aoorlig - r_liguri - Regione Liguria
Prot-2022-1031499
del 16/09/2022

ITINERA

Comune di Borghetto di Vara (SP)

TITOLO:

MODIFICA SOSTANZIALE IMPIANTO DI RECUPERO RIFIUTI NON PERICOLOSI SITO IN BORGHETTO DI VARA,LOC. MANGINA, CONSISTENTE IN AMPLIAMENTO DELLE AREE DESTINATE AD ACCOGLIENZA RIFIUTI E INCREMENTO DEI RIFIUTI DA SOTTOPORRE A RECUPERO

ITINERA S.p.A.
Via M. Balustra, 15 - 15057 - TORTONA
Partita IVA: 01668980061
Procuratore Ing. Stefano Busseti

ITINERA S.p.A.
Coordinatore Operativo
Manutenzioni e Pavimentazioni
(Ing. Stefano Busseti)

CODICE ELABORATO:	Scala: ---
All.02 - Doc.	Data: Settembre 2022
	Pagina 1 di 40

Geol. Marcello Ermia

ARGOMENTO DELL' ELABORATO

RELAZIONE GEOLOGICA

0	Sett. '22	Prima consegna	ERMIA	E-R-P	ITINERA
Rev.	Data	Note	Redatto	Controllato	Approvato

Il presente elaborato è di proprietà di ITINERA S.p.A. - Non può essere riprodotto senza il consenso scritto del proprietario

INDICE

1. PREMESSA

2. NORME DI RIFERIMENTO

3. VERIFICA IN ORDINE ALLE PREVISIONI DEL PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO

3.1. PIANO STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL BACINO DEL FIUME MAGRA E DEL TORRENTE PARMIGNOLA
3.2. VINCOLO IDROGEOLOGICO

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO e MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

4.1. QUADRO GEOLOGICO GENERALE
4.2. MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

5. INDAGINI DI CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E SISMICA DEI TERRENI

5.1. PREMESSA
5.2. INDAGINE MASW
5.3. MISURA DI RUMORE SISMICO AMBIENTALE (MISURA HVSR)
5.4. INDAGINE A RIFRAZIONE SISMICA

6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA SITO DI PROGETTO

6.1. PARAMETRI GEOLOGICI PER LA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI BASE
6.2. CATEGORIA SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE
6.3. AZIONE SISMICA DI DETTAGLIO PER LE OPERE IN PROGETTO

7. MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

7.1. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA STRATO 1
7.2. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA STRATO 2
7.3. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO (STRATO GEOTECNICO 3)

8. ANALISI GEOLOGICO-TECNICA DELLE OPERE IN PROGETTO

8.1 ATTIVITÀ APPRONTAMENTO AREA
8.2 VERIFICHE DI STABILITÀ
8.2.1 INQUADRAMENTO GENERALE
8.2.2. STABILITÀ GLOBALE VERSANTE STATO ATTUALE
8.2.2.A CONDIZIONI STATICHE
8.2.2.B CONDIZIONI SISMICHE (PSEUDOSTATICHE)
8.2.3 STABILITÀ GLOBALE VERSANTE SITUAZIONE DI PROGETTO
8.2.3.A CONDIZIONI STATICHE
8.2.3.B CONDIZIONI SISMICHE
8.2.4 STABILITÀ SCARPATE CUMULO IN PROGETTO (CONDIZIONI STATICHE E SISMICHE)
8.2.3 IMPERMEABILIZZAZIONI E GESTIONE ACQUE

9. CONCLUSIONI

ALLEGATI IN RELAZIONE

- ALLEGATO 1: Inquadramento Cartografico – Base CTR
- ALLEGATO 2: Inquadramento Catastale
- ALLEGATO 3: Estratti di progetto
- ALLEGATO 4: Sezione di inquadramento geotecnico

1. PREMESSA

La società ITINERA S.p.A., in accordo ai contenuti dell'AUA n. 1520/2017 in capo alla Società Interstrade recentemente volturata alla Società scrivente, esercita, sui terreni in Comune di Borghetto di Vara – Foglio 1 – Mappale 175 (originariamente erano mapp. 24-25-26-119-142-151-152 attualmente raggruppati in unico mappale), attività di messa in riserva preliminarmente al recupero rifiuti che avviene sia tramite miscelazione con inerte vergine nell'impianto di produzione conglomerati bituminosi, sia per la realizzazione di rilevati e sottofondi stradali sia come materia prima secondaria per la realizzazione di piazzali industriali e costruzioni stradali. Nel dettaglio le operazioni già autorizzate a cui sono sottoposti i rifiuti ai fini del recupero ai sensi del D.M. 05/02/98 sono:

- 7.6.3.a Produzione di conglomerato bituminoso "vergine" a caldo e a freddo (R5). Il materiale viene miscelato a caldo con inerti e bitume nell'impianto di produzione conglomerati;
- 7.6.3.b Realizzazione di rilevati e sottofondi stradali (il recupero è subordinato all'esecuzione del test di cessione sul rifiuto tal quale secondo il metodo in allegato 3 del D.M. 05/02/98 e s.m.i.(R5);
- 7.6.3.c Produzione di materia per costruzioni stradali e piazzali industriali mediante selezione preventiva (macinazione, vagliatura, separazione delle frazioni indesiderate, eventuale miscelazione con materia inerte vergine) con eluato conforme al test di cessione secondo il metodo in allegato 3 del D.M. 05/02/98 e s.m.i. (R5).

Attualmente l'AUA in corso di validità, che comprende autorizzazione alle emissioni in atmosfera (convogliate e diffuse), autorizzazione al recupero rifiuti non pericolosi, autorizzazione allo scarico di acque meteoriche di prima e seconda pioggia in corpo idrico superficiale, autorizzazione allo scarico idrico di acque reflue domestiche (fossa Imhoff) e nulla osta per impatto acustico, permette alla Società richiedente di gestire in termini di recupero una quantità di 14.900 t/anno di materiale fresato (EER 170302); essa vorrebbe essere incrementata sino alla quantità massima complessiva di 97.870 t/anno come potenzialmente autorizzabile in forza dei contenuti dell'All. 4 – Sub. 1 D.M. 05/02/1998 attraverso la realizzazione di una nuova area di messa in riserva sulla quale abbancare ulteriore materiale fresato da destinarsi alle attività per le quali l'azienda è già autorizzata e delle quali richiede aumento delle quantità gestibili.

Ciò premesso la Società scrivente intende procedere all'aumento dei quantitativi gestibili di rifiuto CER170302 in procedura semplificata destinato all'attività di recupero (R5) tramite preliminare messa in riserva (R13) del materiale fresato, attraverso la realizzazione di un nuovo cumulo ubicato in altra area rispetto a quella di attuale abbancamento, ciò anche nell'ottica di successivi investimenti che, nell'attuale piano finanziario, prevedono, tra le diverse cose, la sostituzione del sistema impiantistico di produzione di conglomerato bituminoso (non oggetto dell'attuale richiesta) con uno di migliore performance sia in termini di impatto ambientale rispetto a quello in attuale utilizzo sia in termini di volumi di materiale derivante dall'attività di recupero riutilizzabile nella miscela finale.

Nel presente documento verrà dapprima analizzata la compatibilità dell'intervento proposto in relazione ai contenuti del locale Piano di Bacino dell'area sulla quale si vuole realizzare il nuovo cumulo dei materiali in parola; successivamente sarà analizzato e descritto il quadro geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area in esame allo scopo di ricostruire il modello geologico per le opere in progetto sulla cui base saranno individuate le componenti "geologiche" che concorrono alla descrizione dell'azione sismica come richiesto dalle "Norme tecniche per le costruzioni"

(D.Min. Infrastrutture del 17 Gennaio 2018) ed in ultimo verranno fornite le indicazioni e prescrizioni che garantiranno il corretto inserimento delle opere in progetto nel locale quadro geologico.

Per la redazione del presente documento, oltre al rilevamento geologico geomorfologico di superficie, sono stati eseguiti uno stendimento sismico analizzato in termini di sismica a rifrazione, una misura HVSR ed una misura diretta della velocità di propagazione delle onde S tramite indagine MASW i cui dettagli verranno descritti nel proseguimento del lavoro.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per il presente lavoro sono state prese a riferimento le seguenti normative e linee guida:

- D.M. 17 Gennaio 2018: "*Norme tecniche per le costruzioni*";
- Circ.Min. Infrastrutture n. 617 del 11.02.2019: *Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni"*;
- Norme di Attuazione del *"Piano stralcio "Assetto Idrogeologico" del bacino del Fiume Magra e del Torrente Parmignola*";
- D.G.R. 216 del 17/03/2017 – "*OPCM 3519/2016 Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria*";
- D.P.R. 120/2017 – "*Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo..., n. 164*".
- L.R. 4/99 e s.m.i. "Legge forestale regionale"

3. VERIFICA IN ORDINE ALLE PREVISIONI DEL PIANO STRALCIO SULL'ASSETTO IDROGEOLOGICO E DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO

Al fine di verificare la compatibilità dell'intervento in parola alle norme dettate dagli strumenti di pianificazione territoriale, lo scrivente ha preso visione degli elaborati e della normativa relativa al "*Piano stralcio "Assetto Idrogeologico" del bacino del Fiume Magra e del Torrente Parmignola"* e alla cartografia di perimetrazione del regime del Vincolo Idrogeologico per il Comune di Borghetto di Vara.

3.1. PIANO STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL BACINO DEL FIUME MAGRA E DEL TORRENTE PARMIGNOLA

In relazione alla pianificazione a livello di piano di assetto idrogeologico del fiume Magra, sono stati consultati, sul sito https://www.appenninosettentrionale.it/itc/, i seguenti elaborati:

- La relazione generale di Piano;
- Norme di attuazione;
- La Carta della Pericolosità Geomorfologica (Tav. 3);
- La Carta del Rischio Geomorfologico molto elevato ed elevato (Tav. 6);
- La Carta del reticolo idrografico ai fini dell'applicazione delle NdA (Tav.1);
- La Carta della pericolosità idraulica con Fascia di Riassetto Fluviale e aree inondabili (Tav. 4);

Ad integrazione della cartografia elencata ed al fine di inquadrare compiutamente l'assetto vincolistico dei luoghi, è stata inoltre consultata anche la "Carta del Reticolo idrografico" redatta ai sensi delle DGR507/2019 che definisce il riferimento cartografico univoco per l'individuazione del reticolo idrografico a livello regionale.

Ciò premesso il sito di progetto è inquadrato come segue:

- Carta della Pericolosità Geomorfologica: l'area di intervento ricade all'esterno di aree a pericolosità geomorfologica perimetrate nel PSAI;

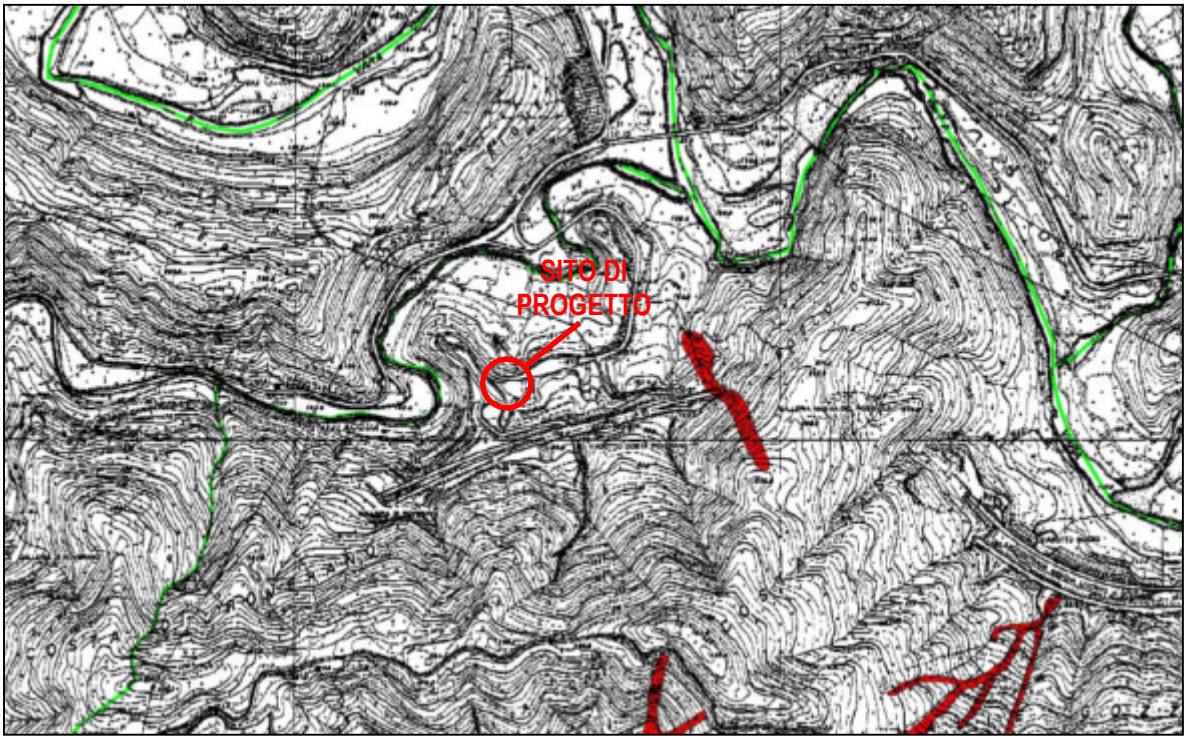


Figura 1: Ubicazione del sito di intervento in relazione al tematismo della "Pericolosità Geomorfologica" (Tavola 3 del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico del bacino del Fiume Magra e del Torrente Parmignola).

- Carta del Rischio Geomorfologico: l'area di intervento ricade all'esterno di aree a rischio geomorfologico perimetrate nel PSAI

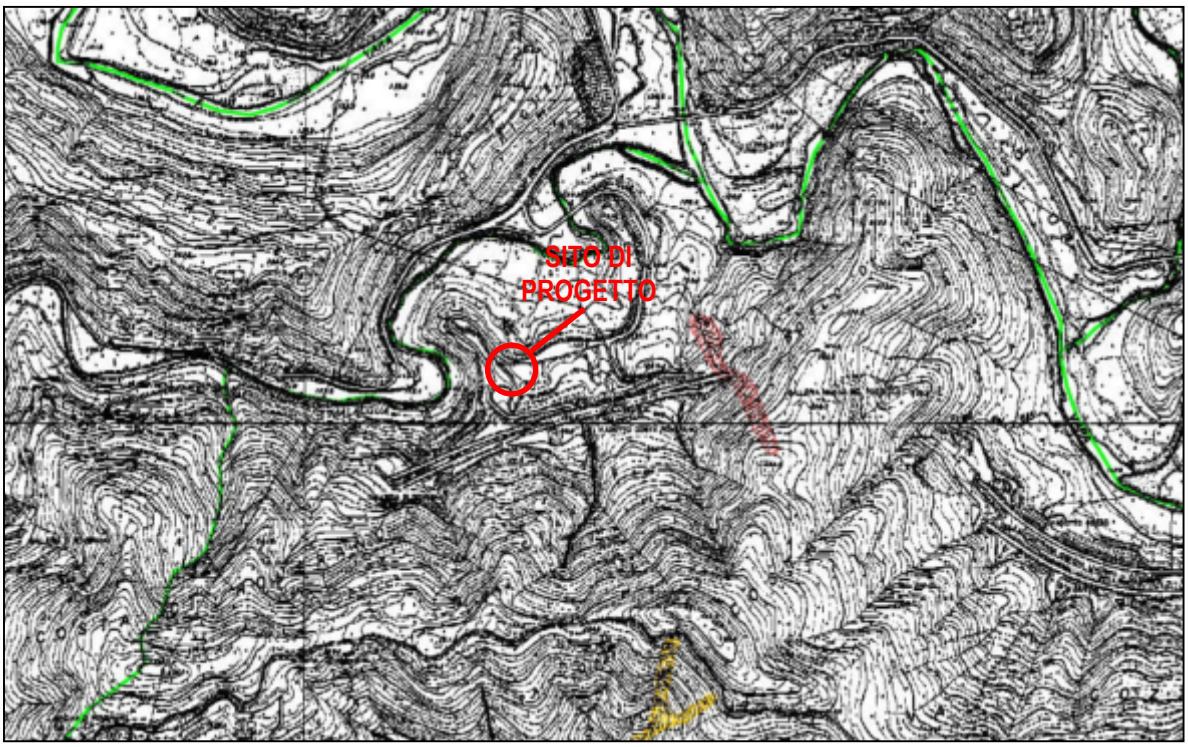


Figura 2: Ubicazione del sito di intervento in relazione al tematismo del "Rischio Geomorfologico" (Tavola 6 del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico del bacino del Fiume Magra e del Torrente Parmignola).

- Carta del reticolo idrografico ai fini dell'applicazione delle NdA: nelle vicinanze l'area di intervento sono presenti, un corso d'acqua appartenente al reticolo principale (Torrente Malacqua), e uno appartenente al reticolo minuto (Rio della Mangina) che distano rispettivamente circa 120 m e 140 m;

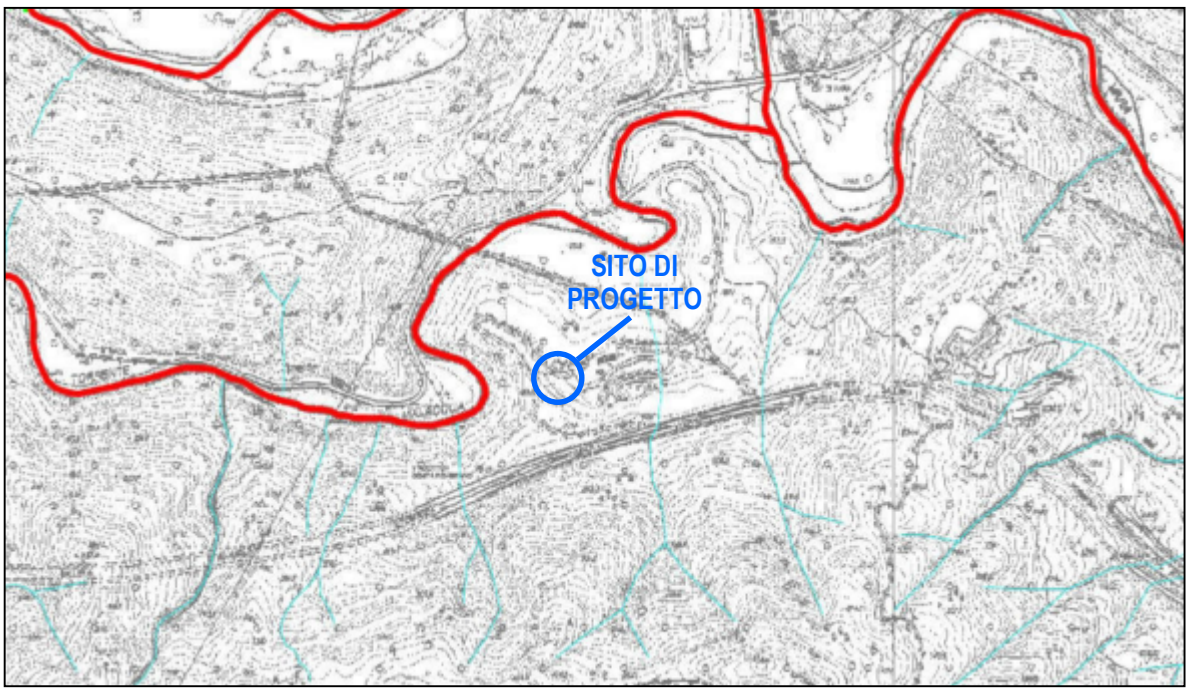


Figura 3: Ubicazione del sito di intervento in relazione al tematismo del "Reticolo idrografico ai fini dell'applicazione delle NdA" (Tavola 1 del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico del bacino del Fiume Magra e del Torrente Parmignola).

- Carta del reticolo idrografico regionale: il sito di progetto dista più di 100 metri dai più vicini corsi d'acqua iscritti nel registro delle acque pubbliche (T. Malacqua e Rio Mangina);

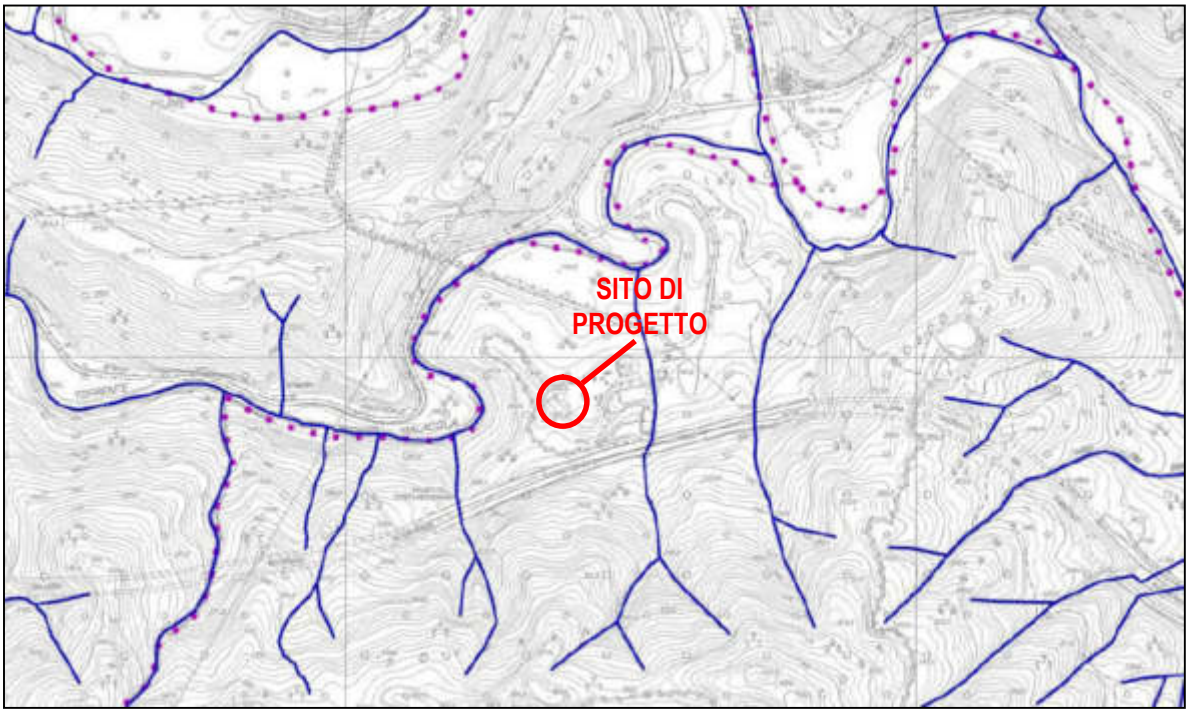


Figura 4: Ubicazione del sito di intervento in relazione alla Carta del reticolo idrografico regionale 2019.

- Carta della pericolosità idraulica con Fascia di Riassetto Fluviale e aree inondabili: il sito di progetto risulta esterno alle aree di pericolosità idraulica individuate dalla cartografia di PSAI.

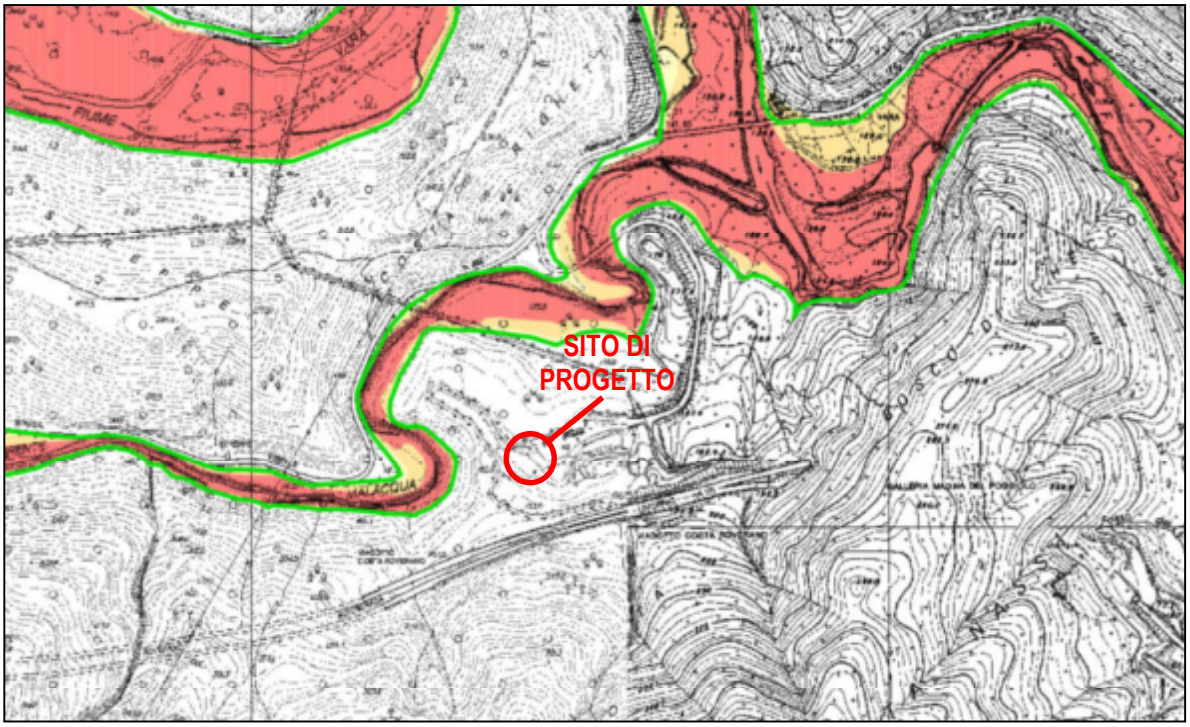


Figura 5: Ubicazione del sito di intervento in relazione al tematismo del "Pericolosità Idraulica" (Tavola 4 del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico del bacino del Fiume Magra e del Torrente Parmignola).

Sulla base degli accertamenti eseguiti le opere previste in progetto risultano compatibili alla Normativa di Piano di bacino in quanto ubicate in aree non sottoposte a regimi normativi vincolistici.

3.2. VINCOLO IDROGEOLGOCICO

Il sito di progetto rientra in area sottoposta al regime del Vincolo Idrogeologico come evidenziato dall'immagine seguente:

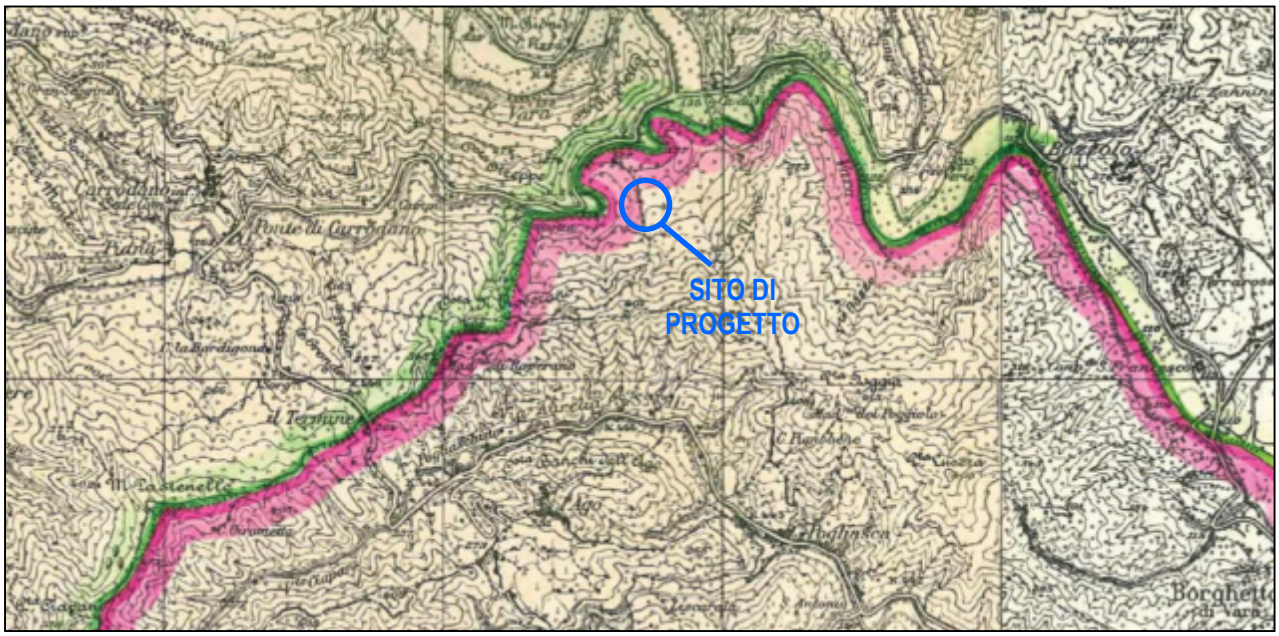


Figura 6: Ubicazione del sito di intervento in relazione alle aree in regime di "Vincolo Idrogeologico" (https://www.regione.liguria.it)

4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DELL'AREA IN ESAME e MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

4.1. QUADRO GEOLOGICO GENERALE

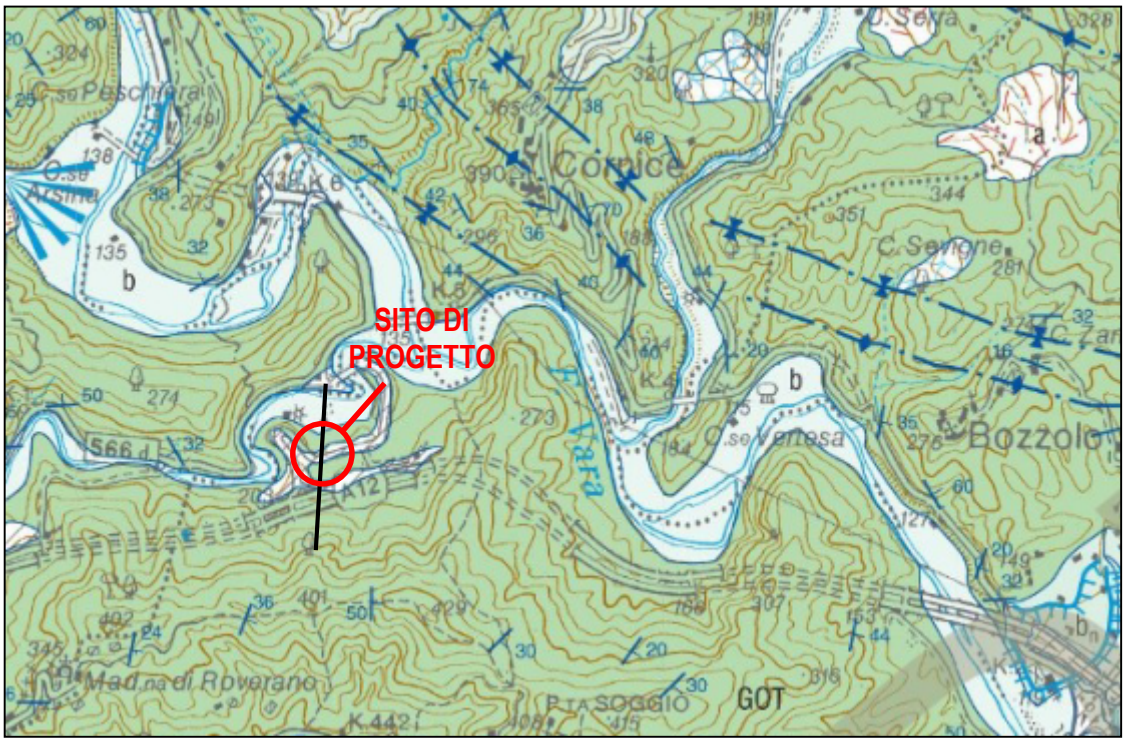
La definizione del quadro geologico, geomorfologico ed idrogeologico della zona di intervento è stata condotta attraverso i seguenti accertamenti:

- raccolta e analisi del materiale bibliografico, cartografico e tecnico già esistente relativo alle caratteristiche geologico - tecniche della zona; a tal proposito la bibliografia di riferimento per il lavoro in questione è stata:
  - "*Carta Geologica d'Italia*" - Foglio 95 – La Spezia (Scala 1:100.000);
  - *Progetto CARG - Carta geologica d'Italia"* – Foglio 233 Pontremoli (Scala 1:50.000) (del quale si riporta uno stralcio auto allestito nel presente documento) e *Note Illustrative;*
- Rilevamento geologico – geomorfologico di superfice;
- Analisi ed interpretazione in chiave stratigrafica dei risultati delle indagini geofisiche eseguite nell'ambito della presente progettazione;
- Verifica locale di quanto riportato nella bibliografia consultata

Per una migliore comprensione del quadro geologico locale si riporta, di seguito, uno stralcio autoallestito della cartografia geologica di riferimento per l'area in esame (Fig. 7).

CARTA GEOLOGICA DI RIFERIMENTO

Estratto auto allestito progetto CARG – Foglio 233 Pontremoli



LEGENDA

DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

h — **Depositi antropici**
Accumuli di materiali eterogenei ed eterometrici, riferibili a discariche di inerti, accumuli di scarti di cava, terrapieni o rilevati.
OLOCENE

b — **Depositi alluvionali recenti e attuali**
Ghiaie eterometriche, sabbie e limi di composizione generalmente polimittica.
OLOCENE

DOMINIO LIGURE INTERNO

UNITÀ TETTONICA GOTTERO

GOT$_a$ GOT — **ARENARIE DI MONTE GOTTERO**
Torbiditi arenacee, costituite da grovacche quarzoso-feldspatiche grigie, ricche di miche, in strati spessi e molto spessi, a cui si intercalano sottili o sottilissimi livelli pelitici grigi o grigio-scuri; più raramente torbiditi arenaceo-pelitiche in strati medi e sottili; gli strati più grossolani sono spesso amalgamati e le arenarie sono frequentemente molto alterate. La formazione è inoltre caratterizzata dalla presenza di intercalazioni (talvolta spesse) di successioni pelitico-calcaree scompaginate, costituite da argilliti varicolori (prevalenti) e rari e sottili strati di calcari silicei grigi o grigio-verdi e calcareniti fini. Nella porzione medio-alta della formazione sono presenti intercalazioni e lenti di marne siltose e argilliti marnose grigie, con rare intercalazioni di calcari silicei (GOT$_a$).
CAMPANIANO SUPERIORE/MAASTRICHTIANO INFERIORE - PALEOCENE INFERIORE

Traccia sezione geologica generale

Figura 7: Estratto Carta geologica di riferimento

Dal punto di vista topografico l'area sulla quale insiste il sito di progetto è ubicata in sponda orografica destra del Torrente Malacqua alla quota media di circa 167 m s.l.m., in un contesto generale di versante, che nel complesso presenta una pendenza media di insieme del 40% (risultante dall'analisi della Carta Tecnica Regionale) corrispondente ad una inclinazione media di 18°. Geomorfologicamente l'area di progetto s.s. si presenta sub pianeggiate, essa risulta essere un ampio riporto antropico, realizzato ai tempi della costruzione del tratto autostradale Carrodano-Borghetto V., sulla quale area sarebbe dovuto sorgere il casello autostradale Borghetto Vara-Carrodano in luogo degli attuali due presenti lungo la tratta autostradale.

Dal punto di vista geologico il versante sul quale insiste il riporto antropico sul quale sarà ricercata l'area di progetto è caratterizzata dalla presenza di un'ossatura rocciosa di origine torbidica la quale, in corrispondenza del sito di intervento s.s., risulta completamente mascherata dai materiali di origine antropica che realizzano il rilevato autostradale sul quale insisteranno le opere in parola. Sulla base delle informazioni ricavate dalla cartografia geologica consultata, il substrato roccioso locale, che affiora a monte ed a valle del rilevato autostradale, è ascrivibile alla formazione delle "Arenarie di Monte Gottero" litologicamente caratterizzate da grovacche quarzoso-feldspatiche grigie, ricche in miche, organizzate in strati da spessi a molto spessi, a cui si intercalano sottili o sottilissimi livelli pelitici grigi o grigio-scuri; in affioramento tale formazione si presenta fortemente alterata e degradata ai livelli di un materiale detritico di natura sabbioso-limosa e di colore bruno-rossastro.

Dal punto di vista idrogeologico l'area in parola è caratterizzata dalla presenza del Rio della Mangina, individuato sia nella cartografia del PSAI che nella Cartografia regionale dei corso d''acqua, il quale sviluppandosi a monte del tracciato autostradale confluisce nel Rio Malacqua a valle dell'area di progetto; oltre a queste due corsi d'acqua si evidenzia la presenza di un'incisione morfologica individuata sulla base del CTR 1:5.000, prossima all'area di progetto, che, seppur non caratterizzata da circolazioni superficiali evidenti, risulta, in occasione di precipitazioni meteoriche intense, un'area di richiamo e di concentrazione delle acque ruscellanti lungo il versante le quali, anche al termine delle precipitazioni, possono dar luogo allo sviluppo di circolazioni superficiali prolungate nel tempo.

In termini di permeabilità i materiali detritici che realizzano il rilevato stradale, risultano permeabili per porosità mentre la sottostante formazione rocciosa risulta permeabile sia per porosità, nello strato più superficiale alterato e degradato, sia per fratturazione nelle aree poco alterate dell'ammasso; in occasione di precipitazioni intense e/o prolungate all'interfaccia copertura/substrato possono generarsi condizioni di circolazioni idriche riconducibili al contrasto di permeabilità tra i due materiali.

4.2. MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

L'elaborazione congiunta dei dati ottenuti per mezzo delle indagini svolte e degli approfondimenti di studio in merito all'assetto geologico dei luoghi, permette di elaborare il modello geologico di riferimento che prevede, per il caso specifico, una situazione a tre strati sovrapposti di seguito elencati:

- STRATO GEOLOGICO 1: Riporto antropico eterogeneo ed eterometrico;
- STRATO GEOLOGICO 2: Ammasso roccioso alterato e degradato della locale formazione delle "Arenarie di Monte Gottero".
- STRATO GEOLOGICO 3: Ammasso roccioso fratturato (Arenarie M.te Gottero)

I rapporti geometrici, a livello di versante, tra i tre strati geologici sono evidenziati nella "Sezione geologica generale seguente (Fig. 8).

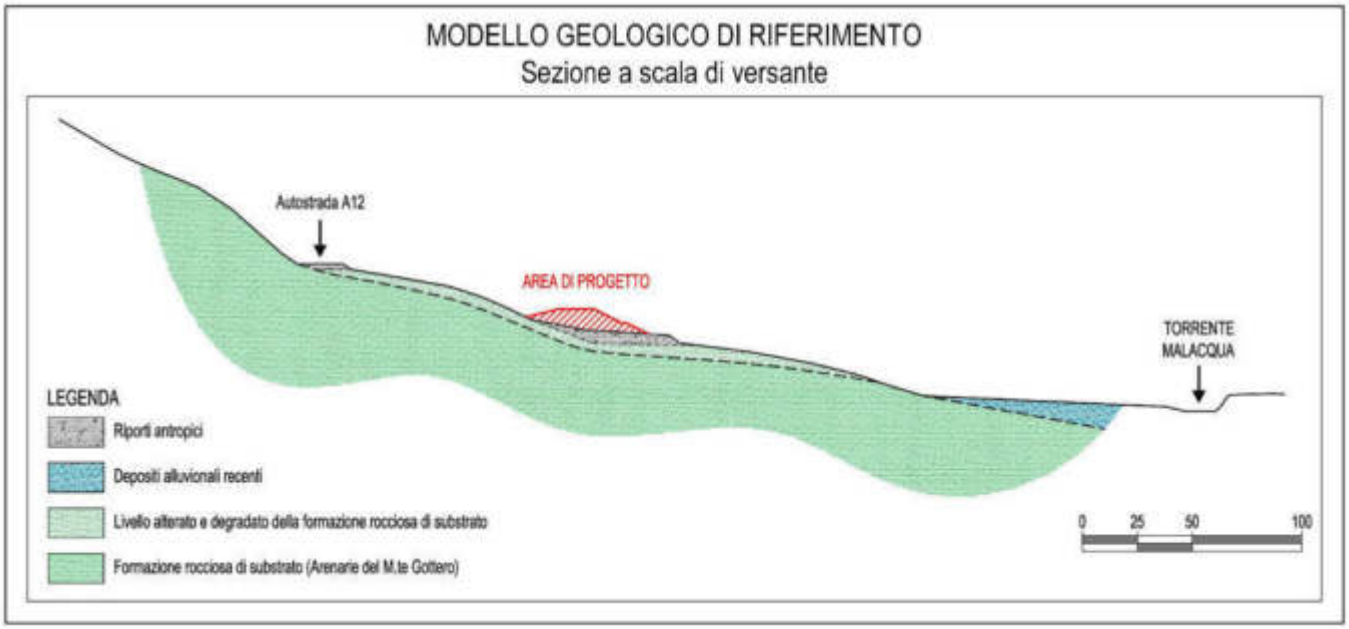


Figura 8: Sezione Geologica a scala di versante

5. INDAGINI DI CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E SISMICA DEI TERRENI

5.1. PREMESSA

Al fine di definire in dettaglio sia la stratigrafia dei terreni in corrispondenza dell'area di studio che la categoria di terreno di fondazione per la corretta valutazione dell'azione sismica da considerarsi in fase progettuale, sono state eseguite le seguenti indagini geofisiche:

- n.1 Stendimento sismico (codice LS1) analizzato in termini di sismica a rifrazione, per la determinazione della stratigrafia dei terreni;
- n.1 Indagine MASW (codice MASW1, per la misura di propagazione delle onde S e quindi per la definizione del parametro V_{seq} e determinare la categoria di terreno di fondazione;
- n.1 Misura di rumore sismico ambientale a stazione singola (HVSR1), i cui risultati sono stati utilizzati anche per l'analisi stratigrafica dei terreni in corrispondenza dell'opera in progetto.

Si riporta, di seguito, l'ubicazione delle indagini sismiche eseguite (Fig. 9).

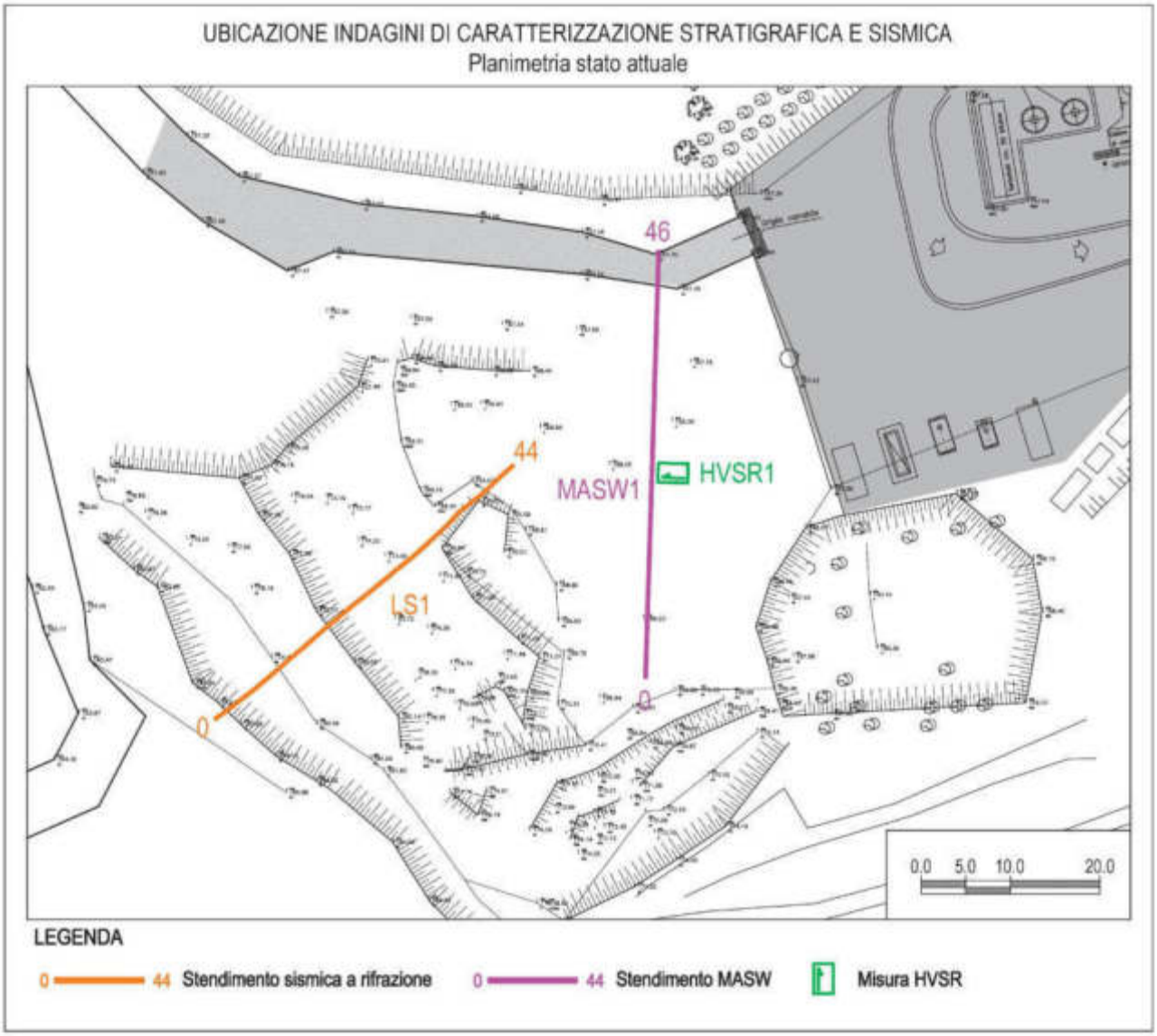


Figura 9: Ubicazione Indagini di caratterizzazione stratigrafica e sismica

Nel seguente capitolo saranno descritti i metodi utilizzati e i risultati ottenuti delle indagini effettuate. L'interpretazione dei dati ottenuti dall'indagine MASW e HVSR è stata eseguita in maniera combinata, in modo da ottenere un unico profilo di velocità.

5.2. ANALISI ED INTERPRETAZIONE MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) e una sistema di indagine indiretta che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_S, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di un acquisitore posto sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali e dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè la velocità di fase (o di gruppo) delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali e correlabile al fatto che onde ad alta frequenza, quindi con lunghezza d'onda corta, si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo; d'altro canto onde a bassa frequenza si propagano negli strati piu profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. La tecnica utilizzata nel caso specifico (tecnica MSOR (Multichannel Simulation with One Receiver)) in luogo di più acquisitori (geofoni) ed unica sorgente si ha un solo acquisitore (tromino Engy 3G) mentre la sorgente viene spostata a distanze via via crescenti dall'acquisitore; il risultato finale e quello di una serie di registrazioni a distanza crescente dal sensore che permettono di ottenere le tracce sulle quali eseguire l'analisi di dispersione delle onde superficiali.



Foto 1: Ubicazione stendimento MASW

Nel caso specifico è stato realizzato uno stendimento della lunghezza complessiva di 46.00 m con shot a passo 2.0 m; l'energizzazione ha avuto luogo per mezzo di mazza da 5 kg su un piattello in Teflon rigido. Si riportano di seguito la fotografia dello stendimento (Foto 1) ed i sismogrammi relativi alla componente verticale acquisite nel corso dell'indagine MASW.

dott. geol. Marcello Ermia
Via Zara 16/1
17031 Albenga (SV)
E-mail: mermia@email.it
Tel.: 0182.221102 - 339.2669430

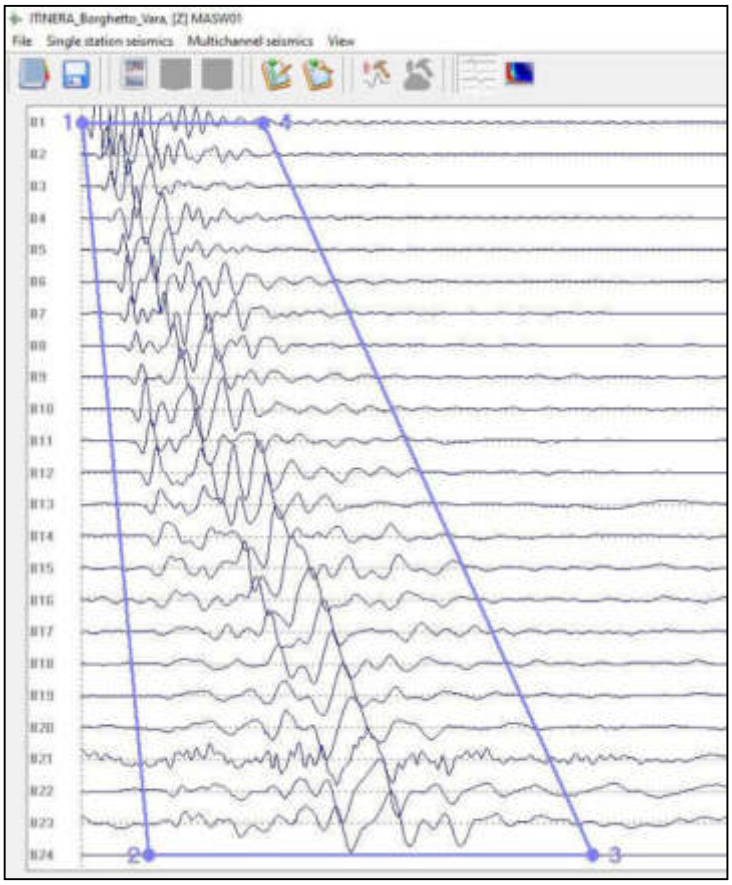
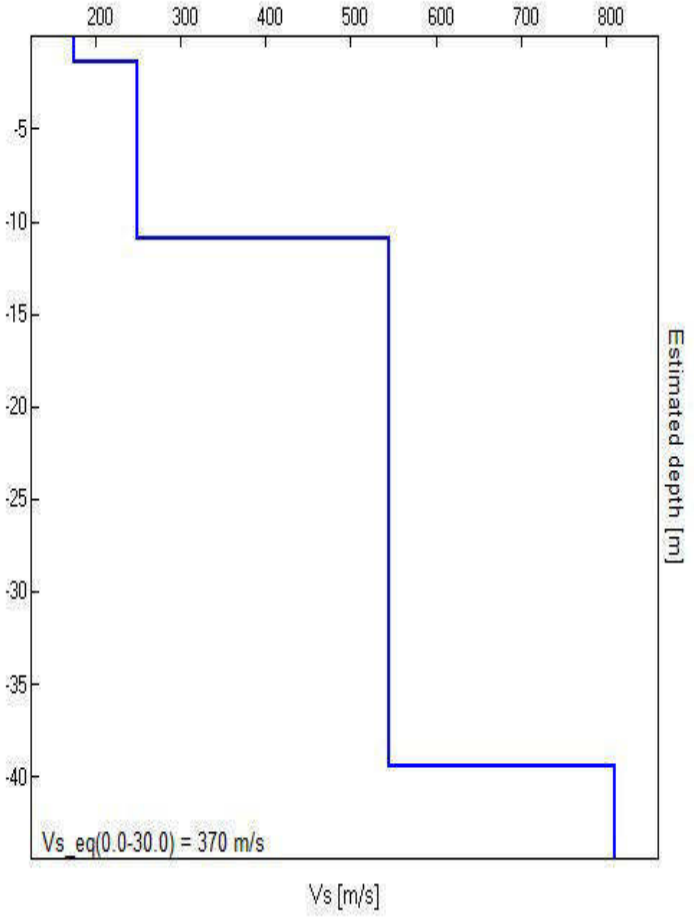


Figura 10: Sismogrammi misurati nel corso della prova MASW



MASW		
Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
1.40	1.40	175
10.90	9.50	250
39.40	28.50	545
inf.	inf.	810

Figura 11: Profilo Vs sintetico

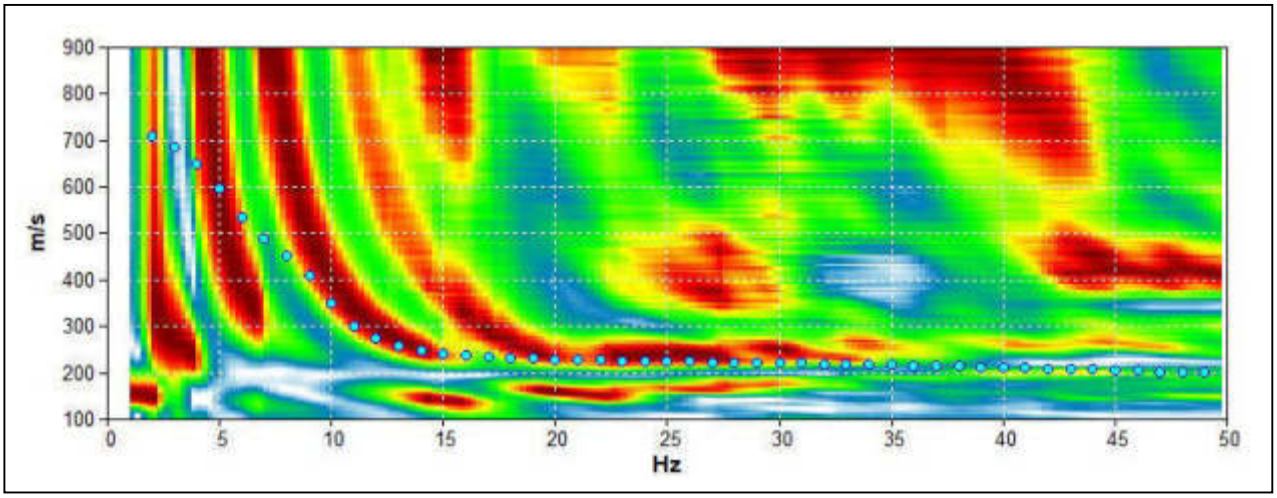


Figura 12: Curva di dispersione delle velocità di fase con sovrapposto (dots celesti) la curva di inversione sintetica ottenuta dal modello sismostratigrafico indicato in tabella.

5.3. MISURA DI RUMORE SISMICO AMBIENTALE (MISURA HVSR)

L'acquisizione dei dati è stata effettuata con un tromografo costituito da una terna di velocimetri in grado di registrare le componenti del rumore ambientale lungo la direzione verticale e due direzioni orizzontali ortogonali (N-S ed E-W). Il metodo di analisi dei dati consiste nel calcolare il rapporto spettrale della componente nel piano orizzontale H (media delle componenti orizzontali N-S ed E-W) e di quella verticale V del rumore sismico ambientale generato dalle vibrazioni naturali in un ampio range di frequenze. L'analisi del rapporto delle componenti spettrali H/V, in funzione della frequenza, permette di individuare la frequenza fondamentale (frequenza di risonanza) di sito. I picchi del grafico (rapporto spettrale Vs. frequenza) permettono inoltre di evidenziare le discontinuità sismiche dovute a contrasti di impedenza tra i materiali alluvionali ed il bedrock locale. Da questo dato, attraverso delle tecniche di inversione sismica e partendo da un modello teorico di sottosuolo caratterizzato da un numero di strati uguale al numero di picchi evidenziati dal grafico dei rapporti spettrali e dove vengono fissati dei vincoli ai valori di velocità delle onde S degli strati superficiali per mezzo dei risultati ottenuti attraverso l'indagine MASW, è possibile arrivare a definire il modello sismologico dei terreni in corrispondenza del sito di progetto. Nel caso in esame l'acquisizione è stata eseguita in 1 postazioni (HVSR1) su una finestra temporale di 20 minuti.

L'analisi dei rapporti spettrali tra la media delle componenti orizzontali (E-W e N-S) e di quella verticale (V) del rumore sismico ambientale ha permesso di evidenziare la presenza di un netto picco di amplificazione (frequenza sismica di risonanza) di rilevanza geologica attorno alla frequenza di 4.91 Hz.

Il procedimento di inversione, attraverso il quale è stato generato il profilo di velocità sintetico, ha permesso di definire un modello sismico locale, caratterizzato dalle discontinuità elencate nella seguente tabella.

HVSR 1			
Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.40	1.40	175	0.40
10.90	9.50	250	0.40
39.40	28.50	545	0.38
inf.	inf.	810	0.36

Si riporta di seguito il grafico f – H/V misurato (linea rossa) e quello ottenuto attraverso la sismostratigrafia del modello sintetico di inversione (linea blu) nel quale i valori di Vs e le potenze dei diversi strati sono stati definiti dalla misura MASW.

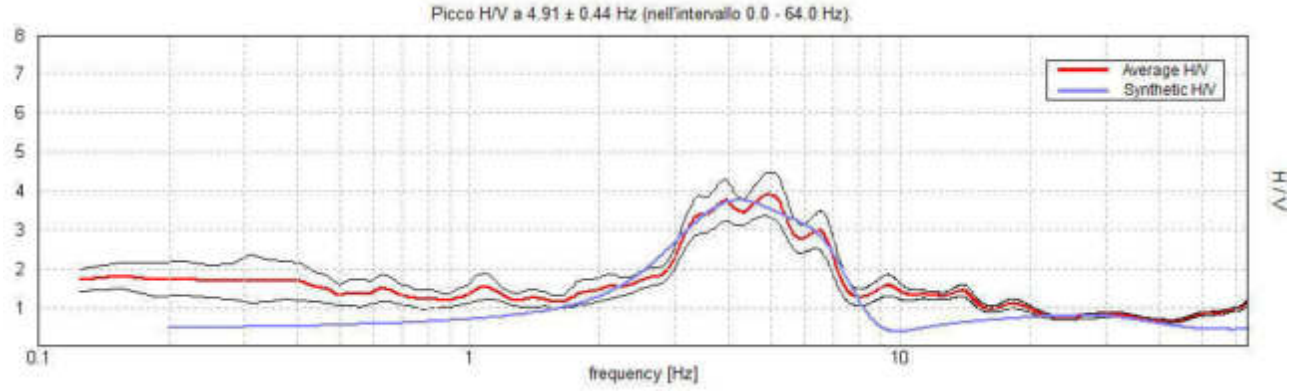


Figura 13: Confronto tra il rapporto spettrale misurato (linea rossa) e quello sintetico (linea blu) dell'HVSR 1

Dal punto di vista stratigrafico si attribuisce alla discontinuità di Vs ubicata alla profondità di 10.90 m il passaggio tra i depositi di versante ed i materiali di ammasso roccioso fratturato ed alterato.

5.4. INDAGINE A RIFRAZIONE SISMICA

L'indagine a rifrazione sismica è un metodo indiretto che si basa sulla misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche (onde P nel caso specifico) generate in superficie da una sorgente sismica e captate da ricevitori, anch'essi in superficie, disposti su un allineamento a diverse distanze dalla sorgente. I tempi di primo arrivo, correlati alle diverse distanze sorgente-ricevitore, permettono la stima delle geometrie del sottosuolo (topografia o disposizione morfologica delle interfacce) e delle velocità di propagazione delle onde sismiche. L'analisi si avvale dei presupposti teorici che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e ricevitore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo e che, in corrispondenza di superfici di discontinuità tra mezzi differenti, il rapporto tra il seno dell'angolo del raggio incidente e la sua velocità rimane costante ed in questa condizione i tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette ed il cui coefficiente angolare sarà inversamente proporzionale alla velocità di propagazione dell'onda nello strato che ha dato luogo alla rifrazione (vedi Fig.14). Si rimanda alla copiosa letteratura disponibile per eventuali approfondimenti in merito alla tipologia di indagine adottata.

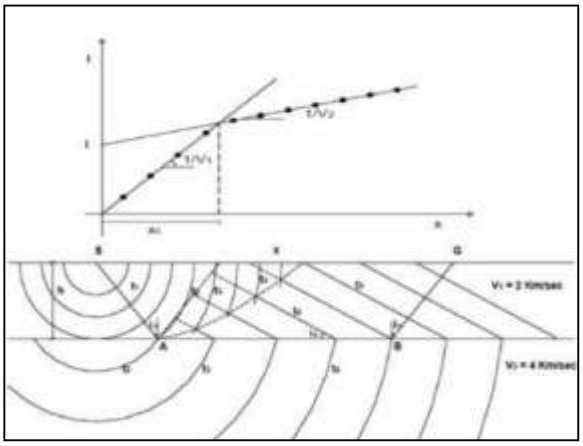


Figura 14: Schematizzazione grafica degli sviluppi teorici alla base del metodo d'indagine sismica a rifrazione

Nel caso specifico l'indagine sismica è stata eseguita secondo uno stendimento lungo 44 m con 23 ricevitori (geofoni) posti a distanza tra loro costante di 2 m; sono stati eseguiti 7 shot (energizzazioni) 2 esterne alla linea e 5 interne; i segnali sono stati acquisiti su finestre di 500 msec con frequenza di campionamento di 500Hz; si riportano, a pagina seguente, le curve tempi primo arrivo ÷ Velocità (t_{Vp} ÷ V_p) con indicazione delle velocità onde P dei differenti orizzonti sismostratigrafici (dromocrone) e la sezione sismostratigrafica derivata dai dati acquisiti nel corso dell'indagine (Fig. 15).

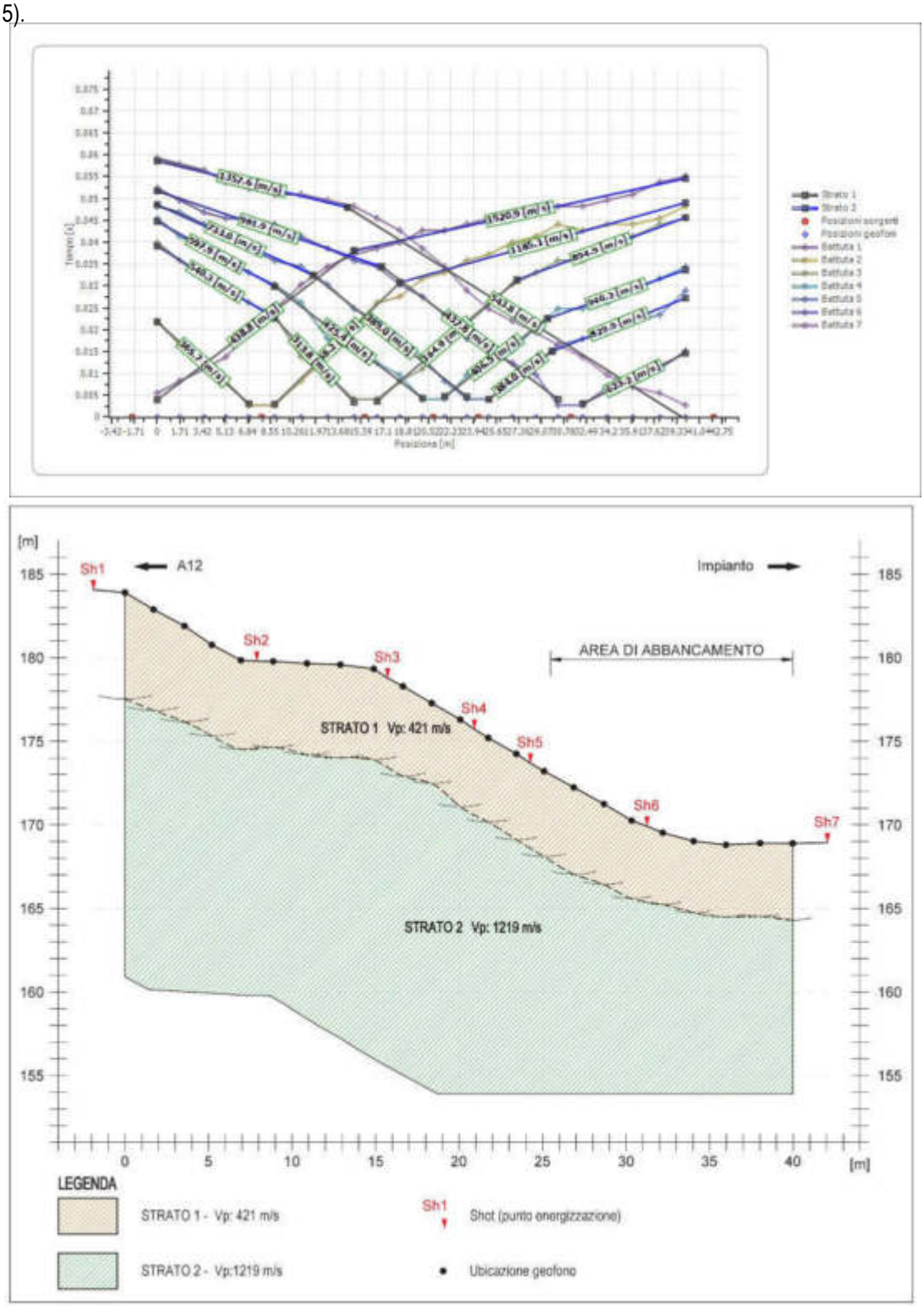


Figura 15: Dromocrone e Sezione sismostratigrafica dell'area investigata

L'indagine sismica ha evidenziato la presenza un rifrattore principale che presenta un andamento subparallelo al profilo topografico e separa uno strato (Strato 1) con velocità media Vp di 421 m/s da un secondo strado (Strato 2) con velocità media di 1219 m/s; tale orizzonte presenta spessori variabili tra 6.40 m, in corrispondenza dell'inizio linea, e 4.60 m al termine linea.

In relazione al contesto geologico locale si possono attribuire i materiali del sismostrato 1 i depositi di versante ed i materiali di riporto antropico che realizzano l'area subpianeggiante sede d'imposta del nuovo cumulo in progetto , mentre i materiali del sismostrato 2 il livello roccioso alterato e degradato del locale substrato roccioso.

6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA SITO DI PROGETTO

In accordo ai contenuti delle NTC2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni che impone un approccio sito dipendente per il calcolo dell'azione sismica ed in riferimento ai contenuti della D.G.R. 216/2017 che classifica il territorio del Comune di Borghetto di Vara (SP), all'interno del quale sono ubicati gli interventi in progetto, come comune sismico di categoria 3, vengono di seguito evidenziati i parametri geologici che contribuiscono alla definizione dell'azione sismica da utilizzarsi per le successive fasi di progetto e verifica strutturale.

6.1. PARAMETRI GEOLOGICI PER LA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI BASE

Gli elementi geologici che contribuiscono a definire l'entità dell'azione sismica sono:

- Coordinate ED50: Latitudine: 44.242371 – Longitudine: 9.681892
- Coordinate WGS84: Latitudine: 44.241411 – Longitudine: 9.680866
- Categoria Topografica: T2 ⇨ pendii con inclinazione media i >15°
- Coefficiente amplificazione topografica: Categoria T2 H_{sito}/H_{max}=32.5/269.5=0,1206 ⇨ S_T=1,024
- Categoria sottosuolo: vedi paragrafo 6.2 successivo

6.2. CATEGORIA SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE

Per la definizione della categoria di fondazione dei terreni di imposta delle opere in progetto, cosi come indicato dalle N.T.C. 2018, è stata eseguita una determinazione della Velocità delle onde di taglio (Vs) al di sotto del piano di imposta delle fondazioni per mezzo di una misura MASW. La categoria viene definita sulla base del parametro di Vs_{eq}, a partire dalla profondità del piano delle fondazioni.

Sulla base del profilo Vs ottenuto dalla misura MASW e HVSR elaborato nel precedente capitolo viene eseguito il calcolo di Vs_{eq} per l'area di progetto in base alla profondità media di imposta delle fondazioni della nuova opera di 0.00 m da p.c..

Calcolo Vs_{eq} da **0.00 m** da p.c.			
Stazione di Misura	Profondità calcolo V_{Seq} (m)	Formula	V_{Seq}
MASW1 - HVSR1	30	$\frac{30.00}{(1.40/175) + (9.50/250) + (19.10/545)}$	370

Il valore medio di Vs_{eq}, calcolato per il profilo di Vs risultante dalle misure MASW1 e HVSR1, nel caso di imposta ubicata alla profondità di 0.00 m risulta di 370 m/s e quindi il sottosuolo di fondazione è riferibile ad una categoria di tipo B e cioè "*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 m/s e 800 m/s.*"

6.3. AZIONE SISMICA DI DETTAGLIO PER LE OPERE IN PROGETTO

L'opera in progetto può essere classificata come opera ordinaria di vita nominale VN ≥ 50 anni in classe d'uso III (Industrie con attività pericolose per l'ambiente) che prevede un Coefficiente d'uso di 1,5; i valori dei parametri ag, F0, Tc* per i periodi di ritorno Tr associati a ciascuno stato limite sono:

Stato Limite	Tr [anni]	ag [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	45	0,052 g	2,486	0,241
Danno (SLD)	75	0,064 g	2,497	0,259
Salvaguardia vita (SLV)	712	0,155 g	2,388	0,293
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0,197 g	2,377	0,303

I parametri descrittivi delle azioni sismiche da considerarsi per il caso in analisi, in riferimento ai differenti stati limite nella situazione geologica specifica di sottosuolo di fondazione di tipo B ed in condizione di categoria topografica T2 sono riportati nella tabella seguente:

	Ss (Ampl. Strat.)	Cc (Coef. Categ.)	St (Ampl. Topo.)	a_{max} (m/s²) (Ss*St*ag)	Stabilità pendii			Rilevati		
					kh	kv	Beta	kh	kv	Beta
SLO	1,20	1,46	1,024	0,637	0,015	0,007	0,200	0,000	---	---
SLD	1,20	1,44	1,024	0,771	0,018	0,009	0,200	0,043	0,022	0,470
SLV	1,20	1,41	1,024	1,868	0,054	0,027	0,240	0,085	0,042	0,380
SLC	1,20	1,40	1,024	2,375	0,068	0,034	0,240	0,000	---	---

Tab. A - Parametri descrittivi azione sismica di progetto – Kh, Kv e β calcolati per la situazione stabilità di pendii e rilevati.

In termini di rappresentazione spettrale tali valori sono riportati nella figura seguente.

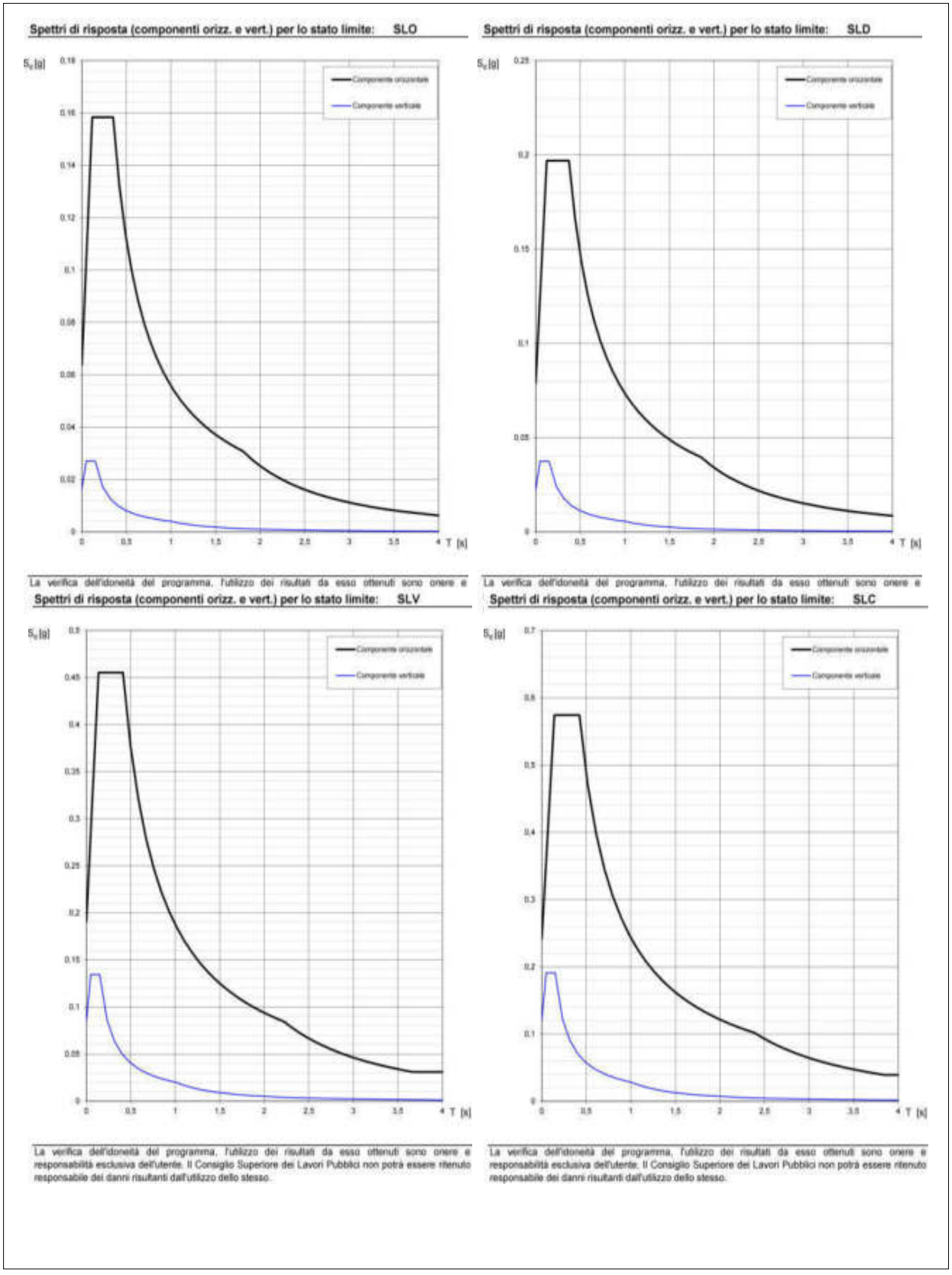


Figura 16: Spettri di risposta elastica per la situazione in esame

7. MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

Sulla base dei contenuti espressi nel modello geologico di riferimento (vedi Fig. 8), in ed in funzione dei risultati ottenuti tramite l'esecuzione delle indagini di caratterizzazione sismica e stratigrafica dei luoghi, è possibile delineare il modello geotecnico di riferimento per le opere in progetto; in riferimento al loro volume significativo ed in analogia al modello geologico, il modello geotecnico del sottosuolo è rappresentabile come un sistema a tre strati geotecnici sovrapposti, come di seguito descritto:

- STRATO GEOTECNICO 1: Cumulo a progetto - Conglomerato bituminoso fresato
- STRATO GEOTECNICO 2: Sabbia ghiaiosa in matrice limosa (i.e. Strato geologico 1 – Depositi antropici + Livello alterato e degradato della formazione rocciosa) Spessore medio: 10.90 m determinato da indagini sismiche MASW e HVSR);
- STRATO GEOTECNICO 3: Ammasso roccioso fratturato – Spessore medio: indefinito per le opere in progetto.

7.1. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA STRATO 1

La caratterizzazione geotecnica di tale orizzonte è stata effettuata tramite la combinazione di esperienze pregresse maturate sui materiali in parola analizzati anche in riferimento ai dati riportati nella bibliografia specifica (i.e. Quaderni tecnici ANAS-Volume V) per i materiali fresati da utilizzarsi per produzione di conglomerati bituminosi; ciò premesso per lo strato geotecnico individuato possono essere presi a riferimento i seguenti parametri geotecnici medi, dai quali derivare, in fase di progetto i valori caratteristici:

- peso di volume naturale (γ_{nat}) = 16.00 kN/mc
- angolo d'attrito (ϕ) = 34 - 36°
- coesione drenata (c) = 5.0 – 10.0 kPa

7.2. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA STRATO 2

La caratterizzazione geotecnica di tale orizzonte viene eseguita tramite l'utilizzo di formulazioni consolidate che correlano il valore di V_S misurato nello strato ai parametri geotecnici di riferimento. Tramite il valore di V_S è possibile stimare le principali caratteristiche geotecniche dei materiali in accordo alle seguenti formulazioni:

- peso di volume naturale (γ_{n1}) = γ_0+0.002V_P (Tezkan et Al. 2009) dove γ_0= 17 kN/mc
- peso di volume saturo (γ_{s1}) = 8.63 log(V_S) – 1.18log(z) - 0,53 (Maine 2001)
- angolo d'attrito (limite inferiore) (ϕ1) = (3.9 $Vs_i^{0.44}$) - 6.2 (Maine 2001); $Vs_i = Vs/(\sigma'_{vo}/\sigma atm)^{0.25}$

Per i materiali dello Strato Geotecnico 2, ai quali è associato un valore medio equivalente V_P=421 - V_S=210 m/s (V_{Si}=179 m/s) e la cui potenza media è di circa 10.90 m, si ottengono i seguenti parametri geotecnici medi:

- peso di volume naturale (γ_{n1}) = γ_0+0.002V_p = 17.50 kN/mc
- peso di volume saturo (γ_{s1}) = 8.63 log(Vs) – 1.18log(z) - 0,53 = 18.30 kN/mc
- angolo d'attrito (limite inferiore) (ϕ_1) = (3.9 $Vs_i^{0.44}$) - 6.2 = 31° – 33°
- coesione drenata (c_1) = 2 - 5 kPa (dati bibliografici)

7.3. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO (STRATO GEOTECNICO 3)

L'ammasso roccioso di substrato, ascrivibile alla formazione geologica delle "Arenarie di Monte Gottero", si presenta come un'alternanza di strati di grovacche quarzoso ferlspatiche con intercalazioni sottili e sottilissime di peliti, alterato e fratturato.

Al fine di arrivare a caratterizzare dal punto di vista geotecnico tale ammasso roccioso, viene fatto ricorso, sulla base dei dati raccolti in campagna, ad un software specifico (Roclab di rocscience software house) che permette di arrivare ad individuare i parametri di resistenza degli ammassi rocciosi nei classici termini alla Mohr – Coulomb partendo dai dati che vengono raccolti nel corso dei rilievi geomeccanici sugli ammassi rocciosi e cioè la resistenza alla compressione monoassiale del litotipo integro, le condizioni dei giunti, la litologia e il "disturbo" (i.e. alterazione) dell'ammasso.

I parametri di ingresso per la caratterizzazione dell'ammasso roccioso alterato e fratturato sono:

- Peso di volume naturale $\gamma_{nat.}$ = 19.50 - 20.00 kN/mc
- Resistenza compressione monoassiale: UCS = 31 MPa
- Geological Strenght Index (GSI): 30 (classe C della GSI Chart di H&B);
- Litotipo prevalente: Sandstone (Arenaria) m_i=13;
- Fattore di disturbo D = 1.00 (substrato molto alterato e degradato)

I parametri di resistenza dell'ammasso roccioso risultano quindi:

- Angolo d'attrito ϕ = 35°;
- Coesione c = 40 KPa

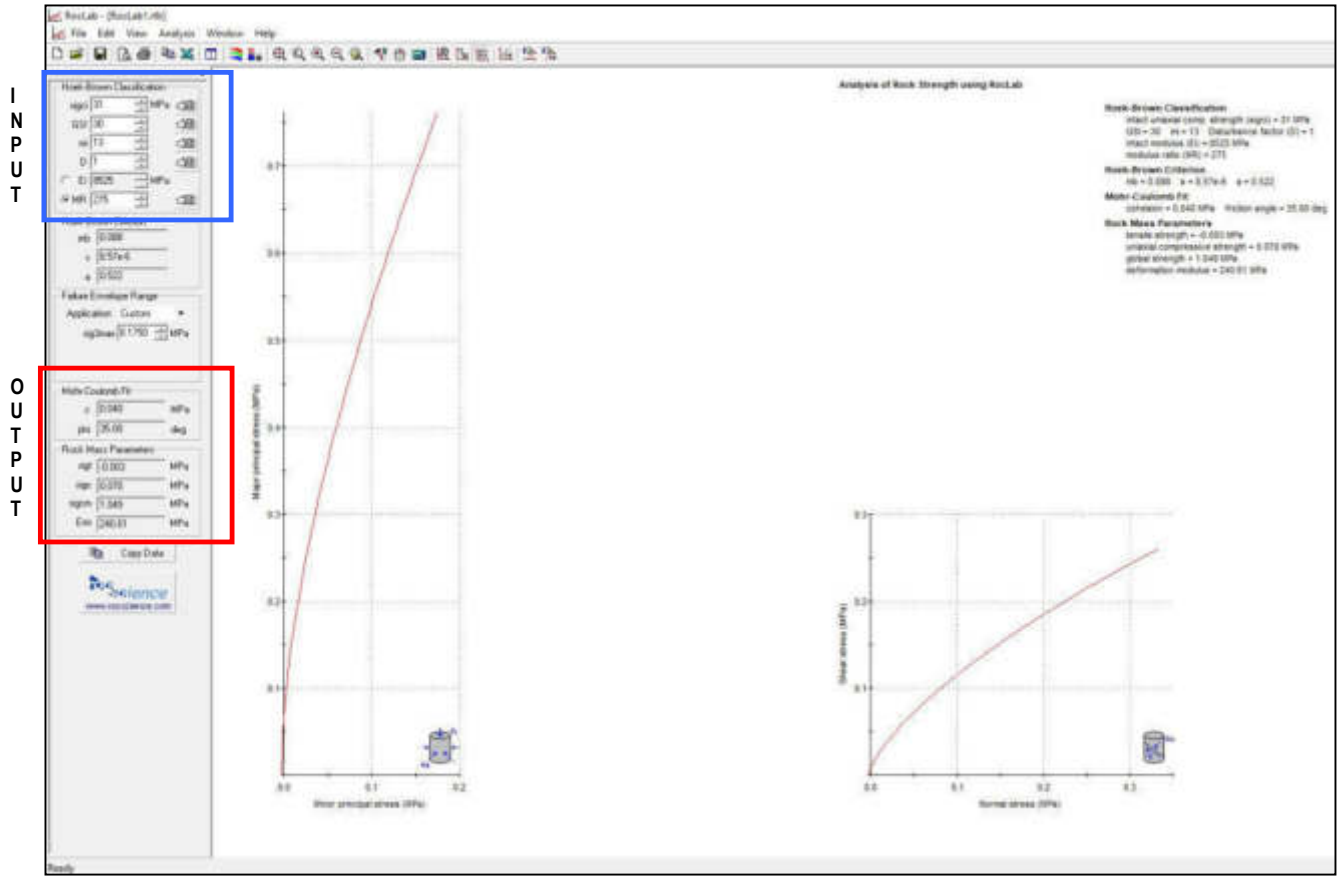


Fig. 15: Schermata dati di input (parte alta sx.) ed output (parte bassa sx.) ed inviluppo di rottura materiali substrato roccioso

In occasione di eventi meteorici intensi e prolungati possono generarsi condizioni di saturazione all'interfaccia substrato/copertura con interessamento dei materiali dello strato geotecnico 2.

8. ANALISI GEOLOGICO-TECNICA DELLE OPERE A PROGETTO

Il progetto, redatto per conto di ITINERA S.p.a., riguarda l'aumento dei quantitativi di rifiuto CER170302 gestito nell'ambito di un'attività di recupero in procedura semplificata e destinato all'attività di recupero (R5) tramite la preliminare messa in riserva (R13) del materiale fresato, che avrà luogo attraverso la realizzazione di un nuovo cumulo e delle relative aree funzionali per eseguire le attività di lavorazione (i.e. frantumazione e vagliatura), e dell'abbancamento del granulato di conglomerato bituminoso (i.e. non rifiuto) per la frazione da recuperarsi direttamente nel vicino impianto di produzione di conglomerati bituminosi dell'impresa scrivente.

Oltre ai nuovi abbancamenti (CER170302 e granulato), sono previste tutta quella serie di opere ed attività funzionali agli interventi in parola che consistono nella realizzazione della viabilità per l'accesso all'area di messa in riserva ed al piazzale per la loro prima lavorazione (triturazione e vagliatura), nella ridefinizione della posizione di dotazioni impiantistiche accessorie (deposito attrezzi, gruppo elettrogeno ed alcune cisterne) e nelle sistemazioni morfologiche atte a garantire una corretta regimazione delle acque di percolazione. Ciò premesso per dar seguito agli interventi in parola, saranno eseguite le seguenti attività:

- Taglio alberi e rimozione ceppaie su tutta l'area di progetto (6 piante);
- Esecuzione di scavo di bonifica per la rimozione del terreno vegetale sino ad una profondità media di 50 cm;
- Regolarizzazione superficie d'imposta al fine di realizzare un fondo avente le adeguate pendenze per la gestione delle acque di percolazione;
- Eventuale miglioramento delle caratteristiche dei terreni imposta tramite il passaggio di rullo vibrante;
- Posa in opera di sistema di impermeabilizzazione su tutte le superfici interessate dalle opere;
- Realizzazione impianto raccolta acque di percolazione e suo collegamento al sistema di gestione come codificato nella relazione tecnica ambientale;

Si rimanda all'Allegato 3 – "*Estratti progetto*" ed ai documenti progettuali per i dettagli di quanto previsto.

Dal punto di vista geologico – tecnico gli aspetti da prendere in considerazione al fine di garantire il corretto inserimento delle opere in parola nel contesto geologico locale, sono quelli relativi alle attività attraverso le quali garantire il corretto approntamento dell'area di progetto (esecuzione degli scavi di bonifica compresa la gestione delle terre e rocce provenienti da essi ed impermeabilizzazione), alle verifiche di stabilità sia del versante sul quale esso insisterà (i.e. verifiche stabilità globale) sia delle scarpate del nuovo cumulo (i.e. verifiche locale), nonché alle modalità di gestione delle acque raccolte dalle superfici impermeabilizzate che dovranno essere realizzate ad evitare l'infiltrazione delle acque di percolazione dei cumuli nei terreni naturali.

8.1. ATTIVITÀ APPRONTAMENTO AREA

Lo sbancamento di bonifica dovrà tendere ad asportare, sulla superficie di progetto, lo spessore più superficiale del materiale vegetale presente sulle aree di scarpata e, sulle porzioni già subpianeggianti, per arrivare a conformare il fondo del piano d'imposta delle opere in progetto ed il sedime delle opere di raccolta delle acque di percolazione per la loro successiva corretta gestione.

Ciò premesso eseguito lo sbancamento di bonifica, dello spessore medio di 50 cm in scarpata e 10-15 cm nelle aree subpianeggianti, dovranno essere eseguite tutte quelle attività di regolarizzazione e miglioramento delle caratteristiche d'imposta attraverso un adeguato numero di passate di rullo vibrante. I materiali derivanti dallo sbancamento, dell'ordine stimato di circa 1.000 mc, potranno essere saranno gestiti in termini di rifiuto tramite loro conferimento ad idonea discarica per materiali speciali inerti.

Eseguite tali attività la superficie d'imposta del cumulo in progetto dovrà essere impermeabilizzata tramite teli in HDPE sulle superfici in scarpata, i quali dovranno essere stesi su un letto di sabbia al fine di evitarne il loro punzonamento, e tramite un tappeto di conglomerato bituminoso chiuso sulle superfici sub pianeggianti come chiaramente evidenziato nella tavola specialistica dedicata.

8.2. VERIFICHE DI STABILITÀ

8.2.1. INQUADRAMENTO GENERALE

Nel seguente paragrafo, in accordo ai contenuti del paragrafo 6.3, 6.8, 7.11.3.5 e 7.11.4 delle N.T.C. 2018 vengono sviluppate le verifiche in condizioni statiche e sismiche sia del versante in condizione di stato attuale e di progetto nonché delle scarpate del nuovo cumulo.

Verranno quindi eseguiti gli approfondimenti di verifica in accordo ai seguenti approcci:

- Condizioni statiche: Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2) che prevede la riduzione delle resistenze e confronto con valore minimo di Safety Factor (S.F. - γr) >1.1 (Par. 6.3 delle N.T.C. 2018);
- Condizioni sismiche: verifica pseudostatica con introduzione dei coefficienti di amplificazione sismica sito dipendente "k_h" e "k_v", calcolati per la verifica di stabilità dei pendii (vedi capitolo 6), senza riduzione dei parametri di resistenza e il confronto con il valore minimo di S.F. > 1.2 (Par. 7.11.3.5 delle N.T.C. 2018).

Le verifiche di stabilità globale verranno eseguite con specifico software (Slide di Rocscience sofware house) per superfici circolari in quanto quelle che meglio approssimano eventuali meccanismi di deformazione e rottura in considerazione della natura dei materiali coinvolti nei fenomeno in analisi. I risultati verranno proposti in formula grafica, dove, oltre alla superficie a minor coefficiente di sicurezza, verranno individuate l'insieme delle 10 superfici a minor coefficiente di sicurezza che interessano sia la stabilità locale, quindi in prossimità del nuovo volume a progetto, sia la stabilità globale del versante, analizzando gli eventuali effetti che l'esecuzione dell'opera genera nel contesto del versante.

Tra i differenti metodi d'analisi proposti dalla letteratura specialistica verranno analizzati i risultati ottenuti con il metodo dell'equilibrio limite GLE di Morgestain – Price. Le condizioni di saturazione all'interfaccia substrato/copertura,

che possono aver luogo a seguito di eventi meteorici importanti, vengono simulate tramite l'introduzione di un livello di falda attestato nei materiali sciolti (strato geotecnico 2) in prossimità del contatto con la sottostante formazione rocciosa.

Il modello geotecnico di riferimento è quello analizzato nel precedente capitolo 7 le cui caratteristiche, per gli approcci considerati, sono riportati nella tabella seguente dove vengono indicati anche i parametri ridotti in accordo ai contenuti della Tab. 6.2.II - NTC2018 come richiesto per l'approccio A2+M2+R2

MODELLO GEOTECNICO							
STRATO GEOTECNICO	DESCRIZIONE MATERIALI	PARAMETRI GEOTECNICI MEDI (i.e parametri caratteristici) ADOTTATI			PARAMETRI GEOTECNICI RIDOTTI		
STRATO 1	Conglomerato bituminoso fresato	Peso di Volume naturale (γ_{nat}):	16.00	kN/m3	16.00	kN/m3
		Angolo di attrito (φ):	35	°	29.3	°
		Coesione (c):	7.5	kPa	6	kPa
STRATO 2	Sabbia ghiaiosa in matrice limosa	Peso di Volume naturale (γ_{nat}):	17.50	kN/m3	17.50	kN/m3
		Peso di Volume saturo (γ_{sat}):	18.30	kN/m3	18.30	kN/m3
		Angolo di attrito (φ):	32	°	26.6	°
		Coesione (c):	3.5	KPa	2.8	KPa
STRATO 3	Substrato roccioso alterato e degradato	Peso di Volume naturale (γ_{nat}):	20.00	kN/m3	20.00	kN/m3
		Angolo di attrito (φ):	35	°	29.3	°
		Coesione (c):	40	kPa	32	kPa

Si analizzeranno dapprima le condizioni generali di stabilità del versante in stato attuale, (condizioni statiche e sismiche) poi di progetto (condizioni statiche e sismiche) ed a concludere varrà verificata la stabilità delle scarpate del cumulo in progetto (condizioni statiche e sismiche).

8.2.2. STABILITÀ GLOBALE VERSANTE STATO ATTUALE

8.2.2.A CONDIZIONI STATICHE

Nella situazione di stato attuale (*ante operam*) in condizioni statiche le dieci superficie a minor valore del coefficiente di sicurezza presentano valore di S.F. di 1.395 e corrispondono a superfici che interessano la porzione di scarpata a monte del piazzale dove verrà effettuato l'abbancamento, interessando i materiali dello strato geotecnico 2; in corrispondenza dell'area di progetto le superfici a minor valore di coefficiente di sicurezza presentano valori di F.S > 2.00 sintomatico di una generale buona condizione di stabilità globale; a livello generale del versante nel suo insieme non si individuano potenziali superfici che interessano il versante nella sua globalità; nel complesso i risultati ottenuti indicano che il versante si trova in buone condizioni di stabilità globale (Fig. 16).

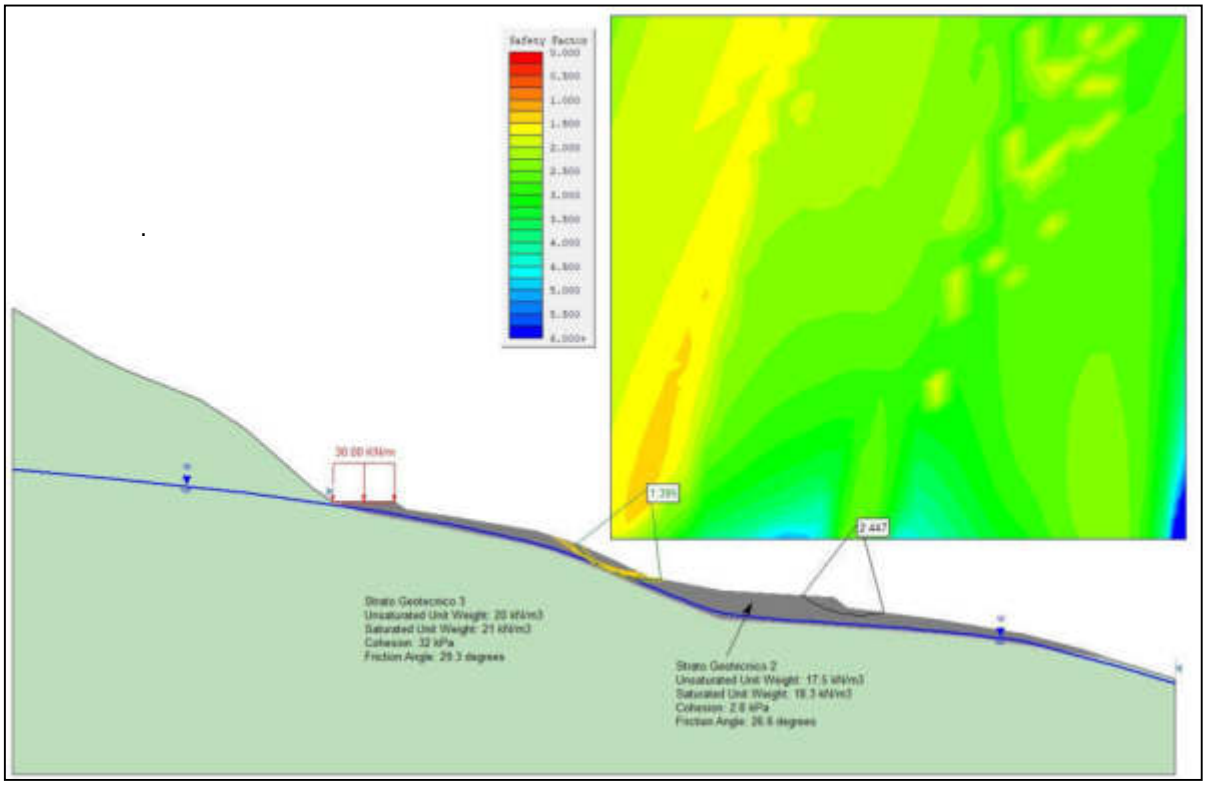


Figura 16: Verifica di stabilità in condizioni statiche situazione attuale

8.2.2.B CONDIZIONI SISMICHE (PSEUDOSTATICHE)

Nella situazione di stato attuale (*ante operam*) in condizioni sismiche le dieci superficie a minor valore del coefficiente di sicurezza presentano valore di S.F. di 1.490 e corrispondono a superfici che interessano la porzione di scarpata a monte del piazzale dove verrà effettuato l'abbancamento, coinvolgendo i materiali dello strato geotecnico 2; nell'area di progetto le superfici a minor valore di coefficiente di sicurezza presentano valori di F.S > 2.00 e corrispondono a superfici che dalla fine del piazzale arrivano ad interessare la scarpata sottostante, coinvolgendo solo i materiali dello strato geotecnico 2; a livello generale del versante nel suo insieme non si osservano superfici che interessano il versante nella sua globalità; nel complesso, l'analisi dei risultati ottenuti, evidenzia che il versante, anche in condizioni sismiche, si trova in buone condizioni di stabilità globale (Fig. 17).

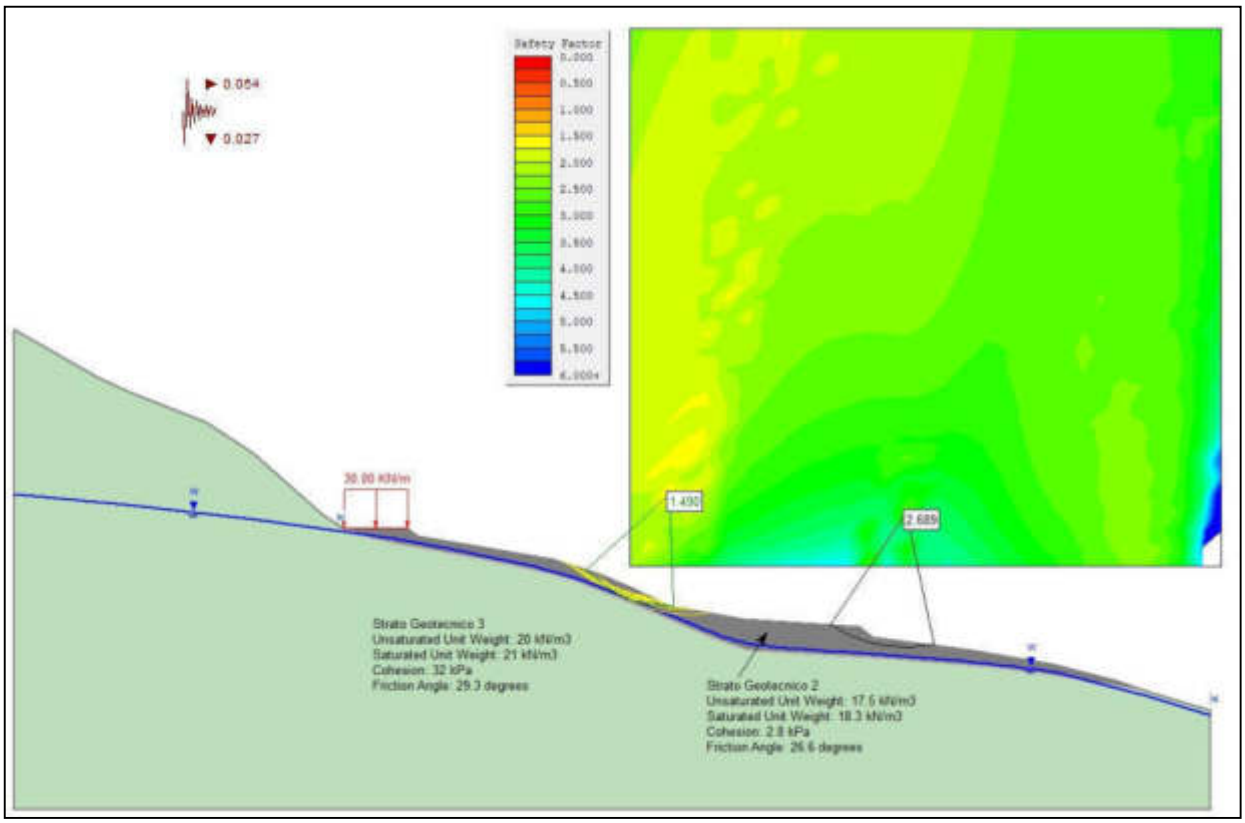


Figura 17: Verifica di stabilità in condizioni sismiche della situazione di stato attuale.

Si evidenzia che nella situazione di verifica in condizioni sismiche i coefficienti di amplificazione sismica risultano quelli del caso "*Stabilità pendii*" indicati nella precedente Tabella A di Cap. 6.3 –" *Azione sismica di dettaglio per le opere in progetto* "

8.2.3 STABILITÀ GLOBALE VERSANTE SITUAZIONE DI PROGETTO

8.2.3.A CONDIZIONI STATICHE

Nella situazione di progetto in condizioni statiche le dieci superfici a minor valore del coefficiente di sicurezza presentano valore di S.F. di 1.467 e corrispondono, come per la situazione di stato attuale, a superfici che interessano la porzione di scarpata a monte dell'abbancamento, coinvolgendo i materiali dello strato geotecnico 2; nell'area di progetto le superfici a minor valore di coefficiente di sicurezza presentano valori di S.F. di 1.777 e corrispondono a superfici che dalla testa del nuovo cumulo (strato geotecnico 1) arrivano ad interessare le aree subpianeggianti subito a valle, coinvolgendo, oltre ai materiali dello strato geotecnico 1, la parte più superficiale dei materiali dello strato geotecnico 2; a livello generale del versante nel suo insieme non si osservano superfici che interessano il versante nella sua globalità; nel complesso, i risultati ottenuti, indicano che il versante si trova in buone condizioni di stabilità globale anche a seguito della realizzazione del nuovo abbancamento di fresato, presentando superfici con valore di S.F. > 1.1 (Fig.18) ed anzi la realizzazione del cumulo aumenta la stabilità della scarpata retrostante ad esso nei settori in cui si osservano i minori valori del coefficiente di sicurezza nello stato attuale.

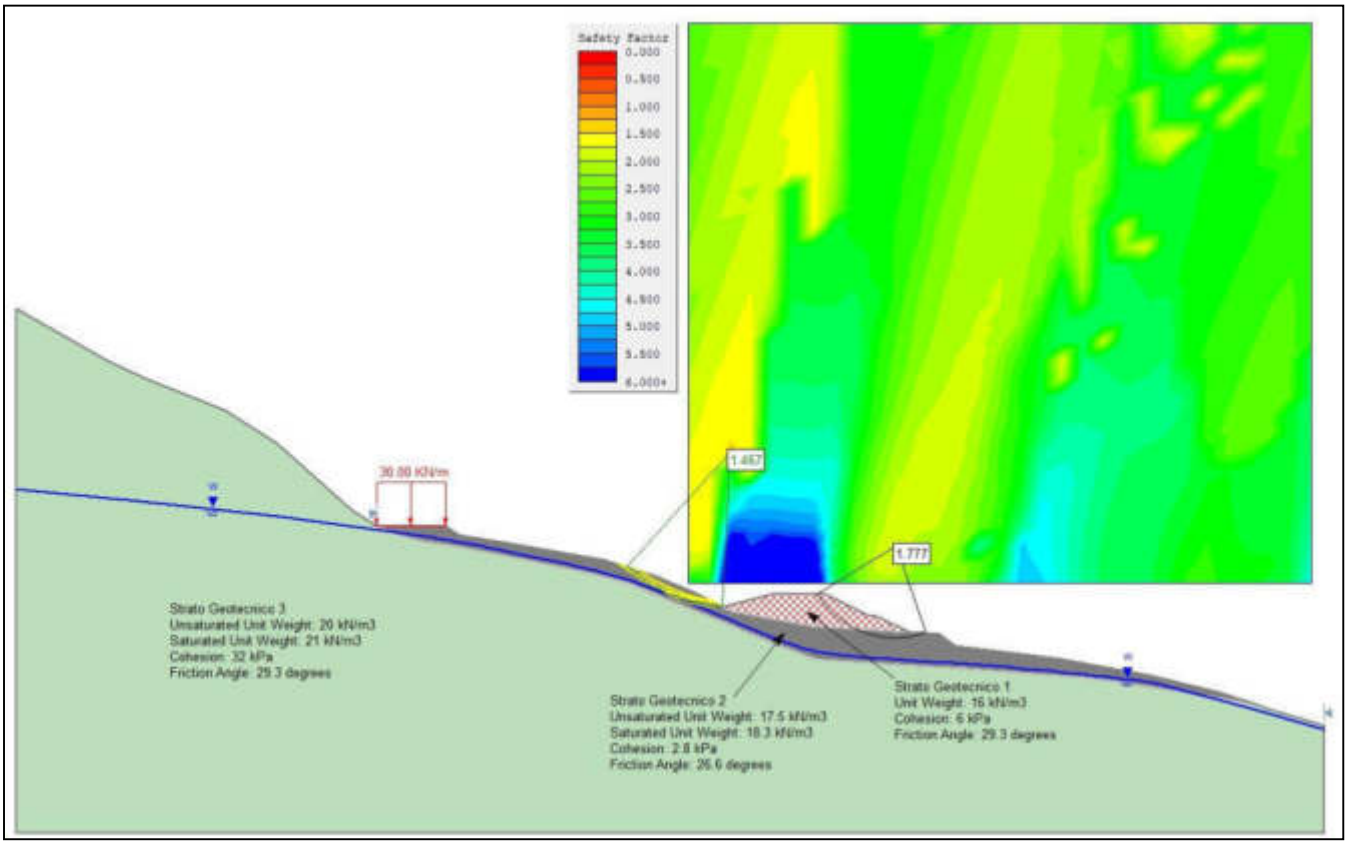


Figura 18: Verifica di stabilità in condizioni statiche della situazione di progetto

8.2.3.B CONDIZIONI SISMICHE

Nella situazione di progetto in condizioni sismiche le dieci superfici a minor valore del coefficiente di sicurezza presentano valore di S.F. di 1.568 e corrispondono, come per la situazione di stato attuale, a superfici che interessano la porzione di scarpata a monte dell'abbancamento, coinvolgendo i materiali dello strato geotecnico 2; nell'area di progetto le superfici a minor valore di coefficiente di sicurezza presentano valori di S.F. di 1.803 e corrispondono a superfici che dalla testa del nuovo cumulo (strato geotecnico 1) arrivano ad interessare le aree subpianeggianti subito a valle, coinvolgendo, oltre ai materiali dello strato geotecnico 1, la parte più superficiale dei materiali dello strato geotecnico 2; a livello generale del versante nel suo insieme non si osservano superfici che interessano il versante nella sua globalità; nel complesso, i risultati ottenuti, indicano che il versante si trova in buone condizioni di stabilità globale anche a seguito della realizzazione del nuovo abbancamento di fresato, presentando superfici con valore di S.F. > 1.2 (Fig.19).

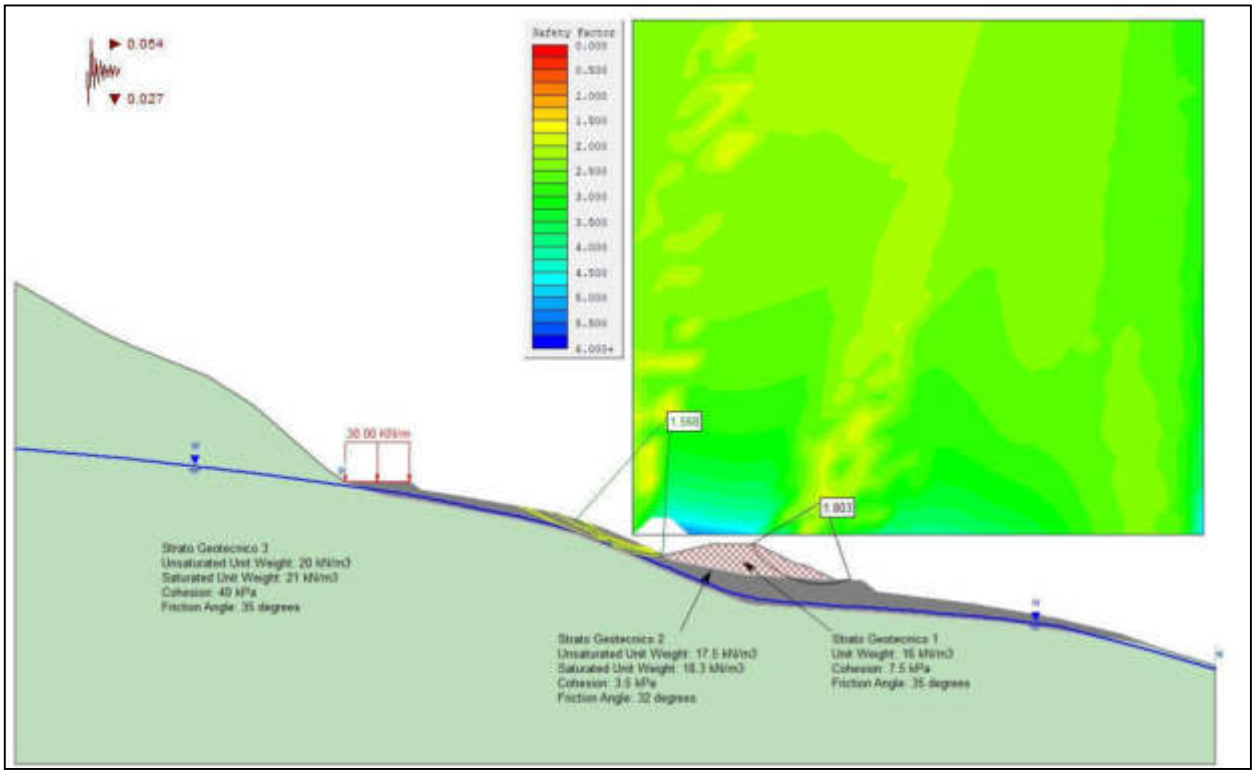


Figura 19: Verifica di stabilità in condizioni sismiche della situazione di progetto.

8.2.4 STABILITÀ SCARPATE CUMULO IN PROGETTO (CONDIZIONI STATICHE E SISMICHE)

In condizioni statiche, la superficie di instabilità a minor valore del coefficiente di sicurezza risulta presentare un coefficiente di 1.398 (Fig. 20) maggiore del valore minimo di normativa previsto ($S.F._{min}$=1.1), mentre in condizioni sismiche, la superficie di instabilità a minor valore del coefficiente di sicurezza risulta presentare un coefficiente di 1.470 (Fig. 21) maggiore del valore minimo di normativa previsto ($S.F._{min}$=1.2) .

Si evidenzia che nella situazione di verifica in condizioni sismiche i coefficienti di amplificazione sismica risultano quelli del caso "*Rilevati*" indicati nella precedente Tabella A di Cap. 6.3 –" *Azione sismica di dettaglio per le opere in progetto* "

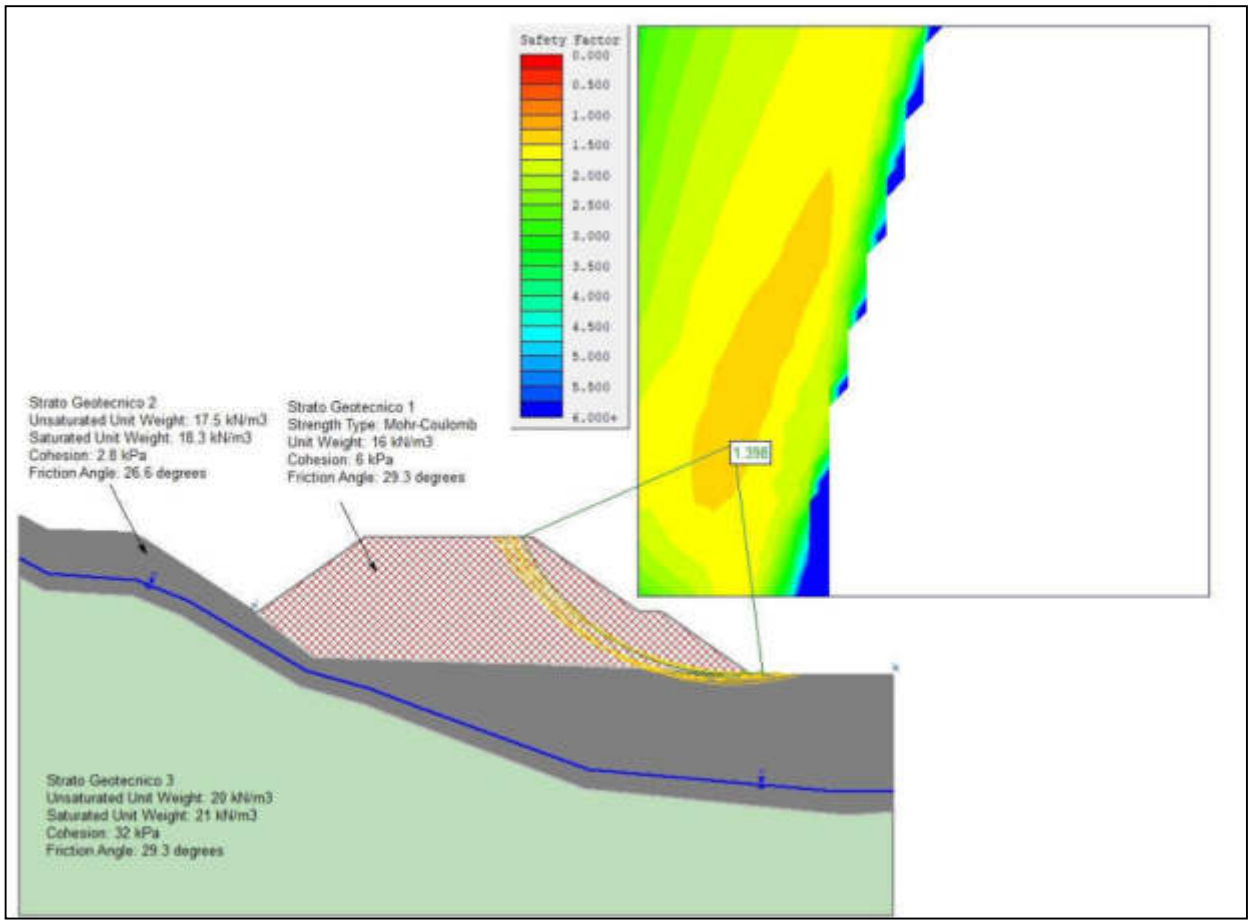


Figura 20: Verifica di stabilità in condizioni statiche scarpate cumulo a progetto

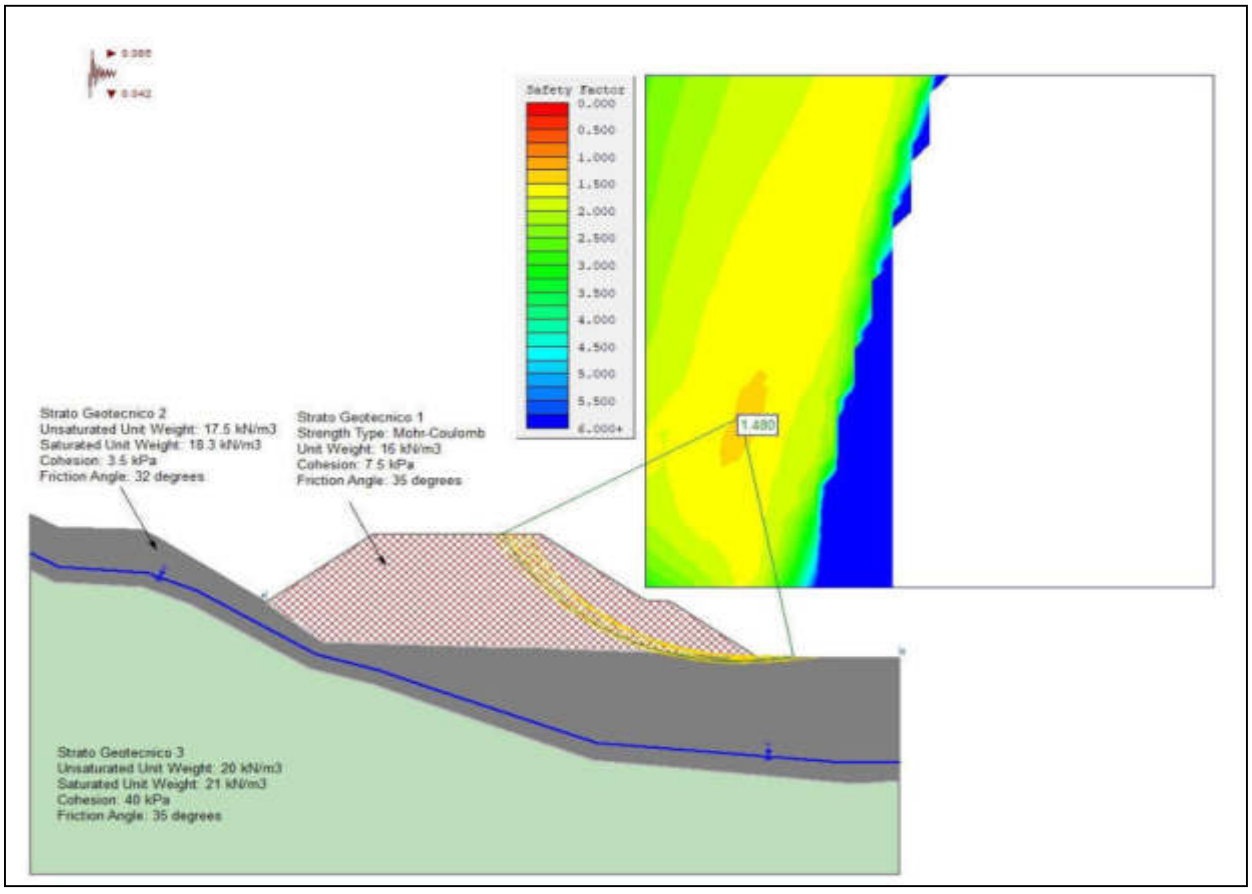


Figura 21: Verifica di stabilità in condizioni statiche scarpate cumulo a progetto

8.3. IMPERMEABILIZZAZIONI E GESTIONE ACQUE

Nell'area di progetto è prevista l'impermeabilizzazione di circa 3.000 mq di superfice, con telo in HDPE steso sulle aree in scarpata scolante sulla superficie di fondo impermeabilizzata con pacchetto bituminoso chiuso da realizzarsi sulle aree subpianeggianti. Al fine di evitare che dalle porzioni di scarpata possano arrivare ad interessare i cumuli abbancati le acque ruscellanti lungo le scarpate il telo in HDPE di fondo verrà risvoltato sui new jersey perimetrali.

Le acque intercettate dalle superfici impermeabilizzate saranno raccolte da un sistema di captazione suddiviso in due circuiti: uno per le acque interferenti con i CER17032 e uno per quelle non interferenti. Entrambi porteranno le acque raccolta al nuovo impianto di trattamento previsto in progetto e il successivo smaltimento avverrà in acque superficiali in corrispondenza dello scarico "S1" già autorizzato.

Si rimanda Allegato 3 – *Estratti progetto* e alla TAV.06 – *Gestione Acque* degli elaborati di progettuali, per planimetria del sistema di raccolta ed i dettagli del caso

9. CONCLUSIONI

Nel corso della presente relazione geologica sono state effettuate verifiche capaci di appurare l'ammissibilità dell'intervento nei confronti dell'assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico dei luoghi con particolare riferimento al fatto che l'area in esame risulta sottoposta al regime del Vincolo Idrogeologico. Il lavoro ha voluto dettagliare in particolare le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, ed idrogeologiche della zona di progetto che hanno permesso di definire il "modello geologico del sottosuolo".

Successivamente è stata affrontata dapprima la caratterizzazione sismica individuando i parametri geologici che contribuiscono alla definizione della pericolosità sismica di base ottenuti, tra l'altro, anche sulla base di misure in sito dei valori di Vs; dalle risultanze dell'indagine sismica e dai dati collezionati tramite il rilevamento, in analogia a quanto individuato nel modello geologico, è stato definire il modello geotecnico per le opere in progetto.

In ultimo sono state sono evidenziate le peculiarità tecniche connesse all'intervento in progetto evidenziando le criticità intrinseche connesse all'esecuzione delle attività in parola, indicando le linee guida di approccio alla fase costruttiva dell'opera che dovranno essere recepite dalla direzione lavori incaricata; e verificando, in termini di stabilità globale, l'inserimento delle opere in progetto nel contesto geologico-geotecnico dei luoghi sintetizzato nella sezione di inquadramento geologico di Allegato 4.

In relazione alle problematiche riconducibili al fatto che l'area di progetto rientra in zona sottoposta al Vincolo Idrogeologico si evidenzia che :

- le verifiche di stabilità globali e locali eseguite escludono condizioni di instabilità del versante indotte dalle opere in progetto; anzi la posizione "particolare" dell'area di progetto (area subpianeggiante) combinata al fatto che il piede di monte del cumulo insisterà sulla retrostante scarpata, vedrà aumentare le condizioni di stabilità della stessa scarpata;
- la gestione delle acque raccolte dalla superfici impermeabilizzate, tramite loro convogliamento alla stazione di trattamento dedicata e successivo invio allo scarico S1 in acque superficiali già autorizzato, eviterà lo smaltimento incontrollato di acque sul versante e quindi l'aggravio delle condizioni dello stesso.

Tutto ciò evidenziato si attesta l'ammissibilità delle opere in progetto in relazione alla stabilità dei versanti e all'assetto idrogeologico del territorio nonché il rispetto delle norme tecniche di sicurezza richieste in terreni vincolati.

Considerata quindi la situazione geologica del sito anche in riferimento ai contenuti vincolistici del Piano di Bacino e le verifiche condotte nel capitolo precedente non si riscontrano elementi in contrasto all'esecuzione delle opere in progetto.



Geol. Marcello Ermia

dott. geol. Marcello Ermia
Via Zara 16/1
17031 Albenga (SV)
E-mail: mermia@email.it
Tel.: 0182.221102 - 339.2669430

ALLEGATI

dott. geol. Marcello Ermia
Via Zara, 16/1
17031 Albenga (SV)

E-mail: mermia@email.it
Tel.: 0182.221102 - 339.2669430

INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

Base Carta Tecnica Regionale



LEGENDA

Scala 1:5.000

SITO DI PROGETTO

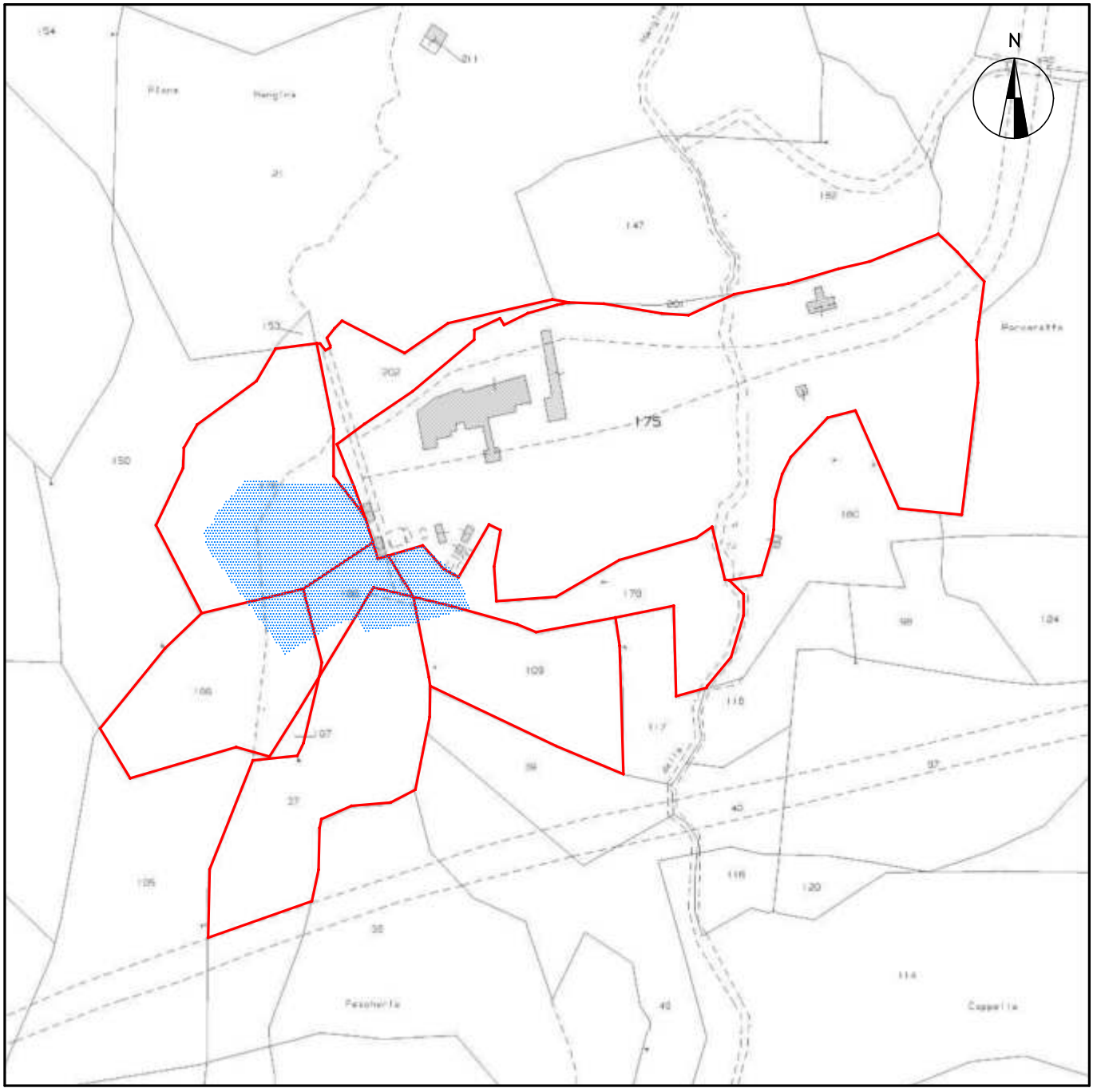
ALLEGATO 1

dott. geol. Marcello Ermia
Via Zara, 16/1
17031 Albenga (SV)

E-mail: mermia@email.it
Tel.: 0182.221102 - 339.2669430

INQUADRAMENTO CATASTALE

Comune di Borghetto di Vara - Foglio 1 - Mappali 37-106-109-175-176-178-186-202



LEGENDA

Scala 1:2.000

Perimetro mappali interessati dalle opere in progetto

Ingombro area di progetto

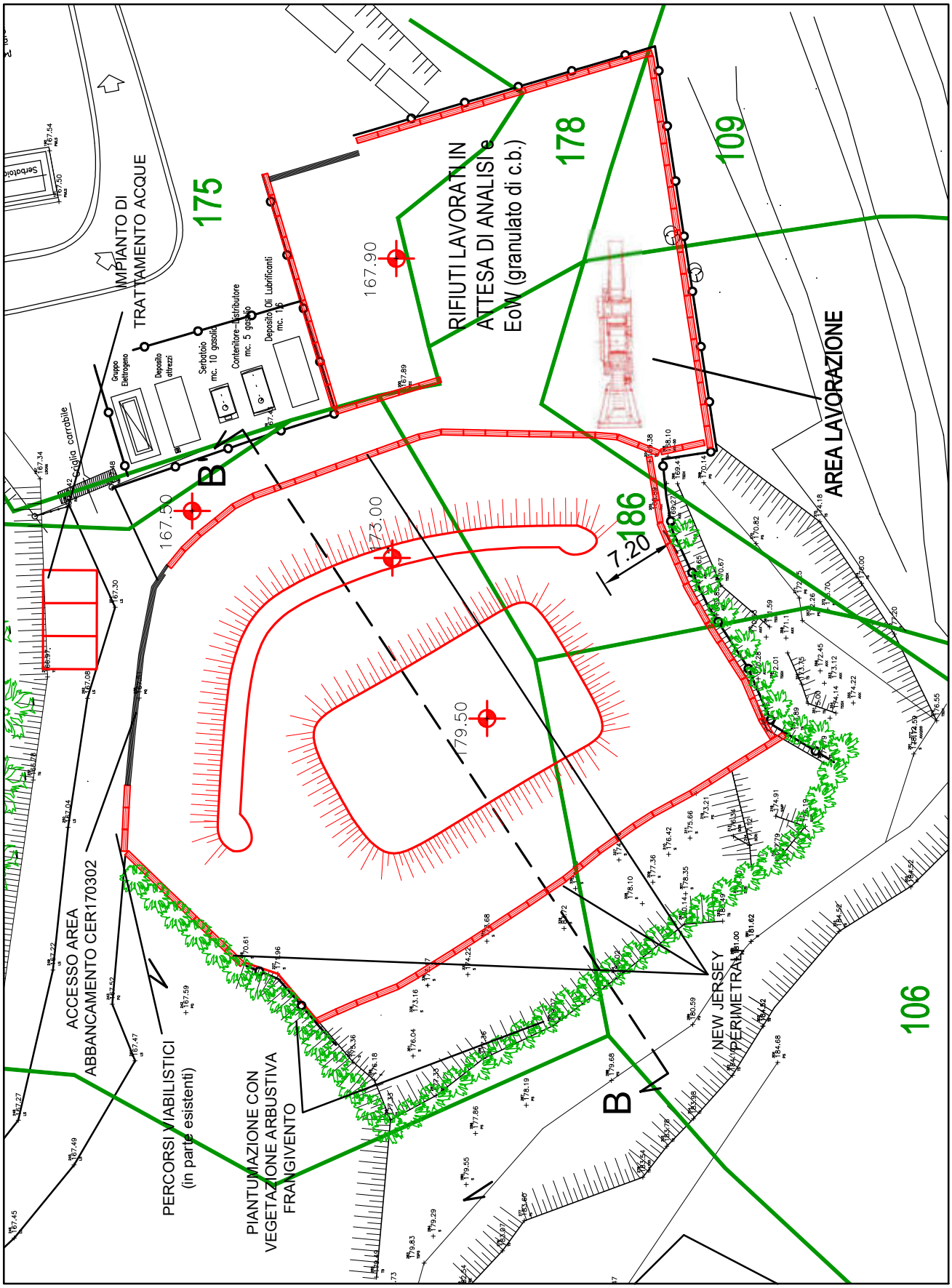
ALLEGATO 2

dott. geol. Marcello Ermia
Via Zara, 16/1
17031 Albenga (SV)

E-mail: mermia@email.it
Tel.: 0182.221102 - 339.2669430

ESTRATTI DI PROGETTO

Planimetria di Progetto - Scala 1:500

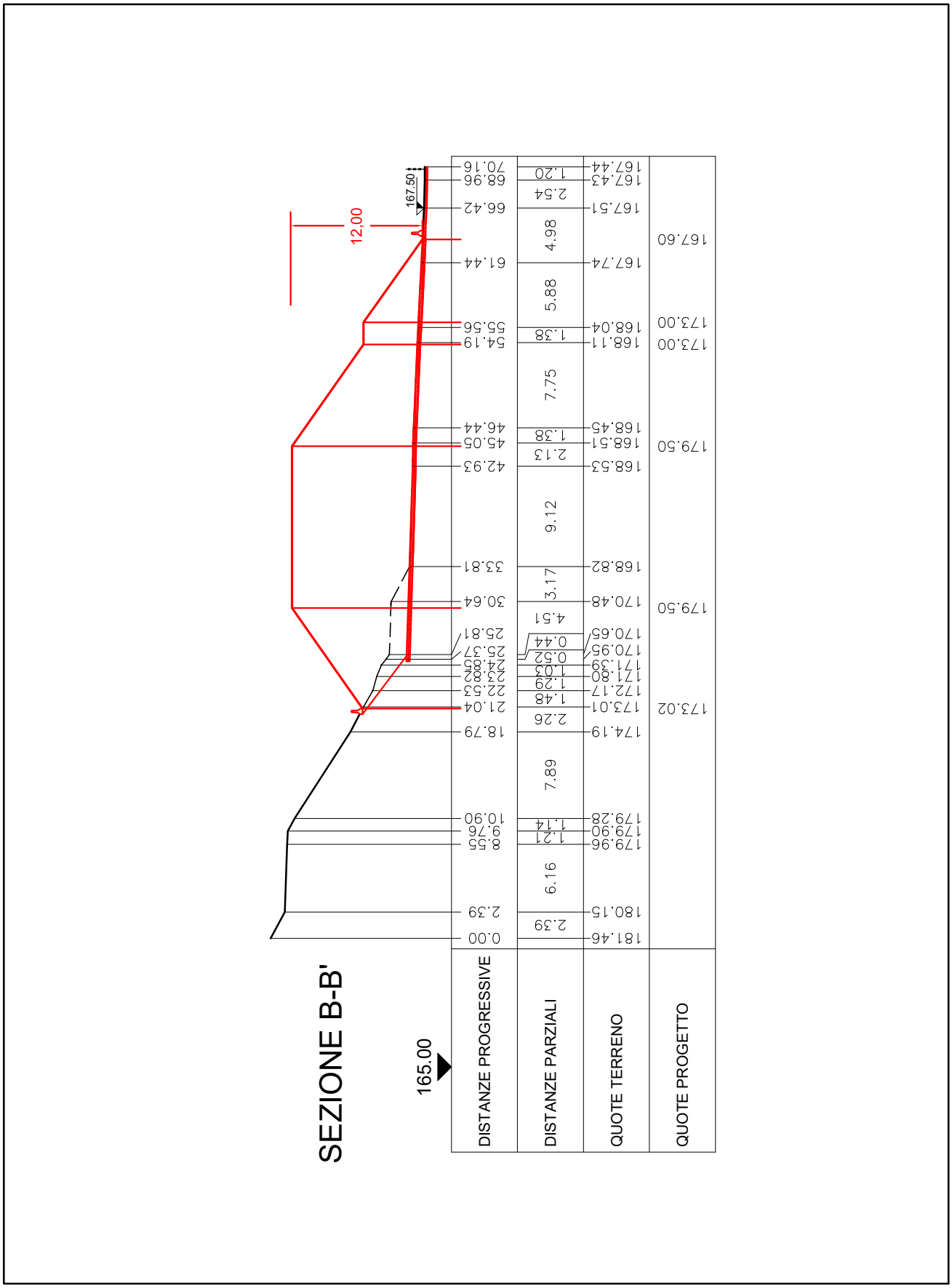

IMPIANTO DI TRATTAMENTO ACQUE
175
178
109
106
186
RIFIUTI LAVORATI IN ATTESA DI ANALISI e EoW (granulato di c.b.)
AREA LAVORAZIONE
Gruppo Elettrogeno
Deposito attrezzi
Serbatoio mc. 10 gasolio
Contenitore-distributore mc. 5 gasolio
Deposito Oli Lubrificanti mc. 1.6
Siepe Siepe Siepe

dott. geol. Marcello Ermia
Via Zara, 16/1
17031 Albenga (SV)

E-mail: mermia@email.it
Tel.: 0182.221102 - 339.2669430

ESTRATTI DI PROGETTO

Sezioni di progetto - Scala 1:500



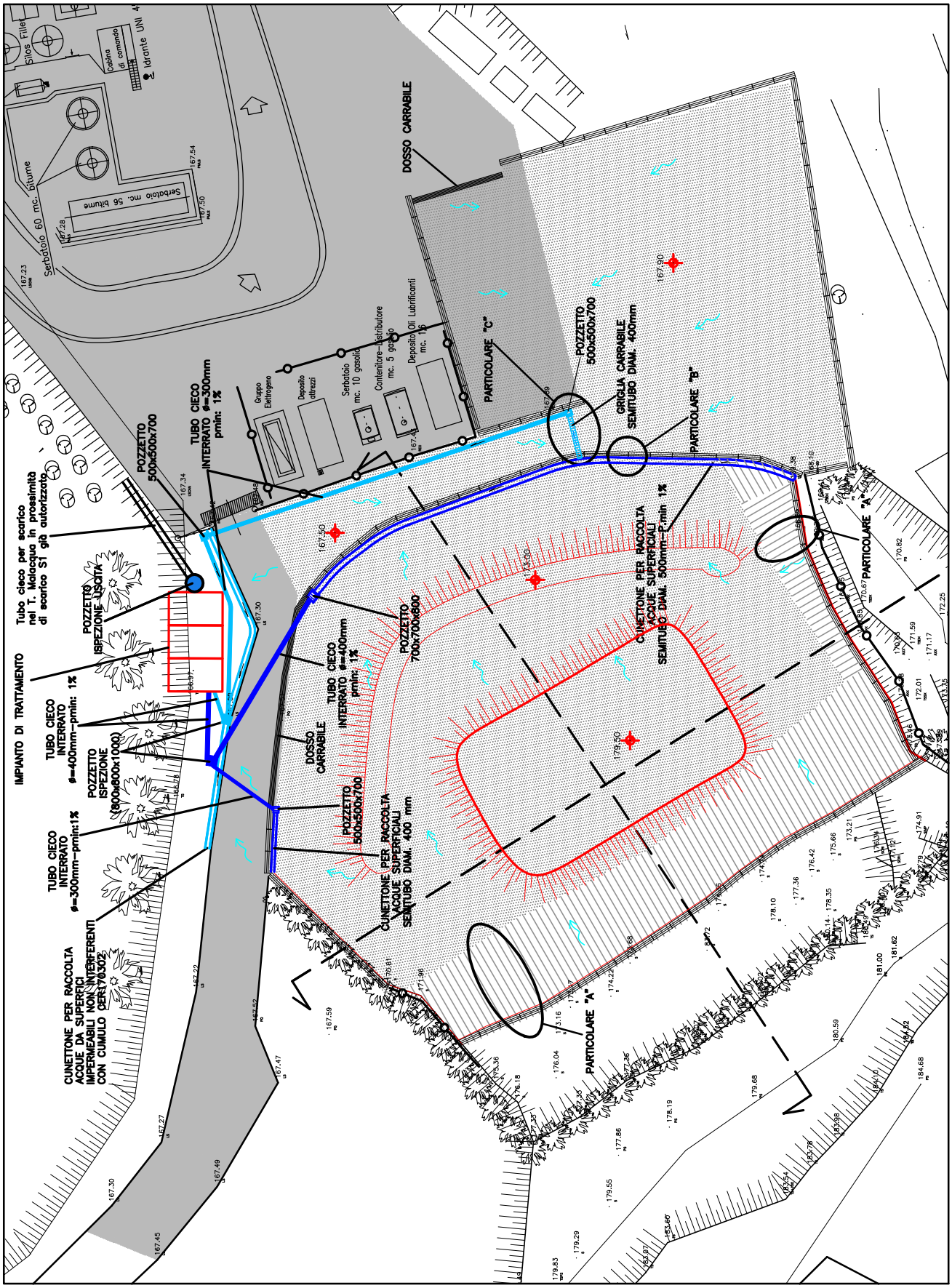
ALLEGATO 3.b

dott. geol. Marcello Ermia
Via Zara, 16/1
17031 Albenga (SV)

E-mail: mermia@email.it
Tel.: 0182.221102 - 339.2669430

ESTRATTI DI PROGETTO

Planimetria Gestione Acque - Scala 1:500



ALLEGATO 3.c

dott. geol. Marcello Ermia
Via Zara, 16/1
17031 Albenga (SV)

E-mail: mermia@email.it
Tel.: 0182.221102 - 339.2669430

ESTRATTI DI PROGETTO

Planimetria Gestione Acque - Scala 1:500

LEGENDA PLANIMETRIA GESTIONE ACQUE

Superfici già attualmente impermeabilizzate (Vedi anche Tav.02)

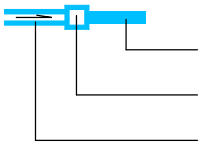
SUPERFICI DI NUOVA IMPERMEABILIZZAZIONE LE CUI ACQUE VERRANNO GESTITE NEL NUOVO IMPIANTO

Pavimentazione in conglomerato bituminoso chiuso (aree in piano) - Tot. 2.950 mq

Telo HDPE sp. min. 8 mm (aree in scarpata) - Tot. 500 mq

TOTALE AREE NUOVA IMPERMEABILIZZAZIONE: 3.450 mq

CIRCUITI ACQUE NON INTERFERENTI CON CER 170302

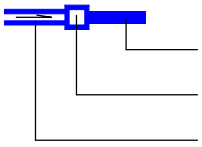


Tubo PEAD cieco Diam. variabile tra min 300 mm e 400 mm (da ultimo pozzetto a vasca)

Pozzetto dimensioni variabili tra min. 500x500x700 e max 800x800x1000 (ultimo)

Canaletta (semitubo) in cls Diam. 400 mm

CIRCUITI ACQUE INTERFERENTI CON CER 170302



Tubo PEAD cieco Diam. variabile tra min 300 mm e 400 mm (da ultimo pozzetto a vasca)

Pozzetto dimensioni variabili tra min. 500x500x700 e max 800x800x1000 (ultimo)

Canaletta (semitubo) in cls Diam. variabile tra 400 mm e 500 mm

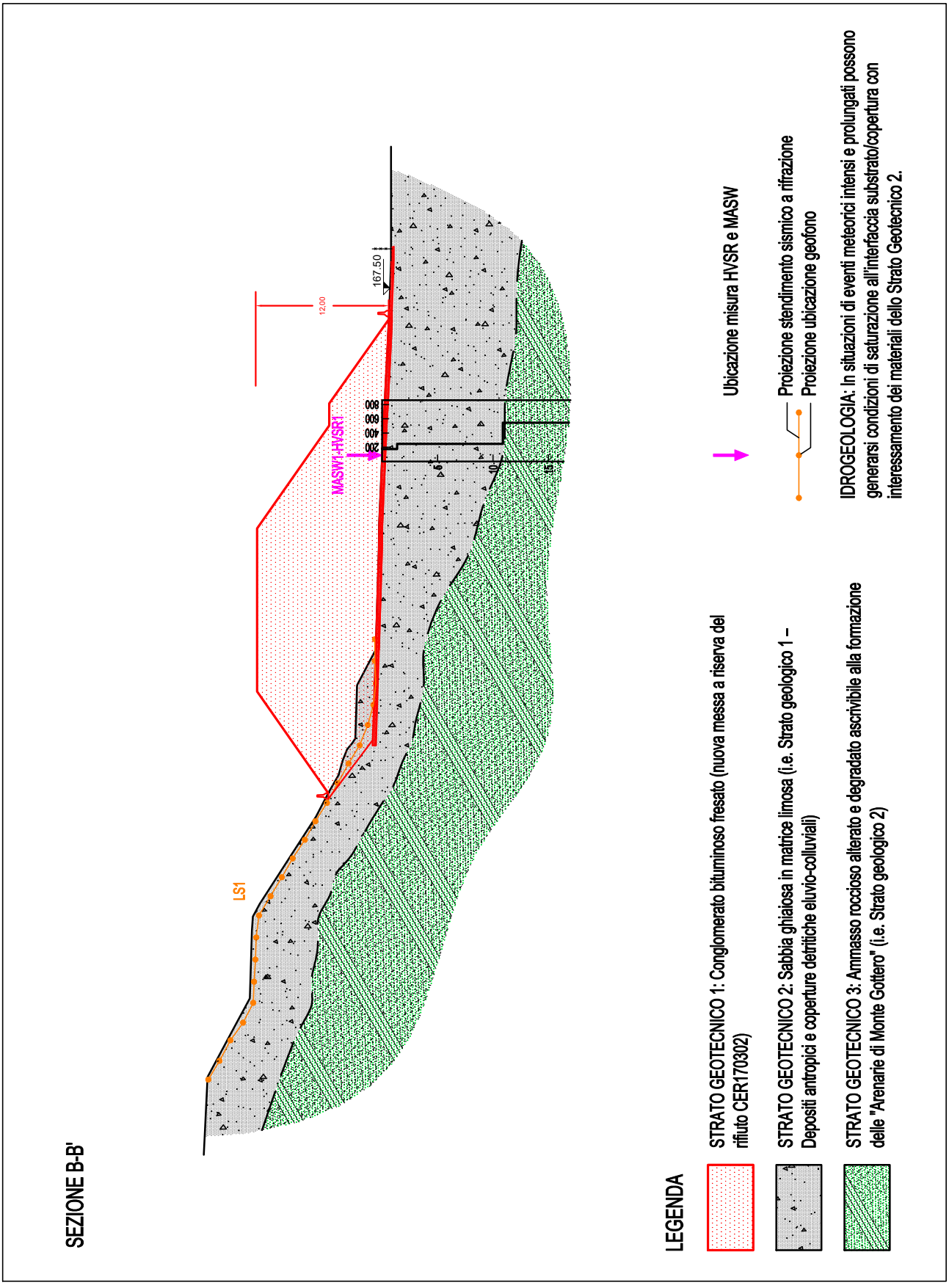
ALTRO

Pendenze trasversale sistemi di impermeabilizzazione (i.e. vie di deflusso acque drenate)

ALLEGATO 3.d

SEZIONE DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO

Scala 1:500



ALLEGATO 4