





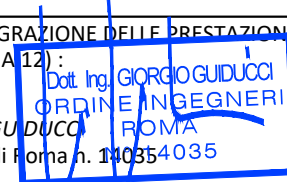
S.S. 182 "TRASVERSALE DELLE SERRE"

Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento

Superamento del Colle dello Scornari

PROGETTO DEFINITIVO

ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

<p>IL GEOLOGO</p> <p><i>Dott. Geol. Giuseppe Cerchiaro</i> Ordine dei geologi della Regione Calabria n. 528</p> 	<p>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p>	<p>PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria)</p> <p>GP INGENGNERIA <i>GESTIONE PROGETTI INGENGNERIA srl</i></p>
<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Ing. Valerio Guidobaldi</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A30025</p>	<p><i>Ing. Paolo Orsini</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 13817</p>	<p>(Mandante)</p>  <p>(Mandante)</p>  <p><i>Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</i></p> <p>(Mandante)</p> 
<p>VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Ing. Antonio Scalamandrè</i></p>	<p><i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p> <p><i>Ing. Vincenzo Secreti</i> Ordine Ingegneri Provincia di Crotone n. 412</p>	<p>IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12) :</p> <p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> ORDINE INGEGNERI ROMA Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 140354035</p> 

GEOLOGIA GEOTECNICA

Geologia

Relazione geologica

CODICE PROGETTO			NOME FILE		REVISIONE	SCALA
COMP.	PROGETTO	LIV. ANNO	T00GE01GEORE01_D			
DP	CZ0299	D18	T00GE01GEORE01		D	-
D	Nota di riscontro Parere CTVA n.184 del 26 febbraio 2021		Maggio '21	Iannini	Cerchiaro	Guiducci
C	Revisione a seguito di RIV DGSV 135/1 e oss. CDS		Sett. '19	Iannini	Cerchiaro	Guiducci
B	Revisione		Luglio '18	Iannini	Cerchiaro	Guiducci
A	Emissione		Maggio '18	Iannini	Cerchiaro	Guiducci
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

<u>1. PREMESSA.....</u>	<u>2</u>
1.1. OGGETTO E SCOPO	2
1.2. METODOLOGIE UTILIZZATE	2
1.3. RACCOMANDAZIONI E NORMATIVE TECNICHE.....	4
<u>2. DESCRIZIONE GENERALE DEL TRACCIATO</u>	<u>7</u>
<u>3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....</u>	<u>8</u>
<u>4. QUADRO GEOLOGICO GENERALE.....</u>	<u>9</u>
4.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE ED EVOLUZIONE GEODINAMICA	9
4.2. RILEVAMENTO GEOLOGICO	12
4.3. DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI GEOLOGICHE RILEVATE	14
<u>5. GEOMORFOLOGIA.....</u>	<u>20</u>
<u>6. PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO.....</u>	<u>21</u>
<u>7. IDROGEOLOGIA.....</u>	<u>24</u>
7.1. CLIMA.....	24
7.2. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA.....	26
7.3. FALDA ACQUIFERA.....	28
<u>8. INDAGINI GEOGNOSTICHE</u>	<u>30</u>
8.1. PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA.....	30
8.2. INDAGINI INTEGRATIVE (ANNO 2019)	38
<u>9. CARATTERIZZAZIONE SISMICA E CRITICITÀ CORRELATE</u>	<u>48</u>
<u>10. ASSETTO GEOLOGICO LUNGO IL TRACCIATO STRADALE ED INTERAZIONE OPERE-TERRENI</u>	<u>49</u>
<u>11. CONCLUSIONI.....</u>	<u>60</u>

1. **PREMESSA**

La presente relazione è stata redatta in risposta alla Verifica di Ottemperanza (Art. 28 D.Lgs. 152/06 del e s.m.i.) e al parere allegato CTVA n.184 del 26 febbraio 2021, relativamente al Progetto dell'intervento di adeguamento della S.S. 182 "Trasversale delle Serre", Tronco 1°, Lotto 1° Stralcio 2° (attraversamento del Colle Scornari).

Nel corpo della relazione vengono discussi gli aspetti geologici, idrogeologici, geomorfologici e sismici delle aree interessate dal Progetto d'intervento.

Per la redazione del presente studio oltre a documentazione bibliografica si è fatto riferimento alla documentazione geologica allegata alle fasi progettuali precedenti, nello specifico al Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (di seguito PFTE).

Per l'attuale fase è stata inoltre realizzata una campagna geognostica integrativa, supportata da specifici ed approfonditi rilievi geologici e geomorfologici di dettaglio; su tali attività e sulle verifiche di stabilità realizzate lungo i versanti posti a monte delle opere in progetto, è stato basato lo studio di approfondimento geomorfologico richiesto, le quali risultanze sono state compiutamente descritte negli elaborati di riferimento, tra i quali si cita la Relazione Geomorfologica e le schede di rilevamento di dettaglio.

Il lavoro è stato svolto in ottemperanza al DM 17/01/2018: "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni".

Per quanto concerne gli aspetti geodinamici e sismici, si rimanda alla "Relazione sismica" ed alla "Planimetria con classificazione sismica del territorio".

1.1. **OGGETTO E SCOPO**

Scopo della presente relazione è fornire, sulla base della documentazione e delle indagini disponibili, le informazioni necessarie per lo sviluppo della progettazione delle opere.

Il presente documento, redatto attraverso l'ausilio di studi mirati sul territorio permette quindi di:

- ricostruire dettagliatamente gli aspetti naturalistici del territorio ove sono collocate le opere;
- rappresentare ed illustrare le informazioni geologiche, stratigrafiche, strutturali ed idrogeologiche;
- riconoscere le principali forme di erosione, di accumulo e più in generale di pericolosità geologica, geomorfologica ed idrogeologica nelle aree limitrofe e/o direttamente interessate dai lavori;
- definire la distribuzione e la caratterizzazione delle principali falde idriche presenti nel sottosuolo;
- illustrare gli esiti dei rilievi geologici e geomorfologici realizzati, nonché delle indagini geognostiche ereditate dalla precedente fase progettuale;
- fornire il modello geologico-stratigrafico, geologico-strutturale, litotecnico, idrogeologico e sismico da porre a base della progettazione;
- individuare le interazioni fra le opere ed i terreni fornendo gli elementi per una corretta progettazione geologica, idrogeologica e sismica;
- individuare la presenza di situazioni tali da determinare vincoli nell'ambito dello sviluppo della fase progettuale o durante l'esecuzione dei lavori.

1.2. **METODOLOGIE UTILIZZATE**

Passando per le risultanze delle fasi progettuali precedenti, il lavoro è stato svolto seguendo una successione coordinata di diverse fasi propedeutiche. In particolare, alla fase preliminare di disamina, che ha visto l'acquisizione di tutte le conoscenze significative sull'area, basata sulla consultazione del materiale disponibile e sull'apposita raccolta di materiale bibliografico, è seguita

una fase di studio di dettaglio, consistente in primo luogo nell'analisi foto interpretativa e nel rilevamento di superficie.

Nel dettaglio il lavoro ha previsto una prima fase di analisi, basata su:

- lo studio della documentazione redatta nel corso delle precedenti fasi progettuali;
- la consultazione di documentazione bibliografica reperita presso Enti di Ricerca e Amministrazioni;
- fotointerpretazione di fotogrammi di riprese aeree o immagini satellitari effettuate in passato.

I risultati di tale analisi sono stati quindi verificati ed integrati con quelli dall'indagine geologica, costituita dal rilevamento geologico e morfologico di campagna, oltre che dai dati emersi dalla campagna integrativa di indagini geognostiche realizzate nel 2019. Rispetto al PFTE, è stato così possibile meglio definire la distribuzione spaziale dei litotipi, l'individuazione degli elementi strutturali e morfologici, la caratterizzazione degli elementi geologici e idrogeologici significativi per la successiva descrizione litotecnica.

Gli stessi rilievi di campagna sono stati svolti secondo successive fasi d'approfondimento.

Di seguito sono descritte nel dettaglio le attività sopra elencate per quanto concerne l'approccio metodologico adottato.

Studio del progetto di fattibilità tecnica ed economica ed indagine storica e bibliografica: è stata eseguita un'approfondita disamina della documentazione del PFTE, la cui documentazione è stata analizzata secondo il seguente schema logico, lungo il tracciato ed in specifico per ciascuna opera in progetto:

- ✓ analisi dei risultati della campagna di indagini geognostiche;
- ✓ analisi e confronto delle differenti cartografie ed elaborati tematici (geologia, geomorfologia, idrogeologia);
- ✓ analisi e confronto dei profili tecnici.

Le analisi hanno consentito di condividere gli studi precedenti e di sintetizzare le previsioni relative al contesto geologico, idrogeologico, geomorfologico e geotecnico in base a quanto desumibile e previsto a livello di PFTE e successivamente di individuare, rispetto alle informazioni ed agli scenari in esso delineati, le principali criticità ed incertezze residue. L'approfondimento delle conoscenze è stato eseguito mediante una ulteriore ricerca bibliografica, condotta presso gli istituti universitari e di ricerca e presso gli enti amministrativi e territoriali interessati dall'opera.

In particolare, per quanto concerne l'indagine bibliografica, il materiale consultato è stato reperito presso enti di ricerca (ISPRA, CNR, Università della Calabria), amministrazioni (Centro Cartografico della Regione Calabria, Comune di Vazzano, Provincia di Vibo Valentia) e Autorità di Bacino Distretto Idrografico Appennino Meridionale (ex Autorità di Bacino Regione Calabria); in seno a quest'ultima sono stati visionati gli elaborati del "Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico" (PAI) vigente.

Tutte le informazioni sull'assetto geologico-strutturale, idrogeologico, geomorfologico e ambientale ricavate da questa fase di lavoro, oltre a far comprendere meglio l'assetto territoriale su cui intervenire, sono state utilizzate per calibrare la successiva fase di lavoro.

Rilievi di campagna ed analisi fotointerpretativa: in base alle informazioni acquisite, sono stati effettuati rilievi di campagna preliminari, per una fascia significativa, preceduti ed integrati

PROGETTAZIONE ATI:

dall'analisi fotointerpretativa. Le informazioni ed i dati raccolti hanno così permesso di approfondire la distribuzione spaziale dei litotipi, il modello geologico-stratigrafico, l'assetto geologico-strutturale e verificare gli elementi geomorfologici caratteristici del territorio; in tal modo è stato possibile definire con maggiore dettaglio, il modello geologico, geomorfologico ed idrogeologico da porre a base del progetto.

Indagini geognostiche: indagini geologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche integrative sono state eseguite allo scopo di verificare/integrare il modello geologico e geotecnico a base della progettazione. L'ubicazione dei punti d'indagine è stata definita a valle di specifici sopralluoghi, in modo da ottemperare alle specifiche di capitolato, verificare il quadro informativo disponibile, approfondire gli studi relativamente a quelle aree e/o aspetti che in sede di PFTE evidenziano le maggiori difficoltà o lacune interpretative. Con l'occasione si è anche proceduto ad una caratterizzazione ambientale delle terre e rocce da scavo.

1.3. RACCOMANDAZIONI E NORMATIVE TECNICHE

La presente relazione e gli studi ad essa associati sono redatti in conformità a quanto previsto dalla normativa tecnica, fra cui di seguito sono elencati i principali riferimenti:

- R.D.3267/23: "Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani".
- L. 10/05/76 n. 319: "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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- L. 08/08/1985 n. 431: "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 27 giugno 1985, n. 312, recante disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale (G.U. 22 agosto 1985, n. 197)";
- L. 08/07/86 n. 349: "Istituzione del Ministero dell'Ambiente e norme in materia di danno ambientale";
- D.M. 11/03/88: "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce.";
- D.P.R. 24/05/88 n. 236: "Attuazione della direttiva CEE n. 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano", ai sensi dell'art. 15 della legge 183 del 16/04/1987;
- L. 18/05/89 n. 183: "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo";
- D.P.C.M. 23/03/1990: "Atto di indirizzo e coordinamento a fini della elaborazione e adozione degli schemi previsionali e programmatici di cui all'art. 31 della legge 18 maggio 1989, n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo";
- L. 07/08/1990 n.253: "Disposizioni integrative alla legge 18 maggio 1989 n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo";
- L. 06/12/91 n. 394: "Legge quadro sulle aree protette";
- D.P.R. 07/01/1992: "Programmazione attività conoscitive";

PROGETTAZIONE ATI:

- D.P.R. 14/04/1993: "Criteri e modalità per la redazione dei programmi di manutenzione idraulica";
- L. 05/01/1994 n. 37: "Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche L. 5 gennaio 1994, n. 36. Disposizioni in materia di risorse idriche";
- D.P.R. 14/04/1994: "Delimitazione bacini";
- D.P.R. 18/07/1995: "Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei piani di bacino";
- L.R. 29/11/1996 n.35: "Costituzione dell'Autorità di Bacino Regionale in attuazione della legge 18 maggio 1989, n. 183 e successive modificazioni ed integrazioni";
- D.M. 14/02/1997: "Direttive tecniche per l'individuazione perimetrazione, da parte delle regioni delle aree a rischio idrogeologico";
- L.R. del 03/08/1998 n°267: "Programma Regionale di difesa del suolo";
- D.L. 11/06/1998, n. 180: "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania";
- L. 03/08/1998 n. 267: "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180, recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania";
- D.P.C.M. 29/09/1998: "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180".
- D.L. 11/05/99 n. 152: "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della Direttiva CEE 91/271 e 91/676";
- L. 13/07/1999 n. 226 (G.U. 14.07.1999, n. 112): "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto - legge 13 maggio 1999, n.132, recante interventi urgenti in materia di protezione civile." (in vigore dal 15.7.1999);
- D.L. 18/08/2000 n. 258: "Disposizioni correttive ed integrative del D.L. 152/99";
- L. 11/12/2000 n. 365: "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 12 ottobre 2000, n. 279, recante interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile, nonché' a favore delle zone della regione Calabria danneggiate dalle calamità idrogeologiche di settembre ed ottobre 2000";
- L. 23/03/2001 n. 93: "Disposizioni in campo ambientale";
- D.G.R. 31/07/2002 n.20: "Approvazione/Adozione Linee Guida PAI".
- D.P.R 6 giugno 2001 n. 380: "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia";

- D.M. 18/09/2001 n. 468: "Regolamento recante programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale";
- L.R. 16/04/2002 n. 19: "Norme per la tutela, governo ed uso del territorio - Legge Urbanistica della Calabria";
- D.L. 03/04/2006 n. 152: "Norme in materia ambientale";
- L.R. 11/05/2007 n. 9" Provvedimento generale recante norme di tipo ordinamentale e finanziario (collegato alla manovra di finanza regionale per l'anno 2007 Art. 3, comma 4, della Legge regionale n. 8/2002)";
- O.P.C.M. 13/11/2010 n. 3907: "Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico";
- R.R. n. 7 del 28 giugno 2012 s.m.i. "Procedure per la denuncia, il deposito e l'autorizzazione di interventi di carattere strutturale e per la pianificazione territoriale in prospettiva sismica di cui alla L.R. n. 35 del 19 ottobre 2009 s.m.i." (testo coordinato con le modifiche ed integrazioni di cui al R.R. n. 3 del 24.02.2014 approvato con delibera G.R. n° 51 del 20.02.2014 pubblicato sul BURC parte I n. 9 del 03.03.2014 ripubblicato con avviso di errata corrige sul BURC parte I n. 10 del 5.03.2014);
- L.R. 28/12/2015, n. 37: "Modifica alla legge regionale n. 35 del 19 ottobre 2009 e s.m.i. (Procedure per la denuncia degli interventi di carattere strutturale e per la pianificazione territoriale in prospettiva sismica)".
- R.R. n.15 del 29/11/2016 "Procedure per la denuncia, il deposito e l'autorizzazione di interventi di carattere strutturale e per la pianificazione territoriale in prospettiva sismica" di cui alla legge regionale n. 37 del 28 dicembre 2015".
- DM 17/01/2018: Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni.

2. DESCRIZIONE GENERALE DEL TRACCIATO

Il progetto stradale in oggetto fa parte degli interventi finalizzati alla costruzione della nuova S.S.182, infrastruttura di nuova costruzione a valenza regionale ed interregionale, che potenzia il collegamento tra il versante tirrenico e quello ionico della Calabria.

Il Lotto in oggetto ricade nel comune di Vazzano (VV), in Provincia di Vibo Valentia e interessa l'area del Colle dello Scornari che separa la vallata del fiume Mesima da quella del fiume Scornari.

L'intervento si configura come un adeguamento in sede in quanto completa e finalizza i lavori di un precedente appalto, non completato, della Provincia di Vibo Valentia.

In ragione di ciò, il progetto si sviluppa, per la maggior parte, all'interno delle aree già individuate ed acquisite dal precedente Soggetto Attuatore.

Il tracciato nella parte iniziale si allaccia con un tratto di raccordo di circa 146 m al precedente lotto (Serre – Scornari) già realizzato e collegato in via provvisoria ad una viabilità comunale, mentre nella parte finale, lato Vazzano, termina, dopo uno sviluppo di circa 1.276 m con un'intersezione a rotatoria che permette la riconnessione alla viabilità secondaria esistente ed al tratto successivo della nuova SS 182 già adeguato.

Lo sviluppo complessivo dell'intervento è pari a circa 1.422 m.

Altimetricamente il tracciato, dovendo superare il dislivello generato dal "Colle dello Scornari", è caratterizzato da un tratto prevalentemente in salita (nel verso crescente delle progressive) con pendenze dell'ordine del 7% (limite di normativa) fino alla progr. 0+600 circa da cui ha inizio un raccordo verticale convesso con R= 4.050 m in corrispondenza al tratto di scavalco del colle, in cui è prevista la realizzazione della galleria Artificiale di 370 m, l'opera d'arte più importante dell'intervento.

Alla galleria segue il tratto finale in discesa per il raccordo alla viabilità esistente con pendenze del 4,2 % fino alla rotatoria finale.

Lungo il tracciato, nei tratti in cui l'asse è contraddistinto da configurazioni di mezza costa e trincea, sono state previste opere di contenimento e di presidio dei versanti. Nella seguente tabella si riporta un elenco di opere previste:

da prog.	a prog.	Tipologia
0+040	0+300	Paratia di pali in dx
0+400	0+550	Paratia di pali in sx Interventi di protezione scarpate
0+550	0+590	Paratia di pali per realizzazione GA – tipo scatolare
0+920	0+960	Paratia di pali in sx
0+920	1+000	Paratia di pali in dx
1+000	1+020	Muro in c.a.

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di studio ricade nel settore centro-meridionale della Regione Calabria e, più precisamente, nel territorio comunale di Vazzano (VV).

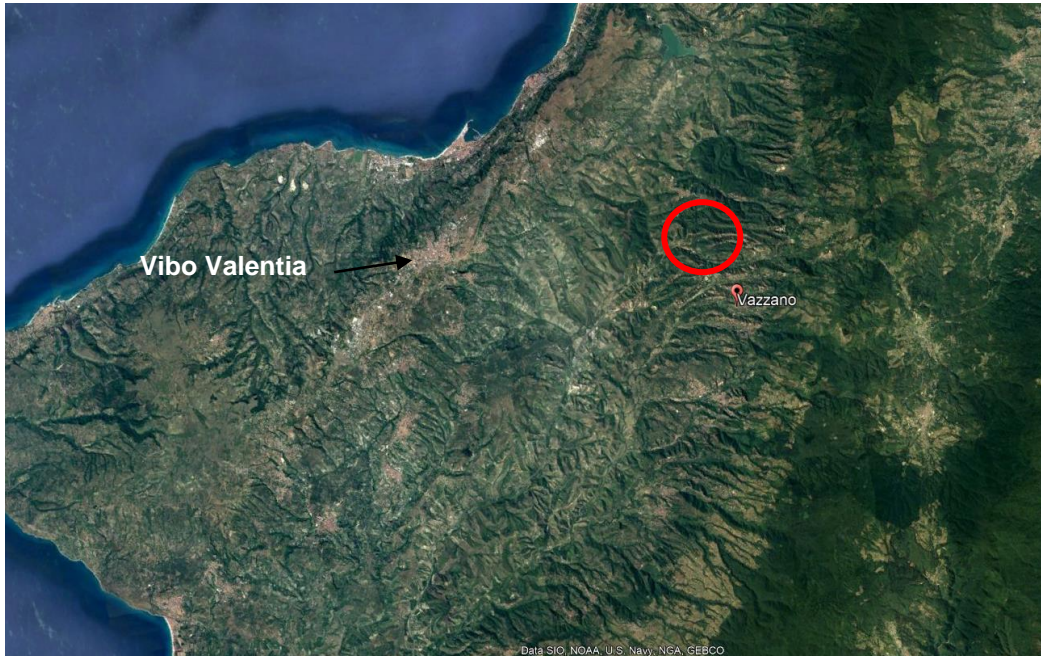


Figura 3.1 – Ubicazione dell'area di interesse da immagine satellitare (fonte Google Earth)

Dal punto di vista cartografico, il sito di interesse rientra all'interno del Foglio 579 "Vibo Valentia" della nuova carta Topografica d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.) in scala 1:50.000 (Serie 50) e nella Sezione 579 II "San Nicola da Crissa" in scala 1:25.000 (Serie 25).

Con riferimento alla Carta Tecnica della Regione Calabria, l'area è individuabile negli elementi 579112, 579113, 579151 e 579154 in scala 1:5.000.

L'area di studio si inserisce in un territorio prevalentemente collinare con presenza di incisioni torrentizie e superfici terrazzate. In particolare, il tracciato si sviluppa ai margini del fondovalle del Fiume Mesima, per giungere, infine, al fondovalle del Torrente Scornari.

4. QUADRO GEOLOGICO GENERALE

4.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE ED EVOLUZIONE GEODINAMICA

Da un punto di vista geologico, l'area di studio è localizzata nella porzione mediana dell'Arco Calabro e più precisamente in posizione intermedia fra il sistema costiero tirrenico del vibonese e le propaggini sudoccidentali del massiccio delle Serre.

L'Arco Calabro, di natura prevalentemente cristallina, consiste in una catena a falde di ricoprimento a doppia vergenza, rispettivamente, africana ed europea (Amodio-Morelli *et alii*, 1976; Scandone 1979; Bonardi *et alii*, 1982; Tortorici, 1982); in letteratura sono presenti numerosi modelli, alcuni contrastanti, che ne delineano l'evoluzione geodinamica. Complessivamente, gli autori sono concordi nel ritenere che la genesi dell'Arco Calabro Peloritano, che ha caratterizzato l'evoluzione del Mediterraneo centrale durante le fasi pre-oligoceniche, sia legata ad un movimento di tipo compressivo verso SE che, durante l'Oligocene-Miocene Inferiore, ha determinato il sovrascorrimento delle unità cristalline calabride sulle unità sedimentarie dell'avampaese della placca africana e del suo promontorio apulo (Haccard *et alii*, 1972; Alvarez, 1976; Amodio-Morelli *et alii*, 1976; Tortorici, 1982; Bonardi *et alii*, 2001).

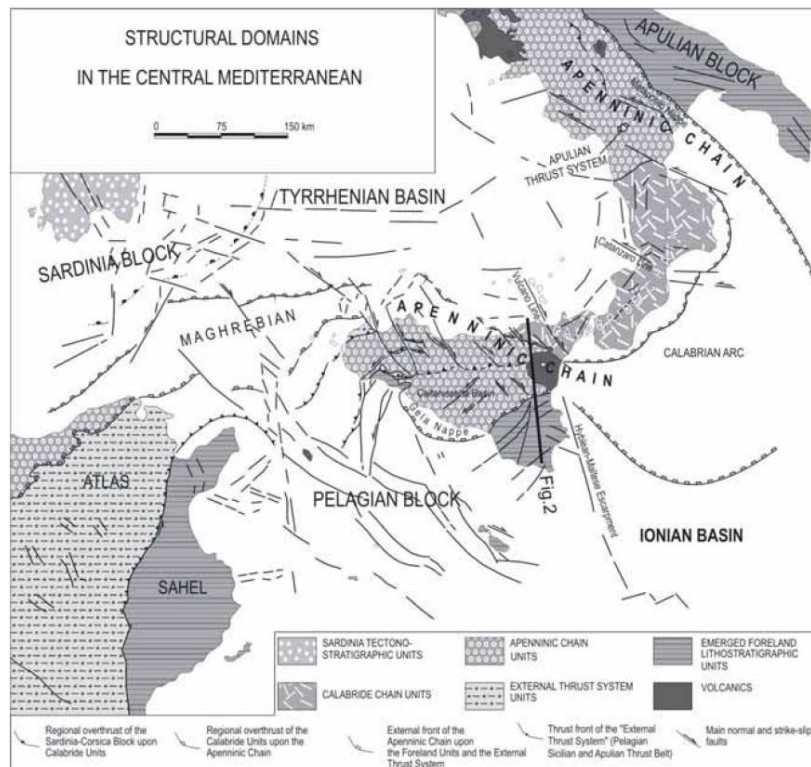


Figura 4.1 – Schema tettonico dell'orogene appenninco-maghebride (da Lentini *et alii*, 1996,2006)

La storia evolutiva post-oligocenica dell'Arco Calabro Peloritano è caratterizzata da una tettonica essenzialmente di tipo estensionale, che ha contribuito all'attuale conformazione e disposizione delle unità tettono-stratigrafiche dell'orogene, determinando, inoltre, l'apertura del Bacino di retroarco Tirrenico (Malinverno & Ryan, 1986; Dewey *et alii*, 1989; Decandia *et alii*, 1988).

A partire dal Miocene Medio, l'evoluzione geodinamica dell'orogene calabro è governata da una tettonica prevalentemente trascorrente (Van Dijk *et alii*, 2000), legata alla progressiva migrazione dell'Arco Calabro verso SE, lungo sistemi di faglia a carattere regionale orientati NO-SE e ONO-ESE, caratterizzati da movimenti a trascorrenza sinistra e destra, rispettivamente, nel settore

PROGETTAZIONE ATI:

settentrionale e meridionale (Ghisetti & Vezzani, 1981; Rehault et alii, 1987; Turco et alii, 1990; Knott & Turco, 1991; Monaco & Tansi, 1992; Catalano et alii, 1993; Critelli, 1999; Tansi et alii, 2007). Durante il Neogene-Quaternario, infatti, l'individuazione di zone di taglio crostali, con aree in transtensione e transpressione, determina la dislocazione della catena a falde dell'Arco Calabro Peloritano e condiziona l'apertura e l'evoluzione dei bacini neogenici peritirrenici, tra cui il Bacino del Mesima. Sistemi trascorrenti trasversali sono descritti da Turco et alii (1990) in tutto l'Appennino meridionale, mentre Van Dijk et alii (2000), sulla base di studi strutturali, unitamente a dati sismici e di pozzi, e recentemente Tansi et alii (2007), definiscono in maniera più approfondita la geometria e la cronologia delle zone di taglio.

A partire dal Pleistocene Medio, movimenti estensionali sono indotti da un generale sollevamento della catena (Cello et alii, 1982; Gasparini et alii, 1982; Tortorici et alii, 1995; Tansi et alii, 2007), probabilmente legato al riequilibrio isostatico prodotto dall'arretramento dello slab ionico (Tortorici et alii, 1995; Monaco et alii, 1996); l'intenso sollevamento tettonico è testimoniato dallo sviluppo di numerosi terrazzi marini, lungo la costa tirrenica calabra (Carobene & Dai Pra, 1990; Westaway, 1993).

Il comparto di interesse rientra nel marginalmente nel settore meridionale dell'Arco Calabro, costituito nella sua porzione più profonda, dall'Unità di Longi Taormina che affiora in posizione frontale lungo il margine meridionale, caratterizzato principalmente metamorfiti erciniche: semiscisti con intercalazioni di quarziti, metareniti e metacalcari (Atzori & Vezzani, 1994).

Sopra questa unità troviamo quella di Mandanici che affiora al centro dei Peloritani, composta essenzialmente da filladi con intercalazioni di quarziti e calcari. L'unità geometricamente più elevata di questa porzione è l'Unità dell'Aspromonte, formata da paragneiss e micascisti, mentre nelle Serre e nell'Aspromonte l'unità più bassa è quella di Africo e Cardeto (anche dette Unità della Madonna di Polsi, essenzialmente filladi e scisti), su cui poggia l'Unità dell'Aspromonte.

In posizione apicale nelle Serre meridionali e nell'Aspromonte troviamo l'Unità di Stilo che poggia tettonicamente sull'Unità dell'Aspromonte (Bonardi et alii, 1979) ed è composta prevalentemente da paragneiss, micascisti, anfiboli e filladi con intercalazioni di metareniti e metacalcari di basso grado metamorfico. La copertura, affiorante per lo più sulle Serre, è costituita da una successione calcareo-dolomitica con età Triassica-Cretacea (Roda, 1965; Bonardi et alii, 1980). Sull'edificio a falde si deposita tra l'Aquitaniense e il Langhiano la Formazione arenaceo-conglomeratica di Stilo-Capo d'Orlando, che affiora quasi ininterrottamente dalle Serre fino ai Peloritani (Bonardi et alii, 1980).

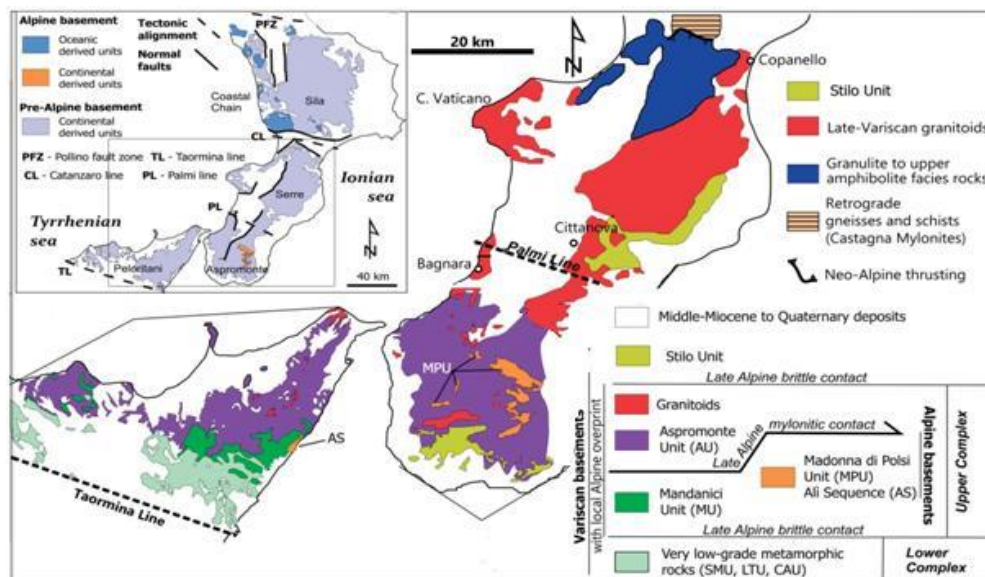


Figura 4.2 - Schema geologico-strutturale del settore meridionale dell'Arco Calabro-Peloritano (da Cirrincione et alii, 2015, modificato).

PROGETTAZIONE ATI:

Da un punto di vista strutturale, con riferimento al settore meridionale, nella complessa architettura geodinamica del Mediterraneo la contemporanea presenza della zona di rifting continentale attivo e dell'uplift regionale appare profondamente influenzata dall'evoluzione del piano di subduzione calabrese (slab). Questo assetto geodinamico porta alla formazione di una serie di sistemi di faglie disposti longitudinalmente e trasversalmente rispetto all'Arco Calabro stesso. I sistemi organizzati trasversalmente rispetto alle direttrici strutturali della catena hanno direzioni WNW-ESE, queste interrompono la continuità della stessa, fungendo da svincolo tra le diverse porzioni dell'Arco; mentre i lineamenti strutturali con orientazione compresa tra N-S e NE-SW, sono legati all'apertura dei Tirreno meridionale (Rift Siculo Calabro, Tortorici, et alii, 2000), originatisi durante una delle ultime fasi estensionali pleistoceniche. A queste strutture sono associati forti terremoti storici con magnitudo anche maggiore di 7.0 e che spesso hanno causato fagliazione cosismica in superficie, tsunami e grosse frane (Bianca et alii, 2011, Polonia et alii, 2012).

Questi due diversi sistemi strutturali sono, i principali responsabili dell'apertura di importanti bacini sedimentari nel settore meridionale, disposti longitudinalmente (bacini del Mesima, di Gioia, di Capo Spartivento o Peri-Ionici,) e trasversalmente (stretta di Catanzaro, fossa di Siderno) all'asse della catena calabra. Tali bacini sono delimitati dagli "horst" (alti strutturali) delle Serre e dell'Aspromonte. L'insieme dei blocchi, oltre ad essere troncati in corrispondenza del suo lato occidentale, nella fattispecie dalla Fossa del Mesima, sono interessati da numerose faglie longitudinali che determinano il sollevamento della struttura cristallina Aspromonte-Serre.

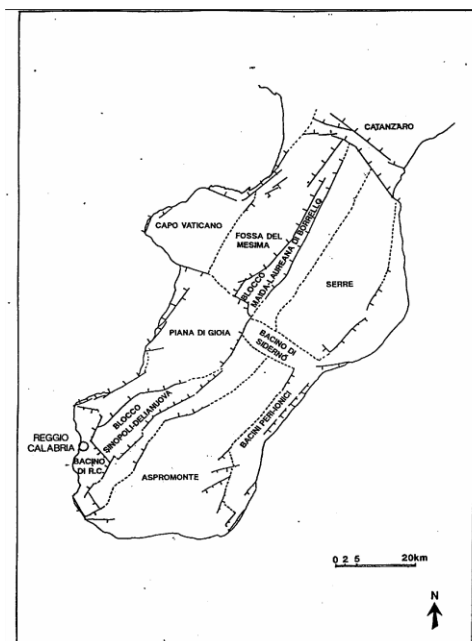


Figura 4.3 - Principali elementi strutturali dell'Arco Calabro Meridionale (da Ghisetti et alii, 1996).

Relativamente all'area di interesse, ai fini del presente lavoro, il Complesso Post-Orogeno è rappresentato dai depositi sedimentari appartenenti al riempimento del Bacino del Mesima.

La valle del fiume Mesima separa il Monte Poro dalla Catena delle Serre, ed è impostata lungo una depressione tettonica orientata NE-SW (letto, 1975); la morfologia è rappresentata da una serie di colline degradanti verso l'asse della valle. In questa zona sono presenti superfici terrazzate marine distinte in tre ordini. Il margine orientale della fossa del Mesima è delimitato dal sistema di faglie Maida Laureana di Borrello, costituito da piani a direzione media da N 30/40°E a NS/10°E; che abbassano, rispetto al basamento cristallino, secondo meccanismi normali e con rigetti di diverse centinaia di metri, le successioni argillose-conglomeratiche- sabbiose del Pliocene medio-superiore- Calabriano ed i terreni continentali medio-suprapleistocenici del bacino del Mesima.

PROGETTAZIONE ATI:

4.2. RILEVAMENTO GEOLOGICO

Questo settore della Calabria si colloca in posizione intermedia fra il sistema costiero tirrenico del vibonese e le propaggini sudoccidentali del massiccio delle Serre, presenti verso est e nordest e costituite in gran parte dai termini del Complesso Calabride, caratterizzato da un complesso di falde di basamento con differenti coperture. In questa fascia intermedia sono compresi, pertanto, terreni riferibili al Complesso Postorogeno, costituito dalle unità sedimentarie che hanno progressivamente operato il colmamento dei bacini pliocenico-calabriani.

Il rilevamento di campagna è stato svolto attraverso il susseguirsi di diverse fasi, con lo scopo finale di raccogliere informazioni circa la costituzione geologica dell'area in esame, definendone la natura litologica dei terreni affioranti ed i loro rapporti laterali e verticali, ovvero riconoscendo le diverse unità geologiche, nonché i loro limiti geologici. I depositi del ciclo plioleistocenico comprendono un potente spessore di unità, prevalentemente terrigene (in gran parte pelitiche, subordinatamente psammitico-psefitiche) disposte, globalmente, in assetto suborizzontale o debolmente monoclinale.

Il lavoro è stato svolto seguendo una successione coordinata di diverse fasi propedeutiche, partendo da una preliminare raccolta del maggior numero di informazioni sull'area in esame, attraverso il reperimento di carte topografiche, carte geologiche e foto aeree. Parallelamente, sono state studiate numerose pubblicazioni scientifiche riferite al territorio di interesse e prima di procedere al rilevamento vero e proprio, si è preceduto con l'analisi fotointerpretativa, al fine di riconoscere i lineamenti principali e di ottenere indicazioni geolitologiche, dedotte dalla conformazione geomorfologica del territorio.

Complessivamente, il rilevamento geologico di campagna, al termine del quale è stata redatta la cartografia geologica, è stato condotto al fine di ricostruire i rapporti tra le formazioni geologiche individuate, nonché i loro limiti stratigrafici e tettonici. Inoltre, si è cercato di raccogliere il maggior numero di informazioni possibili, al fine di acquisire dati quali litologia, tessitura, stratificazione, grado di cementazione e rapporti giaciture.

Tutti i dati raccolti sono stati, poi, confrontati ed integrati con quelli scaturiti dalle campagne di indagini pregresse ed integrative.

Dunque, a seguito del rilevamento geologico di dettaglio e delle indagini geognostiche eseguite nelle diverse fasi, sono state individuate le formazioni geologiche affioranti nell'area in esame, con particolare attenzione a quelle affioranti lungo il tracciato stradale in progetto.

Per il rilevamento geologico, oltre alle cartografie geologiche delle precedenti fasi progettuali, si è fatto riferimento alla Carta Geologica della Calabria (Foglio 246 I NO "Soriano Calabro").

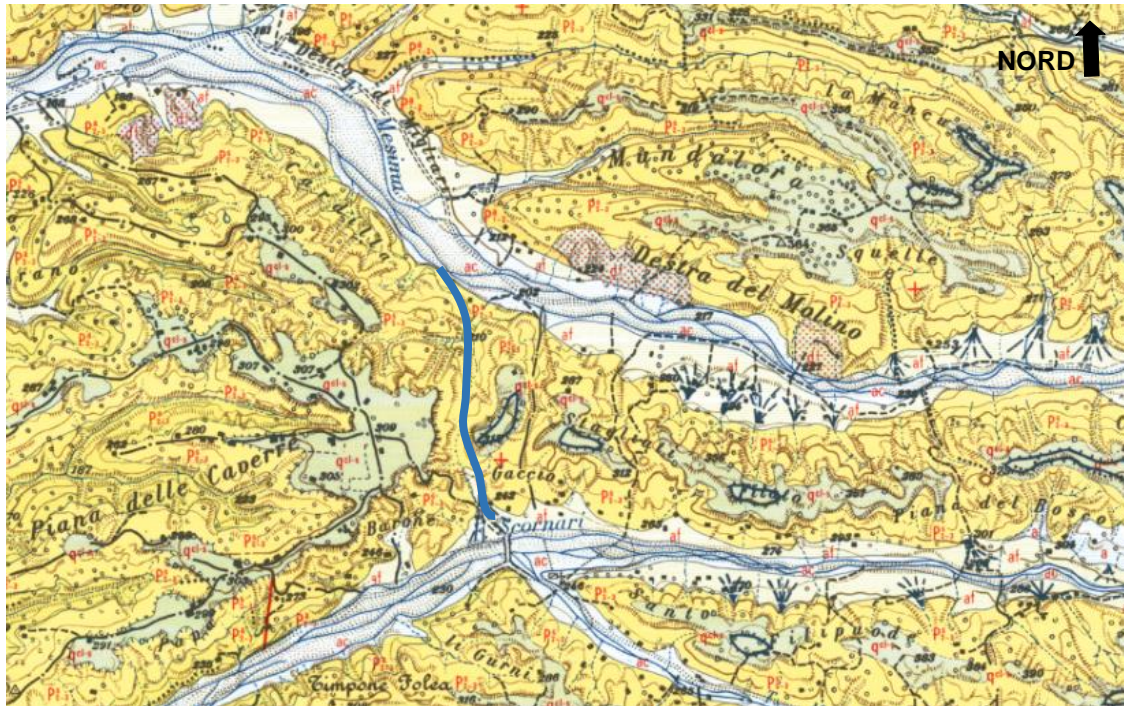
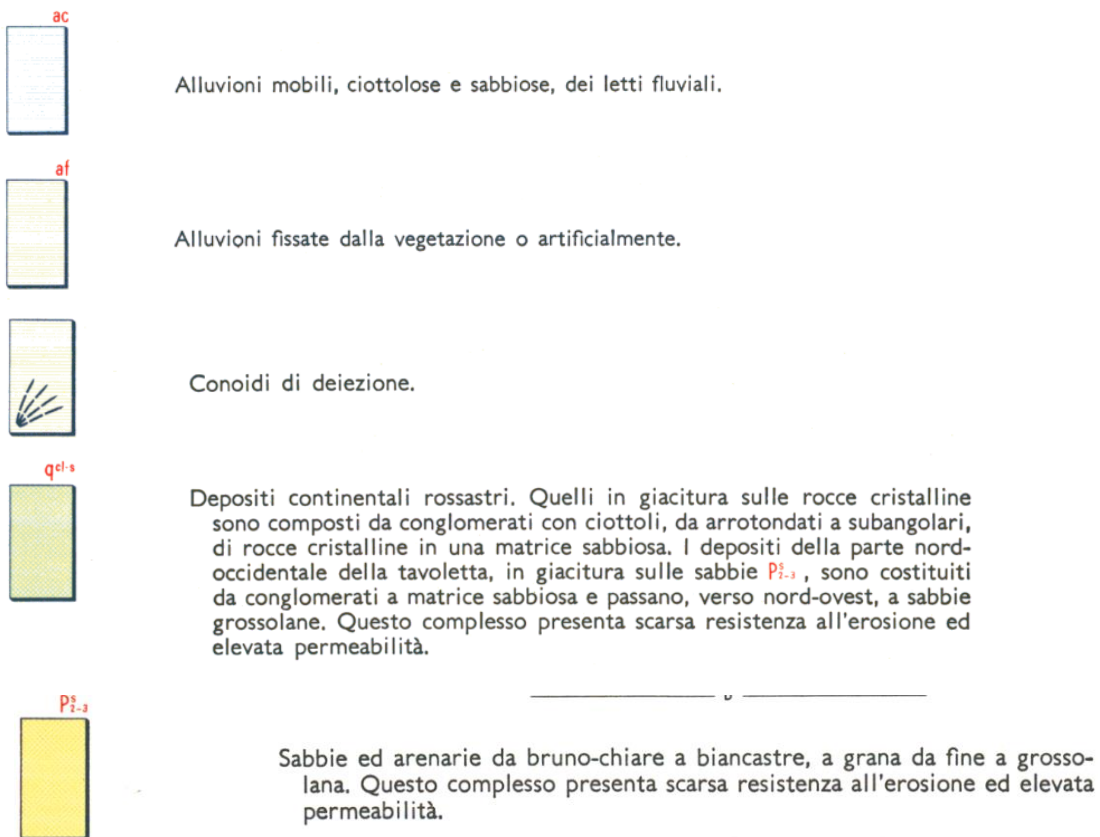


Figura 4.4 - Stralcio della Carta Geologica della Calabria (Fogli 246 I NO "Soriano Calabro"), sul quale è riportata indicativamente l'ubicazione del tracciato stradale in progetto.



PROGETTAZIONE ATI:

4.3. DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI GEOLOGICHE RILEVATE

Gli studi hanno permesso di individuare e cartografare diverse unità geologiche, di seguito descritte dalla più antica alla più recente:

DEPOSITI SEDIMENTARI PLIO-PLEISTOCENICI

Unità Sabbiosa-Limosa (sl): Tale unità geologica risulta la più rappresentativa dell'area di intervento, rappresenta il litotipo prevalente del rilievo "Colle Scornari", e dal punto di vista progettuale sarà intercettata dalla galleria artificiale e dalla paratia con l'estesa riprofilatura a monte, che precede la galleria suddetta. È costituita da sabbie e sabbie limose, talora debolmente argillose, di colore bruno e giallastro, in strati da millimetrici e decimetrici, da sciolti a discretamente cementati. Localmente si rinvencono intercalazioni di limi e limi argillosi di colore bruno e grigio. Questo complesso presenta generalmente una scarsa resistenza all'erosione con grado di permeabilità medio-elevato, in particolare risulta caratterizzato da processi di erosione di tipo lineare, in particolari condizioni di saturazione, principalmente dovute a eventi di precipitazione molto intensi, e sui versanti più acclivi possono generarsi fenomeni di gravitativi superficiali e dalle ridotte estensioni areali.



Foto 4.1 - Affioramento dell'unità sabbioso-limosa

Unità Ghiaiosa-Sabbiosa (gn): Sono depositi di tipo continentale di colore bruno-rossastri, che ricoprono, localmente, le porzioni sommitali dei rilievi presenti, ma esternamente alle aree di intervento. Sono rappresentati prevalentemente da ciottoli e ghiaie poligeniche sub-arrotondate, da poco a discretamente cementate, immerse in matrice sabbioso-limosa. Localmente si rinvencono lenti e/o livelli di sabbie e sabbie limose di colore bruno e rossastro, con ciottoli e ghiaie poligeniche sub-arrotondate.

PROGETTAZIONE ATI:

Tali depositi presentano una scarsa resistenza all'erosione ed una elevata permeabilità. Non essendo litologie direttamente interessate dagli interventi previsti, assumono pertanto una scarsa rilevanza progettuale.



Foto 4.2 – Affioramento dell'unità ghiaiosa-sabbiosa

DEPOSITI OLOCENICI

Depositi alluvionali (ba1 e ba)

Tale formazione comprende prevalentemente i depositi alluvionali attuali del Fiume Mesima e del Torrente Scornari, risultando marginali all'area di intervento, nonché le litologie associate ai tributari degli stessi, riscontrabili prevalentemente nel tratto finale dell'asse stradale in progetto.

Sono stati suddivisi in depositi soggetti continuamente alla rielaborazione fluviale e quindi corrispondenti all'alveo ordinario (ba1) e depositi alluvionali occasionalmente coinvolti dall'azione fluviale e dallo scorrimento dei corsi d'acqua presenti e tributari di quelli principali o comunque depositi alluvionali recenti ma non interessati dalla rielaborazione dei corsi d'acqua (ba).

Sono costituiti, prevalentemente, da sabbie medie e sabbie limose di colore bruno, grigio e giallastro, con ghiaie poligeniche sub-arrotondate e frequenti resti vegetali. Localmente si rinvencono lenti e/o livelli di limi argilloso-sabbiosi di colore grigio e nerastro, e ghiaie poligeniche sub-arrotondate in matrice sabbioso-limosa di colore bruno e grigio. Questa formazione ed in particolare, i depositi relativi al lito tipo "ba", risultano marginalmente interessati dalle opere in progetto, mentre i lito tipi "ba1", non verranno coinvolti dalla realizzazione del tracciato stradale in progetto, in quanto lo stesso si sviluppa nel comparto di fondovalle escluso dall'azione fluviale continua.

Depositi alluvionali terrazzati recenti (bb)

Depositi alluvionali recenti (bb): Sabbie e sabbie limose con livelli di sabbie grossolane e ghiaie e non raramente lenti limo-argillose. Sono ubicati lateralmente ai corsi d'acqua principali, ma fissati dalla vegetazione oppure artificialmente, con presenza di frequenti resti vegetali, pertanto non soggetti all'azione dei corsi d'acqua. Formano corpi sedimentari di dimensioni variabili passando lateralmente e verticalmente a depositi di piana inondabile. Questa unità affiora, in corrispondenza dei corsi d'acqua più estesi e, in particolare, lungo i fondovalle dei Fiumi Mesima e Scornari.

PROGETTAZIONE ATI:

Tali depositi saranno intercettati marginalmente dall'intervento in progetto, principalmente in corrispondenza della parte iniziale e finale del tracciato, nonché per le opere annesse al collegamento con la viabilità comunale.



Foto 4.3 - Alluvioni fissate dalla vegetazione o artificialmente posti nella porzione finale del tracciato in oggetto

Conoidi alluvionali (ca)

Si ritrovano allo sbocco delle valli laterali degli affluenti del Mesima e Scornari, questi ultimi danno origine a piccole conoidi alluvionali costituite da depositi eterometrici ghiaioso-sabbioso-limosi, per lo più ad assetto caotico o caratterizzati da una grossolana stratificazione sub-orizzontale. Tali depositi danno origine ad una topografia a sezione leggermente convessa con spessore maggiore nella parte apicale ed hanno, in pianta, forma a ventaglio. Nella maggioranza dei casi, il riconoscimento di tali depositi è possibile grazie a questa morfologia tipica, poiché l'ambiente di conoide è spesso sede di attività antropica, in quanto come già detto sopra, si tratta di depositi fissati dalla vegetazione o artificialmente. Non saranno intercettati dal tracciato stradale in progetto.

Depositi di frana (a)

Tale unità si rinviene, localmente, in corrispondenza dei versanti più estesi ed acclivi, soprattutto nei settori di affioramento dell'Unità sabbioso-limosa. Si tratta di sabbie limoso-argillose e limi sabbioso-argillosi di colore grigio e giallastro, a struttura caotica o indistinta, con ghiaie poligeniche sub-angolari e frequenti resti vegetali.

La composizione litologica dei depositi, sempre riferibili all'Olocene, risulta comunque variabile in relazione alle caratteristiche del substrato da cui derivano, con locali aumenti delle frazioni grossolane o di quelle più fini.

Alcuni di questi depositi saranno interessati dal tracciato, nello specifico in corrispondenza della paratia posta a monte rispetto al tracciato stradale ovvero nel tratto iniziale di intervento, gli spessori coinvolti risultano anche in questo caso limitati ai livelli superficiali, non pregiudizievoli degli interventi in progetto, interessando direttamente le porzioni alterate e meno addensate della formazione affiorante.



Foto 4.4 - Vista dell'area di distacco di una porzione di versante in frana riscontrabile nella parte iniziale del tracciato.



Foto 4.5 - Porzione del corpo di frana associato ad un movimento gravitativo riscontrabile nel tratto iniziale del tracciato stradale.

Coltre eluvio-colluviale (ec)

L'unità in questione affiora diffusamente in tutta l'area di studio e ricopre quasi ovunque le altre unità geologiche descritte. I depositi più importanti, comunque, si rinvencono in corrispondenza delle parti basse dei rilievi più estesi, dove tali litotipi assumono spessori consistenti, o in alternativa lungo gli impluvi che drenano in corrispondenza dei versanti. Si tratta prevalentemente di sabbie limoso-argillose e subordinatamente di limi -argillosi di colore bruno e grigio, privi di struttura, con livelli ghiaiosi e frequenti resti vegetali.

Molto frequentemente, in corrispondenza degli sbocchi dei valloni principali lungo le aste dei Fiumi Mesima e Scornari, sono presenti modeste conoidi detritico-colluviali originati dall'azione combinata della gravità e del deflusso delle acque correnti superficiali non regolamentate. Anche questa unità,

PROGETTAZIONE ATI:

come la precedente, è riferibile all'Olocene e possiede caratteristiche litologiche fortemente influenzate da quelle del substrato da cui derivano.

Dal punto di vista progettuale tali coperture vengono intercettate marginalmente nel tratto iniziale della galleria artificiale e nel tratto finale dell'intervento.



Foto 4.6 - Accumulo di depositi eluvio-colluviali



Foto 4.7 - Dettaglio granulometrico dei depositi eluvio-colluviale

Riporto antropico (R)

Quest'ultima unità si rinviene, prevalentemente, in corrispondenza delle opere stradali eseguite nel passato, associate alle progettazioni pregresse ed interferenti con l'attuale tracciato in progetto. È costituita da sabbie e sabbie limose di colore bruno e grigio, prive di struttura, con frequenti inclusi lapidei poligenici sub-angolari.

PROGETTAZIONE ATI:



Foto 4.8 – Terreni di riporto antistanti il muro di contenimento esistente posto in corrispondenza del tratto iniziale



Foto 4.9 -Terreni di riporto posti in corrispondenza dell'incrocio con la viabilità comunale esistente

PROGETTAZIONE ATI:

5. GEOMORFOLOGIA

L'intero settore interessato dagli interventi in progetto comprende un sistema collinare poco pronunciato, con quote medie variabili, in prevalenza, tra i 250 ed i 300 m s.l.m., costituito in gran parte da terreni plio-pleistocenici di natura prevalentemente sabbioso limosa -argillosa. Queste colline bordano la valle fluviale del Torrente Mesima, caratterizzata da un decorso arcuato e scorrimento verso sudovest. Il loro profilo regolare culmina, generalmente, con le tipiche strutture geomorfologiche delle aree sommitali, tabulari, correlate a lembi di superfici strutturali, corrispondenti a terrazzi morfologici pleistocenici, residui di una preesistente superficie, in gran parte smantellata dalla successiva azione dei processi erosivi che hanno condotto al modellamento del territorio secondo le linee attuali.

Le acque incanalate naturalmente e la forza di gravità sono gli agenti modellatori principali, sono infatti presenti numerose forme di erosione (forre, fossi di ruscellamento e accenni alle forme tipiche delle "piramidi da terra").

L'intera area è caratterizzata, nei settori di affioramento delle formazioni, sabbiose e argilloso-siltose, da generalizzate manifestazioni di degradazione superficiale dei versanti. Estendendo la visione del comparto territoriale e morfologico ad una scala più piccola, si rileva come la franosità sia localizzata e rappresentata per lo più da fenomeni gravitativi quiescenti e secondariamente attivi (colamenti e frane complesse), questi ultimi non interferenti con il tracciato in progetto, la cui origine è da mettere in relazione in parte alle condizioni morfologiche (versanti più acclivi) in parte all'assetto idrogeologico (rapporti stratigrafici tra litotipi a differente comportamento meccanico-idrogeologico), nonché all'azione di intensa erosione lineare e diffusa ad opera delle acque dilavanti agenti lungo i versanti.

Di seguito si riportano sinteticamente i morfotipi più significativi rilevati nelle diverse fasi progettuali, con particolare riferimento alle caratteristiche morfologiche derivate dallo studio di approfondimento geomorfologico di dettaglio eseguito nella presente fase progettuale a cui si rimanda per una migliore comprensione delle dinamiche geomorfologiche, in quanto risultano compiutamente verificate le condizioni in termini di stabilità generale e relativa alle porzioni di territorio connesse direttamente e indirettamente con la realizzazione delle opere previste in progetto.

Nello specifico le risultanze degli studi sopraccitati sono dettagliatamente esposte e descritte nella "Relazione geomorfologica" corredata dalle Schede di Rilevamento Geomorfologico di Dettaglio", e nella carta geomorfologica emessa nella presente fase progettuale.

- **Forme, depositi e processi dovuti al dilavamento e all'azione delle acque superficiali** e caratterizzati da forme di denudazione ed erosione, ai quali si aggiungono depositi alluvionali associati ai corsi d'acqua permanenti e temporanei. Si distinguono *aree interessate da erosione diffusa*, sottoposte all'azione di fenomeni diversi che tendono a concentrarsi ed a sovrapporsi e *solchi di erosione concentrata* che interessano i versanti nel corso degli eventi meteorici più abbondanti (*gully erosion*).
- **Forme, depositi e processi gravitativi di versante** distinti generalmente in *frana e corpo di frana complessa*, il cui movimento risulta essere la combinazione di due o più dei principali tipi di fenomeni gravitativi, *colamento lento*, caratterizzato da spostamenti lenti di materiali costituenti i versanti, e *area soggetta a deformazione superficiale lenta*, fenomeni di soliflusso e creep.
- **Forme, depositi e processi di origine mista**, in generale, si tratta di elementi originati dall'azione combinata di gravità e acque correnti superficiali. Si distinguono *deposito eluvio-colluviale* e *superfici terrazzate*.
- **Forme antropiche e manufatti**, in genere riporti antropici connessi con le infrastrutture stradali, di argini e canali artificiali collegati alla bonifica idraulica degli alvei più importanti.

6. PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO

Il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (in seguito denominato PAI) approvato con Delibera di Consiglio Regionale n.115 del 28.12.2001 (approvazione/adozione del PAI) e Delibera n.20 del 31.07.2002 (approvazione/adozione Linee Guida PAI), ha valore di piano territoriale di settore e rappresenta lo strumento conoscitivo, normativo e di pianificazione mediante il quale l'Autorità di Bacino Regionale della Calabria (denominata ABR e attualmente soppressa in seguito all'entrata in vigore del D.M. 294/16, con il passaggio delle competenze all'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico Appennino Meridionale) pianifica e programma le azioni e le norme d'uso finalizzate alla salvaguardia delle popolazioni, degli insediamenti, delle infrastrutture e del suolo.

Il PAI persegue l'obiettivo di garantire al territorio di competenza dell'ABR adeguati livelli di sicurezza rispetto all'assetto geomorfologico, alla dinamica dei versanti, al pericolo di frana, all'assetto idraulico dei corsi d'acqua, al pericolo di inondazione, alla dinamica delle linee di rive e al pericolo dell'erosione costiera.

Per ciascuna categoria di rischio (*rischio di frana – rischio di inondazione – rischio di erosione costiera*), all'Art. 8 comma 5 delle Norme di Attuazione, vengono definiti quattro livelli di rischio:

- **R4:** rischio molto elevato
- **R3:** rischio elevato
- **R2:** rischio medio
- **R1:** rischio basso

Le Amministrazioni, gli Enti pubblici ed i soggetti privati sono vincolati al rispetto delle prescrizioni riportate nel PAI.

Nelle aree oggetto del presente studio sono censite sia aree soggette a rischio frana sia aree soggette a rischio d'inondazione; dette aree sono definite dal PAI come riportato di seguito.

Rischio frana: Il PAI negli elaborati grafici relativi alla franosità definisce "aree soggette a rischio" quelle direttamente interessate da un fenomeno gravitativo o limitrofo ad una frana ma comprese in una fascia di rispetto d'ampiezza convenzionale pari a 20 m misurata dal perimetro esterno della frana e che, nello stesso tempo, interessa elementi esposti e vulnerabili (case, strade ecc.).

Rischio d'inondazione: lo studio è rivolto alla valutazione del regime idraulico di un corso d'acqua anche in relazione ad interferenze esercitate da eventuali opere idrauliche presenti o in progetto, con particolare attenzione ai fenomeni di piena. Negli elaborati grafici relativi al rischio idraulico, il PAI oltre alle aree a rischio individua: Aree di Attenzione, Zone di Attenzione e Punti di Attenzione.

RISCHIO FRANE:

Sono stati visionati gli elaborati PAI inerenti il rischio frane del Comune di Vazzano

- *Carta inventario dei centri abitati instabili – Cartografia e classificazione dei fenomeni franosi*
- *Carta inventario delle frane e delle relative aree a rischio.*

Per la maggior estensione dell'area strettamente di interesse, il PAI non fornisce tavole inerenti il rischio frana, solo il tratto finale del tracciato, corrispondente alla zona di fondovalle del Torrente Scornari, rientra all'interno di tali cartografie. In particolare e con riferimento all'area considerata si può enunciare quanto segue:

PROGETTAZIONE ATI:

- *Carta inventario dei centri abitati instabili*: TAV. FCI 102-46 (scala 1:10000); nelle aree strettamente di interesse non sono cartografati fenomeni franosi.



Figura 6.1 - Stralcio "Perimetrazione centri abitati instabili", TAV. FCI 102-46 del Comune di Vazzano.

RISCHIO IDRAULICO:

Sono stati visionati gli elaborati PAI inerenti il rischio idraulico del Comune di Vazzano; in particolare, sono stati analizzati i seguenti elaborati:

- Aree vulnerate ed elementi a rischio: TAV. AV 102-046 (1:25.000); nelle aree strettamente interessate dallo studio in oggetto non sono cartografati fenomeni di inondazione o allagamenti
- Perimetrazione aree a rischio idraulico: TAV. RI 102-046 (1:25.000). Nell'area strettamente in esame non sono stati censiti elementi a rischio e/o aree vulnerate, sono segnalate una zona di attenzione, con presenti n.2 punti di attenzione, in corrispondenza dell'alveo del Torrente Scornari e pertanto marginale alla porzione terminale del tracciato in oggetto, e per il Torrente Mesima, posto nella parte iniziale del tracciato e in corrispondenza del collegamento con la strada comunale, è perimetrata una zona di attenzione, Per le aree di attenzione, secondo Le norme di attuazione e misure di salvaguardia (testo aggiornato alla delibera C.I. n°27 del 02/08/2011) valgono le medesime prescrizioni valide per le aree con rischio R4.

PROGETTAZIONE ATI:

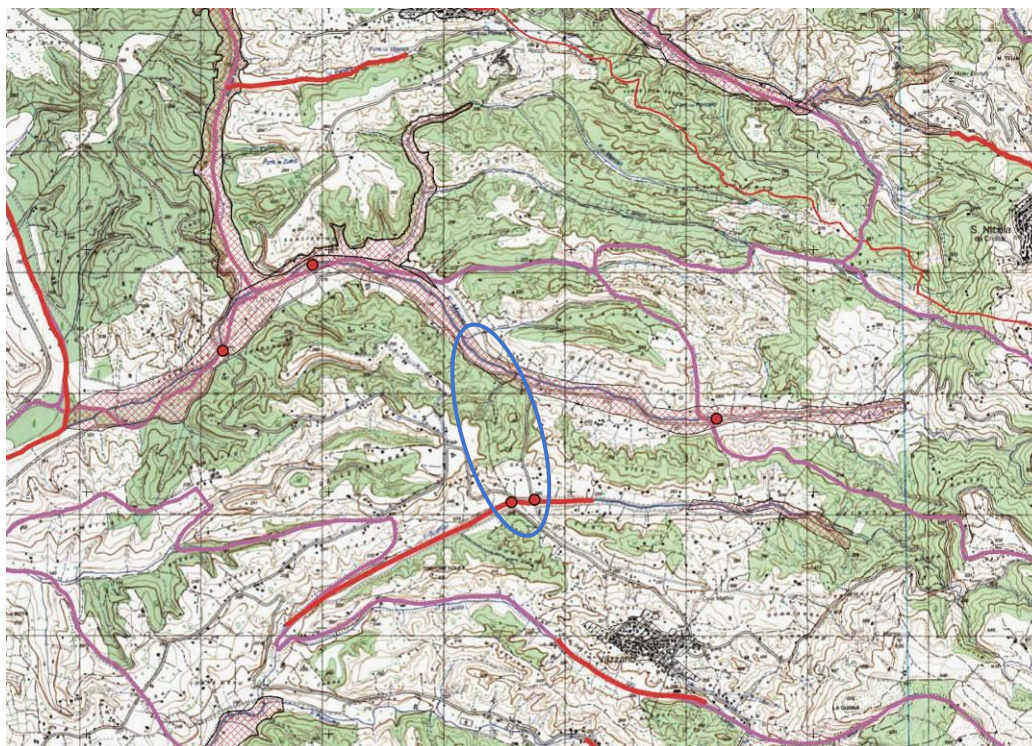


Figura 6.2 - Stralcio "Perimetrazione aree a rischio idraulico", TAV. RI 102-046 del Comune di Vazzano, con indicazione dell'area di intervento (cerchiata in blu)

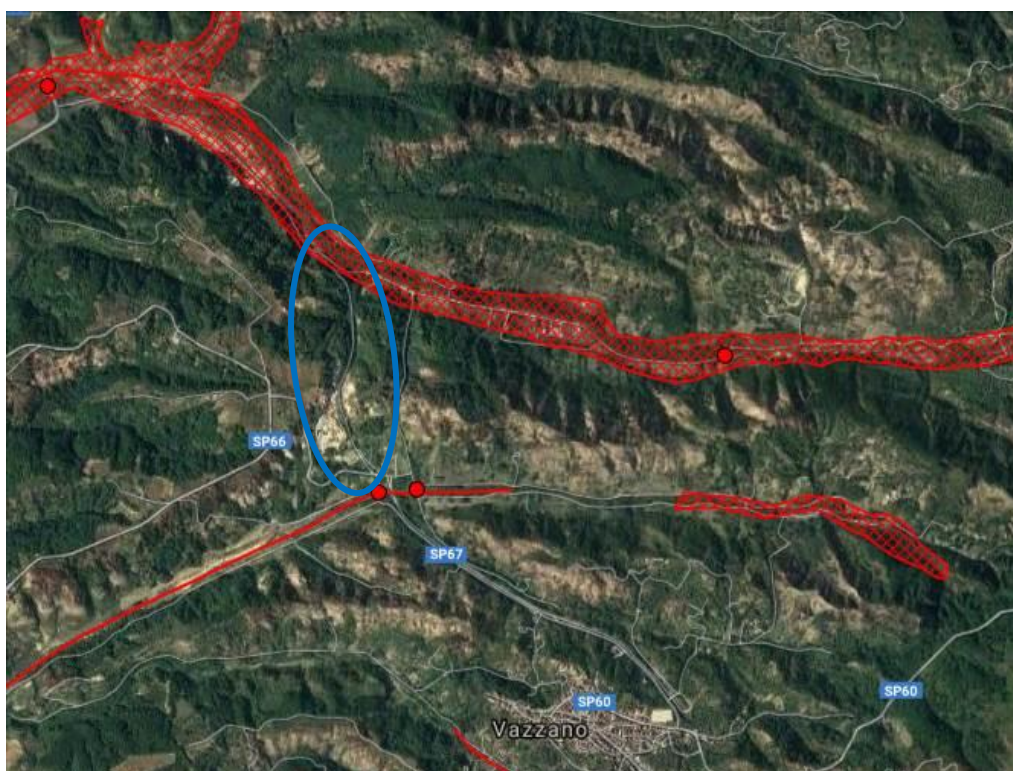


Figura 6.3 - - Stralcio di ortofoto, tratto dal sito webgis dell'Autorità di Bacino della Calabria, dal quale è visibile la zona di attenzione in corrispondenza del Fiume Mesima, interferente con l'area strettamente di interesse

PROGETTAZIONE ATI:

7. IDROGEOLOGIA

7.1. CLIMA

L'analisi del regime pluviometrico dell'area in studio scaturisce da dati di precipitazione, reperiti presso i database dell'ARPACAL, dalla stazione pluviometrica della vicina Pizzoni (VV).

In particolare, per quest'ultima le analisi pluviometriche condotte sul periodo di osservazione 1922-2017 indicano per la precipitazione mensile media, un massimo assoluto in novembre (146.7 mm) ed un minimo assoluto in luglio (30.9 mm); complessivamente, il periodo più piovoso va da novembre a gennaio, mentre, il periodo più arido è compreso tra giugno e agosto; il valore della precipitazione media annua è pari a 1131.2 mm.

Nella tabella seguente, sono riportati i valori delle precipitazioni medie mensili e la media annuale, mentre nei grafici a seguire, sono rappresentati i valori di precipitazione media mensile, la serie mensile e la serie annuale.

Stazione	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media annua
	mm	Mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Pizzoni (1922-2017)	134.1	125.1	111.5	82.0	68.6	35.8	30.9	31.8	91.0	131.6	146.7	142.1	1131.2

Tabella 7-1 - Valori delle precipitazioni medie mensili e annuale per la stazione di Pizzoni (VV).

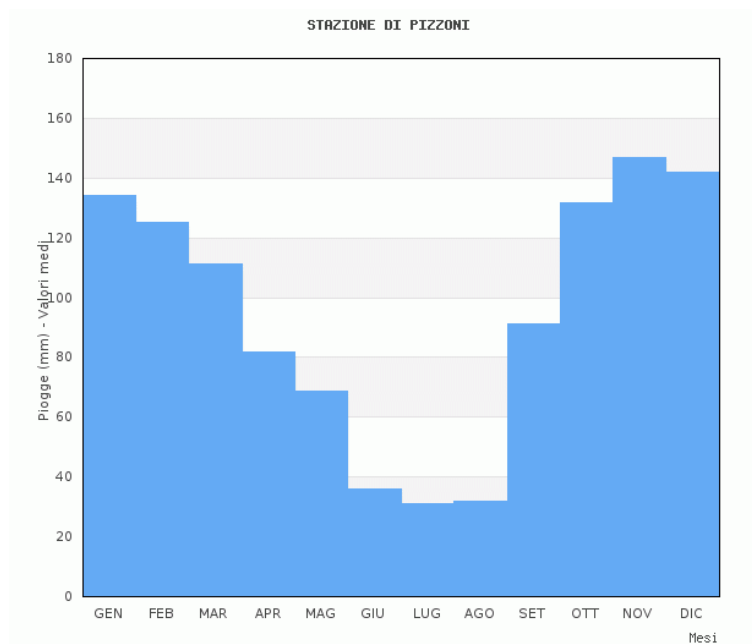


Figura 7.1 - Valori medi mensili di precipitazione riferiti alla stazione di Pizzoni

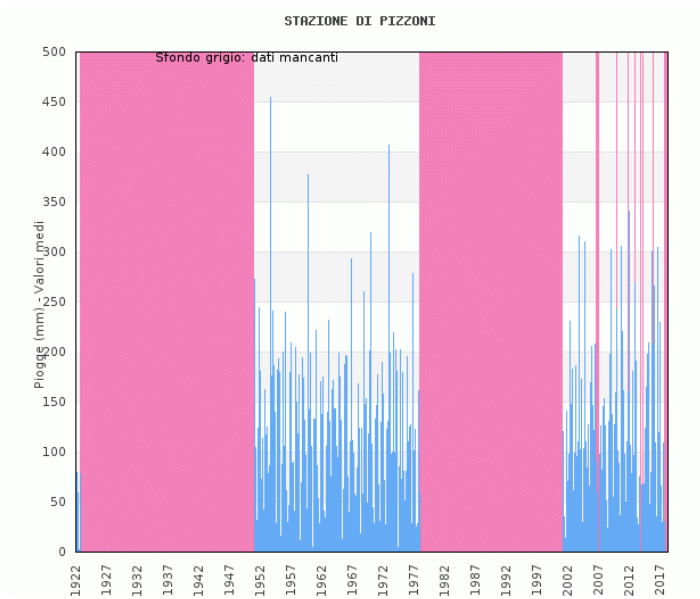


Figura 7.2 - Serie mensile delle precipitazioni riferita alla stazione di Pizzoni (VV)

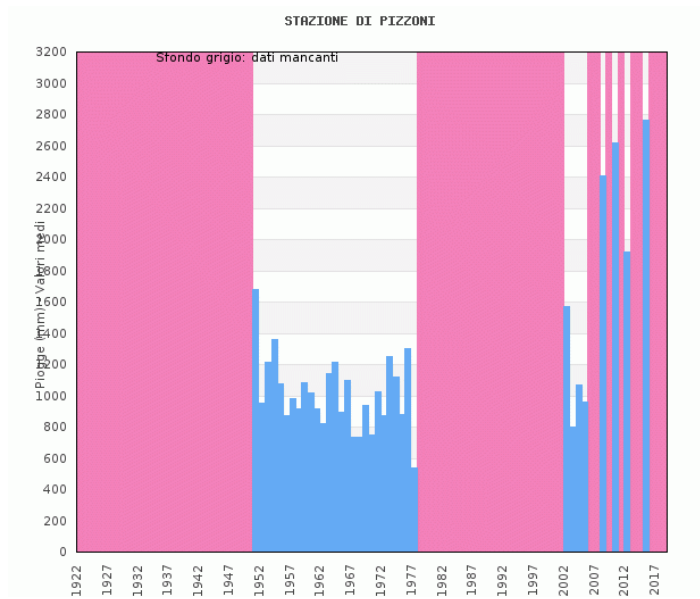


Figura 7.3 - Serie annuale delle precipitazioni riferita alla stazione di Pizzoni (VV)

PROGETTAZIONE ATI:

7.2. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA

Per una caratterizzazione idrogeologica dei terreni affioranti nell'area in studio, le formazioni presenti sono state raggruppate in complessi idrogeologici, aventi grado di permeabilità omogeneo. I fattori che condizionano la circolazione idrica sotterranea sono molteplici, ma tutti riconducibili alle caratteristiche idrogeologiche dei terreni; queste ultime sono state stimate in fase di rilevamento in maniera qualitativa ed integrate sulla base dei riscontri delle prove in sito effettuate nel corso delle indagini geognostiche eseguite.

Com'è noto le proprietà idrogeologiche dei terreni valutabili qualitativamente durante le fasi di rilevamento di campagna sono: il tipo di permeabilità, identificabile nella natura genetica dei meati (primaria o per porosità, e secondaria o per fessurazione, ed il grado di permeabilità relativa definibile in prima analisi attraverso le categorie elevato, medio, scarso e impermeabile a cui sono associabili ampi intervalli di variazione del valore della conducibilità idraulica, (Civita, 1973; Bureau of Reclamation, 1985; Celico, 1988).

Nel territorio in esame la circolazione idrica sotterranea è influenzata dalla successione di terreni caratterizzati da valori di permeabilità variabili.

L'evoluzione geologico-geomorfologica dell'area in esame ha portato alla formazione dei complessi idrogeologici di seguito descritti, la cui distribuzione spaziale è riportata nella cartografia idrogeologica allegata.

Nell'area in esame sono stati distinti e cartografati quattro complessi idrogeologici, distinguibili sulla base delle loro differenti caratteristiche di permeabilità e del tipo di circolazione idrica profonda che li caratterizza (Celico, 1986; 2003).

Complesso detritico-colluviale e di copertura: Tale complesso raggruppa le coltri di natura eluvio-colluviale (formazione "ec"), i depositi di frana (formazione "a") e le coperture associate ai materiali di riporto (formazione "r"), caratterizzati da un grado di permeabilità variabile. Questo complesso è prevalentemente costituito da sabbie limose e limi sabbiosi, talora argillosi, con ghiaie poligeniche sub-angolari e frequenti resti vegetali. È possibile la presenza di una falda occasionale a superficie libera con spessore, estensione ed importanza ridotti. La permeabilità per porosità è variabile da bassa a discreta. A tale complesso si può attribuire, quindi, un coefficiente di permeabilità k variabile da 1×10^{-7} e 1×10^{-4} m/s (Casadio & Elmi, 1999).

Complesso alluvionale: è rappresentato in superficie dalle alluvioni mobili associate alla continua rielaborazione dell'azione fluviale (litotipo "b1") e da quelli meno recenti (ba) associati anche ai corsi d'acqua con stato temporaneo; a tali litotipi si aggiungono i depositi alluvionali stabilizzati ad oggi esclusi dall'azione fluviale (formazioni "bb" e "ca").

Tale complesso è composto da ciottoli, da sabbie e sabbie limose, con ghiaie poligeniche sub-arrotondate, e lenti e/o livelli di limi argilloso-sabbiosi e ghiaie poligeniche sub-arrotondate in matrice sabbioso-limosa. È probabile la presenza di una falda a superficie libera con spessore ed importanza discreti, ma con estensione variabile, in funzione dell'ampiezza dei depositi. La permeabilità per porosità è variabile da bassa a buona. Difatti il tetto della falda (libera) presenta profondità molto variabile a seconda della distanza dall'alveo. Con riferimento al comparto di interesse ai fini del presente lavoro, lo spessore massimo del complesso, che diminuisce procedendo verso i settori collinari, è complessivamente dell'ordine di 5-15m; il tracciato stradale in progetto intercetta in modo marginale tale complesso per i tratti iniziali e terminali.

Per tali terreni si può così attribuire un coefficiente di permeabilità k compreso tra 1×10^{-6} e 1×10^{-3} m/s (Casadio & Elmi, 1999).

Complesso ghiaioso – sabbioso: è rappresentato dai depositi associati alla sommità dei rilievi (formazione “gn”). Il suddetto complesso è costituito da ciottoli e ghiaie sub-arrotondate, da poco a discretamente cementate, immerse in matrice sabbioso-limosa talora predominante. È possibile la presenza di una falda a superficie libera con spessore, estensione ed importanza generalmente ridotti.

La permeabilità per porosità è variabile da discreta a buona mentre la permeabilità per fessurazione è generalmente bassa. A tale complesso si può attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile da 1×10^{-5} e 1×10^{-2} m/s (Casadio & Elmi, 1999). Tale complesso non assume alcuna rilevanza ai fini del presente studio, in quanto non verrà interessato dagli interventi in progetto

Complesso sabbioso – limoso: Questo complesso è associato all'unità geologica sabbioso – limosa (Formazione “sl”), composto da sabbie e sabbie limose, talora debolmente argillose, da sciolte a discretamente cementate, con locali intercalazioni di limi e limi argillosi. È confermata la presenza di una falda a superficie libera con spessore, estensione ed importanza discreti. La permeabilità per porosità è variabile da bassa a buona mentre la permeabilità per fessurazione è generalmente bassa. A tale complesso si può attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile da 1×10^{-6} e 1×10^{-3} m/s (Casadio & Elmi 1999).

Le indagini eseguite e le misure piezometriche in foro hanno confermato la presenza della falda impostata in tali terreni evidenziando una relativa continuità lungo l'intero tracciato.

Di seguito, per ognuno dei complessi idrogeologici sopra descritti, viene riportato il grado di permeabilità relativo, indicando il range di valori del coefficiente di conducibilità idraulica “ K ”, al fine di fornire utili indicazioni in termini di potenziale deflusso e infiltrazione nell'ambito del bacino idrografico di interesse.

SINTESI DEI DATI IDROGEOLOGICI		
Complesso idrogeologico	Grado di permeabilità	Permeabilità k – m/s
Complesso detritico-colluviale e di copertura	medio - basso	$10^{-4} > K > 10^{-7}$
Complesso alluvionale	medio-elevato	$10^{-3} > K > 10^{-6}$
Complesso ghiaioso-sabbioso	medio-elevato	$10^{-5} > K > 10^{-2}$
Complesso sabbioso - limoso	medio-elevato	$10^{-3} > K > 10^{-6}$

Tabella 7-2 - Caratteristiche di permeabilità dei litotipi interessati dal tracciato

7.3. FALDA ACQUIFERA

La diversa posizione stratigrafica dei complessi individuati, distribuiti in modo discontinuo nell'ambito della successione, unitamente alla loro diversa posizione orografica determinano, potenzialmente, l'assenza di interscambi idrici significativi fra i diversi acquiferi e tale ipotesi è stata anche confermata dall'approfondimento eseguito attraverso la realizzazione della campagna di indagini integrativa. Gli acquiferi principali, in ragione dell'estensione areale ma soprattutto della vicinanza dei corpi d'acqua principali si presumerebbero all'interno dei terreni alluvionali dei sistemi fluviali, con riferimento alle porzioni più granulari, tuttavia le indagini pregresse e soprattutto quelle attuali hanno evidenziato la presenza di un acquifero relativamente continuo lungo l'intero tracciato associato all'unità geologica sabbioso – limosa (Formazione "sl").

Nel corso delle campagne di indagini geognostiche pregresse e relative anche al PFTE, in alcuni fori di sondaggio sono stati installati piezometri, che hanno permesso il rilievo della falda acquifera. In particolare, durante la campagna di indagine riferita al 2005, sono stati installati n. 2 piezometri a Tubo Aperto, rispettivamente nei sondaggi S1 e S4, con letture attribuite alla fine perforazione, mentre, nella campagna di indagine del 2014, sono state eseguite delle letture riferite al sondaggio S2.

Nella attuale campagna di indagine integrativa realizzata a supporto della presente fase progettuale, sono stati installati n. 3 piezometri a Tubo Aperto, rispettivamente nei sondaggi Si1-pz, Si2-pz e Si3-pz, le quali misure freatiche hanno rilevato la presenza di un livello di falda posto a diversa quota, ma attribuibile al complesso sabbioso-limoso.

Recentemente è stata condotta, sui fori condizionati e funzionanti, una nuova rilevazione piezometrica che ha evidenziato un sensibile approfondimento del livello piezometrico.

Le risultanze del rilievo della falda sono riportate nella tabella sottostante.

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
Piezometro	Profondità falda (m)	Data
S2	8.10	12/07/2005
S4	12.30	20/07/2005

Tabella 7-3 - Misure piezometriche (fine perforazione) riferite ai sondaggi strumentati della campagna di indagini del 2005

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA		
Piezometro	Profondità falda (m)	Data
S2	10.00	13/03/2014
S2	10.05	19/03/2014
S2	20.50	15/04/2021

Tabella 7-4 – Misure piezometriche riferite al sondaggio strumentato della campagna di indagini del 2014

INDAGINI INTEGRATIVE 2019		
Piezometro	Profondità falda (m)	Data
Si1-pz	8.17	2019
Si1-pz	16.92	15/04/2021
Si2-pz	21.92	2019

PROGETTAZIONE ATI:

INDAGINI INTEGRATIVE 2019		
Piezometro	Profondità falda (m)	Data
Si2-pz	Non Rilevata	15/04/2021
Si3-pz	8.76	2019
Si3-pz	10.90	15/04/2021

Tabella 7-5 – Misure piezometriche riferite al sondaggio strumentato della campagna di indagini del 2019 aggiornate al 2021

In base ai dati del rilievo piezometrico eseguito e ai dati bibliografici raccolti, è stata prevista una falda di progetto che si attesta ad una profondità variabile lungo il tracciato di 10-25m circa, anche in relazione all'andamento della morfologia dell'area ed impostata nei depositi plio-pleistocenici. Quest'ultima presenta una certa continuità lungo l'intero tracciato con un andamento condizionato in parte dalla presenza dei livelli più fini che si manifestano sotto forma di corpi lenticolari più o meno estesi all'interno dello stesso complesso, ma che allo stato attuale caratterizza una circolazione idrica sotterranea relativamente regolare e non interferente con le principali opere previste in progetto.

8. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Nel presente capitolo sono riassunti i risultati della campagna di indagini geognostiche eseguite nel corso dell'iter approvativo ed associate a diversi livelli di progettazione.

Per la presente fase progettuale sono state condotte ulteriori indagini, finalizzate ad approfondire le conoscenze sul modello geologico e sismico definito in ambito del PFTE.

Per l'ubicazione dei singoli punti d'indagine e per i risultati delle prove in sito e di laboratorio delle diverse campagne di indagini pregresse, si rimanda agli elaborati di riferimento.

8.1. PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Per la redazione del PFTE sono stati utilizzati i dati geognostici riferibili alle seguenti campagne d'indagine:

1. Indagini dell'Amministrazione Provinciale Vibo Valentia a corredo dei lavori di completamento e ammodernamento Lotto Scornari (anno 2005), eseguite dalla PREMAC S.r.l.– Laboratorio prove su materiali da costruzione e sperimentali su strutture di Feroletto Antico (CZ);
2. Indagini Progetto Definitivo S.S.182 "Trasversale delle Serre", Tronco 1, Lotti 1 e 2, Tratto Serre – Scornari (anno 2009) - committente ANAS, eseguite dal GEOMERID s.r.l. di Melilli (SR);
3. Indagini Progetto Esecutivo (anno 2014) – commissionate dalla Direzione Generale dell'ANAS e realizzate da TecnoGeo s.n.c. di Roma.

Tali dati risultano, al momento, quelli adoperati per la caratterizzazione geotecnica e sismica relativa ai litotipi interessati dagli interventi in progetto. La documentazione ad esse relativa è riportata negli elaborati "Documentazione indagini geognostiche pregresse - Prov. VV 2005 e ANAS 2009", "Documentazione indagini geofisiche pregresse - Prov. VV 2005 e ANAS", "Documentazione indagini geognostiche ANAS 2014", Documentazione indagini geofisiche - ANAS 2014, ", accompagnati dalla relativa planimetria di ubicazione delle indagini e dagli elaborati raggruppati i certificati delle prove di laboratorio dei campioni prelevati durante l'esecuzione delle stesse indagini.

Di seguito vengono riassunte le principali caratteristiche relative alle diverse indagini eseguite nell'area di interesse e suddivise per le diverse campagne.

Indagini Amministrazione Provinciale Vibo Valentia a corredo dei lavori di completamento e ammodernamento Lotto Scornari (anno 2005)

La campagna di indagini realizzata nel 2005 è consistita in:

- N. 4 fori di sondaggio meccanici a carotaggio continuo;
- N. 9 prove SPT;
- N. 2 installazioni di piezometro a tubo aperto;
- N. 2 Prove Penetrometriche Dinamiche tipo DPSH
- N. 4 Prospezioni sismiche a rifrazione
- n.6 campioni rimaneggiati prelevati dai sondaggi sottoposti a prove di laboratorio

Nella tabella seguente vengono riportate le caratteristiche operative dei sondaggi realizzati nell'ambito della campagna di indagini del 2005

Sondaggio	Prof. (m)	Campioni		Prove in foro		Strumentazione
		Ind.	Rim.	SPT	DH	
S1	19.50		N.1	N.2		Piezometro
S2	30.00		N.2	N.3		
S3	20.00		N.1	N.2		
S4	20.00		N.2	N.2		Piezometro

Tabella 8-1- Sondaggi geognostici Amministrazione Provinciale Vibo Valentia - 2005. SPT: Standard Penetration Test; DH: down-hole

Dai sondaggi a carotaggio continuo sono stati prelevati esclusivamente campioni rimaneggiati sui quali sono state eseguite prove geotecniche di laboratorio, i cui risultati sono esposti nelle tabelle seguenti:

Sigla	Prof. (m)	Granulometria (%)				CNR UNI 100006
		G	S	L	A	
S1 – C1	3.00	2.7	87.0	9.1	1.2	A1 – A1-b
S2 – C2	6.00	0.0	93.7	5.4	0.9	A3
S2 – C3	9.00	0.6	75.6	20.4	3.6	A2 – A2-4
S3 – C1	3.00	0.6	87.2	11.7	1.5	A2 – A2-4
S4 – C1	2.00	1.0	66.7	28.5	3.8	A2 – A2-6
S4 – C2	5.00	2.9	86.8	9.2	1.2	A1 – A1-b

Tabella 8-2 - Risultati prove di laboratorio sui campioni della campagna di indagini del 2005

Sigla	Prof. (m)	Taglio diretto		Prova costipamento (AASHTO modificata)	
		C' (kPa)	ϕ' (°)	Umidità ottimale (%)	Densità ottimale (kN/m ³)
S1 – C1	3.00	10.1	34.9	7.21	18.9
S2 – C2	6.00	8.3	32.4	7.96	15.2
S2 – C3	9.00	18.1	31.6	15.53	17.3
S3 – C1	3.00	16.0	32.4	14.60	18.1
S4 – C1	2.00	21.6	35.3	16.13	17.1
S4 – C2	2.00	11.8	33.1	10.48	18.9

Tabella 8-3 - Risultati prove di laboratorio sui campioni della campagna di indagini del 2005

Per maggiori dettagli sui risultati delle prove di laboratorio, si rimanda all'elaborato "Certificati Prove di Laboratorio Indagini Pregresse relativi alle indagini del 2005"

Infine, ad integrazione dei sondaggi sono state eseguite n.4 stendimenti sismici a rifrazione e n.2 prove penetrometriche dinamiche tipo DPSH, i cui risultati grafici possono essere consultati all'interno della documentazione allegata al progetto.

Prospezioni sismiche a rifrazione	
Identificativo	Lunghezza (m)
SM1	60
SM2	60
SM3	60
SM4	60

Tabella 8-4- Prospezioni sismiche eseguite nell'ambito della campagna di indagini del 2005

Indagini Progetto Definitivo S.S.182 "Trasversale delle Serre", Tronco 1, Lotti 1 e 2, Tratto Serre – Scornari (anno 2009) - ANAS

Le indagini utili alla definizione del modello geologico di riferimento per la presente fase progettuale e rientranti nella campagna di indagini realizzata nel 2009 risultano essere le seguenti:

- N. 1 foro di sondaggio a carotaggio continuo;
- N. 7 prove SPT;
- N.1 installazione di tubazione idonea per prova sismica in foro di tipo Down Hole;;
- N. 1 campione indisturbato prelevato dal sondaggio a carotaggio continuo
- N. 1 pozzetto esplorativo con prelievo di n. 1 campione rimaneggiato
- N. 1 prova di carico su piastra
- N. 1 prospezione sismiche in tomografia
- N. 1 prospezione sismica in foro tipo Down-Hole

Nella tabella seguente vengono riportate le caratteristiche operative del sondaggio realizzato nell'ambito della campagna di indagini del 2009

Sondaggio	Prof. (m)	Campioni		Prove in foro		Strumentazione
		Ind.	Rim.	SPT	DH	
S4	30.00	N.1		N.7	X	Down - Hole

Tabella 8-5 - Sondaggi geognostici Progetto Definitivo - 2005. SPT: Standard Penetration Test; DH: down-hole

Oltre al sondaggio S4, durante la campagna di indagine del 2009 è stato realizzato n. 1 pozzetto esplorativo utile all'intervento in progetto. All'interno del suddetto pozzetto è stata eseguita una prova di carico su piastra, i quali risultati sono riportati nella tabella di seguito.

PROVA DI CARICO SU PIASTRA ANNO 2009			
ID pozzetto	ID Prova	Prova di carico – Modulo di deformazione	
		1° ciclo (MPa)	2° ciclo (MPa)
Pz14	1	11.3	36.7

Tabella 8-6 - Risultati prova di carico su piastra eseguita nel pozzetto esplorativo anno 2009

Dal sondaggio a carotaggio continuo e dal pozzetto esplorativo, sono stati prelevati n. 1 campione indisturbato ed n. 1 campione rimaneggiato, sui quali sono state eseguite prove geotecniche di laboratorio, i cui risultati sono esposti nelle tabelle seguenti:

Sigla	Prof. (m)	Peso di volume (g/cm ³)	Granulometria (%)				Limiti di Atterbeg (%)			Cu (kPa)
			G	S	L	A	LL	LP	IP	
S4 – C1	7.00	1.9	0.0	48.3	51.7	0.0	39.7	12.7	26.98	58
Pz14 -Cr1	2.80		22.0	77.3	0.7	0.0				

Tabella 8-7 - Risultati prove di laboratorio sui campioni della campagna di indagini del 2009

Per quanto riguarda le indagini geofisiche, eseguite nell'ambito della campagna geognostica del 2009, di seguito sono esposti i principali risultati ottenuti dalle prospezioni in esame, elencate precedentemente, mentre per maggiori dettagli si rimanda alla documentazione allegata al presente progetto.

Prospezioni sismiche in tomografia	
Identificativo	Lunghezza (m)
BS4	144

Tabella 8-8 - Prospezioni sismiche utile al presente progetto ed eseguita nell'ambito della campagna di indagini del 2005

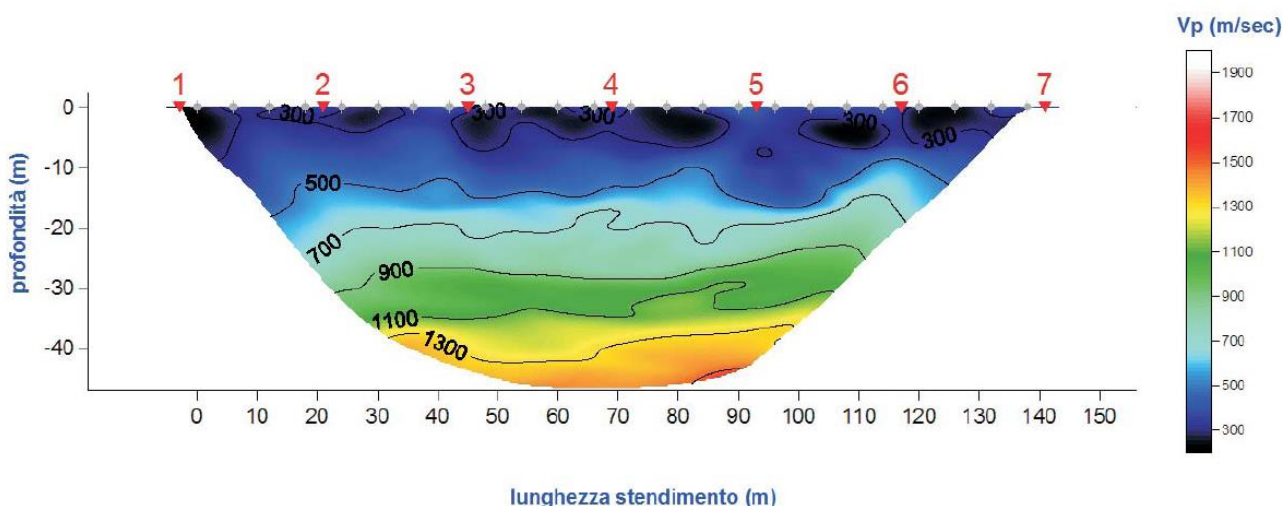


Figura 8.1 – Sezione tomografica interpretativa

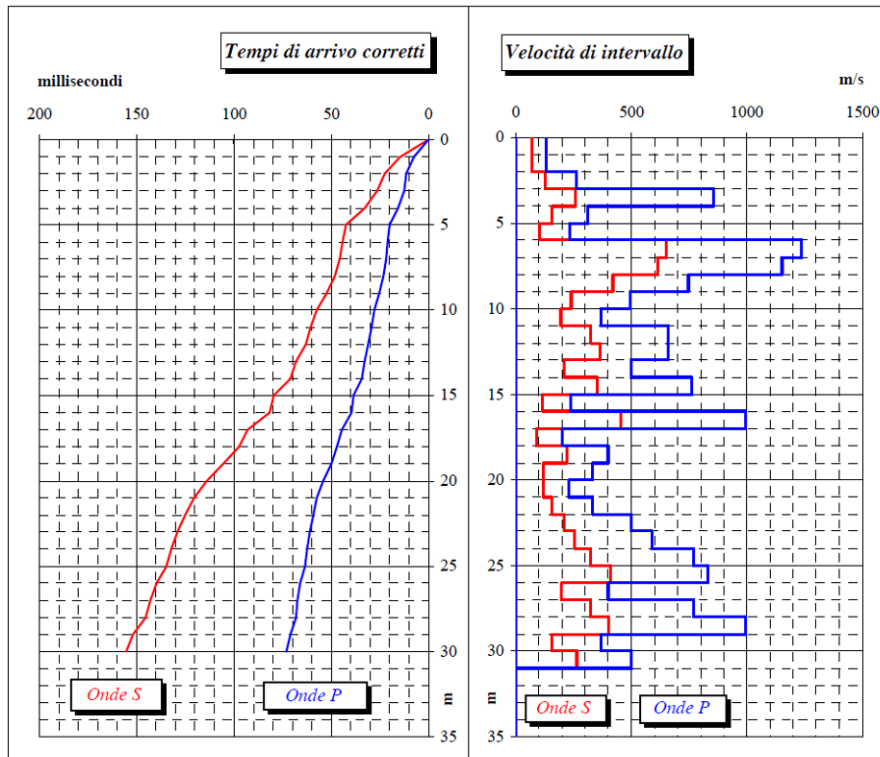


Figura 8.2 - Dromocrone, grafici di velocità relativi alla prova down-hole eseguita nel sondaggio S4

Indagini Progetto Esecutivo (anno 2014) – ANAS

La campagna di indagini realizzata nel 2014 è consistita in:

- N. 2 fori di sondaggio meccanici a carotaggio continuo;
- N. 15 prove SPT;
- N. 1 installazione di piezometro a tubo aperto;
- N.1 installazione di tubazione idonea per prova sismica in foro di tipo Down Hole;
- N. 2 prove di permeabilità tipo Le Franc a carico variabile.
- N. 2 Pressiometriche tipo Menard
- N.2 Campioni indisturbati prelevati da sondaggio e sottoposti a prove geotecniche di laboratorio
- N.4 Campioni rimaneggiati prelevati da sondaggio e sottoposti a prove geotecniche di laboratorio
- N. 10 Prove Penetrometriche Dinamiche tipo DPSH
- N. 4 Pozzetti esplorativi

PROGETTAZIONE ATI:

- N. 6 campioni rimaneggiati prelevati dagli scavi dei pozzetti esplorativi e sottoposti a prove geotecniche di laboratorio
- N. 6 densità in sito
- N. 8 prove di carico su piastra
- N. 1 prospezione sismica in foro tipo Down-Hole

Nella tabella seguente vengono riportate le caratteristiche operative dei sondaggi realizzati nell'ambito della campagna di indagini del 2014

Sondaggio	Prof. (m)	Campioni		Prove in foro				Strumentazione
		Ind.	Rim.	SPT	DH	LE	MPM	
S1	30.00		N.4	N.8	X	N.1	N.1	Down - Hole
S2	25.00	N.2		N.7		N.1	N.1	Piezometro

Tabella 8-9 - Sondaggi geognostici Progetto Esecutivo - 2014. SPT: Standard Penetration Test; DH: down-hole; LE: Prova di permeabilità Le Franc; MPM: Prova pressiométrica Menard

In aggiunta sono stati realizzati pozzetti attraverso escavatore e misure di densità in sito, con volumometro a sabbia, entrambe finalizzate alla caratterizzazione della coltre più superficiale nei tratti in cui è prevista la realizzazione di opere in rilevato. Nelle immediate vicinanze dei Pozzetti Esplorativi e delle prove di Densità in Sito è stata eseguita, ad una profondità di circa 0,20 m dal piano campagna, prove di carico su piastra. I risultati delle prove menzionate precedentemente i sono riportati nelle tabelle sottostanti.

POZZETTI ESPORATIVI E DENSITA' IN SITO ANNO 2014					
ID pozzetto (Pz) /Densità in sito (D)	Prova di carico su Piastra	Misura densità in sito	Campioni		
			In sacco	In busta	Ambientale
Pz1	X		X		N.1
Pz2	X		X		N.1
Pz3	X		X	X	N.1
Pz4	X		X	X	
D1		X			
D2	X	X			
D3	X	X			
D4	X	X			
D5	X	X			
D6		X			

Tabella 8-10 – Pozzetti esplorativi e Densità in sito eseguite per l'anno 2014

PROVA DI CARICO SU PIASTRA ANNO 2014			
ID pozzetto (Pz) /Densità in sito (D)	ID Prova	Prova di carico – Modulo di deformazione	
		1° ciclo (tra 0,5 e 1,5 kg/cm ²)	2° ciclo (tra 0,5 e 1,5 kg/cm ²)
Pz1	8	52	339
Pz2	7	118	158
Pz3	4	187	649
Pz4	1	419	1119
D2	6	204	376
D3	5	117	631
D4	3	119	481
D5	2	66	178

Tabella 8-11 - Risultati prove di carico su piastra eseguite nella campagna di indagine anno 2014

PROVA DENSITA' IN SITO ANNO 2014		
ID Densità in sito	ID Prova	Densità (kN/m ³)
D1	1	20.46
D2	1	20.24
D3	1	15.41
D4	1	17.74
D5	1	18.08
D6	1	18.87

Tabella 8-12 - Risultati prove di densità in sito eseguite nella campagna di indagine anno 2014

Dai sondaggi a carotaggio continuo e dai pozzetti esplorativi, sono stati prelevati campioni indisturbati e rimaneggiati, sui quali sono state eseguite prove geotecniche di laboratorio, i cui risultati sono esposti nelle tabelle seguenti:

Sigla	Prof. (m)	Peso di volume (kN/m ³)	Granulometria (%)				Limiti di Atterbeg (%)		
			G	S	L	A	LL	LP	IP
S1 – CR1	8.70 – 9.00	20.5	0.0	68.5	20.2	11.3			
S1 – CR2	12.80 – 13.00	20.9	0.4	62.3	25.2	12.1			
S1 – CR3	24.80 – 25.00	20.3	0.0	48.2	39.3	12.5			
S1 – CR4	28.60 – 28.80	19.7	0.0	37.1	45.5	17.4			
S2 – CI1	3.50– 4.00	18.5	0.0	46.6	38.0	15.4	34.3	N.D.	
S2 – CI2	13.50– 14.00	18.3	0.0	37.7	49.9	12.8	37.7	N.D.	
Pz1 – CR1	0.40 – 0.80	17.2	0.9	91.6	7.5				
Pz2 – CR1	0.40 – 0.80	16.1	0.0	89.6	10.4				
Pz3 – CR1	0.40 – 0.80	19.6	0.0	80.9	19.1				
Pz4 – CR1	0.40 – 0.80	15.7	0.1	98.3	1.6				
Pz3 – CR2	2.50	17.5	0.0	16.4	70.5	13.1	44.9	N.D.	
Pz4 – CR2	2.50	18.1	0.0	25.4	56.0	18.6	41.4	N.D.	

PROGETTAZIONE ATI:

Tabella 8-13 - Risultati prove di laboratorio sui campioni della campagna di indagini del 2014

Sigla	Prof. (m)	Taglio diretto	
		C' (kPa)	ϕ' (°)
S1 – CR1	8.70 – 9.00	0.0	38.3
S1 – CR2	12.80 – 13.00	0.0	37.3
S1 – CR3	24.80 – 25.00	40.2	37.0
S1 – CR4	28.60 – 28.80	44.1	35.1
S2 – CI1	3.50– 4.00	10.0	36.2
S2 – CI2	13.50– 14.00	0.0	32.9
Pz1 – CR1	0.40 – 0.80	0.0	36.8
Pz3 – CR1	0.40 – 0.80	0.0	37.3
Pz3 – CR2	2.50	61.7	34.2
Pz4 – CR2	2.50	43.9	31.3

Tabella 8-14 - Risultati prove di laboratorio sui campioni della campagna di indagini del 2014

Per quanto riguarda le indagini geofisiche, eseguite nell'ambito della campagna geognostica del 2014, si rammenta che è stata realizzata esclusivamente una prospezione sismica in foro di sondaggio (S1) di tipo Down-Hole, i cui risultati sono esposti di seguito, mentre per maggiori dettagli si rimanda alla documentazione allegata al presente progetto.

Depth (m)	Layer	Tp (ms)	Ts (ms)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Density (g/cc)	Poisson	Shear M. (MPa)	Young M. (MPa)	Bulk M. (MPa)
1	1	6,5	15	486	210	1,8	0,38	80	220	306
2	2	7,5	18	443	147	1,8	0,43	39	111	264
3	3	8	19,8	1274	353	1,9	0,45	238	690	2300
4	4	8,4	22,4	1893	291	1,9	0,48	161	476	3967
5	5	9,5	25,5	755	268	1,9	0,42	136	386	804
6	6	10,3	28,6	1096	282	1,9	0,46	152	443	1846
7	7	11	30,8	1296	412	1,9	0,44	323	930	2583
8	8	11,7	33,4	1326	357	1,9	0,46	242	706	2942
9	9	12,3	35,7	1571	409	1,9	0,46	319	931	3879
10	10	12,8	37,4	1906	560	1,9	0,45	597	1731	5770
11	11	13,3	39,5	1922	457	1,9	0,46	398	1162	4842
12	12	13,9	41,5	1612	483	1,9	0,45	444	1287	4290
13	13	14,4	43,2	1944	571	1,9	0,45	621	1800	6000
14	14	15,2	44,9	1220	574	1,9	0,35	626	1690	1878
15	15	15,8	46,2	1632	753	1,9	0,36	1078	2932	3490
16	16	16,3	47,1	1963	1090	1,9	0,27	2260	5740	4159
17	17	16,9	48,2	1639	894	1,9	0,28	1519	3888	2945
18	18	17,4	49,4	1971	821	1,9	0,39	1281	3561	5395
19	19	18	50,8	1645	705	1,9	0,38	944	2605	3618
20	20	18,8	52,3	1235	658	1,9	0,30	824	2142	1785
21	21	19,3	53,4	1978	899	1,9	0,36	1537	4180	4976
22	22	20	54,7	1414	761	1,9	0,29	1102	2843	2256
23	23	20,7	55,9	1416	826	1,9	0,24	1296	3214	2060
24	24	21,2	56,9	1983	991	2	0,33	1967	5232	5129
25	25	21,7	58	1985	902	2	0,36	1628	4428	5271
26	26	22,2	59	1986	993	2	0,33	1972	5245	5142
27	27	22,7	60,1	1987	903	2	0,36	1631	4436	5281
28	28	23,2	61,1	1988	994	2	0,33	1976	5256	5153
29	29	23,7	62,1	1989	994	2	0,33	1978	5261	5158
30	30	24,2	63,1	1989	994	2	0,33	1979	5264	5161

Figura 8.3 - Dati di elaborazione e parametri elastomeccanici relativi alla prova down-hole eseguita nel sondaggio S1-DH (anno 2014)

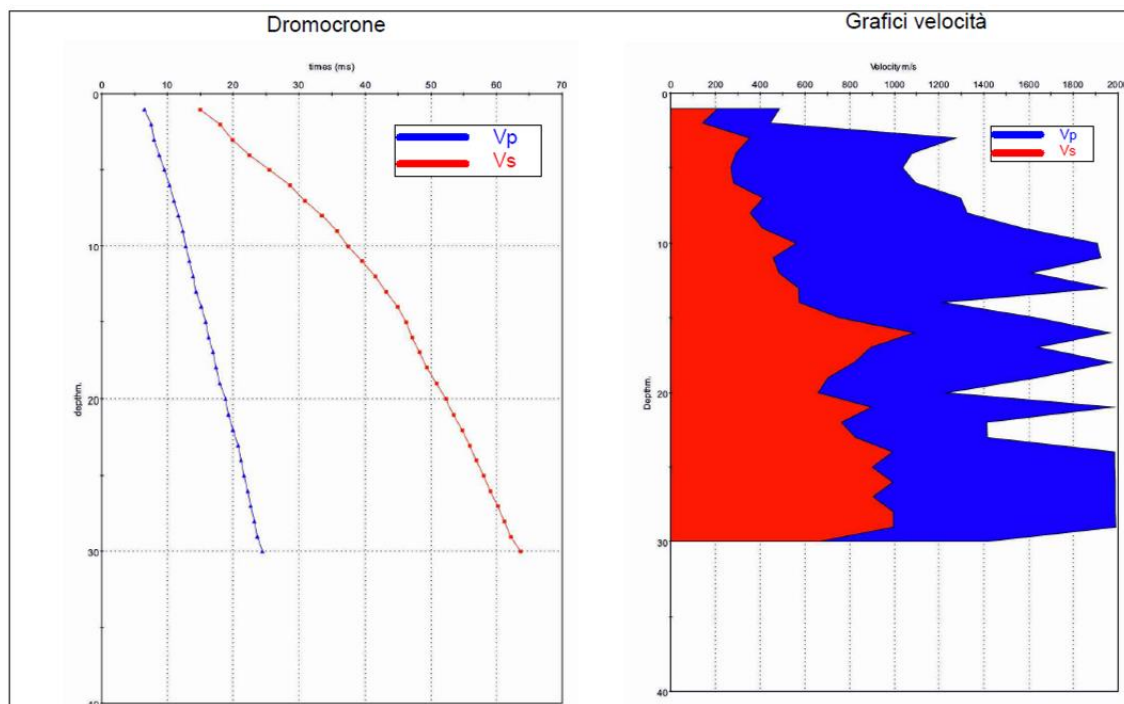


Figura 8.4 - Dromocrone e grafici di velocità relativi alla prova down-hole eseguita nel sondaggio S1-DH (anno 2014)

8.2. INDAGINI INTEGRATIVE (ANNO 2019)

La campagna di indagini realizzata nel 2019 è consistita in:

- n. 3 sondaggi geognostici verticali a carotaggio continuo finalizzati alla definizione della sequenza stratigrafica, i cui fori sono stati condizionati con tubazione piezometrica.
- n. 15 prove penetrometriche SPT;
- n. 7 prelievi di campioni indisturbati da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico (cfr. "Documentazione prove di laboratorio geotecnico");
- n. 19 prelievi di campioni rimaneggiati prelevati dai sondaggi, da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico (cfr. "Documentazione prove di laboratorio geotecnico");
- n. 7 prelievi di campioni ambientali dai fori di sondaggio
- n. 1 prelievo di campione di acqua
- n. 1 prova di permeabilità di tipo Lefranc
- n. 2 prove pressiometriche
- n. 11 scavi di pozzetti esplorativi di cui n. 4 alla profondità max di 2 m dal p.c.. 3 alla prof. max di 1 m dal p.c.

PROGETTAZIONE ATI:

- n. 3 prelievi di campioni rimaneggiati prelevati dai pozzetti esplorativi, da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico (cfr. “Documentazione prove di laboratorio geotecnico”);
- n. 3 prove di carico su piastra in corrispondenza dei pozzetti esplorativi
- n. 12 prelievi di campioni ambientali dai pozzetti esplorativi
- georeferenziazione dei punti di indagine; per la visione di dettaglio si rimanda al documento “Georeferenziazione delle indagini” ed alle monografie allegate.

Sono state realizzate inoltre:

- n. 3 profili sismici a rifrazione, n. 3 prove MASW, n. 2 prove HVSR

Nella tabella seguente vengono riportate le caratteristiche operative dei sondaggi realizzati nell’ambito della campagna di indagini integrative del 2019.

Sondaggio	Prof. (m)	Campioni		Prove in foro			Strumentazione
		Ind.	Rim.	SPT	LE	MPM	
S1-pz	20.00	N.3	N.6	N.4	N.1	N.2	Piezometro
S2-pz	25.00	N.2	N.9	N.5			Piezometro
S3-pz	15.00	N.2	N.4	N.6			Piezometro

Tabella 8-15 - Sondaggi geognostici integrativi Progetto Definitivo - 2019.

SPT: Standard Penetration Test, LE: Prova di permeabilità Le Franc; MPM: Prova pressiométrica Menard

Sigla ID	da (m dal p.c.)	a (m dal p.c.)	Colpi	N spt
Si1-pz	3	3.45	6/5/6	11
Si1-pz	6	6.45	13/12/15	27
Si1-pz	12	12.45	8/10/13	23
Si1-pz	15	15.45	10/18/22	40
Si2-pz	1	1.45	10/13/15	28
Si2-pz	2.5	2.95	10/12/13	25
Si2-pz	7	7.45	21/47/R	Rif.
Si2-pz	11.5	11.95	23/45/R	Rif.
Si2-pz	18	18.3	42/R	Rif.
Si3-pz	1	1.45	5/4/6	10
Si3-pz	2	2.45	8/12/14	26
Si3-pz	4.5	4.95	10/12/15	27
Si3-pz	8	8.45	2/3/3	6
Si3-pz	9.5	9.95	3/4/4	8
Si3-pz	11.5	11.95	5/6/7	13

Tabella 8-16 – Prove SPT eseguite con relativo numero di colpi

Sigla ID	da (m dal p.c.)	a (m dal p.c.)	Litologia	Coefficiente di permeabilità k (m/s)
Si2_pz	13.00	13.50	Sabbie da debolmente limose a limose	1.1 E-05

Tabella 8-17 – Prove di permeabilità Lefranc

Sigla ID	da (m dal p.c.)	a (m dal p.c.)	Litologia	Pressione limite stimata (kPa)	Modulo pressiometrico (kPa)
Si1pz-P1	10.00	11.00	Sabbia fine debolmente limosa	380	2044
Si2pz-P1	9.00	10.00	Sabbia fine debolmente limosa	310	1651

Tabella 8-18 – Prove pressiometriche tipo Menard

In corrispondenza dei piezometri installati è stata eseguita una prima misura di falda:

N	Sigla ID	Profondità (m dal p.c.)	Falda (m dal p.c.)
1	Si1-pz	20	8.17
2	Si2-pz	25	21.92
3	Si3-pz	156	8.76

Per maggiori dettaglio si rimanda al report "Indagini Geognostiche".

Sono stati, altresì, realizzati N.11 pozzetti esplorativi su terreno naturale, di cui N.4 spinti a 2 m dal p.c. e N.7 a 1 m dal p.c., allo scopo di:

- verificare in dettaglio la stratigrafia degli strati più superficiali;
- eseguire prove di carico su piastra circolare al di sotto dello spessore di terreno di scotico di 0.40 metri;
- prelievo di campioni rimaneggiati sui quali eseguire prove di laboratorio (analisi granulometrica e limiti di Atterberg) atte a definire il gruppo di appartenenza dei terreni nell'ambito della classificazione di una terra ad uso stradale.
- prelievo di campioni rimaneggiati sui quali eseguire prove di caratterizzazione ambientale

POZZETTI ESPLORATIVI E DENSITA' IN SITO ANNO 2019						
ID pozzetto (Pz)	Profondità pozzetto (m)	Prova di carico su piastra	Campioni geotecnici CR	Campioni ambientali		
				Ca1	Ca2	CRIF
PZi1	0 - 2	PS 49/19	0,30 - 0,50			
PZi2	0 - 2	PS 50/19	0,30 - 0,50	0,00-1,00	1,00-2,00	0,00-2,00
PZi3	0 - 2	PS 51/19	0,30 - 0,50			
PZi4	0 - 2			0,00-1,00	1,00-2,00	
DP_PZi1	0 - 1			0,00-1,00		
DP_PZi2	0 - 1			0,00-1,00		
DP_PZi3	0 - 1			0,00-1,00		
DP_PZi4	0 - 1			0,00-1,00		

PROGETTAZIONE ATI:

POZZETTI ESPLORATIVI E DENSITA' IN SITO ANNO 2019						
ID pozzetto (Pz)	Profondità pozzetto (m)	Prova di carico su piastra	Campioni geotecnici CR	Campioni ambientali		
				Ca1	Ca2	CRIF
DP_PZi5	0 - 1			0,00-1,00		
DP_PZi6	0 - 1			0,00-1,00		
DP_PZi7	0 - 1			0,00-1,00		

Tabella 8-19 – Pozzetti esplorativi integrativi Progetto Definitivo - 2019.

PROVA DI CARICO SU PIASTRA ANNO 2019			
ID pozzetto (Pz) /Densità in sito (D)	ID Prova	Prova di carico – Modulo di deformazione	
		1° ciclo (tra 0,5 e 1,5 kg/cm ²)	2° ciclo (tra 0,5 e 1,5 kg/cm ²)
PZi1	PS 49/19	8.23	152.54
PZi2	PS 50/19	4.68	57.32
PZi3	PS 51/19	5.16	187.50

Tabella 8-20 - Risultati prove di carico su piastra eseguite nella campagna di indagine anno 2019

Dai sondaggi a carotaggio continuo e dai pozzetti esplorativi, sono stati prelevati campioni indisturbati e rimaneggiati, sui quali sono state eseguite prove geotecniche di laboratorio, i cui risultati sono esposti nelle tabelle seguenti:

Sigla	Prof. (m)	Peso di volume (kN/m ³)	Granulometria (%)				Limiti di Atterbeg (%)			
			G	S	L	A	WL	WP	IP	
Si1_pz	Cl1	4.55 - 4.95	17.62	1.00	81.00	8.00	10.00	n.d	n.d	n.d.
Si1_pz	Cl2	7.55 - 7.95	15.68	2.50	67.50	23.50	6.50	n.d	n.d	n.d.
Si1_pz	Cl3	17.05 -17.45	18.46	0.50	90.50	7.50	1.50			
Si1_pz	CR1	0.2 -1		14.00	73.00	4.00	9.00	n.d	n.d	n.d.
Si1_pz	CR2	2 -3		11.50	84.00	4.00	0.50	n.d	n.d	n.d.
Si1_pz	CR3	9.55 -9.95		0.00	92.00	6.50	1.50	n.d	n.d	n.d.
Si1_pz	CR4	12.5 -12.9		9.00	83.00	7.00	1.00	n.d	n.d	n.d.
Si1_pz	CR5	14.45 -14.9	19.46	0.50	80.50	12.50	6.50	n.d	n.d	n.d.
Si1_pz	CR6	19 -19.45	18.73	0.00	80.50	13.00	6.50	n.d	n.d	n.d.
Si2_pz	Cl1	5.5 -5.95	17.84	0.00	78.00	21.00	1.00	n.d	n.d	n.d.
Si2_pz	Cl2	14.5 -14.95	19.21	0.00	74.00	24.50	1.50	n.d	n.d	n.d.
Si2_pz	CR1	0.1 -1		0.50	93.30	2.20	.050	n.d	n.d	n.d.
Si2_pz	CR2	2 -2.45		0.00	83.50	9.00	7.50	n.d	n.d	n.d.
Si2_pz	CR3	4.5 -4.95		0.00	71.00	23.00	6.00	n.d	n.d	n.d.
Si2_pz	CR4	8 -8.85		0.00	81.00	9.00	10.00	n.d	n.d	n.d.
Si2_pz	CR5	10 -10.85		0.50	93.00	5.50	1.00	n.d	n.d	n.d.
Si2_pz	CR6	12 -12.8		2.50	88.50	7.50	1.50	n.d	n.d	n.d.
Si2_pz	CR7	16.5 -16.95		3.00	85.50	6.50	5.00	n.d	n.d	n.d.
Si2_pz	CR8	19 -19.8	18.60	0.00	52.00	41.00	7.00	n.d	n.d	n.d.
Si2_pz	CR9	23 -24		12.50	73.50	7.50	6.50	n.d	n.d	n.d.

PROGETTAZIONE ATI:

Sigla		Prof. (m)		Peso di volume (kN/m ³)	Granulometria (%)				Limiti di Atterbeg (%)		
					G	S	L	A	WL	WP	IP
Si3_pz	CI1	6.5	-6.95	19.23	1.00	81.50	7.50	10.00	n.d.	n.d.	n.d.
Si3_pz	CI2	13.5	-14.00	18.25	0.00	81.50	9.00	9.50	n.d.	n.d.	n.d.
Si3_pz	CR1	0.15	-1.05		52.00	42.50	5.00	0.50	n.d.	n.d.	n.d.
Si3_pz	CR2	2.5	-2.95		11.00	78.00	8.00	3.00	n.d.	n.d.	n.d.
Si3_pz	CR3	4	-4.45		6.00	73.00	18.00	3.00	n.d.	n.d.	n.d.
Si3_pz	CR4	8.45	-9		12.00	83.00	3.50	1.50	n.d.	n.d.	n.d.

Tabella 8-21 - Risultati prove di laboratorio sui campioni della campagna di indagini del 2019 – Parte I

Sigla		Prof. (m)		Classificazione UNI 10006 (gruppo di appartenenza)	Prova Taglio diretto CD		Prova triassiale CID	
					Angolo attrito (°)	Coesione (kPa)	Angolo attrito (°)	Coesione (kPa)
Si1_pz	CI1	4.55	- 4.95				33.19	12.62
Si1_pz	CI2	7.55	- 7.95				32.92	16.49
Si1_pz	CI3	17.05	-17.45				35.32	9.91
Si1_pz	CR1	0.2	-1	A1-b				
Si1_pz	CR2	2	-3					
Si1_pz	CR3	9.55	-9.95					
Si1_pz	CR4	12.5	-12.9					
Si1_pz	CR5	14.45	-14.9		34.22	13.07		
Si1_pz	CR6	19	-19.45		33.81	12.43		
Si2_pz	CI1	5.5	-5.95				32.63	13.29
Si2_pz	CI2	14.5	-14.95				33.93	13.10
Si2_pz	CR1	0.1	-1	A1-b				
Si2_pz	CR2	2	-2.45		34.29	13.73		
Si2_pz	CR3	4.5	-4.95		33.74	15.27		
Si2_pz	CR4	8	-8.85					
Si2_pz	CR5	10	-10.85		35.15	10.68		
Si2_pz	CR6	12	-12.8					
Si2_pz	CR7	16.5	-16.95		34.82	14.01		
Si2_pz	CR8	19	-19.8		32.82	13.15		
Si2_pz	CR9	23	-24		35.61	13.83		
Si3_pz	CI1	6.5	-6.95				33.88	11.19
Si3_pz	CI2	13.5	-14.00				34.80	10.58
Si3_pz	CR1	0.15	-1.05	A1-a				
Si3_pz	CR2	2.5	-2.95		34.25	13.40		
Si3_pz	CR3	4	-4.45					
Si3_pz	CR4	8.45	-9		34.15	10.16		

Tabella 8-22 - Risultati prove di laboratorio sui campioni della campagna di indagini del 2019 – Parte II

Sigla	Prof. (m)	Classificazione UNI 10006	Granulometria (%)				Limiti di Atterbeg (%)			
			G	S	L	A	WL	WP	IP	
Pzi01	CR01	0.30 0.50	A1b	9.50	84.50	4.00	2.00	n.d.	n.d.	n.d.
Pzi02	CR01	0.30 0.50	A1b	2.00	94.00	3.00	1.00	n.d.	n.d.	n.d.
Pzi03	CR01	0.30 0.50	A3	2.00	79.00	10.00	9.00	n.d.	n.d.	n.d.

Tabella 8-23 - Risultati prove di laboratorio sui campioni della campagna di indagini del 2019 – Parte III

Per quanto riguarda le indagini geofisiche, eseguite nell'ambito della campagna geognostica integrativa del 2019, si rammenta che sono state realizzate, n. 3 profili sismici a rifrazione, n. 3 prove MASW, n. 2 prove HVSR i cui risultati sono esposti di seguito, mentre per maggiori dettagli si rimanda alla documentazione allegata al presente progetto.

Le pseudosezioni elaborate per il profilo sismico **BS1** hanno permesso di evidenziare due sismostrati. Il primo sismostrato, la cui interfaccia si attesta ad una quota compresa tra 200 e 205 m s.l.m., è costituito da depositi sabbiosi da debolmente limosi a limosi. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 200 e 350 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 700 e 1.200 m/s. In profondità, si rinvengono depositi limo sabbiosi debolmente argillosi, caratterizzati da una maggiore consistenza. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 350 e 450 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 1.200 e 1.650 m/s.

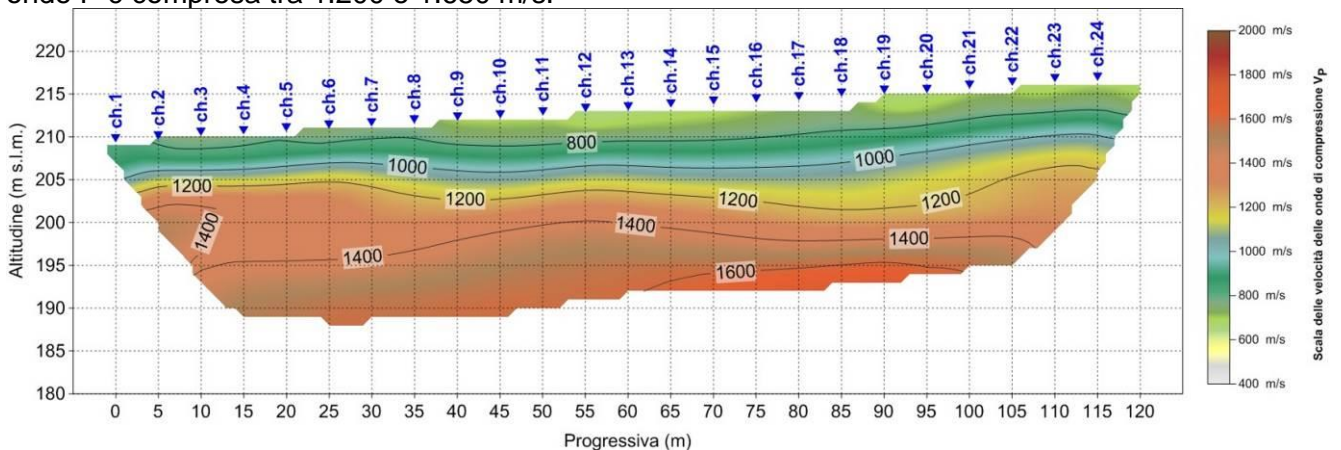


Figura 8.5 - S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento. Superamento del Colle dello Scornari. Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS1.

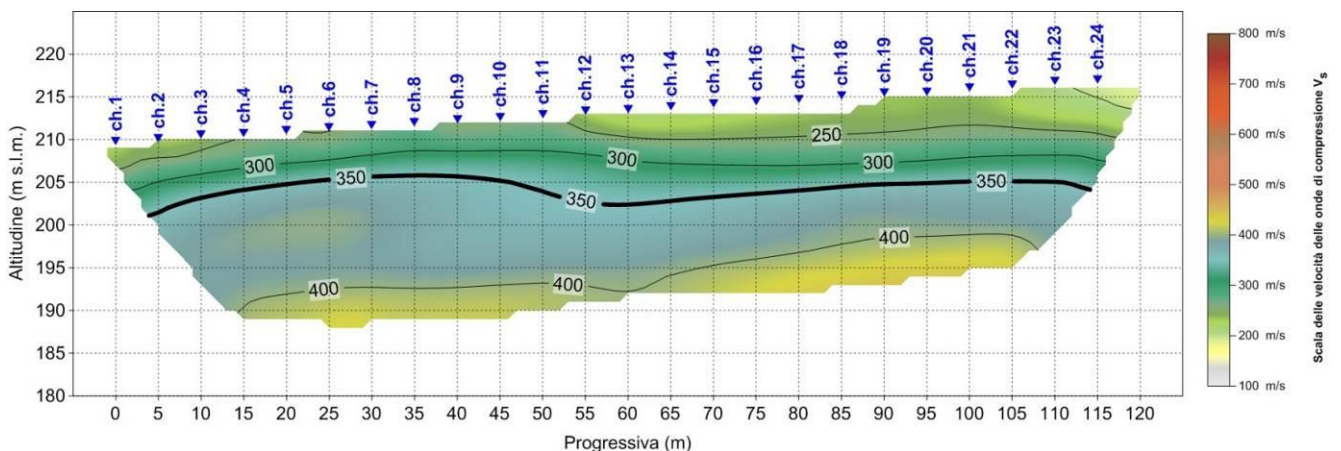


Figura 8.6 - S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento. Superamento del Colle dello Scornari. Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS1.

PROGETTAZIONE ATI:

Le pseudosezioni elaborate per il profilo simico **BS2** hanno permesso di evidenziare tre sismostrati. Il primo sismostrato, la cui interfaccia si attesta ad una quota pari a circa 240 m s.l.m., è costituito da depositi sabbiosi da debolmente limosi a limosi. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 180 e 350 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 750 e 1.200 m/s.

Il secondo sismostrato, la cui interfaccia si attesta ad una quota pari a circa 225 m s.l.m., è costituito da depositi limo sabbiosi debolmente argillosi alternati a depositi sabbioso limosi. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 350 e 450 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 1.200 e 1.600 m/s.

In profondità, si rinvencono depositi limo sabbiosi debolmente argillosi, caratterizzati da una maggiore consistenza. La velocità delle onde di taglio è superiore a 450 m/s, mentre la velocità delle onde P è superiore a 1.600 m/s.

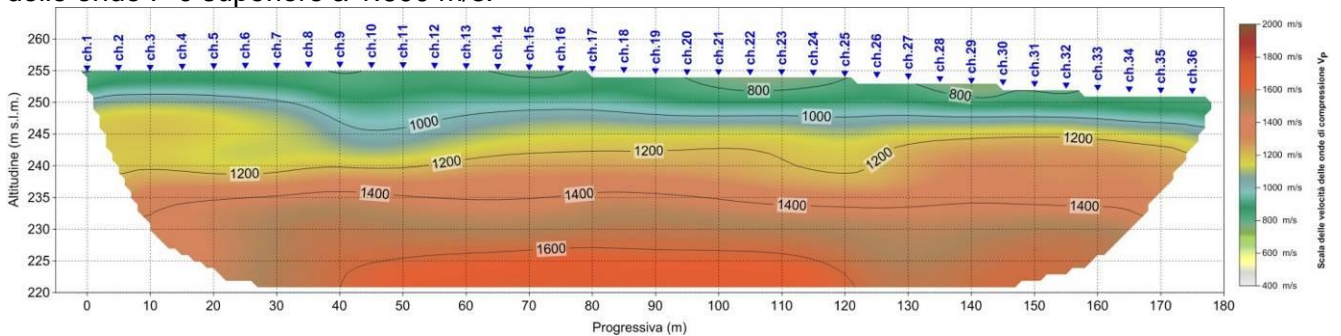


Figura 8.7 - S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento. Superamento del Colle dello Scornari. Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS2.

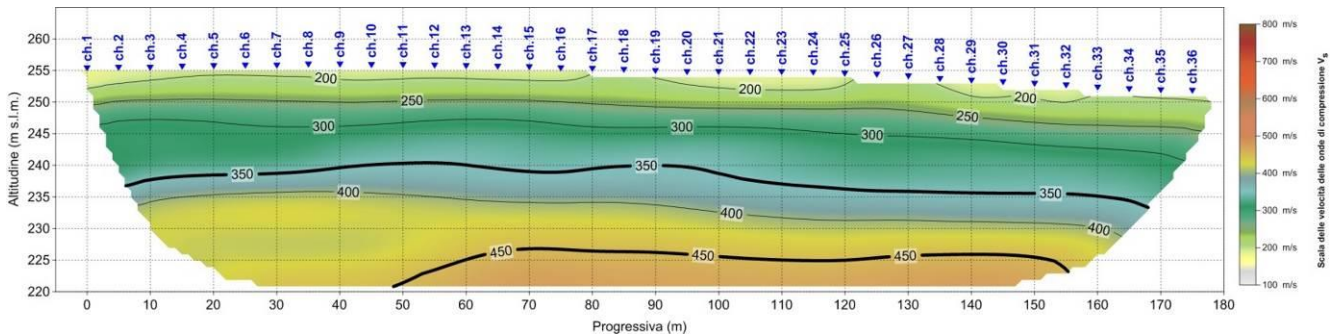


Figura 8.8 - S.S. 182 "Trasversale delle Serre" - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento. Superamento del Colle dello Scornari. Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS2.

Le pseudosezioni elaborate per il profilo simico **BS3** hanno permesso di evidenziare tre sismostrati. Il primo sismostrato, la cui interfaccia si attesta ad una quota compresa tra 247 e 240 m s.l.m., è costituito da depositi sabbiosi da debolmente limosi a limosi. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 160 e 350 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 650 e 1.200 m/s.

Il secondo sismostrato, la cui interfaccia si attesta ad una quota pari a circa 230 m s.l.m., è costituito da depositi limo sabbiosi debolmente argillosi alternati a depositi sabbioso limosi. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 350 e 450 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 1.200 e 1.550 m/s.

In profondità, si rinvencono depositi limo sabbiosi debolmente argillosi, caratterizzati da una maggiore consistenza. La velocità delle onde di taglio è superiore a 450 m/s, mentre la velocità delle onde P è superiore a 1.600 m/s.

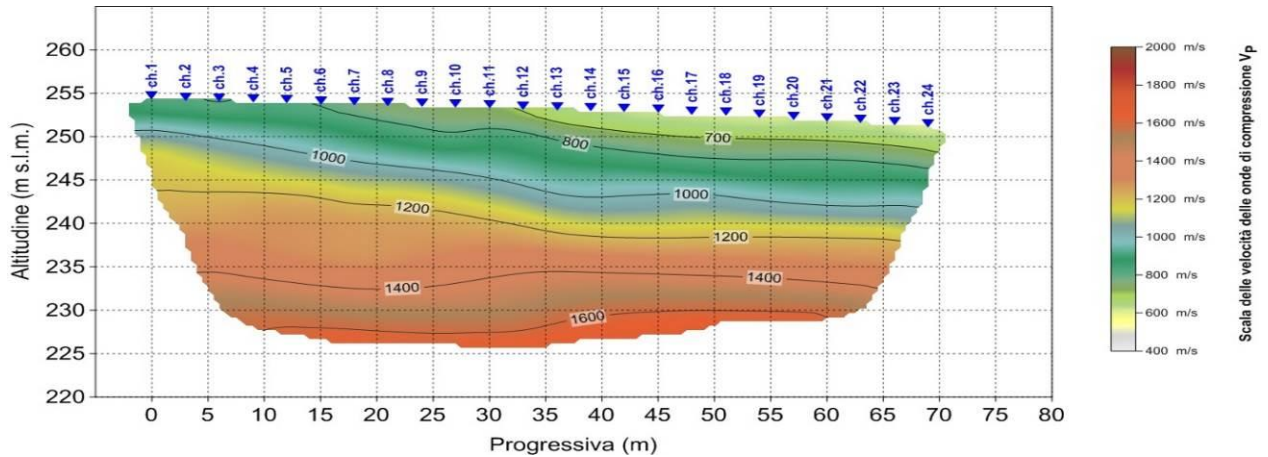


Figura 8.9 – S.S. 182 “Trasversale delle Serre” - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento. Superamento del Colle dello Scornari. Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS3.

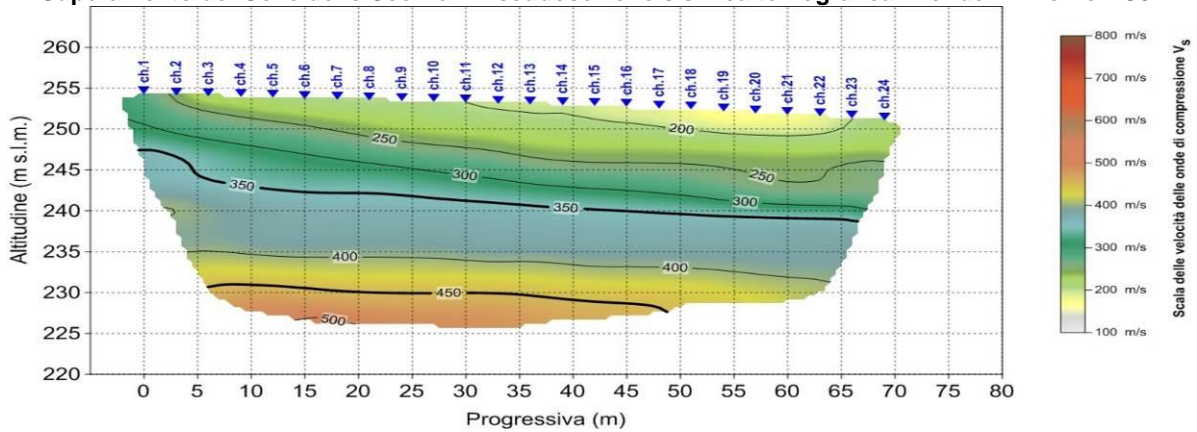


Figura 8.10 – S.S. 182 “Trasversale delle Serre” - Tronco 1° Lotto 1° Stralcio 2° completamento. Superamento del Colle dello Scornari. Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS3.

I risultati delle indagini MASW sono riportati nelle seguenti figure:

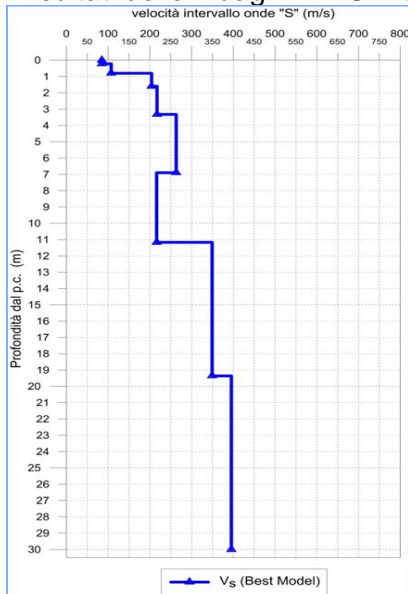


Figura 8.11 – Profilo verticale della velocità delle onde S, in funzione della profondità – MASW 1

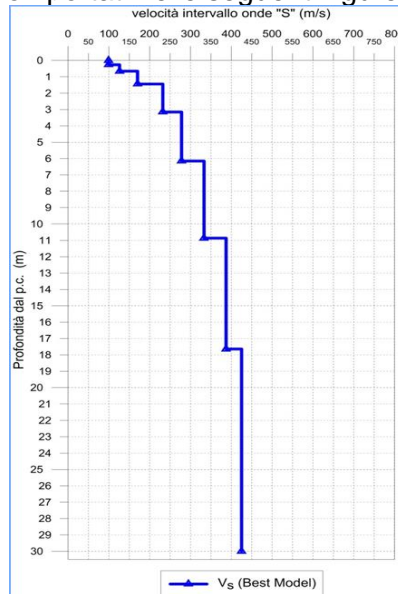


Figura 8.12 — Profilo verticale della velocità delle onde S, in funzione della profondità – MASW 3

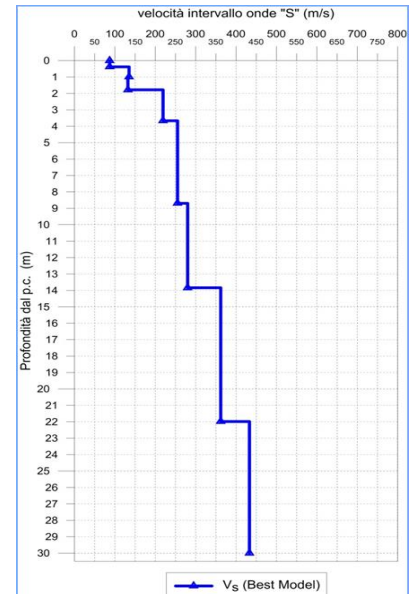


Figura 8.13 — Profilo verticale della velocità delle onde S, in funzione della profondità – MASW 3

Codice indagine	Valore Vs,eq
MAWS MW1	289 m/s
MAWS MW2	336 m/s
MAWS MW3	292 m/s

Tabella 8-24 - Riepilogo delle Vs equivalenti ricavate dalle indagini MASW realizzate nella campagna di indagini integrativa

I risultati delle indagini HVSR sono riportati nelle seguenti figure:

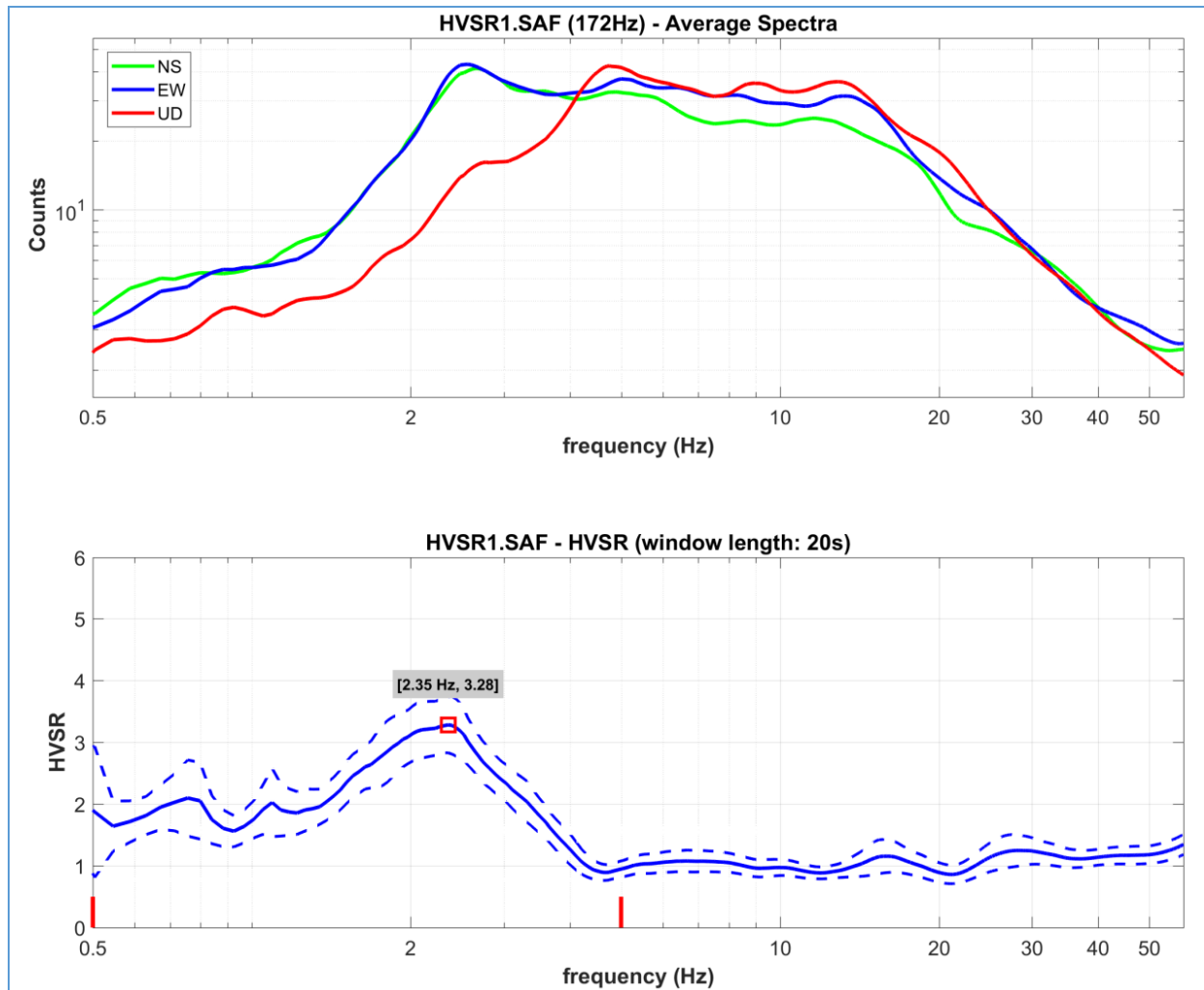
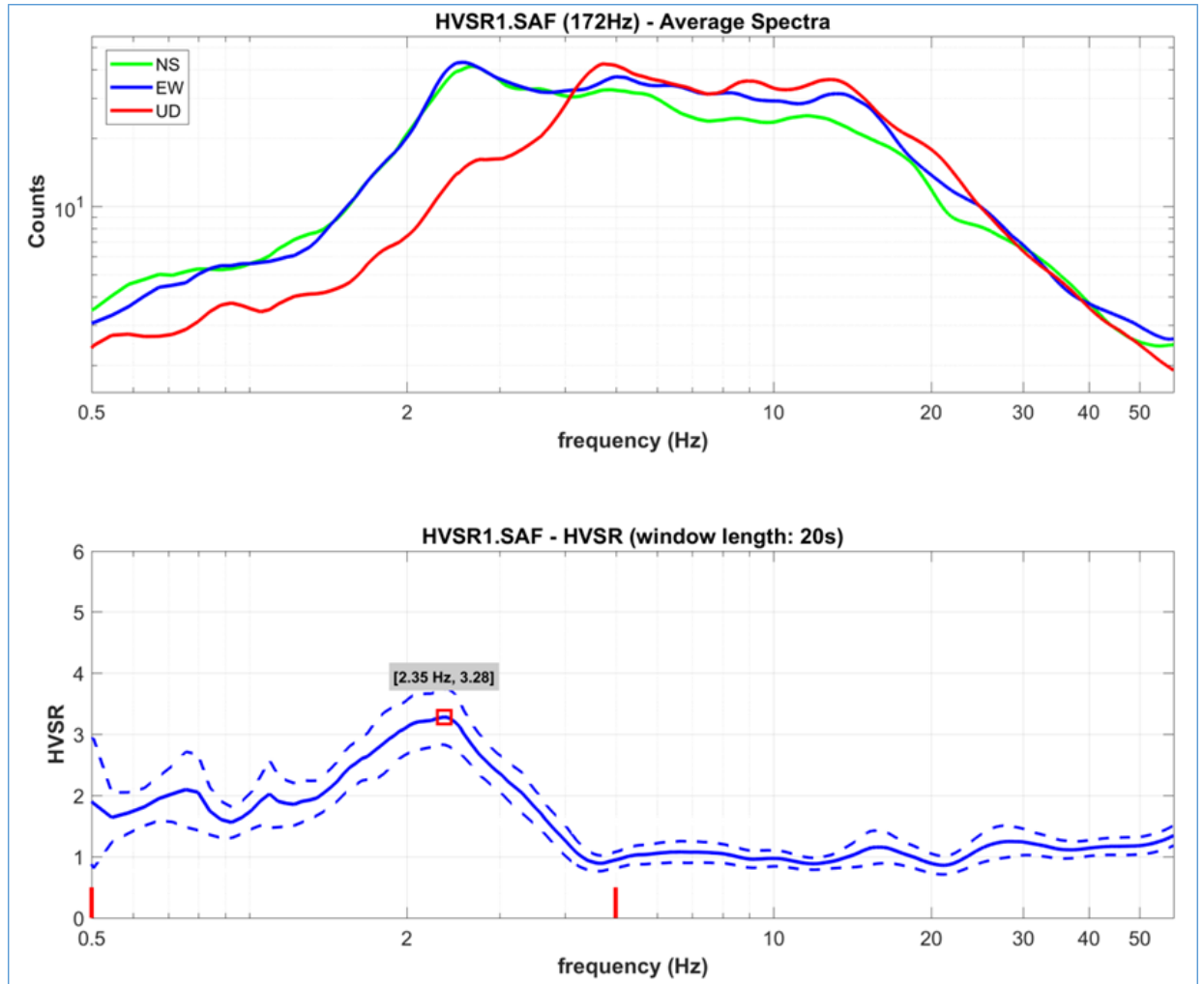


Figura 8.14 – HVSR1 In alto è riportato il diagramma in cui sono raggruppati gli spettri medi di tutte e tre le componenti V, N, E.

In basso è riportato il diagramma del segnale HVSR nel dominio delle frequenze con indicazione dell'intervallo di frequenza in cui sono stati verificati i criteri del progetto SESAME.



indicazione dell'intervallo di frequenza in cui sono stati verificati i criteri del progetto SESAME.

9. CARATTERIZZAZIONE SISMICA E CRITICITÀ CORRELATE

Per una trattazione di dettaglio in merito alla pericolosità sismica dell'area di progetto si rimanda a quanto esposto nella "Relazione sismica". In questo capitolo ci si limita a riepilogare le informazioni significative per la progettazione sismica delle opere.

Ai fini della sismicità e con riferimento alle NTC 2018 sono stati adottati i seguenti input:

- Vita nominale: assimilando le opere in progetto a "Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari", si considera $VN = 50$ anni;
- Classe d'uso: le opere in progetto possono essere classificate all'interno della categoria III "Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso." cui corrisponde un coefficiente d'uso $Cu = 1,5$;
- Periodo di riferimento: $VN * Cu = 75$ anni;
- Azione sismica su suolo rigido: si veda la seguente tabella riepilogativa generale:

Stato limite	Tr Anni	Ag (g)	Fo (-)	T*c (s)
SLO	45	0,086	2,282	0,293
SLS	75	0,113	2,285	0,316
SLV	712	0,313	2,451	0,380
SLC	1462	0,413	2,488	0,411

Tabella 9-1 - - Parametri spettrali del sito di progetto per i diversi stati limite

- Categoria di sottosuolo: Alla luce delle indagini geofisiche disponibili ed associate a campagne geognostiche pregresse e soprattutto a quelle realizzate durante l'attuale campagna di indagini integrativa l'areale di progetto risulta, caratterizzato dalla categoria di sottosuolo: **C** "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".
- Coefficiente di amplificazione stratigrafica: sono state considerate le categorie topografiche T1 "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ " e T3 "Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ ", corrispondenti rispettivamente, ai comparti di fondovalle ed ai rilievi collinari.

10. ASSETTO GEOLOGICO LUNGO IL TRACCIATO STRADALE ED INTERAZIONE OPERE-TERRENI

Sulla base del modello geologico di riferimento, rappresentato graficamente nella carta geologica, nella carta geomorfologica, nella carta idrogeologica e nel profilo geologico, cui si rimanda per maggiori dettagli, vengono di seguito descritte le interazioni fra opere in progetto e i terreni presenti. Lungo il tracciato stradale in progetto affiorano, prevalentemente, terreni plio-pleistocenici associati all'unità "sl" caratterizzata, generalmente, da litologie da sabbiose a sabbio-limose, debolmente argillose, da sciolti a discretamente cementati. Tali terreni risultano diffusamente ricoperti da coltri eluvio-colluviali ("ec") e dai terreni di riporto ("r") riferibili alle opere ed infrastrutture dei pregressi interventi avviati e poi abbandonati, che hanno coinvolto l'area di interesse.

In tale contesto, l'assetto geologico, la successione stratigrafica ed i caratteri geomorfologici del tratto di strada in progetto risentono fortemente delle attività, precedentemente avviate, di costruzione della strada, che si manifestano con la presenza del corpo del rilevato abbandonato, con associati i terreni di riporto, che risultano particolarmente estesi nel primo tratto dell'asse stradale in progetto fino all'inizio della galleria artificiale.

Dal punto di vista litotecnico, le coltri di copertura "ec", sono costituite da sabbie limoso-argillose e subordinatamente da limi -argillosi di colore bruno e grigio, privi di struttura, con livelli ghiaiosi. Questi depositi sono intercettati nella porzione terminale del tracciato.

La galleria artificiale, in corrispondenza del tratto di scavalco del Colle Scornari, si svilupperà, per la maggior parte all'interno delle litologie sabbioso-limose dell'unità geologica "sl". Le caratteristiche litotecniche di tale litotipo variano in funzione del grado di cementazione e di addensamento, e delle possibili eterogeneità granulometriche rappresentate da corpi lenticolari più o meno continui con spessori potenzialmente consistenti, associati a livelli meno addensati e/o a frazione granulometrica fine presente in percentuale maggiore.

La porzione superficiale di questi sedimenti, caratterizzata da un basso grado di addensamento, nelle aree di versante caratterizzate da assente/scarsa copertura vegetale e maggiore acclività, è soggetta ad intensi fenomeni erosivi lineari ed areali, generati dall'azione combinata della gravità e del ruscellamento delle acque superficiali non controllate.

Nelle porzioni marginali dell'area di progetto, in corrispondenza dei fondovalle del Fiume Mesima e del Torrente Scornari, si rinvengono le litologie associate ai depositi alluvionali recenti caratterizzati da una generale variabilità granulometrica e litotecnica. Questi depositi vengono intercettati in corrispondenza dei tratti iniziali e terminali del tracciato in progetto, con particolare riferimento alle attività connesse al raccordo con la viabilità comunale e sulle quali saranno previste muri in terra rinforzata.

L'area di progetto è caratterizzata dalla presenza di una falda all'interno dei depositi sabbioso limosi plio-pleistocenici, caratterizzata da un andamento sub tabulare e da relativa continuità, minime variazioni del livello piezometrico sono dovute alla presenza dei livelli più fini che si manifestano sotto forma di corpi lenticolari più o meno estesi all'interno della stessa formazione geologica.

La presenza di una falda associata ai depositi sabbioso-limosi è stata confermata dalle misure piezometriche realizzate ai piezometri disponibili, la profondità rilevata è variabile tra 10-25 m, a seconda delle condizioni morfologiche presenti lungo il tracciato, ma con relativi innalzamenti in corrispondenza dei tratti associati alla presenza di depositi alluvionali, comunque non interferente con le principali opere previste in progetto.

Per quanto riguarda gli aspetti geomorfologici, l'areale di progetto risulta compreso in un sistema collinare poco pronunciato. Tali colline bordano la valle fluviale del Torrente Mesima e del Torrente Scornari, culminando, generalmente, con le tipiche strutture geomorfologiche tabulari delle aree sommitali, correlate a lembi di superfici strutturali, corrispondenti a terrazzi morfologici pleistocenici.

I versanti presenti, vista la natura litologica dei materiali che li compongono, risultano in genere predisposti a processi associati al dilavamento ed all'azione delle acque superficiali non regimentate, che si esplicano con la formazione di forme lineari quali solchi di erosione, che si approfondiscono in particolar modo in concomitanza di eventi meteorici intensi. A tali processi si aggiungono forme di ruscellamento diffuso (*rill erosion* e *sheet erosion*), caratterizzato da una fitta rete di rivoli instabili nel tempo che in occasione di piogge intense danno luogo ad un vero e proprio velo d'acqua continuo.

Tali processi interessando livelli superficiali e volumi modesti di suolo, proprio per la tipica evoluzione che rappresentano, presuppongono un'adeguata regimazione delle acque e opere di protezione dall'erosione, previste dal punto di vista progettuale.

Lungo l'asse di progetto sono da segnalare dissesti di tipo superficiale e di modesta entità, localizzati nella coltre eluviale di alterazione che ricopre, con spessori variabili, le unità plio-pleistoceniche.

Per quanto concerne i processi gravitati in senso stretto, nel primo tratto del progetto, è presente un fenomeno classificabile come colamento lento con stato di attività quiescente, la cui origine è da mettere in relazione in parte alle condizioni morfologiche (versanti più acclivi) in parte all'assetto idrogeologico (rapporti stratigrafici tra litotipi a differente comportamento meccanico-idrogeologico), nonché alla stessa azione di intensa erosione superficiale. Gli spessori coinvolti risultano limitati a porzioni superficiali superficiali, non pregiudizievoli degli interventi in progetto; i fenomeni erosivi si esauriscono entro pochi metri a partire dal piano campagna.

Di seguito si riporta una descrizione più approfondita delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche riferite alle diverse porzioni del tracciato in oggetto ed alle opere previste.

Tratto di raccordo con il lotto precedente e raccordo con la viabilità comunale

Il tracciato in progetto, nella parte iniziale si allaccia con un tratto di raccordo di circa 170 m al precedente lotto (Serre – Scornari), già realizzato e collegato in via provvisoria ad una viabilità comunale. In particolare, ad inizio lotto, alla progr. 0+020 in sx, si prevede di realizzare l'intersezione tra l'asse di progetto e la viabilità comunale.

Gli interventi prevedono la realizzazione di rilevati associati anche all'esecuzione di opere di sostegno, quali muri in terra rinforzata, per uno sviluppo complessivo di circa 304 m.

Il tratto di intervento in oggetto è ubicato nel comparto di fondovalle del Fiume Mesima, dove sono presenti coperture alluvionali recenti e terrazze associate all'azione fluviale, costituite da sabbie e sabbie limose con livelli di sabbie grossolane e ghiaie e non raramente lenti limo-argillose, poggianti sul substrato sabbioso-limoso, e i cui spessori possono essere stimati in alcuni metri. Tali depositi, soprattutto nel tratto iniziale, sono diffusamente ricoperti da terreni di riporto antropico, connessi da una parte con le attività realizzate nel corso delle diverse progettazioni e dall'altra dalla presenza dell'attuale viabilità.

In tale tratto si fa riferimento al sondaggio a carotaggio continuo S4 eseguito nella campagna geognostica del 2009, spinto alla profondità di 30 m e nel quale è stata eseguita una prova sismica in foro di tipo Down-Hole, integrata dalla stesa sismica tomografica BS4. In particolare, la perforazione ha riscontrato, dopo un livello di materiale di riporto, la presenza di terreni di natura limoso – sabbiosa appartenenti alla formazione **sl**, come dimostrato dalle prove di laboratorio eseguite sul campione indisturbato, prelevato durante il carotaggio (CI1 da 7,00 a 7,40 m), alternati a livelli di sabbie da medie a fini con intercalazioni argillose. Il sondaggio non intercetta i depositi alluvionali recenti in quanto è ubicato al limite tra la formazione alluvionale e la formazione **sl**.

Durante l'ultima campagna di indagine geognostica è stato realizzato il carotaggio Si1-Pz, che ha riscontrato la presenza di circa 3 m di spessore dei terreni di riporto antropico che ricoprono direttamente l'unità sabbioso-limosa **sl**.

Il versante lato monte, dell'attuale sede stradale, risulta impostato prevalentemente nell'unità **sl** – sabbioso-limosa, ma con la presenza di conoidi detritiche di origine mista che depositano alla base

PROGETTAZIONE ATI:

dello stesso e alle quali sono associati processi e forme erosive, che coinvolgono spessori limitati, che allo stato attuale non risultano essere rilevanti in termini di criticità.

Con riferimento alla falda, il piezometro installato nel sondaggio più recente ha evidenziato un livello piezometrico, aggiornato ad Aprile 2021, posto alla profondità di circa -17 m dal p.c., pertanto considerando la stratigrafia del tratto in questione, la falda è impostata nei depositi sedimentari plio-pleistocenici.

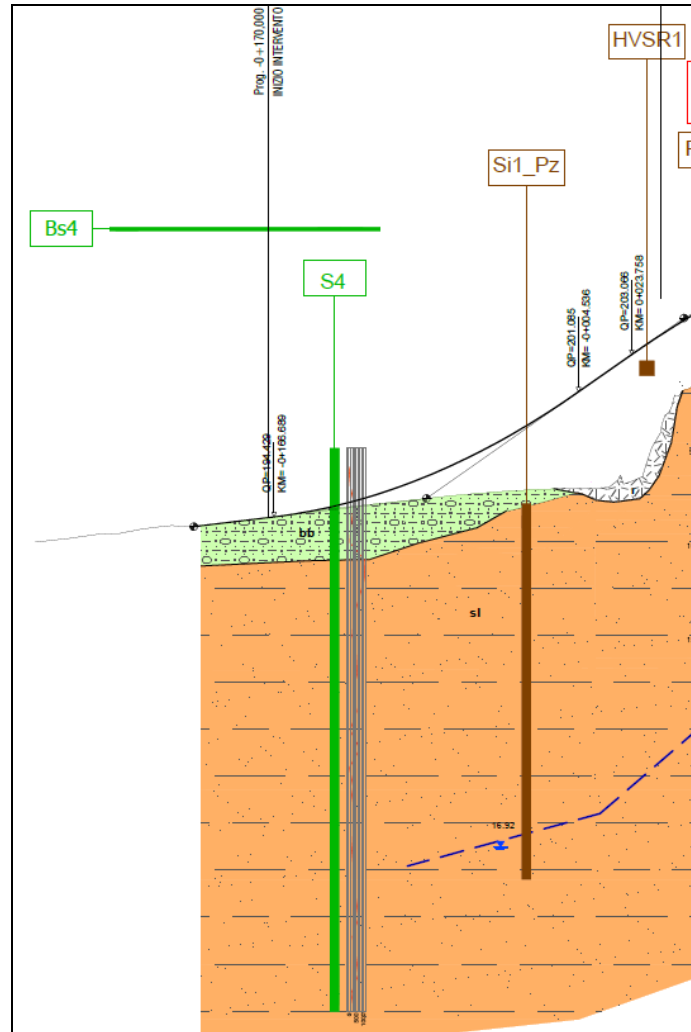


Figura 10.1 – Stralcio del profilo geologico rappresentante il tratto di raccordo con il lotto precedente

PROGETTAZIONE ATI:

Inizio lotto pk 0+000 – pk 0+550

Il tratto di strada in oggetto, soprattutto nella parte iniziale e centrale, risente in modo più significativo delle attività avviate in passato ed associate alla realizzazione del corpo del rilevato, nonché alla presenza di opere di contenimento (muri) ed opere idrauliche (tombini scatolari).

Il progetto prevede la realizzazione di un rilevato con andamento altimetrico prevalentemente in salita (nel verso crescente delle progressive), con pendenze dell'ordine del 7%, dovendo superare il dislivello generato dal "Colle dello Scornari".

Le indagini geognostiche rappresentative di tale settore risultano essere associate alla campagna di indagini 2014, nella quale sono state realizzate una serie di prove penetrometriche DPSH (SCPT5, SCPT6, SCPT7, SCPT8, SCPT9 e SCPT10), diversi pozzetti esplorativi (Pz2, Pz3 e Pz4), con profondità massima dell'ordine dei 3,30 m con attigua prova di carico su piastra, nonché n.6 prove di densità in situ, alle quali risulta associata una prova di carico su piastra.

Ad integrazione di tali indagini, si considera anche la campagna geognostica del 2005, alla quale si riferisce il sondaggio S4 (prof. di 20 m) ubicato in corrispondenza della progr. 0+040 circa e al sondaggio S3 (prof. di 20m) posto alla progr.0+370 circa, anche se non posizionati in asse tracciato.

Con l'ultima campagna di indagine (anno 2019), sono stati realizzati, nel tratto di interesse i pozzetti esplorativi Pz1 e Pz2 con profondità indagate dell'ordine di 2 m, integrati dalla prospezione sismica tomografica BS1. Le stesse hanno confermato la ricostruzione litostratigrafica ipotizzata nella precedente fase progettuale.

Il corpo del rilevato già realizzato risulta caratterizzato dalla presenza di terreni di riporto, costituiti da litologie prevalentemente sabbiose e sabbioso-limose, idonee dal punto di vista granulometrico alla realizzazione della nuova opera, ma non adeguatamente compattati e addensati, come scaturito dalle prove di densità in situ e di carico su piastra, eseguite nel corso delle indagini pregresse ed integrative.

La conferma di tale configurazione trova riscontro attraverso alcune prove penetrometriche (SCPT5 e SCPT6), in quanto nei primi 5-6 m di profondità, si registrano valori del numero di colpi notevolmente ridotti.

Inoltre, la porzione di infrastruttura già realizzata, non essendo stato oggetto di adeguate opere di regimazione delle acque superficiali, è stata ed è tutt'ora oggetto dei processi di dilavamento ed erosione, riscontrati durante i rilievi di campo.

I terreni di riporto si rinvencono con spessori significativi tra le progressive 0+140 a 0+400 ca ed in particolar modo nel tratto di intervento in cui sono previste opere di contenimento (paratia di pali in dx) a protezione del versante impostato nelle litologie sabbiose-limose dell'unità geologica "sl".

È presente un corpo di frana di colamento lento, lo stato di attività è stato valutato come quiescente, i dati ottenuti dai diversi rilievi e la ridotta estensione areale hanno permesso di stimare gli spessori interessati nell'ordine di 2 e 3 m massimo, quindi pregiudizievoli delle opere in progetto anche in riferimento agli interventi di protezione previsti alla base del versante stesso.

Se i livelli più superficiali dell'unità **sl**, sono predisposti ai processi di erosione e a locali fenomeni di scivolamento non rilevanti, con l'aumento della profondità il grado di addensamento risulta notevolmente più elevato con intercalazioni cementate che conferiscono una maggiore resistenza a tali terreni, come risulta evidenti dalle verticali di sondaggio eseguite nell'area.

Con riferimento agli aspetti idrogeologici, nel sondaggio S4 del 2005, attrezzato con piezometro, è stato rilevato un livello di falda intorno ai 12 m.

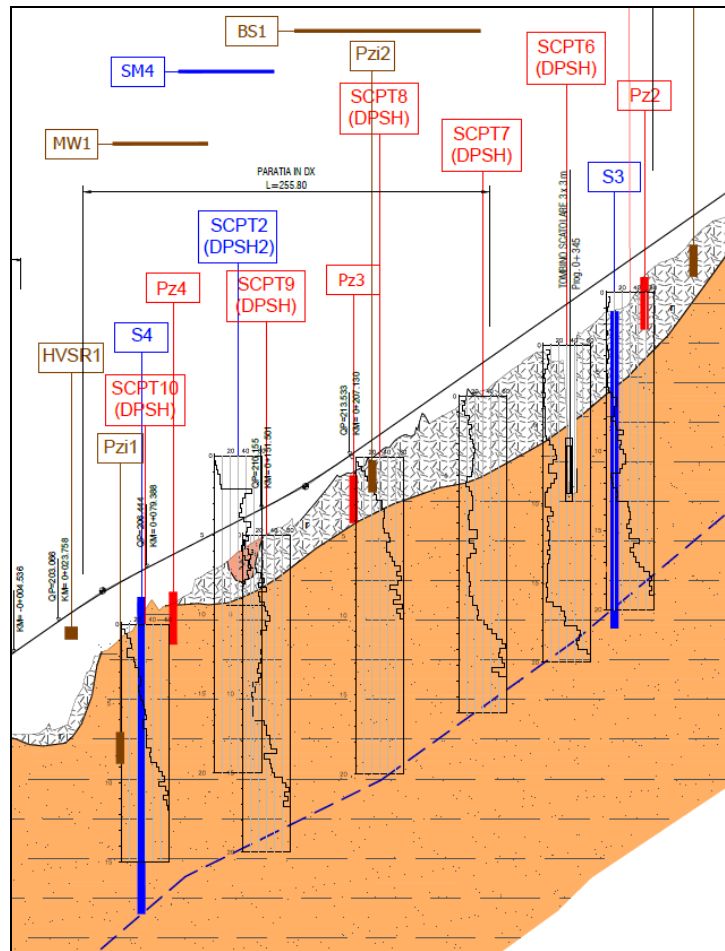


Figura 10.2 – Stralcio del profilo geologico riferito alla porzione interessata dai terreni di riporto costituenti il corpo del rilevato esistente

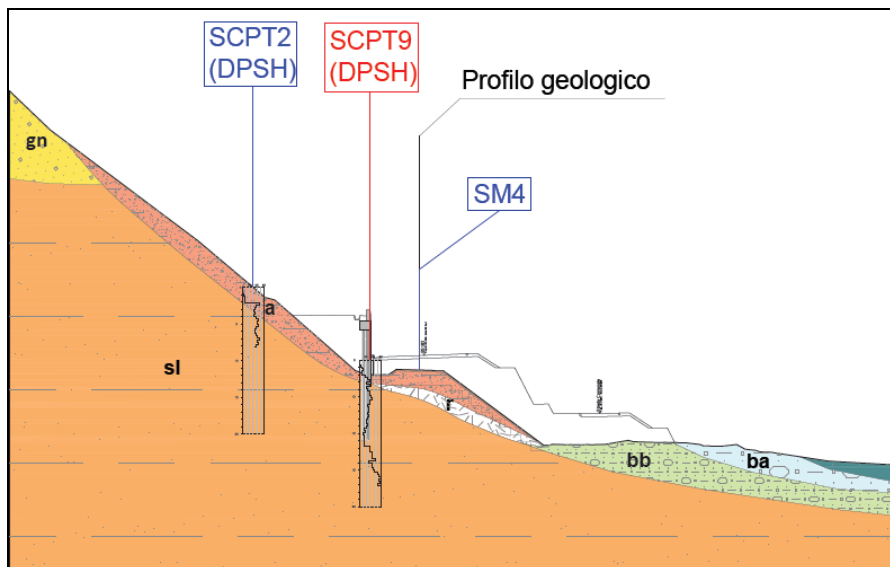


Figura 10.3 – Stralcio della sezione geologica A-B con indicazione delle opere in oggetto

PROGETTAZIONE ATI:

Proseguendo in modo crescente con le progressive, si raggiunge la porzione interessata dalla realizzazione di una paratia posta in sinistra al tracciato e della lunghezza di circa 152 m, ubicata tra la progr. 0+400 e la prog. 0+550, il versante a monte è stato oggetto, in passato e in particolare nel presente progetto, di una riprofilatura e di interventi a protezione delle scapate.

Alla base del versante, dove sarà eseguita la paratia di pali, risulta presente il sondaggio S2 eseguito durante campagna di indagine 2014, spinto fino alla profondità di 25 m ed attrezzato con piezometro a tubo aperto.

Tale perforazione risulta interferente con le litologie appartenenti all'unità **sl**. In particolare, lungo la verticale si riscontrano terreni da sabbioso-limosi a limo-sabbiosi addensati e maggiormente competenti con l'aumento della profondità, caratterizzati, inoltre, da intercalazioni argillose consistenti.

A conferma della granulometria prevalentemente grossolana e del grado di addensamento elevato, risultano i dati scaturiti dalle prove di laboratorio sui campioni indisturbati e soprattutto le risultanze delle prove SPT (in totale di 7) realizzate nel foro di sondaggio, terminate quasi tutte a rifiuto o comunque con valori del numero dei colpi elevati.

Dal rilevamento geologico è stato possibile notare, soprattutto nelle area prive di copertura vegetale, in corrispondenza dei livelli superficiali diverse forme derivanti dai processi di dilavamento agenti lungo il versante che, se da una parte confermano la natura predisponente, da parte di questi terreni, ad essere oggetto di fenomeni di erosione nelle porzioni più superficiali, dall'altra comportano, soprattutto in occasione di eventi meteorici intensi, fenomeni di ruscellamento incontrollato, con possibile evoluzione movimenti superficiali tipo "soil slip", con potenziale mobilitazione di ridotti volumi di materiale sciolto.

In tal senso, considerando gli interventi di mitigazione previsti in progetto, è lecito affermare che gli stessi comportino una consistente riduzione dei processi in atto ovvero regolamentano il deflusso delle acque superficiali, concorrendo a determinare una condizione di sicurezza coerente con l'assetto geomorfologico locale.

Il livello di falda misurato nel piezometro S2, aggiornato con la campagna di misure eseguite ad Aprile 2021, è ubicato a circa 20 m dal p.c., pertanto non interferente con le opere in progetto

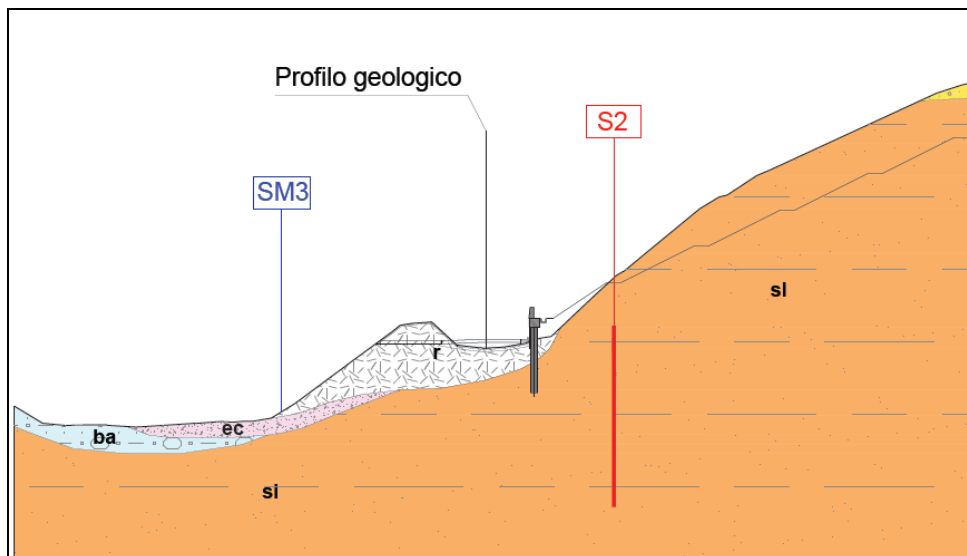


Figura 10.4 – Stralcio della sezione geologica C-D posta trasversalmente rispetto al tracciato ed indicativa degli interventi previsti

Galleria Artificiale – da pk 0+550 a pk 0+920

L'opera d'arte più importante dell'intervento in oggetto è rappresentata dalla Galleria Artificiale di lunghezza di 370 m, posta in corrispondenza del tratto di scavalco del Colle Scornari compresa tra le progressive 0+550 e 0+920.

Nello specifico, un primo tratto della galleria Artificiale, compreso tra la p.k. 0+550 e la p.k. 0+590 verrà realizzato eseguendo scavi a cielo aperto.

Il secondo tratto della galleria Artificiale (tra la p.k. 0+590 e la p.k. 0+920) verrà realizzato con il sistema Cut and Cover noto anche come "metodo Milano".

Sono previste due file di pali in cls del diametro Φ 1200, ad interasse pari a 1.30 m, che fungono da **ritti**; sui pali poggerà la soletta di copertura in calcestruzzo armato avente uno spessore pari a 1.50 m.

Le indagini geognostiche, eseguite in questo tratto di strada, sono costituite da n. 2 sondaggi a carotaggio continuo, realizzati nell'ambito della campagna geognostica del 2005 (S2 di 30 m di profondità) e del 2014 (S1 di 30 m di profondità), in quest'ultimo è eseguita una prova sismica in foro di tipo Down-Hole.

A tali indagini si aggiungono n. 3 prove penetrometriche di tipo DPSH (SCPT2-SCPT3 e SCPT4), realizzate lungo tutto il tratto, equidistanti tra loro.

Nell'interpretazione dell'assetto geologico locale, riferito a tale opera, è stata anche considerata la stesa sismica (SM4), effettuata nel 2005 e ubicata nel tratto terminale della stessa.

Durante l'ultima campagna di indagini integrativa a supporto della presente fase progettuale, è stato realizzato il sondaggio a carotaggio continuo S2i_Pz, spinto sino alla profondità di 25 m ed ubicato alla p.k. 0+620 circa. Per la ricostruzione del modello geologico di riferimento sono state analizzate le risultanze delle stese sismiche tomografiche BS2 e BS3, e della prospezione sismica MASW MW2.

Dal punto di vista geologico, l'opera e lo scavo annesso saranno realizzati, quasi interamente nei depositi plio-plestocenici dell'unità sabbioso – limosa (**sl**), con caratteristiche litotecniche che variano in funzione del grado di cementazione e di addensamento. Il sondaggio Si2_Pz, ha permesso di definire nel dettaglio il reale spessore della coltre eluvio-colluviale in corrispondenza dell'opera, la potenza della coltre eluvio colluviale è stata notevolmente ridotta rispetto a quanto ipotizzato nelle precedenti fasi progettuali, passando dai 7-8 metri ipotizzati a 1-2 metri.

I restanti sondaggi a carotaggio continuo sono stati realizzati in corrispondenza della porzione centrale del secondo tratto. Tali perforazioni confermano la presenza di livelli sabbiosi – limosi a tratti debolmente argillosi, caratterizzati da un buon grado di addensamento, che aumenta sensibilmente con la profondità, associato anche alla presenza di livelli cementati e giustificati dal raggiungimento del rifiuto di diverse prove SPT, eseguite in corrispondenza del sondaggio S1 del 2014.

In particolare, le prove di laboratorio realizzate sui campioni rimaneggiati indicano che le granulometrie associate a tali terreni sono da riferire a litologie di sabbie, da medie a fini, limose e a limo sabbiosi argillosi, più rappresentativi a profondità maggiori, che presentano valori di coesione efficace significativi.

Tale configurazione risulta essere confermata anche dalle prove DPSH prossime ai sondaggi, in particolare i valori del numero di colpi sono di gran lunga più elevati a partire dai 5 m circa di profondità, in considerazione della presenza di livelli molto più addensati e discretamente cementati.

Ad integrazione delle considerazioni appena descritte, risultano anche i dati derivati dalle indagini sismiche pregresse e da quelle integrative (anno 2019), che evidenziano un assetto litostratigrafico relativamente omogeneo, con porzioni sabbioso –limose passanti in profondità dell'ordine di 15 m a livelli prevalentemente più fini, ma maggiormente consistenti.

All'interno dell'unità sabbioso -limosa sono presenti eterogeneità granulometriche, riscontrabili sia lateralmente che verticalmente, associate a livelli meno addensati e/o una percentuale maggiore di frazione granulometrica fine poco consistente.

PROGETTAZIONE ATI:

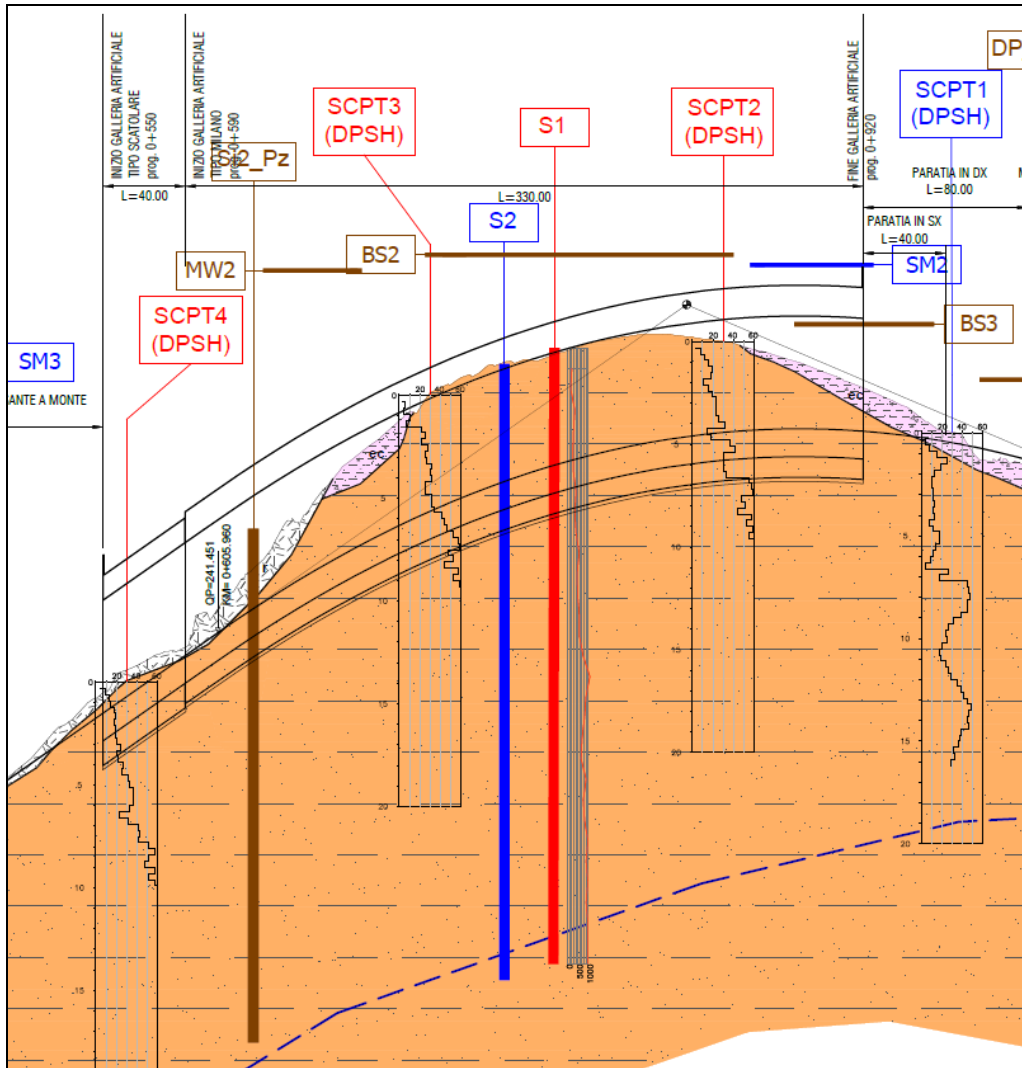


Figura 10.6 –Stralcio del profilo geologico rappresentante il tratto di strada associato alla Galleria Artificiale

In base ai dati piezometrici a disposizione, è stato stimato un livello di falda impostato ad una profondità superiore a 25 m, il tubo piezometrico installato nel sondaggio S2pz è risultato completamente asciutto nell'ultima campagna di misure. Pertanto, si prevede l'assenza di interferenza tra la falda e le opere previste in questa porzione di tracciato.

La realizzazione dell'opera interesserà la base di versanti impostati, prevalentemente, sui depositi sabbiosi-limosi dell'unità **sl**, i quali sono predisposti a processi associati al dilavamento e all'azione delle acque superficiali con forme di ruscellamento diffuso, che si approfondiscono in occasione di precipitazioni intense, processi e forme confermate durante il rilevamento geomorfologico di dettaglio realizzato nella presente fase progettuale a corredo dello studio di approfondimento geomorfologico. Tali fenomeni coinvolgono limitati spessori delle formazioni affioranti lungo i versanti, non pregiudizievoli delle opere e facilmente contrastabili attraverso una serie di interventi, già previsti in progetto, atti a garantire una loro sensibile riduzione attraverso l'utilizzo e la messa in opera di antiersivi (es. biustuoia) associati ad una adeguata regimazione delle acque.

PROGETTAZIONE ATI:

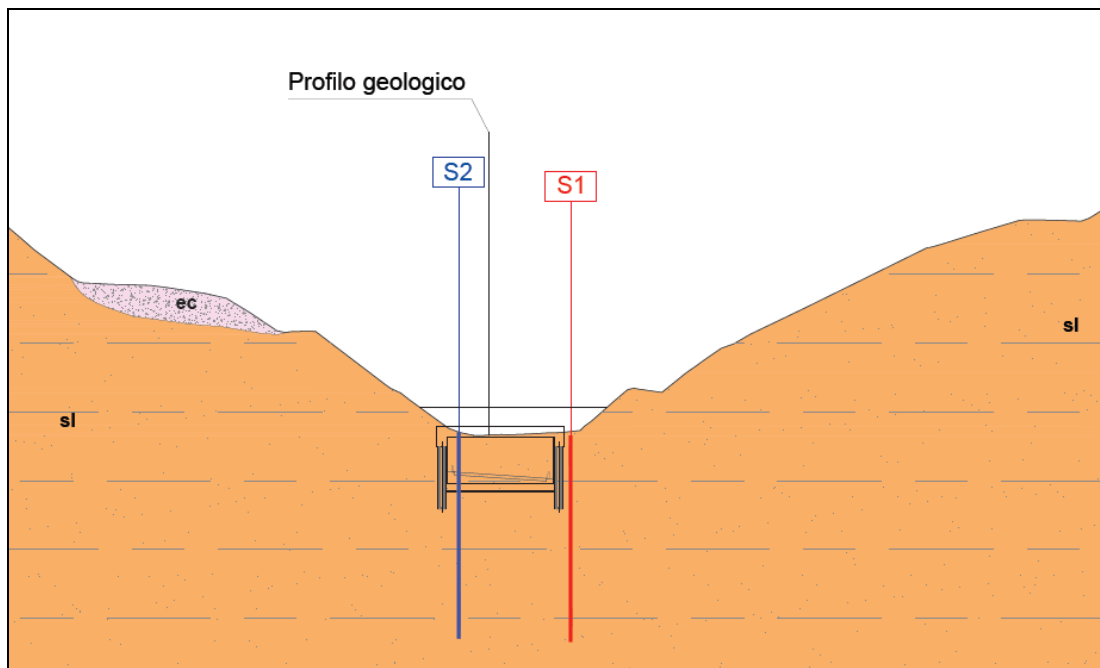


Figura 10.7 – Stralcio della sezione geologica E-F rappresentativa del tratto interessato dalla Galleria Artificiale tipo Milano

Fine Galleria pk 0+920 – fine lotto pk 1+275.98

Alla galleria artificiale, segue il tratto finale in discesa per il raccordo alla viabilità esistente con pendenze del 4,2 % fino alla rotatoria finale

Allo sbocco della galleria sono previsti degli interventi di contenimento su ambo i versanti, rappresentati da paratie, che interesseranno quasi completamente le litologie sabbiose –limose dell'unità geologica sl.

Le indagini, eseguite in questa ultima porzione di tracciato, sono rappresentate dal sondaggio a carotaggio continuo Si3_Pz, realizzato durante l'ultima campagna di indagini (anno 2019), n. 2 prove penetrometriche DPSH, associate alla campagna di indagine del 2005 (SCPT1) ed alla campagna del 2014 (SCPT1), integrate da un pozzetto esplorativo (Pz1 del 2014), spinto alla profondità di circa 3.50 m e dal pozzetto esplorativo Pz4 (anno 2019) della profondità di 2 m. Inoltre risulta presente, nella parte terminale del tratto in questione, il sondaggio S1 del 2005, eseguito per una lunghezza pari a 19.5 m.

In corrispondenza delle prove penetrometriche sono state riscontrate, con l'avanzare delle profondità, significative variazioni in termini di valori di colpi, a dimostrazione di possibili eterogeneità in termini granulometrici e di grado di addensamento, associati alle litologie sabbiose-limose del substrato.

A partire approssimativamente dalla prog. 1+120, i terreni risultano caratterizzati da livelli superficiali associati a depositi alluvionali, la quale presenza è stata confermata anche dal sondaggio più recente (Si3_Pz). Tali terreni sono costituiti da sabbie medie e sabbie limose di colore bruno, grigio e giallastro, con ghiaie poligeniche sub-arrotondate e frequenti resti vegetali, lo spessore aumenta con l'avanzare delle progressive.

Dal punto di vista idrogeologico, la falda impostata nei depositi plio-pleistocenici, risale fino ad una quota di circa 10 m, così come riscontrato dalle misure piezometriche realizzate all'interno del sondaggio Si3_Pz (anno 2019).

Da punto di vista geomorfologico, la presenza dei depositi di coltre eluvio-colluviale, comporta una maggior presenza in superficie, in corrispondenza della parte iniziale del tratto in questione, di fenomeni di erosione in atto, che si esplicano con la formazione di solchi concentrati

PROGETTAZIONE ATI:

approfondendosi in occasione di eventi meteorici intensi, tuttavia risultano previsti interventi atti a rendere ridurre tali processi garantendo un deflusso regolare delle acque di ruscellamento lungo il tracciato in progetto.

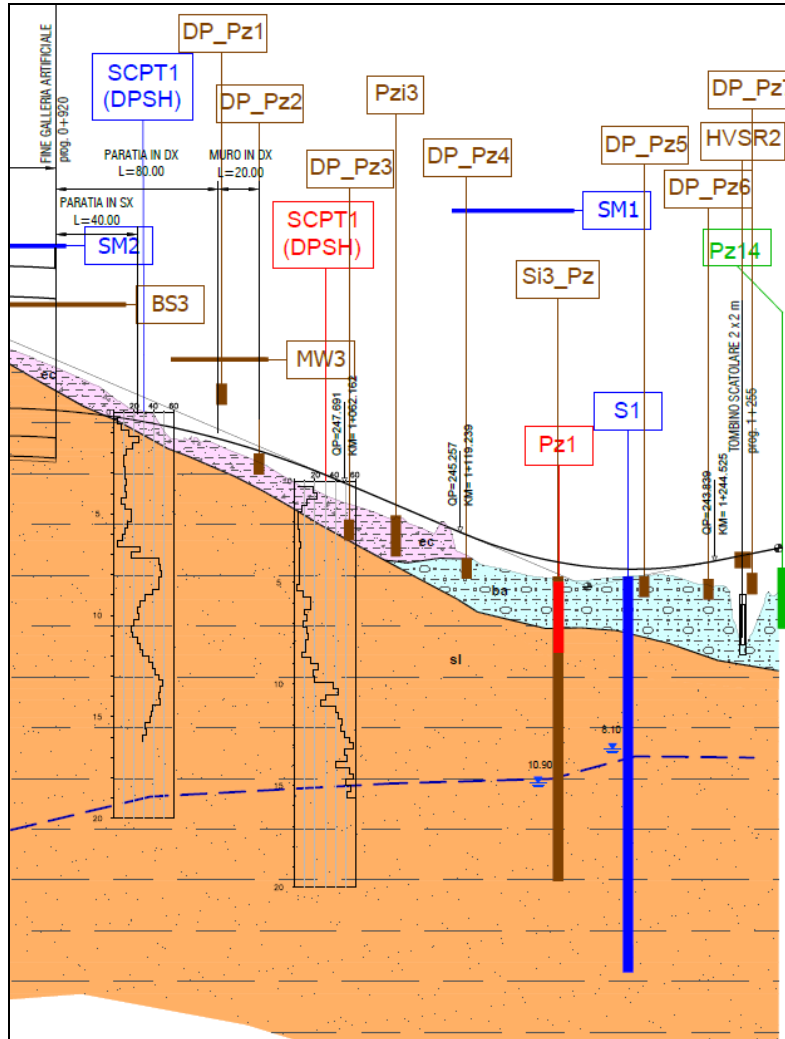


Figura 10.8 – Stralcio del profilo geologico inerente la parte terminale del tracciato stradale

11. CONCLUSIONI

Il presente documento è stato redatto sulla base di rilievi geologici e geomorfologici di campagna, e sui risultati delle indagini geognostiche e di laboratorio eseguite in più fasi.

Per la caratterizzazione geologica e sismica riferita alla presente fase progettuale è stato fatto riferimento alle diverse campagne di indagini geognostiche eseguite nel corso dell'iter approvativo ed associate a diversi livelli di progettazione.

I rapporti latero-verticali tra le singole unità geologiche sono rappresentati nel profilo geologico, sui quali sono anche riportate le opere principali e minori, le indagini eseguite nelle diverse fasi, le caratteristiche di permeabilità dei terreni e la profondità di progetto della falda, stimata sulla scorta delle misure piezometriche realizzate.

L'assetto geologico ed i caratteri geomorfologici del tratto di strada in progetto risentono fortemente delle attività di costruzione della strada precedentemente avviate, che si manifestano con la presenza del corpo del rilevato, con associati terreni di riporto, attualmente re-incisi dai processi erosivi in atto.

Dal punto di vista geologico, assumono importanza progettuale i terreni plio-pleistocenici caratterizzata da litologie da sabbiose a sabbio-limose, affioranti nella maggior parte del tracciato stradale ed in particolar modo nel tratto coincidente con la realizzazione della galleria artificiale, dove se generalmente presentano caratteristiche di addensamento e resistenza migliori, possono essere presenti possibili eterogeneità granulometriche e di grado di addensamento, con maggior probabilità nelle porzioni più superficiali, per effetto della presenza di intercalazioni lenticolari più o meno continue e con spessori potenzialmente consistenti.

I versanti impostati in tali litologie risultano predisposti a processi erosivi causate dal deflusso incontrollato delle acque superficiali, che si esplicano attraverso forme di solchi erosivi e manifestazioni calanchive, riscontrate durante i rilievi di campo eseguiti, con potenziale evoluzione in possibili locali scivolamenti tipo "soil slip", intesi come movimenti per saturazione e fluidificazione dei terreni sciolti superficiali che si sviluppano in concomitanza di precipitazioni intense, ma che interessano spessori limitati di terreno e i quali effetti si esauriscono velocemente con la profondità. Difatti tali fenomeni coinvolgono limitati spessori lungo i versanti non pregiudizievoli delle opere e facilmente contrastabili attraverso una serie di interventi, già previsti in progetto, atti a garantire una sensibile riduzione delle cause potenziali attraverso l'utilizzo di antierosivi (es. biustuoia) combinati ad una adeguata regimazione delle acque.

Gli interventi di mitigazione dei fenomeni morfologici in atto sono idonei a conferire una adeguata stabilità globale post-operam, raggiungendo condizioni di sicurezza proporzionate alle caratteristiche geologiche locali.

Passando agli aspetti idrogeologici, alla luce delle considerazioni scaturite dai dati disponibili ricavati anche dall'ultima campagna geognostica integrativa, si può stabilire che gli acquiferi presenti, estesi secondo una relativa continuità lungo il tracciato in progetto, siano impostati principalmente all'interno dei depositi sedimentari plio-pleistocenici. La presenza di una falda associata ai depositi sabbioso-limosi è stata confermata dalle misure piezometriche realizzate nelle verticali disponibili, la quale è stata ipotizzata, lungo il tracciato, ad una profondità compresa tra 10 e 25m. Quest'ultima presenta una certa continuità lungo l'intero tracciato con un andamento condizionato in parte dalla presenza dei livelli più fini che si manifestano sotto forma di corpi lenticolari più o meno estesi all'interno dello stesso complesso, ma che allo stato attuale caratterizza una circolazione idrica sotterranea relativamente regolare e non interferente con le principali opere previste in progetto.

In conclusione, fermo restando le indicazioni e prescrizioni fornite nel presente elaborato, si esprime parere geologico favorevole alla realizzazione del progetto.