



COMUNE DI BUGGERRU



*INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA DELLE DISCARICHE PRESENTI IN  
PROSSIMITÀ DELLA SPIAGGIA DI BUGGERRU E MESSA IN SICUREZZA  
PERMANENTE DELLE VECCHIE DIGHE STERILI A RIDOSSO DELL'AREA  
PORTUALE*

PROGETTO DEFINITIVO

ALLEGATO P Rev. 1

STUDIO DI COMPATIBILITÀ' GEOLOGICA E GEOTECNICA  
di cui all'art. 25 N.A.P.A.I

*SDG  
Studio Di Geologia  
Dott. Geol. Franco Cherchi  
Via Malpighi n 1 – Iglesias  
Tel 078124009  
e-mail francocherchi2015@gmail.com*

*SDI  
Studio Di Ingegneria  
Dott. Ing. Salvatore Angelo Figus  
Via Giusti n 10 – Iglesias  
Tel 07811986250  
e-mail angelo.figus@gmail.com*

MAGGIO 2019

## INDICE

1 - PREMESSA.....	2
2 - LOCALIZZAZIONE DEL SITO.....	2
3 - CARATTERIZZAZIONE FISICA DEL TERRITORIO.....	6
3.1 – Geomorfologia .....	6
3.2 – Geologia.....	7
3.3 - Idrologia .....	10
4 - ANALISI GEOTECNICA DEL BED ROCK .....	10
5 – IL PROGETTO DEFINITIVO.....	10
5.1 - Descrizione delle opere .....	13
6 - EFFETTI DELLE OPERE SUI VERSANTI .....	17
6 – COMPATIBILITA' GEOMORFOLOGICA DELL'INTERVENTO.....	18
7 - CONCLUSIONI .....	18

## **1 - PREMESSA**

Il presente elaborato costituisce lo Studio Geotecnico - Geotecnico di cui alle Norme di Attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico, nell'ambito della progettazione definitiva delle opere relative al progetto denominato: *“Interventi di messa in sicurezza delle discariche presenti in prossimità della spiaggia di Buggerru e messa in sicurezza permanente delle vecchie dighe sterili a ridosso dell'area portuale”*.

Lo studio riguarda l'area di pertinenza della messa in sicurezza permanente da realizzarsi nella zona costiera del centro abitato di Buggerru in quanto l'intervento è ubicato in area perimetrata nella cartografia del P.A.I e, pertanto, si è reso necessario lo studio di compatibilità geologica e geotecnica in cui si dimostri che l'opera è progettata rispettando il vincolo di non aumentare il livello di pericolosità e di rischio esistente.

La presente relazione risponde inoltre alle prescrizioni del Tavolo Tecnico Istruttorio tenutosi presso la Regione Autonoma della Sardegna Assessorato della Difesa dell'Ambiente il 25 gennaio 2019.

In quella sede Servizio Difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni ha rappresentato l'esigenza di realizzare lo studio e che lo stesso venga istruito e approvato dal comune di Buggerru.

## **2 - LOCALIZZAZIONE DEL SITO**

L'area di intervento è ubicata lungo il tratto di costa occidentale della Sardegna, nel territorio del comune di Buggerru (SU) ed è compresa nella CTR alla scala 1:10.000 nella sezione 546130 Portixeddu e nella Carta Topografica d'Italia alla scala 1:25.000 (Capo Pecora), Foglio 546, sezione III (Figure 1, 2)

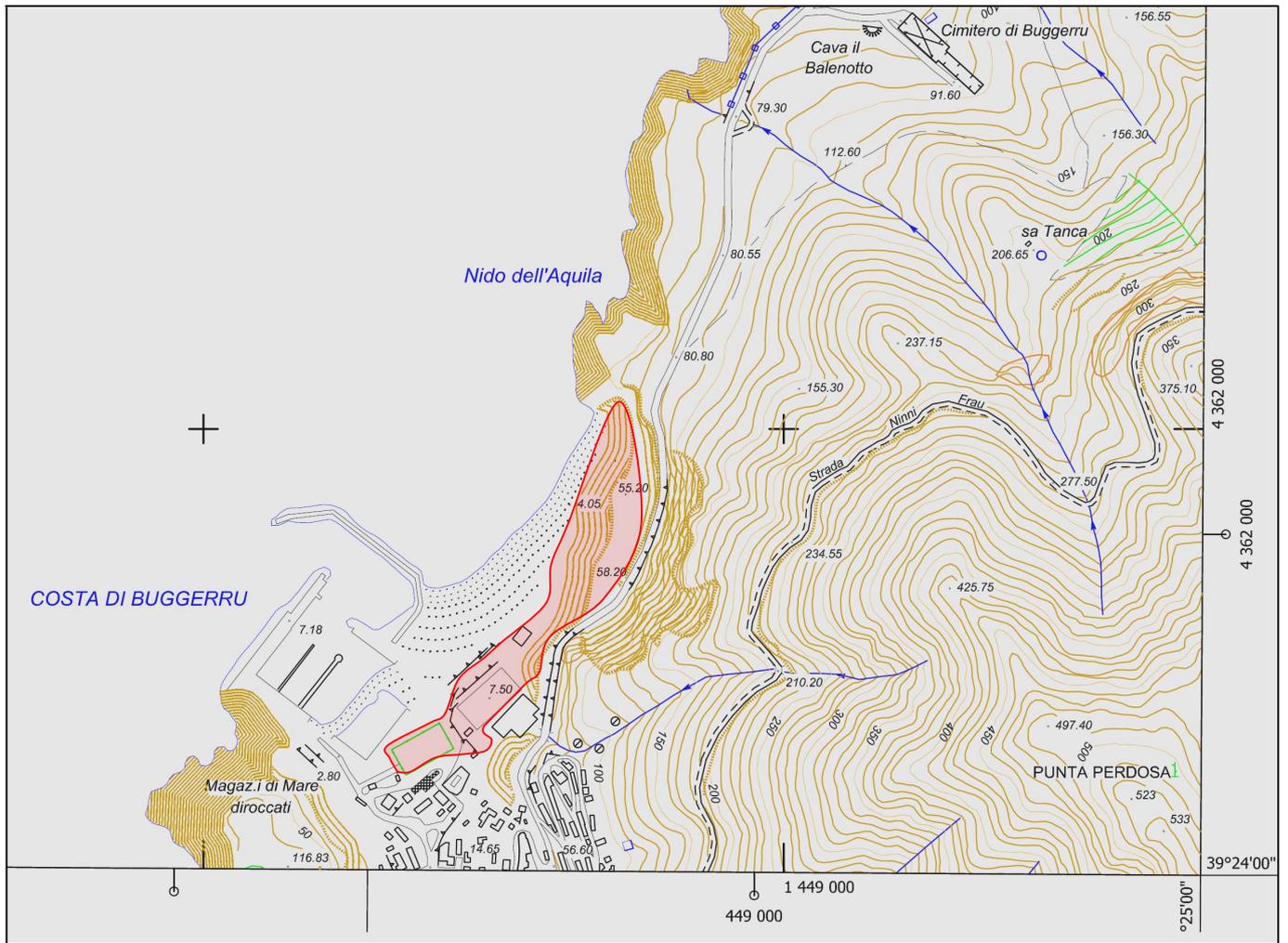


Figura 1 – Stralcio della Carta Tecnica Regionale Numerica – Sezione N°546130 Portixeddu con indicazione dell'area oggetto di intervento (colore rosso) (non in scala)

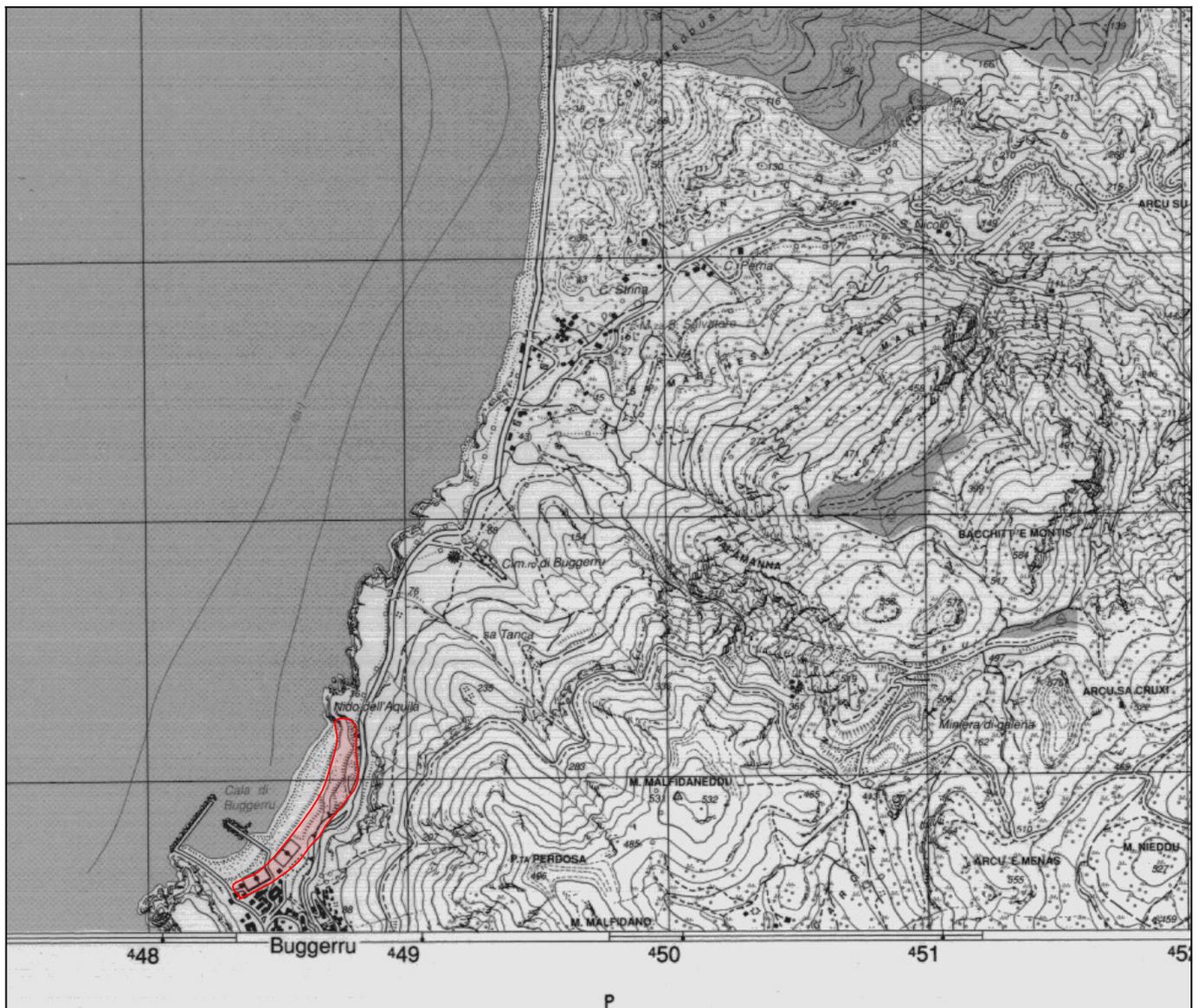


Figura 2 – Stralcio della Carta d'Italia – Scala 1:25.000 foglio N° 546 Sezione III Capo Pecora, con l'indicazione dell'area di intervento (colore rosso)

Nelle figure 3 e 4 si riporta lo stralcio planimetrico con l'indicazione del Piano di Assetto Idrogeologico (Pericolo Geomorfologico).

In particolare l'area in cui si è previsto l'intervento di messa in sicurezza permanente degli scarti di tout venant costituenti la grossa discarica ubicata ridosso della spiaggia è ubicata all'interno di un'area mappata a pericolosità molto elevata da frana (Art. 32 delle N.A.P.A.I.Hg4).

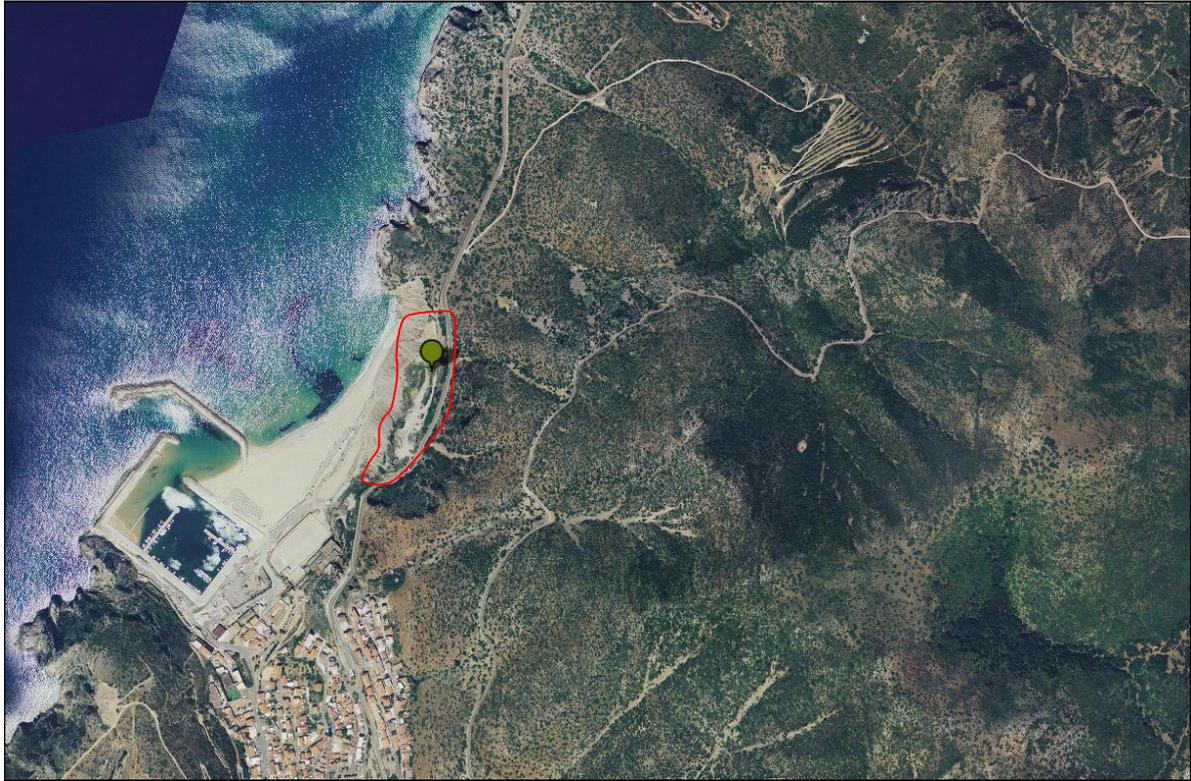


Figura 3 – Ortofoto del territorio di Buggerru con indicazione dell'area mappata a pericolosità elevata (HG4) (contorno rosso)

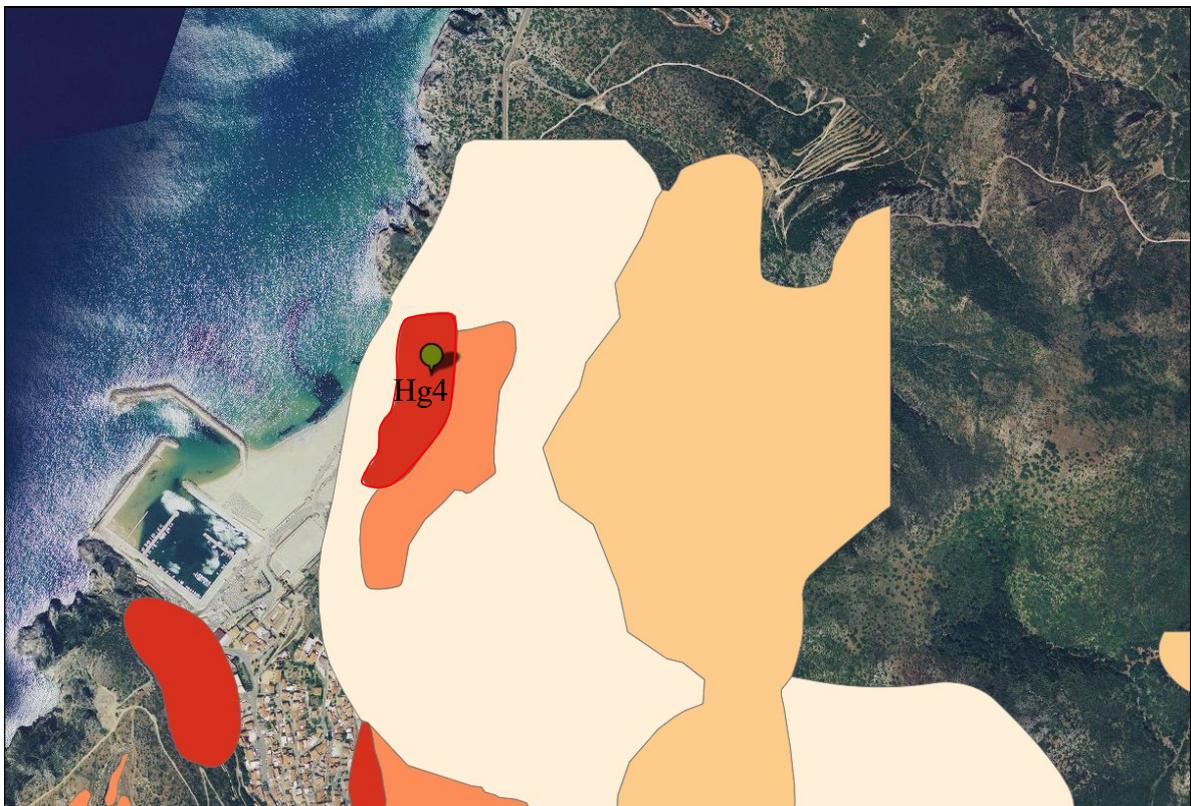


Figura 4 – Ortofoto con l'indicazione del Piano di Assetto Idrogeologico (Pericolo Geomorfologico)

### **3 - CARATTERIZZAZIONE FISICA DEL TERRITORIO**

#### **3.1 – Geomorfologia**

Da un punto di vista morfologico, il territorio è caratterizzato da un esteso tratto costiero contrassegnato da alte falesie che offrono un paesaggio di notevole bellezza, ricco di vari ed interessanti aspetti paesaggistico - ambientali.

E' da sottolineare che nell'Iglesiente, lungo la falesia di Masua - Nebida - Buggerru, si ritrova una delle linee di costa più antiche d'Europa; caratteristica peculiare di questo tratto di costa è il colore bianco del calcare ceroide con sfumature giallastre dove, nelle zone brecciolari e di fatturazione avviene il fenomeno della dolomitizzazione.

L'altitudine media aumenta progressivamente dalla costa fino a raggiungere cime superiori ai 500 metri nella parte orientale dell'area (Punta Perdosa 523 m s.l.m., Monte Malfidano 540 m s.l.m.). Tutta la zona ha risentito dell'erosione, che si è protratta fino all'ingressione triassica, con la formazione di peneplanazioni e numerose dislocazioni.

Il calcare Metallifero termina a dirupo sul mare con altezze che in molti punti superano i 100 metri. Nel tratto di costa compreso fra Bega sa Canna e Buggerru, la falesia è interrotta solo dalle insenature di Canal Grande e Cala Domestica.

Anche l'uomo è diventato un fattore di modellamento del rilievo. L'attività mineraria così come in tutto l'Iglesiente ha modificato profondamente il paesaggio lasciando profondi segni con discariche, scavi e impianti abbandonati.

Ciò ha prodotto evidenti alterazioni sul suolo e ripercussioni anche sulla vegetazione, la cui assenza per il disboscamento indiscriminato e per gli incendi ha esposto il territorio all'erosione idrica ed eolica.

L'abitato di Buggerru è ubicato in un'insenatura piuttosto ampia che si sviluppa lungo un tratto di costa roccioso dove il rio Acqua sa Murta ha il suo sbocco a mare. Il rio nasce in località Punta su Liberau con andamento, dapprima NE-SW, ed E-W nell'ultimo tratto, si dirige nell'area mineraria di Malfidano, dove prende il nome di Gutturu Malfidano; si disperde quindi con circolazione sotterranea nella formazione carbonatica Cambriana affiorante in questo settore (Foto 1).

Nell'area prospiciente la spiaggia è presente una grossa discarica la cui composizione granulometrica varia da frazioni fini a pezzature grossolane decimetriche in funzione della provenienza del materiale (tracciamenti delle gallerie e scavi a cielo aperto). Si tratta, per lo più, di materiali incoerenti e solo raramente manifestano una debole coesione in presenza di materiali terrosi fini. La discarica è interessata da erosione diffusa che determina trasporto solido verso il mare.



Foto 1 – Panoramica dell'abitato di Buggerru

### 3.2 – Geologia

Il sito si presenta con caratteristiche geologiche molto complesse ed altamente peculiari.

Le peculiarità di questo vasto settore sono la presenza dei più cospicui giacimenti minerali metalliferi d'Italia, e l'esistenza dei terreni geologicamente più antichi di tutto il territorio italiano datati paleontologicamente.

Il basamento cristallino paleozoico del territorio di area vasta è formato da sequenze di rocce che hanno un'età che va dal Cambriano inferiore all'Ordoviciano sommitale.

La successione cambro-ordoviciano inferiore (Pillola, 1994), di origine quasi esclusivamente marina, è stata suddivisa a partire dal più antico al più recente in:

- a) *Gruppo di Nebida;*
- b) *Gruppo di Gonnese;*
- c) *Gruppo di Iglesias.*

Nel dettaglio le litofacies che affiorano nell'area di Buggerru appartengono al cambriaco "*Formazione di Gonnese*" costituita da dolomie grigie che passano, per eteropia di facies, al calcare ceroide, costituito da calcari compatti a grana fine, generalmente di colore ceruleo e privo di resti organici (Foto 2).

Il calcare ceroide, che sovrasta l'abitato si presenta, in genere, come un calcare compatto, non stratificato, e solo raramente in strati, la cui potenza varia dai 20 ai 50 cm.



*Foto 2 – Calcari ceroidi che sovrastano l'area portuale*

Nei giunti di tali strati sono spesso interposte lamine di sostanze argilloso-ematitiche rossastre, dovute probabilmente ad infiltrazioni tardive dai soprastanti depositi ematitici.

Irregolarmente distribuito in questa formazione è presente anche il calcare grigio, mentre è altrettanto evidente una dolomitizzazione secondaria del calcare ceroide che assume, la tipica colorazione giallognola (dolomia gialla), soprattutto in coincidenza di zone intensamente fratturate e/o brecciolari (Foto 3).

Il Quaternario che comprende con le discariche attuali, è rappresentato da lembi di alluvioni, antiche e recenti, e detriti di falda più o meno cementati (Foto 8).

Si può comunque distinguere un livello più antico, caratterizzato da ciottoli e frammenti, fortemente cementati da carbonato di calcio e limonite soprattutto alla base del massiccio calcareo dolomitico dove la fase diagenetica avanzata da luogo ad una formazione competente o semi-competente, con buone caratteristiche geomeccaniche .



*Foto 3 – Depositi alluvionali alla base della falesia calcarea*

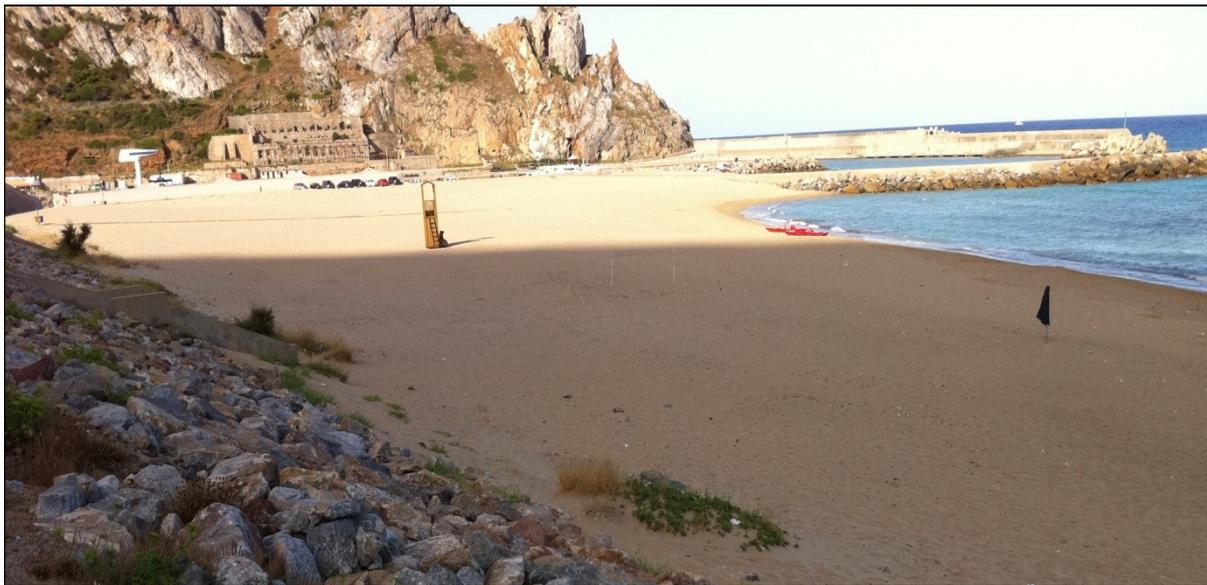
I depositi attuali sono rappresentati da dispersioni di ciottoli e frammenti sciolti e da accumuli di sterile di miniera e frammenti e blocchi di dolomie gialle in cumuli o coperture a diretto contatto con l'arcata sabbiosa (Foto 4).



*Foto 4 – Depositi eterometrici di sterili di miniera frammisti a depositi alluvionali di versante*

Infine la spiaggia prospiciente l'area di intervento si affaccia nella parte meridionale di litorale che forma un'ampia ansa costiera delimitata a sud dalle scogliere calcaree a falesia di Planu Sartu e a nord dalle scogliere granitiche di Capo Pecora.

In quest'ansa si affacciano due spiagge principali: a sud la spiaggia di Buggerru che si estende per circa 450 metri verso Nord, seguita da una scogliera dello sviluppo di circa 1000 m (da Il Nido dell'Aquila a San Nicolò), da questa si diparte verso nord l'ampia spiaggia di Portixeddu della lunghezza di circa 2.800 m.



*Foto 5 – Arcata sabbiosa di Buggerru*

### 3.3 - Idrologia

I corsi d'acqua presentano un carattere torrentizio che si manifesta solo in occasione di piogge piuttosto intense, lasciando in secca gli scolatori nel restante periodo dell'anno.

Per quanto attiene il regime piovoso, si rileva che la distribuzione degli afflussi meteorici nell'anno segue l'andamento tipico del clima mediterraneo, dunque la stagione piovosa è irregolare e variabile. Le prime piogge dopo la siccità estiva si verificano nei mesi di settembre-ottobre, con caratteristiche di acquazzoni estivi, mentre il normale periodo piovoso si estende da novembre-dicembre ad aprile, interrotto quasi sempre da periodi asciutti che generalmente iniziano in gennaio ed hanno nel mese una breve durata, ma, che a volte, si prolungano sino a febbraio ed oltre.

Le piogge insistenti e continue sono rare ed insolite, mentre sono sempre più frequenti le precipitazioni violente ed abbondanti che in occasioni eccezionali sono capaci di provocare vere alluvioni. L'analisi dell'idrologia del sito è circoscritta allo studio del piccolo bacino imbrifero ubicato immediatamente a monte della discarica.

Il bacino considerato è delimitato a valle da un tratto della strada provinciale Buggerru-Fluminimaggiore che si sviluppa fra le quote +48,40 m s.l.m. e +80,80 m s.l.m. e si chiude a monte alla quota +497,40 m s.l.m. costituendo un'area pressoché triangolare con una forte pendenza.

La rete idrografica all'interno di detta area è limitata a due scolatori dei quali il maggiore ha una lunghezza di circa 400 m e dato il loro ridotto sviluppo, non possiedono alcun toponimo. Il tratto di strada che chiude il bacino idrografico a valle, raccoglie tutta l'acqua di corrivazione superficiale che insiste sullo stesso configurandosi dunque come un canale di guardia di protezione alla discarica.

L'acqua si concentra nella parte più depressa della strada a quota 48,40 riversandosi nel corpo discarica per mezzo di un attraversamento stradale costituito da una canaletta in cls. In condizioni di precipitazioni intense l'attraversamento stradale non è in grado di smaltire la portata, in tali condizioni l'acqua sormonta la sede stradale precipitando a cascata nel versante in modo non regimato, producendo l'erosione della discarica e diffusione dei materiali erosi nell'arenile.

## 4 - ANALISI GEOTECNICA DEL BED ROCK

La roccia in posto su cui sono depositati gli scarti derivanti dalle lavorazioni minerarie è costituita dai calcari e/o dolomie compatte riconducibili alla "Formazione di Gonnese".

Si riportano di seguito le caratteristiche litotecniche e i parametri geomeccanici delle rocce in cui poggiano gli scarti minerari.

- *R.Q.D* > 50;
- *peso dell'unità di volume* 2.300 daN/mc;
- *angolo di attrito interno* > 45°;
- *modulo di elasticità E* > 2500 MPa;
- *resistenza ultima a compressione monoassiale* 5 MPa;
- *coefficiente di Poisson* 0,30.

Si tratta di materiali con caratteristiche geotecniche idonee a sopportare i carichi trasmessi dalle discriche.

## 5 – IL PROGETTO DEFINITIVO

Il presente progetto definitivo si concentra essenzialmente nell'area prospiciente l'attuale porto (Area Barche), nell'area antistante la laveria Malfidano (Area campo sportivo) e infine nelle discariche minerarie presenti sul lato destro dell'arenile dell'abitato di Buggerru.

I fini di laveria nella fase iniziale dell'attività mineraria occupavano l'area antistante l'impianto di flottazione e in seguito, per questioni di spazio, l'area occupata dall'abbancamento ha mutato la sua geometria estendendosi fino ad interessare quasi tutto l'arenile (Foto 6).

Periodicamente gli argini della diga sterili venivano aperti e i residui defluivano a mare al mare facendo lo spazio ai fini di nuova produzione. Il trattamento dei minerali è cessato 1977. Negli anni successivi i sedimenti sono stati progressivamente ricoperti e sulle rispettive superfici sono stati realizzati un campo sportivo, un rimessaggio barche e un parcheggio camper (Foto 7).



*Foto 6 – Spiaggia di Buggerru occupata dagli sterili di flottazione*



*Foto 7 – Vista aerea delle aree ricavate sul bacino sterili identificabili con: 1 Area barche; 2 Campo sportivo; 3 Area camper*

Nell'area prospiciente la spiaggia è presente una grossa discarica la cui composizione granulometrica varia da frazioni fini a pezzature grossolane decimetriche in funzione della provenienza del materiale (tracciamenti delle gallerie e scavi a cielo aperto).

Si tratta, per lo più, di materiali incoerenti e solo raramente manifestano una debole coesione in presenza di materiali terrosi fini. La discarica è interessata da erosione diffusa che determina trasporto solido verso il mare. Tale discarica ha modificato negativamente i luoghi, con particolare riferimento all'arenile e al paesaggio nel suo insieme (Foto 8 e 9).



*Foto 8 – Foto attuale della discarica mineraria e della spiaggia invasa dalla discarica*



*Foto 9 – Foto antecedente la realizzazione della discarica mineraria in cui si osserva la spiaggia nella sua configurazione naturale*

## 5.1 - Descrizione delle opere

L'intervento consiste nella rimozione dei fanghi inquinati presenti al disotto delle aree del campo sportivo e rimessa barche e il trasferimento degli stessi più a nord nella parte meridionale della discarica di tout venant.

Sulle superfici regolarizzate delle aree rimessa barche e campo sportivo verrà steso uno strato di fondazione dello spessore di 30 cm di tout venant proveniente dalla discarica, al di sopra del quale verrà realizzata la copertura definitiva con uno strato di c.a. dello spessore di 15 cm.

Le aree verranno dotate di impianto di drenaggio e smaltimento delle acque meteoriche raccordato alla rete cittadina.

Si riportano di seguito le planimetrie con evidenziate le opere in progetto (Figura 5 e 6).

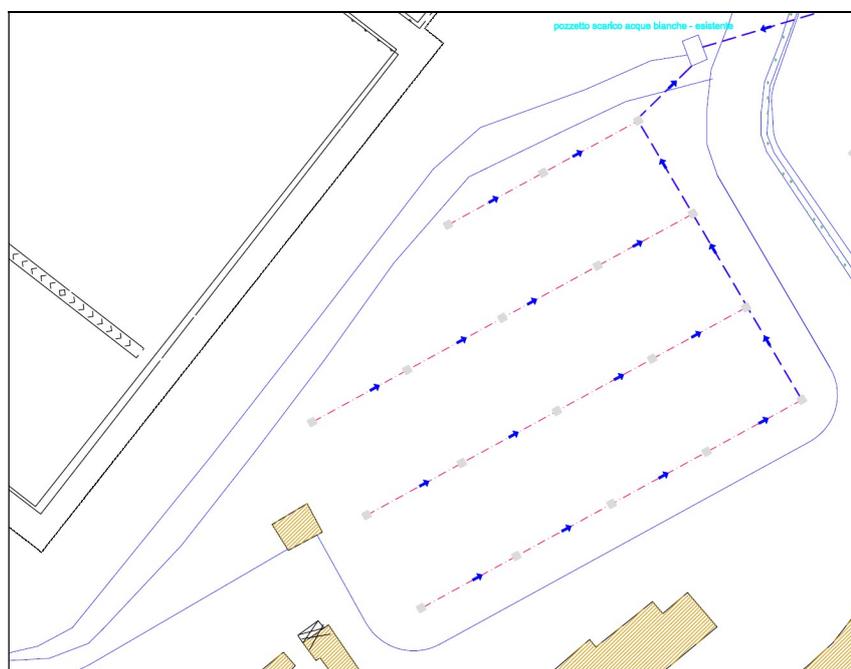


Figura 5 – Planimetria dell'area barche con la rappresentazione delle opere in progetto

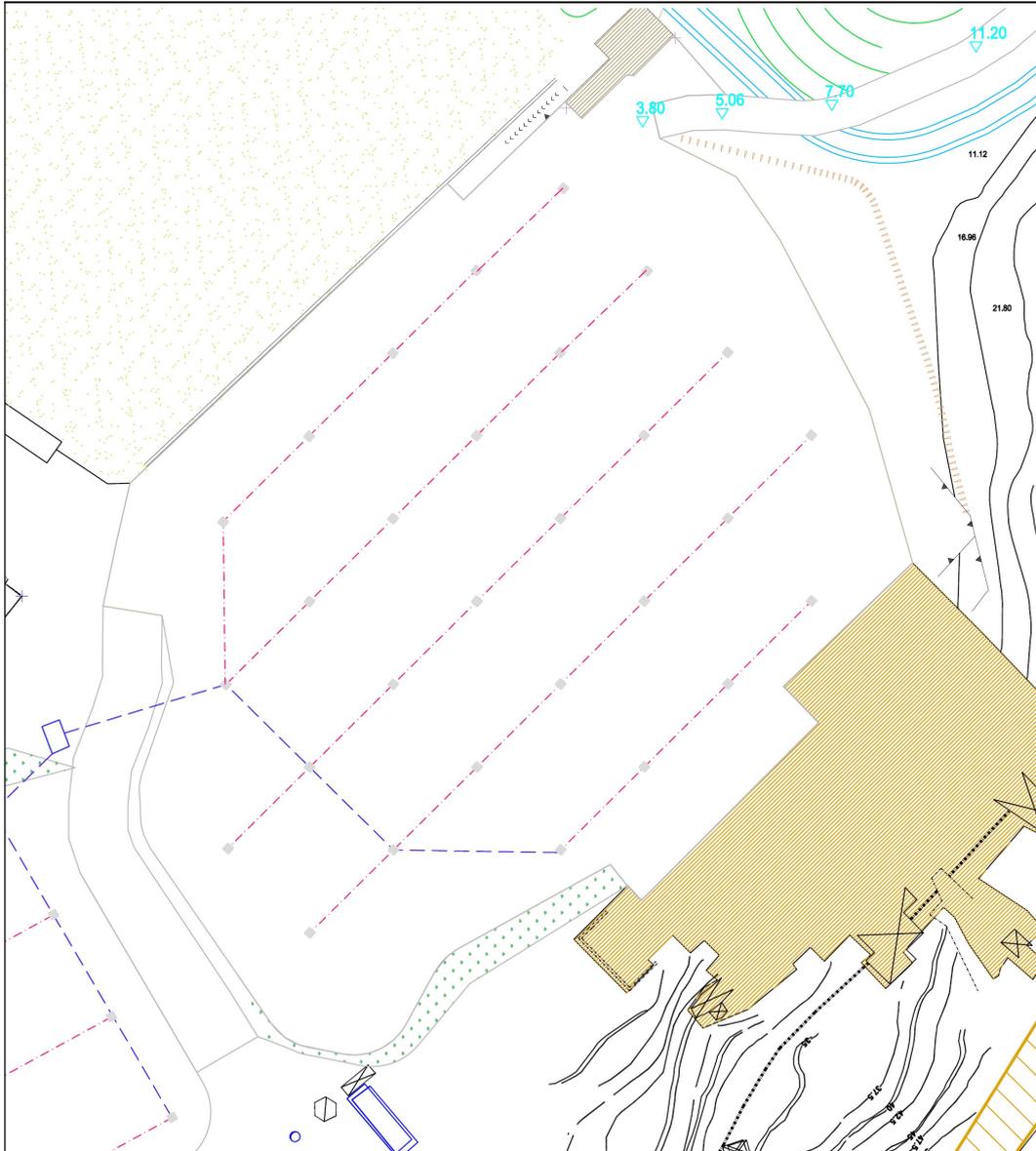


Figura 6 – Planimetria dell'area campo sportivo con la rappresentazione delle opere in progetto

Il progetto prevede inoltre l'intervento di messa in sicurezza permanente degli scarti di tout venant costituenti la *grossa discarica* ubicata a ridosso della spiaggia, che verrà riprofilata con pendenze e inclinazioni congruenti con le caratteristiche dei materiali presenti.

Il corpo discarica verrà riprofilato con gradoni di altezza pari a 5 m, e larghezza delle berme di 4 m con una inclinazione generale di circa 30° e inclinazione delle singole scarpate pari a 45°.

La messa in sicurezza permanente si completerà con la realizzazione di un sistema di copertura per la regolarizzazione della superficie, la messa in opera del geotessile, il materassino bentonitico, il geocomposito drenante e infine si metterà in opera il rivestimento superficiale con stabilizzato di cava e terreno vegetale costipato.

L'inclinazione media di 30° darà al corpo discarica la stabilità necessaria per limitare lo scoscendimento gravitativo mentre il geocomposito drenante consentirà la rivegetazione naturale con colori e forme del tutto simili al territorio circostante.

L'intera area verrà dotata di un sistema di raccolta delle acque piovane costituito da una rete di canalette prefabbricate in c.a. collegate alla condotta principale.

Il corpo discarica verrà protetto al piede mediante realizzazione di un diaframma continuo in cemento armato dello spessore di 50 cm avente la doppia funzione di contenere il piede della discarica e di evitare la sua erosione.

Nella parte nord della discarica per una superficie di circa 2.000 mq, gli interventi di messa in sicurezza permanente in situ presentano difficoltà operative per le forti pendenze del versante e per gli esigui spessori di materiale residuale.

Per tale motivo la scelta progettuale obbligata ha previsto la stabilizzazione mediante applicazione di rete metallica a doppia torsione zincata e plastificata, di maglia esagonale e ricoperto da un rivestimento plastico (conforme alle UNI EN 10245-2 e 10245-3) di spessore minimo 0,4 mm, il tutto debitamente teso ed ancorato al substrato mediante barre in acciaio e rinforzo con funi d'acciaio. Il piede di questa porzione di discarica verrà protetto con una scogliera.

I gradoni saranno dotati di canalette in c.a. per drenare per le acque di infiltrazione all'interno della copertura e di corrivazione superficiale che conferiranno in un sistema di pozzetti di raccolta e condotte in pvc.

A protezione dell'area verrà realizzato un canale di guardia in c.a di sezione trapezia, in grado di smaltire e conferire nell'antistante arenile le acque provenienti dal bacino soprastante e quelle del canale di guardia a monte di una parte di discarica oggetto di messa in sicurezza permanente.

Si riporta di seguito la planimetria con evidenziate le opere in progetto (Figura 7).

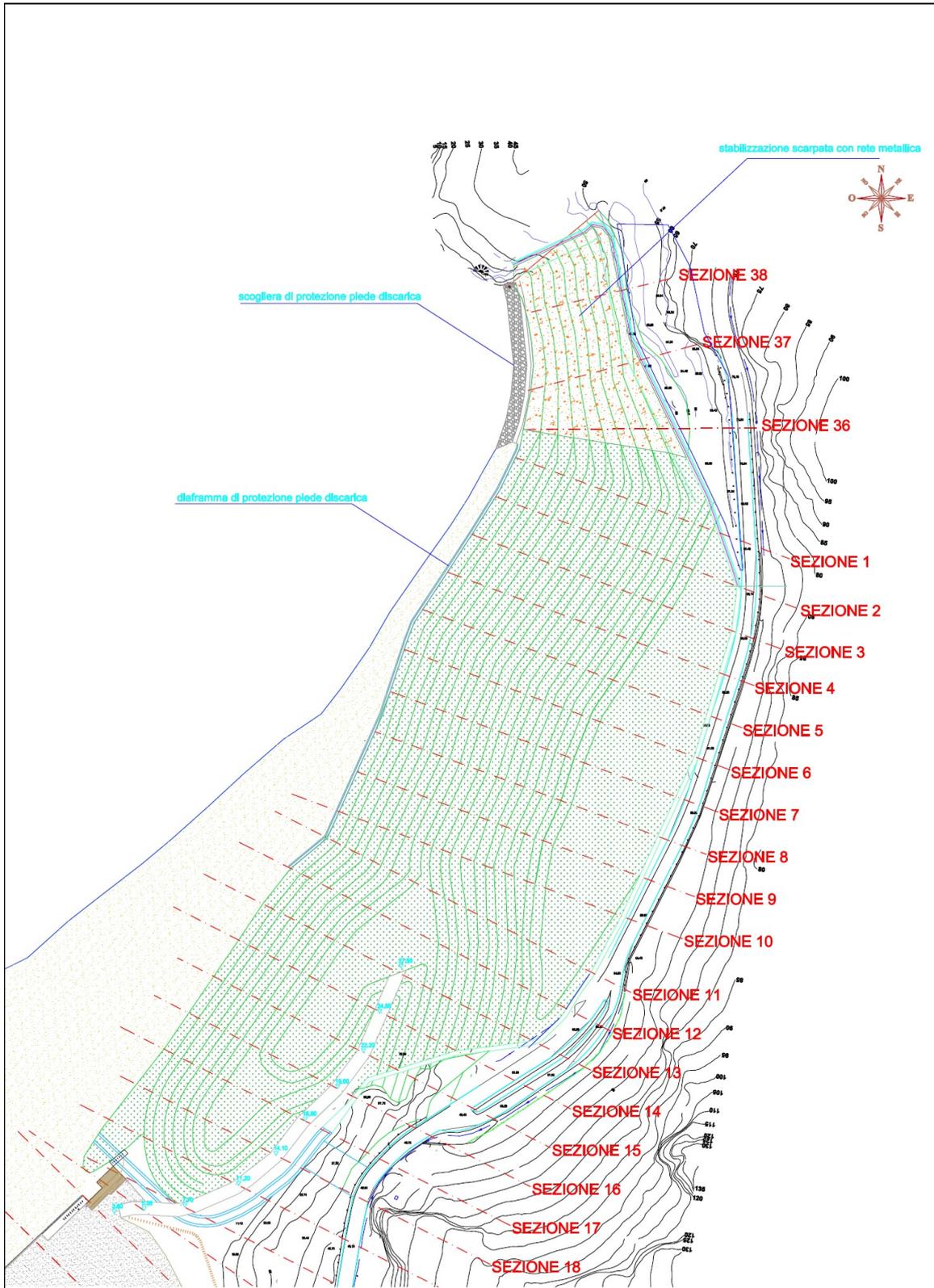


Figura 7 – Planimetria dell'area della discarica con la rappresentazione delle opere in progetto

## 6 - EFFETTI DELLE OPERE SUI VERSANTI

Gli interventi che previsti con il presente progetto hanno come scopo fondamentale, come già detto nei paragrafi precedenti, la messa in sicurezza permanente al fine di minimizzare gli effetti della contaminazione prodotta dall'attività estrattiva, per tutelare la salute dei fruitori della spiaggia e ridare dignità alla qualità dell'ambiente.

Gli interventi hanno consentito inoltre di effettuare la sistemazione dei versanti operando una funzione importante rispetto alla prevenzione dei pericoli di frana e/o nuove situazioni di rischio frana.

In modo particolare nella discarica di tout venant ubicata a ridosso della spiaggia, all'interno di un'area mappata a pericolosità elevata da frana, il progetto prevede l'intervento di messa in sicurezza permanente degli scarti di tout venant con riprofilature e pendenze che garantiscono anche attraverso le operazioni di modellazione, un più elevato grado di stabilità e di sicurezza del corpo discarica (Figura 8).

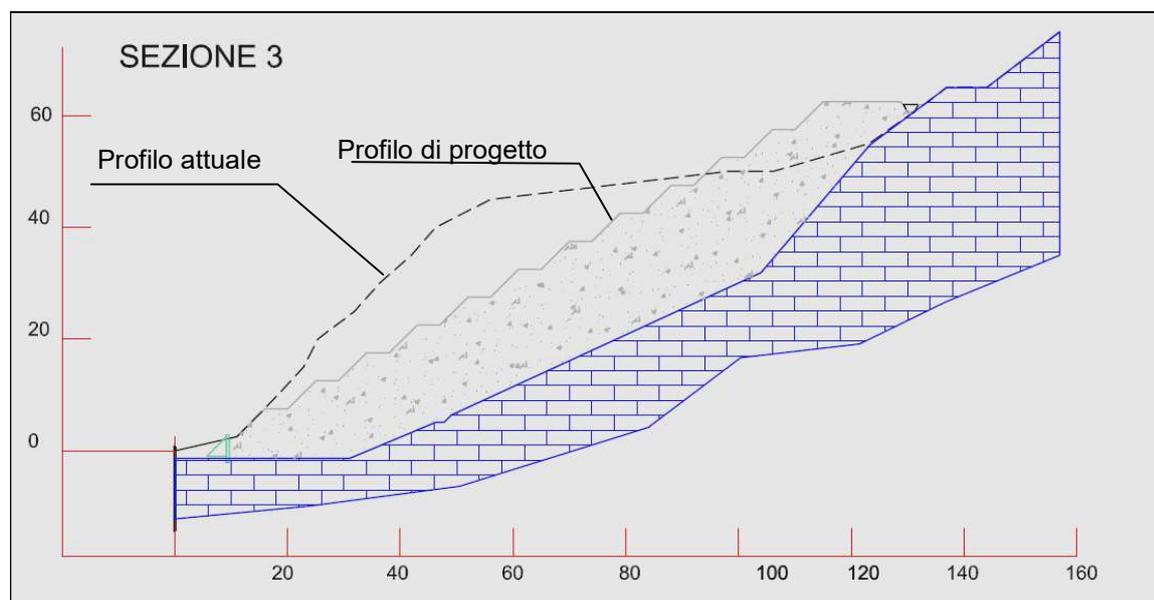


Figura 8 – Sezione trasversale alla discarica con la rappresentazione dello stato attuale e dello stato di progetto

La modifica della geometria del pendio consisterà in una sensibile riduzione dell'inclinazione generale del pendio pari a  $30^\circ$  con gradoni di altezza di 5 m, larghezza delle berme di 4 m e inclinazione delle singole scarpate pari a  $45^\circ$ .

Ciò consentirà inoltre di realizzare adeguata compattazione ciascuna singola berma, garantendo in tal modo più migliori condizioni di stabilità e un nuovo equilibrio geostatico e geomorfologico dei terreni. La realizzazione di un canale di guardia e la regimazione dello scorrimento delle acque completerà la messa in sicurezza della discarica principale.

Anche nell'area Nord della discarica, dove le pendenze sono tali da impedire la riprofilatura dell'argine, verrà effettuata la messa in sicurezza con la predisposizione di rete metallica a maglia esagonale a doppia torsione. Infine il piede della discarica verrà protetto mediante realizzazione di un diaframma che avrà la funzione di contenere ed evitare la sua erosione.

## 6 – COMPATIBILITA' GEOMORFOLOGICA DELL'INTERVENTO

Come si può vedere dallo stralcio della Carta della Pericolosità Geomorfologica del P.A.I. vigente la discarica ricade in zona Hg3.

Per quanto detto l'area sulla quale dovranno essere realizzati gli interventi previsti in progetto sono compatibili e non danno luogo ad un incremento della pericolosità nell'area.

Gli interventi di progetto sono compatibili con quanto previsto dall'art. 32 comma 1 Disciplina delle Aree a Pericolosità Elevata Hg3 che rimanda all'articolo 31 di cui si riportano gli stralci:

[omissis]...

### Articolo 32

*1. fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 25 delle aree a pericolosità elevata da frana sono consentiti tutti gli interventi, le opere e le attività ammessi nelle aree di pericolosità molto elevata da frana, alle medesime condizioni stabilite nell'articolo 31*

[omissis]...

[omissis]...

### Articolo 31

*1. fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 25 in materia di interventi strutturali e non strutturali per il controllo dei dissesti – individuati dal PAI, dal programma di attuazione o dalle competenti autorità regionali in osservanza di quanto stabilito dal PAI – nelle aree di pericolosità molto elevata da frana sono consentiti esclusivamente:*

*a. le opere di bonifica e sistemazione dei movimenti franosi, di manutenzione e consolidamento dei versanti, di tutela dei suoli*

[omissis]...

## 7 - CONCLUSIONI

Le opere in progetto si configurano come una sistemazione del versante garantendo le condizioni di stabilità della discarica, impedendo l'erosione del suolo, riducendo la corrivazione superficiale e la velocità dei flussi idrici.

La realizzazione dell'intervento non incrementa la pericolosità di carattere geomorfologico ed è compatibile con quanto previsto dalla N.T.A. del Piano di Assetto Idrogeologico.