COMUNE DI VILLASIMIUS

Provincia del Sud Sardegna

INTERVENTO DI "COPERTURA FINALE DELLA DISCARICA CONTROLLATA PER RIFIUTI SOLIDI URBANI, UBICATA NEL COMUNE DI VILLASIMIUS VIALE DEI CORMORANI N. 8 LOCALITÀ ZIMMIONI".

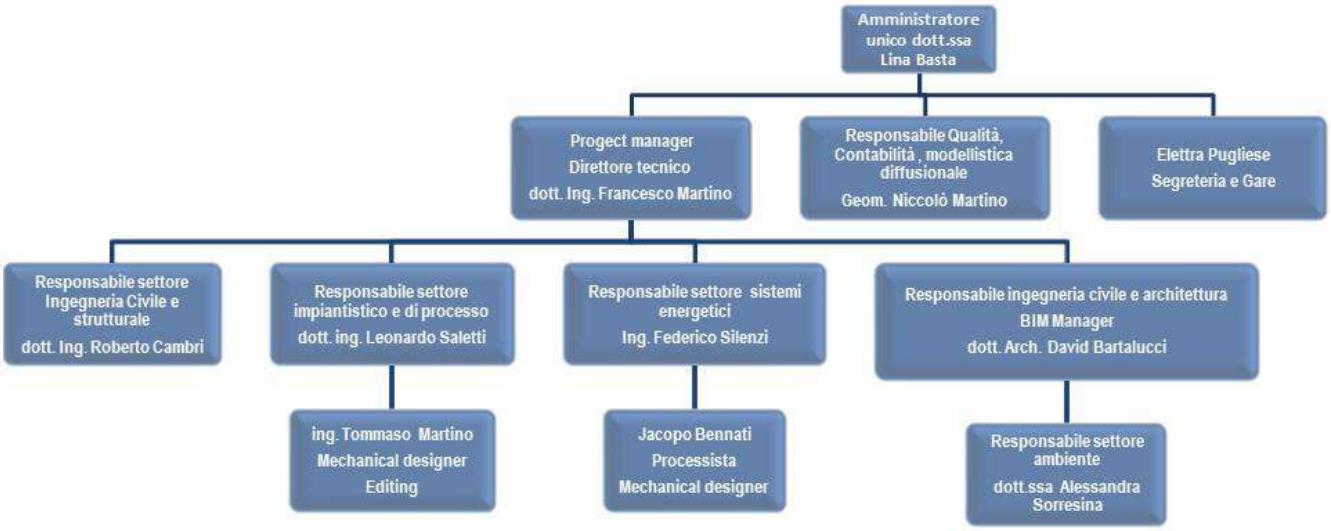
PROGETTO DEFINITIVO_RELAZIONE GEOLOGICA

D355PDRT005.00_RLT_05

Gruppo di lavoro:

mandataria:	mandante:	mandante:	mandante:
martino associati ingegneria e tecnologie ambientali	**Ing. Gianluca Utzeri**	**Dott. Agr. Simone Cuccuru**	**Dott.geol. Stefano Conti**

Organigramma e staff della martino associati srl



Sistemi Qualità Certificati

martino associati ingegneria e tecnologie ambientali

ISO 14001:2015
Certificato n° IT.21.0069.00.EMS

UNI EN ISO 9001 (ISO 9001)
Certificato n° FS687971

ISO 45001:2018
Certificato n° IT.21.0070.00.OHS

Sommario

1. Premessa ... 4

2. Quadro normativo di riferimento ... 5

3. Inquadramento Geografico e cartografico ... 5

4. Vincoli di natura geologica ... 7

4.1 Vincoli geologici gravanti sull'area di intervento ... 8

5. Inquadramento Geologicoe Geomorfologico Regionale ... 10

6. Inquadramento Geologico e Geomorfologico Locale ... 11

7. Aspetti geomorfologici ... 13

8. Aspetti idrogeologici ... 13

9. Aspetti caratteristici della discarica ... 14

10. Indagini Geognostiche ... 15

10.1 Indagini geognostiche pregresse ... 15

10.2 Indagini geognostiche di progetto ... 18

11. Modello geologico di riferimento ... 22

12. Modellazione sismostratigrafica e valutazione degli effetti sismici di sito ... 24

12.1 Normativa di riferimento ... 24

12.2 Pericolosità sismica di Base ... 24

12.3 Risposta Sismica locale ... 25

12.3.1 Amplificazione stratigrafica ... 25

12.3.2 Amplificazione topografica ... 25

12.4 Azione sismica ... 26

12.4.1 Coefficienti sismici ... 28

12.5 Stabilità nei confronti della liquefazione ... 28

13. Modellazione Geologico Geotecnica del Sottosuolo ... 29

13.1 Unità Litotecniche di riferimento ... 29

14. Considerazioni tecniche sulle opere in progetto ... 32

15. Conclusioni ... 34

Allegati:

ALLEGATO 1 Indagini pregresse;

ALLEGATO 2 Stratigrafie dei sondaggi

1.PREMESSA

Nel presente documento si riassumono i risultati di uno studio geologico eseguito su incarico dell'Amministrazione Comunale di Villasimius nell'ambito della redazione del Progetto Definitivo dell'intervento denominato: "Discarica controllata per rifiuti solidi urbani sita nel Comune di Villasimius Viale dei Cormorani n. 8 località Zimmioni "CHIUSURA DEFINITIVA".

Nello studio vengono analizzati e descritti i caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, geomorfologici ed idrogeologici dell'area di intervento e di un suo intorno significativo al fine di definire il modello geologico di riferimento di cui si è tenuto conto in fase di progettazione.

L'intervento in progetto si pone come obiettivo la rimodellazione morfologica del corpo di discarica e la realizzazione del Capping definitivo dell'impianto di discarica ai sensi dell'art. 12 del D.lgs. n. 36/2003.

Lo studio si è avvalso di informazioni bibliografiche e cartografiche inerenti l'area integrate dall'analisi critica di alcuni studi specialistici realizzati nell'intorno del sito; in particolare sono stati consultati i seguenti documenti:

[1]. PIANO DI MONITORAGGIO TEMPORANEO DISCARICA BRUNCU ZIMMIONI (Dott. Geol. M. Luisa Biggio - Gennaio 2020);

[2]. Relazione di Compatibilità Geologica e Geotecnica a supporto del progetto: INTERVENTI DI RICONVERSIONE (ammodernamento) AD IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DI QUALITA' DELL'IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI URBANI IN LOCALITA' BRUNCU IS ZIMIONIS – VILLASIMIUS (Dott- Geol. Mario Strinna, Ing. Francesco Antonio Strinna – 2017);

[3]. INTERVENTI PER IL RISANAMENTO E LA MESSA IN SICUREZZADELLA EX-DISCARICA COMUNALE DI R.S.U. Indagine Geognostica Relazione Geologica e Geotecnica (Dott. Geol. Paoli Pili – Settembre 2002).

Le informazioni raccolte sono state integrate in sito attraverso un rilievo geologico di superficie ed una indagine geognostica che ha compreso la realizzazione di tre sondaggi geognostici spinti fino ad un massimo di 7 m dal piano di campagna attuale con prove SPT in sito e analisi di laboratorio.

2.QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

- D.P.R. 380/01 - "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia. (Testo A)"
- D.M. 17 Gennaio 2018 – Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"
- Circolare n. 617/CSLLPP 02/02/2009 – "istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"
- Opcm n. 3274 del 20 marzo 2003: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"
- D.M. LL.PP. 11/03/1988 – "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione"
- Legge nr. 64 del 02/02/1974. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- N.A. – Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) Regione Sardegna
- D.lgs. 121/2010 – Attuazione della direttiva (UE) 2018/850, che modifica la direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti. (20G00138)

3.INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO

Il settore studiato si trova a NNE dell'abitato di Villasimius in Località Bruncu Zimmioni ed è raggiungibile attraverso la Strada Provinciale di Villasimius SP n. 19.
Nella Cartografia IGM 1:25.000 i l'area di indagine ricade all'interno del **Foglio 567 Sezione I Villasimius** (vedi Stralcio IGM di Figura 1)

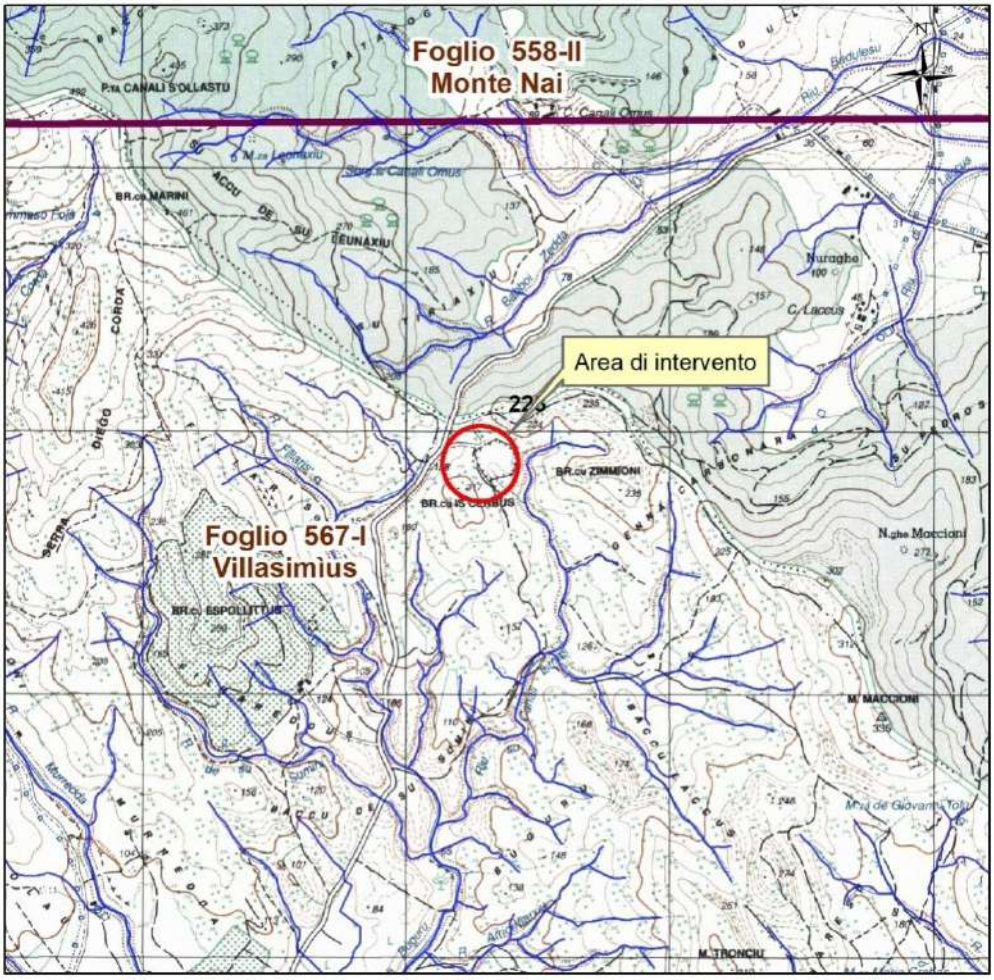


Figura 1 Stralcio IGM Scala 1:25.000

Nella Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 l'area è interamente contenuta all'interno della Sezione 567030 Cala Pira, (vedi Stralcio cartografico di Figura 2) pressoché centrata alle coordinate UTM Gauss Boaga:

1.545.230 – 4.337.688

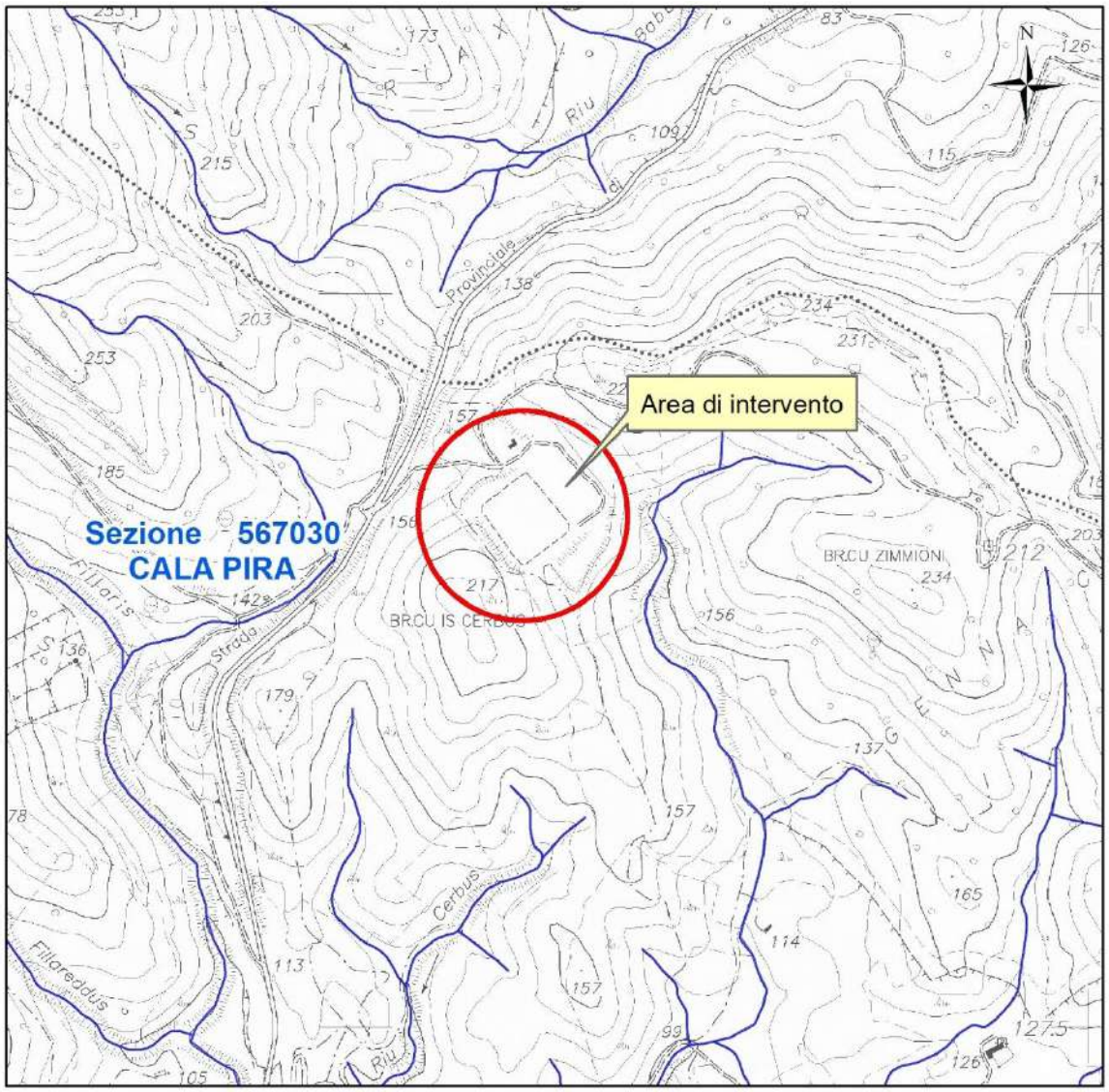


Figura 2 Stralcio CTR Scala 1:10.000

4.VINCOLI DI NATURA GEOLOGICA

In tema di difesa del suolo, il principale strumento normativo che regola l'utilizzo del territorio è rappresentato al Piano di Bacino di cui all'articolo 65 del decreto legislativo n. 152 del 2006 che rappresenta il quadro di riferimento a cui devono adeguarsi e riferirsi tutti i provvedimenti autorizzativi e concessori inerenti agli interventi ricadenti all'interno del bacino.
Il Piano di bacino è redatto, adottato e approvato per sottobacini o per stralci relativi a settori funzionali, interessanti anche più bacini idrografici e costituenti, in ogni caso, fasi sequenziali e interrelate rispetto ai suoi contenuti.
I piani stralcio approvati nel territorio Regionale sono:

- il Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (PAI), che contempla sia il rischio idraulico che il rischio geomorfologico da frana.
- il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) che costituisce un approfondimento ed una integrazione al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) in tema di pericolosità idraulica.

Recentemente è stato adottato in via definitiva con delibera del C.I. n. 2 del 15/03/2016 il Piano di Gestione del Rischio Alluvione (PGRA) finalizzato alla riduzione delle conseguenze negative sulla salute umana, sull'ambiente e sulla società derivanti dalle alluvioni.
Il Comune di Villasimius, con Verbale di adunanza del consiglio Comunale n. 40 del 19/12/2013 ha adottato lo "studio di compatibilità geologica geotecnica finalizzato al piano urbanistico comunale, così come previsto dall'art.8, comma2, delle norme di attuazione del P.A.I.
Lo studio ha individuato all'interno del territorio comunale dei Villasimius delle nuove aree a significativa pericolosità idraulica e geomorfologica ed è stato adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della regione Sardegna con Deliberazione n. 15 del 07/05/2014.

4.1 VINCOLI GEOLOGICI GRAVANTI SULL'AREA DI INTERVENTO

Facendo riferimento a agli strumenti di pianificazione citati nel paragrafo precedente si evidenzia quanto segue:

Pericolosità geologica da frana

Per quanto riguarda la pericolosità geologica per frana, la discarica ricade in un'area definita a pericolosità geomorfologica da frana moderata (Hg2). La disciplina delle attività in aree Hg2 è contenuta nell'Art. 33 delle Norme di Attuazione del PAI, all'interno di questo gli interventi in progetto possono essere inquadrati come interventi di adeguamento di impianti di smaltimento esistenti, Comma 3 lettera b e dunque fattibili previo esito positivo di un apposito studio di Compatibilità geologica e geotecnica (Art. 25 NTA) da sottoporre all'esame dell'Amministrazione Comunale.

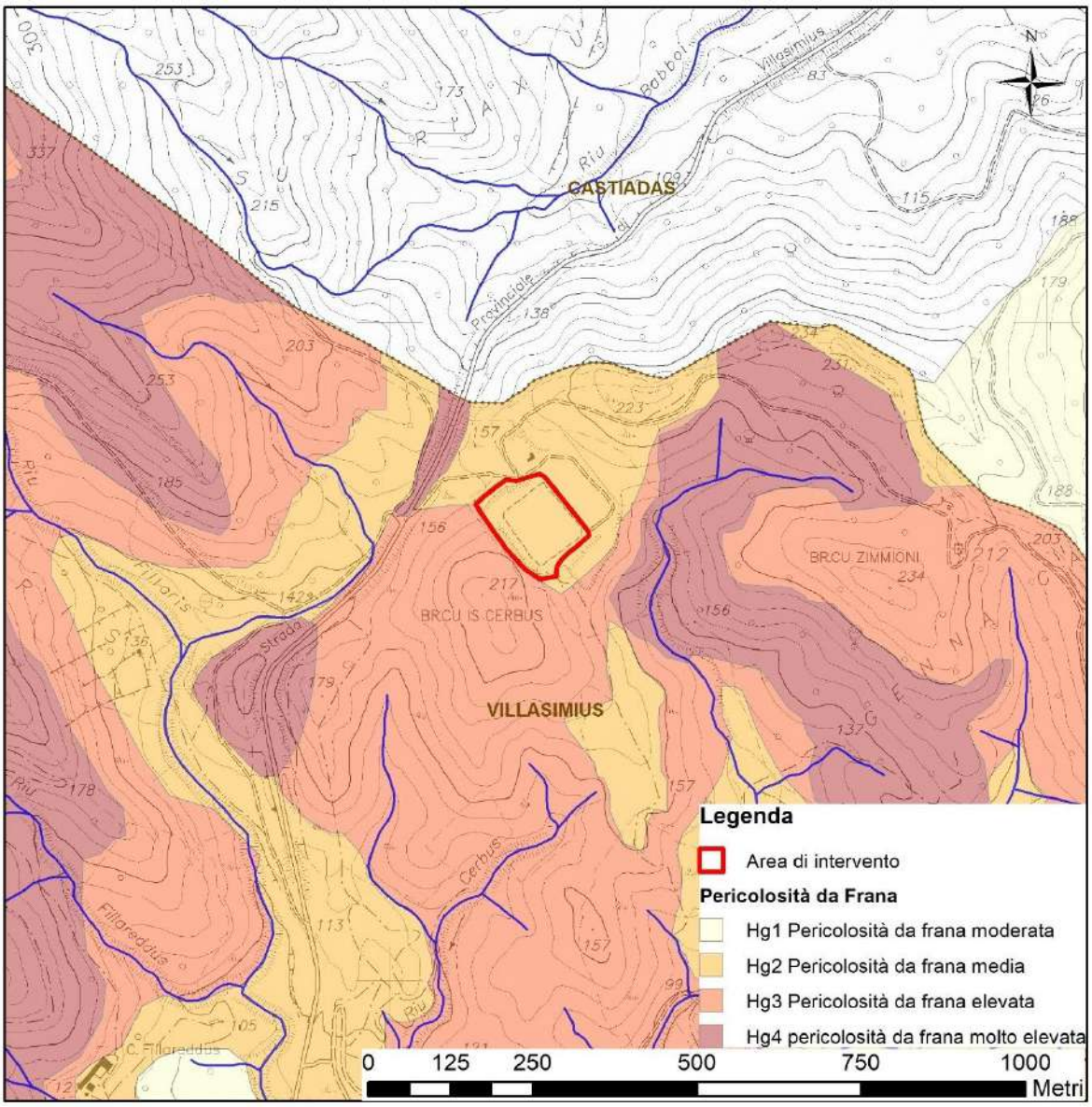


Figura 3Carta delle Pericolosità Geologica Scala 1:10.000

Pericolosità idraulica

Per quanto riguarda la pericolosità idraulica invece l'area non rientra tra le aree perimetrate dal PAI nella sua versione originale né dal Piano Stralcio delle Aree Fluviali.

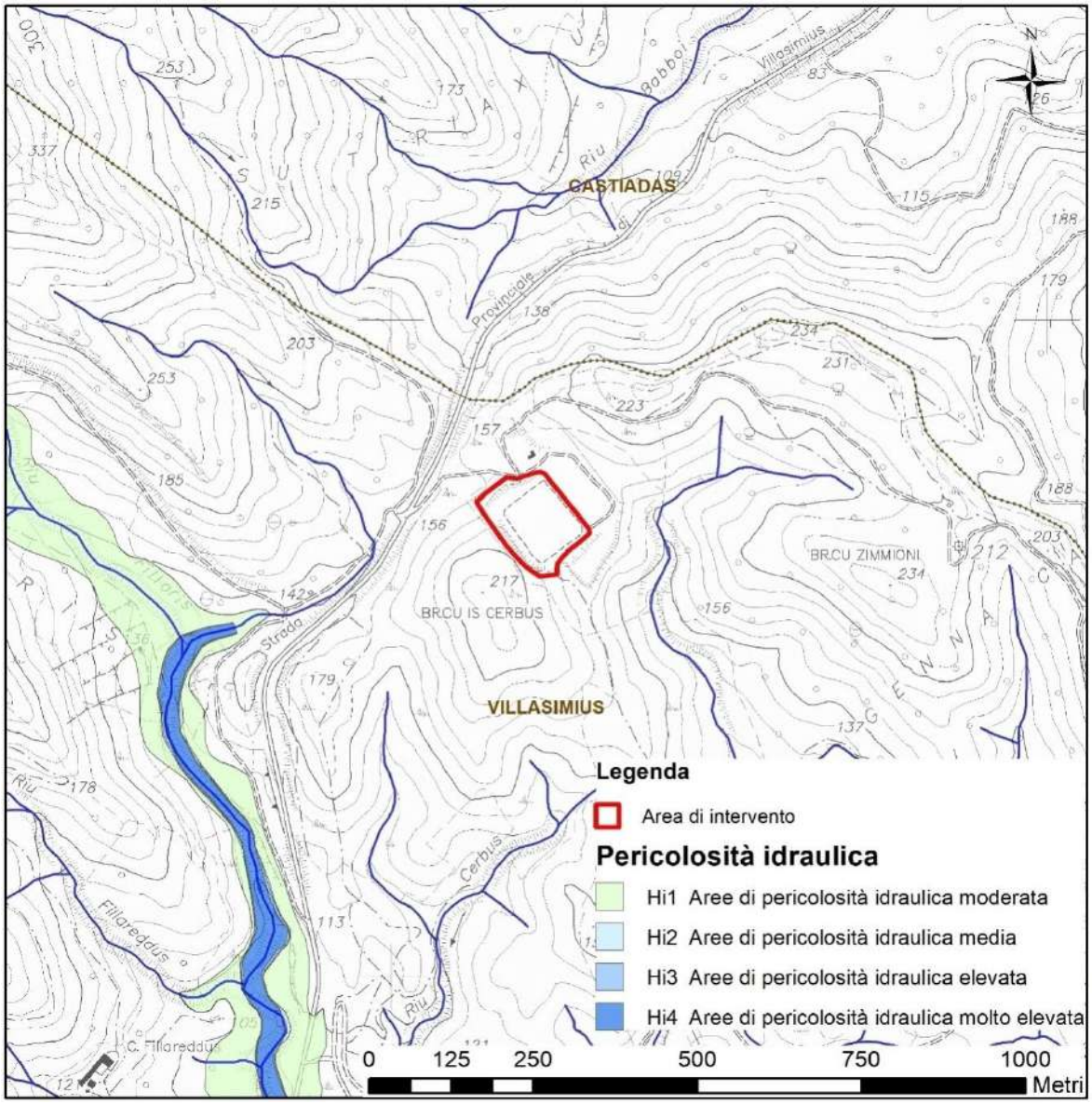


Figura 4 Stralcio della carta della Pericolosità idraulica

5.INQUADRAMENTO GEOLOGICOE GEOMORFOLOGICO REGIONALE

Il settore sud occidentale della Sardegna è caratterizzato dalla presenza di un basamento cristallino composto in prevalenza da rocce intrusive granitoidi facenti parte del Complesso plutonico del Carbonifero superiore – Permiano che insieme con i granitoidi della Corsica formano il Batolite Sardo – Corso. Si tratta di un vasto sistema intrusivo composto da diversi corpi plutonici compenetrati messosi in posto nelle ultime fasi dell'orogenesi ercinica in un intervallo temporale di circa 40 Ma (da circa 320 Ma a 280 Ma) in relazione ad una tettonica estensionale legata al collasso gravitativo della catena Ercinica.

Nel settore analizzato prevalgono corpi intrusivi a composizione Granodioritica e Tonalitica e subordinatamente Monzogranitica.

Questo complesso è attraversato da un sistema filoniano a composizione femica e a composizione sialica che nel settore del Sarrabus si dispone secondo direttrici NW-SE e NNW-SSE. Questo assetto strutturale condizionerà tutta l'evoluzione tettonica post-ercinica ed in particolare quella terziaria.

Lo schema geologico del settore analizzato viene schematicamente rappresentato nella figura sottostante dove si riporta uno stralcio della Carta Geologica della Sardegna in scala 1:200.000 edita da Carmignani &alii (1991).

Figura 5 Stralcio della Carta Geologica della Sardegna 1:200.000 (1, 2 - Depositi Quaternari; 23 - Filoni aplitici e pegmatitici; 28 - Monzograniti; 31 – Granodioriti Monzogranitiche inequigranulari; 32 - Granodioriti tonalitiche)

Sul basamento cristallino poggiano solamente dei depositi alluvionali e continentali Quaternari che testimoniano un lungo periodo di emersione di questo settore che perdura dalle' Era Mesozoica.

I lineamenti strutturali principali sono rappresentati da un sistema orientato NW-SE che segue il sistema filoniano al quale si sovrappone un secondo sistema più rado orientato WNW-ESE ed un terzo sistema composto da lineamenti più brevi diretti NE-SW.

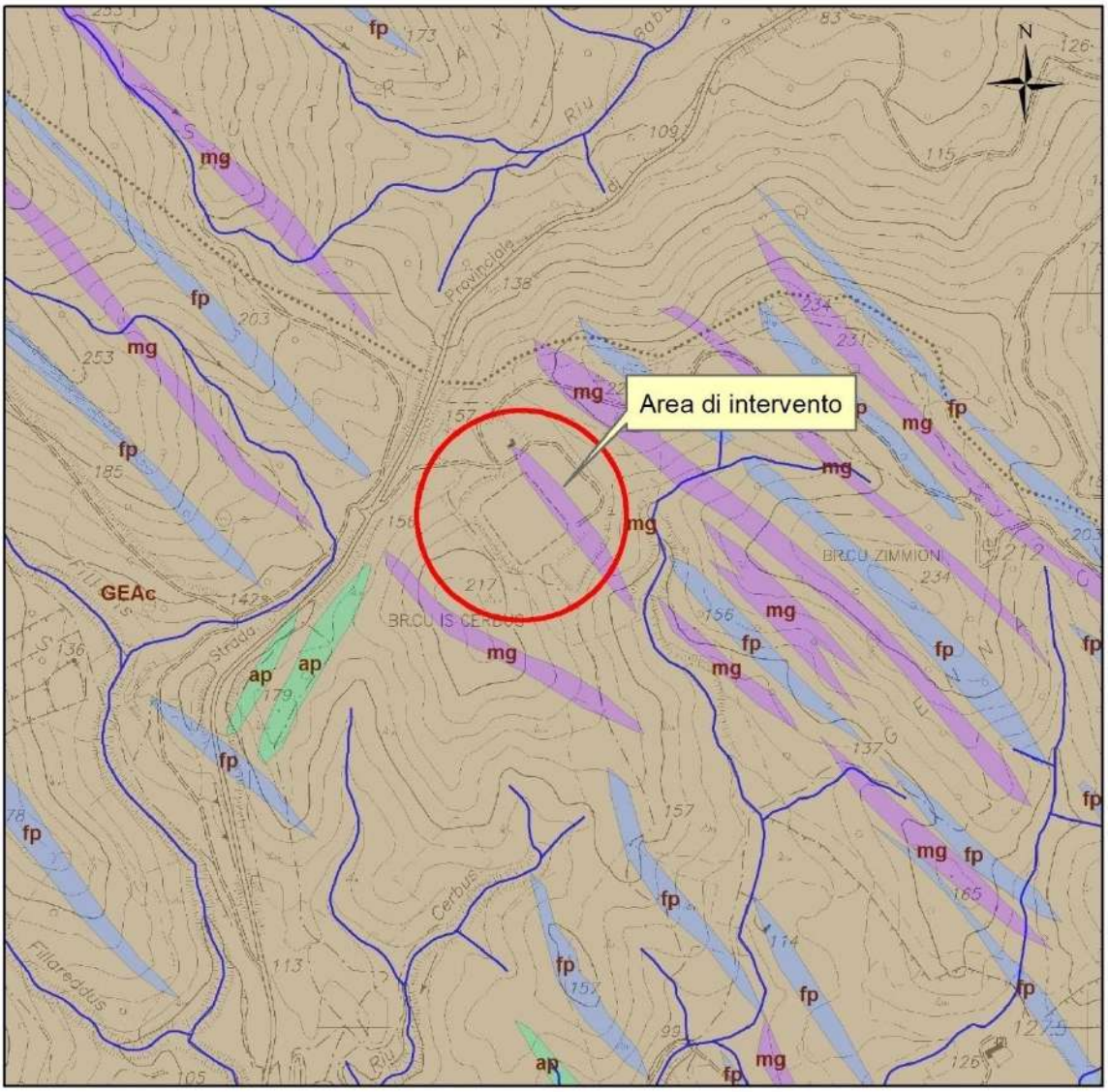
Nella figura a lato si riporta uno stralcio della carta dei lineamenti strutturali redatta da Sgravetti nella Guida al Paleozoico Sardo Soc. Geol. It (1982).

Si tratta di lineamenti strutturali impostati su direttrici tardo erciniche che sono stati ripresi nelle fasi tettoniche più recenti, in particolare il sistema NW SE che più a nord assume direzione N-S, potrebbe essere stato riattivato durante l'apertura del Tirreno.

Il contesto morfologico è contraddistinto da un sistema di rilevi collinari che culmina nella cima del M.te Minnininni (725 m slm) e degrada rapidamente verso la costa. L'orografia è incisa da un reticolo idrografico ben ramificato suddiviso in tre bacini idrografici principali: Il bacino del rio Solanas e del Rio Foxi che sfociano nel settore meridionale ed il bacino del Rio Corr'e Pruna che sfocia nel settore nordorientale nella Piana di San Priamo. Lo spartiacque principale si sviluppa in direzione NW-SE lungo il confine comunale che separa Villasimius e Castiadas.
I principali processi evolutivi sono riconducibili a fenomeni di dilavamento superficiale, diffuso e concentrato che agiscono sulla coltre di alterazione del basamento granitico e sui depositi alluvionali e detritici che lo ricoprono e fenomeni di crollo che agiscono su porzioni di roccia intatta.

6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO LOCALE

Il sito si sviluppa in corrispondenza dello spartiacque principale che separa il bacino idrografico del Rio Foxi da quello del Riu Corr'e Pruna, in un contesto geologico caratterizzato da formazioni intrusive appartenenti al batolite del Sarrabus, rappresentate principalmente dalle granodioriti di Is Morus appartenenti all'Unità di Geremeas e da rocce subvulcaniche che comprendono filoni sia acidi che basici orientati prevalentemente NW-SE secondo le antiche direttrici tardo erciniche.
Il quadro geologico generale viene illustrato nella Carta Geologica di Figura 6 estratta dalla Carta Geologica in scala 1:25.000 redatta dalla Regione Sardegna.



ap_Filoni e ammassi aplitici. CARBONIFERO SUP. - PERMIANO
mg_Filoni e ammassi di microgranniti. CARBONIFERO SUP. - PERMIANO
fp_Porfidi granitici a struttura da afirica a porfirica. CARBONIFERO SUP. - PERMIANO
GEAc_Facies Is Mortorius (UNITÀ INTRUSIVA DI GEREMEAS). CARBONIFERO SUP.

Figura 6 Carta Geologica Scala 1:10.000

Le rocce che affiorano nell'intorno dell'area presentano un chimismo granitico-riolitico e struttura da porfirica a olocristallina. L'ammasso roccioso nell'insieme presenta una intensa alterazione superficiale favorita da un sistema di fratture molto ravvicinate, a giacitura sub-verticale, sviluppato parallelamente al sistema filoniano.

Nella foto a lato si riporta uno scorcio del fronte di scavo retrostante l'impianto di compostaggio sul lato NE della discarica.

Lo stato di alterazione dell'ammasso roccioso è frutto di un lungo periodo di emersione nel quale si sono succedute condizioni climatiche anche molto divere dall'attuale che hanno trasformato la roccia originaria in una roccia tenera, semi-coerente con granulometria compresa tra una sabbia grossolana ed una ghiaia. In questa compagine sono conservati dei nuclei litoidi poco alterati tipicamente rappresentati dai filoni più recenti che emergono dalla morfologia.

La discarica è collocata ad una quota di circa 180 m slm, in una zona di displuvio, su una sella compresa tra due rilevi arrotondati: a sudovest il rilevo di Bruncu is Cerbus (217 m. slm) ed a nordest un rilevo con forma analoga con quota massima di 223 m slm.
Lo stesso spartiacque prosegue con forma arcuata nel rilevo di Bruncu Zimmioni (234 m slm) ad est della discarica descrivendo una sorta di anfiteatro aperto verso sud dal quale si origina il Canale Istrias che scorre ai piedi della discarica.

Lungo la strada provinciale e lungo la strada di accesso della discarica sono osservabili diversi corpi subvulcanici a composizione prevalentemente acida composti da apliti di colore biancastro a granulometria minuta, ma anche filoni basici a composizione lamprofirica. La giacitura di questo sistema filoniano comprende sia filoni singoli incassati nel basamento granitico, sia sciami di filoni subparalleli fra loro e talmente vicini da apparire come ammassi uniformi.
Nelle due immagini sotto si riportano alcuni scatti realizzati lungo alcune scarpate artificiali: a destra filoni acidi lungo la scarpata della strada Provinciale alla base della discarica, mentre a sinistra la foto di un filone basico affiorante lungo la strada di accesso.

Il substrato granitico è ricoperto da suoli residuali sabbioso ghiaiosi con matrice fine argillosa e depositi detritici composti da frammenti di roccia a spigoli vivi immersi in una matrice limoso argillosa. Lo spessore di queste coperture è variabile

in relazione alla morfologia del versante, con spessori ridotti sulla sommità e sui fianchi dei rilievi e accumuli maggiori nei compluvi e in corrispondenza delle rotture di pendio. In ogni modo gli spessori osservati nell'intorno variano da poche decine di centimetri fino a 1 – 2 metri.
Nell'intorno dell'impianto di discarica sono inoltre presenti dei materiali di riporto prodotti nel corso dei lavori per la realizzazione della discarica costituiti da frammenti di rocce granitiche, ghiaie e sabbie a spigoli vivi con subordinata matrice limosa.
Questi materiali sono stati abbancati in parte sul fronte nordovest della discarica, nell'originario compluvio aperto interposto tra i due rilievi collinari che la delimitano a sudovest e a nordest. In quest'area le indagini geognostiche hanno permesso di valutare uno spessore di circa 4 m di materiali detritici soprastanti un sottile orizzonte di suoli residuali poggianti sul substrato granitico. Nella foto sotto una immagine dei materiali di riporto abbancati sul fronte nordovest della discarica.

Riporti antropici di stessa natura sono stati individuati anche sul lato nordest dove si apre il piazzale che ospita l'impianto di compostaggio dove sono stati rilevati spessori dell'ordine complessivo di circa 6 m, con alla base intercalato un orizzonte metrico di rifiuti mineralizzati.
Le stesse coperture detritiche si ritrovano sul lato sudest, nel piazzale interposto tra la discarica controllata e la vecchia discarica incontrollata, qui i materiali di riporto ricoprono dei rifiuti mineralizzati appartenenti alla vecchia discarica.

7.ASPETTI GEOMORFOLOGICI

Il contesto geomorfologico è di tipo collinare con rilievi articolati di forma arrotondata contraddistinti da versanti acclivi, incisi da un reticolo idrografico ben ramificato, di tipo angolare che si articola secondo le principali direttici strutturali.
In particolare la discarica è collocata ad una quota di circa 180 m slm, in una zona di displuvio, su una sella compresa tra due rilevi arrotondati: a sudovest il rilevo di Bruncu is Cerbus (217 m. slm) ed a nordest un rilevo con forma analoga con quota massima di 223 m slm.
Lo stesso spartiacque prosegue con forma arcuata nel rilevo di Bruncu Zimmioni (234 m slm) ad est della discarica descrivendo una sorta di anfiteatro aperto verso sud dal quale si origina il Canale Istrias che scorre ai piedi della discarica. Si tratta di un corso d'acqua a carattere intermittente che si attiva solamente in relazione agli eventi piovosi.
I processi morfologici principali sono riconducibili a fenomeni di erosione selettiva ad opera delle acque di ruscellamento che determinano un graduale arretramento del versante attraverso fenomeni di erosione superficiale di tipo areale o concentrato.
Le caratteristiche geomeccaniche del substrato litoide e le osservazioni effettuate nel corso dei rilievi consentono di escludere la presenza di processi evolutivi a scala del versante.

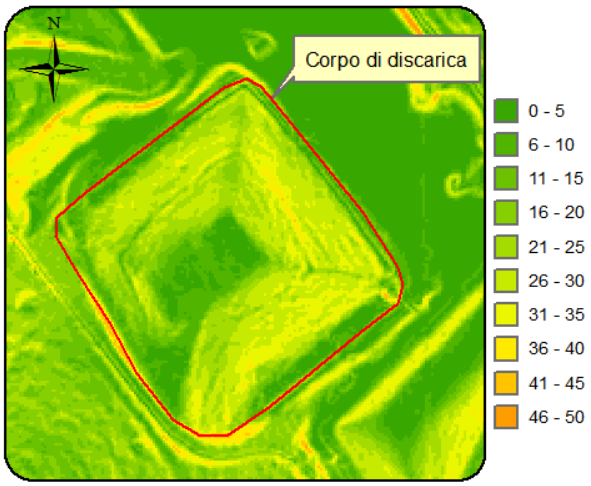
8.ASPETTI IDROGEOLOGICI

Sotto il profilo idrologico il sito si colloca in prossimità dello spartiacque principale che separa il bacino idrografico del Rio Foxi da quello del Riu Corr'e Pruna, pur rimanendo interamente compreso nel bacino del Rio Foxi.
Entrambi i bacini presentano un reticolo idrografico molto articolato, in generale ben sviluppato con andamento dendritico sub-angolare, condizionato dall'assetto strutturale del territorio.
Il Rio Foxi defluisce in direzione SW e sfocia nella baia di Porto Carbonara circa 7 Km più a valle del sito di discarica.
L'affluente principale è il Rio Foxi che verso monte assume prima la denominazione di Riu di Buguru e poi nel tratto apicale Riu Su Canali Istrias sul quale si affaccia il sito di discarica.
Dall'altra parte dello spartiacque Il Rio Badulesu defluisce in direzione NW e sfocia presso Cala Sinzias. Il tratto di monte, assume la denominazione di Rio Babboi Zedda con apice in prossimità del sito di discarica.

Per quanto riguarda la permeabilità delle formazioni affioranti, il basamento granitico assume valori differenti in relazione allo stato di alterazione: nello stato alterato, il basamento presenta una permeabilità medio bassa per porosità primaria che tende a diminuire in profondità, nello stato poco alterato è invece presente una permeabilità di tipo secondario per fratturazione sempre di grado medio Basso.
Le informazioni raccolte hanno fornito indicazioni sulla presenza di una falda superficiale con livello piezometrico compreso tra 3 – 5 m dal piano di campagna e di una falda più profonda che è stata intercettata alla profondità di oltre 100 m dal piano campagna da un pozzo realizzato dall'Amministrazione Comunale nell'intorno della discarica.

9.ASPETTI CARATTERISTICI DELLA DISCARICA

La discarica oggetto di intervento è di tipologia in rilevato con una vasca in scavo di dimensioni pari a circa 100 m x 100 m impermeabilizzata con pacchetto di argilla bentonitica (K< 10-8 m/sec) 30 cm + argilla (K<10-7 m/sec) 20 cm +TNT+ guaina in HDPE dello spessore di 2 mm.
Dall'analisi della documentazione pregressa si evince che la zona di imposta della discarica è caratterizzata da uno strato superficiale, di spessore variabile da qualche decimetro fino a una decina di metri, di prodotti di arenizzazione e disfacimento dei graniti, che sormonta lo strato di roccia sana.
La discarica è collocata su una sella impostatasi probabilmente in corrispondenza di uno sciame filoniano orientato NW-SE, interessato da una fratturazione ravvicinata subverticale che ha favorito i processi di alterazione e dunque fenomeni di erosione selettiva.



La geometria di superficie è stata analizzata attraverso la nuvola di punti ricavata da un apposito rilevo aerofotogrammetrico acquisito con drone dal nostro raggruppamento di professionisti.
Il cumulo di rifiuti ha forma approssimativa di una piramide a base quadrata che si eleva rispetto al piano circostante di circa 20 m. L'apice del cumulo si trova ad una quota pari a circa 201 m s.l.m.
I versanti hanno una geometria regolare e non mostrano deformazioni o forme morfologiche riconducibili a fenomeni di instabilità o cedimenti in atto o passati. L'acclività media dei fronti, calcolata attraverso il DTM è compresa tra 25° e 35° e l'estensione lineare è poco inferiore ai 40 m.
Se si tiene conto che la conformazione attuale è quella derivante dai lavori di ripristino effettuati nel 2005, visto lo stato attuale, si possono ragionevolmente escludere problematiche di instabilità a carico dei terreni di fondazione o del fronte dei rifiuti.
Come affermato nell'inquadramento geologico, la collocazione della discarica nel contesto morfologico consente di escludere interferenze con il deflusso delle acque superficiali e con i deflussi sotterranei.

10. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per la ricostruzione del modello geologico e geotecnico del sottosuolo si è operato preliminarmente una revisione critica di alcune indagini geognostiche realizzate nel passato le quali sono state integrate da una nuova campagna geognostica realizzata nel mese di dicembre del 2021 che ha compreso la realizzazione di ulteriori tre sondaggi a carotaggio con prove in situ e analisi di laboratorio geotecnico.
L'insieme dei dati è rappresentato nella Tavola GEO_01 Planimetria delle indagini Geognostiche riportata in stralcio nella figura seguente.

Figura 7 Planimetria delle indagini geognostiche (in magenta le indagini 2002, in blu le indagini 2020 ed in rosso le indagini di progetto)

10.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE

Le indagini pregresse che sono state messe a disposizione dall'Amministrazione comunale comprendono sondaggi e prove geofisiche realizzati nel corso di precedenti interventi eseguiti nell'intorno della discarica.
In particolare le informazioni utilizzate per la definizione del modello geologico comprendono:

- N. 3 sondaggi realizzati nel 2002 nel corso della progettazione degli interventi di risanamento e messa in sicurezza della ex discarica comunale di R.S.U documentati nella Relazione Geologica e Geotecnica redatta dal Dott. Geologo Paolo Pili;
- N. 1 Indagine geofisica con tecnica della sismica a rifrazione e tecnica MASW eseguita nel 2014 nell'ambito della redazione dello studio geologico a supporto dell'impianto di compostaggio e documentata nella Relazione redatta dal Dott. Geol. Mauro Strinna;
- N. 2 Sondaggi geognostici realizzati nel 2020 nell'ambito della redazione del Piano di monitoraggio transitorio della discarica di Bruncu Zimmioni documentati nella Relazione Tecnica redatta dal Dott. Geol. Maria Luisa Biggio.

Indagini 2002

Le indagini realizzate nel 2002 per il progetto di messa in sicurezza della veccia discarica presente sul fronte Sud compresero l'esecuzione di diversi sondaggi geognostici eseguiti sul corpo di discarica e nel suo immediato intorno, tra questi quelli utili per la formulazione del modello geologico di riferimento sono tre sondaggi denominati S1b, S1 e S2 eseguiti sul margine nord della vecchia discarica, lungo il piazzale che separa le due discariche.
I sondaggi evidenziarono la presenza di un primo orizzonte di materiali di riporto inerti di spessore variabile tra 2 e 1.5 m seguito da un livello di rifiuti mineralizzati di spessore variabile all'incirca tra 6 e 7 m poggiante sul substrato naturale composto da un sottile orizzonte di suoli residuali che rivestono il basamento granitico.
Di seguito si riporta un'immagine della sezione geologica realizzata dal Geologo Pili lungo il piazzale che separa le due discariche.

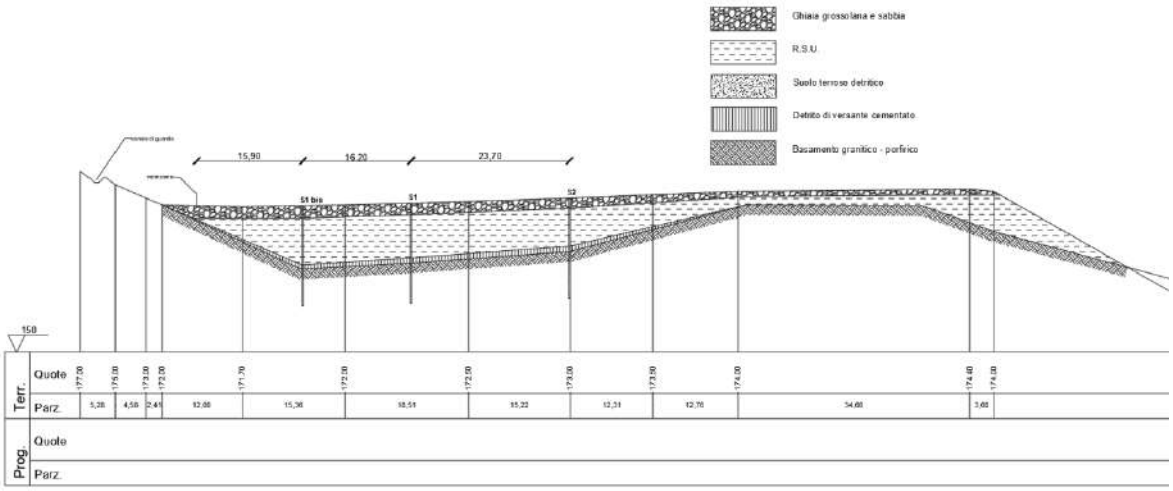


Figura 8 Sezione A-A estratta dalla Relazione Geologica 2002

Indagini geofisiche 2014

Le indagini geofisiche realizzate nel 2014 compresero la realizzazione di una indagine con tecnica della sismica a rifrazione integrata con una indagine con tecnica MASW.

L'indagine sismica a rifrazione evidenziò la presenza di tre sismostrati distinti:

Unità 1 Orizzonte superficiale con velocità compresa tra 600 -1400 m/sec attribuibile a terreni di riporto o materiali disgregati:

Unità 2 Orizzonte intermedio con velocità comprese tra 1400 -2500 m/s correlabile con il basamento granitico alterato o fratturato:

Unità 3 Substrato sismico caratterizzato da velocità superiori a 2500 m/sec che raggiungono in profondità 4500 m/s attribuibile al basamento granitico compatto.

Lo spessore dell'orizzonte superficiale è risultato compresa tra 1.5 – 2.0 m mentre il substrato granitico compatto si colloca ad una profondità di circa 5 m.

Nell'immagine che segue si riporta la tomografia sismica rappresentata nel Documento (2).

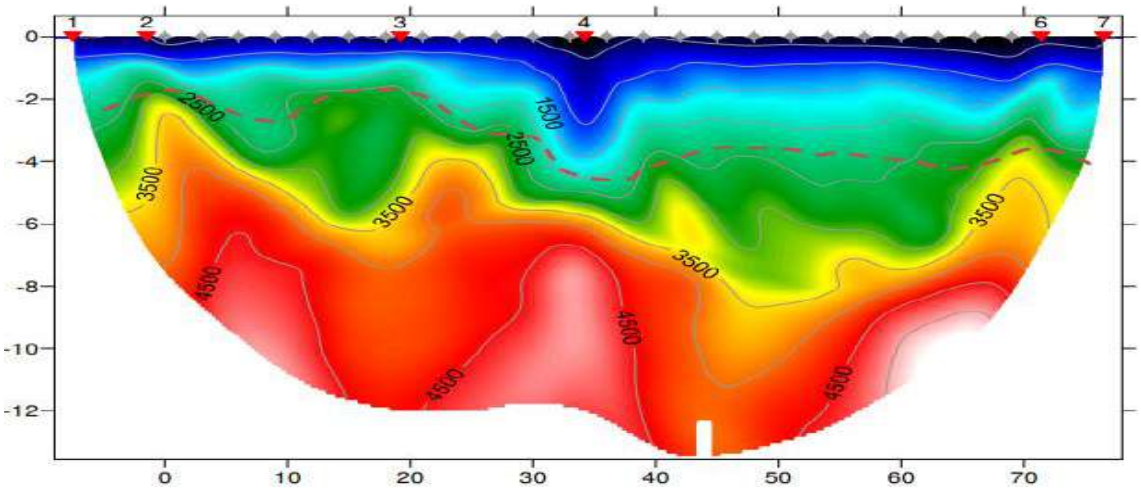


Figura 9 Tomografia sismica (Documento 2)

L'indagine MASW consentì di ottenere una distribuzione stratigrafica sostanzialmente coerente con l'indagine sismica a rifrazione, individuando 3 strati a velocità crescenti poggianti su un basamento rigido caratterizzato da velocità di taglio superiori a 800 m/s.

Di seguito un'immagine con il profilo della Velocità di taglio ottenuto attraverso l'indagine:

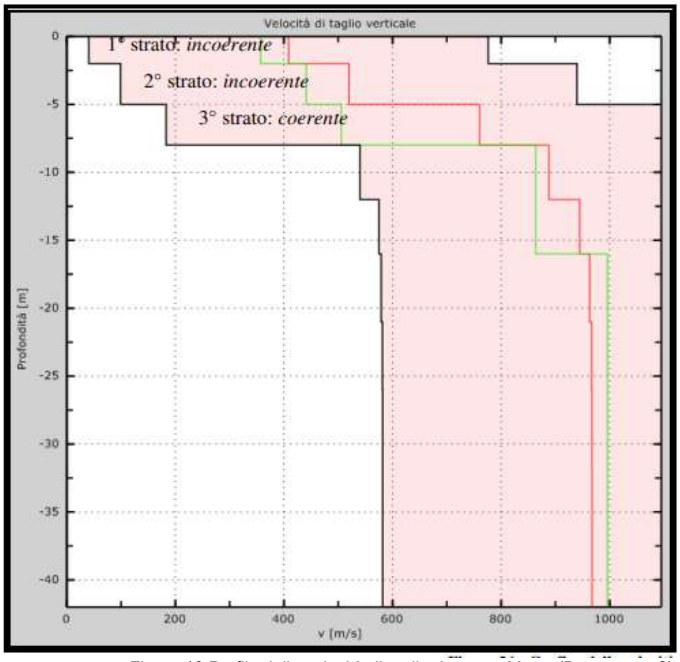


Figura 10 Profilo delle velocità di taglio da prova Masw (Documento 2)

Reinterpretando la prova sulla base delle Nuove Norme Tecniche sulle costruzioni si ottiene un valore di **Vs_{eq}** pari a **585** m/s che permette di classificare il sottosuolo in:
Categoria B (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 e 800 m/s)*

Indagini 2020
Le indagini eseguite nel 2020 per la redazione del piano di monitoraggio transitorio della discarica compresero l'esecuzione di tre sondaggi di cui due ubicati nell'intorno dell'area di interesse ed un terzo realizzato al piede della vecchia discarica.
I due sondaggi realizzati nell'intorno della discarica evidenziano la presenza di un primo orizzonte di terreni di riporto di spessore compreso tra 1-2 m seguito da dei graniti fratturati o arenizzati.
Le stratigrafie dei sondaggi sono riassunte nelle tabelle seguenti:

Sondaggio S1	
Quota	**Descrizione**
0.00 – 2.00	Terreno di riporto
2.00 -15.00	Granito fratturato

Sondaggio S2	
Quota	**Descrizione**
0.00 – 1.00	Terreno di riporto
2.00 -15.00	Granito arenizzato

I due sondaggi vennero attrezzati come piezometri a tubo aperto e permisero di verificare la presenza di falda alle seguenti quote:
- Piezometro SL1: Livello piezometrico -5.40 m dal p.c.
- Piezometro SL2: Livello piezometrico -3.60 m da p.c.

10.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE DI PROGETTO

Ad integrazione delle informazioni pregresse è stata pianificata e realizzata una campagna di indagini geognostiche che ha compreso la realizzazione di tre sondaggi a carotaggio, disposti in corrispondenza delle sezioni di maggior interesse spinti fino ad intercettare il basamento granitico per una profondità massima di 7 m.
Nel corso dei sondaggi, sono state realizzate prove penetrometriche SPT e sono stati prelevati tre campioni di terreno per analisi di laboratorio.
Le indagini sono state eseguite dall'Impresa GEOSARDA di Quartu nella prima settimana di Dicembre del 2021 con una sonda cingolata utilizzando un carotiere di diametro 101 mm e tubazione di rivestimento di diametro 127 mm.
Le perforazioni sono state effettuate alternando tratti di perforazione a secco con carotiere semplice o con utilizzo di acqua e carotiere doppio in relazione alla tipologia dei terreni attraversati.
Nella tabella seguente si riassumono i dati salienti delle perforazioni:

Tabella 1 Schema consuntivo dei sondaggi

Sigla	X (m) (Epsg 3262)	Y (m) (Epsg 3262)	Z (m slm) (sitema di Rif. Progetto)	Profondità (m)	Profonditàbasamentolitoide (m)
VS_1	545145	4337715	230.5	7.00	5.30
VS_2	545234	4337644	229.5	5.00	2.80
VS_3	545111	4337745	228.2	7.00	6.10

Le prove SPT in foro sono state realizzate con dispositivo a sganciamento automatico con maglio di 63.5 Kg tipo Pilcon e altezza di caduta di 76 cm.
Considerata la composizione prevalentemente ghiaiosa dei materiali di riporto si è utilizzato un campionatore a punta conica con apertura di 60°.
Nella tabella che segue si riassumono i risultati delle prove SPT effettuate.

Tabella 2 Dati consuntivi delle prove penetrometriche SPT

Sondaggio	Intervallo di prova (m da p.c)	Litologia	N1	N2	N3	N SPT	Note
VS_1	0.50 -0.95	Riporto	9	18	32	41	
VS_1	1.80-2.25	Riporto	18	13	17	30	
VS_1	4.80-5.25	Granito completamente alterato	4	7	8	15	
VS_1	6.30-6.75	Granito intensamente alterato	37	50	-	R	
VS_2	4.00-0.85	Riporto	21	38	17	55	L'ultimo intervallo su argine in argilla
VS_2	2.00-2.45	Granito intensamente alterato	9	50	-	R	
VS_3	0.85-1.30	Riporto	8	9	9	18	
VS_3	2.00-2.45	Riporto	4	11	11	22	
VS_3	3.70-4.15	Riporto	40	50	-	R	

Nel corso dei sondaggi sono stati prelevati tre campioni per analisi di laboratorio. Data la natura dei materiali è stato possibile prelevare solo dei campioni disturbati destinati ad analisi granulometriche o determinazione dei Limiti di Atterberg.
Le analisi al momento della stesura del rapporto non sono state ancora completate, pertanto verranno integrate in fase di analisi del progetto esecutivo.
Di seguito si riassumono i dati dei campionamenti effettuati.

Tabella 3 Quadro consuntivo dei campionamenti

Sondaggio	Intervallo di campionamento (m da p.c)	Litologia	Grado di Qualità del Campione	Analisi richiesta
VS_1	2.00-2.60	Riporto	Q2	AnalisiGranulometrica
VS_2	1.30-1.50	Limisabbiosi (Argine)	Q2	Limiti di Atterberg
VS_3	1.30-1.70	Riporto	Q2	AnalisiGranulometrica

Nei sondaggi Vs_1 e Vs_3 dopo la stabilizzazione del foro è stata rilevata la presenza di una falda superficiale, probabilmente alimentata dalle intense piogge delle settimane precedenti. Nella tabella seguente si riportano i livelli misurati da piano di campagna.

Sondaggio	Livello piezometrico (m da p.c)	Data del rilievo
VS_1	-5.00	03.12.2021
VS_3	-2.60	07.12.2021)

Risultati dei sondaggi
I risultati dei sondaggi sono riassunti nelle schede litostratigrafiche allegate al rapporto, di seguito viene esposta una breve descrizione degli elementi acquisiti attraverso l'indagine.

Sondaggio VS_1
Il sondaggio VS_1 è stato realizzato sul fronte Nordovest della discarica al fine di verificare lo spessore e lo stato di consistenza dei materiali di riporto abbancati lungo il versante.
La perforazione è stata realizzata sul bordo interno della pista di accesso della discarica, di seguito si riportano alcune immagini catturate durante la realizzazione del foro.

Il sondaggio ha attraversato un primo orizzonte di materiali di riporto con spessore di 4.30 m costituiti da ghiaie e sabbie tenute assieme da una matrice limosa in percentuale del 15-20%. I materiali costituenti derivano con buona probabilità dallo scavo effettuato per la realizzazione della discarica e sono rappresentati da frammenti di rocce granitiche a spigoli vivi e granuli quarzo feldspatici.

Facendo riferimento ai valori di penetrazione SPT il deposito si presenta molto compatto, con valori di NSPT compresi tra 30 e 41 colpi. A profondità di -2.65m è stato intercettato un blocco granitico di dimensioni metriche che è stato attraversato con carotiere doppio e acqua di perforazione. Questo ha comportato una serie di difficoltà per l'avanzamento successivo poiché si è reso necessario manovrare per l'approfondimento della tubazione di rivestimento e ciò ha causato un disturbo del foro che ha reso difficoltose le manovre di campionamento nell'intervallo successivo.
Alla profondità di -4.30m è stato intercettato un sottile (30 cm) orizzonte di suolo scuro di composizione sabbioso-limosa che segna la base di appoggio dei materiali di riporto, sotto di questo segue un intervallo di circa 70 cm costituito da graniti completamente alterati (Grado V) di colore giallastro, completamente disgregati. La prova SPT eseguita in questo intervallo permette di classificarli come dei materiali mediamente compatti (NSPT=15).
A partire da quota – 5.30m è stato intercettato il substrato granitico, si tratta di sienograniti a grana media, intensamente alterati (Grado IV) molto compatti con intervalli disgregati e intervalli ben cementati. La prova SPT eseguita a quota -6.30m è andata a rifiuto.

Sondaggio VS_2

Il sondaggio VS_2 è stato realizzato sul fronte sudest della discarica dove è stato realizzato l'ampliamento della discarica nel 2003 al fine di verificare la potenza e lo stato di addensamento dell'argine di contenimento e la natura dei terreni sui quali venne impostato.
La perforazione è stata realizzata in corrispondenza del punto in cui in progetto era prevista la massima altezza dell'argine. Attualmente il profilo originario è mascherato da un orizzonte di materiali di riporto abbacanti in opere di sistemazione successive. Nella foto seguente un'immagine della perforazione.

Il sondaggio ha attraversato un primo orizzonte, di spessore pari a 0.75 m costituito da materiali di riporto molto compatti composti da sabbie limose con ghiaia poco assortite probabilmente abbacanti successivamente all'intervento di ampliamento del 2003.
Al di questo orizzonte è stato intercettato l'argine impermeabile realizzato nell'ampliamento del 2003, con spessore complessivo di 1.35m. i materiali costituenti sono rappresentati da dei limi sabbiosi ad alta plasticità (MH) di colore rossastro ben compattati. La prova SPT eseguita a -2.00m dal piano campagna ha interessato questo orizzonte solo nel primo intervallo, con un numero di colpi N15 pari a 9 arrestandosi subito sotto nel basamento granitico alterato.
L'argine poggia direttamente sul basamento granitico, rappresentato da dei sienograniti equigranulari a grana media, intensamente alterati nell'orizzonte più superficiale (Grado IV) per i primi 70 cm e poi mediamente alterati (Grado III) nella porzione sottostante fino a fondo foro.
Nel corso della perforazione non è stata intercettata la falda.

Sondaggio VS_3

Il sondaggio VS_3 è stato realizzato sul fronte est della discarica al fine di verificare la stratigrafia e la natura dei terreni su cui dovrà essere realizzato il nuovo argine di contenimento.
La perforazione è stata effettuata sull'argine di contenimento attuale, di seguito un'immagine del punto di perforazione.

Il sondaggio ha rilevato la presenza di un orizzonte di materiali di riporto di spessore pari a 6.10m costituiti da sabbie e ghiaie limose di natura quarzo feldspatica, mediamente compatti. Ta – 4.50m e -5.50m è stato intercettato un intervallo scuro composto da rifiuti mineralizzati che probabilmente sono un residuo della vecchia discarica incontrollata.
Il substrato granitico è stato intercettato a -6.10 m dal piano attuale ed è composto da sienograniti mediamene alterati (Grado III).

11. MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

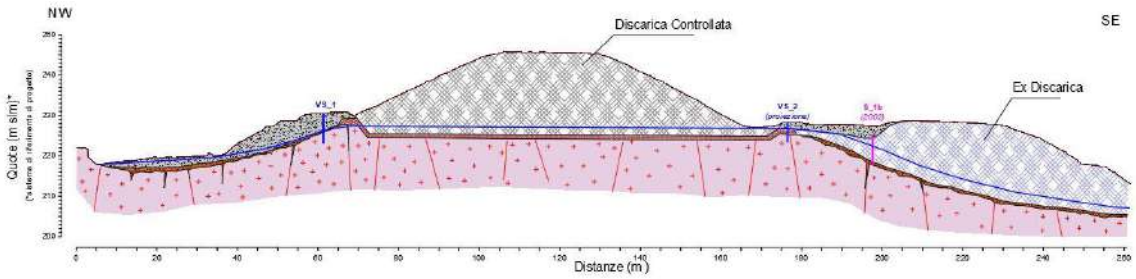
Gli elementi raccolti hanno permesso di definire un modello geologico di riferimento con buon grado di attendibilità in relazione alle opere da realizzarsi. Le principali incertezze derivano dalla mancanza di informazioni relative alla effettiva struttura della discarica esistente in quanto non è stato possibile reperire nessuna documentazione relativa al progetto e alle fasi realizzative dello stesso.
Di seguito si riassumono gli aspetti principali che concorrono alla definizione del modello geologico di riferimento

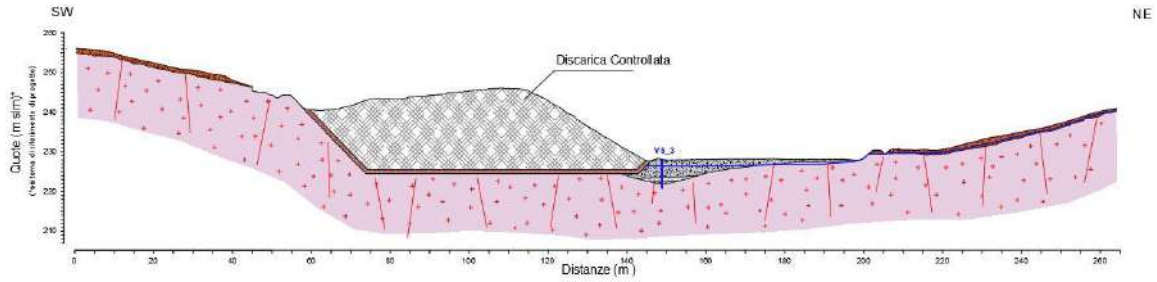
Aspetti geomorfologici

Il sito di discarica sorge in un contesto collinare ed è posizionato su una sella compresa tra due rilevi collinari allineati SW_NE con pendenze dei versanti compresi tra 15 e 25°. Il fronte sudovest è direttamente addossato al rilievo, mentre il fronte nordest è separato dal versante da un piazzale artificiale dove è stato localizzato l'impianto di compostaggio.
Il fronte nordovest si affaccia invece su un compluvio secondario che degrada fino alla strada provinciale con dislivello complessivo di circa 20, e pendenza naturale di circa 10°. Su questa risultano abbancati i materiali di risulta derivanti dalla realizzazione della vasca della discarica costituiti da materiali granulari con composizione di ghiaia e sabbia a spigoli vivi e legante limoso.
Sul versante opposto che si affaccia a sudest il versante naturale degrada ella valle del Rio Canale Istrias che scorre circa 40m più in basso, il versante è occupato da un vecchio corpo di discarica separato dalla discarica controllata da un piazzale artificiale largo circa 10m sul quale sono presenti materiali antropici.
I processi geomorfologici attivi sono riconducibili essenzialmente a processi di dilavamento di tipo diffuso o concentrato e piccoli smottamenti che interessano il sottile orizzonte di suoli residuali che rivestono il substrato roccioso. Dai rilevi condotti non emergono forme di instabilità a scala del versante.
Le analisi di stabilità globale condotte nel corso del presente studio permetto di prevedere un buon grado di stabilità anche per i materiali di riporto abbancati sul versante nordovest-

Aspetti litostratigrafici

L'assetto litostratigrafico del sito è rappresentato nelle due sezioni geologiche riportate nella Tavola GEO_2 allegata al progetto che vengono riportate in stralcio nelle figure seguenti.





In sintesi il modello litostratigrafico di riferimento può essere suddiviso in due raggruppamenti:

- Materiali antropici;
- Materiali autoctoni.

Materiali antropici
Comprendono tutti i materiali che sono stati abbancati nell'intorno del sito di discarica, precedentemente alla sua realizzazione (vecchia discarica) e nel corso della realizzazione della discarica stessa.
Tra questi si distinguono:
- Rifiuti;
- Limi;
- Ghiaie e sabbie debolmente limose.

Rifiuti:
i materiali costituenti il corpo di discarica sono costituiti da rifiuti solidi urbani abbancati in un intervallo di tempo che va dal 1997 al2004 si tratta dunque di rifiuti relativamente "vecchi" con limitata produzione di percolato e biogas.

Limi
Comprendono i materiali costituenti l'argine realizzato sul fronte sudovest, nell'ambito del progetto di ampliamento della discarica. Sono stati intercettati nel sondaggio VS_2. Le analisi speditive di cantiere permettono di identificarli come dei limi inorganici ad alta plasticità (MH), debolmente sabbiosi, hanno un colore rossastro e si presentano molto compatti.

Ghiaie e sabbie debolmente limose
I volumi maggiori di riporti sono rappresentati da ghiaie miste a sabbia debolmente limose, composte da frammenti di rocce granitiche con dimensioni medie di 2-6 cm a spigoli vivi e sabbie quarzo-feldspatiche prodotti durante le fasi di scavo per la realizzazione della discarica. Questi materiali presentano una consistenza da compatta a mediamente compatta. Lo spessore è variabile, gli spessori maggiori sono individuati lungo il versante nordovest dove raggiungono una potenza di circa 4.00 m.

Materiali autoctoni
Comprendono il basamento granitico con la sua coltre di alterazione superficiale e un orizzonte superficiale di suolo residuale prodotto dall'alterazione chimica del basamento sottostante.
Schematicamente si possono distinguere i seguenti orizzonti:
- Suoli;
- Orizzonte di transizione;
- Basamento granitico.

Suoli
I suoli derivanti dal disfacimento in situ del basamento granitico presentano uno scheletro sabbioso ed una matrice limoso argillosa con materiale organico.
Nell'immediato intorno della discarica sono stati perlopiù asportati durante le operazioni di scavo, mentre lungo il versante NW sono stati intercettati dal sondaggio VS_1 al di sotto dei materiali di riporto con spessore di 30 cm.

Orizzonte di transizione
Interposto tra i suoli organici ed il basamento granitico si individua un orizzonte di transizione costituito dal basamento granitico completamente alterato (Grado V) e trasformato in una terra incoerente con granulometria di una ghiaia con sabbie e con limo mediamente compatta.
Questo orizzonte è stato individuato dal sondaggio VS_1, con potenza complessiva di 70 cm-

Basamento granitico
Il basamento granitico può essere osservato direttamente lungo le scarpate artificiali presenti nell'intorno del sito di discarica e in affioramenti naturali presenti lungo i versanti.
Si tratta di rocce granitiche a chimismo granodioritico intruse da un sistema di filoni prevalentemente acidi a chimismo sienogranitico. Lo stato di alterazione dell'ammasso roccioso risulta variabile da moderato (Grado III) a fortemente alterato (Grado IV).
Lo stato generale di alterazione dell'ammasso roccioso ha determinato una generale perdita delle caratteristiche di resistenza originarie della roccia trasformandola in una roccia perlopiù di consistenza da tenera a dura.

Assetto idrogeologico locale

Il sito è collocato in prossimità di una zona di displuvio e dunque non vi sono interferenze con il reticolo idrografico superficiale.
Le acque di ruscellamento superficiale attualmente sono intercettate da un sistema di regimazione artificiale che le convoglia in parte verso SE nel compluvio del canale Istrias ed in parte verso NW, verso la strada provinciale dove convergono verso il Rio Fillaris.

La circolazione sotterranea è condizionata dalle caratteristiche idrogeologiche delle formazioni affioranti:
I materiali di riporto sono in prevalenza rappresentati da ghiaie con sabbia debolmente limose, pertanto dotate di una permeabilità medio alta per porosità primaria;
I depositi autoctoni che ricoprono il basamento granitico e comprendono i suoli superficiali e l'orizzonte di transizione regolitico presentano anche questi un abbondante scheletro ghiaioso sabbioso che conferisce all'insieme un grado di permeabilità medio per porosità primaria;
Il basamento granitico presenta una permeabilità variabile in relazione al grado di alterazione o fessurazione della roccia. Come schema generale il grado di permeabilità diminuisce gradualmente in profondità in relazione all'attenuarsi dei fenomeni di alterazione e alla progressiva chiusura delle fratture.
In questo senso, l'orizzonte più superficiale è caratterizzato da una permeabilità medio bassa per porosità primaria o per fratturazione, mentre in profondità si sviluppa solo una permeabilità secondaria di grado basso per fratturazione.
Tenendo conto di questa suddivisione il substrato granitico rappresenta una sorta di barriera a bassa permeabilità mentre la coltre detritica e i materiali di riporto rappresentano dei materiali permeabili che permettono l'infiltrazione e la circolazione delle acque superficiali.
In coincidenza con gli eventi meteorici più importanti, si instaura dunque una falda superficiale sostenuta dal substrato granitico più compatto che defluisce parallelamente al versante. Questa falda, che è stata osservata anche nel corso dell'indagine geognostica scompare completamente nel periodo asciutto.

12. MODELLAZIONE SISMOSTRATIGRAFICA E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO

12.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- ORDINANZA P.C.M n. 3519 del 28.04.2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone"

- Delibera della Giunta Regionale della Sardegna n. 15/31 del 30.03.2004

- DM 17/01/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni"

12.2 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Con riferimento al DM 17/01/2018 l'azione sismica di progetto da valutare per le verifiche nei diversi stati limite viene definita partendo dalla *pericolosità sismica di base*, del sito di costruzione ed è funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la *risposta sismica locale*.
La pericolosità sismica di base è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa $\mathbf{a_g}$ in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente **Se(T)** con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR.
In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione.
Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento PVR nel periodo di riferimento dell'opera VR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- **ag** = accelerazione orizzontale massima al sito;
- **Fo=** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- **T*C =** valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il periodo di riferimento dell'opera (Vr) si ottiene dal prodotto tra la Vita Nominale (Vn), intesa come il numero di anni nel quale l'opera è utilizzata allo scopo a cui è stata destinata, e il Coefficiente d'uso (Cu), funzione della Classe d'uso della costruzione.
Per il caso in studio si assumono i seguenti parametri:

- Vita Nominale **V_N = 50 anni** (*costruzioni con livelli di prestazioni ordinarie*)
- Classe d'uso = 3 (…….. *industrie con attività pericolose per l'ambiente* …..) **C_U = 1.5**

Da cui si ricava:

- periodo di riferimento dell'opera ($V_R = V_N x C_U$) **V_R = 75 anni**

Considerando le Probabilità di superamento PVR definite dalla normativa (Tab. 3.2.1 NCT 2018) in funzione dello stato limite considerato vengono calcolati i seguenti Tempi di ritorno

$$T_R = - V_R / \ln (1- P_{V_R}) = - C_U V_N / \ln (1- P_{V_R})$$

- Stato limite di Operatività (SLO) **T_R = 45 anni**
- Stato limite di Danno (SLD) **T_R = 75 anni**
- Stato limite di Salvaguardia della Vita (SLV) **T_R = 712 anni**
- Stato limite di Collasso (SLC) **T_R = 1462 anni**

Le NTC 2008 ed i successivi studi individuano per la Sardegna i seguenti coefficienti sismici uniformi per tutta l'Isola (dove a_g è espresso in g/10)

	T_R=30			T_R=50			T_R=72			T_R=101		
Isole	a_g	F_o	T_C^*	a_g	F_o	T_C^*	a_g	F_o	T_C^*	a_g	F_o	T_C^*
Sardegna, Arcipelago Toscano, Isole Egadi, Pantelleria, Lampedusa, Linosa, Ponza, Palmarola, Zannone	0.186	2.610	0.273	0.235	2.672	0.296	0.274	2.698	0.303	0.314	2.734	0.307
Ventotene, Santo Stefano	0.235	2.614	0.245	0.303	2.674	0.272	0.347	2.712	0.298	0.385	2.764	0.326
Ustica, Tremiti	0.429	2.500	0.400	0.554	2.500	0.400	0.661	2.500	0.400	0.776	2.500	0.400
Alicudi, Filicudi,	0.350	2.700	0.400	0.558	2.700	0.400	0.807	2.700	0.400	1.020	2.700	0.400
Panarea, Stromboli, Lipari, Vulcano, Salina	0.618	2.455	0.287	0.817	2.484	0.290	0.983	2.506	0.294	1.166	2.520	0.290

T_R=140			T_R=201			T_R=475			T_R=975			T_R=2475		
a_g	F_o	T_C^*	a_g	F_o	T_C^*	a_g	F_o	T_C^*	a_g	F_o	T_C^*	a_g	F_o	T_C^*
0.351	2.776	0.313	0.393	2.817	0.322	0.500	2.884	0.340	0.603	2.976	0.372	0.747	3.093	0.401
0.450	2.694	0.366	0.481	2.711	0.401	0.666	2.517	0.476	0.767	3.065	0.517	0.852	3.269	0.564
0.901	2.500	0.400	1.056	2.500	0.400	1.500	2.500	0.400	1.967	2.500	0.400	2.725	2.500	0.400
1.214	2.700	0.400	1.460	2.700	0.400	2.471	2.700	0.400	3.212	2.700	0.400	4.077	2.700	0.400
1.354	2.556	0.290	1.580	2.559	0.292	2.200	2.583	0.306	2.823	2.647	0.316	3.746	2.761	0.324

Per l'analisi dell'azione sismica si utilizzano dunque i seguenti valori di base:

Stati limite (P_{VR})				
Stati limite	SLE		SLU	
	SLO	SLD	SLV	SLC
P_{VR}	81%	63%	10%	5%
ag [g]	**0,022**	**0,028**	**0,056**	**0,066**
Fo	**2,660**	**2,703**	**2,935**	**3,026**
Tc* [s]	**0,291**	**0,304**	**0,358**	**0,384**

12.3 RISPOSTA SISMICA LOCALE

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche del sottosuolo e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei terreni e degli ammassi rocciosi di cui è costituito.

Le norme di riferimento (NTC 2008) definiscono la risposta sismica locale (S) di un sito attraverso la stima di due Fattori:

- Fattori di Amplificazione stratigrafica;
- Fattori di Amplificazione topografica;

12.3.1 Amplificazione stratigrafica

In condizioni stratigrafiche e topografiche omogenee il fattore di amplificazione stratigrafica può essere valutato attraverso un approccio semplificato basato su una classificazione del sottosuolo sviluppata in funzione dei valori di velocità di propagazione delle onde di taglio Vs compresi nel volume significativo dell'opera.

Nell'approccio semplificato la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche e ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, VS,eq (in m/s),

In riferimento ai risultati dell'indagine eseguita, il sito esaminato ricade in:

Categoria B (*rocce tenere e depositi di terreni a grana addensati o a grana fina molto consistenti*)

12.3.2 Amplificazione topografica

Per configurazioni topografiche semplici, prevalentemente bidimensionali può essere adottata la seguente classificazione proposta dalle NCT:

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

Nel caso in esame il sito si trova in un contesto morfologico collinare con pendenze dei versanti compresi tra 15 e 25° e dunque si adotta:

- **Classe T2** (*pendii con inclinazione media > 15°*)

12.4 AZIONE SISMICA

L'azione sismica è descritta attraverso tre componenti traslazionali, due orizzontali e una verticale.
Le due componenti ortogonali che descrivono il moto orizzontale sono rappresentate dallo stesso spettro di risposta. La componente verticale viene considerata solo in alcune situazioni particolari definite nel Capitolo 7 delle NCT 2018 e se il sito è caratterizzato da un'accelerazione al suolo ag≧ 15g e dunque nel nostro caso può essere trascurata.
Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5% moltiplicata per il valore della accelerazione massima ag su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore ag variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR.
Ai sensi delle NTC lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali viene ricostruito attraverso delle funzioni standardizzate che tengono conto dei seguenti parametri:

- $S = S_S \times S_T$: coefficiente che tiene conto della categoria del sottosuolo (S_S) e delle condizioni topografiche (S_T)
- η = Coefficiente che tiene conto di coefficienti di smorzamento viscosi diversi dal 5%
- $T_C = C_C$ c T^*_C periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro;
- $T_B = T_C/3$ periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;
- $T_D = 4{,}0 \times a_g/g + 1{,}6$ periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro.

I coefficienti S_S e C_C sono espressi in funzione delle categorie di sottosuolo secondo le seguenti espressioni:

Tab. 3.2.IV – *Espressioni di S_S e di C_C*

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1{,}00 \le 1{,}40 - 0{,}40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1{,}20$	$1{,}10 \cdot (T_C^*)^{-0{,}20}$
C	$1{,}00 \le 1{,}70 - 0{,}60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1{,}50$	$1{,}05 \cdot (T_C^*)^{-0{,}33}$
D	$0{,}90 \le 2{,}40 - 1{,}50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1{,}80$	$1{,}25 \cdot (T_C^*)^{-0{,}50}$
E	$1{,}00 \le 2{,}00 - 1{,}10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1{,}60$	$1{,}15 \cdot (T_C^*)^{-0{,}40}$

Il coefficiente S_S che tiene conto dell'amplificazione topografica viene definito in funzione della categoria topografica secondo il seguente schema:

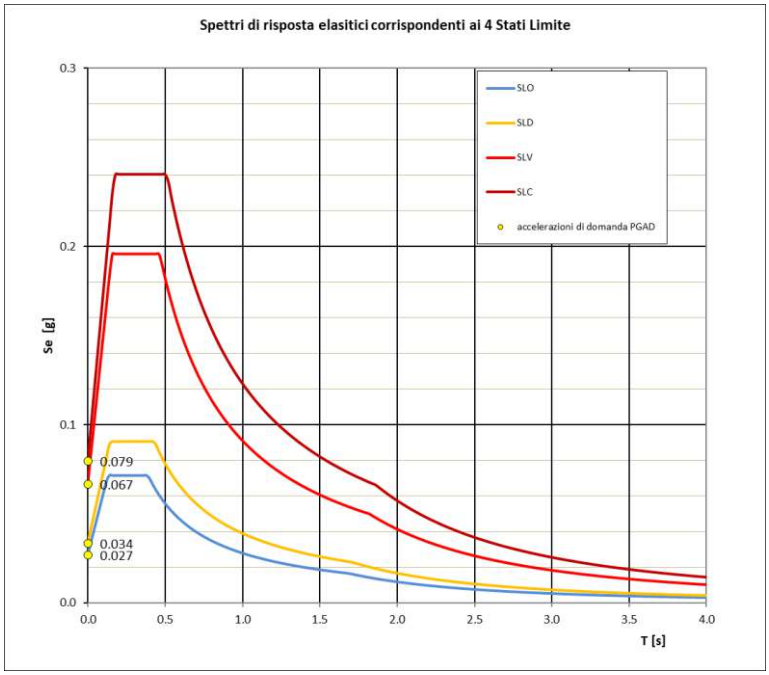
Tab. 3.2.V – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T*

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Introducendo i dati di progetto si sono ricavati seguenti parametri caratteristici

Stati limite	SLE		SLU	
	SLO	SLD	SLV	SLC
P_{VR}	81%	63%	10%	5%
a_g (g)	**0,022**	**0,028**	**0,056**	**0,066**
F_0	**2.658**	**2,704**	**2,936**	**3,027**
T_c*	**0,291**	**0,303**	**0,358**	**0,384**
S_T	**1,200**	**1,200**	**1,200**	**1,200**
S_S	**1,200**	**1,200**	**1,200**	**1,200**
C_c	**1,410**	**1,400**	**1,350**	**1,330**
T_B (s)	**0,137**	**0,142**	**0,161**	**0,170**
T_C (s)	**0,410**	**0,425**	**0,483**	**0,511**
T_D (s)	**1,690**	**1,711**	**1,822**	**1,865**

Da cui si derivano gli spettri di risposta elastici in accelerazione della componente verticale



12.4.1 Coefficienti sismici

Per lo studio di fronti di scavo artificiali e rilevati i coefficienti sismici Kh e Kv sono così determinati:

$$k_h = \beta_S \cdot \frac{a_{max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0{,}5 \cdot k_h$$

Dove: β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (Par. 7.11.4):

- β_s = 0.38 nelle verifiche dello stato limite ultimo (SLV)
- β_s = 0.47 nelle verifiche dello stato limite di esercizio

a_{max} = accelerazione orizzontale massima; g= accelerazione di gravità.

Per il sito in studio si ottiene:

Stati limite	SLE		SLU	
	SLO	SLD	SLV	SLC
P_{VR}	81%	63%	10%	5%
ag_{max} [m/s^2]	**0.316**	**0,393**	**0,785**	**0,935**
Bs	**---**	**0,470**	**0,380**	**---**
Kh [s]	**0,000**	**0,019**	**0,030**	**0,014**
Kv	**----**	**0,009**	**0,015**	**----**

12.5 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

Considerando che le accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) per tutti gli stati limite considerati non eccedono il valore di 0,1g; si esclude la verifica a liquefazione.

13. MODELLAZIONE GEOLOGICO GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO

13.1 UNITÀ LITOTECNICHE DI RIFERIMENTO

Prendendo come riferimento il modello geologico descritto nei paragrafi precedenti possono essere distinte le seguenti unità litotecniche di riferimento:

- **Unità A Rifiuti**
- **Unità B Materiali di riporto**
- **Unità C Coperture**
- **Unità D Substrato granitico**

Unità A Rifiuti

I materiali costituenti il corpo di discarica sono costituiti da Rifiuti solidi urbani abbancati in un intervallo temporale che va dal 1997 al 2004. Considerata la geometria della discarica è presumibile che i rifiuti siano stati abbancati per strati orizzontali, fino al raggiungimento della configurazione attuale.
Si tratta dunque di rifiuti piuttosto vecchi (17-20 anni) per i quali si può ritenere che abbiano subito processi di degradazione e cedimento importanti.
Ai fini della caratterizzazione geomeccanica si fa riferimento a valori caratteristici riportati nella letteratura scientifica, a titolo di esempio nelle tabelle seguenti si riportano i valori caratteristici di peso specifico, angolo di attrito e coesione derivati dalla letteratura.

Tabella 4 Valori caratteristici del peso specifico per alcuni tipi di rifiuti

Tipo di rifiuto	*Peso per unità di volume (kN/m^3)*
RSU con compattazione da moderata abuona	4.7 ÷ 6.3
RSU con compattazione da buona ad eccellente	8.6÷ 9.4
RSU da discariche attive con accumulo di percolato	6.6
RSU da vecchie discariche	9.7
RSU dopo la degradazione e il cedimento della discarica	9.9÷ 11
Residui da incenerimento (non trattati)	7.2 ÷ 12.7
Residui da incenerimento (massima densità secca - compattazione standard)	13.5
Residui da incenerimento – vecchi e nuovi (densità in posto)	14.9 ÷ 16.6
Residui del legno (secchi)	2.3
Residui del legno (con un contenuto d'acqua del 64%)	3.8

Tabella 5 Angolo di resistenza al taglio e coesione apparente per alcuni tipi di rifiuto

Tipo di rifiuto	ϕ_a (°)	c_a (kPa)
Rifiuti triturati	24	23
Vecchi rifiuti	33	16
Rifiuti artificiali	27 ÷ 41	0
Rifiuti artificiali freschi	36	0

Tenendo conto dell'età e delle caratteristiche dei rifiuti presenti in discarica si possono assumere come riferimento i seguenti parametri geomeccanici cautelativi:

- **Caratteristiche geomeccaniche dell'Unità A - Rifiuti**

Peso di volume naturale	γ_n (kN/m^3)	11
Angolo di attrito apparente	ϕ (°)	30
Coesione apparente	**Cu** (KPa)	10

Unità B Materiali di riporto

I materiali di riporto presenti nell'intorno della discarica sono costituiti da ghiaie con sabbia debolmente limose, composte da frammenti angolosi di rocce granitiche. Si tratta di materiali grossolani, permeabili, con comportamento prevalentemente incoerente.
Le prove penetrometriche SPT hanno fornito un range di valori di resistenza compreso tra un minimo di 18 colpi fino a valori di rifiuto.
Per la definizione delle caratteristiche geomeccaniche si fa riferimento i valori di correlazione proposti da Bowles 1982,

Tabella 6 Valori empirici di angolo di attrito, densità relativa e peso di volume da Bowles 1982

Descrizione del terreno	Molto sciolto	Sciolto	Medio	Compatto	Molto compatto
Densità relativa, D_r	0 – 0.15	0.15 – 0.35	0.35 – 0.65	0.65 – 0.85	0.85 – 1
SPT N'_{70}: fine	1-2	3-6	7-15	16-30	?
medio	2-3	4-7	8-20	21-40	>40
grosso	3-6	5-9	10-25	26-45	>45
ϕ: fine	26-28	28-30	30-34	33-38	
medio	27-28	30-32	32-36	36-42	<50
grosso	28-30	30-34	33-40	40-50	
γ_{wet} (kN/cm³)	11-16(1)	14-18	17-20	17-22	20-23

Tenendo conto dei parametri di resistenza NSPT riscontrati nell'indagine si assumono i seguenti parametri geomeccanici:

- **Caratteristiche geomeccaniche dell'Unità B – Materiali di riporto**

Peso di volume naturale	γ_n (kN/m³)	18
Peso di volume saturo	γ_s (kN/m³)	20
Angolo di attrito	ϕ (°)	32
Coesione	**c'** (KPa)	5

Unità C Coperture

All'interno di questa unità si considerano i suoli e l'orizzonte di transizione costituito dalla coltre superficiale del basamento granitico completamente disgregata. Si tratta di materiali con scheletro sabbioso e matrice fine da sciolti a mediamente compatti

Per la caratterizzazione geomeccanica si assumo cautelativamente i seguenti parametri geomeccanici.

- **Caratteristiche geomeccaniche dell'Unità C – Coperture**

Peso di volume naturale	γ_n (kN/m³)	18
Peso di volume saturo	γ_s (kN/m³)	19
Angolo di attrito	ϕ (°)	28
Coesione	**c'** (KPa)	0

Unità D Substrato granitico

Il substrato granitico presenta caratteristiche variabili in relazione allo stato di alterazione, tenendo conto delle condizioni di alterazione più spinte riscontrate nell'orizzonte superficiale si può considerare come una roccia tenera completamente disgregata.

Per la definizione dei parametri geomeccanici si può fare riferimento al sistema descrittivo individuato da E. Hoek & E.T. Brown (1980) basato sul criterio di rottura descritto nel 1980.

Tale criterio è basato sulla definizione di alcuni parametri quali la resistenza a compressione uniassiale *(sci)* e la costate *mi* caratteristiche della roccia intatta; il parametro *GSI*, ovvero Geological Strength Index, utilizzato per descrivere attraverso l'osservazione geologica il fattore di riduzione delle proprietà meccaniche dell'ammasso roccioso ed infine il parametro *D* che descrive ulteriormente il fattore di disturbo dell'ammasso roccioso.

Per l'analisi è stato utilizzato il programma RocLab della Rocscience Inc attraverso il quale sono stati ricavati anche i parametri di resistenza dell'ammasso roccioso attraverso il criterio di Mohor Culomb (Coesione e coefficiente di attrito interno) che permettono una trattazione classica del problema geotecnico.

I parametri utilizzati per la caratterizzazione geomeccanica sono stati:

Parametri input:

Resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta s_{ci}=35,0 MPa

(Geological Strength Index) GSI = 30 m_i = 20 Fattore di disturbo D = 0.7

Modulo di deformazione della roccia intatta Ei 17500 MPa

Criterio di rottura di Hoek Brown:

m_b = 0.427 s = 3.93E-5 a = 0,522

Range di inviluppo a rottura

s_{3max} =0,5 MPa

Risultati ottenuti:

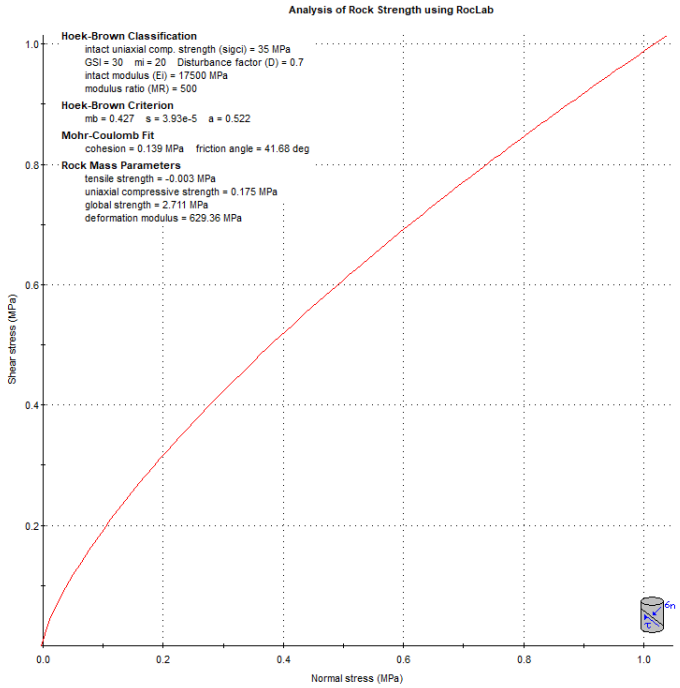
Parametri di resistenza con criterio Mohr-Coulomb

Coesione Cu = 0,139 MPa Attrito interno f = 41,68 °

Parametri dell'Ammasso roccioso

Resistenza a tensione	s_t = -0,003 MPa
Resistenza a compressione uniassiale	s_c = 0,175 MPa
Resistenza globale	s_{cm} = 2,711 MPa
Modulo di deformazione	E_m = 629.360 MPa

Nella figura sotto si riporta il grafico di sintesi dei parametri ottenuti



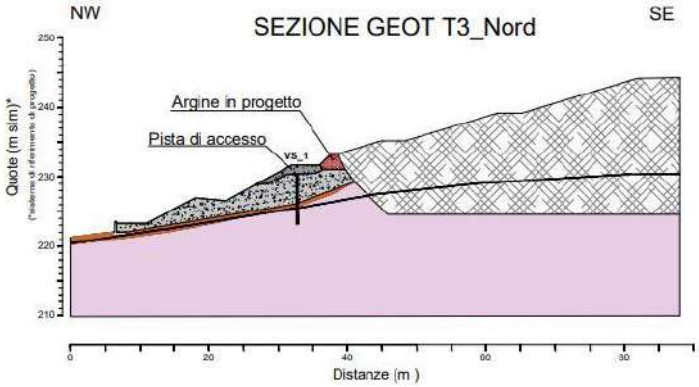
Ai fini della caratterizzazione geomeccanica si possono assumere dunque i seguenti parametri geomeccanici:

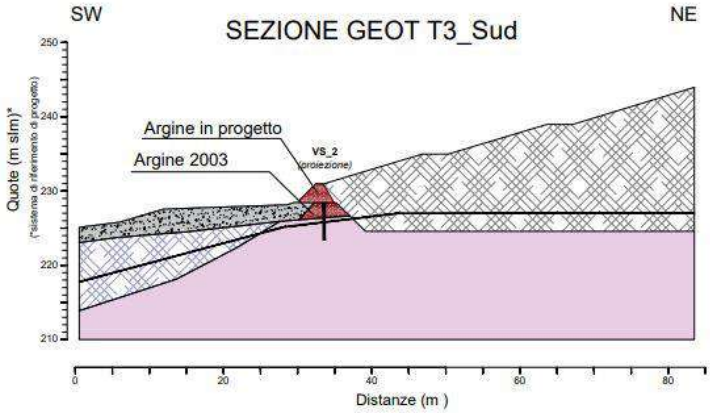
- **Caratteristiche geomeccaniche dell'Unità D – Substrato granitico**

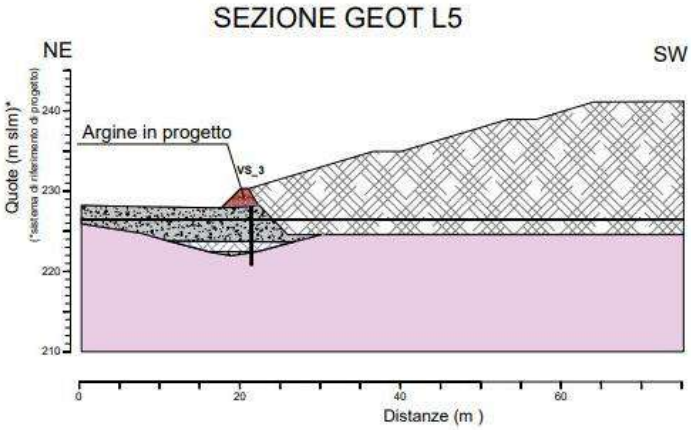
Peso di volume naturale	γ_n (kN/m^3)	20
Peso di volume saturo	γ_s (kN/m^3)	21
Angolo di attrito	ϕ (°)	40
Coesione	**c'** (KPa)	175

14.CONSIDERAZIONI TECNICHE SULLE OPERE IN PROGETTO

Il progetto è finalizzato alla realizzazione del capping definitivo della discarica ai sensi del o D.lgs.121/2020.
La conformazione attuale presenta dei fronti molto acclivi pertanto in progetto è prevista una riconformazione morfologica del corpo discarica attraverso la realizzazione di un argine di contenimento perimetrale e la risagomatura dell'intero corpo discarica con pendenze non superiori a 30° e banche intermedie per le attività manutentive collegate da una pista di accesso fino alla sommità della discarica.
L'intervento è completato con opere di sistemazione naturalistica delle scarpate e da un sistema di regimazione delle acque superficiali.
Ai fini delle interazioni con il sottosuolo gli aspetti geotecnici rilevanti riguardano l'analisi della stabilità globale della discarica e del corpo rifiuti derivante dalla nuova conformazione di progetto.
A questo fine sono state ricostruite tre sezioni geologico-tecniche rappresentative che coincido con la sezione Longitudinale 3 di progetto (Geo T3 Nord e Geo T3 Sud) e con la sezione Trasversale 5 (Geo L5) riportate nella tavola GEO 2 e rappresentate in stralcio nelle figure seguenti.







Nelle sezioni viene rappresentato l'andamento nel sottosuolo delle unità litotecniche ricavato attraverso le indagini geognostiche e le informazioni pregresse.

Le analisi di stabilità sono state sviluppate nell'ambito della Relazione geotecnica, di seguito si riassumono i risultati ottenuti.

Sezione Longitudinale 3 Fronte Nord		Fattore di sicurezza minimo (Fs)
	Stabilità globale	**1.34**
	Stabilità della rampa di accesso	**1.37**
	Stabilità dell'argine impermeabile	**3.41**
	Stabilità del fronte rifiuti	**2.57**
Sezione Longitudinale 3 Fronte Sud		
	Stabilità globale	**2.27**
	Stabilità dell'argine impermeabile	**2.29**
	Stabilità del fronte rifiuti	**2.70**
Sezione Trasversale 5		
	Stabilità globale	**2.35**
	Stabilità dell'argine impermeabile	**2.41**
	Stabilità del fronte rifiuti	**2.51**

Tutti i valori ottenuti indicano un rapporto tra azioni e resistenze di progetto sempre superiore al valore minimo imposto dalle NTC 2018: $\gamma_r = 1.1$
I fattori di sicurezza più bassi riguardano il tratto di versate artificiale realizzato sul fronte NW della discarica. I valori ottenuti sono in ogni caso superiori a 1.3 e rientrano nel campo dell'accettabilità e denotano una condizione di sostanziale stabilità del versante.
In questo tratto l'Amministrazione Comunale sta realizzando un ulteriore intervento di sistemazione del versante che contribuirà ulteriormente a ridurre il fattore di sicurezza calcolato.

15.CONCLUSIONI

Lo studio riportato nei paragrafi precedenti ha permesso di definire i caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, geomorfologici ed idrogeologici dell'area di intervento e di un suo intorno significativo e ricavare un modello geologico di riferimento sufficientemente accurato ai fini della redazione del progetto di definitivo dell'opera.

In sintesi il sito di intervento è inserito in un contesto geologico caratterizzato dalla presenza di un basamento granitico paleozoico appartenente al batolite del Sarrabus, rappresentato principalmente dalle granodioriti di Is Morus appartenenti all'Unità di Geremeas. Questo basamento è attraversato da un sistema di filoni sia acidi che basici orientato prevalentemente NW-SE secondo antiche direttrici tardo erciniche

Il contesto morfologico è caratterizzato da una morfologia collinare con rilievi articolati di forma arrotondata contraddistinti da versanti acclivi, incisi da un reticolo idrografico ben ramificato, di tipo angolare che si articola secondo le principali direttici strutturali.

In particolare la discarica è collocata ad una quota di circa 180 m slm, in una zona di displuvio su una sella compresa tra due rilevi arrotondati: a sudovest il rilevo di Bruncu is Cerbus (217 m. slm) ed a nordest un rilevo con forma analoga con quota massima di 223 m slm. Dallo studio non emergono situazioni di instabilità in atto o potenziali in grado di interferire con il progetto.

Il sito è inserito all'interno del bacino idrografico del rio Foxi e si affaccia su un suo tributario, il Canale Istrias che scorre ai piedi della discarica. Si tratta di un corso d'acqua a carattere intermittente che si attiva solamente in relazione agli eventi piovosi.

Per quanto riguarda la permeabilità il basamento granitico assume valori differenti in relazione allo stato di alterazione: nello stato alterato, il basamento presenta una permeabilità medio bassa per porosità primaria che tende a diminuire in profondità, nello stato poco alterato è invece presente una permeabilità di tipo secondario per fratturazione sempre di grado medio Basso.

Le informazioni raccolte hanno fornito indicazioni sulla presenza di una falda superficiale con livello piezometrico compreso tra 3 – 5 m dal piano di campagna e di una falda più profonda che è stata intercettata alla profondità di oltre 100 m dal piano campagna da un pozzo realizzato dall'Amministrazione Comunale nell'intorno della discarica.

Il modello geomeccanico può essere descritto attraverso quattro unità geomeccaniche: L'Unità A comprendente i rifiuti, l'Unità B comprendente i materiali di riporto abbancanti nell'intorno della discarica, l'Unità C comprende i materiali di copertura (suoli e orizzonte di transizione), l'unità D comprende il basamento granitico.

Ai fini delle valutazioni sismiche il sottosuolo può essere inserito in **Categoria B** :(*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 e 800 m/s).*

Mentre per quanto riguarda la Categoria Topografica, considerando la morfologia collinare e la vicinanza con un versante con acclività pari a circa 1° di ritiene di inquadrare il sito in una **Categoria T2**: pendii con inclinazione > 15°

Porto Torres, 18/12/2021

Dott. Geol. Stefano Conti

ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
SEZIONE A
N. 344 Dott. Geol. STEFANO CONTI

ALLEGATO 1: INDAGINI PREGRESSE
STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI 2020

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	Parametri geotecnici	Quota Elem. Pozzo	Pozzo	Altre prove	Altre prove
1		Terreno di riporto	2.00		2.00			
2		Granito fratturato	15.00		15.00			
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

Sondaggio S1.

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	Parametri geotecnici	Quota Elem. Pozzo	Pozzo	Altre prove	Altre prove
		Terreno di riporto	1.00		1.00			
1		Granito fratturato						
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14			15.00		15.00			
15								
16								
17								
18								
19								
20								

Sondaggio S2.

ALLEGATO 2: INDAGINI DI PROGETTO
STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI

SONDAGGI GEOGNOSTICI

Committente: Comune di Villasmius	Data di inizio: 03/12/2021	Data di Fine: 03/12/2021	
Cantiere: Discarica Su Zimmioni	Metodo di perforazione:	Carotaggio continuo	
Ubicazione: Fronte Nord	Compagnia di perforazione	GEOSARDA	
Datum: EPSG 3262	X: 545145	Y: 4337715	Z: 230.5 m s.l.m.

Sondaggio: VS_1

Pag. 1 of 1

Il Geologo: Dr. Stefano Conti

(m) da p.c.	Stratgrafia	Prof.	Pot.	Descrizione	Rec % (10 35 60 85)	SPT N_{colpi} m	SPT (0 10 20 30 40 50)	Campioni	Note
0 – 2.65		2.65	2.65	Materiali di riporto composti da ghiaie con sabbia debolmente limose, colore chiaro, composte da frammenti di rocce intrusive a spigoli vivi, granulo-sostenute, molto compatte.	90	41 (0.50–0.95); 30 (1.80–2.25)	9, 18, 23; 16, 13, 17	2.00-2.60	
2.65 – 3.1		3.1	0.45	Blocco di filone micorgenitico, a grana fine colore bianco rosato.	35				Da 2.65 a 3.60 si procede con il carotiere doppio, si recupera solo lo spezzone di roccia tra 2.65 e 3.10, il resto del campione del campione viene perso
3.1 – 4.3		4.3	1.2	Materiali di riporto composti da ghiaie con sabbia costituite da elementi granitici a spigolo vivo	30				A 3.40 perdita dei fluidi di perforazione Da 3.60 a 4.30 si riprende la perforazione con carotiere semplice, difficoltà nel recupero del campione
4.3 – 4.6		4.6	0.3	Sabbie fini limose con materiale organico e dispersi ciotooli centimetrici (Suolo)					Inserito tubo di rivestimento fino a 4.00 m Da 4.00 a 4.80 la manovra avanza su un intervallo tenero, il campione viene perso, e recuperato con un'altra manovra spinta fino a 4.90
4.6 – 5.3		5.3	0.7	Sienograniti a grana media comlpetamente alterati (Grado V) di colore giallastro compatti, la roccia conserva ancora la sua struttura originaria ma risulta completamente disgregata e assume l'aspetto di una sabbia limosa a genulometria minuta.	80	15 (4.80–5.25)	4, 7, 8		
5.3 – 7		7	1.7	Sienograniti a grana media intensamente alterati (Grado IV) di colore biancastro, molto compatti, la roccia conserva ancora la sua struttura originaria ma ha perso gran parte della resistenza originaria e assume l'aspetto di una sabbia minuta debolmente cementata.	35, 20	100 (6.30–7.00)	37, 50, 50		Da 6.30 a 7.00m il carotaggio a secco avanza con difficoltà, a 6.50 si tenta con acqua di perforazione ma si incontrano difficoltà nel recupero del campione

Note Livello falda -5.00 m (06/12/2021)

Studio di Geologia e Geofisica
Dott. Geol. Stefano Conti
Via Sassari 141D
07046 Porto Torres (SS)
Tel. 079 513145 - 333 3856252
E-mail conti.geo@gmail.com

SONDAGGI GEOGNOSTICI

Committente: Comune di Villasmius	Data di inizio: 06/12/2021	Data di Fine: 06/12/2021	
Cantiere: Discarica Su Zimmioni	Metodo di perforazione:	Carotaggio continuo	
Ubicazione: Fronte Sud	Compagnia di perforazione	GEOSARDA	
Datum: EPSG 3262	X: 545234	Y: 4337644	Z: 229.5 m s.l.m.

Sondaggio: VS_2

Pag. 1 of 1

Il Geologo: Dr. Stefano Conti

(m) da p.c.	Stratgrafia	Prof.	Pot.	Descrizione	Rec %	SPT N_{colpi}	m	SPT	Campioni	Note
0 – 0.75		0.75	0.75	Materiali di riporto composti da sabbie limose con ghiaia poco assortite, composte da materiali granitici, molto compatte		55	0.40 – 0.85	21, 38, 17		
0.75 – 2.1		2.1	1.35	Limi sabbiosi ad alta plasticità (MH) di colore rossastro, molto compatti (Argine 2002)					1.30-1.50	
2.1 – 2.8		2.8	0.7	Sienograniti a grana media intensamente alterati (Grado IV) di colore biancastro, molto compatti, la roccia conserva ancora la sua struttura originaria ma ha perso gran parte della resistenza originaria e assume l'aspetto di una sabbia minuta debolmente cementata.		100	2.00 – 2.30	9, 50		
2.8 – 5		5	2.2	Sienograniti a grana media alterati (Grado III) di colore biancastro, con fratture ravvicinate 3 - 4 cm. la roccia conserva la sua struttura originaria ma ha perso gran parte della resistenza originaria e assume l'aspetto di una roccia mediamete resistente.						

Note Asciutto

Studio di Geologia e Geofisica
Dott. Geol. Stefano Conti
Via Sassari 141D
07046 Porto Torres (SS)
Tel. 079 513145 - 333 3856252
E-mail conti.geo@gmail.com

SONDAGGI GEOGNOSTICI

Committente: Comune di Villasmius	Data di inizio: 06/12/2021	Data di Fine: 07/12/2021	
Cantiere: Discarica Su Zimmioni	Metodo di perforazione:	Carotaggio continuo	
Ubicazione: Fronte Est	Compagnia di perforazione	GEOSARDA	
Datum: EPSG 3262	X: 545111	Y: 4337745	Z: 228.2 m s.l.m.

Sondaggio: VS_3

Pag. 1 of 1

Il Geologo: Dr. Stefano Conti

(m) da p.c.	Stratgrafia	Prof.	Pot.	Descrizione	Rec % (10 35 60 85)	SPT N_{colpi} m	SPT (0 10 20 30 40 50)	Campioni	Note
0 – 3.5			3.5	Materiali di riporto composti da sabbia e ghiaia, limosa, mediamente compatte costituite da elementi granitici a spigolo vivo con debole matrice limosa		18 (0.85–1.30); 22 (2.00–2.45)	8 6 6; 11 11	1.30-1.60	
3.5 – 3.7		3.5	0.2	Materiali di riporto composti da sabbie limose con ghiaia poco assortite, composte da materiali granitici.		50 (3.70–4.00)	40 50		
3.7 – 4.5			0.8	Materiali di riporto composti da ghiaie e sabbia molto compatti					
4.5 – 5.5		4.5	1	Rifiuti mineralizzati compatti					
5.5 – 6.1		5.5	0.6	Materiali di riporto composti da ghiaie e sabbia					
6.1 – 7		6.1	0.9	Sienograniti a grana media alterati (Grado III) di colore biancastro, con fratture ravvicinate 3 - 4 cm. la roccia conserva la sua struttura originaria ma ha perso gran parte della resistenza originaria e assume l'aspetto di una roccia mediamete resistente.					

Note Livello falda -2.60 m (07/12/2021)

Studio di Geologia e Geofisica
Dott. Geol. Stefano Conti
Via Sassari 141D
07046 Porto Torres (SS)
Tel. 079 513145 - 333 3856252
E-mail conti.geo@gmail.com

Sondaggi Geognostici

Committente:	Comune di Villasmius	Data di inizio: 03/12/2021		Data di Fine: 03/12/2021	
Cantiere:	Comune di Villasmius	Metodo di perforazione:		Carotaggio continuo	
Località:	Fronte Nord	Compagnia di perforazione		GEOSARDA	
Datum:	EPSG 3262	X: 545145	Y: 4337715	Z: 230.5 m s.l.m.	

Sondaggio: VS_1

Il Geologo: Dr. Stefano Conti

Cassetta 1: da 0.00m a 5.00 m

Cassetta 2: da 5.00m a 10.00 m

Note

Livello falda -5.00 m (06/12/2021)

Studio di Geologia e Geofisica
Dott. Geol. Stefano Conti
Via Sassari 141D
07046 Porto Torres
Sassari (SS)

Tel e Fax: 079-513145

Cel: +39-3333856252

E-mail: conti.geo@gmail.com

Sondaggi Geognostici

Committente:	Comune di Villasmius	Data di inizio: 06/12/2021		Data di Fine: 06/12/2021	
Cantiere:	Comune di Villasmius	Metodo di perforazione:		Carotaggio continuo	
Località:	Fronte Sud	Compagnia di perforazione		GEOSARDA	
Datum:	EPSG 3262	X: 545234	Y: 4337644	Z: 229.5 m s.l.m.	

Sondaggio: VS_2

Il Geologo: Dr. Stefano Conti

Cassetta 1: da 0.00m a 5.00 m

Cassetta 2: da 5.00m a 10.00 m

Note

Asciutto

Studio di Geologia e Geofisica
Dott. Geol. Stefano Conti
Via Sassari 141D
07046 Porto Torres
Sassari (SS)

Tel e Fax: 079-513145

Cel: +39-3333856252

E-mail: conti.geo@gmail.com

Sondaggi Geognostici

Committente:	Comune di Villasmius	Data di inizio: 06/12/2021		Data di Fine: 07/12/2021	
Cantiere:	Comune di Villasmius	Metodo di perforazione:		Carotaggio continuo	
Località:	Fronte Est	Compagnia di perforazione		GEOSARDA	
Datum:	EPSG 3262	X: 545111	Y: 4337745	Z: 228.2 m s.l.m.	

Sondaggio: VS_3

Il Geologo: Dr. Stefano Conti

Cassetta 1: da 0.00m a 5.00 m

Cassetta 2: da 5.00m a 10.00 m

Note

Livello falda -2.60 m (07/12/2021)

Studio di Geologia e Geofisica
Dott. Geol. Stefano Conti
Via Sassari 141D
07046 Porto Torres
Sassari (SS)

Tel e Fax: 079-513145

Cel: +39-3333856252

E-mail: conti.geo@gmail.com