

**SS 334 - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DEL CORPO
STRADALE ALLA PROGRESSIVA 7+600**

PROGETTO ESECUTIVO

IL PROGETTISTA E CSP:
Ing. Antonio Musso

IL GEOLOGO:
Geol. Fabio Picchio

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:
Ing. Fabrizio Cardone

GEOLOGIA
RELAZIONE GEOLOGICA

CODICE SIL N O M S G E 0 0 3 5 8		NOME FILE: T00GE00GEORE01_A		REVISIONE	SCALA :
		CODICE ELAB. T 0 0 G E 0 0 G E O R E 0 1		A	----
C					
B					
A	EMISSIONE	Ottobre 2021			
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

1	<i>Premesse</i>	2
2	<i>Riferimenti normativi</i>	2
3	<i>Caratteristiche progettuali</i>	3
4	<i>Inquadramento geologico generale</i>	4
4.1	<i>Assetto stratigrafico locale</i>	6
4.2	<i>Caratteristiche geomorfologiche ed idrogeologiche</i>	7
5	<u><i>Analisi della Pericolosità e del Vincolo Idrogeologico</i></u>	8
6	<u><i>Analisi della Pericolosità Sismica</i></u>	10
6.1	<i>Classificazione sismica dell'area studiata</i>	13
6.2	<i>Definizione dei Parametri sismici</i>	16
7	<u><i>Indagini Geognostiche</i></u>	18
8	<u><i>Risultanze delle Prove in sito e in Laboratorio</i></u>	23
8.1	<i>Prove Geotecniche in sito</i>	23
8.2	<i>Prove di laboratorio geotecnico</i>	26
8.3	<i>Point Load Test</i>	27
8.4	<i>Rilievo Geomeccanico delle carote</i>	29
9	<u><i>Considerazioni interpretative</i></u>	35
10	<u><i>Modello Geologico</i></u>	37
11	<u><i>Conclusioni</i></u>	38
	<u><i>Allegati</i></u>	40

1 Premesse

La presente relazione geologica fa parte della documentazione che andrà allegata al Progetto Esecutivo per gli interventi di messa in sicurezza del corpo stradale lungo la SS334 del Sassello.

L'intervento in oggetto, riguarderà un tratto in corrispondenza dalla progressiva 07+600 nel Comune di Stella San Giovanni (GE), come indicato nella figura riportata.

Figura 1. Ubicazione degli interventi previsti



La relazione in ottemperanza al Testo Unitario - Norme tecniche per le costruzioni (D.M. 17.01.2018) è finalizzata alla definizione delle condizioni geologiche e geomorfologiche del sito e delle caratteristiche geotecniche dei materiali ricadenti nelle aree oggetto degli interventi previsti.

Nella presente relazione vengono inizialmente descritti i contesti geomorfologico, geologico-stratigrafico, tettonico ed idrogeologico di riferimento.

Per procedere a quanto sopra indicato, si è proceduto ad osservazioni in sito e ad una campagna di indagini geognostiche finalizzate alla definizione delle caratteristiche dei terreni interessati dagli interventi che andranno realizzati.

2 Riferimenti normativi

- Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003.
- D.M. 17.01.2018.
- Legge Regionale 4 del 1999 "Norme in materia di foreste e di assetto idrogeologico" e s.m. e i.;
- Piano di Bacino stralcio per l'assetto idrogeologico – Prov. Di Savona – Torrente Sansobbia
- Carta Geologica Regionale con elementi di Geomorfologia (CGR) 1:25.000, TAV 229.1 (Varazze)
- R.D. 30/12/1923 n. 3267 "Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani"

3 Descrizione dell'intervento

La S.S. 334 del Sassello si estende in provincia di Savona, e partendo da Albisola Superiore va dal km 1+567 al km 28+647. Il progetto di cui trattasi prevede la necessità di ripristinare il tratto di corpo stradale nel tratto al km 07+600 ove si riscontrano diffusi cedimenti del tratto stradale.

Scopo di questa relazione, mancando attualmente un'indicazione sulla tipologia di progetto che si intende intraprendere, è fornire, sulla base delle evidenze in sito e delle indagini eseguite, un quadro della situazione geologico e idrogeologica dell'area e fornire i parametri geotecnici dei terreni i fini della progettazione per il contenimento del corpo stradale in studio.

Sarà facoltà del progettista richiedere eventuali integrazioni a quanto di seguito riportato.

4 Inquadramento geologico generale:

L'area inquadrata all'interno della Carta Geologica Regionale 1:25.000 (Tavola 229-1 – Varazze) è caratterizzata da alcune delle più significative unità stratigrafico - strutturali delle Alpi e dell'Appennino settentrionale.

Questi sono rappresentati da elementi litologici del Dominio Piemontese e Piemontese-Ligure di fondo oceanico, formato da falde ofiolitifere pre-cenomaniane, costituite dall'associazione ofiolitica a peridotiti, gabbri e basalti trasformati dal metamorfismo in serpentiniti, metagabbri e metabasalti, sovrapposti ad elementi del Tegumento permocarbonifero.

A tetto delle ofioliti si trova una copertura sedimentaria di età giurassica superiore - cretacea inferiore, composta da depositi pelagici silicei e carbonatici trasformati durante l'orogenesi in quarzoscisti e calcescisti.

Partendo da ponente verso levante coesistono a contatto tra loro, le formazioni del Bacino Terziario Piemontese e rocce appartenenti a diverse Unità del Gruppo di Voltri che, a loro volta, sono collegate tettonicamente a quelle del Massiccio Cristallino Savonese (Unità di Savona, Unità di Bagnaschino), rappresentato da Ortogneiss, paragneiss e micascisti, anfiboliti e della Falda di Montenotte.

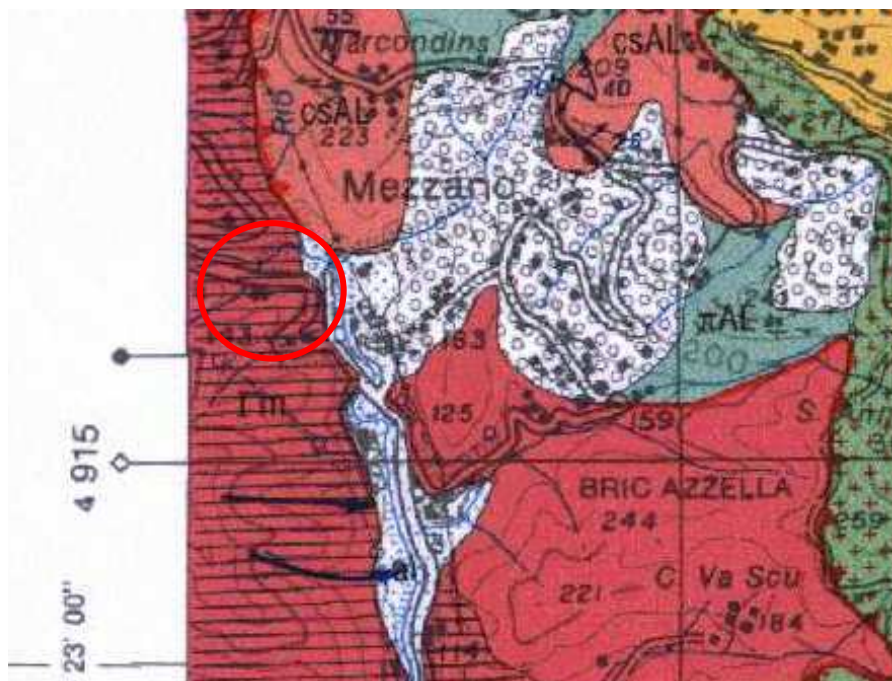
La Falda di Montenotte, sovrapposta al Cristallino è un'ulteriore unità ofiolitifera, alloctona, qui rappresentata da Calcari cristallini e Metagabbri.

Sparsi su tutto il settore esaminato vi sono, inoltre, lembi pliocenici rappresentati da depositi sedimentari di mare aperto, costituiti da litotipi marnoso-argillosi e conglomeratici; sono i sedimenti pre-aterni rappresentati dalla Formazione di Molare e dalle Argille di Ortovero, mentre il Quaternario è rappresentato da depositi alluvionali antichi e recenti localmente terrazzati, e da depositi eluvio – colluviali, questi ultimi in parte dovuti a fenomeni gravitativi di dissesto idrogeologico.

Di seguito si riporta un estratto della Carta Geologica Regionale in scala 1:25.000 dal foglio 229-1 Varazze, in modo a fornire un inquadramento geologico dell'area in esame.

STRADA STATALE N. 331 DEL SASSELLO
INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL CORPO STRADALE AL KM 07+600
NEL COMUNE DI STELLA SAN GIOVANNI
(SV)

Figura 2: Estratto da Carta Geologica Regionale (1:25.000) – Foglio 229-1– Varazze



QUATERNARIO



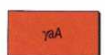
COPERTURE SCIOLTE: coltri detritiche eluvio-colluviali.



ALLUVIONI: depositi fluviali attuali e recenti; depositi di spiaggia.
Olocene

BASAMENTO PREVARISICO

MASSICCIO CRISTALLINO DI ARENZANO

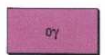


PARAGNEISS E ANFIBOLITI: paragneiss minuti a due miche, con locali intercalazioni di ortogneiss occhiadini; anfiboliti con sovrainpronta alpina in facies di Scisti Verdi; strutture milionitiche molto diffuse verso il contatto con le sequenze sedimentarie.

UNITÀ SAVONA CALIZZANO



ORTOGNEISS METAGRANITOIDI II: metagranitoidi con sovrainpronta metamorfica prealpina in facies anfibolitica; granitoidi a grana da media a grossolana, generalmente porfiritici per grandi megacristalli di K-feldspato (fino a 8-10 cm); metagranitoidi con forte sovrainpronta metamorfica a carattere milionitico (Γm).
Carbonifero inferiore



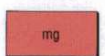
ORTOGNEISS I: ortogneiss con sovrainpronta polimetamorfica in facies anfibolitica prealpina; metagranitoidi a grana grossolana occhiadina per megacristalli di K-feldspato (fino a 4 cm) con strutture magmatiche relitte; ortogneiss biotitico-muscovitici fortemente scistos; ortogneiss biotitico-muscovitici con pasta di fondo equigranulare a grana medio fine e fenocristalli di K-feldspato.
Cambriano - Ordoviciano - Siluriano



PARAGNEISS MICASCISTI POLIMETAMORFICI IN FACIES ANFIBOLITICA: paragneiss e micascisti a grana fine, a biotite e muscovite; micascisti a grana media fino a grande.
Ordoviciano - Siluriano



ANFIBOLITI: metabasiti massicce, polimetamorfiche, in facies anfibolitica; localmente granatiferi; metabasiti polimetamorfiche a grana generalmente da fine a media, con relitti di paragenesi eclogitiche a granato.
Ordoviciano - Siluriano



MIGMATITI: migmatiti di anatessi, polimetamorfiche a peciloblasti di andalusite associate a mobilizzati leucocratici.
Siluriano - Devoniano

4.1 Assetto stratigrafico locale

In generale la stratigrafia dell'area oggetto di studio, come riportato nella carta geologica estratta da CGR (Carta Geologica Regionale 1:25.000) – Tav. 229.1 è costituita da:

- Tegumento Permo-Carbonifero rappresentato dal Massiccio cristallino di Savona;
- Depositi Quaternari.

Il Massiccio cristallino di Savona è rappresentato da Ortogneiss, Paragneiss e micascisti.

- Ortogneiss: Si tratta di gneiss da fortemente scistosi a gneiss granitoidi derivanti da rocce acide. L'ammasso roccioso è generalmente poco alterato; solo laddove la scistosità è marcata si presentano profondamente disgregati o milonitizzati. I costituenti fondamentali sono quarzo, plagioclasio sericitizzato e biotite e presentano una tessitura generalmente scistosa ed alcune volte, aumentando il tenore di muscovite rispetto al plagioclasio, passano a micascisti gneissici e micascisti. Gli ortogneiss granitoidi hanno un aspetto filoniano e plutonitico; mostrano una grana molto grossolana ed una tessitura occhiadina per l'abbondante presenza di fenoclasti di Kfeldspato. Gli ortogneiss possono essere metagranitoidi, con grosse lenti di Kfeldspato, eterogranulari, e quindi poco alterati. Processi di disgregazione più o meno profonde si riscontrano lungo i contatti. Si trovano in estesi affioramenti soprattutto nella parte media del bacino.

- Paragneiss e micascisti: sono rocce a tessitura finemente scistosa, talora altamente micacee e presentano frequenti tessiture occhiadine date sia da individui di granato sia di k-feldspato; si tratta di metapeliti e metareniti associate e spesso intercalate alle anfiboliti. In affioramento l'ammasso roccioso si presenta facilmente disgregabile per alterazione profonda.

La successione stratigrafica termina con i terreni quaternari che si distinguono in:

- Depositi Pliocenici, rappresentati dalle Argille di Ortovero
- Depositi Palustri e Periglaciali, rappresentati prevalentemente da blocchi riconducibili a processi crio-nivali;
- Depositi alluvionali, caratterizzati sia da Depositi terrazzati, ossia posizionati a quote più elevate rispetto agli alvei attuali e depositi in attuali in alveo;

-Coltri eluvio – colluviali, caratterizzate essenzialmente da coperture alteratesi in sito e mobilizzate da processi di versante e costituite da clasti eterometrici in matrice pelitica e/o sabbiosa.

4.2 Caratteristiche Geomorfologiche e idrogeologiche

L'area in esame si trova lungo un versante piuttosto acclive in sponda destra del torrente Rio Basco, afferente al fiume Sansobbia e all'omonimo bacino.

La morfologia locale risulta modellata principalmente dall'azione erosiva superficiale e sub-superficiale dell'acqua ed i fenomeni erosivi di trasporto e di deposito ad essa associati.

Il Rio Basco, come tutti gli affluenti del Sansobbia, risulta in forte erosione, con alveo molto inciso e fenomeni di scalzamento della base dei versanti; lungo il tratto terminale segue parallelamente il corso del Sansobbia per andare a confluire in esso poco prima della foce.

In generale le coperture detritiche presenti nell'ambito del bacino del T. Sansobbia, possono essere distinte in accumuli originati da fenomeni franosi e da coltri detritiche eluvio-colluviali; il versante in studio presenta una pendenza medio elevata che degrada verso valle dando luogo a depositi eluvio – colluviali di spessori medi; la presenza di un substrato alterato e fratturato, affiorante sulla pendice di monte, favorisce l'azione erosiva sub superficiale, determinando l'infiltrazione idrica all'interno dello stesso. A valle si riscontra la presenza di un'area antropizzata posta presumibilmente su depositi di versante eluvio colluviali.

Il taglio del versante dovuto alla presenza della sede stradale ne favorisce la degradazione attraverso l'erosione superficiale che, convogliando l'acqua di provenienza meteorica al di sotto del piano viabile, determina fenomeni di escavazione e il generarsi di cedimenti e dissesti.

Per quanto riguarda le caratteristiche idrogeologiche del sottosuolo, i depositi di versante risultano permeabili per porosità in misura variabile in funzione della quantità di matrice limosa presente; il substrato roccioso per sua natura viene classificato come orizzonte da semipermeabile a impermeabile in funzione dello stato di fratturazione nel quale si trova.

5 **Analisi della pericolosità e del Vincolo Idrogeologico**

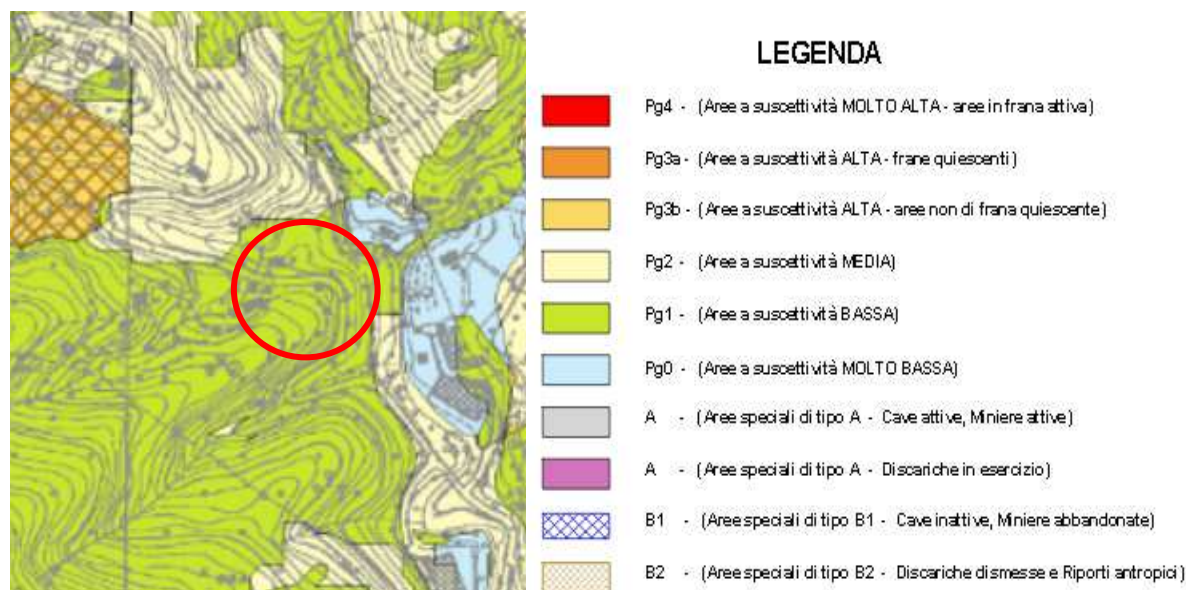
L'area indagata, dalla cartografia consultata e di seguito riportata estratta dal Piano di Bacino del Torrente Sansobbia, dal PUC del Comune di Stella (SV) e dall'Inventario dei Fenomeni Franosi (IFFI), si trova in una zona soggetta a diffusi fenomeni erosivi dovuti alla dinamica di versante, in particolare durante eventi meteorici piuttosto intensi.

La Suscettività al Dissesto è di tipo Pg1, cioè bassa per l'intera zona in oggetto; il rischio Geomorfologico risulta Lieve (Rg0) per il versante, mentre il rischio Lineare, inteso per la sede stradale, è considerato Medio (Rg2)

Per quanto riguarda fenomeni di dissesto legati a fenomeni gravitativi, consultato il catalogo IFFI attraverso la piattaforma IDROGEO, il sito risulta al di fuori della zona di interferenza da frana attive

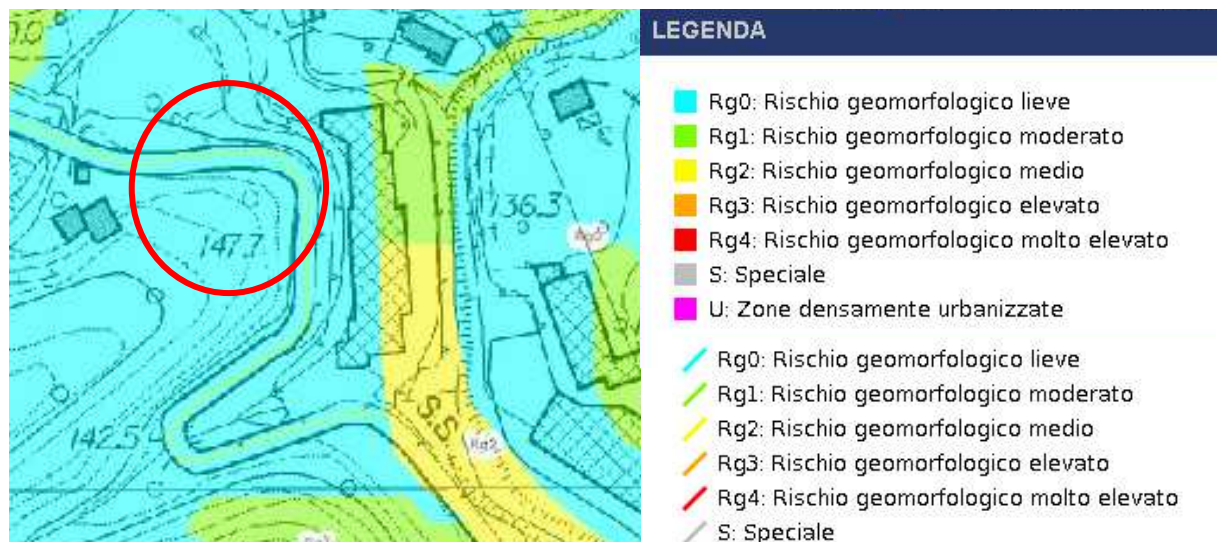
Infine il sito in oggetto risulta in area sottoposta a Vincolo Idrogeologico, come indicato nell'allegata Carta dei vincoli estratta dal PUC del Comune di Stella (SV) pertanto, ai fini della realizzazione delle opere, occorrerà richiedere l'autorizzazione ai sensi della Legge Regionale 4 del 1999.

Estratto da Piano stralcio d'assetto idrogeologico Torrente Sansobbia – Suscettività al dissesto:



STRADA STATALE N. 331 DEL SASSELLO
INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL CORPO STRADALE AL KM 07+600
NEL COMUNE DI STELLA SAN GIOVANNI
(SV)

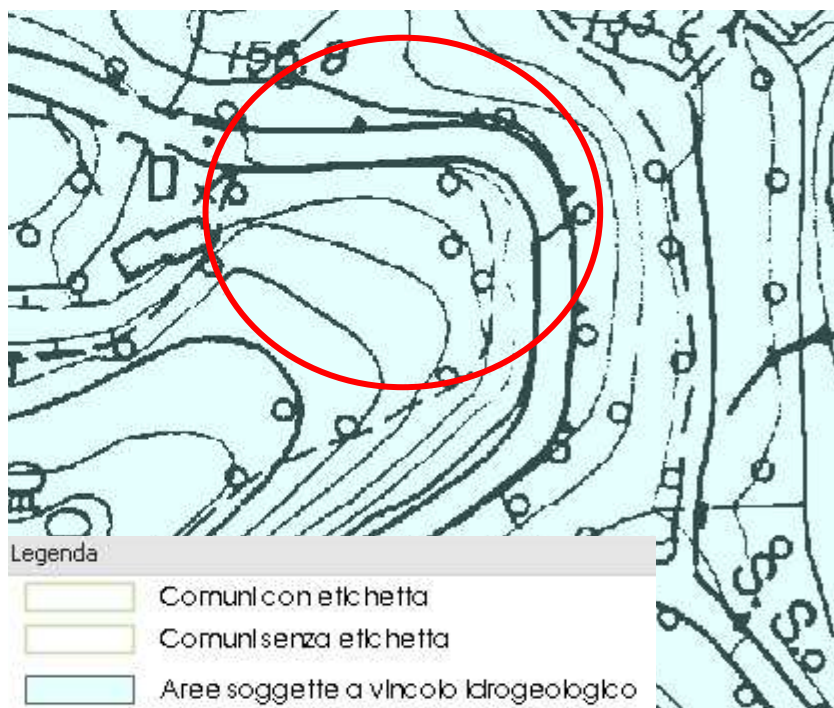
Estratto da Piano stralcio d'assetto idrogeologico– Rischio Geomorfologico



Estratto da IFFI – Inventario dei Fenomeni Franosi – Piattaforma IDROGEO



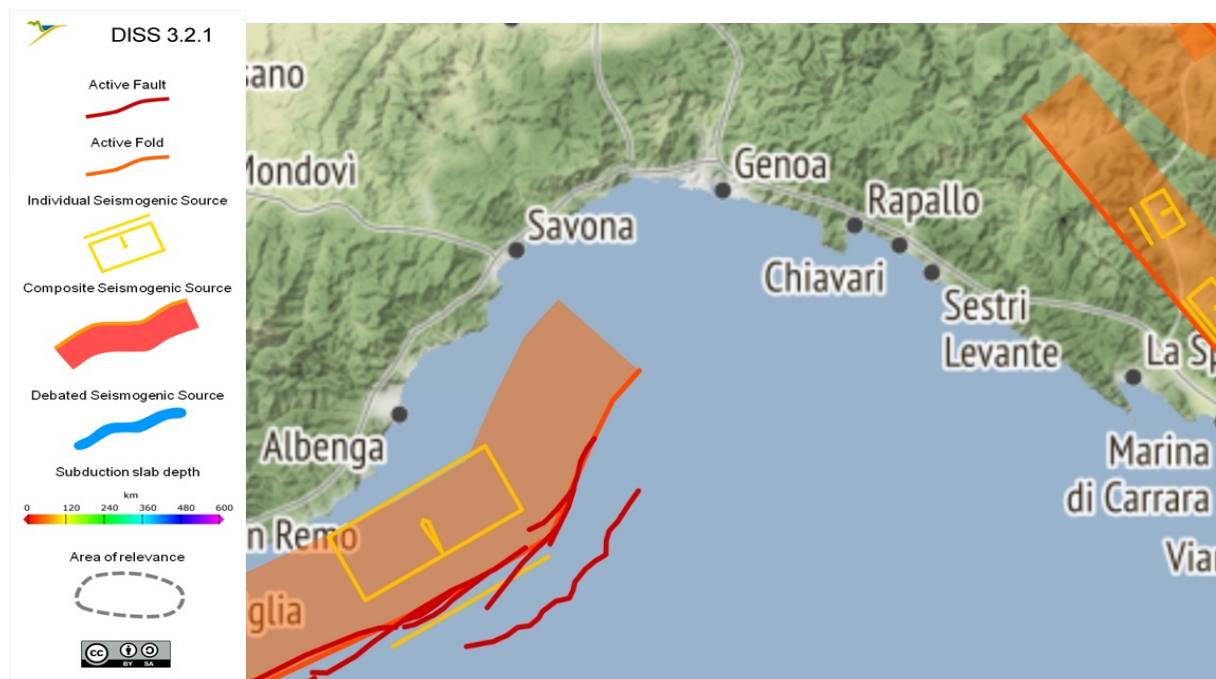
Estratto da Aree sottoposte a Vincolo Idrogeologico - R.D. n. 3267/1923 art. 2 – Estratto dal PUC - Comune di Stella (SV)



6 Analisi della Pericolosità Sismica

Il quadro sismotettonico locale e le analisi eseguite dall'INGV individuano per il territorio di Stella San Giovanni un basso grado di rischio sismico, risentendo la zona degli effetti di propagazione e attenuazione di sismi con epicentro nelle Alpi occidentali, nell'Appennino settentrionale e, in misura minore, nelle Langhe e nel Monferrato. Nell'immagine satellitare riportata sono indicate, con fasce di colore arancione, le zone sismogenetiche riconosciute dell'Italia nordoccidentale.

STRADA STATALE N. 331 DEL SASSELLO
INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL CORPO STRADALE AL KM 07+600
NEL COMUNE DI STELLA SAN GIOVANNI
(SV)



L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), recependo i suggerimenti della Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile, ha coordinato la redazione della mappa di pericolosità sismica di riferimento per l'individuazione delle zone sismiche, richiesta dall'ordinanza del P.C.M. datata 20 marzo 2003 n. 3274, All. 1.

La pericolosità sismica rappresenta una stima quantitativa dello scuotimento del terreno dovuto a un evento sismico, in una determinata area. Tale valutazione può essere effettuata con metodi deterministici, assumendo un determinato terremoto di riferimento, oppure con metodi probabilistici, nei quali le incertezze dovute alla grandezza, alla localizzazione e al tempo di occorrenza del terremoto sono esplicitamente considerati.

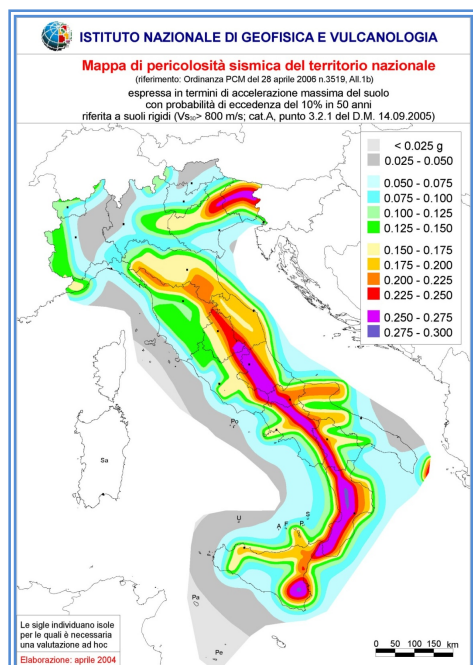
In dettaglio, la pericolosità sismica di base rappresenta una componente della pericolosità sismica precedentemente descritta, dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti). La pericolosità sismica di base calcola (generalmente in maniera probabilistica), per una certa regione e in un determinato periodo di tempo, i valori di parametri corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza. Tali parametri (velocità, accelerazione, intensità, ordinate spettrali)

STRADA STATALE N. 331 DEL SASSELLO
INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL CORPO STRADALE AL KM 07+600
NEL COMUNE DI STELLA SAN GIOVANNI
(SV)

descrivono lo scuotimento prodotto dal terremoto in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento).

A scala nazionale l'INGV ha quindi provveduto a stimare l'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido e pianeggiante $a_{(g)}$, corrispondente a quella che in ambito internazionale viene chiamata PGA, che costituisce il principale parametro descrittivo della pericolosità di base.

Tale parametro, la cui unità di misura è l'accelerazione di gravità $g=9.8 \text{ m/s}^2$, utilizzato anche per la definizione dell'azione sismica di riferimento per opere ordinarie (Classe II delle Norme Tecniche per le Costruzioni), convenzionalmente rappresenta l'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido e pianeggiante che, in un intervallo di tempo di 50 anni, ha una probabilità del 10% di superare il valore indicato, per effetto di sismi di intensità maggiore rispetto a quelli considerati per la classificazione del territorio. Dall'analisi delle due mappe si rileva che l'area in oggetto è a bassa pericolosità.



Mappa di pericolosità sismica dell'intero territorio nazionale redatta dall'INGV. La figura è stata tratta dal sito dell'INGV: <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>

6.1 Classificazione sismica dell'area studiata

Il D.M. "Norme tecniche sulle Costruzioni" prevede che, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, debba essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi di risposta sismica locale o attraverso la seguente classificazione dei terreni, compresi tra il piano di imposta delle fondazioni ed un substrato rigido di riferimento (*bedrock*), ovvero quelli presenti ad una profondità commisurata all'estensione ed all'importanza dell'opera. La classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S .

I valori di V_S sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite indagini sismiche di tipo MASW. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

h_i spessore dell' i -esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Sulla base delle grandezze sopra definite s'identificano le seguenti le categorie di sottosuolo:

A - <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di Velocità delle onde di Taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti, con spessore massimo pari a 3 m.
B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Velocità Equivalenti compresi tra 360 m/s e 800 m/s
C - Depositati 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
D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente 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 100 m/s e 180 m/s
E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D, con profondità del substrato non superiore a 30 m

Lo studio delle aree interessate dagli interventi sono stati mirati oltre alla caratterizzazione geotecnica dei terreni, anche alla valutazione della propagazione delle onde nel sottosuolo attraverso la misura delle onde di taglio Vs, secondo quanto previsto dal D.M. "Norme tecniche sulle Costruzioni".

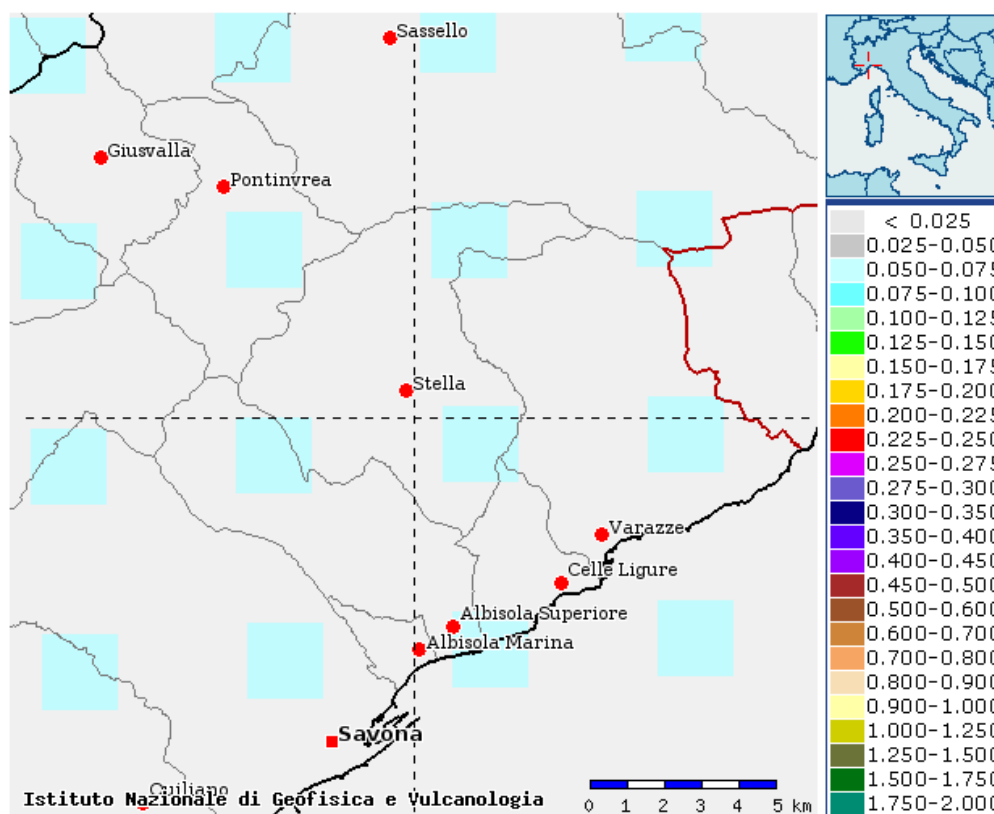
Sulla base dei dati ricavati dalle indagini geofisiche MASW effettuate il valore rilevato risulta di 462 m/s (come visibile dagli elaborati allegati alla presente relazione), è stata associata la classe di suolo B, cioè a Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Velocità Equivalenti compresi tra 360 m/s e 800 m/s

L'ubicazione topografica è (Datum: WGS84)

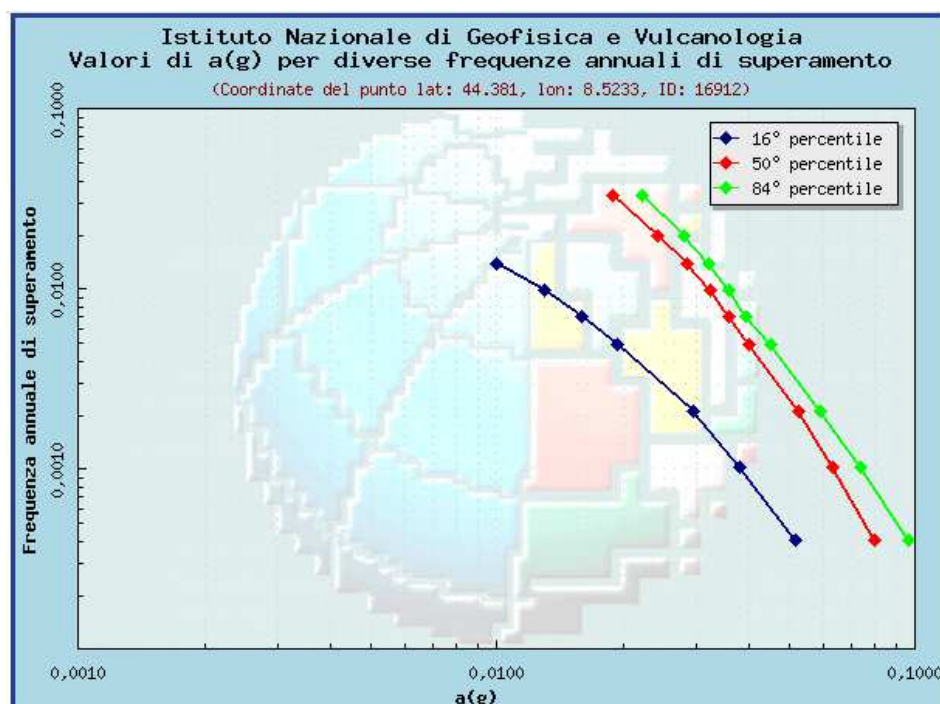
Long: 8.5009805– Lat: 44.388130

In merito all'ordinanza n. 351/2016 le località oggetto degli interventi risultano comprese tra punti con accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni di $a_g = 0.050 - 0.075$ g, come dal seguente estratto dalle mappe di pericolosità sismica dell'INGV.

STRADA STATALE N. 331 DEL SASSELLO
INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL CORPO STRADALE AL KM 07+600
NEL COMUNE DI STELLA SAN GIOVANNI
(SV)



Il nodo dei 4 vicini alla zona di progetto, maggiormente sfavorevole è codificato con il numero 16912 per il quale si riportano di seguito il grafico dei valori di $a(g)$ per le diverse frequenze annuali di superamento:



STRADA STATALE N. 331 DEL SASSELLO
INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL CORPO STRADALE AL KM 07+600
NEL COMUNE DI STELLA SAN GIOVANNI
(SV)

Frequenza annuale di superamento	a(g) (Coordinate del punto lat: 44.381, lon: 8.5233, ID: 16912)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.0517	0.0800	0.0963
0.0010	0.0379	0.0635	0.0741
0.0021	0.0294	0.0524	0.0592
0.0050	0.0194	0.0400	0.0451
0.0071	0.0159	0.0359	0.0395
0.0099	0.0130	0.0322	0.0358
0.0139	0.0100	0.0284	0.0320
0.0200	0.0000	0.0243	0.0280
0.0333	0.0000	0.0188	0.0223

L'area oggetto del rilevamento mostra versanti con pendenze medie comprese tra 35% e 50%. Sulla base di tali valutazioni, nella generalità dei casi, i siti possono essere ascritti alla categoria topografica T2, con inclinazione media $i > 15^\circ$

6.2 Definizione dei Parametri Sismici

Sulla base dei dati sopra riportati, si riportano i parametri sismici di riferimento validi per i siti in esame; per quanto riguarda la Vita Nominale, si è assegnato il valore di 50 anni; tuttavia la Vita Nominale deve essere comunque stabilita in fase progettuale ed eventualmente modificata.

Sito in esame.

latitudine: 44.3890972654092
longitudine: 8.50203548056589
Classe: 4
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 16911	Lat: 44.3780	Lon: 8.4535	Distanza: 4047.975
Sito 2	ID: 16912	Lat: 44.3810	Lon: 8.5233	Distanza: 1916.913
Sito 3	ID: 16690	Lat: 44.4309	Lon: 8.5192	Distanza: 4840.726
Sito 4	ID: 16689	Lat: 44.4279	Lon: 8.4493	Distanza: 6014.170

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T2
Periodo di riferimento: 100anni

STRADA STATALE N. 331 DEL SASSELLO
INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL CORPO STRADALE AL KM 07+600
NEL COMUNE DI STELLA SAN GIOVANNI
(SV)

Coefficiente cu:	2	
Operatività (SLO):		
Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	60	[anni]
ag:	0.026	g
Fo:	2.555	
Tc*:	0.195	[s]
Danno (SLD):		
Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	101	[anni]
ag:	0.032	g
Fo:	2.563	
Tc*:	0.220	[s]
Salvaguardia della vita (SLV):		
Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	949	[anni]
ag:	0.063	g
Fo:	2.746	
Tc*:	0.323	[s]
Prevenzione dal collasso (SLC):		
Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	1950	[anni]
ag:	0.076	g
Fo:	2.837	
Tc*:	0.338	[s]

Coefficienti Sismici

SLO:	
Ss:	1.200
Cc:	1.530
St:	1.200
Kh:	0.008
Kv:	0.004
Amax:	0.369
Beta:	0.200
SLD:	
Ss:	1.200
Cc:	1.490
St:	1.200
Kh:	0.009
Kv:	0.005
Amax:	0.454
Beta:	0.200
SLV:	
Ss:	1.200
Cc:	1.380
St:	1.200
Kh:	0.018

STRADA STATALE N. 331 DEL SASSELLO
INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL CORPO STRADALE AL KM 07+600
NEL COMUNE DI STELLA SAN GIOVANNI
(SV)

Kv:	0.009
Amax:	0.891
Beta:	0.200
SLC:	
Ss:	1.200
Cc:	1.370
St:	1.200
Kh:	0.022
Kv:	0.011
Amax:	1.067
Beta:	0.200

7 Indagini geognostiche

Per lo studio dell'area, sono state eseguite diverse indagini dirette e indirette. Dovendo operare lungo strada con traffico, ai fini di poter ottenere la miglior caratterizzazione dei terreni possibile, si è proceduto come di seguito indicato.

Sono stati realizzati 3 sondaggi a carotaggio (S1, S2 ed S3), spinti a profondità comprese tra 15 e 20 m, con prelievo di campioni rimaneggiati ed esecuzione di prove SPT (Standard Penetration Test). A questi si sono aggiunti 1 profilo sismico a rifrazione con tomografia e 1 MASW per la caratterizzazione sismica del sottosuolo ai sensi della normativa; i dettagli delle indagini sono nei report allegati.

L'ubicazione delle indagini eseguite è di seguito riportata:



E' stato inoltre effettuato un rilievo dell'area in studio le cui determinazioni sono di seguito riportate.

Osservazioni dal rilievo del sito:

Il sito è rappresentato da un taglio stradale a mezza costa lungo un versante ad acclività medio elevata, percorso da un piccolo rio, tributario del torrente Rio Basco, nel quale si getta passando da un attraversamento idraulico che passa la di sotto della sede stradale.

A monte della sede stradale, si osservano muri a secco molto ammalorati e, in alcuni casi, abbattuti (FOTO 1); la presenza di substrato affiorante si evidenzia in particolare in corrispondenza del tratto in curva (FOTO 2)

In corrispondenza del rio sopra citato, a monte della strada, si osserva la presenza di un'abitazione (FOTO 3) dai cui terreni soprastanti, durante intensi periodi piovosi, vengono convogliate a valle colate di fango e detriti che invadono la carreggiata. Ciò comporta il riempimento della canaletta a bordo strada, con scorrimento dell'acqua lungo la strada e che, attraverso diverse fessure nell'asfalto, penetra all'interno della massicciata stradale, determinandone l'abbassamento e il cedimento (FOTO 4).

La canaletta di scolo risulta anch'essa precaria, per mancanza di impermeabilizzazione (FOTO 5), con la conseguenza che l'acqua si infila la di sotto della strada, fuoriuscendo a valle, lungo le scarpate (FOTO 6), creando nuove vie preferenziali di passaggio all'acqua accrescendo i fenomeni di cedimento e deformazione (FOTO 7).

La pendice a valle della sede stradale, caratterizzata dai già citati fenomeni di deformazione, evidenzia, in corrispondenza dell'alveo del rio, la presenza di piccole briglie in pietrame ormai in rovina (FOTO 8), con la conseguenza che durante le piene i massi vengono trascinati via e, durante il trasporto a valle, determinano nuove ostruzioni rispetto allo scorrimento dell'acqua.

Infine, sempre nel lato valle, risulta presente un'opera per la captazione di una sorgente.

STRADA STATALE N. 331 DEL SASSELLO
INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL CORPO STRADALE AL KM 07+600
NEL COMUNE DI STELLA SAN GIOVANNI
(SV)

Foto 1:



Foto 2:



STRADA STATALE N. 331 DEL SASSELLO
INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL CORPO STRADALE AL KM 07+600
NEL COMUNE DI STELLA SAN GIOVANNI
(SV)

Foto 3:

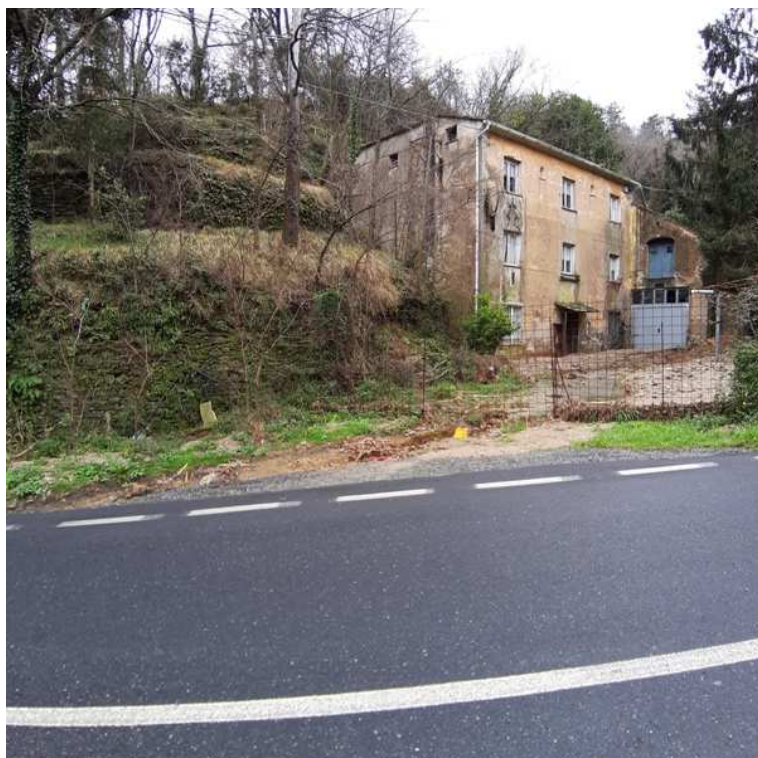


Foto 4:



STRADA STATALE N. 331 DEL SASSELLO
INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL CORPO STRADALE AL KM 07+600
NEL COMUNE DI STELLA SAN GIOVANNI
(SV)

Foto 5:



Foto 6:



Foto 7:



Foto 8:



8 Risultanze delle prove in sito e in laboratorio:

8.1 Prove geotecniche in sito

Nel corso dell'esecuzione del sondaggio sono state eseguite complessivamente n. 6 prove penetrometriche con strumentazione Standard Penetration Test (A.G.I.,1977)

Di seguito sono riportati i risultati delle elaborazioni.

Correzione N_{SPT} :

Il valore di NSPT rilevato in sito è stato corretto, per tutte le prove eseguite, in funzione della natura dei terreni, del grado di addensamento/consistenza e della falda, adottando la formulazione di Terzaghi:

$$N'_{SPT} \text{ (corretto)} = 15 + 0,5(NSPT - 15) \text{ se } N_{SPT} > 15 \text{ e sotto falda}$$

STRADA STATALE N. 331 DEL SASSELLO
INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL CORPO STRADALE AL KM 07+600
NEL COMUNE DI STELLA SAN GIOVANNI
(SV)

Successivamente i valori ottenuti sono stati normalizzati secondo il criterio suggerito da SKEMPTON A.W (1957):

$$N_{60} = N'_{SPT} * C_E * C_B * C_S * C_R$$

N_{60} valore normalizzato

N_{SPT} valore corretto

C_E correzione per il rapporto di energia (Assunto per convenzione = 0.9)

C_B correzione per il diametro del foro

C_S correzione per il tipo di campionamento

C_R correzione per la lunghezza delle aste

Di seguito si riporta la tabella riepilogativa:

Sond.	profondità	N SPT	N' SPT (Terzaghi) se Nspt > 15	Fattori correzione N60				N60	Peso volume (kg/cm ³)	Sforzo verticale (kg/cm ²)
	n° m dal p. viab.			Ce	Cb	Cs	Cr			
S1	1,50	11	11	0,95	1,00	1,00	0,75	7,84	1,70	0,26
S1	3,00	Rifiuto								
S2	0,30	Rifiuto								
S3	1,50	28	21,5	0,95	1,00	1,00	0,75	15,32	1,60	0,24
S3	3,00	11	11	0,95	1,00	1,00	0,75	7,84	2,10	0,63
S3	6,00	Rifiuto								

Densità relativa (Dr):

Per desumere il valore della Densità relativa si utilizzano le seguenti correlazioni:

BAZARAA (1967): Per $\sigma'_v \leq 0,732 \text{ kg/cm}^2$ $Dr^2 = N_{SPT} / (20(1+4.1 \sigma'_v))$

Per $\sigma'_v > 0,732 \text{ kg/cm}^2$ $Dr^2 = N_{SPT} / (20(3.24+1.024 \sigma'_v))$

Dove σ'_v rappresenta la tensione verticale efficace espressa in kg/cm^2

Skempton: $Dr = \sqrt{N / (32 + 0.288 \sigma'_v)}$

Di seguito si riporta la tabella riepilogativa:

Sond.	profondità	N SPT	Densità relativa (%)		
	n° m dal p. viab.		(Bazaraa - 1967) per sf. Vert. < 0,732 kg/cm ²	(Bazaraa - 1967) per sf. Vert. > 0,732 kg/cm ²	Skempton
S1	1,50	11	44%	33%	49%
S1	3,00	Rifiuto			
S2	0,30	Rifiuto			
S3	1,50	28	62%	47%	69%
S3	3,00	11	33%	32%	49%
S3	6,00	Rifiuto			

Coesione non drenata (c_u):

Per desumere i valori di Coesione non drenata si fa riferimento alle seguenti correlazioni:

Design Manual fo Soil Mechanics (D.M.S.M.):

Per le argille a bassa plasticità $c_u = 0.038 N_{SPT}$ in kg/cm^2

Per le argille a media plasticità $c_u = 0.074 N_{SPT}$ in kg/cm^2

Per le argille a alta plasticità $c_u = 0.125 N_{SPT}$ in kg/cm^2

SHIOI & FUKUI:

Per le argille a media plasticità $c_u = 0.025 N_{SPT}$ in kg/cm^2

Per le argille a alta plasticità $c_u = 0.050 N_{SPT}$ in kg/cm^2

Di seguito si riporta la tabella riepilogativa:

Sond.	profondità	Cu (kPa)				
n°	m dal p. viab.	D.M.S.M. Argille bassa plasticità	D.M.S.M.Argille media plasticità	D.M.S.M.Argille alta plasticità	Shoi - Fukui (1982) Argille media plasticità	Shoi - Fukui (1982) Argille alta plasticità
S1	1.50	29.2	56.9	96.1	19.2	38.4
S1	3.00					
S2	0.30					
S3	1.50	57.1	111.2	187.8	37.6	75.1
S3	3.00	29.2	56.9	96.1	19.2	38.4
S3	6.00					

Angolo di Attrito Efficace:

Per la valutazione dell'angolo di attrito efficace sono state adottate le correlazioni di Shioi e Fukuni (Pasqualini E.,1983) valide per sabbie s.l.:

$$\phi' = \sqrt{15} * N_{SPT} + 15 \quad (\text{R.B.S., sabbie fini o limose})$$

$$\phi' = 0.3 * N_{SPT} + 27 \quad (\text{J.N.R., sabbie gradate fino a ghiaiose})$$

Per terreni ghiaiosi medio fini si fa riferimento alla relazione proposta da Schmertmann (1978):

$$\phi' = 38 + 0.08 D_r$$

Per terreni ghiaiosi si utilizza anche la seguente formulazione di Mayne:

$$\phi' = 20 + (15.4 * N')^{0.5}$$

Di seguito si riporta la tabella riepilogativa:

STRADA STATALE N. 331 DEL SASSELLO
INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL CORPO STRADALE AL KM 07+600
NEL COMUNE DI STELLA SAN GIOVANNI
(SV)

Sond.	profondità	ϕ (°)			
n°	m dal p. viab.	Shioi & Fukuni(R.B.S.) Sabbie fini / Limi siltosi	Shioi & Fukuni(J.N.R.) Sabbie medio grossolane e ghiaie	Schmertmann (1978) Ghiaie medio fini	Mayne (terreni ghiaiosi)
S1	1.50	25.8	29.4	41.3	31.0
S1	3.00				
S2	0.30				
S3	1.50	30.2	31.6	42.3	35.4
S3	3.00	25.8	29.4	40.7	31.0
S3	6.00				

Modulo Elastico (E)

La stima dei parametri di deformabilità è condotta per i terreni granulari adottando le seguenti formulazioni:

Tornaghi et Al: $E = B \sqrt{N'_{SPT}}$ (B= 7 MPa) per le sabbie pulite e per le sabbie con ghiaia

D'Appolonia et Al: $E = 7,7 N_{SPT} + 191$ per ghiaia + sabbia

D'Appolonia et Al: $E = 10.63 N_{SPT} + 375$ per sabbie sovraconsolidate

Di seguito si riportano i risultati delle elaborazioni:

Sond.	profondità	E (Mpa)		
n°	m dal p. viab.	Tornaghi et al. (Sabbie con ghiaia)	D'APPOLONIA et Al. Sabbie con ghiaia	D'APPOLONIA et Al. Sabbie sovracons.
S1	1.50	23	25	46
S1	3.00			
S2	0.30			
S3	1.50	37	31	54
S3	3.00	23	25	46
S3	6.00			

8.2 Prove di laboratorio geotecnico

Si è provveduto al prelievo di due campioni rimaneggiati di terreno nonché di alcuni spezzoni di roccia da sottoporre a prove di laboratorio, di seguito riassunti:

Sondaggio S1	Quote prelievo:	Sondaggio S2	Quote prelievo:
CAMPIONE C1	(1,20-1,50 m)	CAMPIONE C1	(1,60-2,00 m)
CAMPIONE C2	(2,50-3,00 m)	CAMPIONE CRoc1	(4,60-4,90 m)

STRADA STATALE N. 331 DEL SASSELLO
INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL CORPO STRADALE AL KM 07+600
NEL COMUNE DI STELLA SAN GIOVANNI
(SV)

CAMPIONE C3	(3,00-3,30 m)	CAMPIONE CRoc2	(6,70-7,00 m)
CAMPIONE C4	(7,60-7,80 m)	CAMPIONE CRoc.3	(8,60-9,00 m)
CAMPIONE CRoc1	(10,50-10,80 m)		
CAMPIONE CRoc2	(13,60-13,90 m)		
Sondaggio S3	Quote prelievo:		
CAMPIONE C1	(1,50-2,00 m)		
CAMPIONE C2	(3,00-3,50 m)		
CAMPIONE CRoc1	(8,20-8,60 m)		
CAMPIONE CRoc.2	(18,40-18,70 m)		

Nell'ambito dei terreni attraversati sono state condotte le seguenti prove:

- analisi granulometrica
- limiti di Atterberg
- determinazione del contenuto di umidità naturale
- determinazione del peso a secco u. e peso di volume umido
- prove di taglio diretto
- prove di compressione monoassiale sui campioni di roccia
- prove Point Load Test sui campioni di roccia

Per il dettaglio sulle prove, si rimanda alle singole certificazioni di laboratorio riportate in allegato; di seguito si riportano le tabelle con i risultati:

Sondaggio	Campione	Profon. (m)		Yn (kN/mc)	Wn (%)	LP(%)	I.P.(%)	I.C.	Analisi granulom.			Taglio Diretto	
									G	S	L + A	c' (kPa)	Attr. (°)
S1	C1	1,20	1,50	1,68	10,3	22	10	2,30	24,3	46,9	28,8		
S1	C2	2,50	3,00	1,97	7,1	20	9	2,43	22	46,5	31,4	1,93	34,0
S1	C3	3,00	3,30	1,68	4,6	14	8	1,94	18,4	61,7	19,9		
S1	C4	7,60	8,00	2,1	3,8	18	6	3,37	18,2	53,3	28,6	6,18	34,0
S2	C1	1,60	2,00	1,73	4	16	4	4,00	36,1	41,5	22,3		
S3	C1	1,50	2,00	1,62	2	20	6	4,00	18,2	53,3	28,6		
S3	C2	3,00	3,50	2,1	15,6	18	13	1,18	3,2	60,5	36,3	3,14	32,0

8.3 Point Load Test

In merito alla definizione del substrato roccioso, si è provveduto ad utilizzare la classificazione di Beniauskas attraverso la caratterizzazione geomeccanica dei livelli rocciosi attraversati.

STRADA STATALE N. 331 DEL SASSELLO
INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL CORPO STRADALE AL KM 07+600
NEL COMUNE DI STELLA SAN GIOVANNI
(SV)

I dati sono stati ricavati attraverso il rilievo geomeccanico dell'ammasso roccioso nelle cassette dei sondaggi; i valori della resistenza alla compressione monoassiale σ_c , sono stati dedotti sia da Prove di Compressione Monoassiale che dall'indice Point Load normalizzato $I_{S(50)}$, sono stati determinati attraverso la relazione:

$$\sigma_c = k I_{S(50)}$$

Hoek e Brown, 1980, suggeriscono per k la seguente equazione:

$$k = 14 + 0.175 D$$

in cui D è il diametro o lo spessore del provino. Di seguito si riportano i dati elaborati:

Sondaggio	Campione	D (mm)	K	$I_{S(50)}$	σ_c (Mpa)
S1	Croc1 - 10,50-10,80	78,4	27,72	0,62	17,19
S1	Croc1 - 10,50-10,80	78,4	27,72	0,33	9,15
S1	Croc1 - 10,50-10,80	78,4	27,72	0,53	14,69
S1	Croc1 - 10,50-10,80	41,8	21,32	3,92	83,55
S1	Croc1 - 10,50-10,80	52,8	23,24	2,06	47,87
S1	Croc1 - 10,50-10,80	45,2	21,91	1,91	41,85
S1	Croc2 - 13,60-13,90	78,4	27,72	0,33	9,15
S1	Croc2 - 13,60-13,90	78,4	27,72	0,4	11,09
S1	Croc2 - 13,60-13,90	53	23,28	0,37	8,61
S1	Croc2 - 13,60-13,90	50,5	22,84	0,32	7,31
S2	Croc1 - 4,60-4,90	78,4	27,72	0,13	3,60
S2	Croc1 - 4,60-4,90	78,4	27,72	0,12	3,33
S2	Croc1 - 4,60-4,90	39,2	20,86	0,74	15,44
S2	Croc1 - 4,60-4,90	39,6	20,93	0,49	10,26
S2	Croc1 - 4,60-4,90	40,2	21,04	0,5	10,52
S2	Croc2 - 6,70-7,00	78,4	27,72	0,26	7,21
S2	Croc2 - 6,70-7,00	78,4	27,72	0,2	5,54
S2	Croc2 - 6,70-7,00	78,4	27,72	0,25	6,93
S2	Croc2 - 6,70-7,00	51,1	22,94	0,26	5,97
S2	Croc2 - 6,70-7,00	46	22,05	0,81	17,86
S2	Croc2 - 6,70-7,00	48,7	22,52	0,21	4,73
S2	Croc2 - 6,70-7,00	35,6	20,23	0,3	6,07
S2	Croc3 - 8,60-9,00	78,4	27,72	1,42	39,36
S2	Croc3 - 8,60-9,00	78,4	27,72	0,21	5,82
S2	Croc3 - 8,60-9,00	78,4	27,72	0,53	14,69
S2	Croc3 - 8,60-9,00	45,9	22,03	0,28	6,17
S2	Croc3 - 8,60-9,00	44,8	21,84	0,83	18,13
S2	Croc3 - 8,60-9,00	33,3	19,83	0,28	5,55
S3	Croc1 - 8,20-8,60	78,4	27,72	0,16	4,44
S3	Croc1 - 8,20-8,60	78,4	27,72	0,05	1,39
S3	Croc1 - 8,20-8,60	78,4	27,72	0,19	5,27
S3	Croc1 - 8,20-8,60	78,4	27,72	0,1	2,77
S3	Croc1 - 8,20-8,60	41,6	21,28	0,45	9,58
S3	Croc1 - 8,20-8,60	45,7	22,00	0,13	2,86
S3	Croc1 - 8,20-8,60	43,9	21,68	0,39	8,46
S3	Croc1 - 8,20-8,60	51,7	23,05	0,39	8,99
S3	Croc2 - 18,40-18,70	78,4	27,72	0,19	5,27
S3	Croc2 - 18,40-18,70	78,4	27,72	0,42	11,64
S3	Croc2 - 18,40-18,70	78,4	27,72	0,63	17,46
S3	Croc2 - 18,40-18,70	48	22,40	1,79	40,10
S3	Croc2 - 18,40-18,70	46,9	22,21	1,13	25,09
S3	Croc2 - 18,40-18,70	46,9	22,21	1,22	27,09

Sulla base dei dati ricavati e valutando lo stato dei materiali in sito, tenendo anche in considerazione la poca disponibilità di dati, la media dei valori ricavati e in relazione allo stato dell'ammasso roccioso visionato sul sito, si ritiene di poter adottare i valori di σ_c di 14 MPa.

8.4 Rilievo geomeccanico sugli spezzoni di carota

In merito alla caratterizzazione del substrato roccioso, si è provveduto ad utilizzare la classificazione di Bieniawsky attraverso la caratterizzazione geomeccanica dei livelli rocciosi attraversati. Ricavando il parametro RMR, è stato possibile risalire a descrivere la qualità del substrato e conseguentemente, assegnare ad esso i parametri che lo descrivono, in funzione dello stato di alterazione e degradazione.

Classificazione di Bieniawski (Sistema RMR, 1989)			
Sondaggio:	S1- SS334 km 07+600		
Litologia:	Paragneiss		
Profondità':	10,20 – 20.00		
		Intervallo	Coeff.
1. Compressione semplice	<i>Qu (Mpa)</i>	5 - 25	2
2. RQD	<i>RQD medio</i>	25 - 50	8
3. Spaziatura dei giunti	<i>Spaziatura (mm)</i>	60 - 200	8
4. Condizioni dei giunti	<i>Continuità (m)</i>	Non determinabile	0
	<i>Apertura(mm)</i>	0,1 - 1 mm	4
	<i>Scabrezza</i>	Mediamente scabri	5
	<i>Riempimento</i>	Morbidi < 5 mm	2
	<i>Alterazione</i>	Elevata	1
5. Condizioni idrauliche	<i>Situazione generale</i>	Bagnato	7
RMRbase	37		
Classe	IV - Roccia scadente		
GSI	40		
c' ammasso	0,185 Mpa		
ϕ' ammasso	23,5°		
E (Hoek / Serafin)	2104 Mpa		
E (Bieniawsky / Serafin)	4732 Mpa		

STRADA STATALE N. 331 DEL SASSELLO
INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL CORPO STRADALE AL KM 07+600
NEL COMUNE DI STELLA SAN GIOVANNI
(SV)

Classificazione di Bieniawski (Sistema RMR, 1989)			
Sondaggio:	S2 - SS334 km 07+600		
Litologia:	Paragneiss		
Profondità':	3,00 – 15.00		
		Intervallo	Coeff.
1. Compressione semplice	<i>Qu (Mpa)</i>	5 - 25	2
2. RQD	<i>RQD medio</i>	50 - 75	13
3. Spaziatura dei giunti	<i>Spaziatura (mm)</i>	60 - 200	8
4. Condizioni dei giunti	<i>Continuità (m)</i>	Non determinabile	0
	<i>Apertura(mm)</i>	0,1 - 1 mm	4
	<i>Scabrezza</i>	Mediamente scabri	5
	<i>Riempimento</i>	Duri>5 mm	2
	<i>Alterazione</i>	Elevata	1
5. Condizioni idrauliche	<i>Situazione generale</i>	Bagnato	7
RMRbase	42		
Classe	III - Roccia discreta		
GSI	45		
c' ammasso	0,21 Mpa		
φ' ammasso	26°		
E (Hoek / Serafin)	2806 Mpa		
E (Beniawsky / Serafin)	6310 Mpa		

Classificazione di Bieniawski (Sistema RMR, 1989)			
Sondaggio:	S3 - SS334 km 07+600		
Litologia:	Paragneiss		
Profondità':	6.00 – 20.00		
		Intervallo	Coeff.
1. Compressione semplice	<i>Qu (Mpa)</i>	5 - 25	2
2. RQD	<i>RQD medio</i>	50 - 75	13
3. Spaziatura dei giunti	<i>Spaziatura (mm)</i>	60 - 200	8
4. Condizioni dei giunti	<i>Continuità (m)</i>	Non determinabile	0
	<i>Apertura(mm)</i>	0,1 - 1 mm	4
	<i>Scabrezza</i>	Mediamente scabri	5
	<i>Riempimento</i>	Morbidi<5 mm	2
	<i>Alterazione</i>	Elevata	1
5. Condizioni idrauliche	<i>Situazione generale</i>	Bagnato	7
RMRbase	42		
Classe	III - Roccia discreta		
GSI	45		
c' ammasso	0,21 Mpa		
φ' ammasso	26°		
E (Hoek / Serafin)	2806 Mpa		
E (Beniawsky / Serafin)	6310 Mpa		

Per un'ulteriore stima dei parametri di resistenza al taglio da assegnare all'ammasso roccioso, si può fare riferimento al criterio empirico di Hoek e Brown (Hoek, Carranza-Torres & Corkum - 2002).

Tale criterio definisce un involucro di rottura curvilineo rappresentato dall'equazione:

$$E_m (GPa) = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \sqrt{\frac{\sigma_{ci}}{100}} \cdot 10^{(GSI-10)/40}$$

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

dove:

σ'_1 e σ'_3 = sforzi efficaci principali massimo e minimo a rottura

σ_{ci} = resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta

m_b , s , a = costanti che dipendono dalle caratteristiche dell'ammasso roccioso

secondo le seguenti relazioni:

$$m_b = m_i \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right)$$

$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{-GSI/15} - e^{20/3} \right)$$

con:

D = fattore che dipende dal grado di disturbo dell'ammasso durante lo scavo

GSI = Geological Strenght Index dell'ammasso roccioso

m_i = costante della roccia intatta

L'indice GSI dipende dal grado di fratturazione ed alterazione dell'ammasso roccioso e può essere calcolato con l'ausilio di tabelle grafiche proposte dagli autori.

Poiché nella pratica comune è richiesta la definizione della resistenza al taglio secondo il criterio di rottura di Mohr-Coulomb, espressa in funzione della coesione c' e dell'angolo di attrito ϕ' , in mancanza di una correlazione diretta fra i due criteri, Hoek e Brown hanno suggerito una

procedura di calcolo per ricavare un involucro di rottura equivalente di Mohr sul piano τ - σ 'n, i cui risultati sono riportati nei fogli di calcolo sotto riportato.

Gli stessi autori propongono la seguente espressione per il calcolo del modulo di deformazione dell'ammasso roccioso:

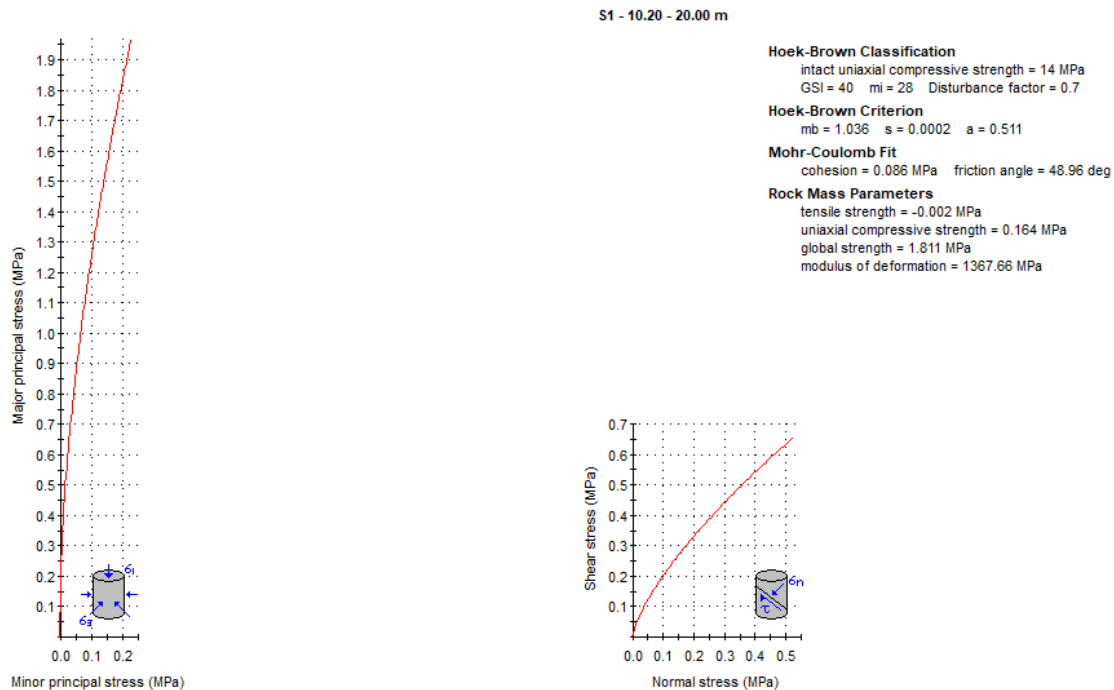
$$E_m (GPa) = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \sqrt{\frac{\sigma_{ci}}{100}} \cdot 10^{(GSI-10)/40}$$

Applicando il criterio di Hoek & Brown si possono valutare i seguenti parametri per il substrato roccioso:

angolo d'attrito interno dell'ammasso = $48^\circ - 60^\circ$

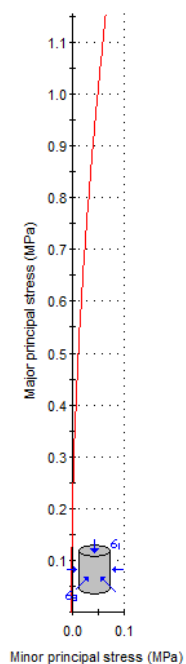
coesione dell'ammasso $c' = 44 - 86$ kPa

Di seguito si riportano il grafico delle elaborazioni:



STRADA STATALE N. 331 DEL SASSELLO
INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL CORPO STRADALE AL KM 07+600
NEL COMUNE DI STELLA SAN GIOVANNI
(SV)

S2 - 2.50 - 15.00 m



Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 14 MPa
GSI = 45 $m_i = 28$ Disturbance factor = 0.7

Hoek-Brown Criterion

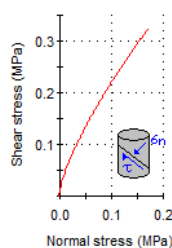
$m_b = 1.364$ $s = 0.0003$ $a = 0.508$

Mohr-Coulomb Fit

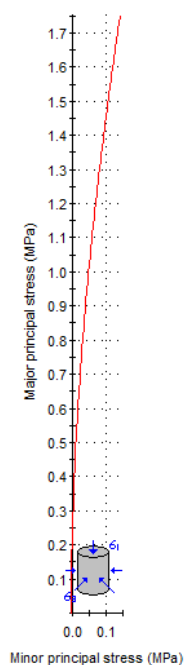
cohesion = 0.044 MPa friction angle = 60.08 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.004 MPa
uniaxial compressive strength = 0.244 MPa
global strength = 2.116 MPa
modulus of deformation = 1823.80 MPa



S3 - 6.00 - 20.00 m



Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 14 MPa
GSI = 45 $m_i = 28$ Disturbance factor = 0.7

Hoek-Brown Criterion

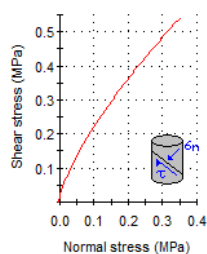
$m_b = 1.364$ $s = 0.0003$ $a = 0.508$

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.072 MPa friction angle = 54.77 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.004 MPa
uniaxial compressive strength = 0.244 MPa
global strength = 2.116 MPa
modulus of deformation = 1823.80 MPa



Ai fini di un'ulteriore valutazione del substrato roccioso, si è provveduto ad effettuare una valutazione della qualità dell'ammasso (nell'ipotesi di mezzo continuo equivalente) attraverso le velocità delle onde sismiche V_p ricavate dai risultati dei profili sismici effettuati e da correlazioni empiriche con le quali si sono valutati l'indice di qualità Q (classificazione di Barton) ed indirettamente il valore di RMR (Rock Mass Rating, classificazione di Bieniawski).

$$Q = 10^{V_p - 3500 / 1000} \quad (\text{Barton, 1991})$$

I profili sismici evidenziano, in modo relativamente costante, la presenza di orizzonti caratterizzati da differenti velocità e che possono essere ricondotti a differenze nell'ammasso roccioso dovute a diversi gradi di allentamento, fratturazione ed alterazione.

Questa interpretazione è stata utilmente supportata dagli elementi di taratura forniti dai sondaggi diretti eseguiti lungo gli stendimenti sismici.

Sulla base di questa osservazione si sono individuati tre livelli (uno con velocità delle onde P mediamente intorno ai 1300 m/s e uno con velocità delle onde P mediamente intorno a 2000 m/s) che possono essere ricondotti a differenti tipologie di ammasso a differenti risposte sismiche in ragione appunto delle proprie caratteristiche meccaniche. In generale, per i primi due orizzonti si tratta comunque di mezzi relativamente scadenti in cui la fratturazione e l'elevata propensione all'alterazione giocano un ruolo determinante; per il terzo si tratta di ammasso roccioso meno fratturato e localmente compatto.

Utilizzando il valore medio di V_p dedotto dall'analisi comparata delle stese sismiche effettuate, si ottiene il valore di Q secondo la Classificazione di Barton di seguito riportata:

Q	Classe	Descrizione
0,001 - 0,01	IX	Eccezionalmente scadente
0,01 - 0,1	VIII	Estremamente scadente
0,1 - 1	VII	Molto scadente
1 - 4	VI	Scadente
4 - 10	V	Mediocre
10 - 40	IV	Buona
40 - 100	III	Molto buona
100 - 400	II	Estremamente buona
400 - 1000	I	Ottima

Dal Valore di Q è possibile ottenere il parametro RMR [Bieniawski 1984] secondo la relazione:

$$RMR = 15 \log Q + 50 \text{ (Barton,1995)}$$

Volendo ricavare parametri geomeccanici di riferimento, i valore di RMR di base vengono tradotti in termini di resistenza nell'ipotesi di rottura Mohr-Coulomb utilizzando le note relazioni

$$c = 0.005 RMR_{base} \quad [MPa]$$

$$\phi = 5 + 0.5 RMR_{base} \quad [^\circ]$$

Sostituendo i valori di RMRb ricavati indirettamente dalle onde sismiche Vp si ottiene e mettendo insieme anche i valori di Vs ricavati dalle prove MASW, si ottiene la tabella di seguito riportata:

Quota (m)	Vp (m/s)	Q:	Log(Q)	RMR	c (MPa)	Φ (°)
5,50	1200	0,01	-2,3000	15,5	0,078	12,75
9,40	2000	0,03	-1,5000	27,5	0,138	18,75
17	4000	3,16	0,5000	57,5	0,288	33,75

Dai valori di Q sopra riportati, confrontandoli con quelli indicati nella classificazione di Barton, ne consegue che la roccia alla quota di 5.50 e 9,40 m risulta molto scadente (classe VI) mentre da 9,40 a 17 m è scadente (classe VI).

9 Considerazioni interpretative

Le indagini eseguite hanno permesso di definire le caratteristiche dei terreni e del substrato roccioso ove insistono i cedimenti in precedenza descritti.

I 3 sondaggi hanno intercettato il substrato roccioso in posto, costituito da gneiss localmente alterati e degradati, piuttosto fratturati. Nel sondaggio S1, effettuato sulla corsia di valle della sede stradale, alla profondità compresa tra 4,50 m e 10,20 m, risulta presente un livello di substrato destrutturato e brecciato costituito da scaglie litoidi e trovanti in matrice sabbioso limosa. Esso costituisce il cosiddetto "cappellaccio" di alterazione ed indica

un'interfaccia tra i terreni superiori e la roccia in posto, che subisce maggiormente le conseguenze dell'infiltrazione idraulica sub-superficiale.

Nel sondaggio S2, eseguito a monte della sede stradale, in una piccola piazzola laterale di accesso ad un'abitazione, il substrato risale rapidamente e risulta a 2,50 m dal piano campagna, senza presenza di un livello di transizione. Il sondaggio S3 indica invece la quota del substrato a partire da 6,00 m, con una porzione di interfaccia piuttosto ridotta compresa tra 5 e 6 m.

La variabilità sopra riportata è dovuta alla posizione diversa che assumono le tre verticali, in relazione all'assetto strutturale che assume il substrato, in particolare per il sondaggio S3 che è posizionato sulla corsia di valle in prossimità di una curva stretta ove si trova un affioramento. In questo caso la morfologia risulta condizionata dall'assetto geo-strutturale e pertanto in contesti di questo genere si determinano diffuse variazioni della quota del substrato anche su spazi limitati. Il sondaggio S2 invece, essendo a monte della carreggiata, risulta ubicato in un'area in cui la roccia tende a sub-affiorare rispetto alla corsia di valle, ove si approfondisce maggiormente.

I terreni di copertura sono rappresentati prevalentemente da sabbie (intorno al 50%) con ghiaie (intorno al 30%), con variabilità della matrice limoso – argillosa e spessore compreso tra 2,5 e 5 m.

Durante l'esecuzione dei sondaggi è risultato evidente l'assenza di falda stazionaria ma si rilevano evidenze di circolazione in profondità, all'interfaccia tra il substrato e le coltri di copertura.

I dati geotecnici sopra riassunti trovano conferma nelle indagini geofisiche eseguite, in quanto si identificano mediamente gli orizzonti sopra descritti. Infatti dalla sismica a rifrazione, eseguita in allineamento con il sondaggio S1, si riscontrano valori delle velocità delle onde P compresi tra 600 e 800 m/s fino ad una profondità compresa tra 4 e 5 m, come indicato nel report allegato; al di sotto le velocità aumentano con valori tipici di un substrato alterato e degradato fino a superare i 2000 m/s partendo da 9 - 10 m circa, dove si trova la roccia più compatta.

A conferma di quanto sopra si trova supporto anche dal MASW, che rileva valori di Vs compresi tra 212 m/s e 503 m/s per i primi 5,5 m, mentre tra 5,5 m e 9,40 i valori di Vs risultano tra 666 m/s e 730 m/s; per profondità superiori Vs aumenta fino a 816 m/s.

Da quanto rilevato durante i sopralluoghi sul sito e durante l'esecuzione dei sondaggi, non risulta evidente che l'area è fortemente condizionata dall'azione dell'acqua, sia meteorica che quella di infiltrazione in profondità.

Questa, combinata con materiali in condizioni geomeccaniche scadenti, in particolare nel tratto in cui sono stati eseguiti i sondaggi S1 e S2, ne determina l'alterazione e la degradazione. Anche il rio a monte della piazzola del sondaggio S2 molto probabilmente si infiltra all'interno del terreno, non essendo opportunamente regimato; la mancanza di canalette di raccolta delle acque insieme alle fessure nell'asfalto contribuiscono in maniera significativa al disfacimento delle porzioni superiori dei terreni sub-superficiali e del substrato, accelerando il dissesto in atto.

Ai fini del progetto di ripristino che sarà previsto, occorrerà pertanto tenere nella dovuta considerazione la regimazione idraulica delle piogge e dei rii che interessano il versante, realizzando opportune opere di drenaggio, canalizzazioni, trincee drenanti e/o dreni.

10 Modello Geologico:

Di seguito, ai sensi del D.M. 14.01.2018 e s.m.i. si riportano i valori ottenuti dall'elaborazione e dal confronto dei dati ricavati dalle prove in sito e in laboratorio.

Dall'analisi dei dati raccolti dalle indagini e dalle verifiche in situ si è proceduto confrontando i dati e, sulla base delle caratteristiche dei terreni attraversati, si ritiene di poter adottare i seguenti parametri per caratterizzare i terreni coinvolti a seconda dei rispettivi gradi di alterazione e di fratturazione nei quali si trovano. Sono stati individuati 3 orizzonti principali, i primi due relativi alle coltri di copertura e al cappellaccio di alterazione, mentre il terzo si riferisce al substrato in loco.

Tali parametri rappresentano i valori che andranno applicati all'insieme delle problematiche di natura geotecnica e che il progettista avrà carico di tenere in conto per le relazioni di calcolo specifiche.

Di seguito si riportano i valori medi ai sensi del D.M. 14.01.2018 e s.m.i. ottenuti dall'elaborazione e dal confronto dei dati ricavati dalle prove in sito e in laboratorio:

Strato (limite inferiore in m)	Descrizione	ϕ (°)	c' (kPa)	Densità relativa (%)	γ	Cu (kPa)	E (Mpa)	Vp (m/s)	Vs (m/s)
					vol (kN/mc)				
Orizzonte 1 (2,50 - 5,50)	Sabbia con ghiaia in matrice limoso argillosa	28	2,0	38	1,7	35	24	600 - 800	325 - 503
Orizzonte 2 (3,00 - 10,00)	Substrato roccioso alterato e degradato (cappellaccio)	34	6,0	62	2,1	68	34	1200 - 2000	666 - 730
Orizzonte 3 (> 10,00)	Substrato roccioso	36	165		2,7		2400	2000 - 4000	730 - 816

Per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno (es. platea o trave di fondazione), con possibile compensazione delle eterogeneità. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso di coinvolgimento di modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità. La scelta di valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici può essere dettata anche solo dalle caratteristiche dei terreni. Una migliore approssimazione nella valutazione dei valori caratteristici può essere ottenuta operando le opportune medie dei valori dei parametri geotecnici nell'ambito di piccoli volumi di terreno, quando questi assumano importanza per lo stato limite considerato

Di seguito si riportano i valori caratteristici ai sensi del D.M. 14.01.2008 e s.m.i. ottenuti con il metodo di calcolo del 5° percentile della distribuzione dei valori medi, da utilizzarsi nel caso in cui la superficie di rottura interessi un limitato volume di terreno (pali, micropali e tiranti). Per superfici di rottura che interessano volumi maggiori potranno essere utilizzati i valori medi.

Strato (limite inferiore in m)	Descrizione	ϕ (°)	c' (kPa)	Densità relativa (%)	γ vol	Cu (kPa)	E (Mpa)	Vp (m/s)	Vs (m/s)
					(kN/mc)				
Orizzonte 1 (2,50 - 5,50)	Sabbia con ghiaia in matrice limoso argillosa	26	1,8	35	1,6	23	22	600 - 800	325 - 503
Orizzonte 2 (3,00 - 10,00)	Substrato roccioso alterato e degradato (cappellaccio)	31	5,5	57	1,9	24	31	1200 - 2000	666 - 730
Orizzonte 3 (> 10,00)	Substrato roccioso	33	151,6		2,5	25	2.206	2000 - 4000	730 - 816

11 Conclusioni:

Il settore in studio si presenta fortemente influenzato dall'azione erosiva del rio che si immette nel torrente Rio Basco, con conseguenze dal punto di vista idrogeologico descritte in precedenza.

Di seguito sono indicate alcune considerazioni e suggerimenti da applicare sia in fase di progettazione strutturale sia in fase di cantiere per il sito di intervento.

- Il Progettista dovrà avvalersi della collaborazione del Geologo, al fine di definire ulteriori indagini e prove geotecniche da eseguirsi se ritenuto necessario in funzione delle soluzioni esecutive previste, attualmente ancora non definite
- Il Progettista dovrà definire tutte le opere controterra, sia di tipo provvisoria che definitiva, al fine che le stesse siano in grado di opporsi e contrastare adeguatamente la spinta del terreno; andrà quindi verificata la buona stabilità di tali opere, sia in fase esecutiva che a lavori ultimati, anche valutando l'effetto di possibili apporti idrici (superficiali e/o sub-superficiali, puntuali e/o diffusi), il tutto anche in prospettiva sismica.
- Il Progettista dovrà definire le opere di intercettazione, raccolta e smaltimento di tutti i possibili apporti idrici nell'area di cantiere ed in quella di sua influenza, garantendone il corretto recapito in idoneo ricettore.
- Le fondazioni dei nuovi manufatti dovranno essere riferite a una base rigida e/o consolidata.
- Per quanto attiene sempre alle opere fondazionali, in accordo alle normative vigenti, si rimanda alla relazione di calcolo che saranno redatte dal progettista, relative al dimensionamento geotecnico delle opere a progetto, comprensive delle verifiche agli stati limite tra la resistenza del terreno e la combinazione delle azioni, sia in condizioni statiche sia in campo dinamico nonché dell'analisi di stabilità di versante.

Genova, lì 30/10/2020

Dr. Fabio Picchio

Geologo – ANAS SPA

ALLEGATI

- **RELAZIONE TECNICA INDAGINI**
- **PROVE DI LABORATORIO**