



Anas Spa

STRUTTURA TERRITORIALE UMBRIA

DG 190-20
Accordo Quadro

CONTRATTO APPLICATIVO N. 08

CODICE SIL: ACMSPG00678-A3 CODICE CIG DERIVATO: 923201756F

PROGETTO DEFINITIVO

685 "Tre Valli Umbre" - Lavori straordinari di risanamento della Galleria Paramassi Piè di Paterno dal km 46+600 al km 45+682.

IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12)

Dott. Ing. LORENA RAGNACCI
Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2857



COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. Luigino Capponi
Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A1109

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Fausto Pelicci
Ordine dei geologi della Regione Umbria n.71



IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Ing. Mauro Bronda

VISTO : DIRETTORE ESECUTIVO CONTRATTO
Ing. Alessandra Capria



DIRETTORE TECNICO
Ing. Lorena Ragnacci
Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2857



GRUPPO PROGETTAZIONE

Ing. Moreno Panfilii
Ing. Danilo Pelle
Ing. Riccardo Cecchetti
Arch. Paolo Ghirelli
Ing. Edoardo Filippetti
Ing. Costanza Cecchetti
Ing. Luigi Farina

PROGETTAZIONE



DIRETTORE TECNICO
Ing. Giorgio Lupoi
Ordine Ingegneri Prov. di Roma n. A24138



DIRETTORE TECNICO
Ing. Nicolino Messuti
Ordine Ingegneri Prov. di Salerno n. 5289

STUDI E INDAGINI
GEOLOGIA E GEOTECNICA
RELAZIONE GEOLOGICA

Table with columns: CODICE PROGETTO, NOME FILE, REVISIONE, SCALA, FASE, WBS, COD. DISCIPLINA, TIPO ELAB., PROG ELAB., CODICE ELAB., and rows for project details and revision history.

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE TECNICA DI RIFERIMENTO	4
3	LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA DEL SITO – STATO DEI LUOGHI – CARATTERISTICHE PROGETTUALI	5
3.1	UBICAZIONE	5
4	MODELLO GEOLOGICO	9
4.1	INQUADRAMENTO TETTONICO-STRUTTURALE.....	9
4.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE.....	11
4.3	LITOLOGIA.....	13
4.4	IDROLOGIA, GEOMORFOLOGIA E VINCOLI GEO-AMBIENTALI	13
4.5	VINCOLI GEO-AMBIENTALI	15
4.5.1	VINCOLO IDROGEOLOGICO	15
4.5.2	VINCOLI PRG (PARTE STRUTTURALE)	16
4.5.3	ISPRA DISSESTO IDROGEOLOGICO IN ITALIA: PERICOLOSITÀ E INDICATORI DI RISCHIO (EDIZIONE 2018) 16	
4.5.4	INVENTARIO MOVIMENTI FRANOSI IFFI.....	18
5	VINCOLO PAESISTICO CORSI D’ACQUA:	19
5.1	IDROGEOLOGIA.....	20
6	INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE	21
6.1	PROVE GEOGNOSTICHE	22
6.2	PROVE DI LABORATORIO	29
6.3	PROVE GEOFISICHE.....	36
7	RILIEVO GEOSTRUTTURALE	39
7.1	STATO DEI LUOGHI E CARATTERISTICHE MORFO-EVOLUTIVE DEL SITO	39
7.1.1	CONSIDERAZIONI SULLO STATO DEI LUOGHI	39
7.1.2	RILIEVO GEOMECCANICO	45
7.1.3	CONSIDERAZIONI SULLA STABILITA’	54
8	SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI	56
9	ASPETTI SISMOTETTONICI E PERICOLOSITA’ SISMICA	57
9.1	SISMICITÀ E PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO	57
9.2	PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE.....	62
9.3	BANCA DATI FAGLIE SISMOGENETICHE.....	64
9.4	BANCA DATI FAGLIE CAPACI ITHACA	66
9.5	VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE.....	67

9.6	CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE	68
9.7	CARATTERIZZAZIONE SISMICA AREA	69
10	CONCLUSIONI	72

Geol. FAUSTO PELICCI



1 PREMESSA

L'intervento prevede la messa in sicurezza del versante soprastante una galleria parietale. La galleria presenta delle criticità strutturali e di sicurezza. Si rende pertanto necessario demolire l'opera esistente e ricostruire la galleria nel rispetto delle condizioni di stabilità e sicurezza previste dalla normativa vigente.

Nel presente elaborato sono esposti i risultati scaturiti dall'analisi delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche del sito in cui si intende intervenire.

Lo studio è stato condotto in conformità alle normative vigenti ed in particolare alle "Norme tecniche per le costruzioni (D. Min. Infrastrutture 17 gennaio 2018)".

Al fine di ottenere le informazioni necessarie per una caratterizzazione geotecnica preliminare dei terreni interessati dall'opera, è stata consultata la banca dati "Indagini geognostiche" della regione Umbria.

Successivamente la ditta GEOTECNICA LAVORI srl su incarico di ANAS ha eseguito una campagna di indagini specifica ed in particolare:

- n°2 sondaggi a conservazione di nucleo spinti rispettivamente a 15 e 30 mt dal p.c., con spt, prelievo di campioni nel foro di sondaggio e prove dilatometriche;
- prove di laboratorio sui campioni prelevati;
- n°1 DH in foro di sondaggio;
- n°1 prova sismica di tipo HVSR;
- rilievo geo strutturale versante.

2 NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE TECNICA DI RIFERIMENTO

I principali riferimenti tecnici e normativi sono i seguenti:

- Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni", di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018.
- Norme tecniche per le costruzioni, Decreto Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 gennaio 2018.
- D.G.R. 6 maggio 2019, n. 593, "Atto di indirizzo sulle nuove procedure sul rilascio dell'autorizzazione sismica, sulla vigilanza e sul controllo di opere e costruzioni in zone sismiche di cui alla D.G.R. 11 giugno 2018, n. 628. Aggiornamento a seguito dell'entrata in vigore del D.L. n. 32 del 18 aprile 2019 (cd "Sblocca Cantieri").
- Atto di indirizzo sulle nuove procedure sul rilascio dell'autorizzazione sismica, sulla vigilanza e sul controllo di opere e costruzioni in zone sismiche di cui alla D.G.R. 11 giugno 2018, n. 628. Aggiornamento a seguito dell'entrata in vigore del D.L. n. 32 del 18 aprile 2019 (cd "Sblocca Cantieri").
- D.G.R. 16 luglio 2020, n. 596. Linee di indirizzo e procedure sulle funzioni in materia sismica (autorizzazione sismica, vigilanza e controllo di opere e costruzioni in zone sismiche) a seguito dell'introduzione dell'art. 94-bis del D.P.R. n. 380/01 e delle relative Linee Guida nazionali (decreto MIT del 30 aprile 2020).
- Regione Umbria Legge regionale 21 gennaio 2015, n. 1 Testo unico Governo del territorio e materie correlate e s.m.i.
- Norme regolamentari attuative della legge regionale 21 gennaio 2015, n. 1 (Testo unico Governo del territorio e materie correlate).
- LEGGE REGIONALE 23 novembre 2016, n. 13 Modificazioni ed integrazioni alla legge regionale 21 gennaio 2015, n. 1 - Testo unico governo del territorio e materie correlate.
- Circolare del C.S.LL.PP. 2 febbraio 2009 n. 617 - "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008".
- D.M. 14 gennaio 2008: "Norme Tecniche per le Costruzioni".
- Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica Parti I, II e III - Dipartimento della Protezione Civile. 2008 Contributi per l'aggiornamento degli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica", 2011.
- PAI Autorità di bacino Italia Centrale cartografia e NTA.
- Carta geologica - sezioni 336030 (Servizio geologico della regione Umbria).
- Carta pericolosità sismica - sezioni 336030 (Servizio geologico della regione Umbria).
- Elaborati a corredo PRG Comune VALLO DI NERA;
- Carta di pericolosità sismica REGIONE UMBRIA;
- Note illustrative carta geologica d'Italia (scala 1:50.000) foglio 336-SPOLETO (a cura di A.V. DAMIANI)

3 LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA DEL SITO – STATO DEI LUOGHI – CARATTERISTICHE PROGETTUALI

3.1 UBICAZIONE

Il tratto di viabilità interessato dall'intervento è la galleria parietale della SP209 "3 valli Umbre" in località Piedipaterno. L'infrastruttura da riqualificare è ubicata nel comune di Vallo di Nera e si sviluppa lungo la valle del Fiume Nera (destra idrografica).



Figura 1-Ubicazione area di interesse

La galleria parietale è ubicata a Nord dell'abitato di Piedipaterno in un'area caratterizzata da vaste coperture boschive, macchie e cespugli.

L'area ricade nel Foglio 131 Tavoleta II-NE (CERRETO DI SPOLETO) della carta dell'I.G.M. (scala 1:25.000).

Le Coordinate geografiche medie sono:

WGS84	Lat 42.787087	Lng 12.876563
ED50	Lat 42.788054	Lng 12.877494

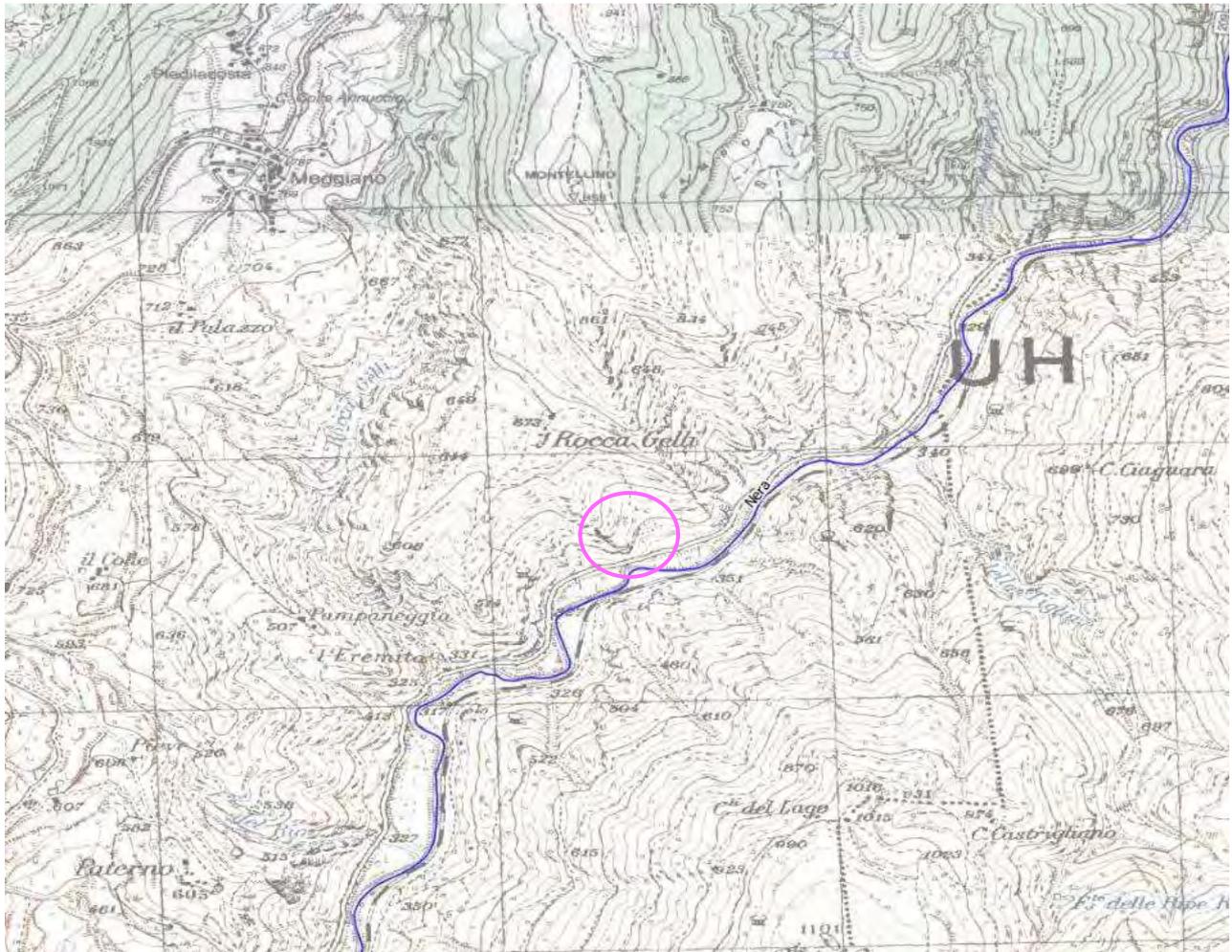


Figura 2 - Ubicazione area di interesse (Foglio 138 Tavolette I-NO FERENTILLO).

Il tratto stradale oggetto di studio si sviluppa alla base del fianco orientale del rilievo del M. Montellino 958 m slm e a Nord del toponimo Rocca Gelli 673 m slm).

Il versante a Nord è caratterizzato da cime ben pronunciate con pendenze accentuate con acclività dei fianchi in alcuni tratti il versante è prossimo alla verticale. Tale morfologia è legata alla natura ed assetto del litotipo affiorante, ovvero la formazione della Scaglia Rossa.

La galleria parietale è stata realizzata (<https://siat.regione.umbria.it/paesaggineltempo>) per salvaguardare la sede stradale da eventuali crolli di blocchi litoidi posti in precarie condizioni di equilibrio lungo il versante.

Il versante è stato interessato anche da interventi di consolidamento mediante reti e barriere paramassi.



Figura 3 -Particolare consolidamento Galleria parietale- direzione Piedipaterno



Figura 4 -Particolare consolidamento Galleria parietale- direzione Ponte-Borgo Cerreto

In versante interessato dalla demolizione ricostruzione della galleria parietale, nel tratto più acclive posto a ridosso della sede stradale, ha una pendenza media di circa 34°.

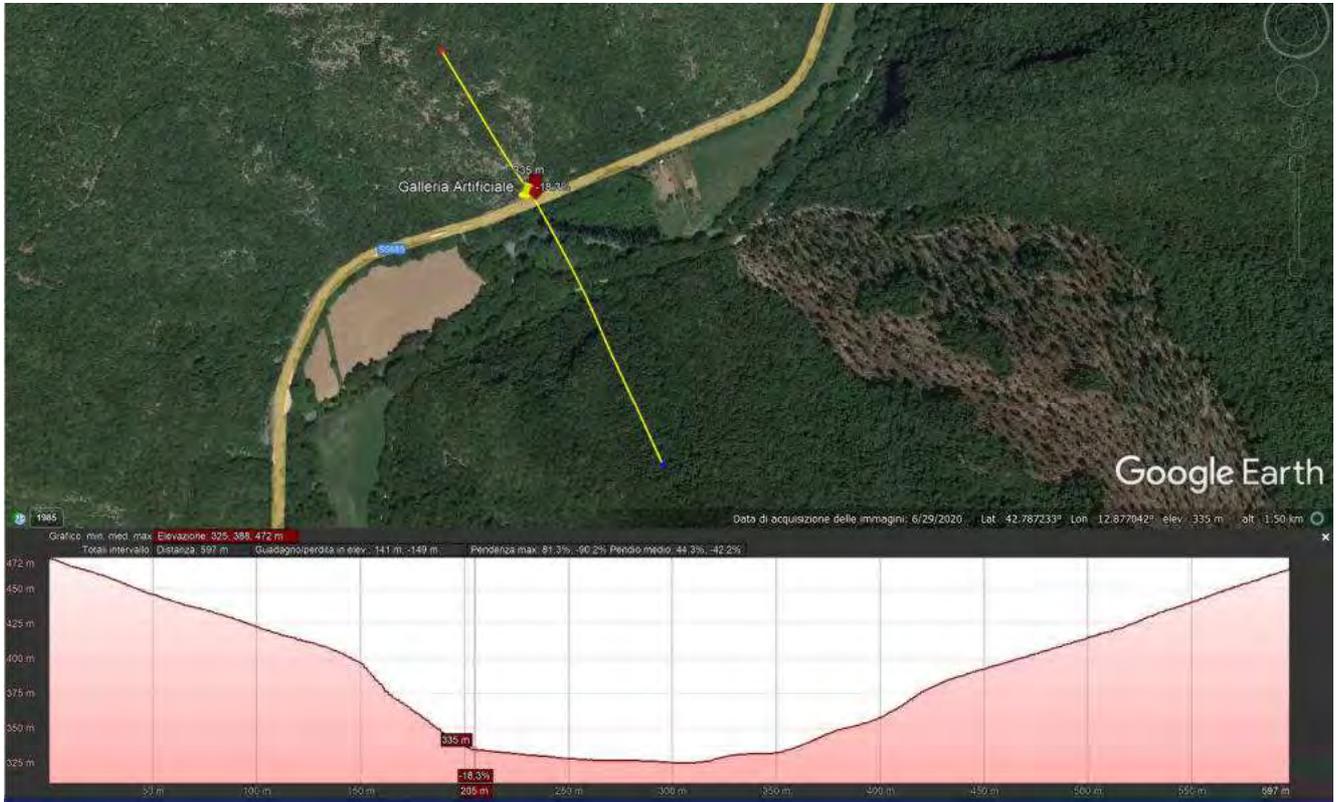


Figura 5 -Ubicazione area di interesse e sezione topografica schematica (NordOvest-SudEst Google Heart).

Come detto, la viabilità interessata dall'intervento si sviluppa all'interno della valle del fiume Nera, poco a Sud confluisce nel Nera il fosso Rocca Gelli. Il Fiume, nel tratto di interesse, scorre incassato nelle sue alluvioni con andamento prevalente Est-Ovest. Proprio a ridosso dell'attuale galleria parietale il corso d'acqua descrive un meandro verso Nord avvicinandosi, in questo tratto, all'asse stradale.

4 MODELLO GEOLOGICO

4.1 INQUADRAMENTO TETTONICO-STRUTTURALE

L'area in esame ricade all'interno di un ambito che geologicamente si pone sulla linea dei rilievi che separano la propaggine sud-occidentale del Bacino del Lago Tiberino, compresa tra Todi e la conca ternana, da quella sud-orientale della Valle Umbra compresa tra Foligno e Spoleto.

Entrambe le valli sono riconducibili ad una depressione tettonica e risultano allungate in direzione appenninica N NW-S SE.

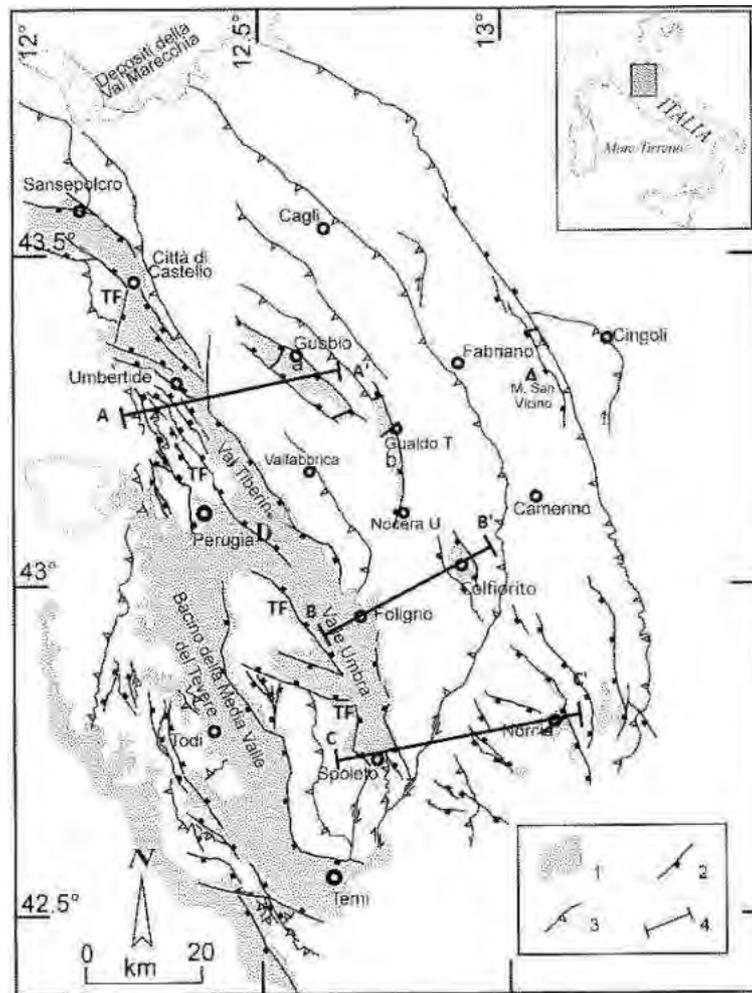


Figura 1 – Schema strutturale dell'Appennino Umbro (modificato da: BARCHI e al., 1999b); 1) Bacini neo-autoctoni pliocenico-quadernari; a) Gubbio; b) Gualdo Tadino; c) Colfiorito; d) Norcia; e) Cascia; f) Castelluccio; 2) Faglie dirette; 3) Sovrascorrimenti e faglie inverse; 4) Traccia della sezioni sismica-geologica riportata in figura 2. TF = Faglia Tiberina

Figura 6 -Schema strutturale dell'Appennino Umbro

Tale assetto strutturale è frutto di una storia deformativa complessa articolata e che si può sintetizzare in due principali fasi tettoniche.

La fase compressiva ha portato alla creazione di pieghe e sovrascorrimenti con un sensibile raccorciamento della successione carbonatica (Langhiano-Tortoniano).

Nella seconda fase terminale (distensiva) hanno prevalso le deformazioni traslative su quelle plicative, con conseguente sviluppo di importanti faglie trascorrenti secondo i due principali sistemi "NS+10 destro e N100+10 sinistro". Quest'ultima fase si è sviluppata tra il Pliocene inferiore (Basilici, 1993) fino a tutto il Pleistocene inferiore.

La ricorrente sismicità dell'area anche tempi attuali denota una netta connotazione estensionale.

La conseguenza della fase distensiva Plio-quadernarie è la formazione di sistemi di faglie dirette a carattere regionale che favoriscono la formazione di graben, e conche intermontane.

"Nell'evoluzione tettonica dell'area hanno svolto un ruolo di primo piano anche i sistemi di trascorrenti che hanno reso ancora più complesso il contesto geologico strutturale. La tettonica recente con estensioni e trastensioni ha riattivato spesso questi sistemi di piano di taglio preesistenti modificando i rilievi e le reti idrografiche. Il Tescino scorre in un graben ribassato da sistemi di faglie tra loro antitetiche che rappresentano il prolungamento verso Sud del Sistema della valle Umbra".

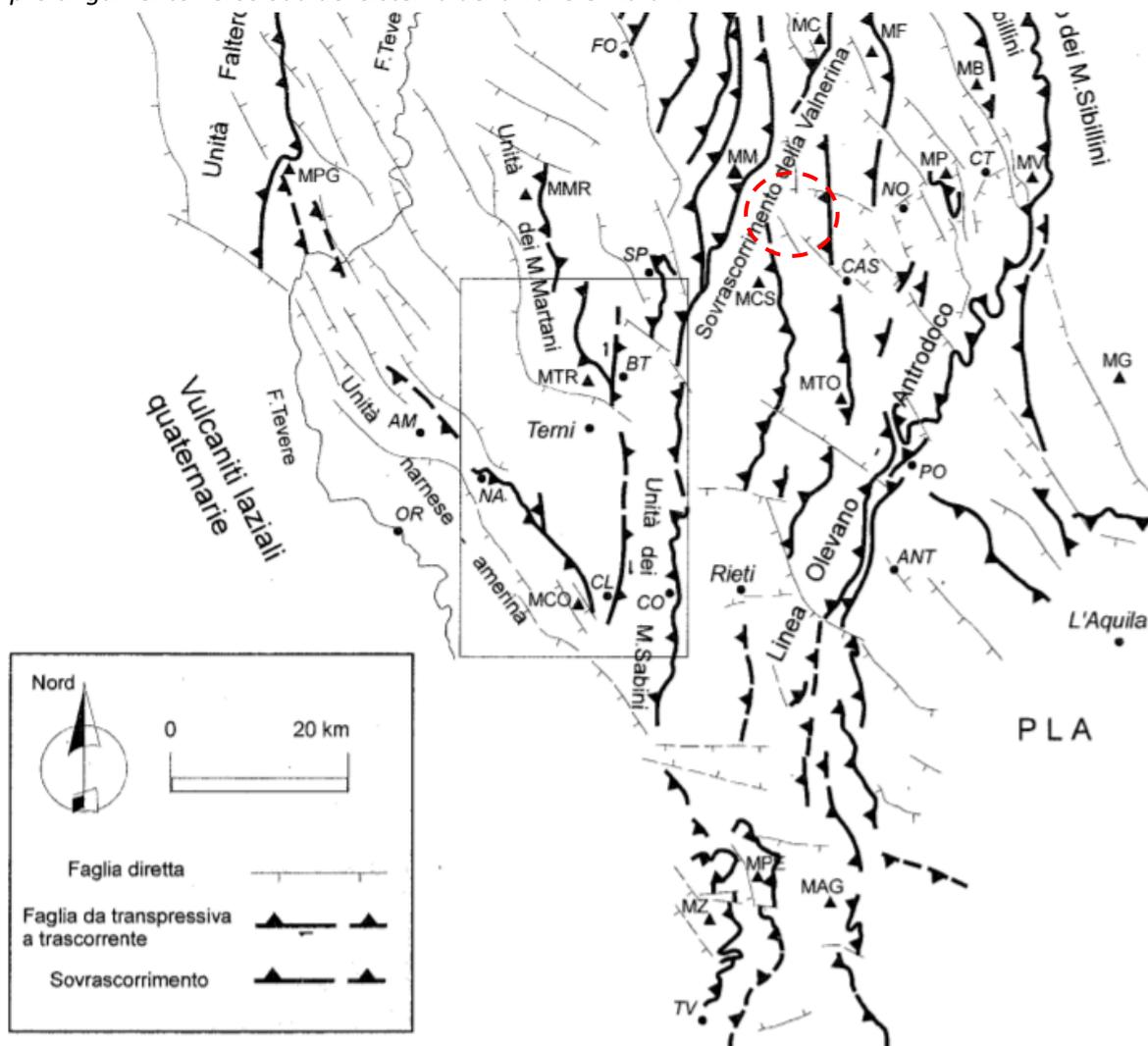


Figura 7 -F. Calamita & P. Pierantoni "Modalità della strutturazione neogenica nell'Appennino umbro-sabino (Italia Centrale)"

4.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE

Di seguito si riporta uno stralcio della cartografia geologica disponibile per il sito di interesse. La carta geologica del progetto CARG (scala 1:50.000) in cui ricade il sito di interesse è il FOGLIO 336 SPOLETO. La SP209 interferisce con aree di affioramento della formazione della Scaglia Rossa e da ciò che è nata la necessità, in sede di realizzazione della viabilità, di realizzare una galleria parietale ed un intervento di contenimento del fronte litoide oggettivante sulla sede stradale.

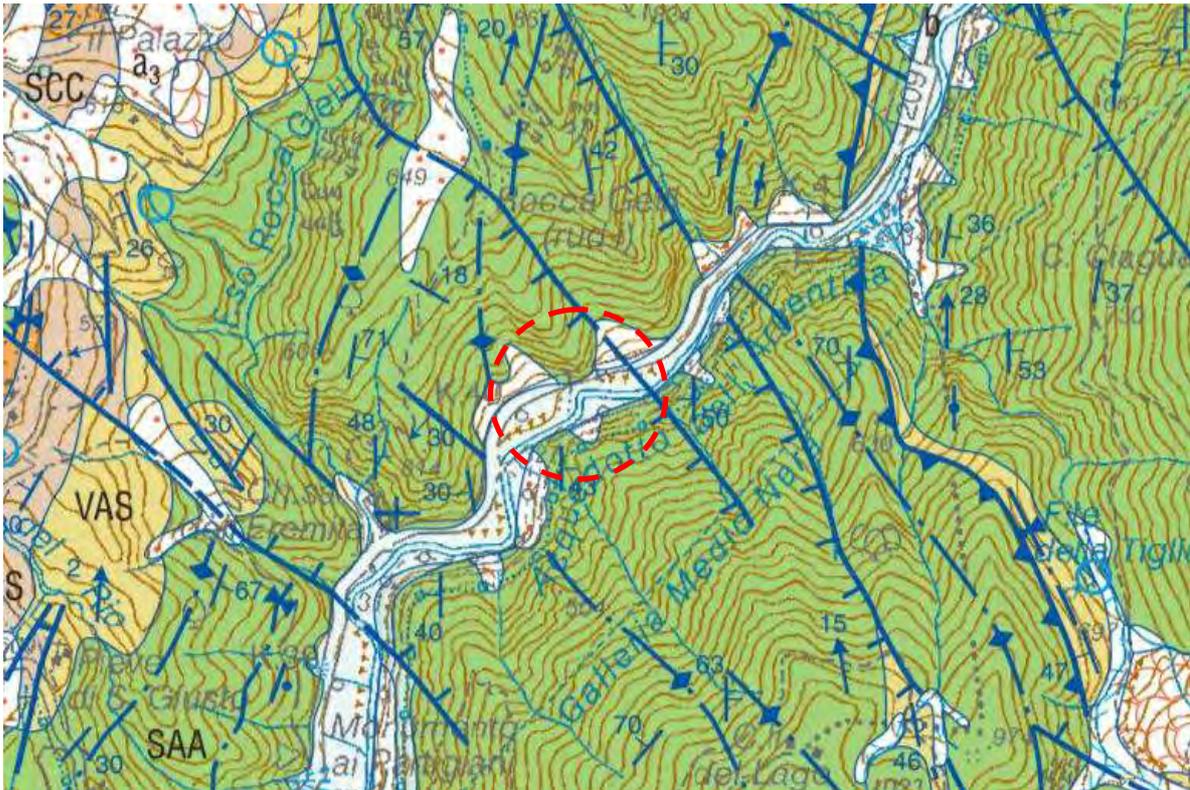
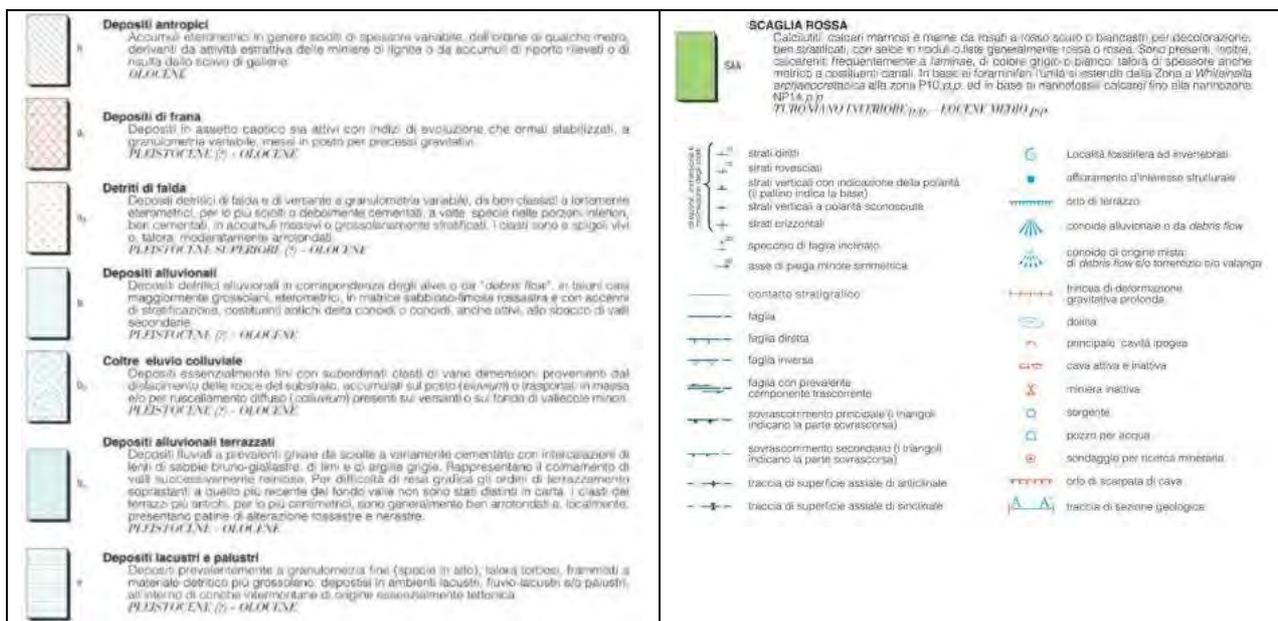


Figura 8 - Stralcio carta geologica regione Umbria (336 - Spoleto, scala 1:50'000)



La formazione della Scaglia rossa è interessata da piegamenti con asse N-S e dislocazioni mediante sistemi di faglie dirette disposte NNO-SSE e immergenti verso SO.

La cartografia geologica regionale ad una scala di dettaglio maggiore (1:10.000) conferma l'assetto geologico stratigrafico del CARG. La Scaglia Rossa è disposta a traversopoggio rispetto al versante naturale.

La Scaglia Rossa (SAA) è una formazione Scaglia Rossa Calcari micritici rosati, più raramente biancastri, alternati a interstrati pelitici molto sottili. Liste e noduli di selce rosso-amaranto. Parte cretacea della formazione quasi esclusivamente calcarea e caratterizzata da strati più spessi (10-40 cm); parte paleogenica a strati più sottili e con intercalazioni marnoso-argillose relativamente più spesse, di un colore rosso-mattone più intenso di quello del calcare. Spessore di circa 100 m. Contenuto fossilifero a foraminiferi planctonici e nannofossili calcarei. Biozona a nannofossili CC11-CP12a. Biozone a foraminiferi planctonici W. archeoretacea-P10 p.p. (Turoniano p.p.- Eocene medio p.p.).

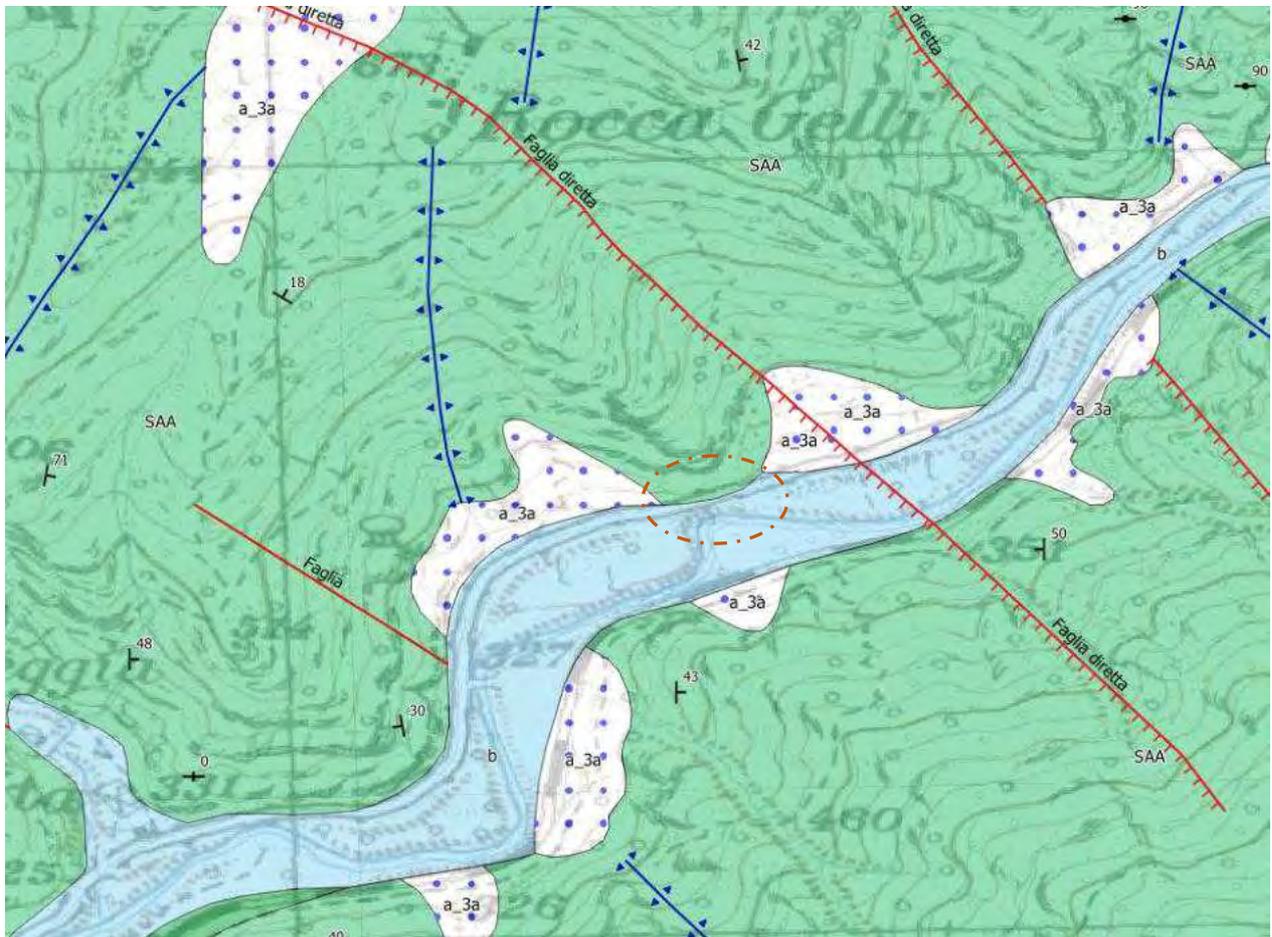


Figura 9 -Stralcio carta geologica regione Umbria (336030, scala 1:10'000).

 a_3a - Detriti di falda	 SCC - Scaglia Cinerea
 a_3b - Detriti di falda	 VAS - Scaglia Variegata
 a_3c - Detriti di falda	 SAA - Scaglia Rossa
 b - Depositi alluvionali	 SBI - Scaglia Bianca
 b_n1 - Depositi alluvionali terrazzati	 FUC - Marne a Fucoidi
 b_n2 - Depositi alluvionali terrazzati	 MAI - Maiolica
 b_n3 - Depositi alluvionali terrazzati	 CDU - Calcari Diasprigni
 b_n4 - Depositi alluvionali terrazzati	 POD - Calcari e marne a Posdonia
 b_4 - Deposito di debris flow	 RSA - Rosso Ammonitico
 b_2 - Depositi colluviali	 RSN - Marne di M. Serrone
	 COI - Corniola

I depositi alluvionali affiorano nel letto di scorrimento del fiume Nera e sono posti a copertura del basamento litoide (Scaglia Rossa)

4.3 LITOLOGIA

I sopralluoghi, i rilievi e le indicazioni emerse dalle indagini geognostiche e geofisiche hanno permesso di ricostruire l'assetto litostratigrafico dell'area.

L'area di interesse presenta un assetto geo-litologico caratterizzato dall'affioramento di basamento litoide sui versanti e coltri detritiche o alluvionali poste a copertura dello stesso nelle zone di fondovalle.

La stratificazione delle formazioni litoidi, subito affioranti al di sopra della quota del piano stradale, mostrano che le giaciture presentano inclinazioni molto variabili.

I due sondaggi S1 e S2, realizzati lato valle della sede stradale in direzione Borgo Cerreto (all'inizio e alla fine della galleria parietale) evidenziano la presenza di un orizzonte di riporto (più esiguo in S1 rispetto a S2) posto a copertura di una coltre poggiante su bedrock.

Lo spessore di tale coltre in S1 è di circa 4 mt, in S2 circa 9 mt. Oltre allo spessore sembrano decisamente differenti le litologie di questo deposito tra i due sondaggi: in S1 prevale un limo debolmente sabbioso-argilloso, mentre in S2 il più potente spessore è costituito da materiali più grossolani, riconducibili a detrito di falda.

Il bedrock, come evidenziano i testimoni di perforazione, è costituito da calcari micritici rosati, più raramente biancastri, alternati a interstrati pelitici molto sottili. Sono visibili liste e noduli di selce rosso-amaranto.

Si tratta, come detto, della formazione della Scaglia Rossa affiorante in tutta l'area. In S2, tra circa 25 e 26 mt dal p.c., è stato riconosciuto un passaggio alla Scaglia Bianca.

4.4 IDROLOGIA, GEOMORFOLOGIA E VINCOLI GEO-AMBIENTALI

Il principale corso d'acqua è il Fiume Nera, uno dei più importanti affluenti del Tevere. Nasce nelle Marche, a 902 m s.l.m. sui monti Sibillini. Nell'area di testa è alimentato dalle sorgenti "Porche di Vallifante".

In Umbria la sua portata è incrementata dall'apporto del Fiume Corno e del Fiume Velino ed il torrente Serra. Il fiume Nera attraversa l'Umbria scorrendo nella omonima valle la Valnerina, in località Triponzo la portata media annue è di circa 50 m³/s.

Il fiume Nera ha una lunghezza di circa 116 km ed un bacino di circa 4000 kmq. Ha una lunghezza limitata rispetto ad altri corsi d'acqua ma ha un'importanza notevole nel bilancio idraulico del Fiume Tevere poiché contribuisce con oltre il 50% alla portata media annua.

L'area complessivamente mostra una densità di drenaggio superficiale bassa a causa dell'alto grado di permeabilità del litotipo affiorante.

Gran parte delle acque infiltrate contribuiscono comunque alla portata del Fiume, riemergendo come sorgenti puntuali e lineari che alimentano lo scorrimento superficiale.

La presenza di roccia carbonatica affiorante ha portato alla formazione di morfologie caratteristiche in destra idrografica del torrente. In particolare, si hanno rilievi e versanti fortemente acclivi. Tali versanti sono caratterizzati dalla presenza di aree estesamente boscate e da coltri detritiche quasi assenti. Laddove sono presenti queste coltri si possono riscontrare forme franose dovute al loro scivolamento. I tagli stradali lungo la SS3 Flaminia hanno aumentato a luoghi le pendenze ed eliminato la copertura vegetale, favorendo fenomeni di crollo e/o di semplice distacco di materiale lapideo. In tal senso sono state realizzate opere di protezione quali muri di controripa, cordoli e reti.

4.5 VINCOLI GEO-AMBIENTALI

4.5.1 VINCOLO IDROGEOLOGICO

Ai sensi di quanto prescritto dal Regio Decreto n°3267 del 1923 in tema di Vincolo Idrogeologico, si rileva quanto segue:

- La sede stradale ricade in un'area esclusa da Vincolo Idrogeologico;
- Il versante a monte ricade in una zona assoggettata a Vincolo Idrogeologico.



Figura 10 -stralcio della Carta vincolo idrogeologico

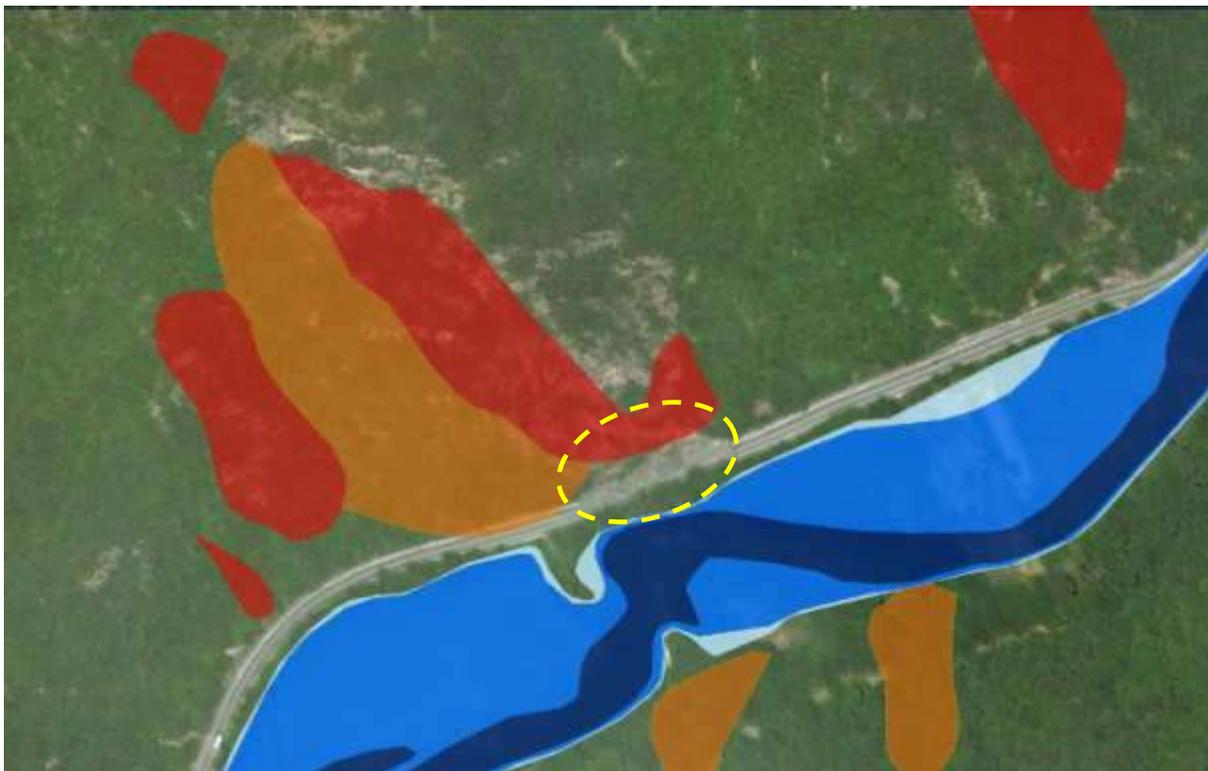
4.5.2 VINCOLI PRG (PARTE STRUTTURALE)

Per il comune di Vallo di Nera non è stato possibile reperire informazioni utili.

Attualmente la pianificazione comunale prevede l'esistenza esclusivamente di un Programma di Fabbricazione con alcune varianti che non hanno interessato il territorio in esame.

4.5.3 ISPRA DISSESTO IDROGEOLOGICO IN ITALIA: PERICOLOSITÀ E INDICATORI DI RISCHIO (EDIZIONE 2018)

Il versante nel tratto di interesse è stato oggetto di interventi di protezione quali reti e barriere paramassi per il contenimento dei blocchi in precarie condizioni di equilibrio lungo il versante. La stessa galleria parietale, oggetto di demolizione e ricostruzione è un'opera volta a mettere in sicurezza la sede stradale. La pericolosità dell'area posta a monte della galleria è censita come elevata P3.



Pericolosità Idrogeo

Pericolosità frane

-  Molto elevata P4
-  Elevata P3
-  Media P2
-  Moderata P1
-  Aree di Attenzione AA

Pericolosità idraulica

-  Scenario P3
-  Scenario P2
-  Scenario P1

Figura 11 -Portale Idrogeo (<http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/dissesto-idrogeologico-in-italia-pericolosita-e-indicatori-di-rischio-edizione-2018>) Temi PAI

4.5.4 INVENTARIO MOVIMENTI FRANOSI IFFI

L'area su cui si sviluppa la galleria parietale non interferisce con movimenti franosi censiti nell'Inventario IFFI. Nell'area a nord della galleria parietale è censita un'area cartografata come "Aree con crolli/ribaltamenti diffusi".



Figura 12 -Portale Idrogeo (<http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/dissesto-idrogeologico-in-italia-pericolosita-e-indicatori-di-rischio-edizione-2018>) tema IFFI

5 VINCOLO PAESISTICO CORSI D'ACQUA:

L'area interferisce con le aree di "rispetto di 150 metri dalle sponde dei fiumi, torrenti e corsi d'acqua iscritti negli elenchi delle Acque Pubbliche, e di 300 metri dalla linea di battigia costiera del mare e dei laghi, vincolate ai sensi dell'art.142 c. 1 lett. a), b), c) del Codice" Fiume Nera.



Figura 13 - <https://siat.regione.umbria.it/benipaesaggistici/>

5.1 IDROGEOLOGIA

Le caratteristiche degli acquiferi presenti nel sito di interesse sono illustrate nella carta idrogeologica della regione Umbria. L'intervento in progetto interessa aree appartenenti al "Complesso dei calcari e calcari marnosi" caratterizzato da Media Permeabilità.

La permeabilità degli affioramenti è di tipo secondario, legato al grado di fratturazione della roccia.

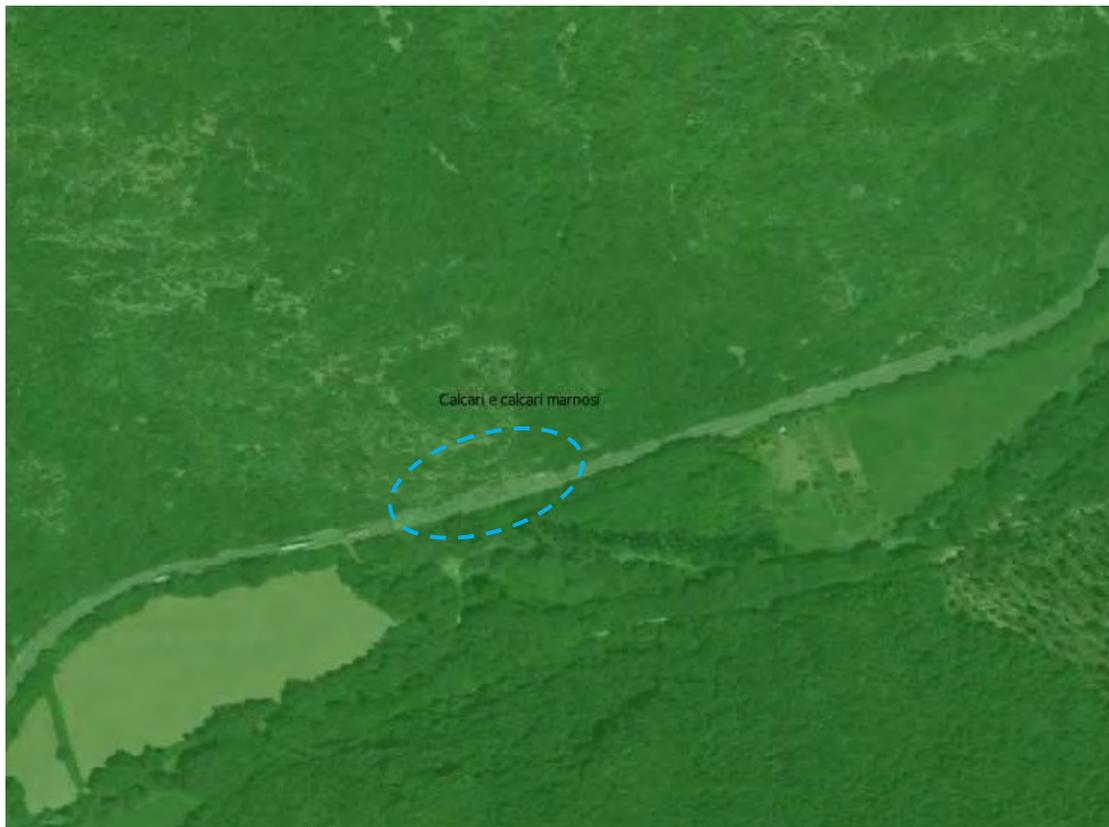


Figura 14 – Qgis- shape carta idrogeologica Regione Umbria

Calcari e calcari marnosi:

Complesso della Scaglia Calcarea (Cretacico – Eocene)

Nel complesso sono state riunite le formazioni della Scaglia Bianca e della Scaglia Rossa, costituite da calcari micritici e calcari marnosi bianchi e rosati stratificati con spessore totale compreso fra 200 e 500 m. Gli affioramenti di questo complesso costituiscono l'area di alimentazione di acquiferi di importanza regionale limitati lateralmente dal Complesso calcareo – marnoso e sostenuti alla base dal Complesso delle marne a Fucoidi. L'incidenza della componente marnosa e gli effetti dei processi di intensa laminazione influiscono in modo determinante sull'attitudine all'infiltrazione efficace di questo complesso. Nel territorio regionale, infatti, i valori medi di infiltrazione efficace variano localmente da 150 a 400 mm/anno.

In corrispondenza degli affioramenti litoidi interessati dall'intervento non si rinviene la presenza di emergenze idriche permanenti relative a presenza di falde sub-affioranti.

6 INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

La GEOTECNICA LAVORI su incarico di ANAS ha eseguito una campagna di indagini nel tratto di interesse. Di seguito si riportano la sintesi e le planimetrie relative alle indagini, per i report delle singole prove si rimanda alle relazioni finali redatte dalla ditta.

- n°2 sondaggi a conservazione di nucleo spinti a 15 e 30 mt dal p.c., con spt e prelievo di campioni nel foro di sondaggio;
- prove di laboratorio sui campioni prelevati;
- n°1 DH in foro di sondaggio;
- n°1 HVSR;
- rilievo geo-strutturale del versante (di cui si dirà più approfonditamente nel successivo capitolo).

S.S. 685 km 45+600 ÷ 45+682 - GALLERIA PARAMASSI PIEDIPATERO – UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE



Figura 15 – Ortofoto con ubicazione delle indagini

Per i report completi delle indagini si rimanda allo specifico elaborato, mentre qui si riportano degli estratti per una rapida comprensione dei risultati raggiunti.

6.1 PROVE GEOGNOSTICHE

Le prove geognostiche, come si evince dal report finale a cui si rimanda per maggiori approfondimenti, sono state eseguite dalla Geotecnica Lavori srl.

La campagna di indagine è consistita dell'esecuzione di:

- n°1 Sondaggio geognostico S1 di profondità 15 m su cui sono state effettuate n. 2 prove SPT in foro e n. 2 prove dilatometriche, e che poi è stato attrezzato con piezometro a tubo aperto;
- n°1 Sondaggio geognostico S2 di profondità 30 su cui sono state effettuate n. 2 prove SPT in foro e che poi è stato attrezzato con tubo protettivo per la esecuzione di prova Down Hole in foro.

Sono stati, inoltre, prelevati dei campioni che sono stati sottoposti a specifiche prove di laboratorio.

Di seguito sono presentate le ubicazioni delle indagini e le diagrafie di sintesi delle prove, così come tratti dal report finale delle indagini fornito dalla Geotecnica Lavori srl.

S.S. 685 km 45+600 ÷ 45+682 - GALLERIA PARAMASSI PIEDIPATERO – UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

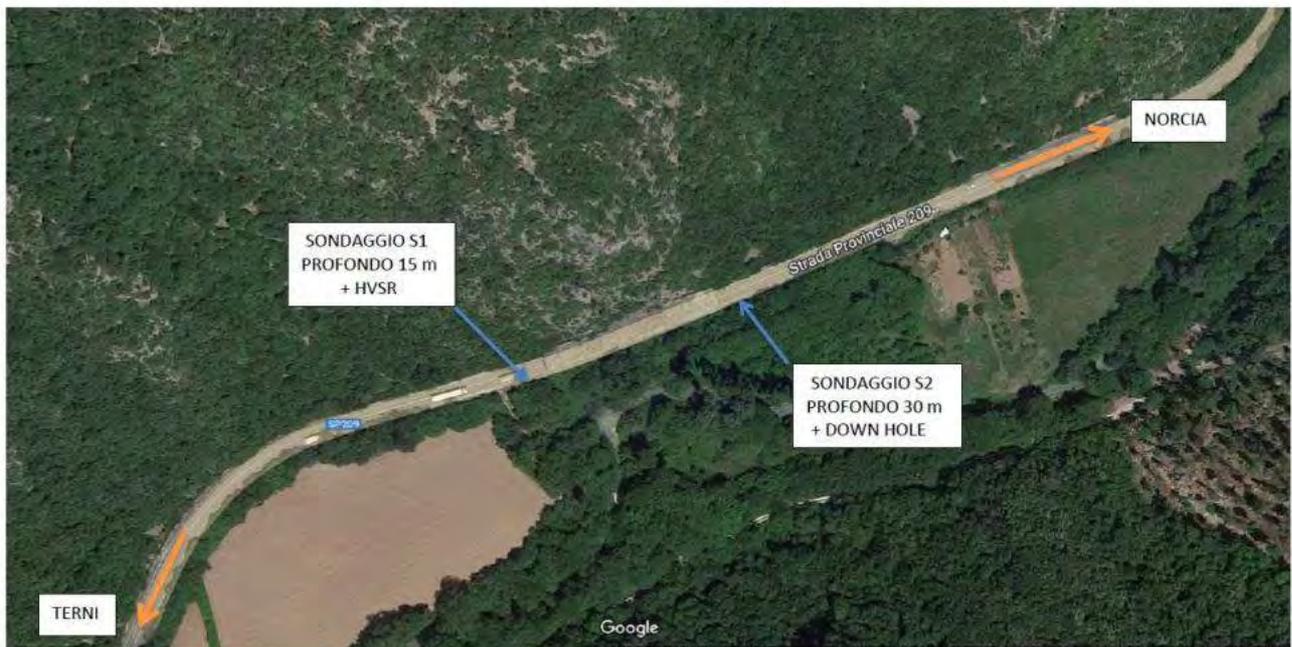
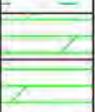


Figura 16 -ubicazione delle indagini geognostiche tratta dal report finale (redatto dalla Geotecnica Lavori srl)

Dott. Geol. Maria Grazia Ciarapica Via Luigi Rizzo, 81 (PC) - cell. 3939712137		COMMITTENTE: ANAS S.p.a. - Direzione Generale Roma												
LOCALITA': Piedipaterno - S.S. 685 dal km 45+600 al km 45+682		SONDAGGIO N. : 1												
QUOTA BOCCAFORO:		LUNGHEZZA (m): 15												
INCLINAZIONE: 0		DATA INIZIO FORO: 10.06.2022												
DATA FINE FORO: 13.06.2022		DATA ELABORAZIONE: 04/07/2022												
METODO PERF: Rotazione		METODO STAB.:Piezometro												
SCALA GRAFICA: 1:100														
STRATIGRAFIA			CAMPIONI	CAROTAGGIO	R.O.D.	POCKET PENETROMETER (Cu kg/cm ²)	S.P.T.	Inclinometro	Strumentazione	IDROLOGIA	PARAMETRI GEOTECNICI			
Profondità dal p.c. (m)	Potenza (m)	Simbolo grafico	Descrizione litologica	Profondità di prelievo (m) Compiutatore Tipo di prelievo	%	%	prof. n.colpi			di rivest. (m)	Profondità di stabili. (m)	c'	φ'	γ
1.80	2.18		Rilevato stradale: clasti calcarei eterogeni, subarrotondati ed a spigoli vivi di dimensione massima 6/7 cm in assenza di matrice. alla base si rilevano laterizi in matrice limo-sabbio-argillosa di colore marrone				1.70 26 32 42							
3.90	0.70		Limo debolmente sabbio-argilloso con rari clasti calcarei, di colore nocciola con lamine avana per la presenza di calcite pulverulenta, di medio-buona consistenza				3.90 47 R							
4.60	0.70		Calcare di colore bianco in strati sottili carotato come clasti a spigoli vivi di dimensione massima 7/8 cm, in scarsa matrice limosa di colore bianco											
7.30	2.70		Calcare di colore bianco (Scaglia Bianca) in strati di spessore medio 10/12 cm, massimo 20 e 30 cm tra -4.60 e -5.00 m, spesso carotato come clasti a spigoli vivi di dimensione massima 7/8 cm in assenza di matrice. Fratture subverticali e oblique											
8.20	0.40		Calcare rosato in strati sottili carotato come clasti a spigoli vivi senza matrice											
8.60	0.40		Calcare rosato in strati di spessore 10 e 20 cm con materiale terrigeno tra i giunti di strato (Scaglia Rosa)											
10.00	1.40		Calcare rosato in strati sottili di spessore massimo 8/9 cm, spesso carotato come clasti a spigoli vivi in assenza di matrice											
15.00	5.00		Calcare rosato in strati di spessore massimo 14 cm perlopiù carotato come clasti a spigoli vivi. Gli strati si presentano fratturati con patine di alterazione sulle pareti beanti e calcite spatica su quelle cementate. Tra i giunti di strato, poco materiale terrigeno e minuti clasti rosati.											
									Piezometro a tubo aperto					

<i>Dott. Geol.</i> <i>Maria Grazia Ciarapica</i> <i>Via Luigi Rizzo, 81 (PG) - cell. 3939712137</i>		COMMITTENTE: ANAS S.p.a. - Direzione Generale Roma													
DATA INIZIO FORO: 13.06.2022		LOCALITA': Piedipaterno - S.S. 685 dal km 45+600 al km 45+682													
METODO PERF: Rotazione		SONDAGGIO N. : 2													
METODO STAB.:Rivestimento		QUOTA BOCCAFORO:													
SCALA GRAFICA: 1:100		LUNGHEZZA (m): 30													
		INCLINAZIONE: 0													
		DATA ELABORAZIONE: 05/07/2022													
STRATIGRAFIA			CAMPIONI												
Profondità dal p.c. (m)	Potenza (m)	Simbolo grafico	Descrizione litologica	Profondità di prelievo (m)	CAROTAGGIO	R.Q.D.	POCKET PENETROMETER (Cu kg/cmq)	S.P.T.	Inclinometro	IDROLOGIA	PARAMETRI GEOTECNICI				
				Comparsa tipo di prelievo	%	%	prof. n.colpi	Strumentazione	di rivest. (m)	Profondità di stabili (m)	c'	φ'	γ		
1.20	1.20		Rilevato stradale: clasti calcarei eterogeni, a spigoli vivi di dimensione massima 3/4 cm in matrice limosa di colore rosato												
3.30	2.10		Clasti calcarei rosati e bianchi a spigoli vivi, di dimensione da millimetrica a 2/3 cm in matrice argillo-limosa di colore marrone. Da -2.50 m i clasti hanno dimensione fino a 6/7 cm					2.50 38 44 46							
5.00	1.70		Clasti calcarei rosati e bianchi a spigoli vivi, di dimensione da millimetrica a 6/7 cm in matrice limosa debolmente argillosa di colore rosato mediamente addensata												
7.00	2.00		Clasti calcarei rossi e bianchi a spigoli vivi, di dimensioni da millimetrica a 4/5 cm in matrice argillo-limosa di colore avana rosata mediamente addensata												
8.20	1.20		Clasti calcarei rossi e bianchi a spigoli vivi, di dimensione da millimetrica a 4/5 cm in matrice argillosa di colore marrone avana mediamente addensata												
9.00	0.80		Limo argilloso avana verdastro con lamine avana di media consistenza con frustoli vegetali e minuti noduli calcarei					8.50 41 32							
10.00	1.00		Scaglia Rossa carotata come clasti a spigoli vivi di dimensione massima 7/8 cm in matrice limo-argillosa rosata.avana												
11.30	1.30		Strati calcarei rossi di spessore variabile da 5 a 30 cm con fratture subverticali e oblique cementate con calcite spatica												
15.00	4.50		Strati calcarei rossi carotati in clasti a spigoli vivi in assenza di matrice. Si rileva uno strato, pressochè integro, tra -12.30 m e -12.60 m con microfratture subverticali e oblique prevalentemente cementate												
19.50	1.00		Strati calcarei rossi di spessore variabile da 10 cm a 37 cm con microfratture subverticali e oblique prevalentemente cementate con calcite spatica. Tra i giunti di strato materiale argilloso di colore verdastro e grigio con minuti clasti calcarei rossi a spigoli vivi												
	1.00		Strati calcarei rossi carotati in clasti a spigoli vivi senza matrice.												

<p><i>Dott. Geol.</i> Maria Grazia Ciarapica Via Luigi Rizzo, 81 (PC) - cell. 3989712137</p>		<p>COMMITTENTE: ANAS S.p.a. - Direzione Generale Roma LOCALITA': Piedipaterno - S.S. 685 dal km 45+600 al km 45+682</p>																
<p>SONDAGGIO N. : 2</p>		<p>QUOTA BOCCAFORO:</p>																
<p>LUNGHEZZA (m): 30</p>		<p>INCLINAZIONE: 0</p>																
<p>DATA INIZIO FORO: 13.06.2022</p>		<p>DATA FINE FORO: 17.06.2022</p>																
<p>DATA ELABORAZIONE: 05/07/2022</p>																		
<p>METODO PERF: Rotazione</p>		<p>METODO STAB.: Rivestimento</p>																
		<p>SCALA GRAFICA: 1:100</p>																
STRATIGRAFIA				CAMPIONI		IDROLOGIA		PARAMETRI GEOTECNICI										
Profondità dal p.c. (m)	Potenza (m)	Simbolo grafico	Descrizione litologica	Profondità di prelievo (m)	Combinatore	Tipo di prelievo	CAROTAGGIO %	R.Q.D. %	POCKET PENETROMETER (Cu kg/cmq)	S.P.T. prof. n.colpi	Inclinometro	Strumentazione	di rinven. (m)	Profondità di stabili. (m)	C'	φ'	γ	
20.50	0.50		Strati calcarei rossi di spessore massimo 20 cm con fratture subverticali e oblique cementate con calcite spatosa															
21.00			Strati calcarei rossi di spessore massimo 15 cm carotati come clasti a spigoli vivi con scarsa matrice															
22.50	1.50		Strati calcarei rossi, abbastanza integri, di spessore variabile da 10 cm a 41 cm carotati come clasti a spigoli vivi con fratture oblique cementate da calcite spatosa															
26.00	3.50		Scaglia Bianca in strati di spessore variabile da 17 cm a 27 cm con fratture oblique riempite da calcite spatosa - Locali strati carotati come strati. Il passaggio con la Scaglia Rossa appare netto															
28.00	2.00		Strati calcarei bianchi di spessore massimo 6/7 cm carotati come clasti a spigoli vivi privi di matrice.															
30.00	2.00																	
Prova sismica in foro Down Hole a -30 m																		

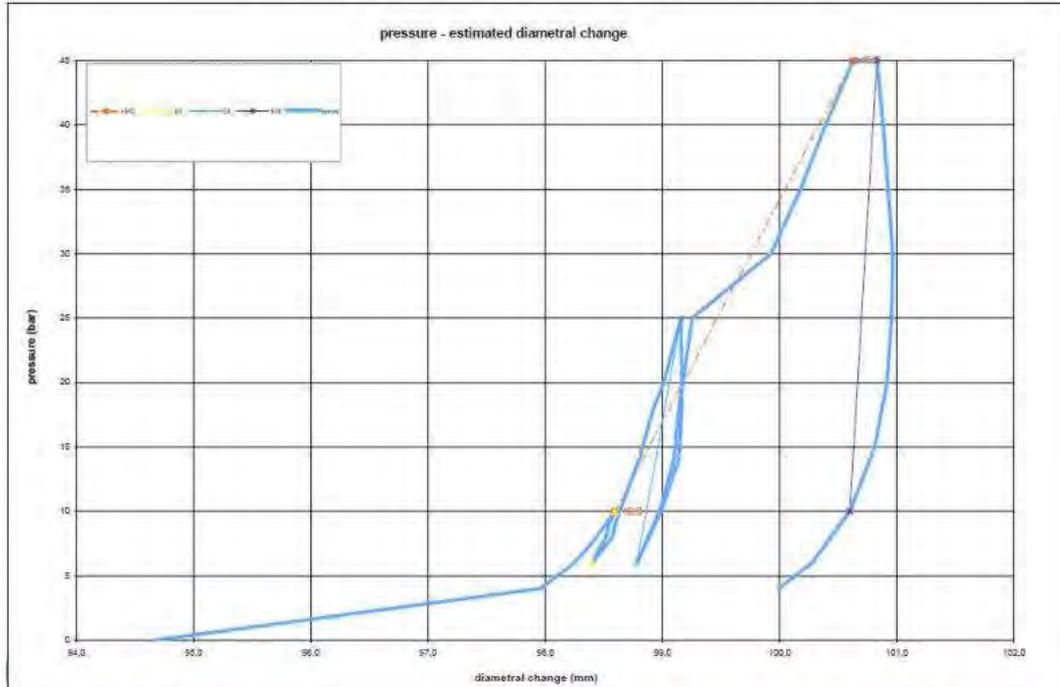
Figura 17 -logs dei sondaggi S1 e S2 tratti dal report finale (redatto dalla Geotecnica Lavori srl)

Prove SPT		
Profondità dal p.c.	Sondaggio 1	Sondaggio 2
- 1.70 m	26-32-42 (74)	
- 2.50 m		38-44-46 (90)
- 3.90 m	47-R	
- 8.50 m		41-31-32 (63)

Prove DILATOMETRICHE

GEOTECNICA LAVORI S.R.L.	DILATOMETRIC ROCK TEST DRT			mod D/T REV 2 MARZO 2019			
	borehole	51 BIS	probe depth m	5,5	code	1	
	Client:	ANAS S.P.A.		job	2212	v. accept.	2212
	Project:	S.S. 685 GALLERIA PIE DI PATERNO		report	2212	DRT	
site	PIE DI PATERNO	coordinates	EAST	date	15.06.22	pag	2/3
			NORTH				

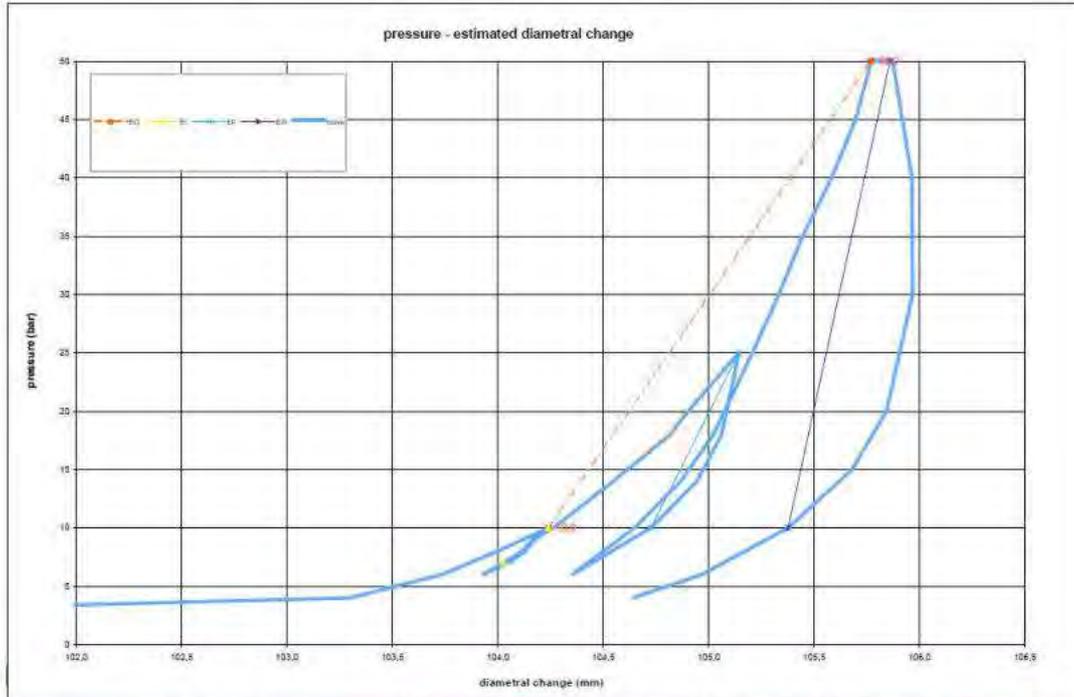
DILATOMETRIC ROCK TEST WITH VOLUME CHANGE MEASUREMENTS - ISRM 1987



DATA PROCESSING		ELASTICITY MODULUS EI		SENSOR 1	SENSOR 2	SENSOR 3	SENSOR AVE			
Legend: H = test depth W = water table depth v = Poisson ratio v0 = cell initial volume d0 = cell initial diameter φ = borehole wall diameter P0 = start pressure Pmax = max loop pressure (MPa) Pmin = min loop pressure (MPa) d max = displacement at P max d min = displacement at P min σv = vertical total stress estimated εc = σc / Es		DATA		loop	Pmax	Pmin				
		symbol	datum	1	10,00	0,00		250		
		ymodl	2,4	3	25,00	5,00		808		
		W (mm)	0,0	3	40,00	10,00		1839		
		v	0,25	4						
v0 (cm ³)	3343	5								
d0 (mm)	64,07									
dφ (kPa)	132	DEFORMATION MODULUS TI								
		loop	Pmax	Pmin	T1 (Mpa)	T2 (Mpa)	T3 (Mpa)	Tm (Mpa)		
		1	10,00	10,00						
		2	25,00	10,00				319		
		3	45,00	25,00				143		
		4								
		5								
ELASTICITY MODULUS EI		ELASTICITY MODULUS EIj estimated		GLOBAL DEFORMATION MODULUS EG						
$EI = (1 + \nu) \phi \frac{P_{max} - P_{min}}{d_{max} - d_{min}}$	$EI_j = \frac{E_{II} + E_{III}}{2}$ $E_j = EI_{II}$	Pmax	Pmin	EG1 (Mpa)	EG2 (Mpa)	EG3 (Mpa)	EGm (Mpa)			
		45,00	10,00				208			
DEFORMATION MODULUS TI		DIAMETER		F	F	F	F			
$TI = (1 + \nu) \phi \frac{P_i - P_{i-1}}{X_i - X_{i-1}}$		beginning diameter (mm)					96,593			
		final diameter (mm)					100,628			
		range mm					2,035			
GLOBAL DEFORMATION MODULUS EG		DM loop minimum displacement		DILATOMETRIC AND GEOTECHNICAL ESTIMATED PARAMETERS						
$EG = (1 + \nu) \phi \frac{P_{max} - P_0}{d_{max} - d_0}$		Pbar	C1	C2	C3	Cm	P0 initial pressure (kPa)	419	EG (MPa)	208
		bar	0	120	240	0	P0 creep pressure (kPa)	4408	E (MPa)	1.839
		10,0	10,997	10,997	10,997	3,923	PL limit pres. (kPa) Cassan >	7402	E/PL	28,38
							PL' net limit pres (kPa) >	7270	EG/Ey	0,11
							lv lateral coeff at rest (kPa)	1,00	σu cohesion (kPa) johnson >	
							P0 lateral pressure (kPa)	132	φ friction angle (°)	
note:										

GEOTECNICA LAVORI S.R.L.	DILATOMETRIC ROCK TEST DRT			mod. DVT REV 2 MARZO 2018			
	borehole	S1 BIS	probe depth m	11,5	code	2	
	Client:	ANAS S.P.A.		job	2212	v. accept.	2212
	Project:	S.S. 685 GALLERIA PIE DI PATERNO		report	2212	DRT	
	site:	PIE DI PATERNO	coordinates	EAST	date	13.04.22	pag. 2/3

DILATOMETRIC ROCK TEST WITH VOLUME CHANGE MEASUREMENTS - ISRM 1987



DATA PROCESSING		SENSOR 1		SENSOR 2		SENSOR 3		SENSOR AVE	
Legend: H = test depth W = water table depth v = Poisson ratio vo = cell initial volume do = cell initial diameter φ = borehole wall diameter Po = start pressure Pmax = max loop pressure (MPa) Pmin = min loop pressure (MPa) dmax = displacement at Pmax dmin = displacement at Pmin dv = vertical total stress estimated Eo = or Eo		ELASTICITY MODULUS EI loop Pmax Pmin EI (Mpa) E2 (Mpa) E3 (Mpa) Eav (Mpa)		DEFORMATION MODULUS TI loop Pmax Pmin T1 (Mpa) T2 (Mpa) T3 (Mpa) Tm (Mpa)		GLOBAL DEFORMATION MODULUS EG Pmax Pmin EG1 (Mpa) EG2 (Mpa) EG3 (Mpa) EGm (Mpa)		DILATOMETRIC AND GEOTECHNICAL ESTIMATED PARAMETERS	
ELASTICITY MODULUS EI $EI = (1 + v) \cdot \frac{P_{max} - P_{min}}{d_{max} - d_{min}}$		ELASTICITY MODULUS Ey estimated $Ey = (EI + EII) / 2$ $Ey = EIII$		DIAMETER beginning diameter (mm) 104,237 final diameter (mm) 106,771 range mm 1,533		Fo initial pressure (kPa) 433 EG (MPa) 331 Pf creep pressure (kPa) 4912 E (MPa) 1.953 PL limit pres. (kPa) Cassan > 8157 EI/PL 42.05 PL' net limit pres (kPa) > 7861 EG/Ey 0.31 K0 lateral coeff at rest (kPa) 1,06 cu cohesion (kPa) Johnson > 841 Pfo lateral pressure (kPa) 276 φ friction angle (°)			
DEFORMATION MODULUS TI $TI = (1 + v) \cdot \frac{P_i - P_{i-1}}{X_i - X_{i-1}}$		GLOBAL DEFORMATION MODULUS EG $EG = (1 + v) \cdot \frac{P_{max} - P_o}{d_{max} - d_o}$		DM loop minimum displacement Pbar 0 120 240 0 10,0 10,997 10,997 10,997 0,587					

6.2 PROVE DI LABORATORIO

Le prove di laboratorio, come si evince dal report finale a cui si rimanda per maggiori approfondimenti, sono state eseguite da SGM – Experimentations srl per conto della Geotecnica Lavori srl.

In particolare, le prove di laboratorio eseguite consistono di:

- n°3 prove di compressione uniassiale sui campioni C1 e C2 del Sondaggio geognostico S1, nonché sul campione C2 del Sondaggio geognostico S2;
- n°2 prova di compressione triassiale sui campioni C1 e C3 del Sondaggio geognostico S2;
- effettuazione di POINT LOAD TEST su tratti dei Sondaggi geognostici S1 e S2.

Certificato di prova: T032029FA01	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 07/07/22	Inizio analisi: 23/06/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°. T/6415 del 23/06/22		Apertura campione: 23/06/22	Fine analisi: 30/06/22
INTESTATARIO: ANAS SPA - STRUTTURA TERRITORIALE UMBRIA			
RIFERIMENTO: S.S. 209 - GALLERIA ARTIFICIALE PIEDIPATERNO			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 4,70 - 5,00	
PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE			
Modalità di prova: Norma ASTM D3148-02			

Provino n°:	1
Velocità di deformazione (MPa/sec):	1,00
Altezza (cm):	10,80
Diametro (cm):	5,39
Sezione (cm²)	22,82
Peso di volume (kN/m³):	26,3
Resistenza a compressione (MPa):	115,50

Certificato di prova: T032030FA01	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 07/07/22	Inizio analisi: 23/06/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: T/6415 del 23/06/22		Apertura campione: 23/06/22	Fine analisi: 30/06/22

INTESTATARIO: ANAS SPA - STRUTTURA TERRITORIALE UMBRIA			
RIFERIMENTO: S.S. 209 - GALLERIA ARTIFICIALE PIEDIPATERNO			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 6,20 - 6,30	

PROVA DI COMPRESIONE UNIASSIALE

Modalità di prova: Norma ASTM D3148-02

Provino n°:	1
Velocità di deformazione (MPa/sec):	1,00
Altezza (cm):	11,23
Diametro (cm):	5,39
Sezione (cm ²):	22,82
Peso di volume (kN/m ³):	26,4
Resistenza a compressione (MPa):	118,04

INTESTATARIO: ANAS SPA - STRUTTURA TERRITORIALE UMBRIA

RIFERIMENTO: S.S. 209 - GALLERIA ARTIFICIALE PIEDIPATERNO

SONDAGGIO: S2

CAMPIONE: C1

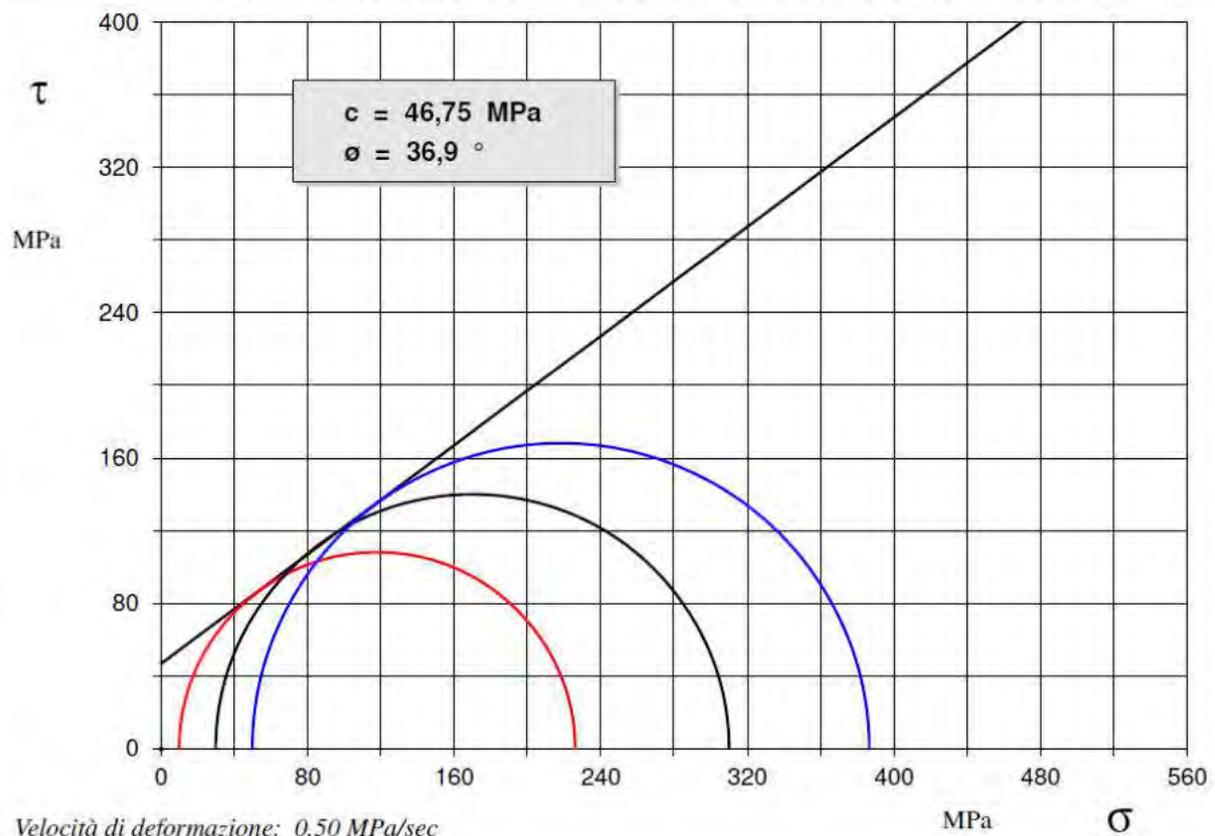
PROFONDITA': m 10,20 - 10,50

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE SU ROCCIA

Modalità di prova: Norma ASTM D 7012

Provino n°	Caratteristiche dei provini					Pressione	
	Altezza cm	Diametro cm	Sezione cm ²	Peso di vol. kN/m ³	Peso spec. kN/m ³	Press. confinamento MPa	Pressione a rottura MPa
1	7,40	3,69	10,69	25,8	---	10,00	216,12
2	7,40	3,69	10,69	25,9	---	30,00	280,08
3	7,39	3,69	10,69	25,8	---	50,00	336,50

CERCHI DI MOHR RELATIVI AI VALORI DI RESISTENZA DI PICCO



Certificato di prova: T032032FA01	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 07/07/22	Inizio analisi: 23/06/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: T/6415 del 23/06/22		Apertura campione: 23/06/22	Fine analisi: 30/06/22
INTESTATARIO: ANAS SPA - STRUTTURA TERRITORIALE UMBRIA			
RIFERIMENTO: S.S. 209 - GALLERIA ARTIFICIALE PIEDIPATERNO			
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 12,30 - 12,60	
PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE			
Modalità di prova: Norma ASTM D3148-02			

Provino n°:	1
Velocità di deformazione (MPa/sec):	1,00
Altezza (cm):	16,78
Diametro (cm):	7,90
Sezione (cm ²):	49,02
Peso di volume (kN/m ³):	25,8
Resistenza a compressione (MPa):	43,97

INTESTATARIO: ANAS SPA - STRUTTURA TERRITORIALE UMBRIA

RIFERIMENTO: S.S. 209 - GALLERIA ARTIFICIALE PIEDIPATERNO

SONDAGGIO: S2

CAMPIONE: C3

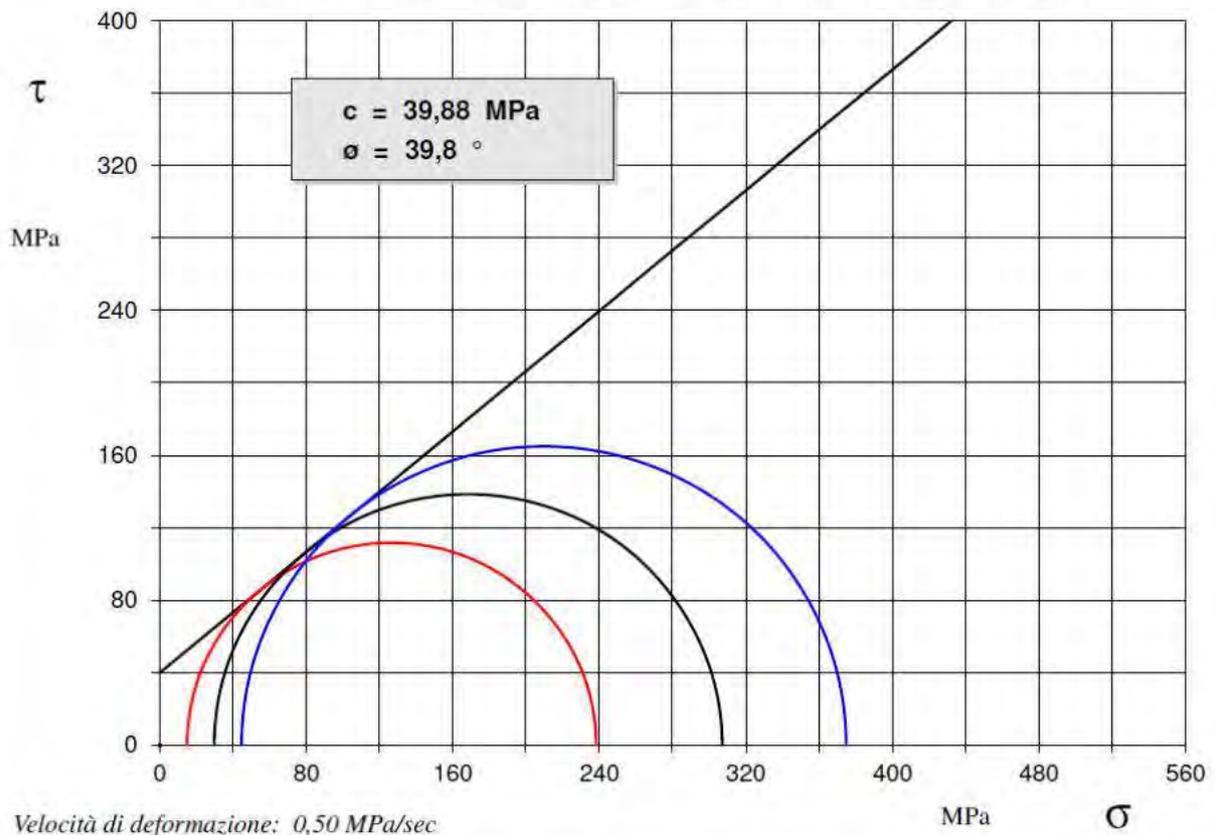
PROFONDITA': m 20,60 - 20,85

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE SU ROCCIA

Modalità di prova: Norma ASTM D 7012

Provino n°	Caratteristiche dei provini					Pressione	
	Altezza cm	Diametro cm	Sezione cm ²	Peso di vol. kN/m ³	Peso spec. kN/m ³	Press. confinamento MPa	Pressione a rottura MPa
1	7,39	3,68	10,64	26,2	---	15,00	223,30
2	7,38	3,68	10,64	26,1	---	30,00	277,20
3	7,40	3,68	10,64	26,3	---	45,00	329,90

CERCHI DI MOHR RELATIVI AI VALORI DI RESISTENZA DI PICCO



6.3 PROVE GEOFISICHE

Le prove geofisiche, come si evince dal report finale a cui si rimanda per maggiori approfondimenti, sono state eseguite dal Dott. Geol. Giorgio Piagnani per conto della Geotecnica Lavori srl.

La campagna di indagine sismica è consistita dell'esecuzione di:

- n. 1 indagine attiva multicanale in foro down-hole (DH) in onde P ed S, denominata "DH1";
- n. 1 indagine passiva a stazione singola con tecnica dei rapporti spettrali "HVSr1", denominata "HV1".

Tali indagini hanno permesso di:

- restituire un log dell'andamento delle V_s con l'aumentare delle profondità,
- calcolare ai sensi delle NTC 2018, la prescritta $V_{s,eq}$ mediante metodologia semplificata (3.2.3 NTC 2018),
- stimare la profondità del bedrock geofisico locale (con $V_S > 800$ m/s)
- definire i valori caratteristici di frequenza di sito.

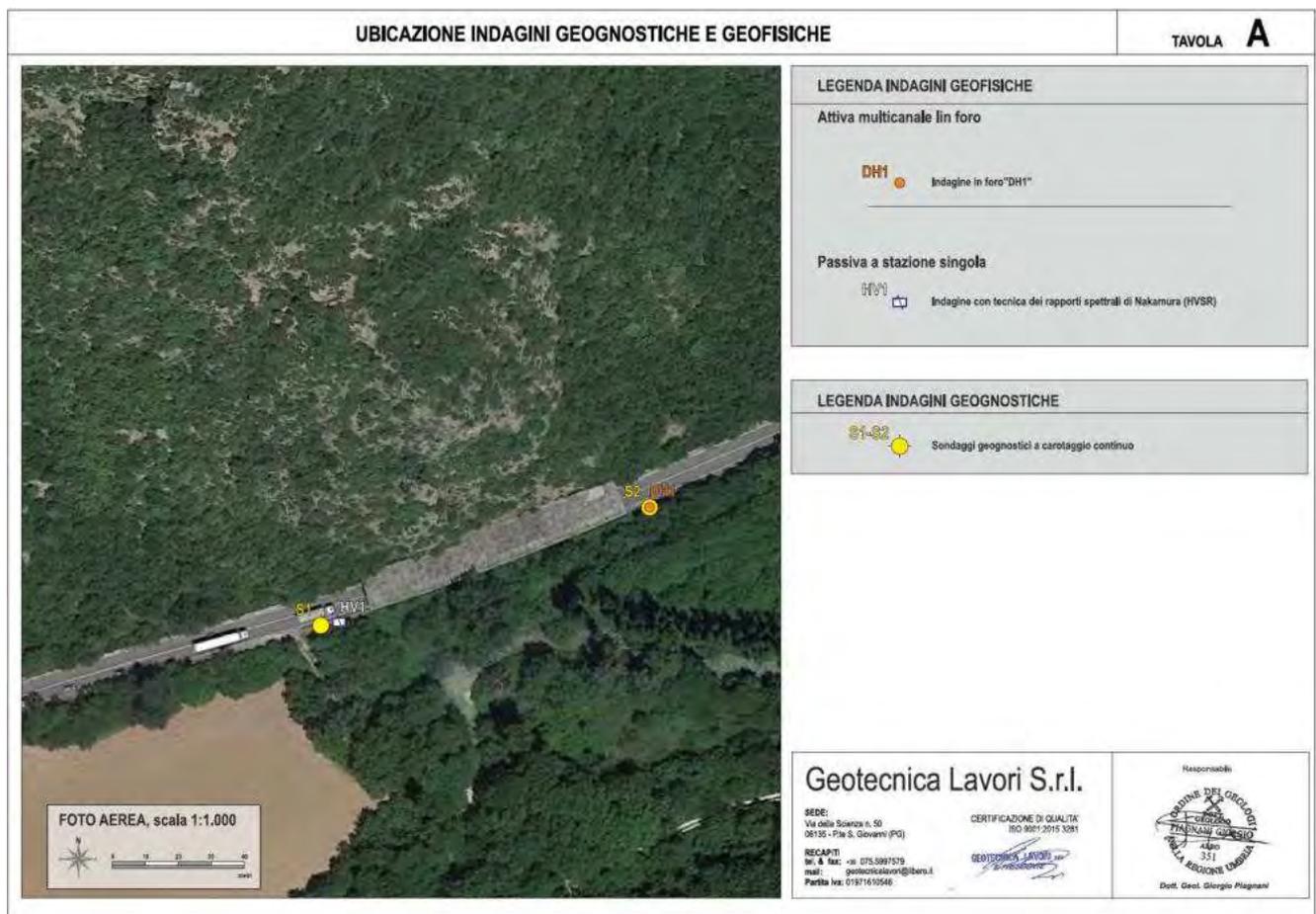


Figura 18 -ubicazione delle indagini geofisiche tratta dal report finale

INTERCEPT METHOD

Depth [m]	Vp [m/s]	Depth [m]	Vs [m/s]
2	909	2	400
6	755	6	237
9	1765	9	600
13	2500	13	952
29	4000	29	1778

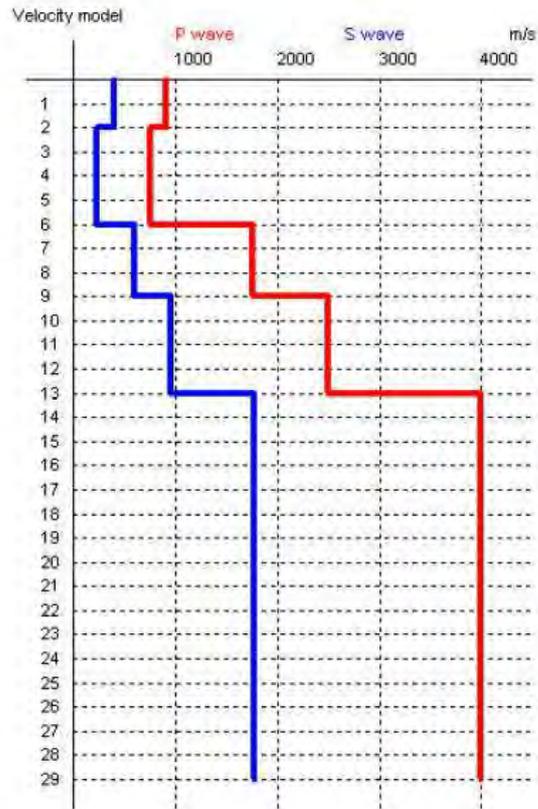


Figura 19 -logs delle velocità Vp e Vs ottenuti dalla prova DH1

Tutti i contenuti di questo documento sono riservati e non possono essere riprodotti o diffusi senza permesso scritto dalla società di cui è titolare il diritto di proprietà intellettuale.

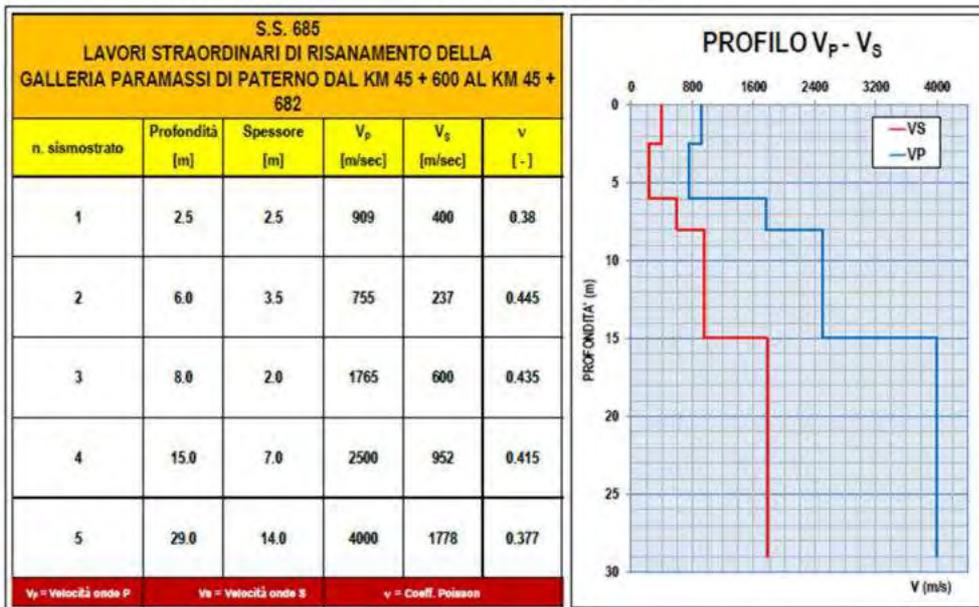
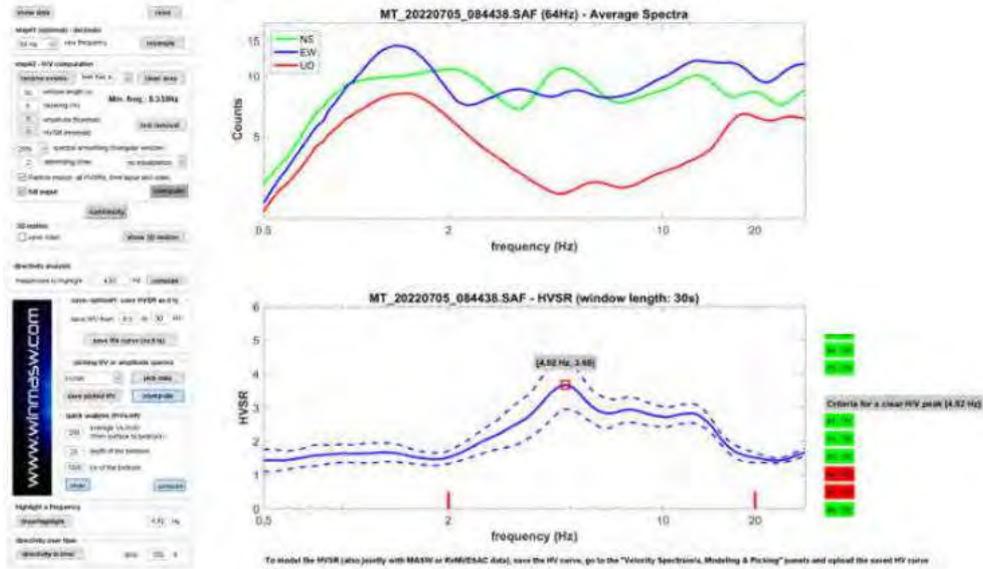


Fig. 3

RAPPORTO SPETTRALE H/V



SESAME criteria #####
 In the following the results considering the data in the 2.0-20.0Hz frequency range
 Peak frequency (Hz): 4.82 (±3.0)
 Peak HVSR value: 3.68 (±0.7)

Figura 20 -risultati della prova HV1

7 RILIEVO GEOSTRUTTURALE

7.1 STATO DEI LUOGHI E CARATTERISTICHE MORFO-EVOLUTIVE DEL SITO

L'intervento prevede di demolire l'esistente galleria e di ricostruire una nuova opera nel rispetto delle condizioni di stabilità e sicurezza previste dalla normativa vigente.

Si prevede inoltre di intervenire garantendo anche la messa in sicurezza del versante sovrastante l'opera.

Il rilievo dell'area di versante è un'attività specialistica che richiede precise competenze e abilitazioni.

In tal senso, per conto di Anas S.p.A e su incarico di Geotecnica Lavori S.r.l, lo studio Ecogeo Engineering ha eseguito un "Rilievo geomeccanico in corrispondenza del versante roccioso posto a monte della S.P. 209 Valnerina Km 45+600".

Lo scopo dell'indagine è stato quello di verificare la presenza delle condizioni di stabilità di un'ampia porzione del versante e di alcuni blocchi rocciosi che potrebbero, con un loro eventuale collasso, interessare la viabilità esistente, nonché di caratterizzare da un punto di vista geomeccanico l'ammasso roccioso.

Per questo motivo sono state utilizzate tecniche di accesso su corda nel tentativo di ispezionare le varie parti del versante. Preliminarmente è stato effettuato anche un volo con drone che ha permesso di fotografare i vari settori del versante ove poi sono state eseguite le rilevazioni puntuali.

Per eventuali approfondimenti e precisazioni si rimanda a quanto riportato nella relazione finale redatta a cura del Geol. Claudio Bernetti, di cui qui sono state tratte alcune parti ritenute particolarmente significative soprattutto rispetto l'analisi dello stato dei luoghi e all'analisi geomeccanica.

7.1.1 CONSIDERAZIONI SULLO STATO DEI LUOGHI

Come evidenziato, quello che segue rappresenta una valutazione fatta dal Dott. C. Bernetti in occasione dei rilievi geomeccanici eseguiti nell'area in esame.

Il rilievo geo strutturale ha evidenziato la presenza degli interventi di consolidamento fatti negli anni passati e costituiti da reti corticali, paramassi, funi in acciaio. Un monolite roccioso è attrezzato con sensori di monitoraggio ed in particolare con n. 2 sensori di pressione cementati in roccia e n. 2 sensori di tensione sui cavi di ancoraggio.



Elaborato dal Geol Claudio Bernetti

Area con rete paramassi semplice e senza alcuna chiodatura (perimetralmente ci sono solo dei picchetti)



Elaborato dal Geol Claudio Bernetti

Area con reticolo di funi di consolidamento in acciaio (diametro 12 mm). Oltre le perimetrali ci sono ancoraggi in cavo e redancia in testa maglia 6x3 vedi foto seguente. Il diametro dell'ancoraggio è di 20 mm e di solito la lunghezza è di 3 m ma non è possibile verificare questo ultimo dato.



Elaborato dal Geol Claudio Bernetti

Esempio di reticolo



Elaborato dal Geol Claudio Bernetti

Vista da altra prospettiva in rosso la rete paramassi senza ancoraggi mentre in giallo quella con ancoraggi maglia 3x6

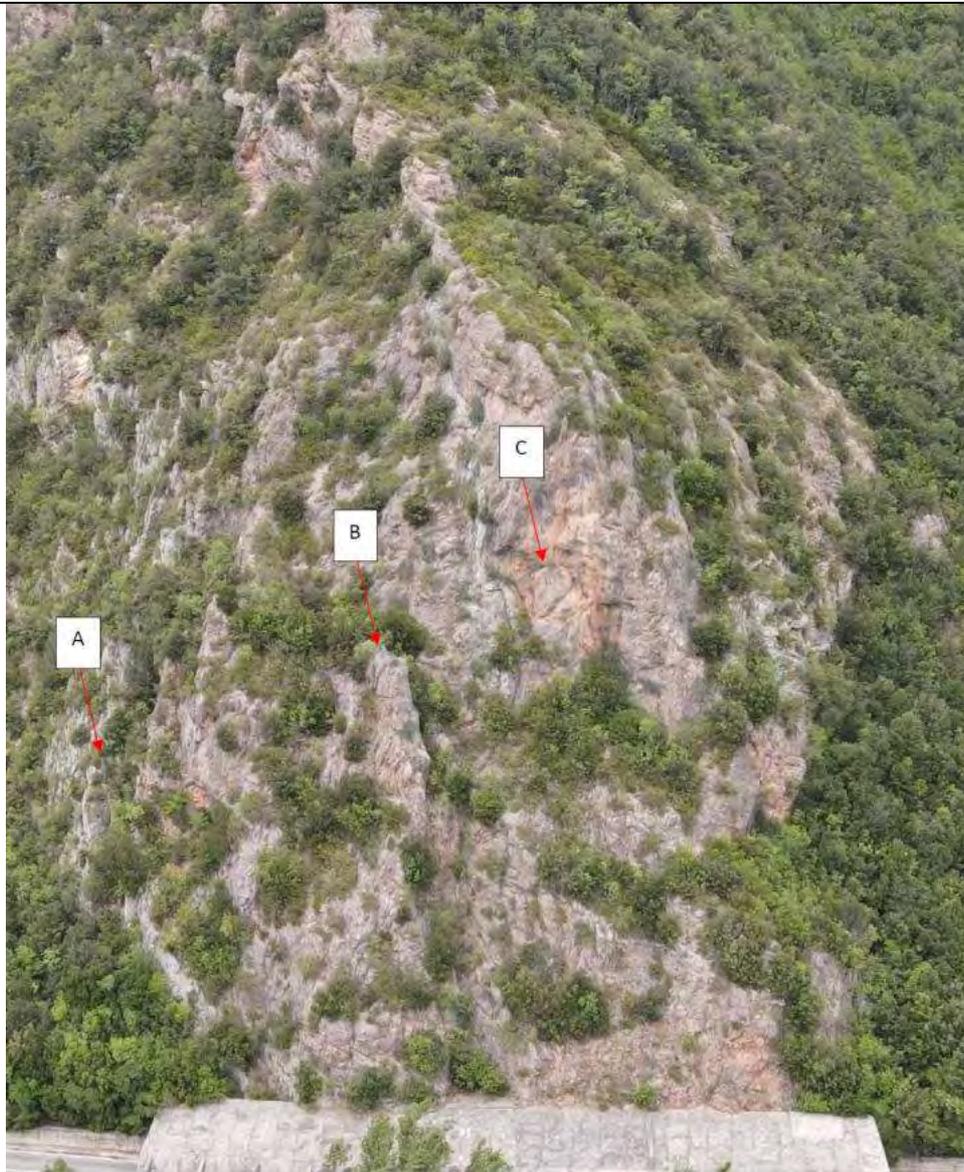


Elaborato dal Geol Claudio Bernetti

Il pilastro oltre al consolidamento 6x3 ha una serie di cavi trasversali diametro 20 mm che in testa lo ancorano all'ammasso retrostante (freccia rossa) e più in basso lo imbragano vedi foto seguente



Tratto da: C. Bernetti – Rilievo geomeccanico in corrispondenza del versante roccioso sito a monte della S.P. 209 "Valnerina" Km 45+600. Spessore di circa 40 m (freccia) slump intraformazionale con "raddoppio" della calcarenite (area cerchiata).



Tratto da: C. Bernetti – Rilievo geomeccanico in corrispondenza del versante roccioso sito a monte della S.P. 209 "Valnerina" Km 45+600.

Maggiori criticità rilevate:

- A – Cuneo roccioso volume potenzialmente instabile circa 8 mc;
- B – Pilastro roccioso fratturato volume potenzialmente instabile circa >150 mc;
- C – Cuneo roccioso volume potenzialmente instabile circa 20 mc.



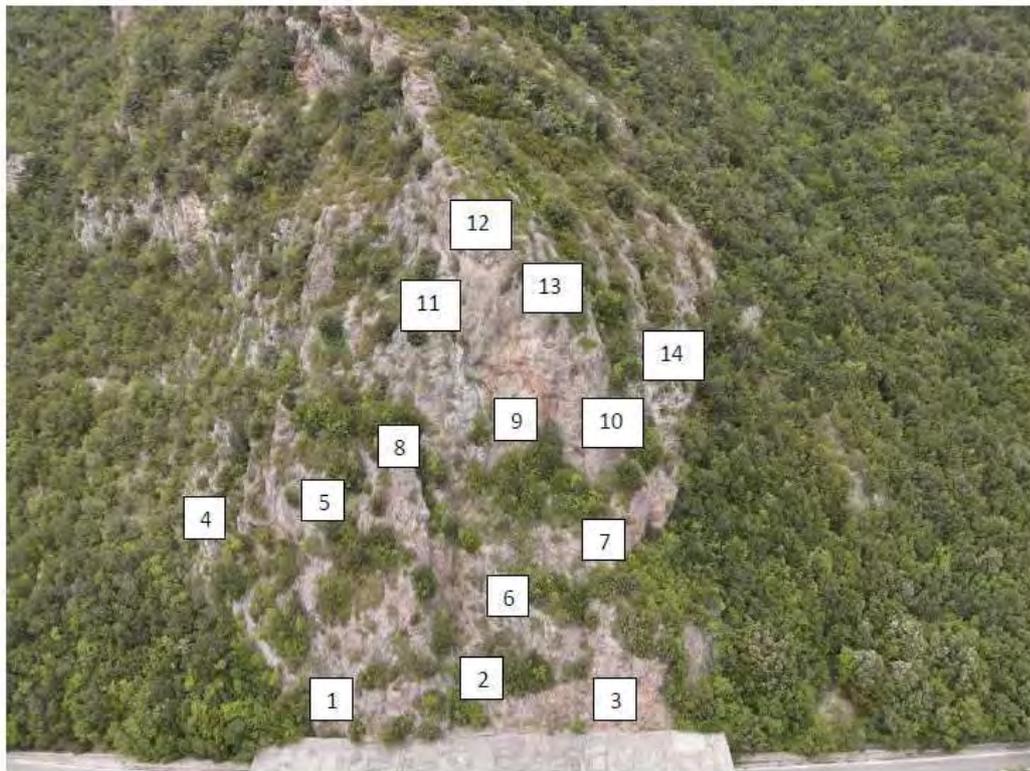
Tratto da: C. Bernetti – Rilievo geomeccanico in corrispondenza del versante roccioso sito a monte della S.P. 209 "Valnerina" Km 45+600.

A – Cuneo roccioso particolare. Volume 8 mc circa.

	<p>Tratto da: C. Bernetti – Rilievo geomeccanico in corrispondenza del versante roccioso sito a monte della S.P. 209 "Valnerina" Km 45+600.</p> <p>B – Pilastro roccioso rastremato, particolare. Volume > 150 mc circa.</p>
	<p>Tratto da: C. Bernetti – Rilievo geomeccanico in corrispondenza del versante roccioso sito a monte della S.P. 209 "Valnerina" Km 45+600.</p> <p>C – Cuneo roccioso. Volume 20 mc circa.</p>

7.1.2 RILIEVO GEOMECCANICO

Come già più volte ricordato, lo studio Ecogeo Engineering ha eseguito un rilievo geomeccanico del versante, suddividendo l'intera parete in n°14 settori geostrutturali. Per ognuno di questi settori sono state realizzate delle stazioni di rilievo geomeccanico ricavando tutti i dati necessari all'applicazione del metodo di Beniaowsky. L'ubicazione delle stazioni è riportata nella successiva tavola tratta dal report finale a cura del Dott. Geol. Claudio Bernetti.



Ubicazione settori geostrutturali

Figura 21: ubicazione delle stazioni geostrutturali tratte dal citato report (C. Bernetti – Rilievo geomeccanico in corrispondenza del versante roccioso sito a monte della S.P. 209 "Valnerina" Km 45+600)

Qui di seguito si riportano le tabelle di sintesi delle caratteristiche dell'ammasso roccioso ricavato con il metodo di Bieniawsky.

Caratteristiche ammasso roccioso

Rock Mass Rating (Bieniawsky)			
RMRbase	68.07	Coesione di picco	c_p 340.35 [kPa]
RMRcorretto	68.07	Angolo di attrito di picco	φ_p 39.04 [°]
Classe	Seconda	Coesione residua	c 272.28 [kPa]
Descrizione	Buono	Angolo di attrito residuo	φ 32.23 [°]
Modulo di deformazione	36.14 [GPa]		
Geological Strength Index	GSI 63.07		

Slope Mass Rating (Romana)		Stabilità	
SMR	74.57	Stabile	
Classe	Seconda	Modo di rottura	
Descrizione	Buona	Possibili blocchi	
		Stabilizzazione	
		Occasionale	

Caratteristiche ammasso roccioso settore 1

Rock Mass Rating (Bieniawsky)			
RMRbase	63.91	Coesione di picco	c_p 319.55 [kPa]
RMRcorretto	48.91	Angolo di attrito di picco	φ_p 36.96 [°]
Classe	Terza	Coesione residua	c 255.64 [kPa]
Descrizione	Mediocre	Angolo di attrito residuo	φ 30.56 [°]
Modulo di deformazione	27.82 [GPa]		
Geological Strength Index	GSI 58.91		

Slope Mass Rating (Romana)		Stabilità	
SMR	66.66	Stabile	
Classe	Seconda	Modo di rottura	
Descrizione	Buona	Possibili blocchi	
		Stabilizzazione	
		Occasionale	

Caratteristiche ammasso roccioso settore 2

Rock Mass Rating (Bieniawsky)			
RMRbase	<input type="text" value="55.05"/>	Coesione di picco	c_p <input type="text" value="275.25"/> [kPa]
RMRcorretto	<input type="text" value="48.05"/>	Angolo di attrito di picco	φ_p <input type="text" value="32.53"/> [°]
Classe	<input type="text" value="Terza"/>	Coesione residua	c <input type="text" value="220.20"/> [kPa]
Descrizione	<input type="text" value="Mediocre"/>	Angolo di attrito residuo	φ <input type="text" value="27.02"/> [°]
Modulo di deformazione	<input type="text" value="10.10"/> [GPa]		
Geological Strength Index	GSI <input type="text" value="50.05"/>		

Slope Mass Rating (Romana)		Stabilità	
SMR	<input type="text" value="57.80"/>	<input type="text" value="Parzialmente stabile"/>	
Classe	<input type="text" value="Terza"/>	Modo di rottura	
Descrizione	<input type="text" value="Mediocre"/>	<input type="text" value="Lungo piani o per cunei"/>	
		Stabilizzazione	
		<input type="text" value="Sistematica"/>	

Caratteristiche ammasso roccioso settore 3

Rock Mass Rating (Bieniawsky)			
RMRbase	<input type="text" value="70.21"/>	Coesione di picco	c_p <input type="text" value="351.05"/> [kPa]
RMRcorretto	<input type="text" value="63.21"/>	Angolo di attrito di picco	φ_p <input type="text" value="40.11"/> [°]
Classe	<input type="text" value="Seconda"/>	Coesione residua	c <input type="text" value="280.84"/> [kPa]
Descrizione	<input type="text" value="Buono"/>	Angolo di attrito residuo	φ <input type="text" value="33.08"/> [°]
Modulo di deformazione	<input type="text" value="40.42"/> [GPa]		
Geological Strength Index	GSI <input type="text" value="65.21"/>		

Slope Mass Rating (Romana)		Stabilità	
SMR	<input type="text" value="70.34"/>	<input type="text" value="Stabile"/>	
Classe	<input type="text" value="Seconda"/>	Modo di rottura	
Descrizione	<input type="text" value="Buona"/>	<input type="text" value="Possibili blocchi"/>	
		Stabilizzazione	
		<input type="text" value="Occasionale"/>	

Caratteristiche ammasso roccioso settore 4

Rock Mass Rating (Bieniawsky)			
RMRbase	64.64	Coesione di picco	c_p 323.20 [kPa]
RMRcorretto	57.64	Angolo di attrito di picco	φ_p 37.32 [°]
Classe	Terza	Coesione residua	c_r 258.56 [kPa]
Descrizione	Mediocre	Angolo di attrito residuo	φ_r 30.86 [°]
Modulo di deformazione	29.28 [GPa]		
Geological Strength Index	GSI 59.64		

Slope Mass Rating (Romana)		
SMR	67.39	Stabilità
Classe	Seconda	Stabile
Descrizione	Buona	Modo di rottura
		Possibili blocchi
		Stabilizzazione
		Occasionale

Caratteristiche ammasso roccioso settore 5

Rock Mass Rating (Bieniawsky)			
RMRbase	66.07	Coesione di picco	c_p 330.35 [kPa]
RMRcorretto	59.07	Angolo di attrito di picco	φ_p 38.04 [°]
Classe	Terza	Coesione residua	c_r 264.28 [kPa]
Descrizione	Mediocre	Angolo di attrito residuo	φ_r 31.43 [°]
Modulo di deformazione	32.14 [GPa]		
Geological Strength Index	GSI 61.07		

Slope Mass Rating (Romana)		
SMR	68.82	Stabilità
Classe	Seconda	Stabile
Descrizione	Buona	Modo di rottura
		Possibili blocchi
		Stabilizzazione
		Occasionale

Caratteristiche ammasso roccioso settore 6

Rock Mass Rating (Bieniawsky)			
RMRbase	72.51	Coesione di picco	c_p 362.55 [kPa]
RMRcorretto	65.51	Angolo di attrito di picco	φ_p 41.26 [°]
Classe	Seconda	Coesione residua	c 290.04 [kPa]
Descrizione	Buono	Angolo di attrito residuo	φ 34.00 [°]
Modulo di deformazione	45.02 [GPa]		
Geological Strength Index	GSI 67.51		

Slope Mass Rating (Romana)		Stabilità	
SMR	75.26	Stabile	
Classe	Seconda	Modo di rottura	
Descrizione	Buona	Possibili blocchi	
		Stabilizzazione	
		Occasionale	

Caratteristiche ammasso roccioso settore 7

Rock Mass Rating (Bieniawsky)			
RMRbase	64.40	Coesione di picco	c_p 322.00 [kPa]
RMRcorretto	49.40	Angolo di attrito di picco	φ_p 37.20 [°]
Classe	Terza	Coesione residua	c 257.60 [kPa]
Descrizione	Mediocre	Angolo di attrito residuo	φ 30.76 [°]
Modulo di deformazione	28.80 [GPa]		
Geological Strength Index	GSI 59.40		

Slope Mass Rating (Romana)		Stabilità	
SMR	36.90	Instabile	
Classe	Quarta	Modo di rottura	
Descrizione	Scadente	Lungo piani o su grandi cunei	
		Stabilizzazione	
		Estesa	

Caratteristiche ammasso roccioso settore 8

Rock Mass Rating (Bieniawsky)			
RMRbase	<input type="text" value="64.57"/>	Coesione di picco	c_p <input type="text" value="322.85"/> [kPa]
RMRcorretto	<input type="text" value="49.57"/>	Angolo di attrito di picco	φ_p <input type="text" value="37.29"/> [°]
Classe	<input type="text" value="Terza"/>	Coesione residua	c <input type="text" value="258.28"/> [kPa]
Descrizione	<input type="text" value="Mediocre"/>	Angolo di attrito residuo	φ <input type="text" value="30.83"/> [°]
Modulo di deformazione	<input type="text" value="29.14"/> [GPa]		
Geological Strength Index	GSI <input type="text" value="59.57"/>		

Slope Mass Rating (Romana)		
SMR	<input type="text" value="61.51"/>	Stabilità
Classe	<input type="text" value="Seconda"/>	<input type="text" value="Stabile"/>
Descrizione	<input type="text" value="Buona"/>	Modo di rottura
		<input type="text" value="Possibili blocchi"/>
		Stabilizzazione
		<input type="text" value="Occasionale"/>

Caratteristiche ammasso roccioso settore 9

Rock Mass Rating (Bieniawsky)			
RMRbase	<input type="text" value="63.45"/>	Coesione di picco	c_p <input type="text" value="317.30"/> [kPa]
RMRcorretto	<input type="text" value="48.45"/>	Angolo di attrito di picco	φ_p <input type="text" value="36.73"/> [°]
Classe	<input type="text" value="Terza"/>	Coesione residua	c <input type="text" value="253.84"/> [kPa]
Descrizione	<input type="text" value="Mediocre"/>	Angolo di attrito residuo	φ <input type="text" value="30.38"/> [°]
Modulo di deformazione	<input type="text" value="26.92"/> [GPa]		
Geological Strength Index	GSI <input type="text" value="58.46"/>		

Slope Mass Rating (Romana)		
SMR	<input type="text" value="66.21"/>	Stabilità
Classe	<input type="text" value="Seconda"/>	<input type="text" value="Stabile"/>
Descrizione	<input type="text" value="Buona"/>	Modo di rottura
		<input type="text" value="Possibili blocchi"/>
		Stabilizzazione
		<input type="text" value="Occasionale"/>

Caratteristiche ammasso roccioso settore 10

Rock Mass Rating (Bieniawsky)			
RMRbase	68.40	Coesione di picco	c_p 342.00 [kPa]
RMRcorretto	61.40	Angolo di attrito di picco	φ_p 39.20 [°]
Classe	Seconda	Coesione residua	c 273.60 [kPa]
Descrizione	Buono	Angolo di attrito residuo	φ 32.36 [°]
Modulo di deformazione	36.80 [GPa]		
Geological Strength Index	GSI 63.40		

Slope Mass Rating (Romana)			
SMR	65.34	Stabilità	Stabile
Classe	Seconda	Modo di rottura	Possibili blocchi
Descrizione	Buona	Stabilizzazione	Occasionale

Caratteristiche ammasso roccioso settore 11

Rock Mass Rating (Bieniawsky)			
RMRbase	64.40	Coesione di picco	c_p 322.00 [kPa]
RMRcorretto	62.40	Angolo di attrito di picco	φ_p 37.20 [°]
Classe	Seconda	Coesione residua	c 257.60 [kPa]
Descrizione	Buono	Angolo di attrito residuo	φ 30.76 [°]
Modulo di deformazione	28.80 [GPa]		
Geological Strength Index	GSI 59.40		

Slope Mass Rating (Romana)			
SMR	58.15	Stabilità	Parzialmente stabile
Classe	Terza	Modo di rottura	Lungo piani o per cunei
Descrizione	Mediocre	Stabilizzazione	Sistematica

Caratteristiche ammasso roccioso settore 12

Rock Mass Rating (Bieniawsky)			
RMRbase	<input type="text" value="62.40"/>	Coesione di picco	c_p <input type="text" value="312.00"/> [kPa]
RMRcorretto	<input type="text" value="55.40"/>	Angolo di attrito di picco	φ_p <input type="text" value="36.20"/> [°]
Classe	<input type="text" value="Terza"/>	Coesione residua	c <input type="text" value="249.60"/> [kPa]
Descrizione	<input type="text" value="Mediocre"/>	Angolo di attrito residuo	φ <input type="text" value="29.96"/> [°]
Modulo di deformazione	<input type="text" value="24.80"/> [GPa]		
Geological Strength Index	GSI <input type="text" value="57.40"/>		

Slope Mass Rating (Romana)		Stabilità	
SMR	<input type="text" value="41.27"/>	<input type="text" value="Parzialmente stabile"/>	
Classe	<input type="text" value="Terza"/>	Modo di rottura	
Descrizione	<input type="text" value="Mediocre"/>	<input type="text" value="Lungo piani o per cunei"/>	
		Stabilizzazione	
		<input type="text" value="Sistematica"/>	

Caratteristiche ammasso roccioso settore 13

Rock Mass Rating (Bieniawsky)			
RMRbase	<input type="text" value="68.40"/>	Coesione di picco	c_p <input type="text" value="342.00"/> [kPa]
RMRcorretto	<input type="text" value="53.40"/>	Angolo di attrito di picco	φ_p <input type="text" value="39.20"/> [°]
Classe	<input type="text" value="Terza"/>	Coesione residua	c <input type="text" value="273.60"/> [kPa]
Descrizione	<input type="text" value="Mediocre"/>	Angolo di attrito residuo	φ <input type="text" value="32.36"/> [°]
Modulo di deformazione	<input type="text" value="36.80"/> [GPa]		
Geological Strength Index	GSI <input type="text" value="63.40"/>		

Slope Mass Rating (Romana)		Stabilità	
SMR	<input type="text" value="40.90"/>	<input type="text" value="Instabile"/>	
Classe	<input type="text" value="Quarta"/>	Modo di rottura	
Descrizione	<input type="text" value="Scadente"/>	<input type="text" value="Lungo piani o su grandi cunei"/>	
		Stabilizzazione	
		<input type="text" value="Estesa"/>	

Caratteristiche ammasso roccioso settore 14

7.1.3 CONSIDERAZIONI SULLA STABILITA'

I risultati, ottenuti dall'elaborazione numerica dei n.14 settori di indagine, sono sintetizzati nella tabella che segue assieme alle considerazioni dei rilevatori.

Tabella di sintesi realizzata con i dati tratti dal "Rilievo geomeccanico in corrispondenza del versante roccioso sito a monte della S.P. 209 "Valnerina" Km 45+600" (Dott. Geol. C. Bernetti).		
Settore n.	Esito analisi numerica	Note rilevatori
1	Stabile	Non si individuano blocchi rocciosi o porzioni di ammasso potenzialmente a rischio di crollo
2	Stabile	Attenzione: presenza di fratture continue a franapoggio sulla parete dietro la galleria
3	Parzialmente stabile	Attenzione: blocchi potenzialmente instabili hanno dimensioni ridotte
4	Stabile	Attenzione: blocchi rocciosi potenzialmente instabili (cuneo A)
5	Stabile	In questo settore non si intravedono criticità particolari
6	Stabile	In questo settore i livelli di calcarenite resistenti all'erosione non mostrano potenziale instabilità
7	Stabile	In questo settore non si rilevano particolari problemi di stabilità
8	Instabile	Attenzione: ammasso (pilastro) roccioso instabile (cuneo B)
9	Stabile	Attenzione: presenza di un blocco che può costituire un serio pericolo in caso di crollo (cuneo C)
10	Stabile	In questo settore non si ha evidenza di crolli recenti
11	Stabile	Pericolosità non specificata dai rilevatori
12	Parzialmente stabile	Attenzione: eventuali instabilità sono legate a piccoli blocchi rocciosi
13	Parzialmente stabile	Attenzione: condizione di potenziale instabilità (cuneo roccioso instabile)
14	Instabile	Attenzione: si possono determinare le condizioni per potenziali crolli di modeste dimensioni

Quanto evidenziato in tabella è riportato nella successiva figura di sintesi

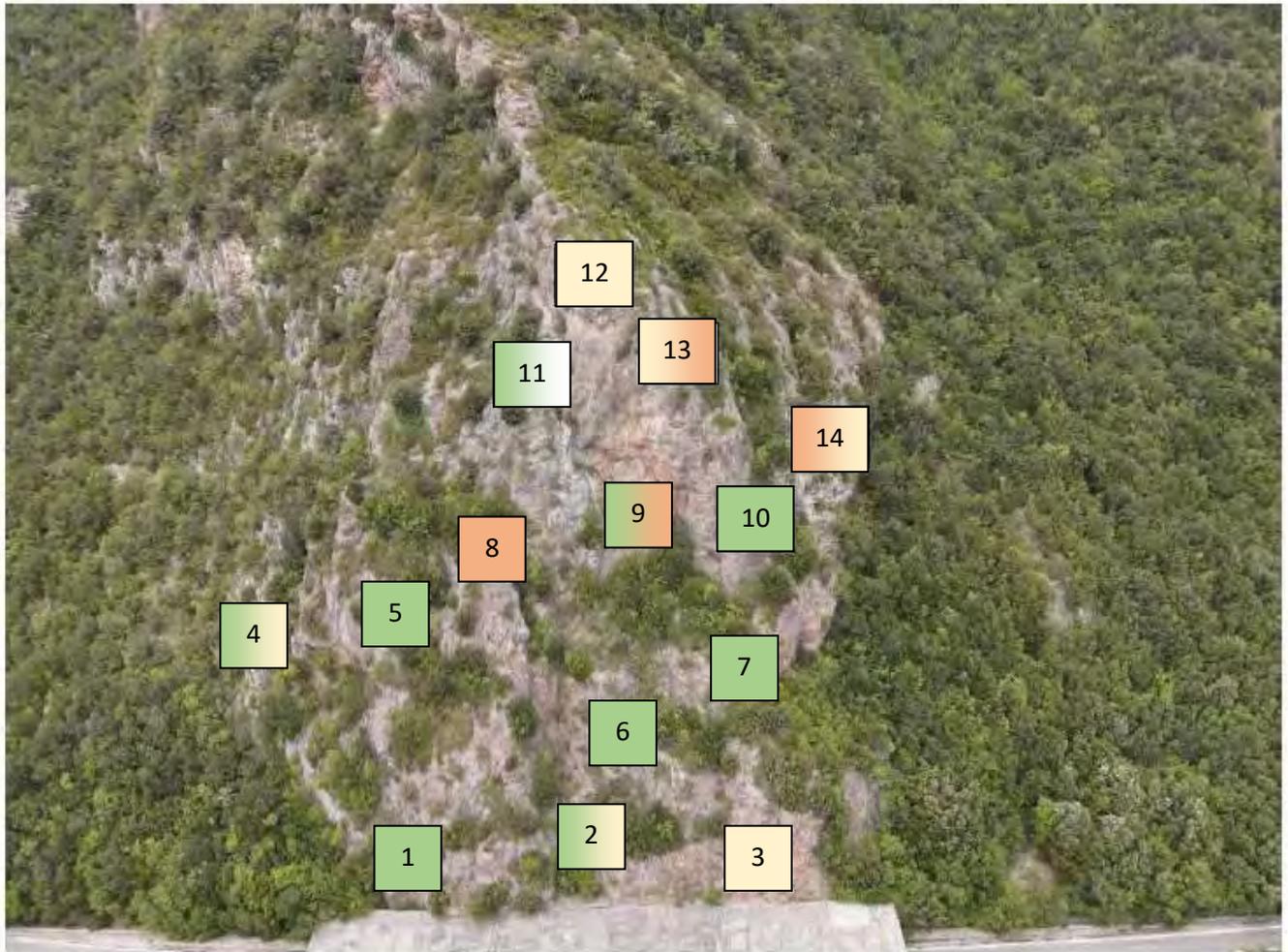


Figura 22: sintesi della stabilità del fronte

L'analisi di sintesi mostra come sia la porzione più elevata dello sperone sovrastante la galleria a presentare i maggiori problemi.

8 SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

I parametri geotecnici e sismici sono stati derivati dalle elaborazioni dei dati della campagna geognostica e geofisica condotta. Di seguito si riporta la sintesi dei principali parametri geotecnici caratteristici e delle velocità sismiche (V_{s30}) degli orizzonti individuati. Per ulteriori approfondimenti si rimanda al report redatto dalla ditta.

Area sondaggio S1

SS3 FLAMINIA PIEDIPATERO AREA S1- PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

Orizzonti	Profondità media orizzonti in ml	Orizzonti geologici descrizione	Comportamento geomeccanico prevalente	PROVE IN SITU (nei fori di sondaggio)								LABORATORIO GEOMECCANICO				INDAGINE SISMICA			
				SPT				DILATOMETRICHE				profondità in ml da p.c.	PROVA COMPRESIONE MONOASSIALE		POINT LOAD		Vsh m/s range (DH)	CLASSE NTC 2018	
				Nspt	Cu kPa	γ kN/mc*	ϕ^*	prova e profondità	Eg Global deformation modulus (Mpa)	E3 Elasticity modulus (Mpa)	Cu coesione (Kpa) johnson		Resistenza a compressione monoassiale Mpa	γ kN/mc	Is50 Indice carico puntuale Mpa (POINT LOAD)	2.4 (valore medio)			
1	0.0-1.8	Rilevato stradale costituito da clasti calcarei eterogenei a spigoli vivi	attritivo	74 (S1) 1.7 m	-	18.0	>38**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	329 m/s	CLASSE E*** (bedrock sismico a 8 mt dal p.c.)
2a	1.8-3.9	Limo debolmente sabbioso argilloso addensato (deposito alluvionale)	attritivo	-	-	18	33****	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
3	3.9-15.0	basamento litoido fratturato (Scaglie s.l.)	litoido destrutturato	Rif. (S1) 3.9 m	-	19.5	>38**	S1bis a 5.5 mt	206	1839	841	S1C1 4.7-5.0	115,5	26,3	-	-	-		
								S1bis a 11.5 mt	331	1053	841	S1C2 6.2-6.30	118,04	26,4	-	-	-		

* Lancellotta

** Meyerhof (1965)

$$\phi = 29.47 + 0.46N_{spt} - 0.004N_{spt}^2 (< 5\% \text{ di limo})$$

*** Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m (da NTC2018)

**** I parametri geotecnici sono relativi alla prova NSPT 1. In questo orizzonte geotecnico predomina "limo debolmente sabbioso argilloso" (la prova SPT è stata realizzata al passaggio tra i due orizzonti denominati 1 ed 2a). Il valore di ϕ^* è desunto con correlazione di Meyerhof (1965):

$$\phi = 23.7 + 0.57N_{spt} - 0.006N_{spt}^2 (> 5\% \text{ di limo})$$

Area sondaggio S2

SS3 FLAMINIA PIEDIPATERO AREA S2- PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

Orizzonti	Profondità media orizzonti in ml	Orizzonti geologici descrizione	Comportamento geomeccanico prevalente	PROVE IN SITU (nei fori di sondaggio)								LABORATORIO GEOMECCANICO						INDAGINE SISMICA		
				SPT				DILATOMETRICHE				profondità in ml da p.c.	PROVA COMPRESIONE MONOASSIALE		PROVA TRIASSIALE		POINT LOAD		Vsh m/s range (DH)	CLASSE NTC 2018
				Nspt	Cu kPa	γ kN/mc	ϕ^*	prova e profondità	Eg Global deformation modulus (Mpa)	E1 Elasticity modulus (Mpa)	Cu Kpa		Resistenza a compressione monoassiale Mpa	γ kN/mc	C' MPa	ϕ^*	Is50 Indice carico puntuale Mpa (POINT LOAD)	K** coefficiente (ISRM)		
1	0.0-1.2	Rilevato stradale costituito da clasti calcarei eterogenei a spigoli vivi	attritivo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	329 m/s	CLASSE E*** (bedrock sismico a 8 mt dal p.c.)	
2b	1.2-9.0	Clasti calcarei rosati e bianchi (Detrito di falda s.l.)	attritivo	Rif. (S2) 2.5 m 63 (S2) 8.5 m	-	19.5*	>38**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
3	9.0-30.0	Basamento litoido fratturato (Scaglie s.l.)	litoido destrutturato	-	-	-	-	-	-	S2C1 10.2-10.5	-	46,75	36,9	-	-	-	-			
										S2C2 12.3-12.6	43,97	25,8	-	2.01 (valore medio)	14	28,14	-			
										S2C3 20.6-20.85	-	39,88	39,8	-	-	-	-			

* Lancellotta

** Meyerhof (1965)

$$\phi = 29.47 + 0.46N_{spt} - 0.004N_{spt}^2 (< 5\% \text{ di limo})$$

*** Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m (da NTC2018)

9 ASPETTI SISMOTETTONICI E PERICOLOSITA' SISMICA

Di seguito viene proposta una sintesi della sismicità dell'area e della pericolosità sismica di sito ai sensi della normativa vigente.

9.1 SISMICITÀ E PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO

Con riferimento alla Delibera della Giunta Regionale, 18 settembre 2012, n.1111 "Aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria", il Comune di Vallo di Nera è classificato come zona sismica di I categoria (O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003).



Figura 23: D.G.R. del 18 settembre 2012, n.1111 "Aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria".

Il valore massimo di a_g , espresso come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare nella zona sismica I (Spoleto) è pari a 0.35g.

Sulla base della DGR n.1111/2012 per il territorio in esame si può considerare un valore di riferimento per Vallo di Nera di 0.247674 a_g .

Il progetto ricade nella zona sismogenetica ZS9 "919-Appennino Umbro". Il valore di Mw massimo atteso è rispettivamente di 6.37, così come tratto dal rapporto redatto dal Gruppo di Lavoro MPS (Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici).

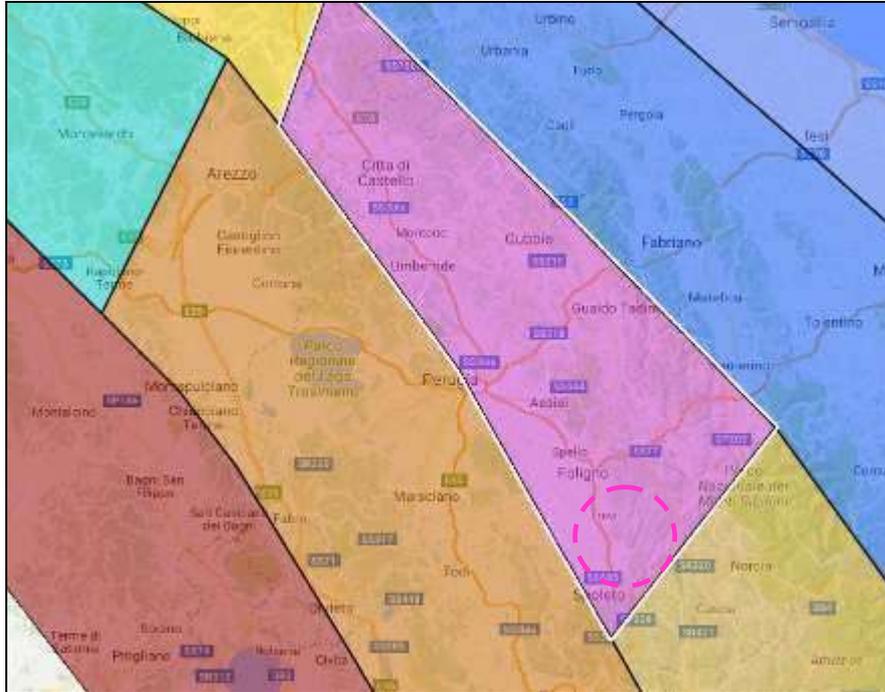


Figura 24: Zone Sismogenetiche ZS9 su base Google Map

Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20.03.03, n.3274)
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
nome ZS	N ZS	DISS2 MwMax	CPTI2 MwMax	CPTI2 MwMax (classe)	CPTI2 completo 04.2	Az1	Mw Max1	Az2	Mw Max2	
Savoia	901		5.79	5.68	5.68	+1(a)	5.91	+2(d)	6.14	
Vallese	902		6.10	6.14	6.14		6.14		6.14	
Grigione-Valtellina	903		5.79	5.68	5.22	+3(u)	5.91	+4(d)	6.14	
Trieste-Monte Nevoso	904		5.71	5.68	5.68		5.68	+2(d)	6.14	
Friuli-Veneto Orientale	905	6.4	6.66	6.60	6.60		6.60		6.60	
Garda-Veronese	906	6.2	6.49	6.60	6.60		6.60		6.60	
Bergamasco	907	5.9	5.67	5.68	5.68	G	5.91	+2(d)	6.14	
Piemonte	908		5.67	5.68	5.68		5.68	+2(d)	6.14	
Alpi Occidentali	909		5.54	5.45	5.45	+1(a)	5.68	+3(d)	6.14	
Nizza-Sanremo	910	6.3	6.29	6.37	6.37		6.37		6.37	
Tortona-Bobbio	911		5.67	5.68	5.68		5.68	+2(d)	6.14	
Dorsale Ferrarese	912	6.2	5.88	5.91	5.91	G	6.14	G	6.14	
Appennino Emiliano-Romagn.	913		5.85	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14	
Forlivese	914		5.97	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14	
Garfagnana-Mugello	915	6.4	6.49	6.60	6.60		6.60		6.60	
Versilia-Chianti	916		5.52	5.45	5.45	+1(c)	5.68	+3(d)	6.14	
Rimini-Ancona	917	6.1	5.94	5.91	5.91	G	6.14	G	6.14	
Medio-Marchigiana/Abruzz	918		6.23	6.14	6.14	+1(a)	6.37	+1(a)	6.37	
Appennino Umbro	919	6.0	6.33	6.37	6.37		6.37		6.37	
Val di Chiana-Ciociara	920		5.57	5.68	5.45	+1(b)	5.68	+3(d)	6.14	
Etruria	921		5.91	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14	
Colli Albani	922		5.53	5.45	5.45		5.45		5.45	
Appennino Abruzzese	923	6.7	6.99	7.06	7.06		7.06		7.06	
Molise-Gargano	924	6.7	6.73	6.83	6.83		6.83		6.83	
Ofanto	925		6.72	6.83	6.83		6.83		6.83	
Basento	926	5.8	5.84	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14	
Sannio-Irpinia-Basilicata	927	6.8	6.96	7.06	7.06		7.06		7.06	
Ischia-Vesuvio	928		5.78	5.68	5.68	+1(a)	5.91	+1(a)	5.91	
Calabria Tirrenica	929	7.0	7.24	7.29	7.29		7.29		7.29	
Calabria Ionica	930	6.0	6.60	6.60	6.60		6.60		6.60	
Canale d'Otranto	931		6.90	6.83	6.83		6.83		6.83	
Eolie-Patti	932	6.1	6.06	6.14	6.14		6.14		6.14	
Sicilia settentrionale	933		5.89	5.91	5.91	+1(c)	6.14	+1(c)	6.14	
Belice	934		6.12	6.14	6.14		6.14		6.14	
Iblei	935		7.41	7.29	7.29		7.29		7.29	
Etna	936		5.30	5.22	5.22	+1(a)	5.45	+1(a)	5.45	

L'analisi del meccanismo di fagliazione prevalente indica, che l'Appennino centrale è caratterizzato dal prevalere di faglie di tipo normale (diretto).

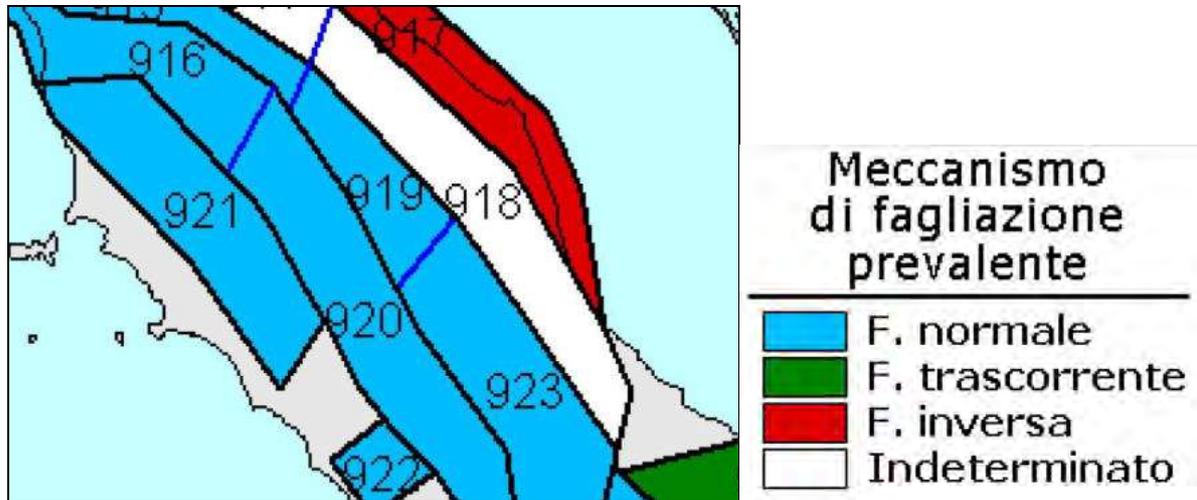
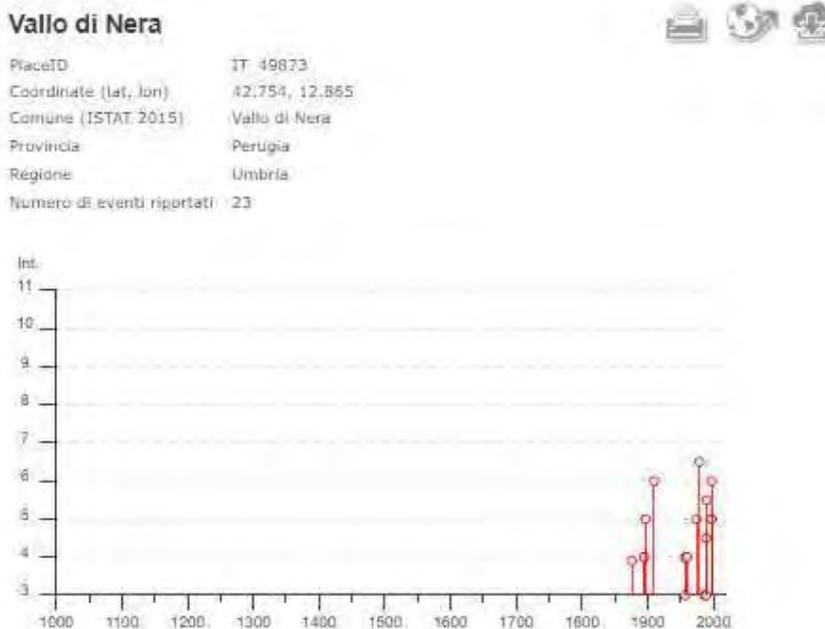


Figura 25: Meccanismi di fagliazione prevalente atteso per le zone sismogenetiche ZS9 (INGV)

TERREMOTI STORICI

Tenendo conto del fatto che il comune di Vallo di Nera ricade in una classe di sismicità più elevata sono stati estratti dal database terremoti dell'Ingv DBMI15 i seguenti eventi¹.



In questo database si evidenzia che il territorio è caratterizzato da terremoti di alta intensità pari a 6-6.5, attorno agli anni 1875-1920 e 1950-1997.

¹ DBMI15 can be used, even partly, but it must be cited as follow:

Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Antonucci A. (2019). Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.3>

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
F	1876	05	22	00	30		Spoletto	14	5-6	4.57
4	1895	05	20	15	32	5	Valle Umbra	27	5-6	4.49
4	1895	08	25	00	17	1	Sellano	13	5	4.25
5	1897	01	19	19	20		Poggiodomo	19	6	4.68
NF	1898	09	12	14	14	1	Valnerina	16	8	5.48
NF	1909	08	25	00	22		Crete Senesi	259	7-8	5.34
NF	1910	03	06	22	22		Monti Reatini	15	4-5	3.93
6	1910	06	29	13	52		Valnerina	58	7	4.93
3	1957	03	12	16	20		Valnerina	62	5	4.16
4	1957	07	19	09	04	0	Valle Umbra	58	6-7	4.58
4	1958	05	08	00	13	2	Valnerina	17	5	4.25
4	1960	03	16	01	52	4	Monti della Laga	81	5	4.44
2	1960	04	23	11	44		Monti Martani	21	6	4.66
5	1974	12	02	01	55	1	Valnerina	27	7-8	4.58
6-7	1979	09	19	21	35	3	Valnerina	694	8-9	5.83
3	1987	07	03	10	21	5	Costa Marchigiana	359	7	5.06
3	1989	11	19	03	40	2	Valnerina	38	5	4.13
4-5	1989	12	22	06	48	1	Valle Umbra	114	5	4.44
5-6	1990	09	12	02	59	4	Valle Umbra	62	5-6	4.12
NF	1994	06	02	17	38	1	Aquilano	106	5	4.21
5	1997	09	26	00	33	1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
5	1997	09	26	09	40	2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
6	1997	10	14	15	23	1	Valnerina	786		5.62

Terremoti INGV² dal 1997 al 06/2022

I terremoti con magnitudo superiore a magnitudo 3 ricadenti nel raggio di 20 km per questo lasso di tempo sono circa 380.

Di seguito si riportano uno stralcio con i dati dei 20 eventi che hanno superato magnitudo 4:

Visualizzati  terremoti (Ordinamento Tempo Decrescente)

Esporta lista (UTC) 

Data e Ora (Italia) 	Magnitudo 	Zona 	Profondità 	Latitudine	Longitudine
2016-10-31 04:27:40	Mw 4.0	4 km S Norcia (PG)	11	42.76	13.09
2016-10-30 13:07:00	Mw 4.5	5 km SE Preci (PG)	10	42.84	13.08
2016-10-30 12:58:17	Mw 4.0	4 km SE Preci (PG)	10	42.84	13.06
2016-10-30 09:35:58	Mw 4.3	5 km N Norcia (PG)	10	42.84	13.08
2016-10-29 18:24:33	Mw 4.1	2 km N Norcia (PG)	11	42.81	13.10
2010-08-28 09:08:03	Mw 4.1	2 km NW Castel Ritaldi (PG)	7	42.83	12.65
2005-12-15 14:28:39	Mw 4.0	2 km E Spoleto (PG)	18	42.74	12.76
1997-12-31 17:02:14	Md 4.0	6 km SW Preci (PG)	5	42.83	13.00
1997-11-09 20:07:32	Md 4.6	3 km SE Preci (PG)	11	42.85	13.06
1997-11-08 16:31:53	Md 4.0	2 km SE Preci (PG)	10	42.86	13.05
1997-10-25 05:08:04	Md 4.0	4 km W Norcia (PG)	5	42.80	13.05
1997-10-16 00:53:09	Md 4.1	6 km NW Preci (PG)	6	42.92	12.99
1997-10-14 17:23:09	MLNET 5.5	4 km NE Sellano (PG)	5	42.91	12.97
1997-10-13 15:09:19	Md 4.0	4 km SW Preci (PG)	4	42.86	13.00
1997-10-13 13:01:44	Md 4.0	1 km E Preci (PG)	4	42.88	13.05
1997-10-12 13:08:35	Md 4.7	3 km NW Preci (PG)	5	42.90	13.01
1997-10-04 20:47:46	Md 4.3	5 km NE Sellano (PG)	5	42.92	12.97
1997-10-04 18:13:31	Md 4.3	5 km NE Sellano (PG)	4	42.92	12.98
1997-10-04 17:07:19	Md 4.1	6 km NE Sellano (PG)	4	42.92	12.98
1997-10-04 08:49:57	Md 4.1	3 km N Sellano (PG)	5	42.91	12.94

I terremoti che si sono verificati nel raggio di 20 km dal 2017 ai nostri giorni con magnitudo più elevate sono relativi all'ottobre del 2017 (epicentro a 4 km da Sellano e a 3 km da Preci).

² I dati e i risultati pubblicati su queste pagine (INGV TERREMOTI) dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia sono distribuiti sotto licenza Creative Commons Attribution 4.0 International License. Il Gruppo di Lavoro ISIDE presso Osservatorio Nazionale Terremoti ha beneficiato del contributo finanziario della Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile.

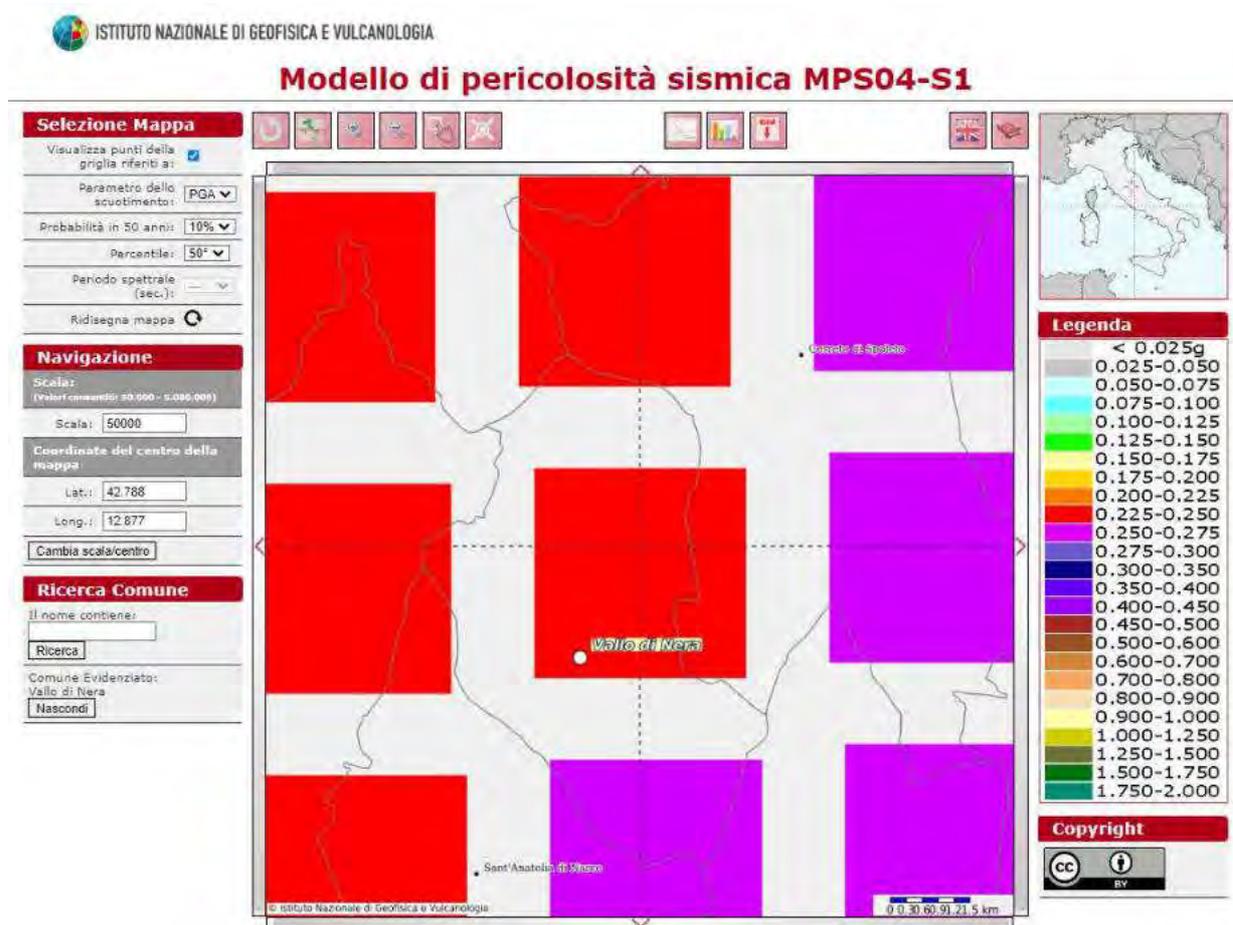
9.2 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

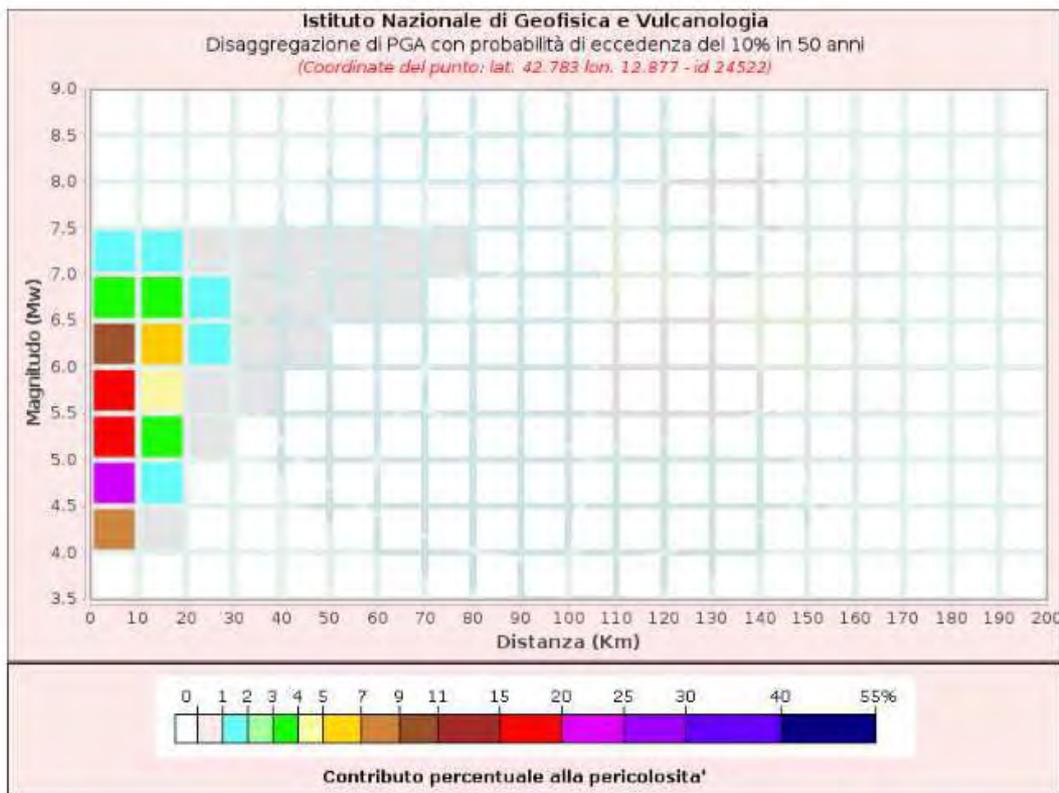
I parametri di pericolosità sismica sono ricavati mediante le consultazioni di banche dati ufficiali (INGV) sia per quanto riguarda i parametri di disaggregazione sia per quanto riguarda la determinazione dello spettro di input (riferito a Categoria di sottosuolo tipo A come da normativa NTC 2018, con parametri progettuali Classe d'uso II, Periodo di ritorno 475 anni, smorzamento 5%).

Di seguito si allegano i report delle seguenti probabilità di scuotimento in 50 anni al 10% associato al limite SLV di normativa.

Le Coordinate geografiche medie sono:

WGS84	Lat 42.787087	Lng 12.876563
ED50	Lat 42.788054	Lng 12.877494





Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
(Coordinate del punto: lat. 42.783 lon. 12.877 - id 24522)

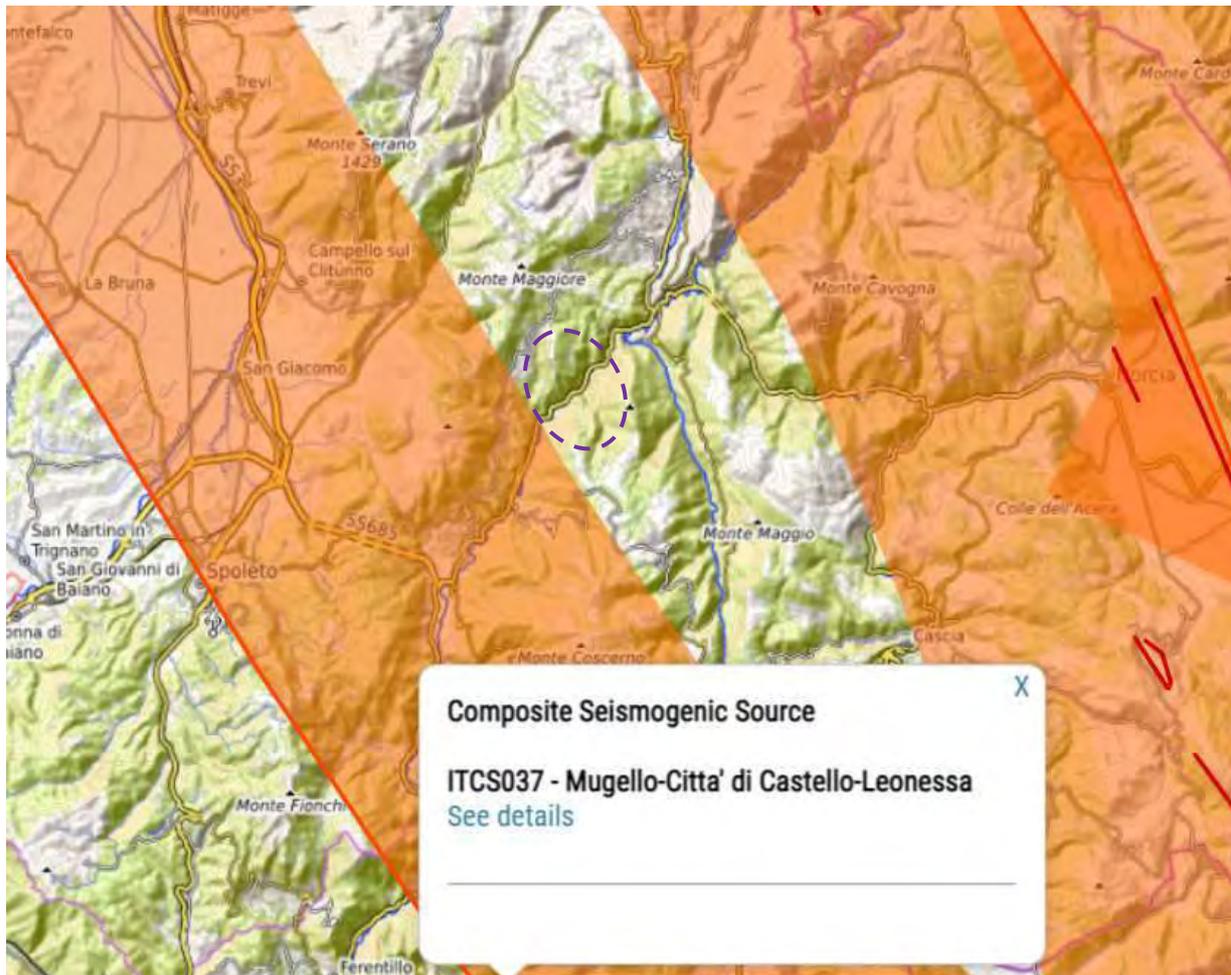
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	7.6200	20.6000	19.3000	15.1000	9.2400	3.1900	1.2800	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.0567	1.0600	3.1100	4.8600	5.1000	3.1400	1.7600	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0300	0.4560	1.0500	1.1200	0.8550	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0060	0.1780	0.3400	0.3340	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0097	0.0697	0.0993	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0107	0.0345	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0104	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0017	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.53	7.46	1.03

L'intervallo Magnitudo di riferimento per questo stato limite è compreso tra 4.0 e 7.5 e la distanza da 0 a 30 km. La magnitudo media è 5.53 Mw.

9.3 BANCA DATI FAGLIE SISMOGENETICHE

Consultando la banca dati ufficiale INGV (<http://diss.rm.ingv.it/diss/>) emerge che i terreni oggetto di studio ricadono in prossimità della sorgente sismogenetica ITCS037 Mugello-Città di Castello Leonessa di cui si riporta un estratto della scheda informativa.



Dati e mappe estratte dalla banca dati INGV (DISS - <http://diss.rm.ingv.it/diss/>).

GENERAL INFORMATION

DISS-ID	ITCS037
Name	Mugello-Citta' di Castello-Leonessa
Compiler(s)	Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Fracassi U.(1)
Contributor(s)	Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Fracassi U.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	08-Jan-2005
Updated	30-Apr-2010
Display map ...	
Related sources	ITIS060 ITIS061 ITIS062 ITIS063 ITIS064 ITIS076 ITIS086 ITIS087

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
Min depth [km]	0.5	EJ	Inferred from regional tectonic considerations.
Max depth [km]	8.0	EJ	Inferred from regional tectonic considerations.
Strike [deg] min... max	280...330	EJ	Inferred from regional geological data.
Dip [deg] min... max	25...40	EJ	Inferred from regional geological data.
Rake [deg] min... max	260...280	EJ	Inferred from regional geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1... 1.0	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.2	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

La struttura è descritta come segue:

“Questa sorgente corre per oltre 200 km lungo la spina dorsale dell'Appennino settentrionale, dalla città di Pistoia (a nord-ovest) verso l'alta valle della Nera R. (a sud-est). Costituisce il nucleo dell'Etrurian Fault System extensional belt Che segna il confine estensionale occidentale dell'Appennino settentrionale. I cataloghi storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano valori di Mw compresi tra: 4,5 <Mw< 5,0, in particolare nei settori nordoccidentale e sudorientale. Inoltre, si sono verificati i principali terremoti dannosi e distruttivi (da nord-ovest a sud-est): 13 giugno 1542 (Mw 5,9, Mugello), 29 giugno 1919 (Mw 6,2, Mugello), 26 aprile 1917 (Mw 5,8, Monterchi-Citerna), 25 dicembre 1352 (Mw 6,0, Monterchi), 26 aprile 1458 (Mw 5,9, Città di Castello), 13 gennaio 1832 (Mw 5,8, Foligno), 15 settembre 1878 (Mw 5,5, Montefalco) e 5 giugno 1767 (Mw 5,4, Spolefino).

9.4 BANCA DATI FAGLIE CAPACI ITHACA

La banca dati faglie sismogenetiche ITHACA (ITaly HAZards from CApable faults) colleziona le informazioni disponibili sulle faglie capaci che interessano il territorio italiano sulla base di una revisione critica della letteratura disponibile. Nel territorio di interesse non sono censite faglie.



Tratto da: ITHACA Working Group (2019). ITHACA (ITaly HAZard from CApable faulting), A database of active capable faults of the Italian territory. Version December 2019. ISPRA Geological Survey of Italy. Web Portal <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Mappatura.aspx>

9.5 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

In riferimento alle NTC2018 al punto 7.11.3.4.2 "Esclusione della verifica a liquefazione" si afferma che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesta almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

La natura del litotipo affiorante e l'assenza di falde (non rinvenute nella campagna geognostica e geofisica realizzata) permettono di escludere la verifica alla liquefazione.

9.6 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE

Di seguito si riporta la cartografia (MOPS) rielaborata partendo dal file .SHP liberamente scaricabile dal sito istituzionale della Regione ed in particolare all'indirizzo internet del sito Umbrigeo:

<http://www.umbrigeo.regione.umbria.it/catalogostazioni/catalogo.aspx>.



Figura 26: Carta di pericolosità sismica sezioni 336030

	<p>1 - Area caratterizzata da movimenti franosi attivi</p> <p>2 - Area caratterizzata da movimenti franosi quiescenti</p> <p>3 - Area potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana</p> <p>4 - Aree con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti pocoaddensati, terreni granulari fini con falda superficiale)</p> <p>6 - Area di fondovalle con depositi alluvionali</p> <p>7 - Area pedemontana di falda di detrito e cono di deiezione</p> <p>9 - Zona dei depositi delle unità sintemiche non diversamente classificate</p> <p>14 - Aree stabili non suscettibili di amplificazioni locali</p>
--	---

La sede stradale ricade lato valle nelle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali ed in particolare nella zona 6, area di fondovalle con depositi alluvionali. Lato monte in aree stabili non suscettibili di amplificazione sismica. A quote più rilevate la presenza di accentuata acclività e di blocchi soggetti a ribaltamenti e crolli è stata censita un'area 3 "Area potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana".

9.7 CARATTERIZZAZIONE SISMICA AREA

Per l'identificazione della categoria di sottosuolo in questa fase si è fatto riferimento alle informazioni derivanti dalla acquisizione delle conoscenze della geologia del sito e dall'indagine geofisica condotta.

Come evidenziato, la campagna di indagine sismica è consistita dell'esecuzione di:

- n. 1 indagine attiva multicanale in foro down-hole (DH) in onde P ed S, denominata "DH1";
- n. 1 indagine passiva a stazione singola con tecnica dei rapporti spettrali "HVSr1", denominata "HV1".

Per la definizione dell'azione sismica si è fatto riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo e condizioni topografiche di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III).

La categoria del sottosuolo si può individuare quindi in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,eq}$ misurata in situ e definita mediante l'equazione 3.2.1.

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [3.2.1]$$

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.

Per la caratterizzazione sismica dei terreni si è fatto riferimento alla prova DH1.

Il calcolo di $V_{s,eq}$ (V_s della coltre sopra il bedrock sismico, considerato H pari ad 8 mt dal p.c.) mostra un valore pari a 329 m/s.

Un valore di V_s inferiore a 360 m/s in presenza di basamento sismico posto a 8 mt dal p.c. indica una classe di sottosuolo E.

Nell'area del sondaggio S1 il bedrock roccioso (in S2 circa coincidente con quello sismico) è risultato essere più superficiale ed in tal senso è possibile che la categoria di sottosuolo possa risultare più simile alla B, ma in via cautelativa la categoria di sottosuolo da considerare può essere la E.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi 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 equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
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.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina 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 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

La categoria topografica è legata alla configurazione del piano campagna ed è determinabile attraverso la Tabella 3.2.III delle NTC2018.

Le scarpate a monte della galleria presentano pendenze molto elevate, a tratti subverticali. Il pendio presenta un'inclinazione media $>30^\circ$ ed un rilievo con area di cresta piuttosto ampia rispetto alla base, pertanto si ritiene che la categoria topografica di riferimento sia la T2.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

I valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica sono presentati nella Tabella 3.2.V delle NTC2018.

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

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

Il coefficiente massimo di amplificazione topografica per la categoria T2 S_T è pari a 1.2.

In sintesi:

Categoria topografica	Descrizione	Valore massimo coefficiente S_T
T2	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $>30^\circ$	1.2

Si deve evidenziare che il massimo valore del coefficiente si ravvisa nella parte sommitale, mentre l'area della galleria è prossima al fondo valle di riferimento e che pertanto il valore da utilizzare può essere ragionevolmente < 1.2 .

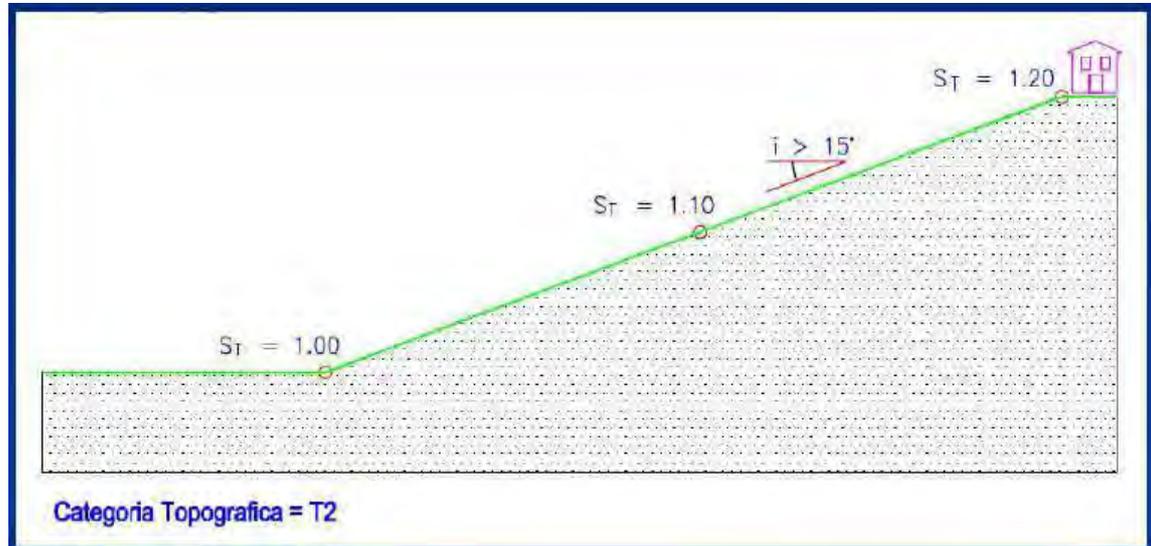


Figura 27: tratto da "La Geofisica nella professione del geologo" (corso di formazione, Ordine dei Geologi della Regione Umbria)

10 CONCLUSIONI

Il tratto di viabilità interessato dall'intervento è la galleria parietale della SP209 "3 valli Umbre" in località Piedipaterno.

L'area di interesse presenta un assetto geo-litologico caratterizzato dall'affioramento di basamento litoide sui versanti e mentre nelle zone di fondovalle sono presenti coltri detritiche o alluvionali.

I due sondaggi S1 e S2, realizzati lato valle della sede stradale in direzione Borgo Cerreto (all'inizio e alla fine della galleria parietale) evidenziano la presenza di un orizzonte di riporto (più esiguo in S1 rispetto a S2) posto a copertura di una coltre poggiante sul bedrock. Lo spessore di tale coltre in S1 è di circa 4 mt, in S2 circa 9 mt. Oltre allo spessore sembrano decisamente differenti le litologie di questo deposito tra i due sondaggi: in S1 prevale un limo debolmente sabbioso-argilloso, mentre in S2 il più potente spessore è costituito da materiali più grossolani, riconducibili a detrito di falda.

Il bedrock è rappresentato dalla formazione della Scaglia Rossa.

Ai sensi di quanto prescritto dal Regio Decreto n°3267 del 1923 in tema di Vincolo Idrogeologico, si rileva quanto segue:

- la sede stradale ricade in un'area esclusa da Vincolo Idrogeologico;
- il versante a monte ricade in una zona assoggettata a Vincolo Idrogeologico.

Il versante roccioso nel tratto di interesse è stato oggetto di interventi di protezione quali reti e barriere paramassi per il contenimento dei blocchi in precarie condizioni di equilibrio lungo il versante. La stessa galleria parietale, oggetto di demolizione e ricostruzione è un'opera volta a mettere in sicurezza la sede stradale.

La pericolosità dell'area posta a monte della galleria è censita come elevata P3 così come risulta dagli studi del PAI. L'intervento è da ritenersi compatibile poiché volto a mitigare il rischio.

L'analisi effettuata sul versante mostra come sia la porzione più elevata dello sperone sovrastante la galleria a presentare i maggiori problemi di stabilità. Su tale porzione sono presenti degli interventi con reti, che non appaiono chiodate. Sulla parte bassa del versante, sono presenti reti chiodate combinate a minori condizioni di instabilità.

La messa in sicurezza della futura galleria deve quindi prevedere un miglioramento dei sistemi di protezione attiva e passiva. Si reputa opportuno valutare anche un allungamento della nuova galleria artificiale, in entrambe le direzioni, rispetto a quella esistente. E' necessario garantire durante e a fine lavori le condizioni di sicurezza lungo la strada.

In considerazione di questo si dovrà evitare di modificare, laddove non strettamente necessario, l'equilibrio del versante con la rimozione della vegetazione, e la sagomatura e/o con tagli di scarpate che ne interrompono la continuità. Questo per evitare che si verifichino fenomeni di rilascio e/o la riattivazione del dissesto. Le acque di ruscellamento raccolte dalle scoline stradali vanno opportunamente incanalate e convogliate.