4.2.5.

3.7.3.2 Argini di sopraelevazione lati sud e ovest

3.7.3.2.1 Generalità

Nel seguito, con il termine "argine" si identificano tutte le componenti del rilevato di contenimento sui lati sud ed ovest e sua riqualificazione ambientale consistenti (in sequenza) in:

- regolarizzazione e livellamento dei rifiuti nell'area di sedime, mediante rullatura,
- costruzione, quando si è ravvisata la necessità, di fondazione in materiale lapideo grossolano rullato e costipato per formare il piano di imposta del rilevato,
- eventuale posa di rete elettrosaldata in funzione degli esiti delle verifiche geotecniche preventive,
- posa di geocomposito drenante (sulla fondazione),
- riporto di materiale a bassa permeabilità,
- costruzione del nucleo del rilevato in tout-venant,
- costruzione del setto di materiale a bassa permeabilità all'interno del corpo dell'argine,
- posa di geocomposito drenante sul paramento interno dell'argine,
- stesa dello strato di materiale drenante naturale su paramento esterno dell'argine.
- riporto della terra da coltivo e della stuoia pre-seminata sul paramento esterno dell'argine,

- costruzione della canaletta al piede del paramento esterno dell'argine,
- impianti arbustivi sul paramento esterno dell'argine.

La stesa di terra da coltivo sul paramento esterno di ogni argine di sopraelevazione e la costruzione del fosso al piede dello stesso, sono stati realizzati a completamento della costruzione dell'argine successivo.

3.7.3.2.2 Costruzione fondazione argini

La fondazione dell'argine è stata realizzata mediante il riporto, al di sopra dei rifiuti abbancati, di uno strato di materiale lapideo grossolano di spessore variabile, che è stato costipato "a rifiuto", fino a formare un piano omogeneo orizzontale, alla quota di metri -0,50 rispetto a quelle della sommità dell'argine precedente, nella stessa sezione.

In alternativa al materiale di riporto (inerte di cava), la fondazione è stata formata da rifiuti aventi le stesse caratteristiche meccaniche e di portanza, purché presenti in strato omogeneo di spessore non inferiore a metri 0.50 dopo costipamento "a rifiuto".

In seguito agli esiti delle verifiche geotecniche (prove su piastra) sui rifiuti rullati e compattati, sull'area di sedime dell'argine, a discrezione della D.L., si è in alcuni casi resa necessaria la stesa di rete elettrosaldata, almeno in corrispondenza delle sezioni in cui varia la tipologia dei rifiuti, laddove localmente la portanza dei rifiuti risultava insufficiente a garantire la stabilità del manufatto soprastante.

In ogni caso la fondazione deve garantire le seguenti condizioni geotecniche minime: $q < 1,50 \text{ kg/cm}^2$ o $M_d < 150$.

Il materiale lapideo grossolano di fondazione o suo surrogato è stato steso sui rifiuti sottostanti in strati non superiori a 0,30 metri e rullato.

L'operazione è stata ripetuta fino a quando il materiale è stato inglobato nel rifiuto sino "a rifiuto" o comunque fintanto che non si è raggiunta la portanza prevista dalle Specifiche tecniche.

Quando localmente si sono rilevate situazioni particolarmente critiche (ridotta portanza nonostante il consolidamento), la D.L. ha disposto la rimozione di parte dei rifiuti sottostanti ed il riempimento con materiale idoneo.

3.7.3.2.3 Posa geocomposito drenante di fondo e sul paramento interno

Per ogni argine, al fine di drenare eventuali formazioni di gas da discarica verso la superficie (improbabili data la tipologia di rifiuti abbancati, in generale privi di sostanza organica), sul piano di fondazione e sul paramento interno in materiale a bassa permeabilità è stato posizionato un geocomposito drenante.

Questa tipologia di materiale è realizzata mediante accoppiamento a caldo di una georete all'interno di due geotessili non tessuti.

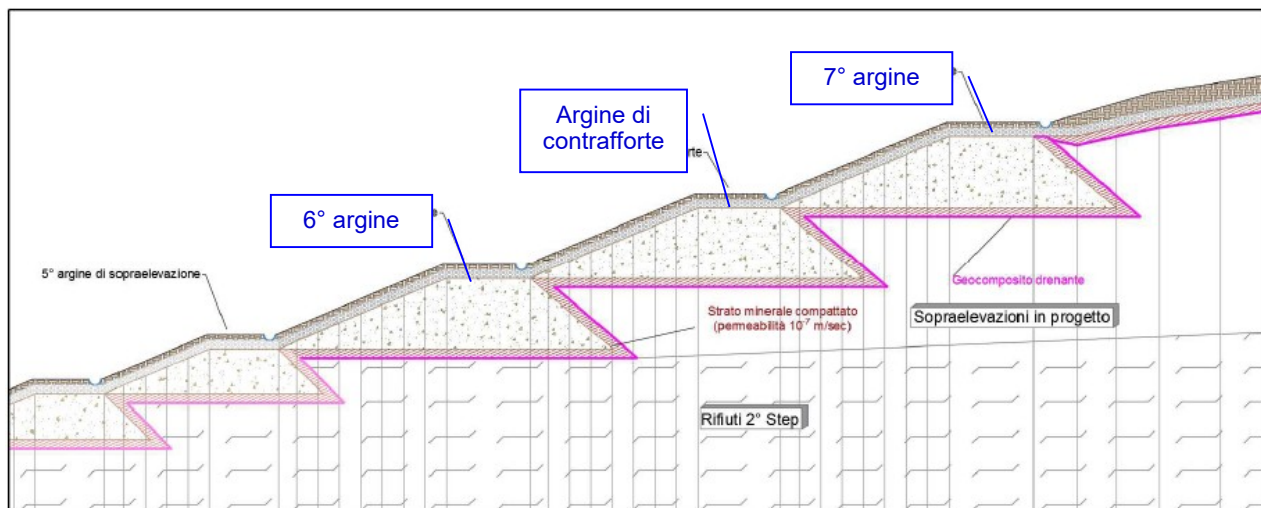
L'accoppiamento di geotessili (azione filtrante) e georeti (distribuzione dei carichi e drenaggio) offre un sistema completo di filtro-dreno-protezione.

La propria struttura interna, conferisce inoltre al geocomposito, alcune caratteristiche peculiari, come:

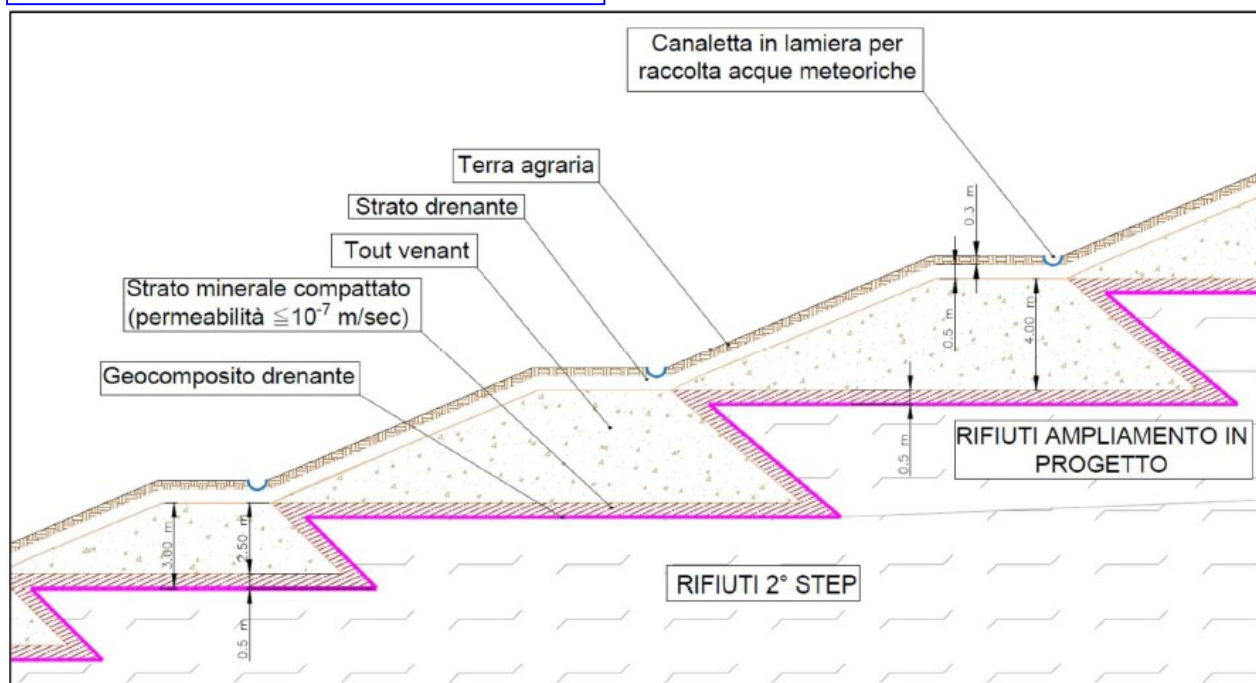
- la capacità di mantenere un'elevata portata idraulica nel piano a lungo termine;
- la capacità di resistere ad elevati carichi di compressione a lungo termine;
- la capacità di fornire un'adeguata resistenza allo scivolamento.

Sullo strato di fondazione o, dove presente, sopra la rete elettrosaldada, è stato posizionato il geocomposito drenante su tutta l'area di impronta del nuovo argine.

Tale geocomposito è stato risvoltato sul paramento interno dell'argine, a completamento della costruzione, senza soluzione di continuità e provvisoriamente fissato con pioli metallici in corrispondenza della sommità dell'argine, come mostrano le figure seguenti.



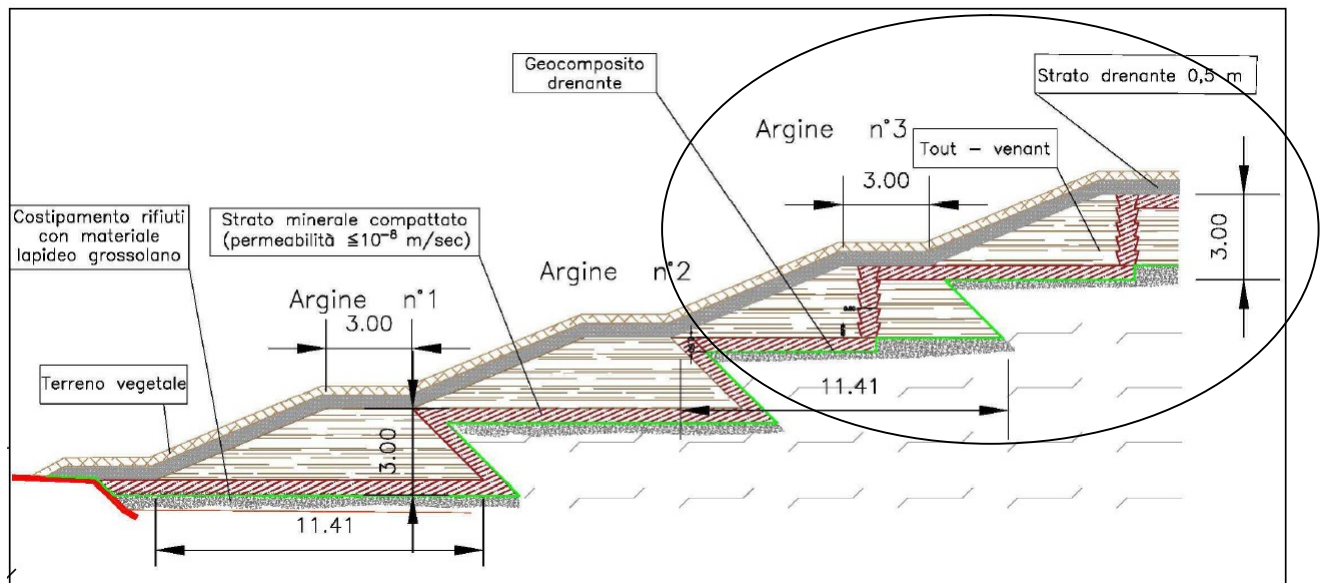
Particolare della costruzione del 6° e 7° argine



3.7.3.2.4 Costruzione del corpo dei rilevati

Posato il geocomposito drenante, come previsto al punto precedente, su di esso è stato steso e compattato, in strati successivi non superiori a metri 0,25 finiti, lo strato di minerale a bassa permeabilità ($K \leq 1 \cdot 10^{-6}$ cm/s) dello spessore complessivo di metri 0,50.

Successivamente, il nucleo centrale dell'argine realizzato con materiale terroso (toutvenant) opportunamente compattato in grado di offrire un'adeguata resistenza geotecnica, integrato con un diaframma di materiale a bassa permeabilità dello spessore minimo di metri 0,50 posto in asse alla sezione dell'argine e collegato con l'analogo materiale di fondazione, al fine di garantire la continuità dello strato di materiale a bassa permeabilità, come indicato nella figura seguente.



La sequenza operativa è stata la seguente:

1. stesa dell'argilla sul sedime del nuovo argine (metri 0,50),
2. costruzione del corpo dell'argine in tout-venant per uno spessore massimo di metri 0,30,
3. scavo di una trincea assiale di pari profondità e larghezza maggiore di metri 0,50,
4. riempimento della trincea con argilla, ed infine
5. rullatura/compattazione dell'intera superficie.

I parametri geometrici medi del corpo del rilevato sono i seguenti:

- spessore strato basale a bassa permeabilità: metri 0,50;
- altezza del nucleo: metri 3,5 a partire dalla quota superiore dello strato a bassa permeabilità;
- base maggiore argini sud: metri 18 circa;
- base minore di tutti gli argini: metri 3,00;
- spessore del diaframma impermeabilizzante assiale: > 0,5 metri;
- paramento esterno: scarpa di 3:2;
- paramento interno: scarpa di 1:1.

La variante non sostanziale relativa alla struttura degli argini futuri già autorizzati (3°, 4° e 5° argine), fu approvata dalla provincia del Sud Sardegna con determinazione n° 24 del 23 gennaio 2019, poi adottata anche per il 6° e 7° argine.

La differenza tra la struttura degli argini 3°, 4° e 5° e 6° e 7° consiste in quanto segue:

- soluzione per il 3°, 4° e 5° argine: la continuità dello strato a bassa permeabilità era ottenuta attraverso lo strato di argilla posto sotto l'impronta del rilevato e lo strato posto sul paramento interno dello stesso;

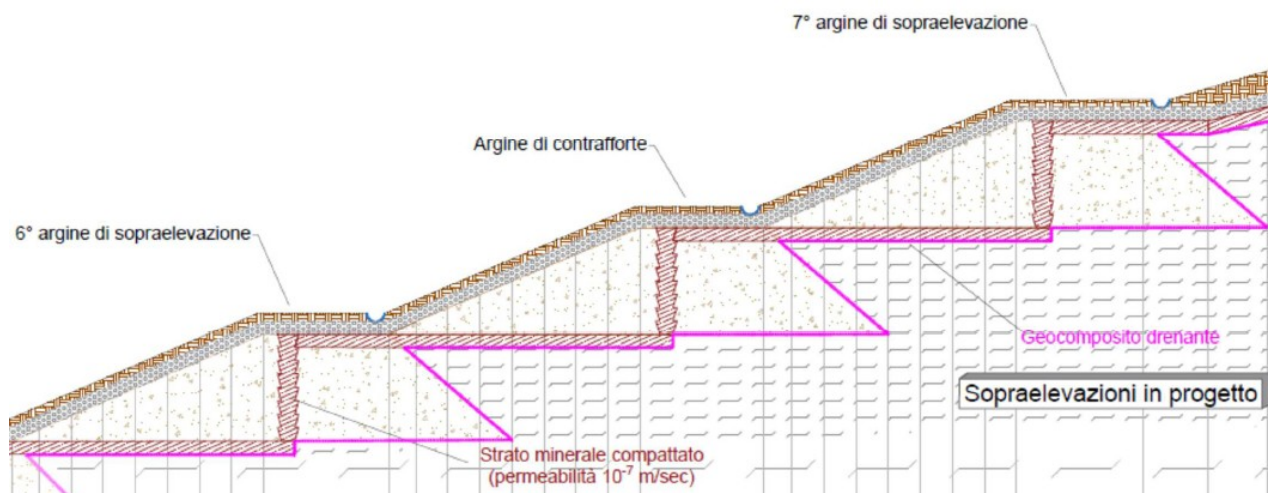
- soluzione per il 6° e 7° argine: la continuità dello strato a bassa permeabilità è ottenuta attraverso lo strato di argilla posto sotto l'impronta del rilevato in continuità con il diaframma di argilla realizzato verticalmente nel corpo del rilevato.

La soluzione progettuale adottata per la costruzione dei primi due argini di sopraelevazione, pur in linea con la norma e con gli aspetti ambientali, ha dimostrato alcune criticità sotto l'aspetto organizzativo, sia del cantiere di costruzione, sia di gestione operativa della discarica.

Infatti:

- la necessità di disporre di uno spessore di argilla non inferiore a metri 3,0 di larghezza sul paramento interno dell'argine per poterla compattare in sicurezza con un adeguato rullo compressore, impone la stesa di una bancata di argilla di molto superiore a quella effettivamente necessaria (spessore 3,0 metri contro gli 0,5 metri necessari a compattazione avvenuta) e successiva riprofilatura del paramento. Questa operazione, comporta una perdita di materiale (sfridi) e maggiori tempi e costi operativi;
- le anomale condizioni meteo-climatiche, con aumento della frequenza e della intensità delle precipitazioni, hanno causato un rallentamento significativo dell'operatività del cantiere, creando una un lasso di tempo non sufficientemente anticipata tra la costruzione dei nuovi e le esigenze di abbancamento dei rifiuti;
- le modalità costruttive degli argini originariamente previste, non consentono l'addossamento dei rifiuti al corpo dell'argine, fintanto che questo non sia ultimato con il riporto dell'argilla sul paramento interno, comportando la necessità di una rilocalizzazione a ridosso dell'argine dei rifiuti con le migliori caratteristiche geotecniche, su cui fondare l'argine successivo, solo dopo la loro ultimazione.

Pertanto per ovviare agli inconvenienti di cui sopra, si era proposto alla Provincia del Sud Sardegna di sostituire lo strato a bassa permeabilità previsto sul paramento interno dell'argine con un diaframma in argilla con le stesse caratteristiche di permeabilità previste nel progetto autorizzato, posizionato all'interno del corpo stesso dell'argine e posto in continuità con gli strati a bassa permeabilità posti alla base di due argini successivi, senza soluzione di continuità, come mostra l'immagine seguente:



Operativamente, il progetto approvato per la costruzione del 6° e 7° argine ha pertanto previsto la seguente sequenza operativa per quanto concerne la posa del materiale a bassa permeabilità:

1. stesa dell'argilla sul sedime del nuovo argine (metri 0,50);
2. costruzione del corpo dell'argine in tout-venant per uno spessore massimo di metri 0,30
3. scavo di una trincea assiale di pari profondità e larghezza maggiore di metri 0,50;
4. riempimento della trincea con argilla;
5. rullatura/compattazione dell'intera superficie.

La variazione consente, pur nel pieno rispetto di tutti i parametri costruttivi previsti dal D. Lgs. 36/03, oltre che le ottimizzazioni delle criticità sopra elencate, anche una miglior garanzia in termini di efficacia della barriera a bassa permeabilità, in quanto:

- la rullatura dell'argilla per strati, all'interno della sezione della trincea scavata nel corpo dell'argine, garantisce migliori condizioni di compattazione, rispetto ad una rullatura in sezione aperta;
- a differenza della soluzione originaria, in cui l'argilla compattata rimaneva temporaneamente esposta al rischio di dilavamento/erosione da parte delle precipitazioni meteoriche, fintanto che non fossero addossati i rifiuti all'argine o fosse fissato sul paramento interno dello stesso il geocomposito drenante previsto (contestualmente all'addossamento dei rifiuti), nella soluzione proposta viene evitato questa possibile causa di deterioramento della barriera a bassa permeabilità.

3.7.3.2.5 Stesa materiale drenante

Al termine della costruzione del corpo dell'argine, sul paramento esterno dello stesso è stato steso uno strato di materiale lapideo drenante di pezzatura 40-70 mm, dello spessore di metri 0,50.

Tale strato è stato esteso su tutta la berma sommitale dell'argine precedente, in continuità con quello steso sul paramento esterno dello stesso.

3.7.3.2.6 Pista di accesso a impianto lavaggio ruote

Per consentire anche l'utilizzo dell'originario impianto di lavaggio ruote posto sul vertice sud ovest della vasca, nel caso di fermata del nuovo impianto o per separare i flussi di mezzi in uscita dalla vasca, in caso di concentrazione dei conferimenti, è stata costruita una pista in terra di raccordo tra la sommità dell'ultimo argine di sopraelevazione e l'accesso alla piattaforma di lavaggio esistente.

Tale pista, è stata progressivamente prolungata contestualmente alle sopraelevazioni, con una pendenza di circa 14%.

Il corpo del rilevato è stato realizzato in tout-venant rullato, con strato superficiale in stabilizzato di cava dello spessore minimo di metri 0,30.

Questa pista è utilizzata esclusivamente per i mezzi in uscita dalla vasca.

Il raccordo tra la quota dei rifiuti presenti in vasca e la sommità dell'ultimo argine di sopraelevazione costruito, è realizzato con una rampa costituita da rifiuti depositati, aventi caratteristiche idonee.

3.7.3.2.7 Stesa terra da coltivo

Al termine della stesa dello strato di drenante naturale sul paramento esterno e sommitale di ogni ordine di argine di sopraelevazione, sullo stesso è stato steso e regolarizzato uno strato di terreno agrario di coltivo dello spessore (ad assestamento avvenuto) non inferiore a metri 0,30.

3.7.3.2.8 Rinaturalizzazione degli argini

Successivamente alla stesa della terra vegetale, sul paramento esterno di ogni argine di sopraelevazione (esclusa la berma sommitale) sono state impiantate le specie arbustive previste dal progetto definitivo originariamente autorizzato, con una densità media di circa 1 pianta ogni 50 m² di superficie, secondo un sesto casuale e naturaliforme, secondo le indicazioni della D.L..

Le specie impiantate sono le seguenti:

- Cisto (*Cistus monspeliensis*),
- Mirto *Myrtus communis*,
- Lentisco (*Pistacia lentiscus*),
- Corbezzolo (*Arbustus unedu*).

Successivamente all'impianto delle specie, tutta la superficie è stata inerbita mediante semina a spaglio di un miscuglio di specie erbacee autoctone, impiegato in quantità non inferiore a 40 g/m².

I miscugli sono i seguenti:

- miscugli commerciali tipo "Gallura" o
- altri miscugli idonei per prati-pascolo locali nei quali siano comprese,
 - tra le leguminose: *Trifolium pratense*, *Trifolium subterraneum*, *Medicago sativa*, *Medicago lupulina*, Sulla,
 - tra le graminacee: *Agrostis stolonifera*, *Festuca spp.*, *Lolium perenne*, *Medicago lupulina*,
 - il miscuglio è indicativamente composto da: 60% di graminacee e 40% di leguminose.

3.7.3.2.9 Viabilità

La viabilità principale interna all'impianto, non ha subito modifiche dopo la costruzione del primo argine di sopraelevazione, si è unicamente creato il prolungamento, a ridosso del 6° e 7° argine sud, delle piste rispettivamente di accesso/uscita all'area di conferimento, a partire dalla strada principale asfaltata, in prossimità del nuovo impianto di lavaggio ruote e di uscita verso il vecchio impianto di lavaggio ruote.

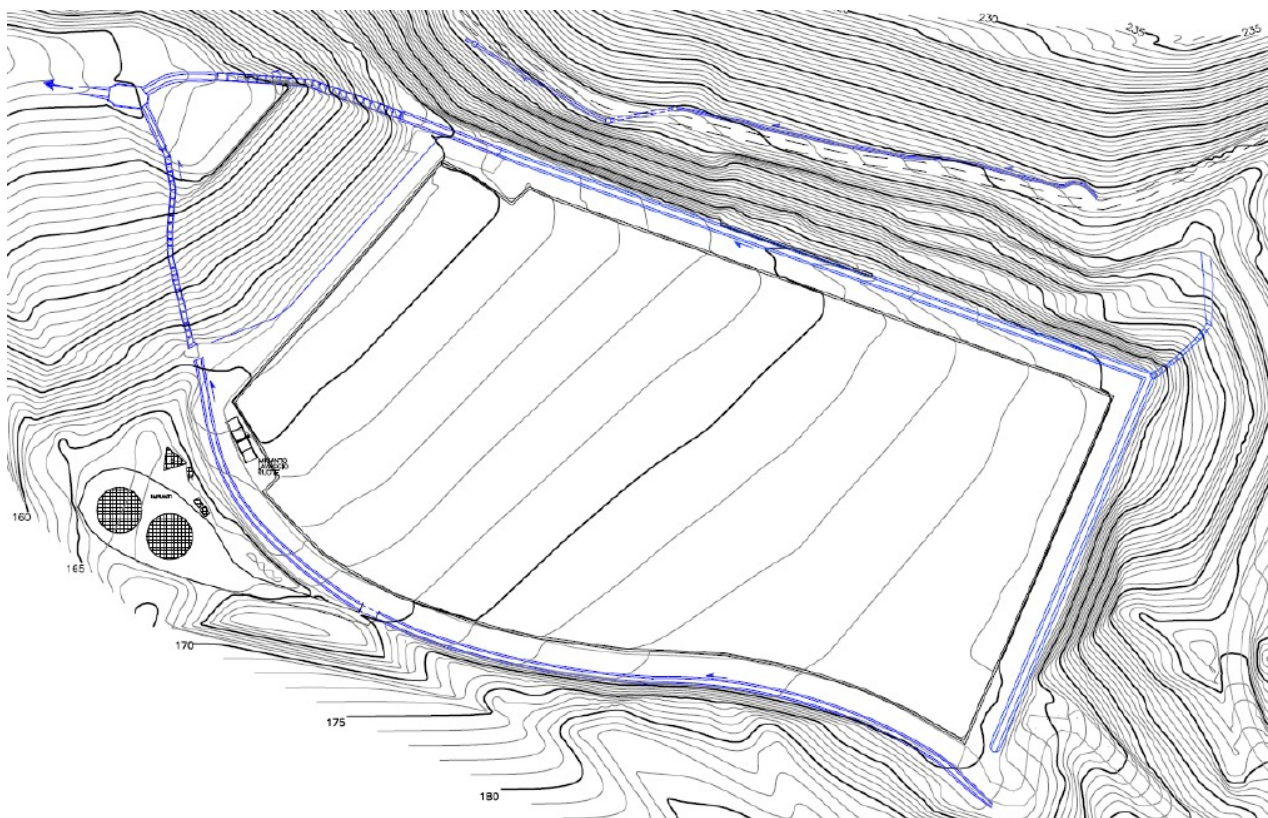
A completamento del sistema di viabilità, si è creata sulle berme di ogni argine una pista rinverdita per la manutenzione.

Le due piste di cui sopra, intercettando le berme sommitali di tutti gli argini, fungono anche da piste di raccordo tra queste.

3.7.3.2.10 Gestione e regimazione acque meteoriche

3.7.3.2.10.1 Situazione originaria del sistema di smaltimento acque meteoriche

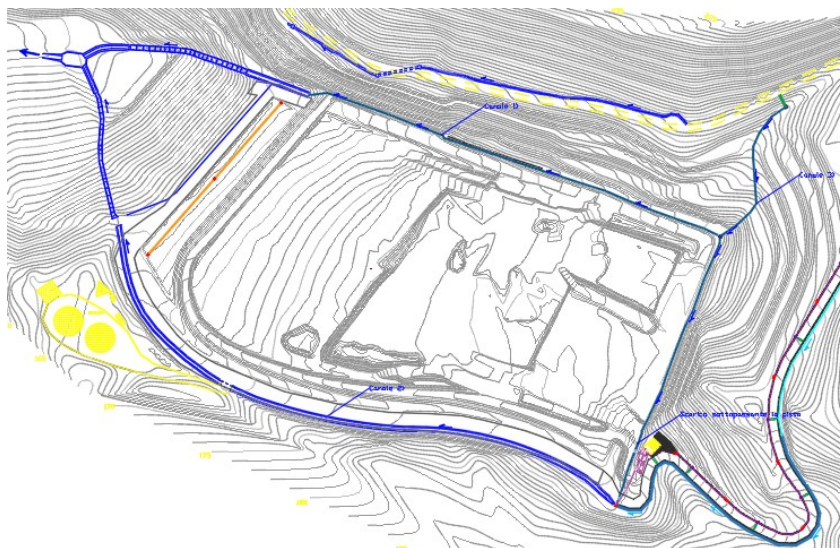
Originariamente il sistema di raccolta delle acque meteoriche in colore blu nell'immagine seguente, era costituito da:



1. un canale di gronda in cls rivestito in pietra, ubicato lungo la pista sud di coronamento della vasca;
2. n° 2 canali di gronda in cls posti al piede rispettivamente dei versanti nord ed est, tra questi e la pista di coronamento della vasca;
3. un canale in cls a sezione trapezia, parzialmente rivestito in pietrame e con salti di fondo per ridurre la pendenza, di captazione delle acque provenienti da est, ubicato in corrispondenza della linea d'impluvio tra i versanti nord ed est, confluyente nel punto di origine dei due canali precedenti, in prossimità dello spigolo N-E della vasca;
4. n° 2 canali di collegamento tra l'estremo ovest dei predetti canali 1) e 2) e la vasca di sedimentazione ubicata a valle dell'argine principale;
5. un fosso in terra corrente a monte della pista principale di accesso alla vasca, innestato in testa al canale 1);
6. un fosso in cls a sezione trapezia, ubicato lungo la strada per Gonnese, tra la carreggiata stradale ed il versante soprastante.

3.7.3.2.10.2 Descrizione delle opere realizzate (contestualmente alla costruzione del primo argine di sopraelevazione)

Le modificazioni morfologiche generate dai vari ampliamenti, hanno portato a ridefinire il sistema di regimazione delle acque superficiali.



- **Canali lungo le piste nord ed est**
Questi canali originariamente a cielo aperto, contestualmente alla costruzione del primo rilevato nord ed est sono stati trasformati in trincee drenanti mediante posa di una tubazione fessurata di fondo immersa in materiale lapideo anidro e separata dal soprastante rilevato in argilla mediante stesa di un geotessile. In queste trincee interrato è immorsato il geocomposito drenante posto tra il terreno naturale del versante ed il soprastante rilevato in argilla. In esse confluiscono, sia le acque di drenaggio dei versanti, sia le acque scaricate dal canale 3). La trincea nord scarica, al suo estremo ovest, nel canale di collegamento alla vasca di sedimentazione e la trincea est scarica, al suo estremo sud, nel canale 1), attraverso un tubo sottopassante la pista di accesso alla vasca, in prossimità del nuovo impianto di lavaggio ruote.
- **Canale nel compluvio nord-est**
Poiché questo canale, se lasciato a cielo aperto, avrebbe interferito con la costruzione dei rilevati di sopraelevazione lungo la linea di intersezione dei versanti nord ed est, lo stesso è stato sostituito con una tubazione interrata, posata all'interno dell'originario manufatto, che congiunge un pozzetto di captazione a monte, direttamente connesso con un arginello di sbarramento del compluvio, con le trincee 2) nel loro punto di origine (vertice nord-est).
- **Canale a monte pista di accesso alla vasca**
Il canale inizia a valle del piazzale di servizio presso l'ingresso dell'impianto. Per il dimensionamento della sezione del canale, è stato preventivamente definito il bacino idrografico della superficie complessiva di 0,21 km². Considerando i parametri indicati nel precedente paragrafo si è calcolata una portata da smaltire corrispondente a 2,64 m³/s e le conseguenti caratteristiche dimensionali dell'opera, che consentono una portata smaltibile di 2,80 m³/s, garantendo comunque un franco di sicurezza tra il bordo del canale e la lama d'acqua. Secondo il progetto approvato (2012), questo fosso in terra sarebbe dovuto essere ottimizzato sostituendolo, sullo stesso tracciato, con un canale in cls rivestito in pietra, analogamente al canale 1) con cui si congiunge. In fase di realizzazione del primo argine di sopraelevazione, al fine di contenere i tempi di costruzione, coerentemente con quelli assegnati dalla provincia del Sud Sardegna per l'esecuzione delle opere, il manufatto cementizio è stato sostituito da

una tubazione in elementi metallici semicircolari prefabbricati e zincati, posati su fondo naturale e rinfiacati con terra, previo scavo di adeguamento della sezione del fosso esistente, in alternativa alla tipologia prevista dal progetto definitivo approvato. Sulla base delle differenti caratteristiche e parametri geometrici ed idraulici (sezione, scabrezza, velocità di deflusso, ecc.) dei materiali costruttivi impiegati rispetto a quelli previsti dal progetto approvato, è stata verificata l'equivalenza funzionale della nuova soluzione progettuale assegnando i seguenti diametri:

- tratto di monte, della lunghezza di metri 340 circa: diametro metri 0,80;
- tratto di valle, della lunghezza di metri 312: diametro metri 1,20.

- Canalette temporanee

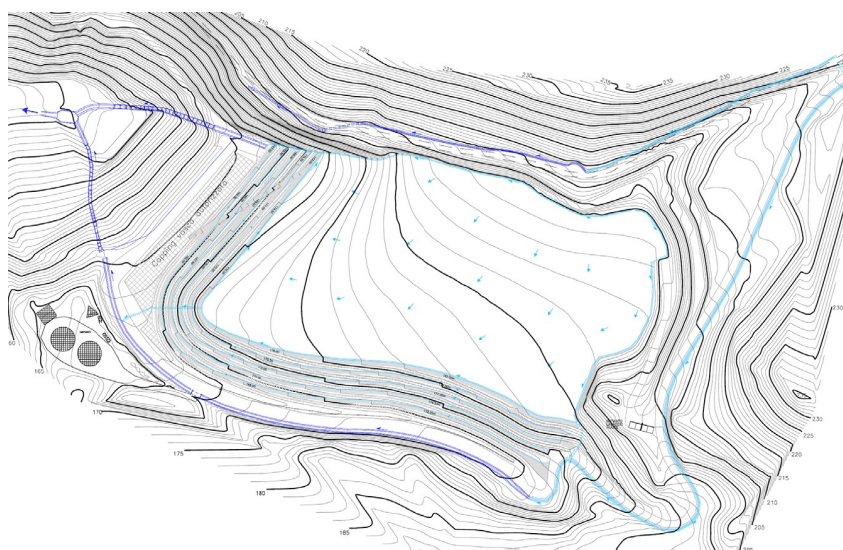
Durante la progressione delle sopraelevazioni, al fine di evitare anche minimi ruscellamenti di acque provenienti dai versanti nord ed est soprastanti, all'interno del corpo di discarica e di raccogliere le acque di drenaggio del geocomposito drenante posato sul versante (sotto l'argilla) sono state realizzate sulla berma sommitale dell'ultimo rilevato costruito, delle canalette temporanee in lamiera zincata, posate nel fosso di immorsamento della geomembrana in HDPE. Queste canalette in elementi metallici semicircolari prefabbricati e zincati, della sezione di 0,60 metri, sono state rimosse prima di procedere alla costruzione del rilevato successivo e trasformate in trincee drenanti, analogamente a quanto descritto per i canali 2). Per il dimensionamento di tali canalette è stato considerato un bacino di riferimento corrispondente per una superficie di circa 0,02 km².

- Canalette permanenti

Sugli argini di sopraelevazione sud ed ovest, sono state realizzate, al piede di ogni scarpata esterna dell'argine (berma sommitale dell'argine precedente) delle canalette raccordate al sistema principale di smaltimento tramite embrici, con la funzione di raccogliere e smaltire le acque di ruscellamento dalla scarpata sopstante evitando eventuali fenomeni di erosione localizzata.

- Canaletta di chiusura

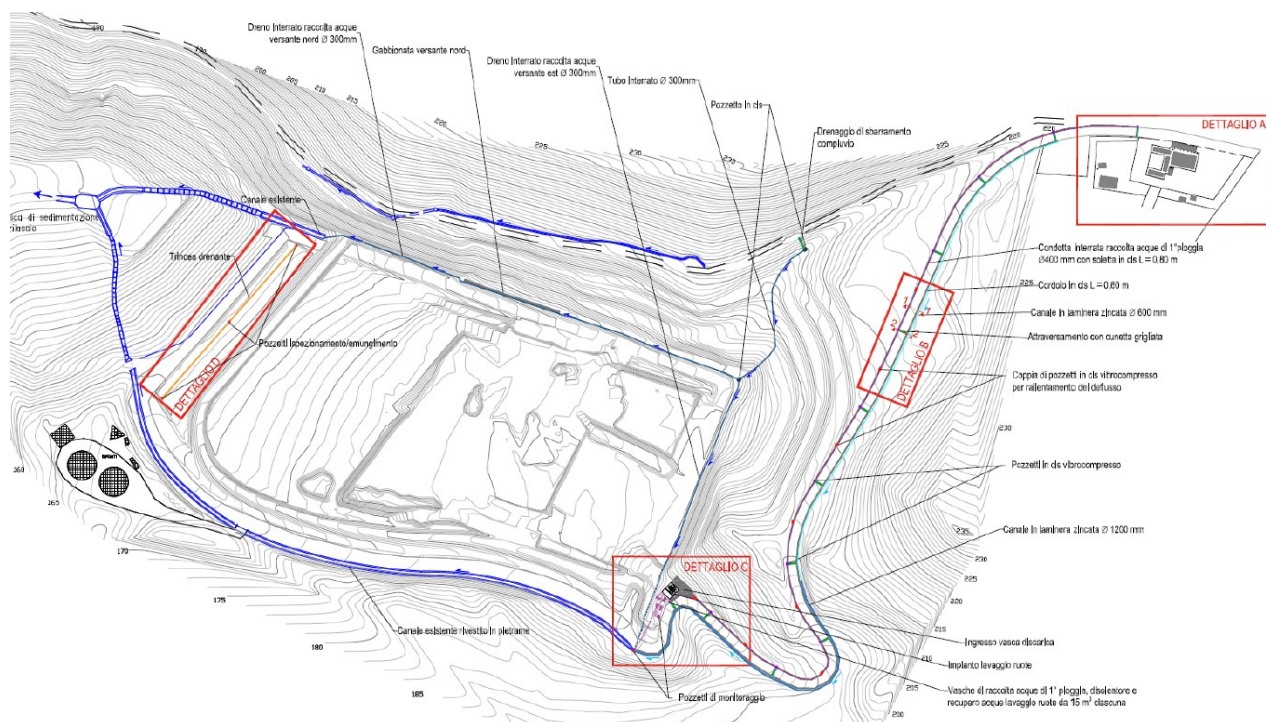
A completamento del sistema di regimazione delle acque superficiali, in fase di chiusura della discarica si realizzerà una canaletta lungo tutto il perimetro nord ed est del capping sommitale. Il tracciato della canaletta, da realizzarsi a chiusura della discarica, come indicato nella figura seguente.



Le acque provenienti dai versanti nord ed est ed in parte dalla superficie della discarica dopo la sua chiusura verranno intercettate e raccolte dalla canaletta di coronamento. Per il dimensionamento di questa canaletta, è stato considerato un bacino di riferimento pari ad una superficie di circa 0,03 km².

3.7.3.2.10.3 Gestione acque di prima pioggia

La regimazione delle acque meteoriche avviene attraverso due impianti di convogliamento, raccolta e trattamento delle acque di prima pioggia realizzati contestualmente alla costruzione del primo argine di sopraelevazione, come indica l'immagine seguente:



- il primo realizzato a servizio del piazzale uffici e servizi, interessato per lo più dal passaggio degli automezzi in entrata ed uscita dalla discarica (nella zona della pesa ponte), dal parcheggio delle auto dei dipendenti (in prossimità del fabbricato uffici) e dal parcheggio e manutenzione dei mezzi operanti nell'impianto (nei pressi del fabbricato officina;
- il secondo a servizio della pista principale di accesso alla discarica (interessata quindi dal passaggio dei mezzi adibiti al trasporto dei rifiuti), per uno sviluppo di circa 600 metri e carreggiata utile pari a circa 6,00 metri.

Impianto piazzale uffici

L'area servita da questo impianto ha pendenza sia da nord verso sud, sia da est verso ovest, pertanto:

- parte delle acque incidenti su questa superficie defluiscono naturalmente verso il lato sud del piazzale, dove sono intercettate da una canaletta e
- parte defluiscono verso ovest dove vengono intercettate dalla prima cunetta drenante della pista di accesso alla discarica e trattate nell'impianto ad essa dedicato.

Nello specifico, le opere di drenaggio sono costituite da:

- un canale in lamiera zincata a sezione semicircolare (diametro metri 0,60) con sviluppo perimetrale lungo il lato sud dell'area, in grado di smaltire ampiamente portate di colmo di 20 l/m²/h, delimitato da

un cordolo in cls armato di separazione dal piano di calpestio del piazzale, dotato di fori di scarico dell'acqua (barbacani). Tale canale è posato in un letto di cls a basso dosaggio (magrone) dello spessore minimo di metri 0,20 sul fondo e lateralmente fino al piano della pavimentazione del piazzale. In corrispondenza di un attraversamento carrabile, il canale è ricoperto per metri 6,00 da una griglia carrabile (UNI ENI 24D400 GJS 500/17). Il canale, dello sviluppo di metri 70 circa confluisce nel canale in cls preesistente, collegato tramite tubazione in PVC ad un pozzetto prefabbricato da metri 1,20 x 1,20 e da qui, con una seconda tubazione, alla vasca di prima pioggia;

- un canale in lamiera zincata a sezione semicircolare (diametro metri 0,60) posto al limite ovest del piazzale e collegato ortogonalmente al precedente. Tale canale è posato direttamente in terra, previo scavo ed adeguatamente rinfiancato con magrone.
- un impianto di trattamento costituito da:
 - una vasca volano, prefabbricata in cls vibro-compresso, di capienza pari al volume delle A.P.P. generatisi su piazzale, non inferiore a 15 m³, in grado di accumulare il refluo da trattare, dotata di chiusino di dimensioni tali da consentire lo spurgo dei sedimenti accumulati, comunicante con la sezione di disoleazione e dotata a monte di pozzetto di deviazione delle acque di seconda pioggia e relativa valvola di deviazione a galleggiante;
 - una sezione di disoleazione con filtro a coalescenza e otturatore a galleggiante, delle dimensioni nette di 1,70m x 3,00m x H 2,00m;
 - idonea attrezzatura elettromeccanica, comprendente: quadro elettrico, elettropompa sommergibile, sonda ecopluvio o pluviometro ubicata in prossimità dell'impianto. L'impianto è collegato mediante una tubazione interrata ad un pozzetto prefabbricato, che costituisce il punto di rilascio e campionamento per l'impianto delle A.P.P. e questo, con un'altra tubazione, è collegato alla testa del fosso di drenaggio delle acque meteoriche che si sviluppa lungo il lato sinistro (a scendere) della pista di accesso alla discarica.

Impianto pista principale.

Questo impianto è posto al servizio della discenderia principale di accesso all'area di stoccaggio rifiuti. Tale sistema è affiancato al nuovo impianto di lavaggio ruote previsto in discarica, in modo da permettere il riutilizzo delle acque chiarificate provenienti dall'impianto A.P.P..

Nello specifico, le opere di drenaggio sono costituite da:

- una serie di caditoie (n 13) poste trasversalmente alla pista, sempre con pendenza verso ovest non inferiore al 2%, collegate ai pozzetti di connessione con la tubazione di scarico. Tali caditoie sono realizzate con elementi prefabbricati in cls vibro pressato avente luce netta di metri 0,5 x 0,5 e spessore di metri 0,05, posati e rinfiancati con cls a basso dosaggio (magrone). Le caditoie sono chiuse con elementi grigliati carrabili di larghezza non inferiore a metri 0,70 x 0,70 (UNI ENI 24D400 GJS 500/17).
- una tubazione interrata in HDPE di Ø 400 mm annegata in un letto di sabbia, che si sviluppa per una lunghezza di circa 670 metri lungo il lato destro della pista di accesso alla discarica, collegata a pozzetti (v. oltre) ed alla vasca di prima pioggia posta a valle della condotta. La condotta è protetta

- superficialmente con una soletta in cls armato con rete metallica (maglia metri 0,20 x 0,20 – diametro 10 mm) e cordolo laterale (h metri 0,20), di larghezza di metri 0,80;
- da n° 13 pozzetti prefabbricati in cls vibrocompresso (metri 1,20 x 1,20) con relativo chiusino, con innesti a 3 vie (ingresso e uscita tubazione di scarico + ingresso scarico caditoia);
 - da n° 8 coppie di pozzetti prefabbricati in cls vibrocompresso (metri 1,20 x 1,20) con relativo chiusino, con innesti a 2 vie (ingresso e uscita tubazione di scarico), avente funzione di salto (rallentamento velocità di deflusso), ubicati nella mezzeria dei tratti più ripidi della condotta;
 - da una soletta in cls armato con rete metallica (maglia metri 0,20 x 0,20 – diametro 10 mm) e cordolo laterale (h m 0,20), di larghezza di metri 0,80 di protezione della condotta;
 - un impianto di trattamento costituito da:
 - una vasca volano prefabbricata in cls vibro-compresso, di capienza pari al volume delle A.P.P. generatisi su piazzale, non inferiore a 15 m³, in grado di accumulare il refluo da trattare, dotata di chiusino di dimensioni tali da consentire lo spurgo dei sedimenti accumulati, comunicante con la sezione di disoleazione e dotata a monte di pozzetto di deviazione delle acque di seconda pioggia e relativa valvola;
 - una sezione di disoleazione con filtro a coalescenza e otturatore a galleggiante delle dimensioni minime interne di interne 1,70m x 3,00m x H 2,00m;
 - idonea attrezzatura elettromeccanica, come previsto da specifiche tecniche: quadro elettrico, elettropompa sommergibile, sonda ecopluvio o pluviometro ubicata in prossimità dell'impianto;
 - una vasca di accumulo in uscita delle acque chiarificate (anch'essa di volumetria non inferiore a 15 m³), prefabbricata in cls vibro-compresso, che funge da serbatoio di stoccaggio, prima della caratterizzazione chimica, dello scarico delle acque trattate, dotata di pozzetto di campionamento;
 - una vasca di accumulo, (anch'essa di volumetria non inferiore a 15 m³), prefabbricata in cls vibro-compresso, di accumulo di quota parte delle acque di seconda pioggia, da riutilizzarsi per il lavaggio ruote o innaffiamento piste. Questa vasca è connessa, in ingresso, con la condotta di collegamento con il pozzetto scolmatore a monte della vasca di prima pioggia ed in uscita con il canale di scarico n. 1).

La posizione grafica dei presidi previsti è riportata nella figura precedente, i dettagli sono riportati nelle figure dei paragrafi precedenti.

3.7.3.2.11 Chiusura della discarica

La discarica, al termine della coltivazione, verrà chiusa mediante la realizzazione, sulla superficie sommitale dei rifiuti, del pacchetto multistrato di chiusura, pronto per la successiva rivegetazione.

La discarica secondo l'attuale progetto al termine del 7° argine, a coltivazione completata, raggiungerà la quota massima di 199,00 m s.l.m. ed avrà una superficie sommitale, di circa 3,5 ettari; in parte degradante dolcemente verso sud con una pendenza di circa il 19% ed un settore, degradante verso ovest con una pendenza massima di circa il 14%.

Tenuto conto che nella discarica non vengono smaltiti rifiuti putrescibili, per cui si esclude la produzione di gas, il pacchetto di chiusura prevede che lo strato di drenaggio e rottura capillare dei gas, così come previsto dal D.Lgs. 36/03 dello spessore di metri 0,50 di materiale lapideo drenante, in via del tutto

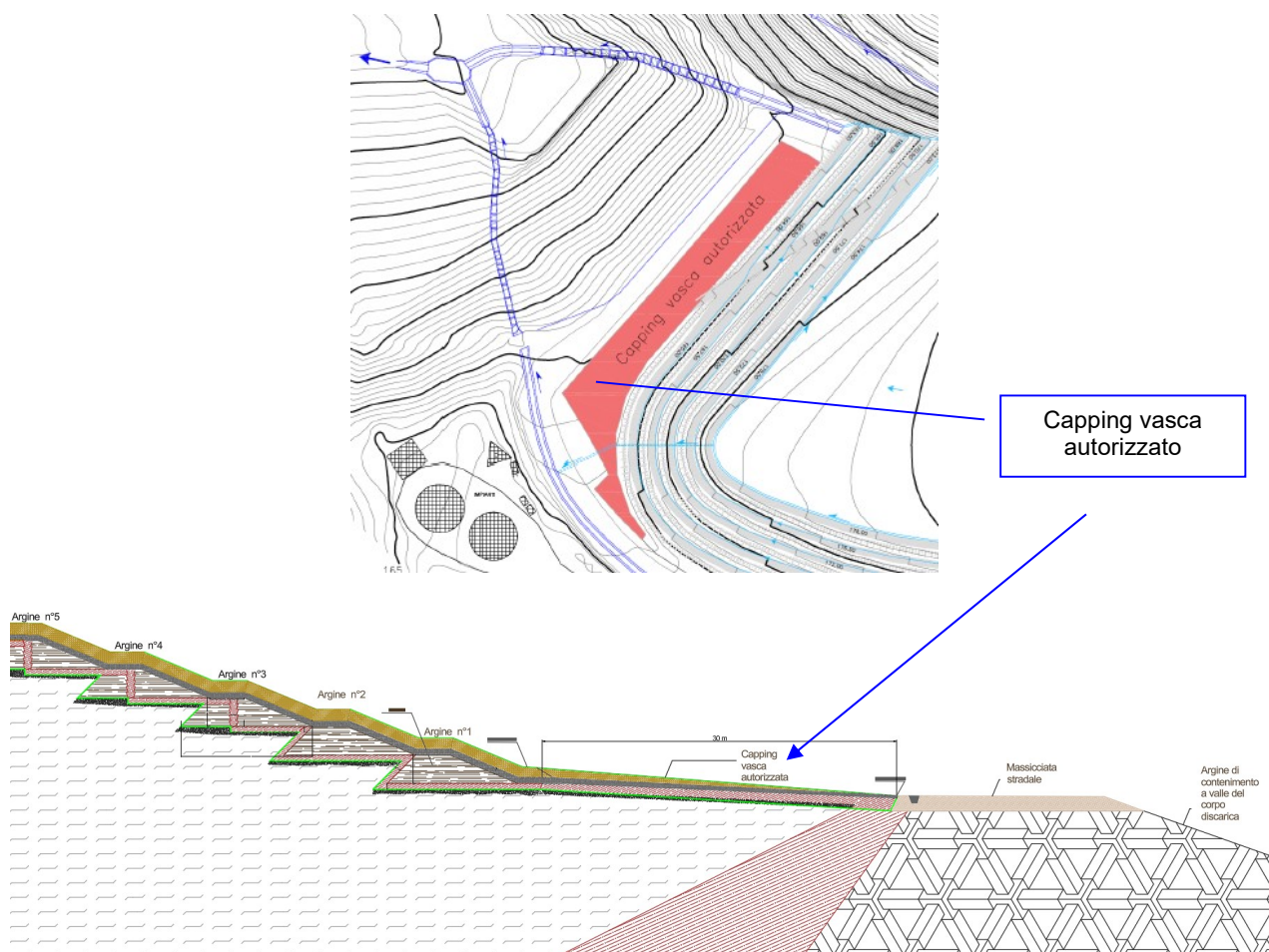
precauzionale, sia sostituito da un geocomposito drenante, in analogia e continuità con quanto previsto ed autorizzato sul paramento interno degli argini di sopraelevazione, che di fatto costituiscono parte integrante del capping.

Il pacchetto multistrato di chiusura previsto in progetto prevedeva, dal basso verso l'alto, i seguenti strati:

- strato drenante e di rottura capillare per dissipare eventuali formazioni di gas costituito da geocomposito drenante;
- strato minerale a bassa permeabilità ($k \leq 1 \times 10^{-8}$ m/s) di 0,50 metri;
- strato di materiale drenante di 0,50 metri per impedire la formazione di battente idraulico;
- strato di terreno vegetale di 1,0 metri.

Durante la realizzazione del primo argine di sopraelevazione, è già stata eseguita la chiusura della porzione ovest della vasca esistente non interessata dalle sopraelevazioni, compresa tra il piede del primo argine di sopraelevazione ovest e l'attuale pista di coronamento della vasca, come mostrano le immagini seguenti.

Tale chiusura è stata realizzata provvisoriamente secondo quanto previsto dalla richiamata determinazione della provincia del Sud Sardegna n. 209 del 21.07.2016, nelle more della realizzazione dell'impianto soprastante, dalla stessa autorizzato.



3.7.3.2.12 Sintesi del recupero ambientale

Le finalità degli interventi di recupero ambientale e riqualificazione paesaggistica previsti sono di tre tipi:

- ambientale,
- paesaggistico ed
- ecosistemico.

Gli interventi di recupero ambientale hanno riguardato le seguenti aree e sono stati in parte realizzati secondo quanto previsto dal Piano di Ripristino ambientale approvato e descritto nel seguito:

- a) scarpate degli argini di sopraelevazione di nuova realizzazione
- b) area sommitale della discarica
- c) porzione del versante nord (per una fascia di larghezza di circa 10 metri), compresa tra la strada comunale per Gonnese e la superficie di chiusura della discarica.

I lavori di recupero ambientale, sono in parte avvenuti contestualmente all'evoluzione dell'ampliamento della discarica fino al terzo argine, con il novellato del D. Lgs. 121 del 2020 in modifica al D. Lgs. 36/2006 prevedendo l'inserimento del telo in HDPE nel capping di chiusura si è opzionato per rendere l'attività omogenea e poter effettuare il ripristino degli ultimi argini a realizzazione contestuale alla messa in opera del capping di chiusura.

Pertanto, questi interventi sono avvenuti con la seguente sequenza:

1. rinaturalizzazione degli argini via via completati, in progressione con l'avanzamento della sopraelevazione. Ogni argine è stato rinverdito solo al termine della costruzione di quello successivo. In questo modo rimane da rinaturalizzare solamente l'argine in fase di riempimento;
2. recupero ambientale delle aree sommitali della discarica, in seguito al raggiungimento delle quote finali di progetto e la progressiva chiusura con il "pacchetto" multistrato conforme alle indicazioni del D. Lgs n. 36/03;
3. rinaturalizzazione, contestualmente al recupero ambientale della superficie di chiusura della discarica, della fascia del versante nord compresa tra la strada per Gonnese e la stessa superficie del capping.

In particolare, per quanto riguarda la rinaturalizzazione degli argini in progetto, successivamente alla stesa della terra vegetale, sul paramento esterno di ogni argine di sopraelevazione (esclusa la berma sommitale) sono state impiantate le specie arbustive previste dal progetto definitivo originariamente autorizzato, con una densità media di circa 1 pianta ogni 50 m² di superficie, secondo un sesto casuale e naturaliforme, secondo le indicazioni della D.L..

Le specie da impiantate sono le seguenti:

- Cisto (*Cistus monspeliensis*)
- Mirto (*Myrtus communis*)
- Lentisco (*Pistacia lentiscus*)
- Corbezzolo (*Arbustus unedu*).

Successivamente all'impianto delle specie tutta la superficie è stata inerbita mediante semina a spaglio di un miscuglio di specie erbacee autoctone, impiegato in quantità non inferiore a 40 g/m². I miscugli commerciali impiegati sono del tipo "Gallura" o altri miscugli idonei per prati-pascolo locali nei quali siano comprese, tra le leguminose: *Trifolium pratense*, *Trifolium subterraneum*, *Medicago sativa*, *Medicago*

lupulina, Sulla e tra le graminacee: *Agrostis stolonifera*, *Festuca* spp., *Lolium perenne*, *Medicago lupulina*. Il miscuglio dovrà essere indicativamente composto da: 60% di graminacee e 40% di leguminose.

Tutti gli interventi di ripristino ambientale sono avvenuti secondo quanto già autorizzato e previsto dalle Specifiche tecniche di progetto.

Gli interventi di manutenzione sistematica, si limiteranno al primo periodo di 3-4 anni dall'impianto ed avranno prevalentemente la funzione di garantire lo sviluppo della copertura vegetazionale soddisfacente. Successivamente, la manutenzione avrà prevalentemente la funzione di garantire l'evoluzione spontanea dell'intervento.

3.7.3.2.13 Piano di recupero ambientale

L'intervento in oggetto è di tipo naturalistico, pertanto prevede tutte le provviste ed opere necessarie per consentire l'impianto ed il sostentamento della vegetazione.

Nel presente caso, per coerenza con le prescrizioni di chiusura del D. Lgs. n 36/03, il riporto di terreno agrario sulle superfici della discarica viene computato nel "pacchetto di chiusura" e non negli interventi di recupero ambientale; in questa sede vengono fornite tuttavia le specifiche qualitative del materiale e delle modalità di posa e di preparazione per le semine e gli impianti.

Invece, per gli interventi esterni al corpo di discarica le provviste e pose del substrato vegetante è parte integrante del recupero ambientale.

Gli interventi di recupero ambientale mirano al reinserimento ambientale, paesaggistico ed eco sistemico del nuovo corpo di discarica e delle aree circostanti interessate da opere complementari nel più generale contesto territoriale costituito da versanti coperti da macchia mediterranea bassa, insediata su un substrato e con affioramenti rocciosi diffusi.

Pertanto, la rinaturalizzazione della discarica ed aree di pertinenza avverrà con le seguenti tipologie di interventi.

Le aree di intervento previste dal progetto di recupero ambientale sono:

- Rinaturalizzazione argini di sopraelevazione

L'intervento riguarda le scarpate esterne degli argini e le superfici sommitali, utilizzate come piste di servizio. La superficie totale di intervento è di circa m² 39.600, compresi m² 24.560 relativa ai primi 5 argini di sopraelevazione;

- Rinaturalizzazione superficie sommitale della discarica

Si tratta di una superficie continua che potrà essere rinaturalizzata progressivamente in seguito alla chiusura. La superficie complessiva è di m² 36.000;

- Rinaturalizzazione fascia versante nord

L'intervento riguarda il completamento della rinaturalizzazione della fascia compresa tra la strada comunale di Gonnese e la superficie di chiusura della discarica, per una superficie di circa m³ 4.700.

3.7.3.2.13.1 Tecniche d'intervento ed operazioni

Riporto del substrato vegetante

Il substrato vegetante è finalizzato a promuovere la crescita della vegetazione ed a proteggere gli strati sottostanti. Il suo spessore non è inferiore a 0.3 metri sulle scarpate e a 1 metro sulla superficie di chiusura della discarica ed è sufficiente a consentire:

- lo sviluppo dell'apparato radicale di specie erbacee ed arbustive;
- un'adeguata capacità di campo;
- il controllo dell'erosione a lungo termine.

Le caratteristiche fisico, chimiche e biologiche sono conformi alle specifiche tecniche di progetto.

Tenuto conto delle caratteristiche pedologiche dei suoli circostanti, poveri e di limitata potenza per la presenza diffusa di affioramenti rocciosi si ritiene più che sufficiente tale apporto di terra agraria, al fine di ottenere un rinverdimento sia erbaceo che arbustivo omogeneo al contesto circostante.

Preparazione del letto di semina

La preparazione ha compreso l'apporto di terra naturale/agraria, di concimi ed ammendanti, le lavorazioni meccaniche del terreno.

Tutto, ove possibile, queste operazioni sono state effettuate e verranno effettuate per le parti rimanenti con l'utilizzo di mezzi meccanici; dove la pendenza del terreno non ha reso possibile l'accesso con i mezzi meccanici si è operato manualmente.

La distribuzione della terra è stata fatta per strati successivi di spessore non superiore a cm 25/30, omogeneizzati tra loro mediante lavorazioni meccaniche e si proseguirà per le parti da completare con la medesima tecnica.

Ove già completata la distribuzione della terra si è operato con la distribuzione di concimi ed ammendanti che sono stati ricoperti nel terreno subito dopo la distribuzione, il tutto con una attività manuale, mentre per la chiusura della parte sommitale la medesima attività verrà effettuata mediante fresatura.

La preparazione del letto di semina ha compreso inoltre tutte le operazioni eventualmente necessarie per consentire la semina/impianto in condizioni ottimali.

Diserbo preventivo

Si è ritenuto non necessario il diserbo preventivo in quanto l'intento del rinverdimento è quello di rendere l'area d'intervento il più naturaliforme possibile (rispetto le aree circostanti), e pertanto non si è effettuato questo intervento poiché il terreno di riporto proveniva da aree climaticamente e pedologicamente simili a quelle d'intervento.

Semina (tradizionale ed idrosemina)

Il substrato vegetante, sul quale sono state seminate le essenze relative ai versanti del primo e secondo argine, le procedure di realizzazione e le caratteristiche di composizione, presentavano proprietà chimico-fisiche simili a quelle di un suolo giovane, pertanto le specie erbacee scelte possiedono caratteristiche di spiccata rusticità, ed essere contraddistinte da una significativa resistenza agli stress idrici e da un'alta capacità di attecchimento.

Le specie erbacee selezionate di qualità longeve e in funzione delle caratteristiche ecologiche del sito.

Per le parti già seminate sono stati utilizzati miscugli commerciali di Graminacee e Leguminose tipo "Gallura" o altri miscugli commerciali idonei ai prato-pascolo locali, nei quali siano comprese tra le

Leguminose, *Trifolium pratense*, *Trifolium subterraneum*, *Medicago sativa*, *Medicago lupulina*, *Sulla* spp., mentre tra le Graminacee *Agrostis stolonifera*, *Hordeum marinum*, *Festuca* spp., *Lolium perenne*.

Nel miscuglio sono stati compresi anche sementi reperibili di altre specie locali erbacee ed anche arbustive (es. *Scabiosa atropurpurea*, *Senecio vulgaris*, *Bellis perennisi*, *Helichrysum italicum*, *Acacia* spp., *Genista* spp., *Olea europea* var. *oleaster*, *Ceratonia siliqua*).

Il miscuglio di semina utilizzato ha indicativamente, la seguente composizione percentuale:

- Graminacee: circa il 60% in peso;
- Leguminose: circa il 25% in peso;
- altre specie: 15%.

La semina, è avvenuta con la tecnica tradizionale, e proseguirà secondo le indicazioni riportate nelle specifiche tecniche.

Nelle situazioni più critiche verrà adottata l'idrosemina. *(parte compresa tra l'ottavo argine e la strada per Gonnese)*

Questa soluzione d'intervento si adotta per migliorare le caratteristiche di attecchimento del miscuglio seminato, in presenza di condizioni difficili (forte pendenza, scarso substrato, rischio erosione, ecc.), dove le tecniche tradizionali risultano poco efficaci.

La tecnica prevede l'irrorazione tramite motopompe di un composto, comprendente un miscuglio di sementi di specie erbacee ed eventualmente arbustive, fertilizzante organico, leganti e fissatori della semente, stabilizzanti e sostanze miglioratrici del suolo, fitoregolatori.

Impianti arbustivi

Generalità sugli interventi di copertura arbustiva

Le specie arbustive utilizzate nell'intervento di recupero ambientale, contribuiranno ad ottenere un microclima idoneo allo sviluppo delle altre essenze e della flora spontanea.

La crescita dei loro apparati radicali conferirà stabilità al terreno, mentre le foglie e i rami, fonti importanti di sostanza organica, assicureranno una migliore regimazione delle acque superficiali, e in estate impediranno l'eccessivo riscaldamento del terreno, diminuendo il consumo d'acqua per evaporazione e traspirazione.

Con questo tipo d'intervento si ricrea la vegetazione naturale preesistente, utilizzando quindi solo essenze autoctone.

L'impiego di essenze arboree riveste, nel caso specifico, una notevole importanza pratica in quanto esercita un'ulteriore azione consolidante, sia a causa del maggiore sviluppo radicale, sia per la protezione che offre al suolo ricoperto dal cespuglio stesso ed inoltre la vegetazione evolve, naturalmente, verso climax biologicamente più ricchi.

L'ambiente cespugliato è quindi molto più rustico di un prato, e conseguentemente meno sottoposto a danneggiamenti; inoltre il suo peso non è tale da aggravare la stabilità di certi terreni ed è pertanto una soluzione da utilizzare nelle porzioni più declivi della discarica.

Occorre ricordare che le essenze utilizzate saranno estremamente rustiche, esse infatti trovano per lo più il loro habitat naturale su rocce, detriti, suoli sassosi, risulta quindi superfluo un riporto di terreno per spessori

notevoli, sarebbe inoltre opportuno disporre delle rocce che ricreino, nel modo più naturale possibile il paesaggio a “macchia” della zona.

Scelta delle specie arbustive

Le specie e le entità sottospecifiche (sottospecie, razze, varietà, provenienze, cloni, ecc.) da impiegare nell'opera di rinaturalizzazione devono possedere caratteristiche di idoneità all'ambiente (sotto il profilo pedoclimatico) e di funzionalità agli scopi dell'intervento tali da consentire il più completo, rapido e duraturo perseguimento degli obiettivi prefigurati.

Sulla base delle risultanze dell'indagine vegetazionale dell'area vasta, le specie da utilizzare saranno prevalentemente le seguenti:

- **Arbustus unedo** (Corbezzolo)
Arbusto o piccolo albero alto fino a 5 metri. Rami numerosi, con corteccia rosso-bruna; foglie simili a quelle dell'alloro, coriacee, con lamina ovale ed acuta all'apice e margine dentato; fiori riuniti in racemi terminali con corolla urceolata bianca o rosata; frutto rotondeggiante, carnoso e di colore rosso a maturità, con superficie ruvida per la presenza di verruche piramidali.
Fioritura: settembre-dicembre.
- **Cistus monspeliensis** (Cisto di Montpellier)
Arbusto alto fino a 1,5-2 metri, con rami tomentosi. Foglie sessili, con lamina lineare lanceolata, tomentose e vischiose, di color verde scuro; fiori piccoli, riuniti in racemi terminali; petali bianchi, spesso con una macchia gialla; frutto capsula tomentosa.
Fioritura: marzo-maggio.
- **Myrtus communis** (Mirto)
Arbusto alto fino a 4 metri, sempreverde, aromatico e molto ramificato. Foglie coriacee, lamina ovato-lanceolata a margine intero, di color verde lucente e con nervatura mediana sporgente inferiormente; fiori ermafroditi e solitari, posti all'ascella delle foglie su un lungo peduncolo; corolla biancastra e stami numerosi; frutto bacca arrotondata, che a maturità tende al nero-bluastrò.
Fioritura: maggio-luglio.
- **Pistacia lentiscus** (Lentisco)
Arbusto o raramente alberello sempreverde, alto fino a 5 metri e molto ramificato. Foglie composte paripennate con 4-5 paia di foglioline ovato-lanceolate a margine intero; piccoli fiori dioici raccolti in infiorescenze a racemo all'ascella delle foglie, di colore verde i femminili e rosso-bruno i maschili; frutti piccole drupe di 3-5 millimetri, prima rosse e a maturità nere.
Fioritura: marzo-aprile.

Modalità d'impianto arbustivo

L'intervento è rivolto principalmente alla creazione di una copertura arbustiva naturaliforme, col duplice scopo di:

- favorire la naturale evoluzione della vegetazione di macchia tipica del contesto ecologico in cui viene ad inserirsi l'opera in progetto;
- mitigare le caratteristiche di linearità e regolarità dell'opera, con l'inserimento di elementi di discontinuità, rappresentati da macchie arbustive.

Gli arbusti già piantati nel primo e secondo argine sono stati impiantati singolarmente o a gruppi (macchia). La composizione e la distribuzione spaziale delle singole specie all'interno delle macchie, hanno rispettato il criterio della casualità al fine di riproporre al meglio condizioni di seminaturalità.

In particolare, sugli argini la distribuzione della vegetazione ha interessato le aree prossime alle linee di discontinuità dei manufatti (profilo degli argini), per interromperne la geometricità percettiva e proseguirà in modo lineare per i successivi interventi.

L'intervento consiste nell'impianto di elementi singoli e di gruppi di individui (della stessa specie o di specie differenti) con una certa irregolarità, al fine di far assumere alla vegetazione un aspetto quanto più possibile naturale, simulando gli aggregati vegetali presenti nell'area sotto forma di "macchioni". L'irregolarità è legata sia alla disposizione sull'area degli aggregati vegetali, che al numero di individui che compongono i gruppi ed alla loro composizione.

La densità media di impianto, rapportata alle singole aree di intervento, è di n° 1 pianta ogni 50 m² sulle scarpate degli argini (escluse le berme).

Applicazione del disco pacciamante

Al fine di ridurre l'evaporazione e limitare lo sviluppo delle infestanti, al piede delle piante arbustive, verrà posto un disco pacciamante biodegradabile questo garantisce maggior probabilità di attecchimento agli esemplari impiantati.

Concimazione

Nelle prime fasi di rinverdimento e riqualificazione delle aree dove si è intervenuto l'apporto di concime è stato pressoché nullo.

L'apporto dei concimi non rappresenta una tecnica a cui ricorrere con sistematicità nel recupero ambientale, poiché si desidera perseguire degli obiettivi colturali prossimi a quelli naturali e bisognosi di ridotti input esterni. Nella fase di avvio, la distribuzione di modeste quantità di fertilizzanti organo-minerali può però risultare utile per accelerare i tempi di sviluppo e affermazione, ed i ritmi di accrescimento delle coperture.

Il fabbisogno totale di nutrienti è stimato in 5 g/m² per l'azoto, 2 g/m² per il fosforo, 2 g/m² per il potassio e 4 g/m² per il calcio. Pertanto, nelle zone di nuovo intervento, andrà effettuata una concimazione di fondo (prima della semina/impianto) con 200 kg/ha di un fertilizzante chimico ternario (ad es. 11:22:16) e con 200 kg/ha di un fertilizzante organo-minerale.

Si fa presente inoltre che la gestione dei residui vegetali con il periodico sfalcio e trinciatura, è determinante per accelerare la formazione di un suolo organico, e può portare col tempo alla completa abolizione degli interventi di fertilizzazione esterna.

Irrigazione

Poiché l'intera area, a recupero effettuato, dovrà assumere un aspetto di seminaturalità, quale elemento di integrazione paesaggistica ed ecologica all'interno delle aree di contesto, si ritiene che anche la vegetazione, che rappresenterà l'elemento di maggior percezione visiva e la componente biotica più diffusa dell'ecosistema che si andrà ad instaurare, dovrà uniformarsi a questo requisito.

Si ritiene quindi meglio evitare l'irrigazione generalizzata e sistematica su tutta l'area recuperata, che modificherebbe i cicli vegetativi stagionali ed i ritmi di crescita della vegetazione limitandole alle sole specie arbustive nei primi anni d'impianto.

Nelle condizioni microclimatiche dell'area d'intervento, l'irrigazione estiva diffusa contribuirebbe ad una significativa modificazione cromatica dell'intero corpo di discarica, accentuandone la visibilità.

Perciò si preferisce limitare l'irrigazione alla sola fase iniziale di impianto (due stagioni) degli arbusti, condizionandone poi lo sviluppo vegetativo successivo all'andamento meteorologico.

Per quanto concerne la vegetazione erbacea, questa si è seminata preferibilmente in autunno in modo da favorire il suo sviluppo in seguito alle precipitazioni autunno-invernali.

Nei mesi estivi, la parte epigea del cotico erboso tenderà a seccare, per rivegetare con le prime piogge.

Trattandosi quindi di irrigazione localizzata e temporanea l'acqua viene somministrata secondo le modalità indicate nelle specifiche tecniche, mediante carro-botte.

3.7.3.2.13.2 Piano di manutenzione

Trattandosi di interventi di rinverdimento che hanno come fine la realizzazione di un ambiente dove l'evoluzione della copertura vegetazionale e delle funzionalità e relazioni ecosistemiche, devono essere tali da garantire il raggiungimento di uno stato di equilibrio, gli interventi di manutenzione sistematica si limitano al primo periodo di 3-4 anni dall'impianto ed hanno prevalentemente la funzione di garantire lo sviluppo della copertura vegetazionale soddisfacente.

Tali interventi dovranno essere ulteriormente protratti oltre tale lasso di tempo, nella fase di post-chiusura, soltanto nel caso in cui il monitoraggio ne evidenziasse l'effettiva esigenza.

Sostituzione delle fallanze

La sostituzione delle fallanze dovrà essere integrale per tutti gli arbusti e piante che non risulteranno vegetanti dopo 18 mesi dall'impianto. Successivamente dovranno essere ulteriormente sostituiti arbusti non attecchiti, quando la fallanza dovesse eccedere il 20% dei soggetti costituenti un singolo gruppo arbustivo.

La sostituzione dovrà altresì avvenire quando:

- a) all'interno di un gruppo, la fallanza interessi tutti gli esemplari di una specie o alteri comunque in misura significativa il quadro consociativo originario;
- b) le fallanze complessive dell'intervento superino il 20% dei soggetti posti a dimora.

La sostituzione delle fallanze dovrà avvenire con le stesse specie di progetto ed utilizzando i medesimi accorgimenti, in stagione idonea, ma comunque nell'annata dalla morte delle piante originarie.

Risemina o trasemina delle superfici insufficientemente inerbite

L'intervento di inerbimento dovrà essere ripetuto, nei primi due anni, su tutte quelle aree che non presenteranno una diffusione del cotico almeno pari all'80% della superficie.

La trasemina dovrà essere effettuata, per lo stesso periodo, su tutte le aree che presenteranno cotico non sufficientemente compatto o costituito da composizione vegetazionale sensibilmente differente da quella del miscuglio impiegato; la trasemina avverrà con le specie deficitarie.

A partire dal terzo anno dalla prima semina, gli interventi manutentivi di cui sopra, si renderanno necessari solamente nel caso in cui la superficie nuda:

- a) ecceda i 200 m² continui, su aree con pendenza < 25°, o i m² 100 in aree con pendenza > di 25°;

b) evidenze segni di erosione/ruscellamento o comunque principi di instabilità locale.

Irrigazione

L'irrigazione, a partire dal 3° anno dall'impianto, dovrà essere effettuata, solamente quale pratica straordinaria, (irrigazione di soccorso).

La vegetazione erbacea verrà irrigata soltanto in condizioni di emergenza e di forte criticità, allo scopo di prevenire danni irreversibili al cotico.

L'adacquamento dovrà essere effettuato nel periodo maggio – ottobre, con frequenza a discrezione del Responsabile dell'impianto, e comunque non superiore a 7 gg dall'adacquamento precedente, o dall'ultimo evento piovoso con apporto di almeno 30 millimetri di pioggia.

Ogni adacquamento dovrà comportare un apporto non inferiore a 10 l/m², da distribuire frazionato in due passate e comunque in modo tale da non generare ruscellamento superficiale (soprattutto per le aree di scarpata).

Per gli arbusti, l'apporto idrico dovrà essere non inferiore a 10 litri per pianta.

Per l'irrigazione potrà essere utilizzata l'acqua in uscita dall'impianto di trattamento dei percolati, purché le caratteristiche chimiche-fisiche-biologiche, oltre che essere conformi ai requisiti previsti dal D. Lgs. 152/06 e s.m. per lo scarico in acque superficiali, siano conformi ai limiti per l'uso irriguo.

L'irrigazione dovrà seguire i reimpianti per sostituzione delle fallanze, adottando gli stessi criteri previsti per l'impianto iniziale e dovrà essere praticato nel caso di trasemine in periodi diversi da quello autunnale.

Altri interventi

Non sono previsti interventi di concimazione e fitosanitari, stante l'evoluzione seminaturale verso cui si vuol far tendere l'intervento.

Solo qualora si riscontrino situazioni di particolare gravità in termini di accrescimento vegetativo e/o fitosanitarie, potranno essere effettuati interventi specifici.

Per quanto concerne la durata della gestione post-operativa, in conformità a quanto previsto dal D. Lgs n. 36/03, essa viene individuata in anni 30; tuttavia ci si riserva, sulla base degli esiti dei monitoraggi e previo assenso delle Autorità competenti, di ridurre tale periodo in funzione delle effettive esigenze di controllo.

3.7.3.2.14 Impianti e strutture di servizio

3.7.3.2.14.1 Impianto di gestione del percolato

La tipologia di rifiuti smaltita nella discarica, per le sue caratteristiche intrinseche, non produce percolato.

Il percolato prodotto, deriva solamente dalle acque meteoriche che cadono all'interno del modulo in esercizio e drenano sul fondo della vasca.

Il percolato viene continuamente captato dal fondo dei moduli della discarica con una rete di tubazioni micro-fessurate e stoccato in un vascone esterno nell'attesa di essere inviato a trattamento depurazione in impianto esterno.

La rete di captazione del percolato è stata già descritta.

La quantità di percolato mediamente captata e smaltita in queste ultime annualità si attesta a circa 5000 m³/anno, il tutto in funzione dell'andamento meteo-climatico stagionale ed in linea con i dati del contesto meteo-climatico locale.

Tale valore risulta per altro in linea con la stima effettuata su:

- superficie media della vasca, pari a poco meno di 5 ettari,
- precipitazioni medie (circa 580-600 mm/anno) e
- evapotraspirazione calcolata secondo il metodo di Blaney e Criddle.

3.7.3.2.14.2 Impianti lavaggio ruote

La discarica originariamente era dotata di un impianto di lavaggio automatico, lavar ruote e lavachasis, ubicato presso il vertice sud ovest della vasca.

Contestualmente alla costruzione del primo argine di sopraelevazione è stato realizzato un nuovo impianto di lavaggio sul vertice sud est della discarica, in prossimità della pista di ingresso/uscita dall'area di abbancamento.

A tutt'oggi il primo impianto è stato dismesso, l'impianto è collegato alla parte sommitale della discarica dove avvengono gli scarichi dei rifiuti mediante pista bitumata che viene prolungata contestualmente alle sopraelevazioni.

Pertanto, attualmente la discarica è dotata di n. 1 impianto. Indipendentemente dalle caratteristiche funzionali specifiche, l'impianto garantisce l'agibilità e la completa pulizia delle ruote (lavaggio) di automezzi di lunghezza complessiva fino a 14 metri anche in condizioni di fangosità della superficie di contatto, transitando nell'impianto ad una velocità non superiore a 2 Km/h.

L'impianti è dimensionati in modo tale da garantire 2 giri di ruota tra ingresso ed uscita dal lavaggio.

L'impianti è completo di accessori, impianti ausiliari e quadro elettrico di comando e fotocellule o sensori ottici di accensione/spegnimento automatico dell'impianto.

3.7.3.2.14.3 Impianto trattamento e depurazione dei reflui sanitari

Il complesso è dotato di uffici e di locali ad uso spogliatoio e servizi per il personale.

I servizi igienici, ubicati in questi locali, producono dei reflui che vengono scaricati in una fossa biologica che trattiene la frazione solida, con uno sfioratore che invia i liquidi in una vasca non perdente di 16 m³.

Periodicamente la fossa e la vasca vengono vuotate con mezzo autospurgo e il contenuto inviato a impianto di depurazione.

3.7.3.2.14.4 Uffici e locali per il personale

Il locale uffici e servizi è stato realizzato in prossimità dell'ingresso all'area, presenta un piano fuori terra e dimensioni planimetriche di 25 x 8 metri, come indicato nell'immagine che segue.

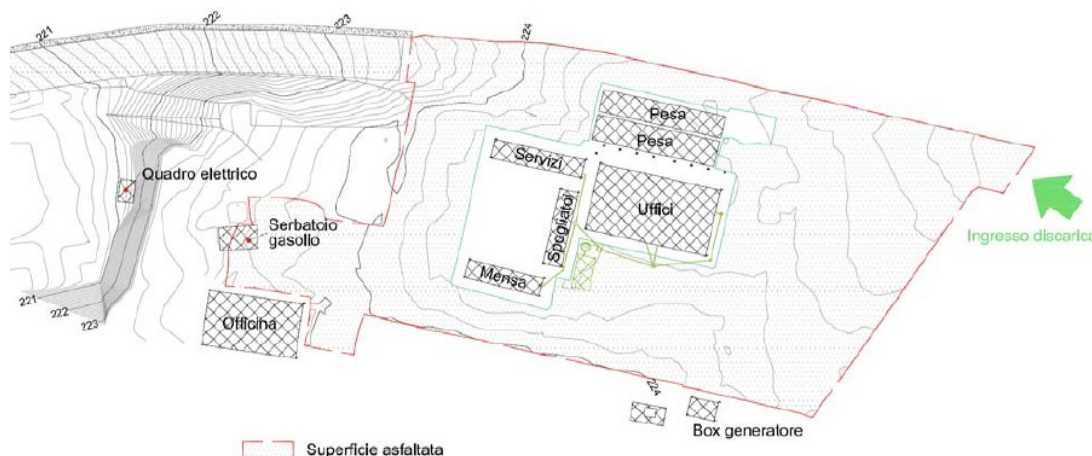


3.7.3.2.14.5 Pesa ponte

Nell'area ubicata a sud est rispetto alla discarica, in prossimità dell'ingresso e degli uffici, è attualmente presente un impianto di pesatura con due pese a ponte per il controllo quantitativo del materiale in ingresso, come mostra l'immagine seguente.

Si tratta di due bilici a ponte di portata pari a 80 tonnellate, con piattaforma in acciaio di dimensioni 14 x 3 metri, appoggiata mediante 8 celle di carico alla vasca di cemento armato.

L'immagine che segue, mostra la planimetria degli uffici e l'ubicazione della pesa ponte.



3.7.3.2.14.6 Impianto di captazione, gestione e controllo dei gas

L'impianto attuale non è dotato di alcun sistema di captazione e controllo dei gas da discarica, in quanto in esso non vengono smaltiti rifiuti putrescibili in grado di generare composti aeriformi.

Data la tipologia dei rifiuti conferiti, anche nell'ampliamento fino ad oggi costruito non si è realizzato un vero e proprio sistema di gestione del biogas.

Tuttavia, al di sotto degli argini di sopraelevazione e del capping di chiusura della discarica, verrà realizzato un orizzonte continuo drenante tramite la posa di un geocomposito drenante in grado di captare e disperdere eventuali improbabili sottopressioni dovute alla formazione di sacche di gas.

3.7.3.2.14.7 Controllo degli accessi e recinzione

La discarica è dotata di recinzione perimetrale in rete metallica sostenuta da paletti in ferro, dell'altezza di metri 2,00, sufficiente ad impedire il libero accesso al sito di persone ed animali.

L'ingresso è controllato da un cancello elettrico in corrispondenza dell'area servizi.

Il sistema di accesso all'impianto prevede un insieme di misure e di controlli volti ad impedire l'ingresso incontrollato all'impianto e lo scarico di rifiuti; l'accesso in impianto è consentito solamente ai conferenti preliminarmente autorizzati dagli uffici di Cagliari.

Il sito della discarica è individuato a mezzo di idonea segnaletica disposta sia all'altezza del bivio sulla S.P. n° 2, da cui si diparte la strada di penetrazione verso l'impianto, sia in prossimità dell'ingresso dell'impianto.

3.8 Progetto del nuovo ampliamento (8° argine in sopraelevazione)

In questo capitolo viene considerato l'ampliamento con la costruzione ed esercizio dell'8° argine in sopraelevazione e successivo rimodellamento morfologico sommitale, per una volumetria aggiuntiva di circa 139.974 m³ netti.

Anche questo insiste sull'impronta della vasca autorizzata, i cui requisiti di impermeabilità sono stati esaminati in precedenza e che, sulla base dei monitoraggi pregressi, devono considerarsi efficienti.

Per tale motivo, non si sono previste ulteriori strutture di confinamento del piano di posa e nuove opere di drenaggio del percolato.

Anche questo argine di sopraelevazione, per la sua posizione planimetrica (realizzato sull'impronta della vasca esistente), costituisce anche la parziale copertura (capping) della vasca originaria, per cui le sue caratteristiche costruttive, per quanto attiene i materiali e relativi spessori, così come riportati nei paragrafi successivi rispondono di fatto ai requisiti previsti dal D. Lgs. n. 121/2020.

La costruzione dell'ulteriore argine di sopraelevazione avverrà sostanzialmente in analogia con quanto fatto in fase di realizzazione del 6° e 7° argine, recependo così le migliorie apportate con la progettazione esecutiva degli stessi, come descritta in precedenza.

Come in precedenza, l'imposta dell'8° argine avviene sui rifiuti compattati ad una quota di - 0,50 metri rispetto alla sommità dell'argine precedente.

Il nuovo argine verrà realizzato con criteri costruttivi e materiali analoghi a quelli adottati per i precedenti 7 argini autorizzati con le migliorie che di volta si sono attuate e che sono state indicate in precedenza.

Si è mantenuta la stessa altezza degli argini 6 e 7 pari a metri 4,0.

Il capping è stato traslato sui rifiuti ad esaurimento della volumetria dell'8° argine, adeguatamente modellati per ottimizzarne i profili longitudinale e trasversale di progetto.

La costruzione avverrà al termine dell'abbancamento dei rifiuti nella vasca formata dal 7° argine precedentemente costruito e l'argine verrà posato sui rifiuti compattati già abbancati.

Per consentire la sequenza costruttiva, una volta completata la costruzione del 7° argine, lungo il suo perimetro interno, per una larghezza di circa 20 metri (> dell'impronta di un argine) si abbancheranno e compatteranno in strati omogenei rifiuti aventi caratteristiche geotecniche tali da poter fungere da fondazione dell'argine fino alla quota di -0,50 metri rispetto alla sommità dell'argine esistente.

La pendenza media complessiva dei nuovi argini (insieme degli 8 argini) è di circa 15°.

Le opere create e le loro caratteristiche tecniche e dimensionali sono descritte nei paragrafi seguenti.

3.8.1 Opere sui versanti nord ed est

3.8.1.1 Riprofilatura/disgaggio dei versanti

Lungo il lato nord ed est i rifiuti saranno addossati ai versanti naturali esistenti, già riprofilati nella fascia interessata dalle nuove sopraelevazioni e già interessati da interventi di disgaggio di masse instabili sulla parte superiore del versante, all'atto della costruzione del 6° e 7° argine.

3.8.1.2 Regimazione delle acque e drenaggi sul versante nord

Come per gli argini precedenti autorizzati, anche per l'8° argine, a partire dalla cavità lasciata dalla rimozione della canaletta metallica temporanea precedentemente posta sulla berma sommitale dell'ultimo

argine costruito, rimossa in fase di costruzione dell'argine successivo, e per un'altezza non inferiore a metri 4,0 e comunque di poco superiore all'altezza del nuovo rilevato, è stato posato un geocomposito drenante. Il geocomposito è stato ancorato al terreno lungo il suo lembo superiore mediante chiodatura con tondini di ferro uncinati ad un estremo, mentre il lembo inferiore è stato immorsato nella canaletta anzidetta, posato sullo strato di magrone di ancoraggio del telo in HDPE dell'argine precedente e trattenuto dal materiale drenante di riempimento della canaletta stessa, posato in quantità tale da colmare la cavità residua.

3.8.1.3 Preparazione della fondazione del rilevato e dell'area di movimentazione macchine operatrici

Per il rilevato di sopraelevazione, in prossimità del bordo vasca, costituito dalla sommità del rilevato precedente, lungo i lati nord ed est, per una larghezza non inferiore a metri 5,0 i rifiuti compattati raggiungeranno una quota non superiore a metri -0,50 rispetto al bordo vasca stesso.

Durante la costruzione, in seguito alle verifiche geotecniche, si verificherà la necessità della stesa di riporto di materiale lapideo grossolano da rullare "a rifiuto" e/o la messa in opera di rete elettrosaldata, laddove la portanza dei rifiuti è risultata insufficiente a garantire la stabilità del manufatto soprastante ($q < 1,50 \text{ kg/cm}^2$ o $M_d < 150$).

Sui rifiuti così preparati, si stenderà uno strato di sabbione/stabilizzato di regolarizzazione di circa metri 0,20 per una larghezza di metri 4,0-5,0, adeguatamente rullato, su cui si stenderà una geomembrana in HDPE, compresa tra due geosintetici non tessuti di grammatura non inferiore a 600 g/m^2 .

Sul pacchetto multistrato sintetico, si stenderà un ulteriore strato di sabbione/stabilizzato dello spessore di circa metri 0,30 rullato.

3.8.1.4 Posa materiale a bassa permeabilità

Nonostante la presenza di rocce a bassa permeabilità ed i rilevati della discarica siano impostati su un piano inclinato, l'impermeabilizzazione del versante avverrà con la posa di uno strato di argilla compattata dello spessore minimo di metri 1,0 (permeabilità $K = 1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$).

L'impermeabilizzazione di questi versanti è avvenuta contestualmente alla costruzione dei corrispondenti argini sud ed ovest ed andrà ancora avanti per fasce/gradoni successivi di altezza di circa 2,5 - 4,0 metri.

Per ottimizzare la posa dell'argilla vista l'acclività, questa è stata posata e verrà posata anche stavolta con la tecnica cosiddetta "dell'abete".

In pratica, vista in sezione, la barriera geologica artificiale è costituita dall'argilla poggiate sul geocomposito drenante, a forma trapezia, con la base maggiore, poggiate sui rifiuti.

La sezione adottata consente una idonea compattazione degli strati con i mezzi da cantiere.

Ultimate le operazioni preparatorie di cui al punto precedente, si effettuerà la posa dello strato minerale a bassa permeabilità addossato ai versanti nord e est a formare un rilevato di larghezza variabile al piede, al fine di ottenere alla quota sommitale di progetto del rilevato una berma di circa 2,5-3,0 metri di larghezza.

Il paramento verso l'interno della discarica ha una pendenza di circa 28° , mentre quello esterno ha seguito la pendenza del versante.

Il materiale verrà rullato in strati successivi di spessore finito non superiore a metri 0,25.

Ultimato il riporto del materiale, si effettuerà la riprofilatura dello stesso garantendo uno spessore minimo di 1 metro ortogonalmente alla superficie del versante.

Il materiale di risulta verrà reimpiegato per la formazione del segmento successivo e/o per la costruzione degli argini sud ed ovest.

3.8.1.5 Posa geomembrana in HDPE

Ultimata la posa del materiale a bassa permeabilità, preliminarmente alla posa della geomembrana, sulla berma sommitale del rilevato in addossamento al versante, si realizzerà uno scavo in sezione obbligata di circa metri 0,80x0,60 (per l'immorsamento del telo in HDPE) e la posa di una canaletta di raccolta delle acque del versante superiore.

Al fine di evitare ogni transito di mezzi sulla geomembrana posata, la posa della stessa avverrà in due fasi:

1. una prima striscia longitudinale, della larghezza di circa metri 6-7, posata prima del riporto del materiale a bassa permeabilità, a partire dalla sommità del rilevato esistente e stesa verso l'interno della vasca sul primo strato di sabbione/stabilizzato di riporto. Contestualmente alla geomembrana si posano 2 geotessili di protezione della stessa (uno sopra ed uno sotto), di grammatura non inferiore a 600 g/m². Questa geomembrana verrà saldata per estrusione a quella preesistente (impermeabilizzazione dell'argine precedente) sulla berma superiore dello stesso, parallelamente al fosso di immorsamento. Successivamente, verrà steso e compattato il secondo strato di sabbione/stabilizzato. La geomembrana ed i due geotessuti di protezione, durante la stesa dell'argilla, verranno fatti fuoriuscire lateralmente dal predetto materiale di riporto per almeno 0,50-0,80 metri verso l'interno della vasca, in una fascia non interessata dalla movimentazione dei mezzi d'opera;
2. la restante parte della geomembrana verrà posata successivamente alla posa e riprofilatura dell'argilla, mediante srotolamento dei teli lungo il paramento del nuovo rilevato. Il lembo superiore di ogni telo verrà fatto aderire al fondo del fosso di cui al primo capoverso e fatto sporgere verso monte per almeno metri 0,40 ed ancorato nello stesso mediante getto di calcestruzzo a basso dosaggio (magrone), per uno spessore non inferiore a metri 0,30. Il lembo inferiore verrà unito alla fascia di geomembrana di cui al precedente punto 1), opportunamente risvoltata sul materiale di protezione, mediante termosaldatura a doppia pista. Nel caso in cui si opterà per non posare la canaletta metallica temporanea, il lembo superiore della geomembrana verrà fissato al terreno mediante pioli metallici ad interasse non superiore a metri 1,0.

Operando in tal modo, si garantirà:

- la continuità dell'impermeabilizzazione tra la geomembrana di un argine e quella dell'argine successivo,
- l'integrità della geomembrana durante le fasi di lavorazione.

3.8.1.6 Posa canaletta metallica

Completata la posa del materiale a bassa permeabilità in addossamento al versante ed ancorata la geomembrana nel fosso superiore del rilevato, nella sezione libera di scavo, verrà posata manualmente sul magrone di ancoraggio della geomembrana, una canaletta in lamiera zincata, di raccolta delle acque di ruscellamento defluenti da monte.

Tale canaletta verrà posta in modo tale che la pendenza non sia inferiore allo 0,5% rispettivamente verso ovest (quella sul lato nord) e verso sud-est (quella sul lato est).

La canaletta che verrà posizionata avrà un diametro di metri 0,60.

3.8.2 Argini di sopraelevazione lati sud e ovest

3.8.2.1 Generalità

Nel seguito, con il termine “argine” si identificano tutte le componenti del rilevato di contenimento sui lati sud ed ovest e sua riqualificazione ambientale consistenti (in sequenza) in:

- regolarizzazione e livellamento dei rifiuti nell’area di sedime, mediante rullatura,
- costruzione, quando si è ravvisata la necessità, di fondazione in materiale lapideo grossolano rullato e costipato per formare il piano di imposta del rilevato,
- eventuale posa di rete elettrosaldata in funzione degli esiti delle verifiche geotecniche preventive,
- posa di geocomposito drenante (sulla fondazione),
- riporto di materiale a bassa permeabilità,
- costruzione del nucleo del rilevato in tout-venant,
- costruzione del setto di materiale a bassa permeabilità all’interno del corpo dell’argine,
- posa di geocomposito drenante sul paramento interno dell’argine,
- stesa dello strato di materiale drenante naturale su paramento esterno dell’argine.
- riporto della terra da coltivo e della stuoia pre-seminata sul paramento esterno dell’argine,
- costruzione della canaletta al piede del paramento esterno dell’argine,
- impianti arbustivi sul paramento esterno dell’argine.

La stesa di terra da coltivo sul paramento esterno di ogni argine di sopraelevazione e la costruzione del fosso al piede dello stesso, sono stati realizzati a completamento della costruzione dell’argine successivo.

3.8.2.2 Costruzione della fondazione degli argini

La fondazione dell’argine verrà realizzata mediante il riporto, al di sopra dei rifiuti abbancati, di uno strato di materiale lapideo grossolano di spessore variabile, che sarà costipato “a rifiuto”, fino a formare un piano omogeneo orizzontale, alla quota di metri -0,50 rispetto a quelle della sommità dell’argine precedente, nella stessa sezione.

In alternativa al materiale di riporto (inerte di cava), la fondazione si potrà formare sui rifiuti aventi le stesse caratteristiche meccaniche e di portanza, purché presenti in strato omogeneo di spessore non inferiore a metri 0.50 dopo costipamento “a rifiuto”.

In seguito agli esiti delle verifiche geotecniche (prove su piastra) sui rifiuti rullati e compattati, sull’area di sedime dell’argine, a discrezione della D.L., si potrà rendere necessaria la stesa di rete elettrosaldata, almeno in corrispondenza delle sezioni in cui varia la tipologia dei rifiuti, qualora localmente la portanza dei rifiuti risulti insufficiente a garantire la stabilità del manufatto soprastante.

In ogni caso la fondazione deve garantire le seguenti condizioni geotecniche minime: $q < 1,50 \text{ kg/cm}^2$ o $M_d < 150$.

Il materiale lapideo grossolano di fondazione o suo surrogato verrà steso sui rifiuti sottostanti in strati non superiori a 0,30 metri e rullato.

L'operazione verrà ripetuta fino a quando il materiale sarà inglobato nel rifiuto sino "a rifiuto" o comunque fintanto che non si è raggiunta la portanza prevista dalle Specifiche tecniche.

Quando localmente si rilevano situazioni particolarmente critiche (ridotta portanza nonostante il consolidamento), la D.L. disporrà la rimozione di parte dei rifiuti sottostanti ed il riempimento con materiale idoneo.

3.8.2.3 Posa geocomposito drenante di fondo e sul paramento interno

Nell'argine, al fine di drenare eventuali formazioni di gas da discarica verso la superficie (improbabili data la tipologia di rifiuti abbancati, in generale privi di sostanza organica), sul piano di fondazione e sul paramento interno in materiale a bassa permeabilità verrà posizionato un geocomposito drenante.

Questa tipologia di materiale è realizzata mediante accoppiamento a caldo di una georete all'interno di due geotessili non tessuti.

L'accoppiamento di geotessili (azione filtrante) e georeti (distribuzione dei carichi e drenaggio) offre un sistema completo di filtro-dreno-protezione.

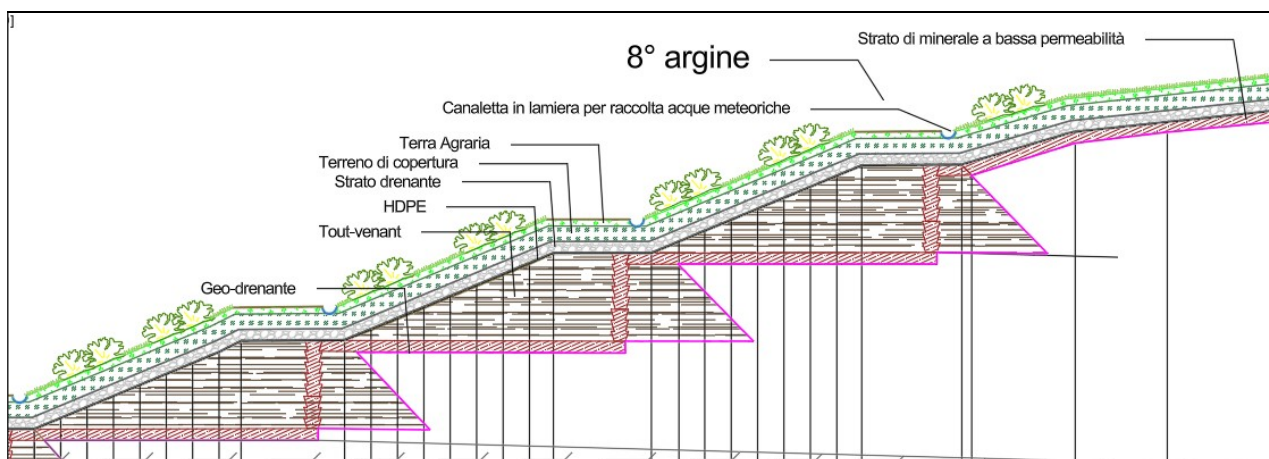
La propria struttura interna, conferisce inoltre al geocomposito, alcune caratteristiche peculiari, come:

- la capacità di mantenere un'elevata portata idraulica nel piano a lungo termine;
- la capacità di resistere ad elevati carichi di compressione a lungo termine;
- la capacità di fornire un'adequata resistenza allo scivolamento.

Sullo strato di fondazione o, dove presente, sopra la rete elettrosaldata, è stato posizionato il geocomposito drenante su tutta l'area di impronta del nuovo argine.

Tale geocomposito è stato risvoltato sul paramento interno dell'argine, a completamento della costruzione, senza soluzione di continuità e provvisoriamente fissato con pioli metallici in corrispondenza della sommità dell'argine, come mostrano le figure seguenti.

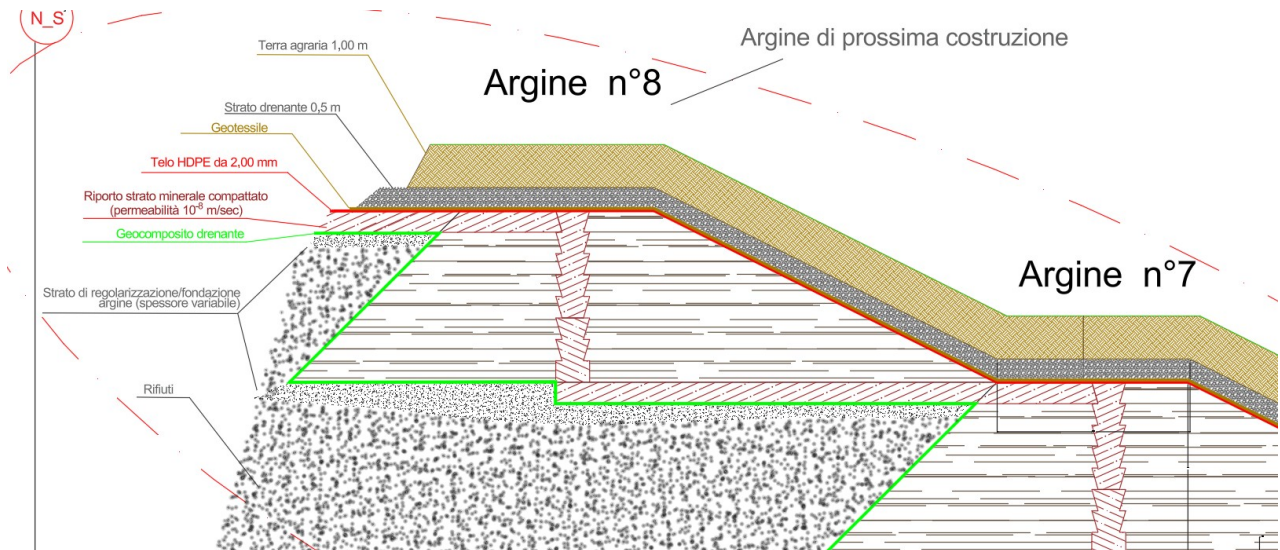
Particolari della costruzione del 6°, 7° e 8° argine



3.8.2.4 Costruzione del corpo dei rilevati

Posato il geocomposito drenante, come previsto al punto precedente, su di esso verrà steso e compattato, in strati successivi non superiori a metri 0,25 finito, lo strato di minerale a bassa permeabilità ($K \leq 1.10^{-6}$ cm/s) dello spessore complessivo di metri 0,50.

Successivamente, verrà realizzato il nucleo centrale dell'argine con l'utilizzo di materiale terroso (toutvenant) opportunamente compattato in grado di offrire un'adeguata resistenza geotecnica, integrato con un diaframma di materiale a bassa permeabilità dello spessore minimo di metri 0,50 posto in asse alla sezione dell'argine e collegato con l'analogo materiale di fondazione, al fine di garantire la continuità dello strato di materiale a bassa permeabilità, come indicato nella figura seguente.



La sequenza operativa sarà la seguente:

1. stesa dell'argilla sul sedime del nuovo argine (metri 0,50),
2. costruzione del corpo dell'argine in tout-venant per uno spessore massimo di metri 0,30,
3. scavo di una trincea assiale di pari profondità e larghezza maggiore di metri 0,50,
4. riempimento della trincea con argilla, ed infine
5. rullatura/compattazione dell'intera superficie.

I parametri geometrici medi del corpo del rilevato sono i seguenti:

- spessore strato basale a bassa permeabilità: metri 0,50;
- altezza del nucleo: metri 4,00 a partire dalla quota superiore dello strato a bassa permeabilità;
- base maggiore argini sud: metri 18 circa;
- base minore di tutti gli argini: metri 4,50;
- spessore del diaframma impermeabilizzante assiale: > 0,5 metri;
- paramento esterno: scarpa di 3:2;
- paramento interno: scarpa di 1:1.

La variante non sostanziale relativa alla struttura degli argini già autorizzati (3°, 4° e 5° argine), fu approvata dalla provincia del Sud Sardegna con determinazione n° 24 del 23 gennaio 2019 e poi adottata anche per il 6° e 7° argine.

La differenza della struttura degli argini tra il 1°/2° e il 3°/4°/5° consiste, nel fatto che la continuità dello strato a bassa permeabilità era ottenuta attraverso lo strato di argilla posto sotto l'impronta del rilevato e lo strato posto sul paramento interno dello stesso.

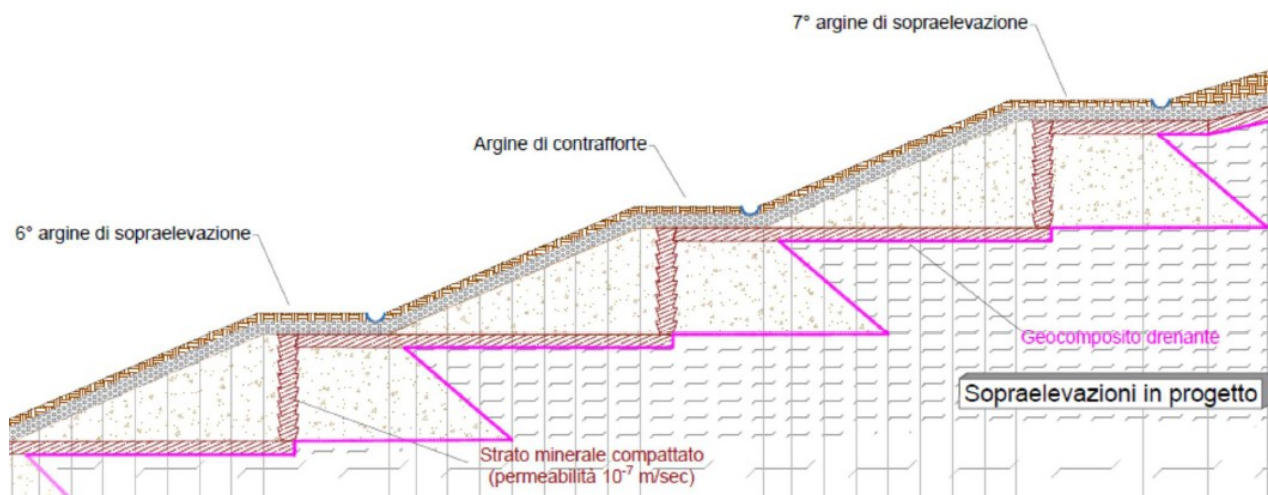
Inoltre, il 6°, 7° e 8° argine si differenziano dal 3°, 4° e 5° per le dimensioni, i primi hanno un'altezza di 3,00 metri mentre i secondi di 4,00 metri.

La soluzione progettuale adottata per la costruzione dei primi due argini di sopraelevazione, pur in linea con la norma e con gli aspetti ambientali, ha dimostrato alcune criticità sotto l'aspetto organizzativo, sia del cantiere di costruzione, sia di gestione operativa della discarica.

Infatti:

- la necessità di disporre di uno spessore di argilla non inferiore a metri 3,0 di larghezza sul paramento interno dell'argine per poterla compattare in sicurezza con un adeguato rullo compressore, impone la stesa di una bancata di argilla di molto superiore a quella effettivamente necessaria (spessore 3,0 metri contro gli 0,5 metri necessari a compattazione avvenuta) e successiva riprofilatura del paramento. Questa operazione, comporta una perdita di materiale (sfridi) e maggiori tempi e costi operativi;
- le anomale condizioni meteo-climatiche, con aumento della frequenza e della intensità delle precipitazioni, hanno causato un rallentamento significativo dell'operatività del cantiere, creando una un lasso di tempo non sufficientemente anticipata tra la costruzione dei nuovi e le esigenze di abbancamento dei rifiuti;
- le modalità costruttive degli argini originariamente previste, non consentono l'addossamento dei rifiuti al corpo dell'argine, fintanto che questo non sia ultimato con il riporto dell'argilla sul paramento interno, comportando la necessità di una rilocalizzazione a ridosso dell'argine dei rifiuti con le migliori caratteristiche geotecniche, su cui fondare l'argine successivo, solo dopo la loro ultimazione.

Pertanto per ovviare agli inconvenienti di cui sopra, si era proposto alla Provincia del Sud Sardegna di sostituire lo strato a bassa permeabilità previsto sul paramento interno dell'argine con un diaframma in argilla con le stesse caratteristiche di permeabilità previste nel progetto autorizzato, posizionato all'interno del corpo stesso dell'argine e posto in continuità con gli strati a bassa permeabilità posti alla base di due argini successivi, senza soluzione di continuità, come mostra l'immagine seguente, valida anche per la costruzione dell'8° argine:



Operativamente, il progetto approvato per la costruzione del 6° e 7° argine ed adottato anche per la costruzione dell'8° argine, prevede la seguente sequenza operativa per quanto concerne la posa del materiale a bassa permeabilità:

1. stesa dell'argilla sul sedime del nuovo argine (metri 0,50);
2. costruzione del corpo dell'argine in tout-venant per uno spessore massimo di metri 0,30
3. scavo di una trincea assiale di pari profondità e larghezza maggiore di metri 0,50;
4. riempimento della trincea con argilla;
5. rullatura/compattazione dell'intera superficie.

La variazione consente, pur nel pieno rispetto di tutti i parametri costruttivi previsti dal D. Lgs. 36/03 ssmmii, oltre che le ottimizzazioni delle criticità sopra elencate, anche una miglior garanzia in termini di efficacia della barriera a bassa permeabilità, in quanto:

- la rullatura dell'argilla per strati, all'interno della sezione della trincea scavata nel corpo dell'argine, garantisce migliori condizioni di compattazione, rispetto ad una rullatura in sezione aperta;
- a differenza della soluzione originaria, in cui l'argilla compattata rimaneva temporaneamente esposta al rischio di dilavamento/erosione da parte delle precipitazioni meteoriche, fintanto che non fossero addossati i rifiuti all'argine o fosse fissato sul paramento interno dello stesso il geocomposito drenante previsto (contestualmente all'addossamento dei rifiuti), nella soluzione proposta viene evitato questa possibile causa di deterioramento della barriera a bassa permeabilità.

3.8.2.5 Stesa del materiale drenante

Al termine della costruzione del corpo dell'argine, sul paramento esterno dello stesso verrà steso uno strato di materiale lapideo drenante di pezzatura 40-70 mm, dello spessore di metri 0,50.

Tale strato verrà esteso su tutta la berma sommitale dell'argine precedente, in continuità con quello steso sul paramento esterno dello stesso.

3.8.2.6 Pista di accesso a impianto lavaggio ruote

Per consentire anche l'utilizzo dell'originario impianto di lavaggio ruote posto sul vertice sud ovest della vasca, nel caso di fermata del nuovo impianto o per separare i flussi di mezzi in uscita dalla vasca, in caso di concentrazione dei conferimenti, è stata costruita una pista in terra di raccordo tra la sommità dell'ultimo argine di sopraelevazione e l'accesso alla piattaforma di lavaggio esistente che verrà implementata per raccorderla all'8° argine.

Tale pista, è stata progressivamente prolungata contestualmente alle sopraelevazioni, con una pendenza di circa 14% e proseguirà con tale pendenza.

Il corpo del rilevato verrà realizzato in tout-venant rullato, con strato superficiale in stabilizzato di cava dello spessore minimo di metri 0,30.

Questa pista è utilizzata esclusivamente per i mezzi in uscita dalla vasca.

Il raccordo tra la quota dei rifiuti presenti in vasca e la sommità dell'ultimo argine di sopraelevazione costruito, è realizzato con una rampa costituita da rifiuti depositati, aventi caratteristiche idonee.

3.8.2.7 Stesa della terra da coltivo

Al termine della stesa dello strato di drenante naturale sul paramento esterno e sommitale dell'argine di sopraelevazione, sullo stesso verrà steso e regolarizzato uno strato di terreno agrario di coltivo dello spessore (ad assestamento avvenuto) non inferiore a metri 0,30.

3.8.2.8 Rinaturalizzazione degli argini

Successivamente alla stesa della terra vegetale, sul paramento esterno dell'argine di sopraelevazione (esclusa la berma sommitale) saranno impiantate le specie arbustive previste dal progetto definitivo originariamente autorizzato, con una densità media di circa 1 pianta ogni 50 m² di superficie, secondo un sesto casuale e naturaliforme, secondo le indicazioni della D.L..

Le specie impiantate saranno le seguenti:

- Cisto (*Cistus monspeliensis*),
- Mirto *Myrtus communis*,
- Lentisco (*Pistacia lentiscus*),
- Corbezzolo (*Arbustus unedu*).

Successivamente all'impianto delle specie, tutta la superficie sarà inerbita mediante semina a spaglio di un miscuglio di specie erbacee autoctone, impiegato in quantità non inferiore a 40 g/m².

I miscugli saranno i seguenti:

- miscugli commerciali tipo "Gallura" o
- altri miscugli idonei per prati-pascolo locali nei quali siano comprese,
 - tra le leguminose: *Trifolium pratense*, *Trifolium subterraneum*, *Medicago sativa*, *Medicago lupulina*, Sulla,
 - tra le graminacee: *Agrostis stolonifera*, *Festuca spp.*, *Lolium perenne*, *Medicago lupulina*,
 - il miscuglio è indicativamente composto da: 60% di graminacee e 40% di leguminose.

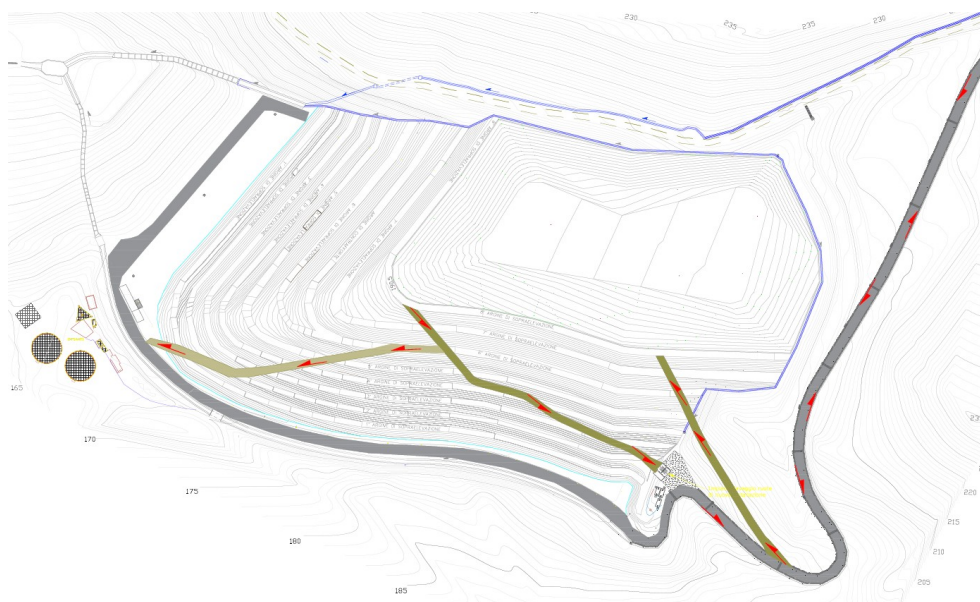
3.8.2.9 Viabilità

La viabilità principale interna all'impianto, non ha subito modifiche dopo la costruzione del primo argine di sopraelevazione, si creerà unicamente il prolungamento, a ridosso dell'8° argine sud, delle piste rispettivamente di accesso/uscita all'area di conferimento, a partire dalla strada principale asfaltata, in prossimità del nuovo impianto di lavaggio ruote e di uscita verso il vecchio impianto di lavaggio ruote.

A completamento del sistema di viabilità, si è creata sulle berme di ogni argine una pista rinverditata per la manutenzione.

Le due piste di cui sopra, intercettando le berme sommitali di tutti gli argini, fungono anche da piste di raccordo tra queste.

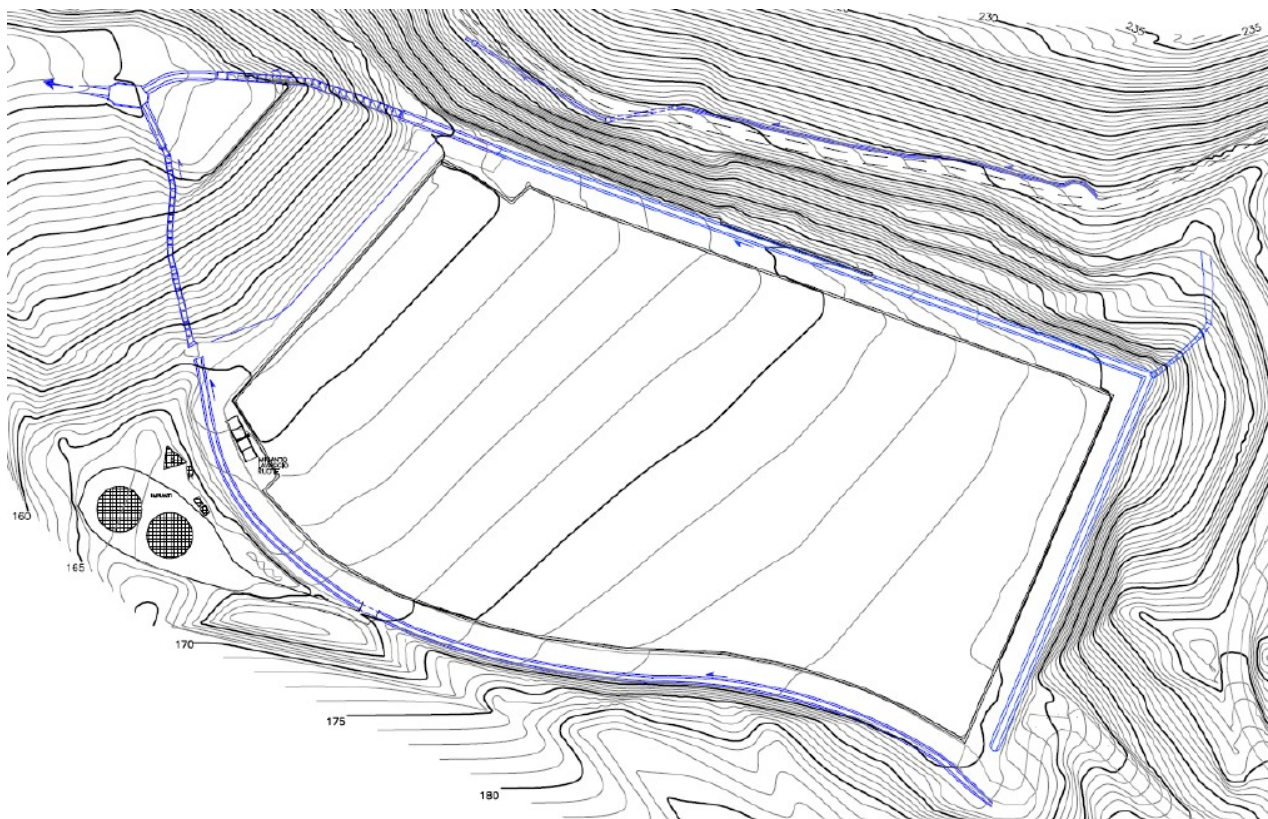
L'immagine seguente, mostra la modifica alla viabilità relativa alla nuova situazione con la creazione dell'8° argine.



3.8.2.10 Gestione e regimazione delle acque meteoriche

3.8.2.10.1 Situazione originaria del sistema di smaltimento delle acque meteoriche

Originariamente il sistema di raccolta delle acque meteoriche in colore blu nell'immagine seguente, era costituito da:



1. un canale di gronda in cls rivestito in pietra, ubicato lungo la pista sud di coronamento della vasca;
2. n° 2 canali di gronda in cls posti al piede rispettivamente dei versanti nord ed est, tra questi e la pista di coronamento della vasca;
3. un canale in cls a sezione trapezia, parzialmente rivestito in pietrame e con salti di fondo per ridurre la pendenza, di captazione delle acque provenienti da est, ubicato in corrispondenza della linea d'impluvio tra i versanti nord ed est, confluyente nel punto di origine dei due canali precedenti, in prossimità dello spigolo N-E della vasca;
4. n° 2 canali di collegamento tra l'estremo ovest dei predetti canali 1) e 2) e la vasca di sedimentazione ubicata a valle dell'argine principale;
5. un fosso in terra corrente a monte della pista principale di accesso alla vasca, innestato in testa al canale 1);
6. un fosso in cls a sezione trapezia, ubicato lungo la strada per Gonnese, tra la carreggiata stradale ed il versante soprastante.

3.8.2.10.2 Descrizione delle opere realizzate (contestualmente alla costruzione del primo argine di sopraelevazione)

Le modificazioni morfologiche generate dai vari ampliamenti, hanno portato a ridefinire il sistema di regimazione delle acque superficiali.

- Canali lungo le piste nord ed est

Questi canali originariamente a cielo aperto, contestualmente alla costruzione del primo rilevato nord ed est sono stati trasformati in trincee drenanti mediante posa di una tubazione fessurata di fondo immersa in materiale lapideo anidro e separata dal soprastante rilevato in argilla mediante stesa di un geotessile. In queste trincee interrate è immerso il geocomposito drenante posto tra il terreno naturale del versante ed il soprastante rilevato in argilla. In esse confluiscono, sia le acque di drenaggio dei versanti, sia le acque scaricate dal canale 3). La trincea nord scarica, al suo estremo ovest, nel canale di collegamento alla vasca di sedimentazione e la trincea est scarica, al suo estremo sud, nel canale 1), attraverso un tubo sottopassante la pista di accesso alla vasca, in prossimità del nuovo impianto di lavaggio ruote.

- Canale nel compluvio nord-est

Poiché questo canale, se lasciato a cielo aperto, avrebbe interferito con la costruzione dei rilevati di sopraelevazione lungo la linea di intersezione dei versanti nord ed est, lo stesso è stato sostituito con una tubazione interrata, posata all'interno dell'originario manufatto, che congiunge un pozzetto di captazione a monte, direttamente connesso con un arginello di sbarramento del compluvio, con le trincee 2) nel loro punto di origine (vertice nord-est).

- Canale a monte pista di accesso alla vasca

Il canale inizia a valle del piazzale di servizio presso l'ingresso dell'impianto. Per il dimensionamento della sezione del canale, è stato preventivamente definito il bacino idrografico della superficie complessiva di 0,21 km². Considerando i parametri indicati nel precedente paragrafo si è calcolata una portata da smaltire corrispondente a 2,64 m³/s e le conseguenti caratteristiche dimensionali dell'opera, che consentono una portata smaltibile di 2,80 m³/s, garantendo comunque un franco di sicurezza tra il bordo del canale e la lama d'acqua. Secondo il progetto approvato (2012), questo fosso in terra sarebbe dovuto essere ottimizzato sostituendolo, sullo stesso tracciato, con un canale in cls rivestito in pietra, analogamente al canale 1) con cui si congiunge. In fase di realizzazione del primo argine di sopraelevazione, al fine di contenere i tempi di costruzione, coerentemente con quelli assegnati dalla provincia del Sud Sardegna per l'esecuzione delle opere, il manufatto cementizio è stato sostituito da una tubazione in elementi metallici semicircolari prefabbricati e zincati, posati su fondo naturale e rinfiacati con terra, previo scavo di adeguamento della sezione del fosso esistente, in alternativa alla tipologia prevista dal progetto definitivo approvato. Sulla base delle differenti caratteristiche e parametri geometrici ed idraulici (sezione, scabrezza, velocità di deflusso, ecc.) dei materiali costruttivi impiegati rispetto a quelli previsti dal progetto approvato, è stata verificata l'equivalenza funzionale della nuova soluzione progettuale assegnando i seguenti diametri:

- tratto di monte, della lunghezza di metri 340 circa: diametro metri 0,80;
- tratto di valle, della lunghezza di metri 312: diametro metri 1,20.

- Canalette temporanee

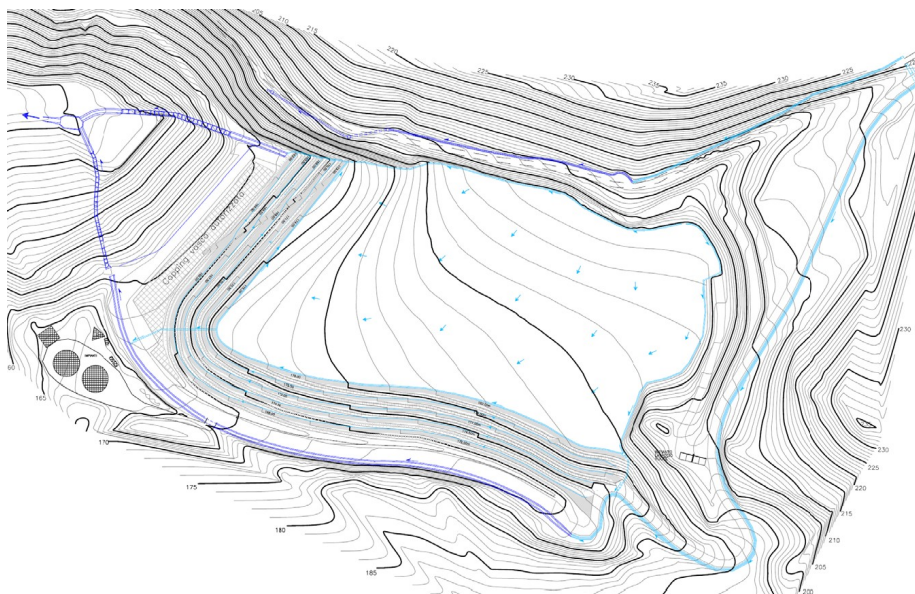
Durante la progressione delle sopraelevazioni, al fine di evitare anche minimi ruscellamenti di acque provenienti dai versanti nord ed est soprastanti, all'interno del corpo di discarica e di raccogliere le acque di drenaggio del geocomposito drenante posato sul versante (sotto l'argilla) sono state realizzate sulla berma sommitale dell'ultimo rilevato costruito, delle canalette temporanee in lamiera zincata, posate nel fosso di immorsamento della geomembrana in HDPE. Queste canalette in elementi metallici semicircolari prefabbricati e zincati, della sezione di 0,60 metri, sono state rimosse prima di procedere alla costruzione del rilevato successivo e trasformate in trincee drenanti, analogamente a quanto descritto per i canali 2). Per il dimensionamento di tali canalette è stato considerato un bacino di riferimento corrispondente per una superficie di circa 0,02 km².

- Canalette permanenti

Sugli argini di sopraelevazione sud ed ovest, sono state realizzate, al piede di ogni scarpata esterna dell'argine (berma sommitale dell'argine precedente) delle canalette raccordate al sistema principale di smaltimento tramite embrici, con la funzione di raccogliere e smaltire le acque di ruscellamento dalla scarpata soprastante evitando eventuali fenomeni di erosione localizzata.

- Canaletta di chiusura

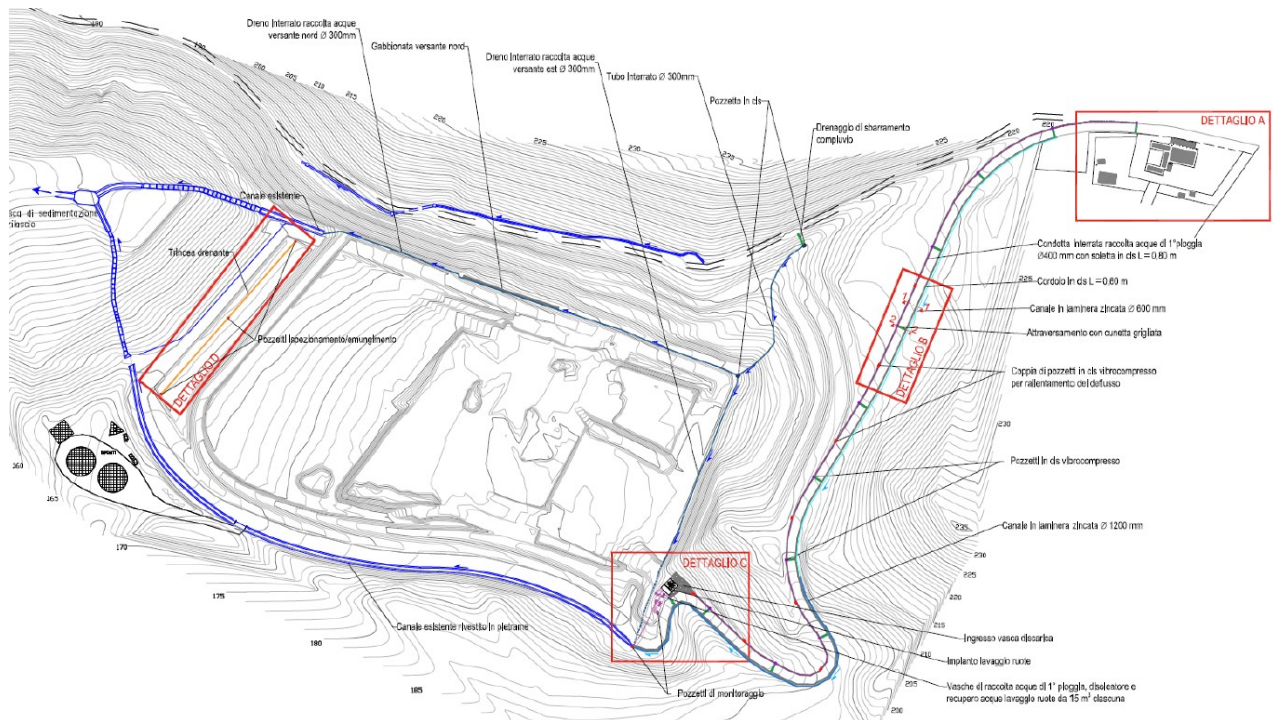
A completamento del sistema di regimazione delle acque superficiali, in fase di chiusura della discarica si realizzerà una canaletta lungo tutto il perimetro nord ed est del capping sommitale. Il tracciato della canaletta, da realizzarsi a chiusura della discarica, come indicato nella figura seguente.



Le acque provenienti dai versanti nord ed est ed in parte dalla superficie della discarica dopo la sua chiusura verranno intercettate e raccolte dalla canaletta di coronamento. Per il dimensionamento di questa canaletta, è stato considerato un bacino di riferimento pari ad una superficie di circa 0,03 km².

3.8.2.10.3 Gestione delle acque di prima pioggia

La regimazione delle acque meteoriche avviene attraverso due impianti di convogliamento, raccolta e trattamento delle acque di prima pioggia realizzati contestualmente alla costruzione del primo argine di sopraelevazione, come indica l'immagine seguente:



- il primo realizzato a servizio del piazzale uffici e servizi, interessato per lo più dal passaggio degli automezzi in entrata ed uscita dalla discarica (nella zona della pesa ponte), dal parcheggio delle auto dei dipendenti (in prossimità del fabbricato uffici) e dal parcheggio e manutenzione dei mezzi operanti nell'impianto (nei pressi del fabbricato officina);
- il secondo a servizio della pista principale di accesso alla discarica (interessata quindi dal passaggio dei mezzi adibiti al trasporto dei rifiuti), per uno sviluppo di circa 600 metri e carreggiata utile pari a circa 6,00 metri.

Impianto piazzale uffici

L'area servita da questo impianto ha pendenza sia da nord verso sud, sia da est verso ovest, pertanto:

- parte delle acque incidenti su questa superficie defluiscono naturalmente verso il lato sud del piazzale, dove sono intercettate da una canaletta e
- parte defluiscono verso ovest dove vengono intercettate dalla prima cunetta drenante della pista di accesso alla discarica e trattate nell'impianto ad essa dedicato.

Nello specifico, le opere di drenaggio sono costituite da:

- un canale in lamiera zincata a sezione semicircolare (diametro metri 0,60) con sviluppo perimetrale lungo il lato sud dell'area, in grado di smaltire ampiamente portate di colmo di 20 l/m²/h, delimitato da un cordolo in cls armato di separazione dal piano di calpestio del piazzale, dotato di fori di scarico dell'acqua (barbacani). Tale canale è posato in un letto di cls a basso dosaggio (magrone) dello spessore minimo di metri 0,20 sul fondo e lateralmente fino al piano della pavimentazione del piazzale. In corrispondenza di un attraversamento carrabile, il canale è ricoperto per metri 6,00 da una griglia carrabile (UNI ENI 24D400 GJS 500/17). Il canale, dello sviluppo di metri 70 circa confluisce nel canale in cls preesistente, collegato tramite tubazione in PVC ad un pozzetto prefabbricato da metri 1,20 x 1,20 e da qui, con una seconda tubazione, alla vasca di prima pioggia;

- un canale in lamiera zincata a sezione semicircolare (diametro metri 0,60) posto al limite ovest del piazzale e collegato ortogonalmente al precedente. Tale canale è posato direttamente in terra, previo scavo ed adeguatamente rinfiancato con magrone.
- un impianto di trattamento costituito da:
 - una vasca volano, prefabbricata in cls vibro-compresso, di capienza pari al volume delle A.P.P. generatisi su piazzale, non inferiore a 15 m³, in grado di accumulare il refluo da trattare, dotata di chiusino di dimensioni tali da consentire lo spurgo dei sedimenti accumulati, comunicante con la sezione di disoleazione e dotata a monte di pozzetto di deviazione delle acque di seconda pioggia e relativa valvola di deviazione a galleggiante;
 - una sezione di disoleazione con filtro a coalescenza e otturatore a galleggiante, delle dimensioni nette di 1,70m x 3,00m x H 2,00m;
 - idonea attrezzatura elettromeccanica, comprendente: quadro elettrico, elettropompa sommergibile, sonda ecopluvio o pluviometro ubicata in prossimità dell'impianto. L'impianto è collegato mediante una tubazione interrata ad un pozzetto prefabbricato, che costituisce il punto di rilascio e campionamento per l'impianto delle A.P.P. e questo, con un'altra tubazione, è collegato alla testa del fosso di drenaggio delle acque meteoriche che si sviluppa lungo il lato sinistro (a scendere) della pista di accesso alla discarica.

Impianto pista principale.

Questo impianto è posto al servizio della discenderia principale di accesso all'area di stoccaggio rifiuti. Tale sistema è affiancato al nuovo impianto di lavaggio ruote previsto in discarica, in modo da permettere il riutilizzo delle acque chiarificate provenienti dall'impianto A.P.P..

Nello specifico, le opere di drenaggio sono costituite da:

- una serie di caditoie (n 13) poste trasversalmente alla pista, sempre con pendenza verso ovest non inferiore al 2%, collegate ai pozzetti di connessione con la tubazione di scarico. Tali caditoie sono realizzate con elementi prefabbricati in cls vibro pressato avente luce netta di metri 0,5 x 0,5 e spessore di metri 0,05, posati e rinfiancati con cls a basso dosaggio (magrone). Le caditoie sono chiuse con elementi grigliati carrabili di larghezza non inferiore a metri 0,70 x 0,70 (UNI ENI 24D400 GJS 500/17).
- una tubazione interrata in HDPE di Ø 400 mm annegata in un letto di sabbia, che si sviluppa per una lunghezza di circa 670 metri lungo il lato destro della pista di accesso alla discarica, collegata a pozzetti (v. oltre) ed alla vasca di prima pioggia posta a valle della condotta. La condotta è protetta superficialmente con una soletta in cls armato con rete metallica (maglia metri 0,20 x 0,20 – diametro 10 mm) e cordolo laterale (h metri 0,20), di larghezza di metri 0,80;
- da n° 13 pozzetti prefabbricati in cls vibrocompresso (metri 1,20 x 1,20) con relativo chiusino, con innesti a 3 vie (ingresso e uscita tubazione di scarico + ingresso scarico caditoia);
- da n° 8 coppie di pozzetti prefabbricati in cls vibrocompresso (metri 1,20 x 1,20) con relativo chiusino, con innesti a 2 vie (ingresso e uscita tubazione di scarico), avente funzione di salto (rallentamento velocità di deflusso), ubicati nella mezzeria dei tratti più ripidi della condotta;

- da una soletta in cls armato con rete metallica (maglia metri 0,20 x 0,20 – diametro 10 mm) e cordolo laterale (h m 0,20), di larghezza di metri 0,80 di protezione della condotta;
- un impianto di trattamento costituito da:
 - una vasca volano, prefabbricata in cls vibro-compresso, di capienza pari al volume delle A.P.P. generatisi su piazzale, non inferiore a 15 m³, in grado di accumulare il refluo da trattare, dotata di chiusino di dimensioni tali da consentire lo spurgo dei sedimenti accumulati, comunicante con la sezione di disoleazione e dotata a monte di pozzetto di deviazione delle acque di seconda pioggia e relativa valvola;
 - una sezione di disoleazione con filtro a coalescenza e otturatore a galleggiante delle dimensioni minime interne di interne 1,70m x 3,00m x H 2,00m;
 - idonea attrezzatura elettromeccanica, come previsto da specifiche tecniche: quadro elettrico, elettropompa sommergibile, sonda ecopluvio o pluviometro ubicata in prossimità dell'impianto;
 - una vasca di accumulo in uscita delle acque chiarificate (anch'essa di volumetria non inferiore a 15 m³), prefabbricata in cls vibro-compresso, che funge da serbatoio di stoccaggio, prima della caratterizzazione chimica, dello scarico delle acque trattate, dotata di pozzetto di campionamento;
 - una vasca di accumulo, (anch'essa di volumetria non inferiore a 15 m³), prefabbricata in cls vibro-compresso, di accumulo di quota parte delle acque di seconda pioggia, da riutilizzarsi per il lavaggio ruote o innaffiamento piste. Questa vasca è connessa, in ingresso, con la condotta di collegamento con il pozzetto scolmatore a monte della vasca di prima pioggia ed in uscita con il canale di scarico n. 1).

La posizione grafica dei presidi previsti è riportata nella figura precedente, i dettagli sono riportati nelle figure dei paragrafi precedenti.

3.8.2.11 Chiusura della discarica

La discarica, al termine della coltivazione, verrà chiusa mediante la realizzazione, sulla superficie sommitale dei rifiuti, del pacchetto multistrato di chiusura, pronto per la successiva rivegetazione.

La discarica secondo l'attuale progetto al termine dell'8° argine, a coltivazione completata, raggiungerà la quota massima di 200,70 m s.l.m. ed avrà una superficie sommitale, di circa 3,5 ettari; in parte degradante dolcemente verso sud con una pendenza di circa il 19% ed un settore, degradante verso ovest con una pendenza massima di circa il 14%.

Tenuto conto che nella discarica non vengono smaltiti rifiuti putrescibili, per cui si esclude la produzione di gas, il pacchetto di chiusura prevede che lo strato di drenaggio e rottura capillare dei gas, così come previsto dal D.Lgs. 121/2020 dello spessore di metri 0,50 di materiale lapideo drenante, in via del tutto precauzionale, sia sostituito da un geocomposito drenante, in analogia e continuità con quanto previsto ed autorizzato sul paramento interno degli argini di sopraelevazione, che di fatto costituiscono parte integrante del capping.

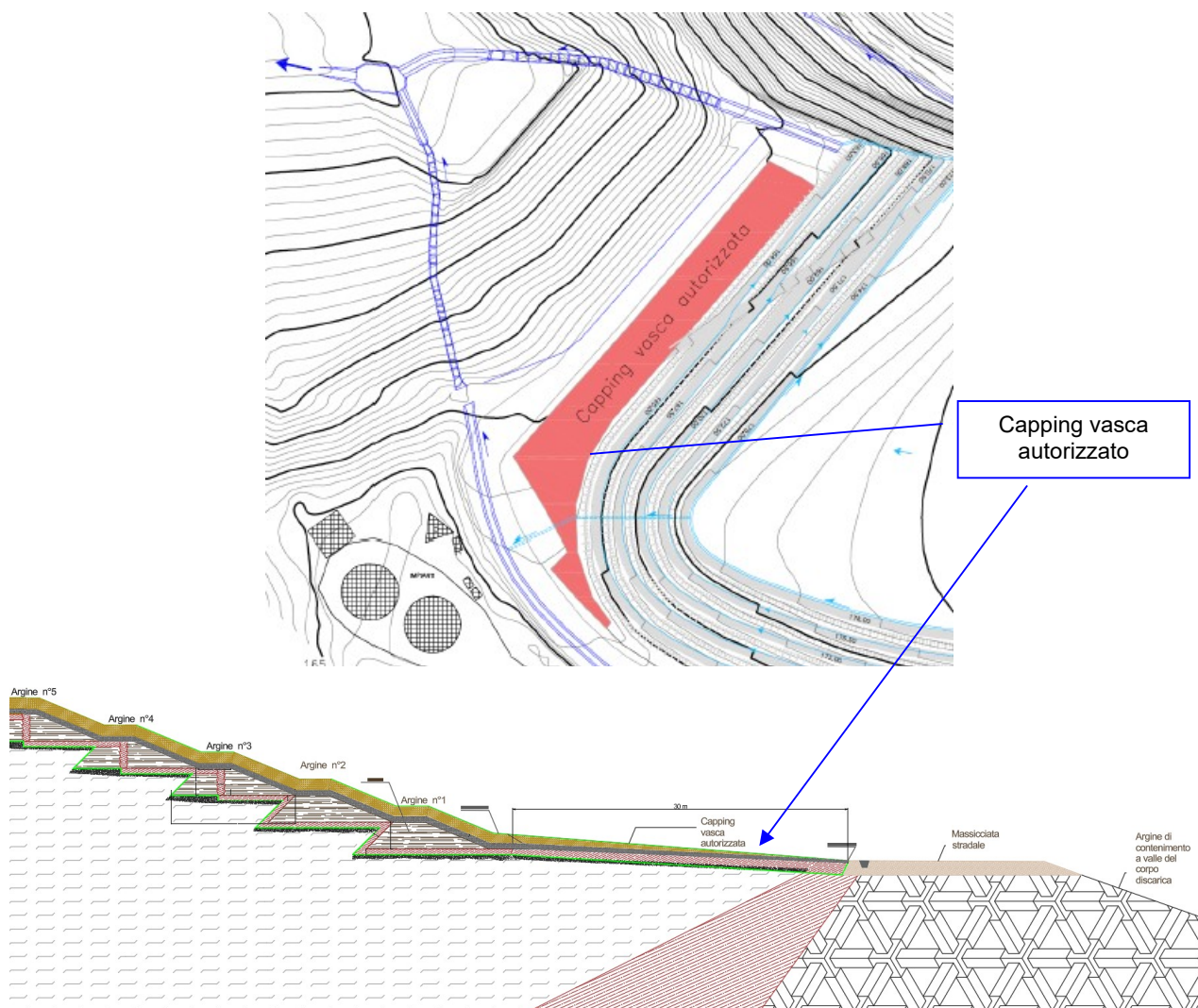
Il pacchetto multistrato di chiusura previsto in progetto prevedeva, dal basso verso l'alto, i seguenti strati:

- strato drenante e di rottura capillare per dissipare eventuali formazioni di gas costituito da geocomposito drenante;
- strato minerale a bassa permeabilità ($k \leq 1 \times 10^{-8}$ m/s) di 0,50 metri;

- telo in HDPE da 2,00 millimetri;
- strato di materiale drenante di spessore 0,50 metri per impedire la formazione di battente idraulico;
- strato di terreno vegetale di spessore 1,0 metri.

Durante la realizzazione del primo argine di sopraelevazione, è già stata eseguita la chiusura della porzione ovest della vasca esistente non interessata dalle sopraelevazioni, compresa tra il piede del primo argine di sopraelevazione ovest e l'attuale pista di coronamento della vasca, come mostrano le immagini seguenti.

Tale chiusura è stata realizzata secondo quanto previsto dalla richiamata determinazione della provincia Sud Sardegna n. 209 del 21.07.2016, nelle more della realizzazione dell'impianto di riciclaggio di cui la società, per mutate condizioni di mercato ha abbandonato progettualmente.



3.8.2.12 Sintesi del recupero ambientale

Le finalità degli interventi di recupero ambientale e riqualificazione paesaggistica previsti sono di tre tipi:

- ambientale,
- paesaggistico ed
- ecosistemico.

Gli interventi di recupero ambientale riguarderanno le seguenti aree e saranno realizzati secondo quanto previsto dal Piano di Ripristino ambientale approvato e descritto nel seguito:

- a. scarpate dell'argine di sopraelevazione di nuova realizzazione,
- b. area sommitale della discarica,
- c. porzione del versante nord (per una fascia di larghezza di circa 10 metri), compresa tra la strada comunale per Gonnese e la superficie di chiusura della discarica,
- d. per il momento non è previsto il recupero ambientale della porzione ovest della vasca non interessata dalla sopraelevazione, in quanto dopo la decisione della non realizzazione dell'impianto di trattamento già autorizzato, la società sta prevedendo di utilizzare l'area per altre iniziative in via di progettazione preliminare.

I lavori di recupero ambientale sono in parte avvenuti contestualmente fino alla conclusione del 5° argine ma in relazione alla modifica normativa relativa al capping di chiusura il tutto viene rimandato alla chiusura finale.

Pertanto, questi interventi sono avvenuti con la seguente sequenza:

1. rinaturalizzazione degli argini via via completati, in progressione con l'avanzamento della sopraelevazione. Ogni argine è stato rinverdito solo al termine della costruzione di quello successivo. In questo modo rimane da rinaturalizzare solamente l'argine in fase di riempimento;
2. recupero ambientale delle aree sommitali della discarica, in seguito al raggiungimento delle quote finali di progetto e la progressiva chiusura con il "pacchetto" multistrato conforme alle indicazioni del D. Lgs n. 36/03;
3. rinaturalizzazione, contestualmente al recupero ambientale della superficie di chiusura della discarica, della fascia del versante nord compresa tra la strada per Gonnese e la stessa superficie del capping.

In particolare, per quanto riguarda la rinaturalizzazione dell'argine in progetto, successivamente alla stesa della terra vegetale, sul paramento esterno dello stesso (esclusa la berma sommitale) si impianteranno le specie arbustive previste dal progetto definitivo originariamente autorizzato, con una densità media di circa 1 pianta ogni 50 m² di superficie, secondo un sesto casuale e naturaliforme, secondo le indicazioni della D.L..

Le specie da impiantare sono le seguenti:

- Cisto (*Cistus monspeliensis*)
- Mirto *Myrtus communis*)
- Lentisco (*Pistacia lentiscus*)
- Corbezzolo (*Arbustus unedu*).

Successivamente all'impianto delle specie tutta la superficie sarà inerbita mediante semina a spaglio di un miscuglio di specie erbacee autoctone, impiegato in quantità non inferiore a 40 g/m². I miscugli commerciali impiegati sono del tipo "Gallura" o altri miscugli idonei per prati-pascolo locali nei quali siano comprese, tra le leguminose: *Trifolium pratense*, *Trifolium subterraneum*, *Medicago sativa*, *Medicago lupulina*, *Sulla* e tra le graminacee: *Agrostis stolonifera*, *Festuca* spp., *Lolium perenne*, *Medicago lupulina*. Il miscuglio dovrà essere indicativamente composto da: 60% di graminacee e 40% di leguminose.

Tutti gli interventi di ripristino ambientale avverranno secondo quanto già autorizzato e previsto dalle Specifiche tecniche di progetto.

Gli interventi di manutenzione sistematica, si limiteranno al primo periodo di 3-4 anni dall'impianto ed avranno prevalentemente la funzione di garantire lo sviluppo della copertura vegetazionale soddisfacente. Successivamente, la manutenzione avrà prevalentemente la funzione di garantire l'evoluzione spontanea dell'intervento.

3.8.2.13 Piano di recupero ambientale

L'intervento in oggetto è di tipo naturalistico, pertanto prevede tutte le provviste ed opere necessarie per consentire l'impianto ed il sostentamento della vegetazione.

Nel presente caso, per coerenza con le prescrizioni di chiusura del D. Lgs. n 36/03, il riporto di terreno agrario sulle superfici della discarica viene computato nel "pacchetto di chiusura" e non negli interventi di recupero ambientale; in questa sede vengono fornite tuttavia le specifiche qualitative del materiale e delle modalità di posa e di preparazione per le semine e gli impianti.

Invece, per gli interventi esterni al corpo di discarica le provviste e pose del substrato vegetante è parte integrante del recupero ambientale.

Gli interventi di recupero ambientale mirano al reinserimento ambientale, paesaggistico ed eco sistemico del nuovo corpo di discarica e delle aree circostanti interessate da opere complementari nel più generale contesto territoriale costituito da versanti coperti da macchia mediterranea bassa, insediata su un substrato e con affioramenti rocciosi diffusi.

Pertanto, la rinaturalizzazione della discarica ed aree di pertinenza avverrà con le seguenti tipologie di interventi.

Le aree di intervento previste dal progetto di recupero ambientale sono:

- **Rinaturalizzazione argine di sopraelevazione**
L'intervento riguarda le scarpate esterne dell'argine e la superficie sommitale, utilizzata come pista di servizio. La superficie totale di intervento è di circa m² 6500,00;
- **Rinaturalizzazione superficie sommitale della discarica**
Si tratta di una superficie continua che potrà essere rinaturalizzata progressivamente in seguito alla chiusura. La superficie complessiva è di m² 36.000;
- **Rinaturalizzazione fascia versante nord**
L'intervento riguarda il completamento della rinaturalizzazione della fascia compresa tra la strada comunale di Gonnese e la superficie di chiusura della discarica, per una superficie di circa m² 4000,00.

3.8.2.13.1 Tecniche d'intervento ed operazioni

Riporto del substrato vegetante

Il substrato vegetante è finalizzato a promuovere la crescita della vegetazione ed a proteggere gli strati sottostanti. Il suo spessore non è inferiore a 0.3 metri sulle scarpate e a 1 metro sulla superficie di chiusura della discarica ed è sufficiente a consentire:

- lo sviluppo dell'apparato radicale di specie erbacee ed arbustive;

- un'adeguata capacità di campo;
- il controllo dell'erosione a lungo termine.

Le caratteristiche fisico, chimiche e biologiche sono conformi alle specifiche tecniche di progetto.

Tenuto conto delle caratteristiche pedologiche dei suoli circostanti, poveri e di limitata potenza per la presenza diffusa di affioramenti rocciosi si ritiene più che sufficiente tale apporto di terra agraria, al fine di ottenere un rinverdimento sia erbaceo che arbustivo omogeneo al contesto circostante.

Preparazione del letto di semina

La preparazione comprenderà l'apporto di terra naturale/agraria, di concimi ed ammendanti, le lavorazioni meccaniche e lo spietramento superficiale (se necessario), del terreno.

Tutto ove possibile queste operazioni saranno effettuate con l'utilizzo di mezzi meccanici; dove la pendenza del terreno o la dimensione dell'appezzamento non hanno reso possibile l'accesso con i mezzi meccanici si è operato manualmente.

La distribuzione della terra avverrà per strati successivi di spessore non superiore a cm 25/30, omogeneizzati tra loro mediante lavorazioni meccaniche.

Completata la distribuzione della terra si opererà la distribuzione di concimi ed ammendanti che sono stati ricoperti nel terreno subito dopo la distribuzione, mediante fresatura.

La preparazione del letto di semina ha compreso inoltre tutte le operazioni eventualmente necessarie per consentire la semina/impianto in condizioni ottimali.

Diserbo preventivo

Si è ritenuto non necessario il diserbo preventivo in quanto l'intento del rinverdimento è quello di rendere l'area d'intervento il più naturaliforme possibile (rispetto le aree circostanti), e pertanto non si effettuerà questo intervento poiché il terreno di riporto proviene da aree climaticamente e pedologicamente simili a quelle d'intervento.

Posa di biostuoie

Il biotessile viene impiegato negli interventi antierosivi di rivestimento di scarpate soggette a erosione meteorica, previo disgaggio e riporto di strato di terreno vegetale di spessore minimo di cm 20.

Le biostuoie possono essere:

- non preseminate; in tal caso hanno solamente funzione protettiva, sono costituite da un unico strato di materiale biodegradabile (es. iuta) e devono essere posate immediatamente dopo la semina del terreno sottostante (idrosemia) e possibilmente mantenute umide. La durata deve variare tra 1 e due anni;
- preseminate; in tal caso, devono essere formate da un doppio strato di materiale biodegradabile (es. iuta) contenente i semi e devono essere posate in condizioni climatiche idonee alla pronta germinazione del seme e mantenute umide fino almeno a germinazione avvenuta.

La biostuoia deve avere le seguenti caratteristiche generali:

maglia minima 1x1 cm,

- massa areica non inferiore a 400 g/m²;
- staffe o picchetti in ferro acciaiolo piegati a U $\varnothing$ 8 ÷ 12 millimetri, L = 20 ÷ 40 centimetri o in legno L = 50 ÷ 70 centimetri o talee di L minima 50 centimetri.

La posa della geojuta dovrà avvenire secondo le seguenti modalità di esecuzione:

- regolarizzazione ove possibile della scarpata mediante allontanamento di eventuali apparati radicali ed eliminazione di avvallamenti e dossi;
- formazione di un solco di 20-30 centimetri a monte della scarpata;
- posizionamento di un'estremità della stuoia all'interno del solco, fissaggio con staffe e copertura del solco con terreno;
- stesura della stuoia lungo la scarpata e sovrapposizione dei teli contigui di almeno 10 centimetri;
- fissaggio della stuoia con staffe a U o picchetti o talee lungo le sovrapposizioni dei vari teli utilizzati e al centro della stessa. La densità dei picchetti aumenta all'aumentare della pendenza della scarpata: < 30° 1 picchetto per m², 30° 2-3 picchetti per m² ed è in funzione della consistenza del substrato;
- ricopertura dei bordi e fissaggio della stuoia al piede della scarpata.

Le stuoie fino alla messa in opera dovranno essere conservate in ambiente idoneo, onde evitare l'umidità e l'imbibizione di acqua.

La posa del biotessile dovrà avvenire preferibilmente nei periodi primaverili - autunnali, evitando i periodi di gelo invernale ed i periodi di siccità estiva.

Semina (tradizionale ed idrosemina)

Il substrato vegetante sul quale verranno seminate le essenze, per le procedure di realizzazione e le caratteristiche di composizione, presenterà proprietà chimico-fisiche simili a quelle di un suolo giovane, pertanto le specie erbacee da utilizzare dovranno possedere caratteristiche di spiccata rusticità, dovranno essere contraddistinte da una significativa resistenza agli stress idrici e da un'alta capacità di attecchimento.

Le specie erbacee selezionate dovranno inoltre essere longeve ed essere scelte in funzione delle caratteristiche ecologiche del sito.

Potranno essere utilizzati miscugli commerciali di Graminacee e Leguminose tipo "Gallura" o altri miscugli commerciali idonei ai prato-pascolo locali, nei quali siano comprese tra le Leguminose, *Trifolium pratense*, *Trifolium subterraneum*, *Medicago sativa*, *Medicago lupulina*, *Sulla* spp., mentre tra le Graminacee *Agrostis stolonifera*, *Hordeum marinum*, *Festuca* spp., *Lolium perenne*.

Nel miscuglio dovranno essere possibilmente comprese anche sementi reperibili di altre specie locali erbacee ed anche arbustive (es. *Scabiosa atropurpurea*, *Senecio vulgaris*, *Bellis perennisi*, *Helichrysum italicum*, *Acacia* spp., *Genista* spp., *Olea europea* var. *oleaster*, *Ceratonia siliqua*).

Il miscuglio di semina dovrà avere indicativamente, la seguente composizione percentuale:

- Graminacee: circa il 60% in peso;
- Leguminose: circa il 25% in peso;
- altre specie: 15%.

Dove le condizioni locali lo consentano (superfici con suolo pianeggiante poco declivi) la semina avverrà con tecnica tradizionale, secondo le indicazioni riportate nelle specifiche tecniche.

Nelle situazioni più critiche verrà adottata l'idrosemina.

Questa soluzione d'intervento si adotta per migliorare le caratteristiche di attecchimento del miscuglio seminato, in presenza di condizioni difficili (forte pendenza, scarso substrato, rischio erosione, ecc.), dove le tecniche tradizionali risultano poco efficaci.

La tecnica prevede l'irrorazione tramite motopompe di un composto, comprendente un miscuglio di sementi di specie erbacee ed eventualmente arbustive, fertilizzante organico, leganti e fissatori della semente, stabilizzanti e sostanze miglioratrici del suolo, fitoregolatori.

Impianti arbustivi

Generalità sugli interventi di copertura arbustiva

Le specie arbustive utilizzate nell'intervento di recupero ambientale, contribuiranno ad ottenere un microclima idoneo allo sviluppo delle altre essenze e della flora spontanea.

La crescita dei loro apparati radicali conferirà stabilità al terreno, mentre le foglie e i rami, fonti importanti di sostanza organica, assicureranno una migliore regimazione delle acque superficiali, e in estate impediranno l'eccessivo riscaldamento del terreno, diminuendo il consumo d'acqua per evaporazione e traspirazione.

Con questo tipo d'intervento si ricrea la vegetazione naturale preesistente, utilizzando quindi solo essenze autoctone.

Si tratta di un intervento composito in cui la monotonia della superficie prativa verrà interrotta dalla presenza di cespugli ed arbusti.

L'impiego di essenze arboree riveste, nel caso specifico, una notevole importanza pratica in quanto esercita un'ulteriore azione consolidante, sia a causa del maggiore sviluppo radicale,

sia per la protezione che offre al suolo ricoperto dal cespuglio stesso ed inoltre la vegetazione evolve, naturalmente, verso climax biologicamente più ricchi.

L'ambiente cespugliato è quindi molto più rustico di un prato, e conseguentemente meno sottoposto a danneggiamenti; inoltre il suo peso non è tale da aggravare la stabilità di certi terreni ed è pertanto una soluzione da utilizzare nelle porzioni più declivi della discarica.

Occorre ricordare che le essenze utilizzate saranno estremamente rustiche, esse infatti trovano per lo più il loro habitat naturale su rocce, detriti, suoli sassosi, risulta quindi superfluo un riporto di terreno per spessori notevoli, sarebbe inoltre opportuno disporre delle rocce che ricreino, nel modo più naturale possibile il paesaggio a "macchia" della zona.

Scelta delle specie arbustive

Le specie e le entità sottospecifiche (sottospecie, razze, varietà, provenienze, cloni, ecc.) da impiegare nell'opera di rinaturalizzazione devono possedere caratteristiche di idoneità all'ambiente (sotto il profilo pedoclimatico) e di funzionalità agli scopi dell'intervento tali da consentire il più completo, rapido e duraturo perseguimento degli obiettivi prefigurati.

Sulla base delle risultanze dell'indagine vegetazionale dell'area vasta, le specie da utilizzare saranno prevalentemente le seguenti:

- **Arbustus unedo** (Corbezzolo)

Arbusto o piccolo albero alto fino a 5 metri. Rami numerosi, con corteccia rosso-bruna; foglie simili a quelle dell'alloro, coriacee, con lamina ovale ed acuta all'apice e margine dentato; fiori riuniti in racemi

terminali con corolla urceolata bianca o rosata; frutto rotondeggiante, carnoso e di colore rosso a maturità, con superficie ruvida per la presenza di verruche piramidali.

Fioritura: settembre-dicembre.

- *Cistus monspeliensis* (Cisto di Montpellier)

Arbusto alto fino a 1,5-2 metri, con rami tomentosi. Foglie sessili, con lamina lineare lanceolata, tomentose e vischiose, di color verde scuro; fiori piccoli, riuniti in racemi terminali; petali bianchi, spesso con una macchia gialla; frutto capsula tomentosa.

Fioritura: marzo-maggio.

- *Myrtus communis* (Mirto)

Arbusto alto fino a 4 metri, sempreverde, aromatico e molto ramificato. Foglie coriacee, lamina ovato-lanceolata a margine intero, di color verde lucente e con nervatura mediana sporgente inferiormente; fiori ermafroditi e solitari, posti all'ascella delle foglie su un lungo peduncolo; corolla biancastra e stami numerosi; frutto bacca arrotondata, che a maturità tende al nero-bluastrò.

Fioritura: maggio-luglio.

- *Pistacia lentiscus* (Lentisco)

Arbusto o raramente alberello sempreverde, alto fino a 5 metri e molto ramificato. Foglie composte paripennate con 4-5 paia di foglioline ovato-lanceolate a margine intero; piccoli fiori dioici raccolti in infiorescenze a racemo all'ascella delle foglie, di colore verde i femminili e rosso-bruno i maschili; frutti piccole drupe di 3-5 millimetri, prima rosse e a maturità nere.

Fioritura: marzo-aprile.

Modalità d'impianto arbustivo

L'intervento è rivolto principalmente alla creazione di una copertura arbustiva naturaliforme, col duplice scopo di:

- favorire la naturale evoluzione della vegetazione di macchia tipica del contesto ecologico in cui viene ad inserirsi l'opera in progetto;
- mitigare le caratteristiche di linearità e regolarità dell'opera, con l'inserimento di elementi di discontinuità, rappresentati da macchie arbustive.

Gli arbusti potranno essere impiantati singolarmente o a gruppi (macchia). La composizione e la distribuzione spaziale delle singole specie all'interno delle macchie, dovranno rispettare il criterio della casualità al fine di riproporre al meglio condizioni di seminaturalità. In particolare, sugli argini la distribuzione della vegetazione dovrà interessare le aree prossime alle linee di discontinuità dei manufatti (profilo degli argini), per interromperne la geometricità percettiva.

L'intervento consisterà nell'impianto di elementi singoli e di gruppi di individui (della stessa specie o di specie differenti) con una certa irregolarità, al fine di far assumere alla vegetazione un aspetto quanto più possibile naturale, simulando gli aggregati vegetali presenti nell'area sotto forma di "macchioni". L'irregolarità è legata sia alla disposizione sull'area degli aggregati vegetali, che al numero di individui che compongono i gruppi ed alla loro composizione.

La densità media di impianto, rapportata alle singole aree di intervento, è di n° 1 pianta ogni 50 m² sulle scarpate degli argini (escluse le berme).

Applicazione del disco pacciamante

Al fine di ridurre l'evaporazione e limitare lo sviluppo delle infestanti, al piede delle piante arbustive, verrà posto un disco pacciamante biodegradabile questo garantisce maggior probabilità di attecchimento agli esemplari impiantati.

Concimazione

L'apporto di concimi non rappresenta una tecnica a cui ricorrere con sistematicità nel recupero ambientale, poiché si desidera perseguire degli obiettivi colturali prossimi a quelli naturali e bisognosi di ridotti input esterni. Nella fase di avvio, la distribuzione di modeste quantità di fertilizzanti organo-minerali può però risultare utile per accelerare i tempi di sviluppo e affermazione, ed i ritmi di accrescimento delle coperture.

Il fabbisogno totale di nutrienti è stimato in 5 g/m² per l'azoto, 2 g/m² per il fosforo, 2 g/m² per il potassio e 4 g/m² per il calcio. Pertanto, nelle zone di nuovo intervento, andrà effettuata una concimazione di fondo (prima della semina/impianto) con 200 kg/ha di un fertilizzante chimico ternario (ad es. 11:22:16) e con 200 kg/ha di un fertilizzante organo-minerale.

Si fa presente inoltre che la gestione dei residui vegetali con il periodico sfalcio e trinciatura, è determinante per accelerare la formazione di un suolo organico, e può portare col tempo alla completa abolizione degli interventi di fertilizzazione esterna.

Irrigazione

Poiché l'intera area, a recupero effettuato, dovrà assumere un aspetto di seminaturalità, quale elemento di integrazione paesaggistica ed ecologica all'interno delle aree di contesto, si ritiene che anche la vegetazione, che rappresenterà l'elemento di maggior percezione visiva e la componente biotica più diffusa dell'ecosistema che si andrà ad instaurare, dovrà uniformarsi a questo requisito.

Si ritiene quindi meglio evitare l'irrigazione generalizzata e sistematica su tutta l'area recuperata, che modificherebbe i cicli vegetativi stagionali ed i ritmi di crescita della vegetazione limitandole alle sole specie arbustive nei primi anni d'impianto.

Nelle condizioni microclimatiche dell'area d'intervento, l'irrigazione estiva diffusa contribuirebbe ad una significativa modificazione cromatica dell'intero corpo di discarica, accentuandone la visibilità.

Perciò si preferisce limitare l'irrigazione alla sola fase iniziale di impianto (due stagioni) degli arbusti, condizionandone poi lo sviluppo vegetativo successivo all'andamento meteorologico.

Per quanto concerne la vegetazione erbacea, essa verrà seminata preferibilmente in autunno e si svilupperà in seguito alle precipitazioni autunno-invernali.

Nei mesi estivi, la parte epigea del cotico erboso tenderà a seccare, per rivegetare con le prime piogge.

Trattandosi quindi di irrigazione localizzata e temporanea l'acqua verrà somministrata secondo le modalità indicate nelle specifiche tecniche, mediante carro-botte.

3.8.2.13.2 Piano di manutenzione

Trattandosi di interventi di rinverdimento che hanno come fine la realizzazione di un ambiente dove l'evoluzione della copertura vegetazionale e delle funzionalità e relazioni ecosistemiche, devono essere tali da garantire il raggiungimento di uno stato di equilibrio, gli interventi di manutenzione sistematica si limiteranno al primo periodo di 3-4 anni dall'impianto ed avranno prevalentemente la funzione di garantire lo sviluppo della copertura vegetazionale soddisfacente.

Tali interventi dovranno essere ulteriormente protratti oltre tale lasso di tempo, nella fase di post-chiusura, soltanto nel caso in cui il monitoraggio ne evidenziasse l'effettiva esigenza.

Sostituzione delle fallanze

La sostituzione delle fallanze dovrà essere integrale per tutti gli arbusti e piante che non risulteranno vegetanti dopo 18 mesi dall'impianto. Successivamente dovranno essere ulteriormente sostituiti arbusti non attecchiti, quando la fallanza dovesse eccedere il 20% dei soggetti costituenti un singolo gruppo arbustivo.

La sostituzione dovrà altresì avvenire quando:

- a. all'interno di un gruppo, la fallanza interessi tutti gli esemplari di una specie o alteri comunque in misura significativa il quadro consociativo originario;
- b. le fallanze complessive dell'intervento superino il 20% dei soggetti posti a dimora.

La sostituzione delle fallanze dovrà avvenire con le stesse specie di progetto ed utilizzando i medesimi accorgimenti, in stagione idonea, ma comunque nell'annata dalla morte delle piante originarie.

Risemina o trasemina delle superfici insufficientemente inerbite

L'intervento di inerbimento dovrà essere ripetuto, nei primi due anni, su tutte quelle aree che non presenteranno una diffusione del cotico almeno pari all'80% della superficie.

La trasemina dovrà essere effettuata, per lo stesso periodo, su tutte le aree che presenteranno cotico non sufficientemente compatto o costituito da composizione vegetazionale sensibilmente differente da quella del miscuglio impiegato; la trasemina avverrà con le specie deficitarie.

A partire dal terzo anno dalla prima semina, gli interventi manutentivi di cui sopra, si renderanno necessari solamente nel caso in cui la superficie nuda:

- c) ecceda i 200 m² continui, su aree con pendenza < 25°, o i m² 100 in aree con pendenza > di 25°;
- d) evidenzii segni di erosione/ruscellamento o comunque principi di instabilità locale.

Irrigazione

L'irrigazione, a partire dal 3° anno dall'impianto, dovrà essere effettuata, solamente quale pratica straordinaria, (irrigazione di soccorso).

La vegetazione erbacea verrà irrigata soltanto in condizioni di emergenza e di forte criticità, allo scopo di prevenire danni irreversibili al cotico.

L'adacquamento dovrà essere effettuato nel periodo maggio – ottobre, con frequenza a discrezione del Responsabile dell'impianto, e comunque non superiore a 7 gg dall'adacquamento precedente, o dall'ultimo evento piovoso con apporto di almeno 30 millimetri di pioggia.

Ogni adacquamento dovrà comportare un apporto non inferiore a 10 l/m², da distribuire frazionato in due passate e comunque in modo tale da non generare ruscellamento superficiale (soprattutto per le aree di scarpata).

Per gli arbusti, l'apporto idrico dovrà essere non inferiore a 10 litri per pianta.

Per l'irrigazione potrà essere utilizzata l'acqua in uscita dall'impianto di trattamento dei percolati, purché le caratteristiche chimiche-fisiche-biologiche, oltre che essere conformi ai requisiti previsti dal D. Lgs. 152/06 e s.m. per lo scarico in acque superficiali, siano conformi ai limiti per l'uso irriguo.

L'irrigazione dovrà seguire i reimpianti per sostituzione delle fallanze, adottando gli stessi criteri previsti per l'impianto iniziale e dovrà essere praticato nel caso di trasemine in periodi diversi da quello autunnale.

Altri interventi

Non sono previsti interventi di concimazione e fitosanitari, stante l'evoluzione seminaturale verso cui si vuol far tendere l'intervento.

Solo qualora si riscontrino situazioni di particolare gravità in termini di accrescimento vegetativo e/o fitosanitarie, potranno essere effettuati interventi specifici.

Per quanto concerne la durata della gestione post-operativa, in conformità a quanto previsto dal D. Lgs n. 36/03, essa viene individuata in anni 30; tuttavia ci si riserva, sulla base degli esiti dei monitoraggi e previo assenso delle Autorità competenti, di ridurre tale periodo in funzione delle effettive esigenze di controllo.

3.8.2.14 Impianti e strutture di servizio

3.8.2.14.1 Impianto di gestione del percolato

La tipologia di rifiuti smaltita nella discarica, per le sue caratteristiche intrinseche, non produce percolato.

Il percolato prodotto, deriva solamente dalle acque meteoriche che cadono all'interno del modulo in esercizio e drenano sul fondo della vasca.

Il percolato viene continuamente captato dal fondo dei moduli della discarica con una rete di tubazioni micro-fessurate e stoccato in un vascone esterno nell'attesa di essere inviato a trattamento depurazione in impianto esterno.

La rete di captazione del percolato è stata già descritta.

La quantità di percolato mediamente captata e smaltita si situa in un range compreso tra 5.000 e 7.000 m³/anno, il tutto in funzione dell'andamento meteo-climatico stagionale ed in linea con i dati del contesto meteo-climatico locale.

Tale valore risulta per altro in linea con la stima effettuata su:

- superficie media della vasca, pari a poco meno di 5 ettari,
- precipitazioni medie (circa 580-600 mm/anno) e
- evapotraspirazione calcolata secondo il metodo di Blaney e Criddle.

3.8.2.14.2 Impianti lavaggio ruote

La discarica originariamente era dotata di un impianto di lavaggio automatico, lavar ruote e lavachasis, ubicato presso il vertice sud ovest della vasca.

Contestualmente alla costruzione del primo argine di sopraelevazione è stato realizzato un nuovo impianto di lavaggio sul vertice sud est della discarica, in prossimità della pista di ingresso/uscita dall'area di abbancamento.

Entrambe gli impianti sono collegati all'area di scarico dei rifiuti mediante piste in terra che verranno progressivamente prolungate contestualmente alla sopraelevazione.

Pertanto, attualmente la discarica è dotata di n. 2 impianti che possono operare in alternativa o contemporaneamente, in caso di maggior afflusso di mezzi contemporaneamente.

Indipendentemente dalle caratteristiche funzionali specifiche, gli impianti garantiscono l'agibilità e la completa pulizia delle ruote (lavaggio) di automezzi di lunghezza complessiva fino a 14 metri anche in condizioni di fangosità della superficie di contatto, transitando nell'impianto ad una velocità non superiore a 2 Km/h.

Gli impianti sono dimensionati in modo tale da garantire 2 giri di ruota tra ingresso ed uscita dal lavaggio.

Gli impianti sono completi di accessori, impianti ausiliari e quadro elettrico di comando e fotocellule o sensori ottici di accensione/spengimento automatico dell'impianto.

3.8.2.14.3 Impianto di trattamento e depurazione dei reflui sanitari

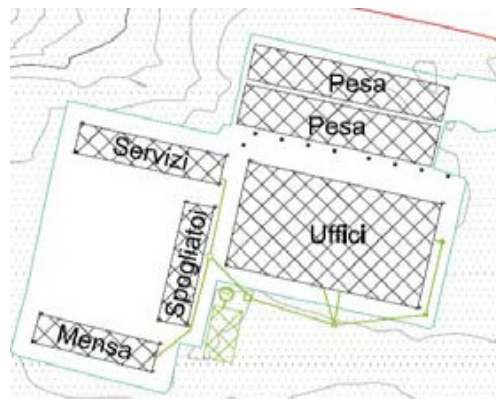
Il complesso è dotato di uffici e di locali ad uso spogliatoio e servizi per il personale.

I servizi igienici, ubicati in questi locali, producono dei reflui che vengono scaricati in una fossa biologica che trattiene la frazione solida, con uno sfioratore che invia i liquidi in una vasca non perdente di 16 m³.

Periodicamente la fossa e la vasca vengono vuotate con mezzo autospurgo e il contenuto inviato a impianto di depurazione.

3.8.2.14.4 Uffici e locali per il personale

Il locale uffici e servizi è stato realizzato in prossimità dell'ingresso all'area, presenta un piano fuori terra e dimensioni planimetriche di 25 x 8 metri, come indicato nell'immagine che segue.

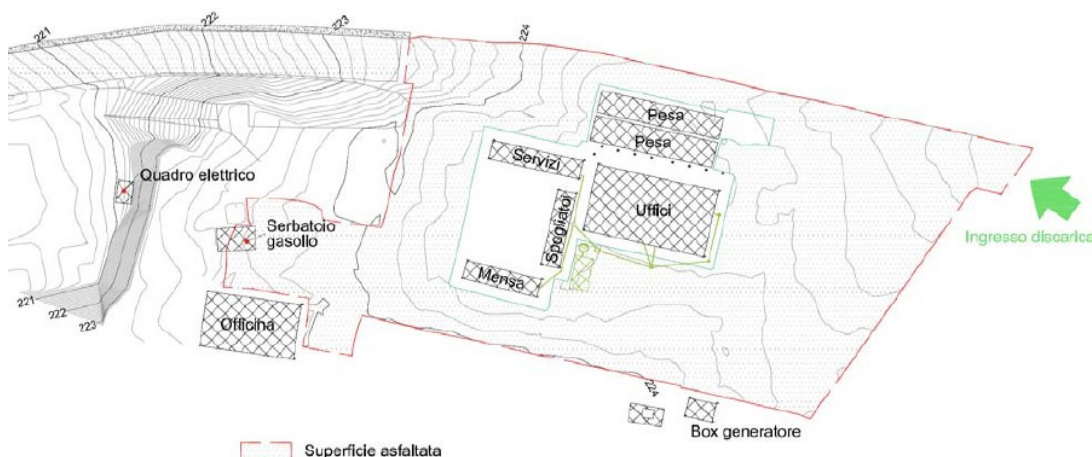


3.8.2.14.5 Pesa ponte

Nell'area ubicata a sud est rispetto alla discarica, in prossimità dell'ingresso e degli uffici, è attualmente presente un impianto di pesatura con due pese a ponte per il controllo quantitativo del materiale in ingresso, come mostra l'immagine seguente.

Si tratta di due bilici a ponte di portata pari a 80 tonnellate, con piattaforma in acciaio di dimensioni 14 x 3 metri, appoggiata mediante 8 celle di carico alla vasca di cemento armato.

L'immagine che segue, mostra la planimetria degli uffici e l'ubicazione della pesa ponte.



3.8.2.14.6 Impianto di captazione, gestione e controllo dei gas

L'impianto attuale non è dotato di alcun sistema di captazione e controllo dei gas da discarica, in quanto in esso non vengono smaltiti rifiuti putrescibili in grado di generare composti aeriformi.

Data la tipologia dei rifiuti conferiti, anche nell'ampliamento fino ad oggi costruito non si è realizzato un vero e proprio sistema di gestione del biogas.

Tuttavia, al di sotto degli argini di sopraelevazione e del capping di chiusura della discarica, verrà realizzato un orizzonte continuo drenante tramite la posa di un geocomposito drenante in grado di captare e disperdere eventuali improbabili sottopressioni dovute alla formazione di sacche di gas.

3.8.2.14.7 Controllo degli accessi e recinzione

La discarica è dotata di recinzione perimetrale in rete metallica sostenuta da paletti in ferro, dell'altezza di metri 2,00, sufficiente ad impedire il libero accesso al sito di persone ed animali.

L'ingresso è controllato da un cancello elettrico in corrispondenza dell'area servizi.

Il sistema di accesso all'impianto prevede un insieme di misure e di controlli volti ad impedire l'ingresso incontrollato all'impianto e lo scarico di rifiuti; l'accesso in impianto è consentito solamente ai conferenti preliminarmente autorizzati dagli uffici di Cagliari.

Il sito della discarica è individuato a mezzo di idonea segnaletica disposta sia all'altezza del bivio sulla S.P. n° 2, da cui si diparte la strada di penetrazione verso l'impianto, sia in prossimità dell'ingresso dell'impianto.

3.9 Sistema di monitoraggio

Per il monitoraggio dei parametri ambientali più significativi, l'impianto è dotato di alcuni sistemi di controllo, al fine di raccogliere informazioni sul funzionamento e lo stato di efficienza di diversi dispositivi/impianti costituenti la discarica in attività e per la verifica, il campionamento e l'analisi dei fattori ambientali significativi, come richiesto dalla vigente legislazione.

Questi sistemi sono utilizzati, nell'ambito del Piano di Sorveglianza e Controllo approvato in sede di adeguamento al D. Lgs 36/03 e di richiesta di Autorizzazione Integrata Ambientale, nonché delle successive modificazioni approvate.

Il presente progetto di ampliamento non prevede variazioni al sistema di monitoraggio e controllo attualmente in essere e che si descrive brevemente nel seguito.

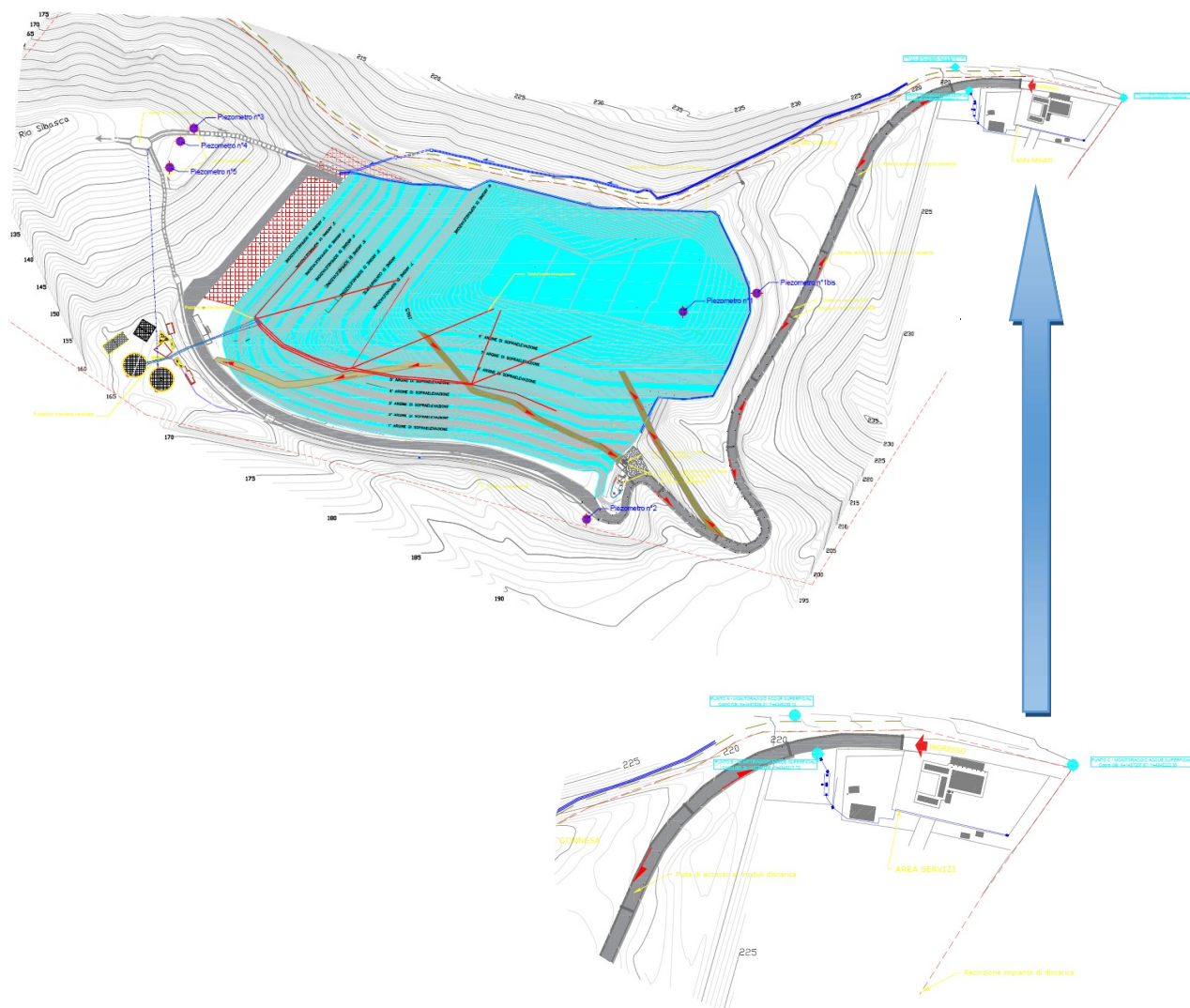
Il controllo e la sorveglianza dei parametri significativi vengono effettuati da personale qualificato ed indipendente, sia interno che appartenente a società terze, secondo la periodicità indicata in autorizzazione e seguendo le metodiche ufficiali previste per i singoli parametri.

Allo stato attuale, si effettuano i monitoraggi elencati di seguito e che si manterranno anche durante le fasi di esercizio future e di post-chiusura dell'ampliamento, integrati da ulteriori controlli della stabilità degli argini di sopraelevazione:

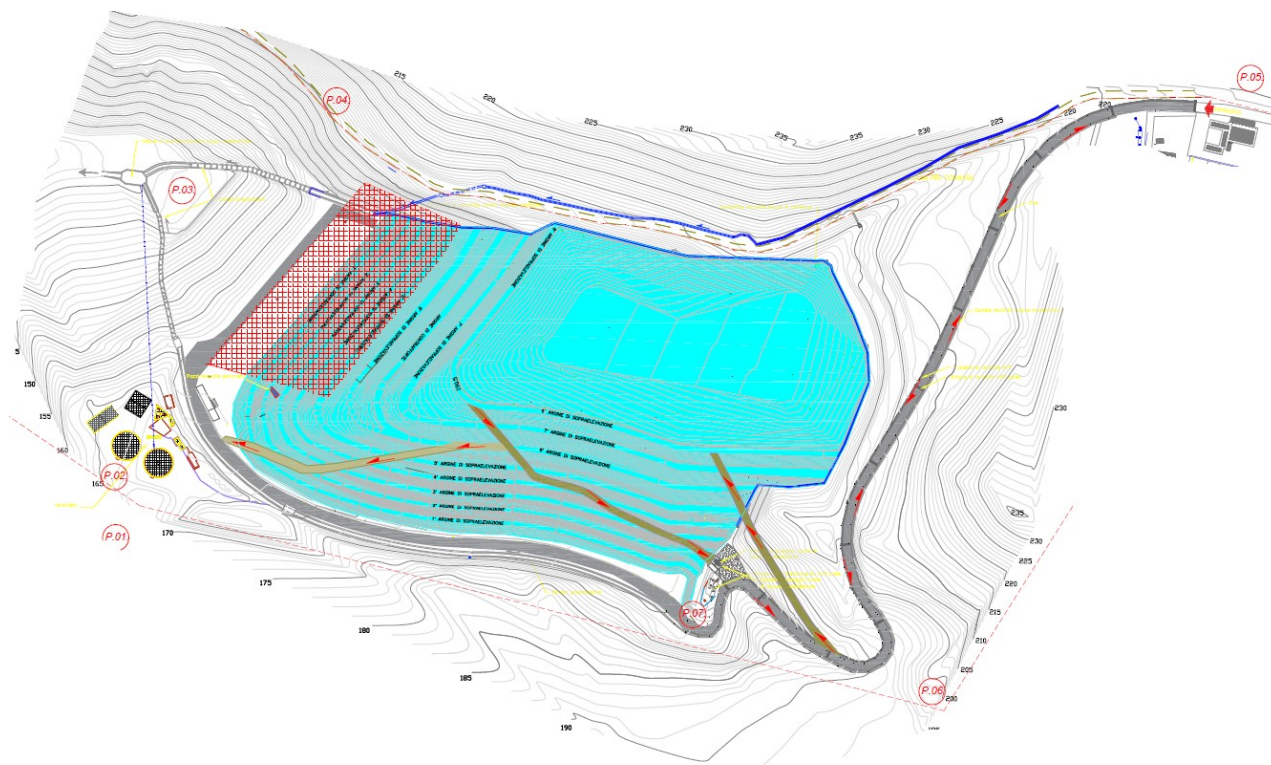
- a) sistema di monitoraggio delle acque sotterranee;
- b) acque meteoriche e di ruscellamento;
- c) tenuta del sistema di impermeabilizzazione del fondo discarica;
- d) percolato;
- e) emissioni gassose e qualità dell'aria;
- f) concentrazione di fibre di amianto aerodisperse;
- g) parametri meteorologici;
- h) morfologia della discarica e monitoraggi geotecnici.

Le immagini seguenti, mostrano:

- la planimetria delle reti fognarie, sistemi di trattamento e punti di monitoraggio e rete piezometrica;



- la planimetria dello stabilimento con l'individuazione dei punti di origine e delle zone di influenza delle sorgenti sonore.



Punto di rilevanza fonometrica

3.10 Dipendenti

Attualmente la Società RIVERSO S.p.A. ha in carico n°18 dipendenti, a cui verranno aggiunti in fase di ampliamento le figure professionali che sono richieste per la gestione del cantiere di costruzione delle opere di ampliamento della discarica.

Nello sviluppo dei lavori, la discarica vedrà l'utilizzo delle seguenti figure professionali, che affiancheranno i dipendenti della società RIVERSO SpA e nello stesso tempo dovranno gestire le ditte d'appalto a cui verranno affidati i lavori di costruzione.

Unità previste	Quantità previste
Direttore dei Lavori	1 (esterno)
Capo Cantiere	1 (esterno)
Coordinatore alla sicurezza	1 (esterno)

3.11 Macchinari

I macchinari e le attrezzature utilizzate per l'attività di costruzione, sono indicate nella tabella seguente.

ELENCO MEZZI DI CARICO E TRASPORTO	
Escavatore	
Pala meccanica	
Camion 4 Assi	
Ruspa	
Rullo compattatore	
UTILIZZO MEZZI	
<u>Pala meccanica</u>	
Tipo d'utilizzo	Unità utilizzata per lo scavo, carico, sollevamento, trasporto e scarico del materiale.
<u>Escavatore</u>	
Tipo d'utilizzo	Macchina particolarmente versatile, può essere indifferentemente utilizzata per gli scavi di sbancamento o a sezione obbligata, per opere di demolizioni, semplicemente modificando l'utensile disposto alla fine del braccio meccanico. Nel caso di utilizzo per scavi, l'utensile impiegato è una benna che può essere azionata con un sistema oleodinamico.
<u>Camion 4 Assi</u>	
Tipo d'utilizzo	Macchina utilizzata per il trasporto dei materiali da costruzione e/o di risulta da scavi, ecc., costituita essenzialmente da una cabina, destinata ad accogliere il conducente ed un cassone ribaltabile, per mezzo di un sistema oleodinamico.
<u>Ruspa</u>	
Tipo d'utilizzo	Macchina utilizzata per spianare in fase di costruzione e livellare la parte sommitale dell'argine in sopraelevazione
<u>Rullo compattatore</u>	
Tipo d'utilizzo	Il rullo compressore o compattatore è una macchina, utilizzata per la compattazione del terreno in fase di costruzione.

3.12 Attività indotte legate all'iniziativa

All'interno dell'area della discarica, le operazioni di conferimento, movimentazione dei rifiuti e trasporto, vengono eseguite dalla dipendenza della RIVERSO S.p.A., mentre le attività legate alla costruzione dell'ampliamento verranno eseguite da imprese esterne che svolgono la loro prestazione lavorativa per conto della società madre.

Le imprese esterne si occupano di:

- approvvigionamento dei materiali da costruzione;
- movimentazione dei materiali da costruzione;

- messa in opera dei materiali approvvigionati per la realizzazione dell'arginatura numero otto e,
- realizzazione di tutte le opere connesse alla costruzione.

Le imprese esterne operanti nella discarica sono mediamente due, una interessata all'approvvigionamento dei materiali e alla costruzione degli argini e una è la ditta specializzata nella realizzazione delle opere di impermeabilizzazione del suolo.

3.13 Verifiche preliminari per l'ampliamento

Ad integrazione delle verifiche effettuate in fase di progettazione definitiva dei precedenti ampliamenti (argini di sopraelevazione 1-7) e di progettazione esecutiva e di riprofilatura del versante nord, nell'ambito della progettazione della sopraelevazione del presente progetto, sono state effettuate le seguenti prove e verifiche preliminari:

- stima dei parametri geotecnici dei rifiuti in situ,
- analisi di stabilità dei singoli argini di sopraelevazione e di stabilità globale delle sopraelevazioni (argini 1-8),
- verifica della compatibilità dei cedimenti indotti dalla sopraelevazione in progetto sul sistema d'impermeabilizzazione presente sul fondo e sulle pareti della vasca attualmente autorizzata;
- verifica alla rottura della geomembrana di fondo;
- verifica meccanica delle tubazioni di drenaggio del percolato e del monitoraggio alla rottura, schiacciamento e ovalizzazione.

Gli esiti delle predette verifiche, come risulta dagli allegati alla presente, hanno fornito sempre esiti ampiamente positivi.

3.14 Modalità di esercizio

Per quanto concerne le modalità di esercizio dell'impianto, con l'ampliamento proposto, queste non subiranno modifiche.

La descrizione delle modalità operative, sono riportate nei rispettivi piani allegati al progetto definitivo, di seguito elencati:

- Piano di Gestione operativa,
- Piano di Monitoraggio e Controllo,
- Piano di Gestione Post-operativa,
- Piano di Ripristino Ambientale,
- Piano Finanziario.

3.15 Evoluzione temporale e tempi di costruzione

L'argine di sopraelevazione viene costruito progressivamente in funzione del procedere degli abbancamenti e viene fondato sulla fascia perimetrale dei rifiuti abbancati e compattati precedentemente durante la colmata della vasca ottenuta con la costruzione dell'argine precedente.

Pertanto, l'evoluzione temporale dell'ampliamento è direttamente connessa e conseguente con quella degli smaltimenti.

Perdurando il trend attuale dei conferimenti, tenuto conto della volumetria netta dell'argine di sopraelevazione, pari a 139.974,00, con un residuo di volumetrie pari a 89.010,00 m³ si stima che lo sviluppo della sopraelevazione possa avvenire in un lasso di tempo indicativo di circa 12 mesi.

Il tempo medio di costruzione dell'argine di sopraelevazione, sulla base dell'esperienza di quelli realizzati, è dell'ordine di 5-7 mesi a seconda della stagionalità (condizioni meteorologiche).

È stato verificato che, in caso di necessità, tale tempo può essere ridotto fino a 4 mesi, senza interferire con le ordinarie attività di gestione dell'impianto.

4 Analisi costi-benefici

4.1 Premessa

L'ACB, come meglio sviluppata negli allegati alla presente, è una tecnica usata per valutare la convenienza ad eseguire un investimento sul territorio in funzione degli obiettivi che si vogliono raggiungere. Nel mercato, troviamo due grandi categorie di soggetti economici: l'operatore privato e l'operatore pubblico, la differenziazione tra i due macro operatori è data dal fatto che il privato ha come obiettivo la massimizzazione del profitto, mentre il pubblico va a massimizzare il benessere sociale.

Questi due obbiettivi differenti portano ad analizzare diversamente le due categorie, nell'investimento privato, i caratteri dell'analisi finanziaria, dove vengono valutati i flussi monetari che nel corso degli anni, positivi per i ricavi e negativi per i costi, mentre, nell'investimento pubblico si è solito parlare di analisi economica, che sta a significare che non si valutano solo i flussi finanziari ma i costi e benefici per tutta la collettività, andando a valutare in termini monetari tutti gli svantaggi (costi) e tutti i vantaggi (benefici) che l'investimento arreca alla popolazione interessata.

Pertanto l'analisi costi-benefici (ACB) è una tecnica di valutazione utilizzata per prevedere gli effetti di un progetto o di un investimento, verificando se, con la realizzazione dello stesso, la società ottenga un beneficio o un costo netto.

È quindi uno strumento di supporto alla decisione pubblica poiché, attraverso il calcolo dei benefici e dei costi associati alla sua realizzazione, esso evidenzia la proposta migliore tra più alternative progettuali o, in presenza di un unico progetto il vantaggio o svantaggio netto per la collettività.

In altri termini l'analisi costi-benefici è una metodologia di valutazione che consente di definire se un progetto crea o meno valore economico per la collettività, quantificando puntualmente i benefici generati dal progetto ed i principali costi che la collettività dovrà sopportare.

In pratica, questa tecnica di analisi, si basa sulla individuazione dei costi e dei benefici in termini monetari apportati alla società dall'intervento analizzato, i costi e i benefici devono essere monetizzati ed attualizzati al fine di renderli confrontabili.

L'aggregazione delle quantità avviene come differenza tra i benefici ed i costi in modo da ricavare il beneficio netto complessivo che in caso di positività, rende il progetto approvabile in quanto i benefici superano i costi.

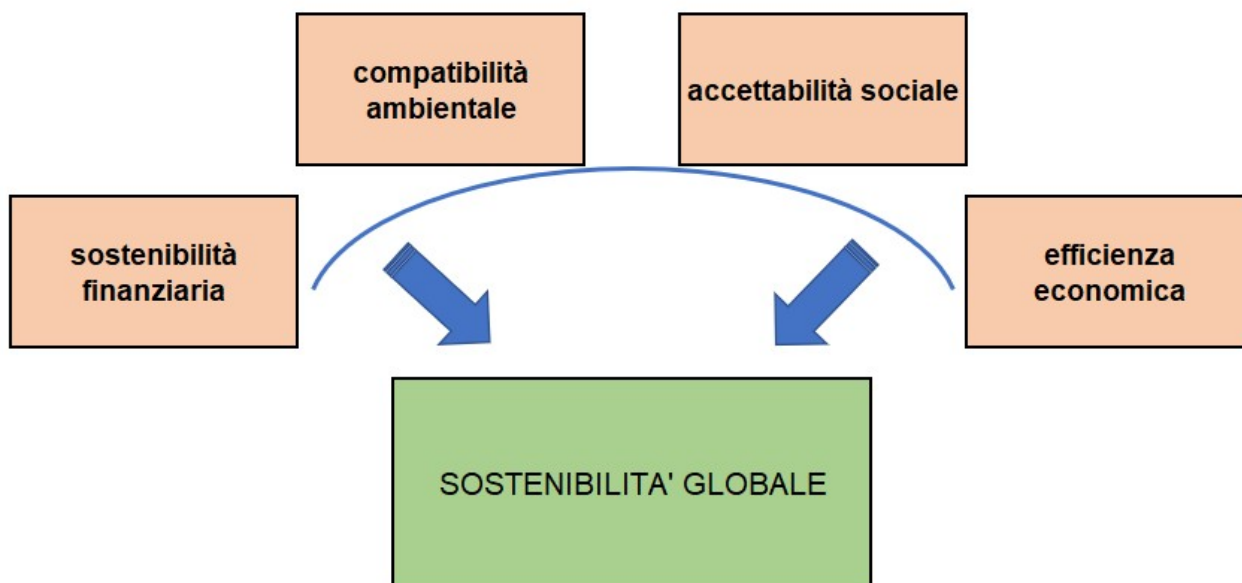
Tale analisi, permette la quantificazione delle componenti ambientali, amplia sia i contenuti che gli obiettivi dell'analisi finanziaria fornendo indicazioni sulla convenienza economico-sociale ed ambientale dei progetti, attraverso la misurazione del contributo del progetto al benessere collettivo.

Gli aspetti esclusivamente finanziari, non sono sufficienti per descrivere i possibili impatti (positivi e negativi) del progetto, pertanto l'analisi ACB, importa nell'algoritmo i criteri sociali, calcolati a partire dai risultati dell'analisi finanziaria mediante opportune correzioni per derivare il complesso dei costi e dei benefici legati all'opera sottoposta all'esame.

L'obiettivo dell'ACB, è quello di fornire al decisore pubblico, gli elementi per valutare la sostenibilità globale di un progetto, attraverso l'analisi dei quattro ambiti strategici, come indica l'immagine seguente:

- accettabilità sociale,
- compatibilità ambientale,

- sostenibilità finanziaria,
- l'efficienza economica.



La valutazione del beneficio netto complessivo, che rappresenta la convenienza economica sociale di un progetto si valuta confrontando la massimizzazione di questa differenza (funzione obbiettiva) con eventuali vincoli imposti.

Nella definizione e valutazione dei costi e dei benefici bisogna tener conto della distinzione in primari (effetti diretti del progetto) e secondari (effetti indiretti che spesso sono di difficile individuazione).

In questa seconda categoria, ricadono generalmente voci la cui quantificazione monetaria risulta difficile e/o complicata, quali ad esempio, gli effetti del progetto sull'ambiente.

La valutazione economica, si può effettuare attraverso l'utilizzo di indicatori performance, come il Valore Attuale Netto (VAN), che permette di valutare costi e benefici.

Questo indicatore, consente una valutazione semplice e precisa e se si ha un $VAN > 0$ costituisce in buona misura un valore aggiunto del progetto per la società in termini monetari.

L'analisi costi benefici (ACB), nel nostro specifico caso, rappresenta un importante supporto alla valutazione dell'opportunità di realizzare il progetto, poiché ne evidenzia la sostenibilità finanziaria attraverso il calcolo della VANF, con il metodo dei flussi di cassa periodici, andando in successione a calcolare la sostenibilità sociale dell'investimento contabilizzando in sede di VANE le esternalità dovute agli impatti ambientali generati dall'attività.

In sintesi, la valutazione di un progetto deve basarsi sui seguenti criteri:

- se il VAN economico < 0 , dato il saggio di sconto prescelto, il progetto non è meritevole di approvazione, anche se il VAN finanziario è positivo;
- se il VAN economico > 0 , ma quello finanziario è negativo, il progetto può essere realizzato se non esistono vincoli finanziari;
- nel caso di più alternative di progetto, è preferibile realizzare quello con VAN economico maggiore.

4.2 Analisi finanziaria

4.2.1 Costi di costruzione

Nella presente trattazione, i costi di costruzione considerati sono solamente quelli di costruzione dell'8° argine e delle opere connesse.

Infatti, i costi di costruzione delle fasi precedenti, fino al 7° argine di sopraelevazione compreso e quelli di chiusura della discarica, sono stati oggetto delle valutazioni precedenti.

In particolare, per quanto concerne la chiusura, anche se essa avverrà successivamente all'ampliamento proposto, il suo costo è già stato computato nell'ambito degli steps precedenti.

Ogni progetto di sopraelevazione ha semplicemente previsto la traslazione verso l'alto del "pacchetto di chiusura", adattandolo solamente alle modeste variazioni in diminuzione di superficie conseguenti alla traslazione.

I costi di costruzione complessivi (costruzione 8° argine e opere ed attività accessorie), risultanti dal computo metrico estimativo di progetto, sono riportati nella tabella seguente.

Codice	Descrizione				
1- AREA VERSANTI		q.tà	u.m.	p.u.	Importo
1	Riprofilatura dei versanti Nord-Ovest alla necessità con attività di scavo e riporto nell'ambito del cantiere.	2.500,00	mc	€ 5,80	€ 14.500,00
2	Disgaggio puntuale alla necessità versanti Nord - Est.	1.200,00	mq	€ 18,52	€ 22.224,00
3	Fornitura e stesa di geocomposito drenante tipo Mac Drain M1121.	11.520,00	mq	€ 5,83	€ 67.161,60
4	Fornitura e stesa di geotessile non tessuto da stuoia sintetica (peso 600g/mq).	10.800,00	mq	€ 3,28	€ 35.424,00
5	Fornitura e posa in opera di telo HDPE (spessore da 2,5 mm), compresa saldatura a doppia pista e saldatura ad estrusione calcolata ad un costo di 16€ /ml + prove callaudo.	13.680,00	mq	€ 11,85	€ 162.108,00
6	Preparazione del piano di imposta dell'argine (fornitura e posa in opera di sabbia/stabilizzato) attraverso le seguenti operazioni: compattazione, regolarizzazione, rullatura.	1.800,00	mc	€ 32,39	€ 58.302,00
7	Fornitura e posa in opera di argilla compattata (permeabilità 10-9m/sec).	6.200,00	mc	€ 42,18	€ 261.516,00
8	Scavo per posa in opera canalette semicircolari in lamiera zincata di sez. 0,60 mq.	360,00	ml	€ 6,26	€ 2.253,60
9	Posa in opera di canalette semicircolari o trapezoidali in lamiera zincata a piastre, sezione minima mq. 0,60.	360,00	ml	€ 16,73	€ 6.022,80
10	Fornitura e messa in opera di dreno naturale in pezzatura 40-70 mm all'interno del canale nella parte sommitale dell'argine VII° una volta smontato la canale.	100,38	mc	€ 49,00	€ 4.918,62
11	Realizzazione di rampa di accesso per transito betoniere	200,00	mc	€ 36,38	€ 7.276,00
12	Fornitura e posa in opera di cls per ammorsamento teli su argini N ed E				

		54,00	mc	€ 166,38	€ 8.984,52
SUB-TOTALE					€ 650.691,14
2- OPERE ACCESSORIE DI GESTIONE		q.tà	u.m.	p.u.	Importo
13	Proseguo della rampa di accesso lato Sud / Ovest (Tout venant)	500,00	mc	€ 36,38	€ 18.190,00
14	Rampa di accesso lato Sud/Est (Tout venant)	200,00	mc	€ 36,38	€ 7.276,00
15	Fornitura, trasporto e posa in opera di conglomerato bituminoso tipo binder dello spessore medio di cm 15/20, steso con vibrofinitrice meccanica, da eseguirsi per tratti di lunghezza media di mt 20/40 e larghezza mt 5, rullatura meccanica.	300,00	mq	€ 96,80	€ 29.040,00
SUB-TOTALE					€ 54.506,00
3 - AREA ARGINE OVEST SUD		q.tà	u.m.	p.u.	Importo
16	Fornitura e stesa per rivestimento in geocomposito drenante tipo Mac Drain M1121	8.250,55	mq	€ 5,83	€ 48.100,71
17	Fornitura e posa in opera Tout-Venant per la costruzione nucleo argine.	16.478,00	mc	€ 36,38	€ 599.469,64
18	Fornitura e posa in opera di argilla compattata con il sistema del confinamento sul nucleo dell'argine (permeabilità 10-8 m/sec)	4.708,00	mc	€ 42,18	€ 198.583,44
19	Fornitura e stesa drenante naturale lungo il paramento esterno dell'argine VI°, CONTRAFFORTE, VII°, VIII°	10.666,00	mc	€ 32,14	€ 342.805,24
20	Fornitura e posa in opera di telo HDPE (spessore da 2,5 mm), compresa saldatura a doppia pista e saldatura ad estrusione calcolata ad un costo di 16€ /ml + prove callaudo lungo il paramento esterno dell'argine VI°, CONTRAFFORTE, VII°, VIII°	21.333,00	mq	€ 11,85	€ 252.796,05
21	Fornitura e posa di terreno naturale vagliato (fine di cava), per una potenza di 1,00 mt, dopo assestamento, compresi oneri per eventuali analisi chimico/fisiche da esibire a richiesta della direzione lavori, su paramento esterno del dell'argine VI°, CONTRAFFORTE, VII°, VIII°	21.332,00	mc	€ 36,50	€ 778.618,00
22	Fornitura e impianto di arbusti lungo il paramento esterno del terzo e quarto argine (cisto, lentisco, mirto, corbezzolo) in ugual percentuale e di altezza minima 1,00 mt in vaso o fitocella diametro min. 15cm compresa la sostituzione delle fallanze	21.332,00	mq	€ 4,53	€ 96.633,96
23	Scavo per posa in opera canalette semicircolari in lamiera zincata di sez. 0,60 mq.	1.447,00	ml	€ 6,26	€ 9.058,22
24	Posa in opera di canalette semicircolari o trapezoidali in lamiera zincata a piastre, sezione minima mq. 0,60.	1.447,00	ml	€ 16,73	€ 24.208,31
SUB-TOTALE					€ 2.350.273,57
4- CAPPING, OPERE ACCESSORIE DI RIASSETTO AMBIENTALE E CONTROLLO STRUTTURA		q.tà	u.m.	p.u.	Importo
25	CAPPING SOMMITALE-Fornitura e stesa per rivestimento in geocomposito drenante tipo Mac Drain M1121				

		20.296,00	mq	€ 5,83	€ 118.325,68
26	CAPPING SOMMITALE-Fornitura e posa in opera di argilla compattata con il sistema del confinamento sul nucleo dell'argine (permeabilità 10-8 m/sec)				
		10.148,00	mc	€ 42,18	€ 428.042,64
27	CAPPING-SOMMITALE -Fornitura e posa in opera di telo HDPE (spessore da 2,0 mm), compresa saldatura a doppia pista e saldatura ad estrusione calcolata ad un costo di 16€ /ml + prove callaudo lungo il paramento esterno dell'argine VI°, CONTRAFFORTE, VII°, VIII°	20.296,00	mq	€ 9,00	€ 182.664,00
28	CAPPING-SOMMITALE-Fornitura e stesa di geotessile non tessuto da stuoia sintetica (peso 600g/mq).	40.592,00	mq	€ 3,28	€ 133.141,76
29	CAPPING-SOMMITALE-Fornitura e stesa drenante naturale	10.148,00	mc	€ 32,14	€ 326.156,72
30	CAPPING- SOMMITALE-Fornitura e posa di terreno naturale vagliato (fine di cava), per una potenza di 1,00 mt, dopo assestamento, compresi oneri per eventuali analisi chimico/fisiche da esibire a richiesta della direzione lavori.	20.296,00	mc	€ 36,50	€ 740.804,00
31	CAPPING-SOMMITALE-Fornitura e impianto di arbusti lungo il paramento esterno del terzo e quarto argine (cisto, lentisco, mirto, corbezzolo) in ugual percentuale e di altezza minima 1,00 mt in vaso o fitocella diametro min. 15cm, compresa la sostituzione delle fallanze per	20.296,00	mq	€ 4,53	€ 91.940,88
32	Esecuzione di tutte le prove geotecniche richieste dalla D.L. a mc di materiale da costruzione	38.248,00	mc	€ 0,60	€ 22.948,80
TOTALE					€ 2.044.024,48
SUB-					
Totale Computo					5.099.495,19 €
Imprevisti:6%					305.969,71 €
Sicurezza:2%					108.109,30 €
Totale Generale					5.513.574,20 €

4.2.2 Ricavi di esercizio

I ricavi di esercizio, sono stati calcolati dal prodotto della volumetria netta abbancabile per la tariffa di smaltimento praticata, al netto di "ecotassa" ed IVA.

Considerando la volumetria abbancabile sull'ottavo argine pari a 139.974,00 mc, di cui

- rifiuti non pericolosi: 90 % del totale, pari a mc 125.976,6 = t 188.964,90
- rifiuti pericolosi: 10 % del totale, pari a mc 13.997,4 = t 20.996,10

considerando una volumetria residua netta abbancabile del 7° argine di m³ 89.010,00, di cui

- rifiuti non pericolosi: 90 % del totale, pari a mc 80.109,0 = t 120.163,50
- rifiuti pericolosi: 10 % del totale, pari a mc 8.901,0 = t 13.351,50

per un totale di 228.984,0 mc pari a 343.476,0 tonnellate, così ripartite

- rifiuti non pericolosi: = t 309.128,40
- rifiuti pericolosi: = t 34.347,60

La durata utile della discarica data dalla volumetria residuale e dall'ampliamento proposto, in riferimento alla media dei conferimenti degli ultimi due lustri, pre e post pandemia, che si attesta a 90.000,00 m³ /anno, permette di calcolare una vita media residua, pari ad anni 2,5.

Visto il prezzo medio di ritiro e il volume totale abbancabile si stima un ricavo complessivo di € 34.156.518,80, su cui è redatto il Piano Finanziario, mentre, limitatamente all'ampliamento proposto di 139.974,00 mc il ricavo si stima pari a € 21.248.998,00.

4.2.3 Costi di costruzione, esercizio e post gestione

I costi di costruzione e di esercizio, attualizzati per i 2,5 anni e i costi di post gestione attualizzati per i 30 anni successivi alla fase di esercizio, ammontano a € 26.278.862,00.

4.2.4 Utile dell'intrapresa

Considerando i ricavi totali ed i costi, come indicati in precedenza, si ha:

vedere se rimane inalterata dopo revisione angelo

Ricavi da conferimenti rifiuti	34.156.519
Costi totali di costruzione, gestione e post-gestione	26.278.862
Utile dell'intrapresa	7.877.657

Al netto dei costi ambientali, elencati nell'analisi costi benefici.

Iglesias, maggio 2026

Dott. Pian. Fabio Grasso

Dott. Ing. Angelo Figus

Dott. Geol. Piero Pittau

Dott. Ing. Pierpaolo Medda