



CONSULENZA GEOLOGICA - INDAGINI GEOGNOSTICHE
MONITORAGGIO AMBIENTALE - DIAGNOSTICA STRUTTURALE

Via Arcangeli n° 6 – 98031 Capizzi (ME) – Cell. 339/8637188 – E-mail: geo_service@inwind.it

PROVINCIA DI BENEVENTO

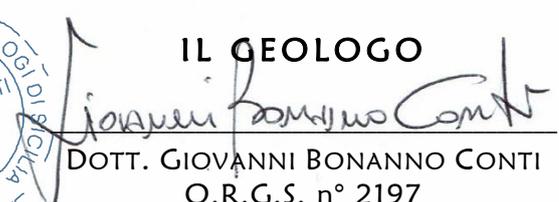
LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DEL MOVIMENTO
FRANOSO E DI RIPRISTINO DEL PIANO VIARIO DELLA
S.P. N° 60 NELLA LOCALITÀ “SANT’ANDREA” DEL
COMUNE DI SAN GIORGIO LA MOLARA

RELAZIONE GEOLOGICA

COMMITTENTE
PROVINCIA DI BENEVENTO

DATA
01/02/2020



IL GEOLOGO

DOTT. GIOVANNI BONANNO CONTI
O.R.G.S. n° 2197

I N D I C E

1.0	PREMESSE	PAG. 2
2.0	LINEAMENTI GEOLOGICI E CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE	PAG. 4
3.0	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGIA	PAG. 9
4.0	IDROGRAFIA E CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	PAG. 13
5.0	SISMICITÀ E CARATTERIZZAZIONE GEOFISICA DEL SUBSTRATO	PAG. 16
6.0	INDAGINI GEOGNOSTICHE E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	PAG. 25
7.0	CONCLUSIONI	PAG. 28

A L L E G A T I

— INDAGINI GEOGNOSTICHE E PROVE DI LABORATORIO

1.0 PREMESSE

Su incarico conferito dall'Amministrazione Provinciale di Benevento con Determinazione Dirigenziale n° 2314 del 09/10/2019 del "Settore Tecnico - Servizio Viabilità 2" è stata redatta la presente relazione geologico-technica e sismica a corredo del progetto per i «Lavori di messa in sicurezza del movimento franoso e di ripristino del piano viario della S.P. n° 60 nella località "Sant'Andrea" del Comune di San Giorgio La Molara».



Lo studio di che trattasi è stato effettuato per valutare le caratteristiche idrogeologiche e geomorfologiche locali nonché per accertare la stratigrafia e la natura geolitologica dei terreni affioranti nel tratto di strada interessato dall'intervento di messa in sicurezza allo scopo di definire le principali proprietà geofisiche ed i più importanti parametri geotecnici del substrato al fine di fornire al progettista i dati utili per la scelta della soluzione progettuale più idonea e per il calcolo ed il dimensionamento dell'opera da realizzare.

Il presente lavoro è stato condotto attraverso:

- ✓ l'analisi della documentazione geologica esistente e dei precedenti studi geologici riguardanti la stessa area e le medesime litologie;
- ✓ il rilevamento geologico di superficie, esteso ad un intorno significativo dell'area di progetto e supportato dalla visione diretta dei terreni affioranti in corrispondenza di spaccati naturali e/o sbancamenti artificiali presenti nelle immediate vicinanze;
- ✓ la raccolta delle informazioni acquisite con la campagna di indagini geognostiche

effettuata, consistente nell'esecuzione di:

- un sondaggio geognostico a carotaggio continuo per definire le caratteristiche litostratigrafiche locali, spinto fino alla profondità di 18.00 m dal piano di campagna;
- prelievo di n° 3 campioni indisturbati successivamente sottoposti ad analisi e prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisiche e dei parametri geotecnici;
- una prova sismica attiva MASW per determinare la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ e, quindi, la categoria di suolo di fondazione;
- una prova sismica passiva HVSR per definire la frequenza fondamentale di risonanza del sito.

Dall'elaborazione dei dati in possesso dello scrivente, è stato possibile fornire, per quanto di specifica competenza, le seguenti informazioni:

- inquadramento dell'area in un preciso contesto geologico-strutturale e definizione dello stato di affioramento, del grado d'alterazione e delle caratteristiche litologiche e stratigrafiche della successione affiorante;
- descrizione della zona dal punto di vista geomorfologico con l'identificazione dei dislivelli e di quant'altro caratterizzante l'assetto superficiale;
- illustrazione delle caratteristiche idrogeologiche dei terreni affioranti e descrizione dello schema di circolazione idrica superficiale del contesto territoriale;
- definizione delle principali caratteristiche fisiche e dei più importanti parametri geofisici e geotecnici del sedime di fondazione.

Il presente studio è stato eseguito in ottemperanza alla legislazione di cui al D.M. LL.PP. 11/03/88 *“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”* nonché alla vigente normativa sismica ed alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018, approvate con D.M. del 17/01/2018.

2.0 LINEAMENTI GEOLOGICI E CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE

L'area oggetto del presente studio ricade nella zona nord-orientale della Provincia di Benevento e, dal punto di vista geologico-strutturale, si colloca nella parte centrale della catena dell'Appennino Meridionale che si estende dal sud dell'Abruzzo sino alle catene montuose della Sicilia e delle Maghrebidi alle quali è collegata attraverso il segmento dell'Arco Calabro-Peloritano.



Fig. 1 - Carta geologica schematica dell'Appennino meridionale con ubicazione dell'area studiata. Legenda: 1) Depositi pliocenici e quaternari; 2) Depositi sinorogenici miocenici; 3) Unità Sicilide e Liguride; 4) Unità della piattaforma carbonatica sud-appenninica; 5) Unità del Bacino Lagonegrese-Molisano; 6) Unità Apula; 7) Edifici vulcanici; 8) Limite ipogeo della catena.

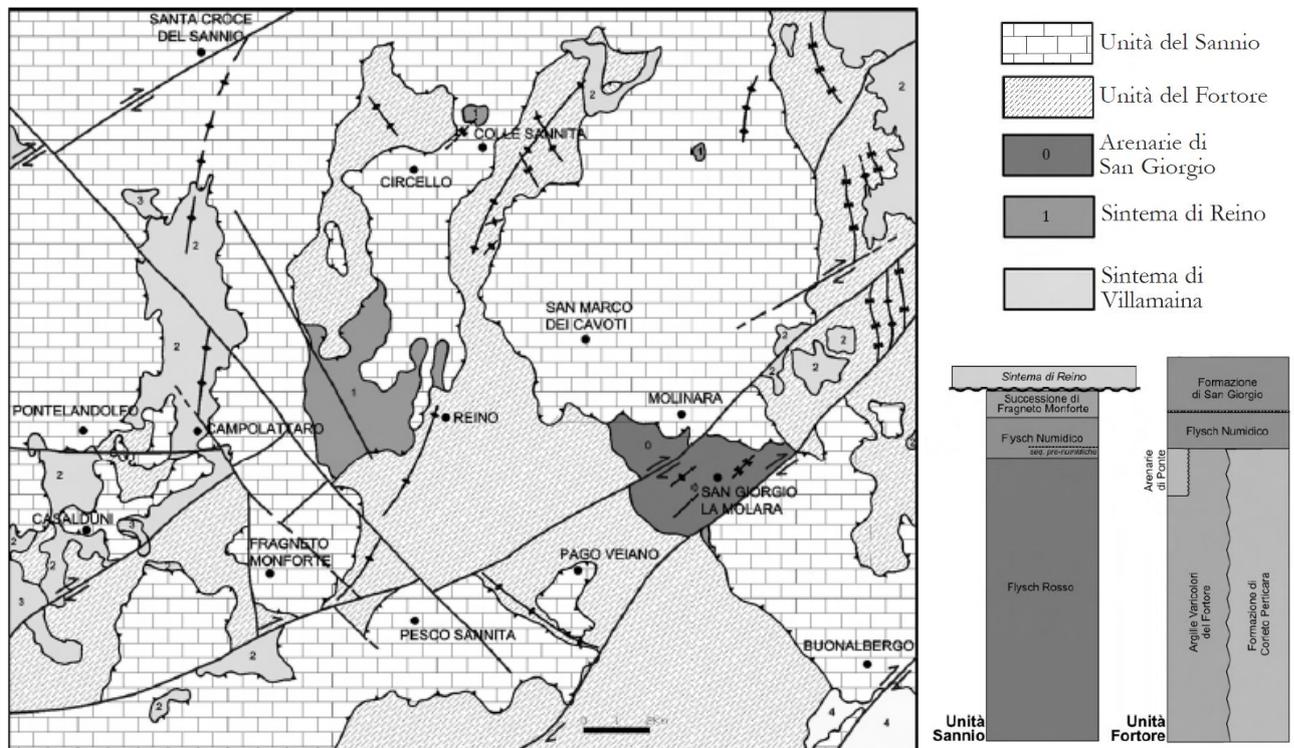
In particolare il sito di progetto si colloca nel settore centrale dei Monti del Sannio, nel segmento molisano-sannitico dell'Appennino meridionale e rientra nel dominio geologico del Bacino Lagonegrese-Molisano, che si estende dall'alto Molise fino all'estremità sud della Basilicata.

All'interno del bacino affiorano quattro unità tettoniche, derivanti dalla deformazione e dalla strutturazione di coperture sedimentarie bacinali pelagiche di età mesocenoica, che sono disposte al margine della catena e possono essere distinte, da occidente verso le aree esterne, in: Unità del Sannio (Unità di Frigento p. p.), Unità del Fortore, Unità Dauna e Unità del Vallone del Toro.

Su di esse poggiano in discordanza depositi sinorogenici, prevalentemente silico-clastici,

di età compresa tra il Serravalliano ed il Messiniano e successioni plioceniche, che risultano arealmente meno diffuse.

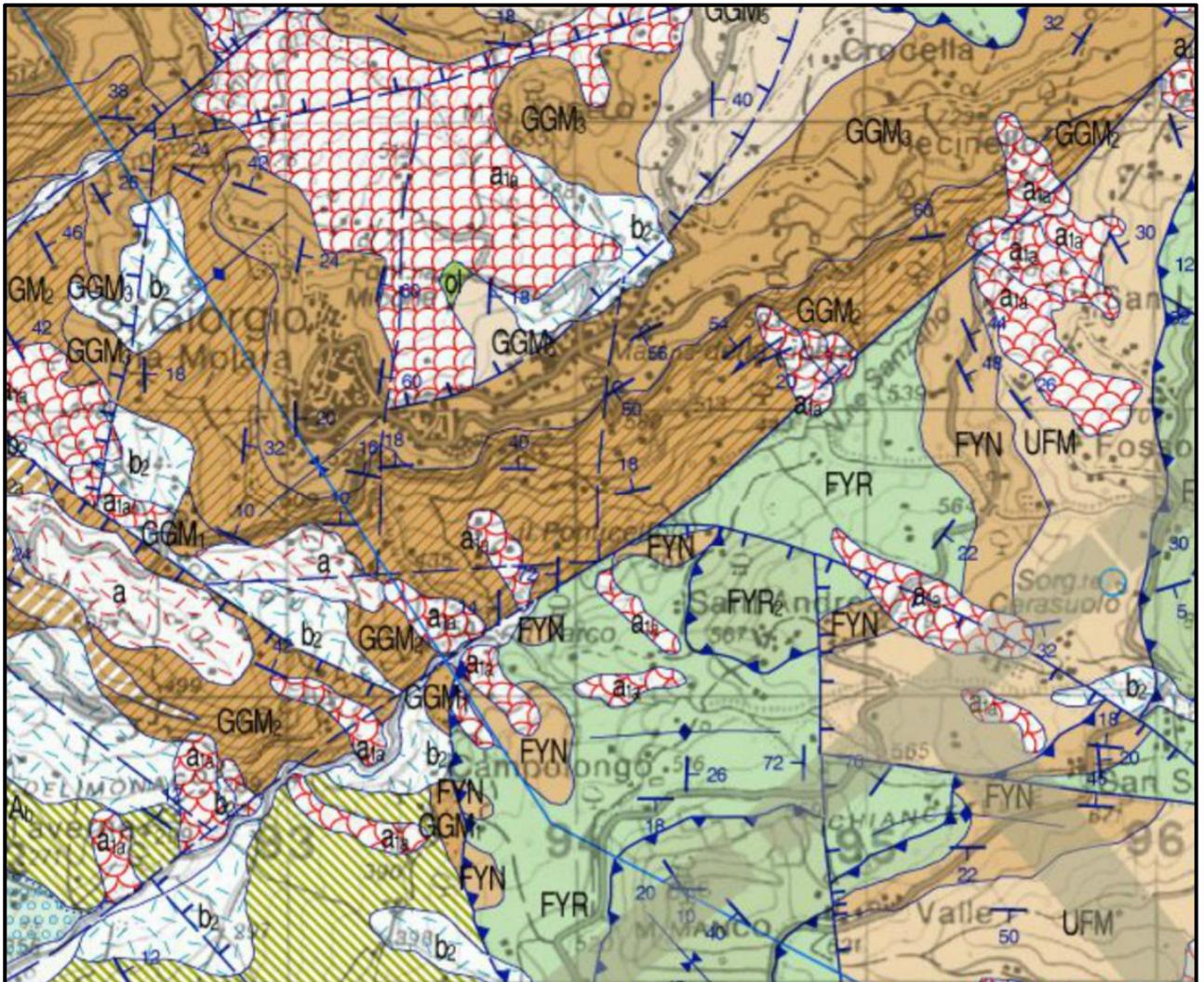
I terreni affioranti nel territorio di San Giorgio La Molara sono ascrivibili all'**Unità del Sannio** che è considerata la porzione superiore dell'Unità di Frigento, riferibile al margine settentrionale interno del bacino lagonegrese–molisano, e all'**Unità del Fortore**, formata da unità litostratigrafiche di bacino pelagico meso–cenozoico riferita al settore assiale del bacino lagonegrese–molisano che nel Miocene medio è stato sottoposto ad una fase di passaggio da dominio di avampaese ad un settore di avanfossa subsidente. (Centamore et alii, 1970, 1971; Pescatore & Tramutoli, 1980; Dazzaro et alii, 1988; Pescatore et alii, 1996a, 2000; Di Nocera et alii, 2002, 2006;)



Nel dettaglio, l'Unità del Sannio, è formata, dal basso verso l'alto, dalle formazioni del *Flysich Rosso*, dal *Flysich Numidico* e da una successione arenacea post–numidica, denominata *Successione di Fragneto Monforte* mentre l'Unità del Fortore si compone, dal basso verso l'alto, dalle *Argille Varicolori del Fortore*, dalla *Formazione di Corleto Perticara*, dalle *Arenarie di Ponte*, dal *Flysich Numidico* e dalla *Formazione di San Giorgio* che, affiora diffusamente nel centro abitato dell'omonimo paese ed è considerata in continuità stratigrafica sui termini superiori dell'Unità del Fortore.

Per quanto riguarda le caratteristiche geolitologiche e stratigrafiche della ristretta area di progetto, dalle risultanze del rilevamento geologico di superficie e dai dati acquisiti con le

indagini geognostiche effettuate nonché dall'esame del Foglio 419 "San Giorgio La Molara" della Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000, di cui si riporta sotto uno stralcio, si evince che il substrato affiorante è riconducibile alla formazione del *Flysch Numidico* e risulta costituito da prevalenti sabbie addensate ed arenarie in strati e banchi con intercalazioni di argille siltose e marnose.



formazione di Fragneto Monforte



UFM

Arenarie quarzose e quarzolitiche-feldspatiche in strati e banchi massivi, e quarzosilti argille ed argille marnoso-siltose. Limite inferiore graduale e concordante su FYN. Depositi bacinali terrigeni da flussi torbiditici distali ed emipelagiti. Associazioni a nannoplancton della zona MNN5c alla base della formazione e della zona MNN6b nella parte superiore; associazioni a foraminiferi dalla zona MMI5a alla zona MMI8. Spessore circa 150 m.

LANGHLANO SUPERIORE p.p. – SERRAVALLIANO p.p.

flysch numidico



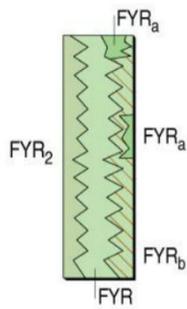
FYN

FYN_c

Quarareniti in strati e banchi, sottili intercalazioni di argille siltose e marnose; verso l'alto intercalazioni di strati sottili di arenarie quarzo-feldspatiche. Microconglomerati granulari quarzosi in banchi con dishes ed altre strutture da fluidificazione, in corpi sedimentari canalizzati. Limite inferiore concordante e graduale su FYR. Alla base localmente è presente una litofacies calcarea (FYN_c), spesso fino a 50 - 100 m, costituita da alternanze di quarzoareniti, calcareniti con clasti di quarzo, argille siltose e marnose, calcareniti e brecciole calcaree con frammenti di lamellibranchi, peliti. Depositi bacinali terrigeni da flussi gravitativi ed emipelagiti. Associazioni a nannoplancton della zona MNN4a alla base ed associazioni a foraminiferi della zona MMI5a. Spessore circa 250 m.

BURDIGALLIANO SUPERIORE – LANGHLANO SUPERIORE p.p.

Flysch Rosso



Calcareniti gradate con alveolinae, nummuliti e orbitoidi; calcilutiti in strati sottili e medi; calcari cristallini; interstrati di marne argillose ed argilliti rossastre e grigiastre. La formazione presenta due litofacies e un membro calcareo (FYR₂). La litofacies calcareo-clastica (FYR_a) è formata da calciruditi ad alveoline e nummuliti, calcareniti laminate e gradate, calcilutiti e calcari marnosi e subordinate marne calcaree, argille marnose e argilliti, con associazioni a nannoplancton dell'Eocene. La litofacies pelitica (FYR_b) è formata da argille marnose e siltose, argilliti, con stratificazione interna piano-parallela o ondulata; calcilutiti laminate, marne e marne calcaree in strati sottili. Limite inferiore non esposto; passaggio verso l'alto a FYN. Successioni di bacino e base scarpata. Associazioni a nannoplancton del Paleocene superiore (Eocene inferiore ?), della zona MNP25b e fino alla zona MNN4a. Spessore di almeno 500 m.

CRETACICO SUPERIORE – MIOCENE INFERIORE (dati di letteratura)

membro calcareo

Calciruditi ricristallizzate, in strati e banchi massivi, brecciole calcaree e calcareniti con alveolinae, nummuliti, lepidocicline e orbitoidi; calcari cristallini, stratificazione irregolare; calcareniti gradate, calcilutiti e sottili livelli di marne e marne argillose. Il membro è eteropico al resto della formazione con le sue litofacies; la base non è esposta. Successioni di base scarpata – bacino di natura prevalentemente torbiditica. Associazioni a nannoplancton del Cretacico superiore (Campaniano superiore - Maastrichtiano) e dell'Eocene, passanti ad associazioni delle zone NP24, MNP25b, MNN1d e fino alla zona MNN4a. Spessore 200 - 300 m.

CRETACICO SUPERIORE – BURDIGALIANO SUPERIORE

formazione di San Giorgio

Successioni arenaceo-calcareo-pelitiche, suddivise in cinque membri, parzialmente eteropici. Areniti a composizione quarzo-feldspatica (Qm_{55±5} F_{34±5} Lt_{11±3}). L'unità poggia con un contatto stratigrafico graduale su CPA ed è alla base eteropica a FYN. Depositi bacinali di avanfossa, torbiditici, silico-clastici e calci-clastici ed emipelagiti. Microassociazioni comprese tra il Burdigaliano ed il Tortoniano. Spessore circa 550 m.

BURDIGALIANO SUPERIORE - TORTONIANO MEDIO

membro arenaceo-calcareo-pelitico (GGM₅)

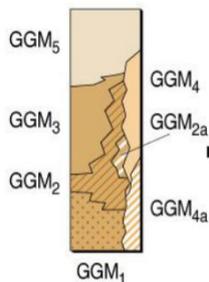
Areniti micacee e litiche, siltiti, arenarie calcaree, calcari marnosi in strati sottili, argilliti e marne argillose. Poggia con contatto parzialmente eteropico sul membro GGM₃. Ambiente di conoide distale. Associazioni a nannoplancton della zona MNN8a, della zona MNN9 e della zona a *Minylitha convallis*; associazioni a foraminiferi della zona MMI5b e della zona MMI8. Spessore 70 - 100 m.

SERRAVALLIANO SUPERIORE - TORTONIANO MEDIO

membro pelitico-calcareo-arenaceo di Omo Morto (GGM₄)

Argille marnose e marne con livelli di bio-calciruditi e bio-calcareniti con rodoliti e con frammenti di lamellibranchi, ostreidi, pecten, coralli, alghe; calcilutiti e calcari marnosi, calcareniti ibride, areniti quarzo-litiche. Nella parte inferiore del membro si riconosce una litofacies pelitico-calcareo (GGM_{4a}), formata da argille e argille siltose con strati di calcilutiti e da alternanze di argilliti, marne paesiniformi; banchi di calcari marnosi. Limite inferiore concordante su CPA. Ambiente di scarpata – bacino e di scarpata prossimale. Associazioni a nannoplancton della zona MNN6b e della zona MNN8b; associazioni a foraminiferi della zona MMI5 e della zona MMI8. Spessore totale circa 200 m.

BURDIGALIANO SUPERIORE ? - TORTONIANO INFERIORE



membro arenaceo-conglomeratico (GGM₃)

Arenarie da quarzo-feldspatiche a quarzo-litiche, microconglomerati granulari arenarie ciottolose a stratificazione indistinta con strutture da fluidificazione. Nella parte alta del membro banchi e strati di calcareniti bioclastiche e brecciole calcaree, olistoliti carbonatici ed un intervallo prevalentemente pelitico-calcareo in assetto caotico. Poggia sul membro GGM₂ con passaggio graduale e parzialmente eteropico. Ambiente riferibile ad un sistema di canali di conoide alimentati da flussi granulari e flussi torbiditici di alta densità. Spessore circa 140 m.

SERRAVALLIANO (per posizione stratigrafica)

membro arenaceo-pelitico (GGM₂)

Areniti con intervalli di Bouma T_{bc} e sottili interstrati pelitici; arenarie e microconglomerati, amalgamati, massivi o con laminazione a grossa scala. Nella parte inferiore si riconosce una litofacies calcareo-bioclastica (GGM_{2a}), potente circa 50 m, formata da paraconglomerati a stratificazione indistinta intercalati a sottili livelli di argille siltose; i ciottoli, immersi in matrice arenaceo-siltosa sono composti da noduli algali (rodoliti) e gusci di molluschi (pettinidi). Il membro poggia su GGM₁ con passaggio graduale e parzialmente eteropico. Depositi torbiditici e flussi granulari di conoide interna ed emipelagiti. Associazioni a nannoplancton della zona MNN6b ed associazioni a foraminiferi della zona MMI5a. Spessore 180 m.

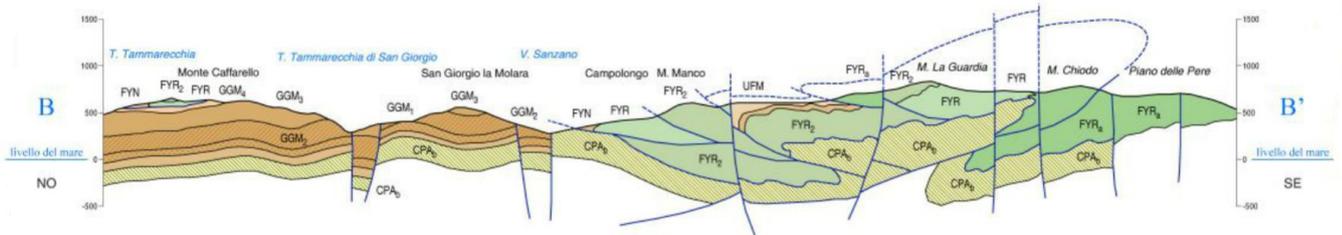
LANGHIANO SUPERIORE - SERRAVALLIANO

membro arenaceo-calcareo-marnoso (GGM₁)

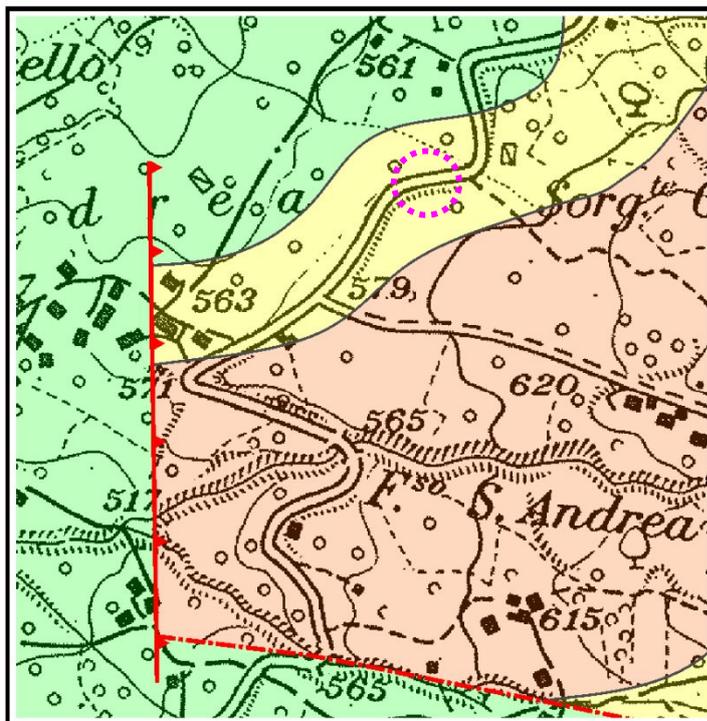
Arenarie quarzo-feldspatiche e quarzose a grana media e fine, e subordinati microconglomerati granulari in strati e banchi amalgamati, con intercalazioni di calcareniti, calcari marnosi e marne. Alla base intercalazioni di strati di quarzoareniti di tipo numidico. Poggia in continuità su FYN, con passaggio parzialmente eteropico, e su CPA e CPA_b. Depositi torbiditici di conoide sottomarina ed emipelagiti. Associazioni a nannoplancton della zona MNN4a ed associazioni a foraminiferi della zona MMI5a. Spessore circa 60 - 100 m.

BURDIGALIANO SUPERIORE - LANGHIANO SUPERIORE

Il Flysch Numidico è una successione arenaceo-pelitica di età riferibile al *Burdigaliano superiore* – *Langhiano inferiore*, che si rinviene in continuità di sedimentazione sul Flysch Rosso con spessori massimi di circa 250 m e si presenta sotto forma di depositi torbiditici, organizzati in strati lapidei e lenti sabbiose, spesso di consistenza litoide, alternati a marne ed argille.



La predetta formazione, nella ristretta area di progetto, risulta costituita, nella parte più superficiale, entro i primi 10 m dal piano di campagna, da sabbie mediamente addensate di colore avana con venature giallo ocre e grigio-verdastre contenenti diffuse intercalazioni di strati arenacei litoide mentre, nei livelli sottostanti, da argille limoso-sabbiose a tratti siltose di colore grigiastro e mediamente consistenti con ciottoli arenacei grigi, eterometrici ed a spigoli vivi e sub-arrotondati.



**CARTA GEOLOGICA
SCALA 1:10.000**

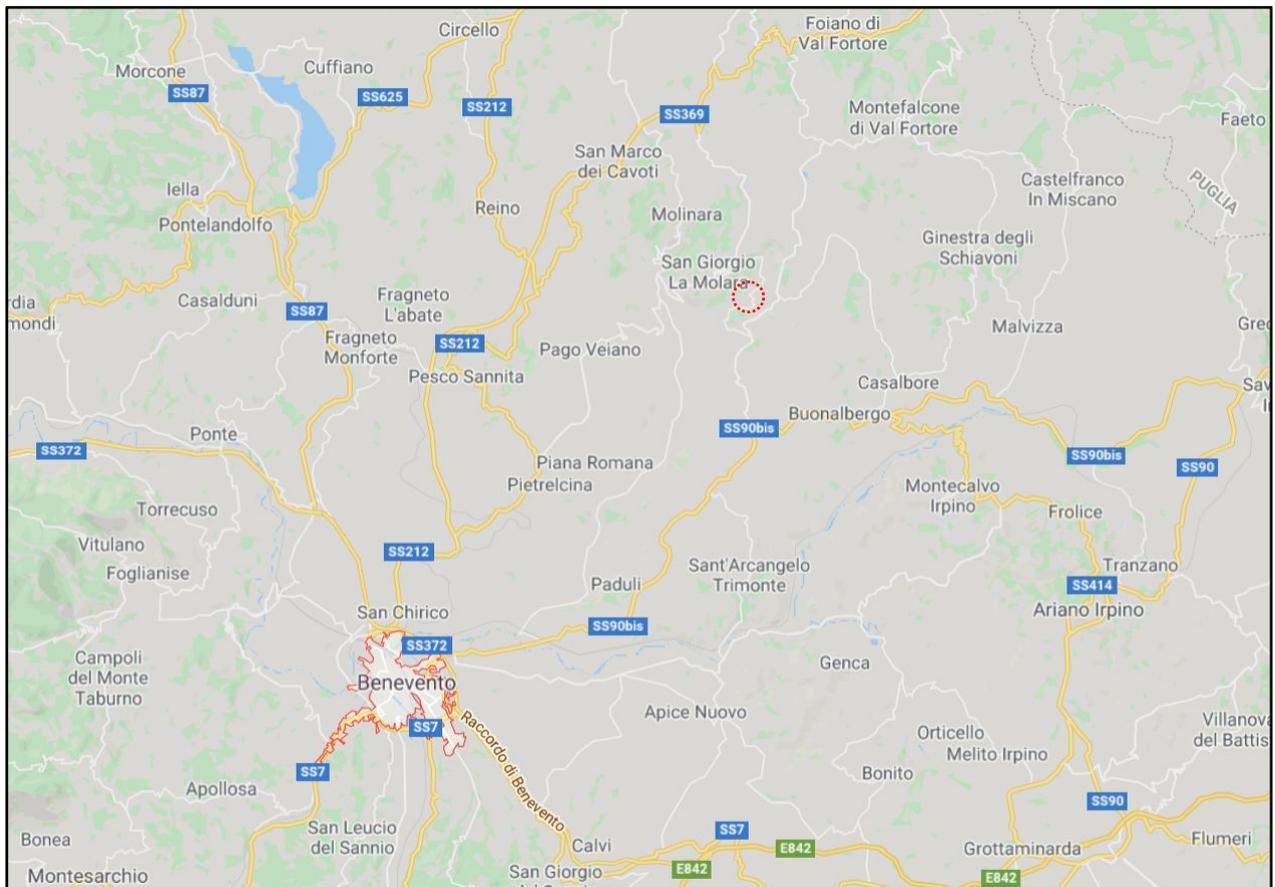
-  FORMAZIONE DI FRAGNETO MONFORTE
(Langhiano sup. – Serravallinano)
-  FLYSCH NUMIDICO
(Burdigaliano sup. – Langhiano sup.)
-  FLYSCH ROSSO
(Cretacico sup. – Burdigaliano sup.)
-  FAGLIA DIRETTA
-  FAGLIA
-  CONTATTO STRATIGRAFICO



3.0 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGIA

L'area oggetto del presente studio è ubicata nel territorio del Comune di San Giorgio La Molara, nel settore N-E della Regione Campania, nella zona centro-orientale della Provincia di Benevento, ad una ventina di Km dal confine con la Provincia di Campobasso, nella Regione Molise, sita a Nord, ed a poco meno di 15 Km in direzione Est dal confine con la Provincia di Foggia, nella Regione Puglia.

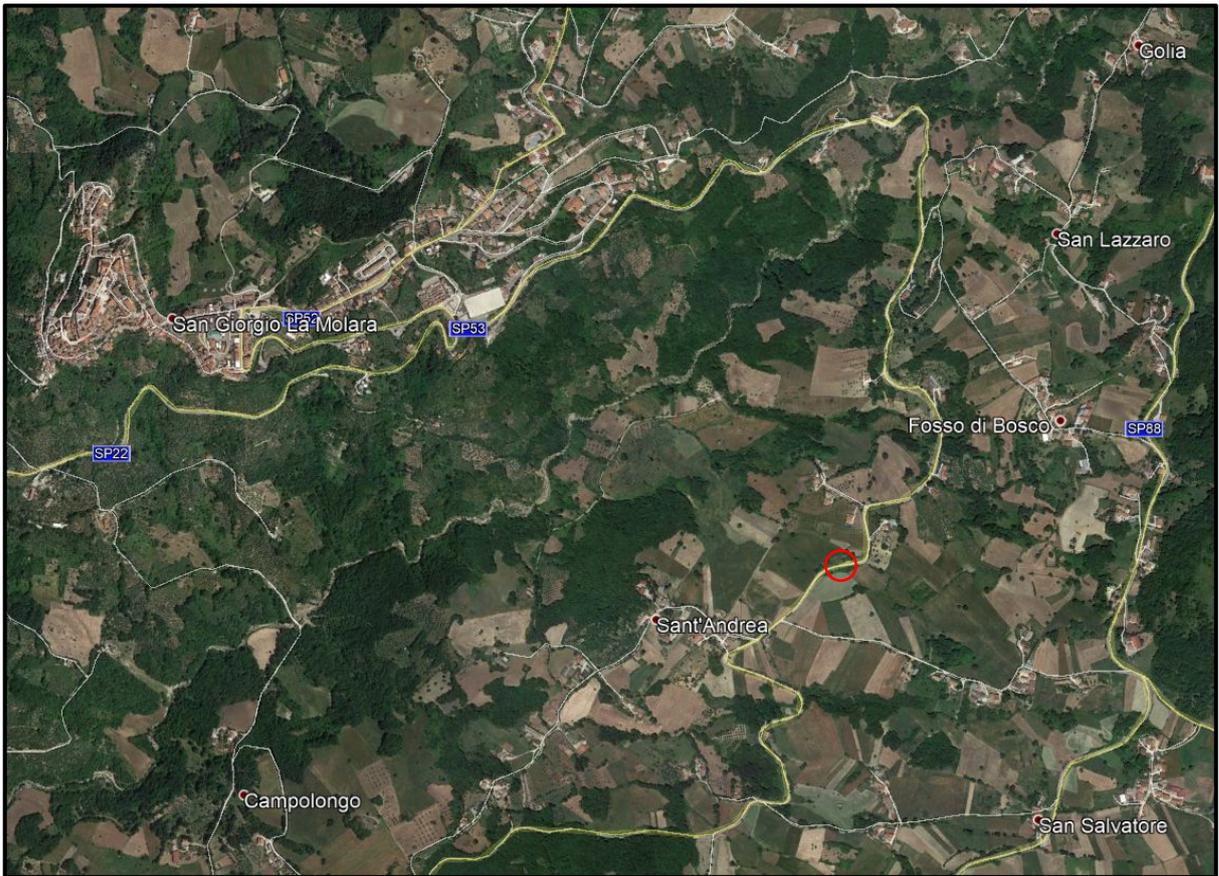
Il Comune di San Giorgio La Molara dista circa 30 Km dal Capoluogo di Provincia e sorge su un rilievo collinare alla sinistra idraulica del Fiume Tammaro.



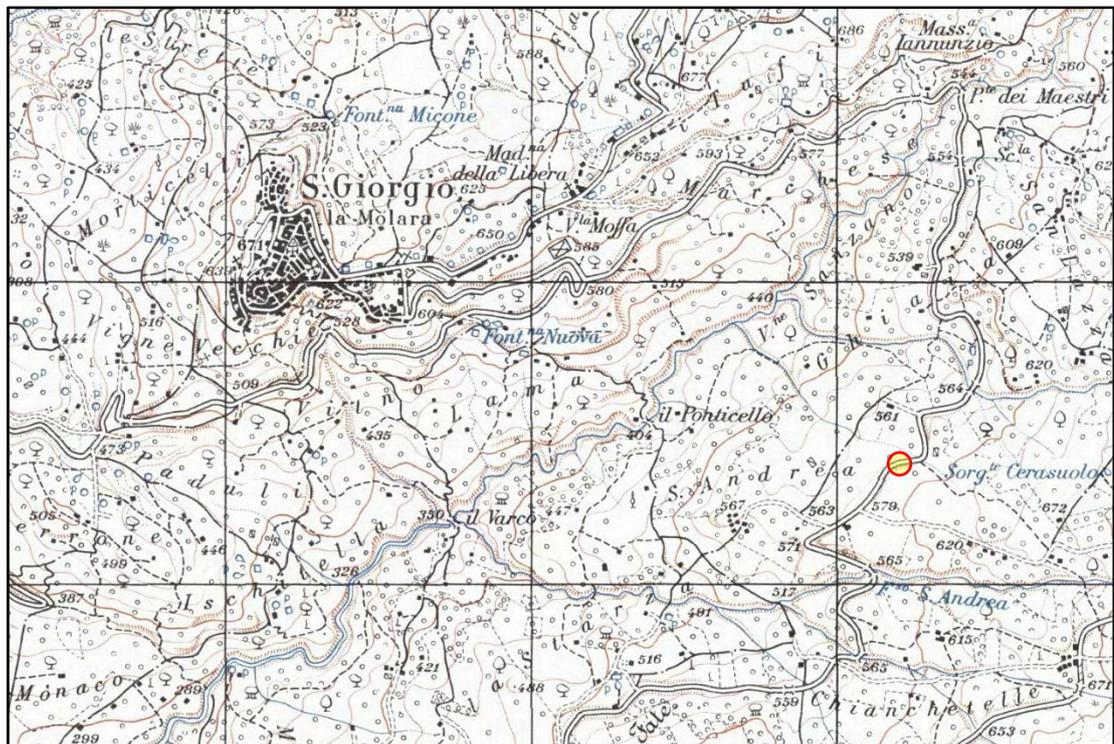
L'intervento da realizzare ricade nella località "Sant'Andrea" del Comune di San Giorgio La Molara, circa 1.500 m ad E-S-E in linea d'aria dal centro abitato, lungo la S.P. 60 (ex S.P. 53) che rappresenta una viabilità di notevole importanza logistica in quanto oltre a permettere di raggiungere molte contrade sud-orientali del Comune sannita, collega la S.S. 369 a Nord con la S.S. 90bis a Sud.

Le coordinate geografiche del sito di progetto, ricavate da Google Earth, e la relativa ubicazione risultano essere così definite:

LAT. 41°15'55.54"N	LONG. 14°56'31.47"E
--------------------	---------------------



Dal punto di vista cartografico, il sito di progetto ricade nel Foglio 173 – Quadrante I – Orientamento N.E. (SAN GIORGIO LA MOLARA) della Carta d'Italia I.G.M. a scala 1:25.000



Il tratto di viabilità interessato dall'intervento si colloca ad una quota di circa 570 m s.l.m.

nella parte mediana del versante esposto a N-W che da Serra Ciclopa (802 m) degrada verso il Vallone Sanzano, in una zona prettamente agricola caratterizzata da tipiche forme collinari, con sommità a debole curvatura ed ampie zone peneplanate, talvolta interrotte da sporadiche guglie litoidi ed isolati rilievi rocciosi che emergono dalla morfologia circostante con pareti quasi verticali.

La morfologia è notevolmente condizionata sia dalle interazioni tra gli elementi endogeni (*tettonica, natura litologica dei terreni, rapporti geometrici tra i versanti e le giaciture dei corpi litologici, ecc...*) che dai fattori naturali agenti dall'esterno (*clima, venti, piogge, temperatura, ecc...*), i quali nel tempo hanno prodotto un'intensa azione erosiva e modellatrice conferendo all'ambiente una fisionomia variabile e priva di significativa continuità.

Infatti, nelle aree in cui prevalgono le litologie più compatte, a causa della loro ridotta erodibilità, il pendio assume toni più bruschi ed accidentati con rilievi caratterizzati da forme più aspre e scoscese, talora a pareti molto inclinate e/o sub-verticali, frequenti rotture di pendenza e con un eterogeneo sviluppo di dossi e scarpate.

Le condizioni di stabilità di questi terreni, generalmente, sono influenzati dall'intensa tettonizzazione, dall'acclività dei versanti, dalla giacitura degli strati e dalle acque d'infiltrazione che agendo lungo pendii scoscesi e privi di vegetazione, unitamente all'azione della forza di gravità, possono causare il crollo di blocchi dalle porzioni sommitali dei versanti ed il conseguente accumulo, alle pendici, del materiale franato.

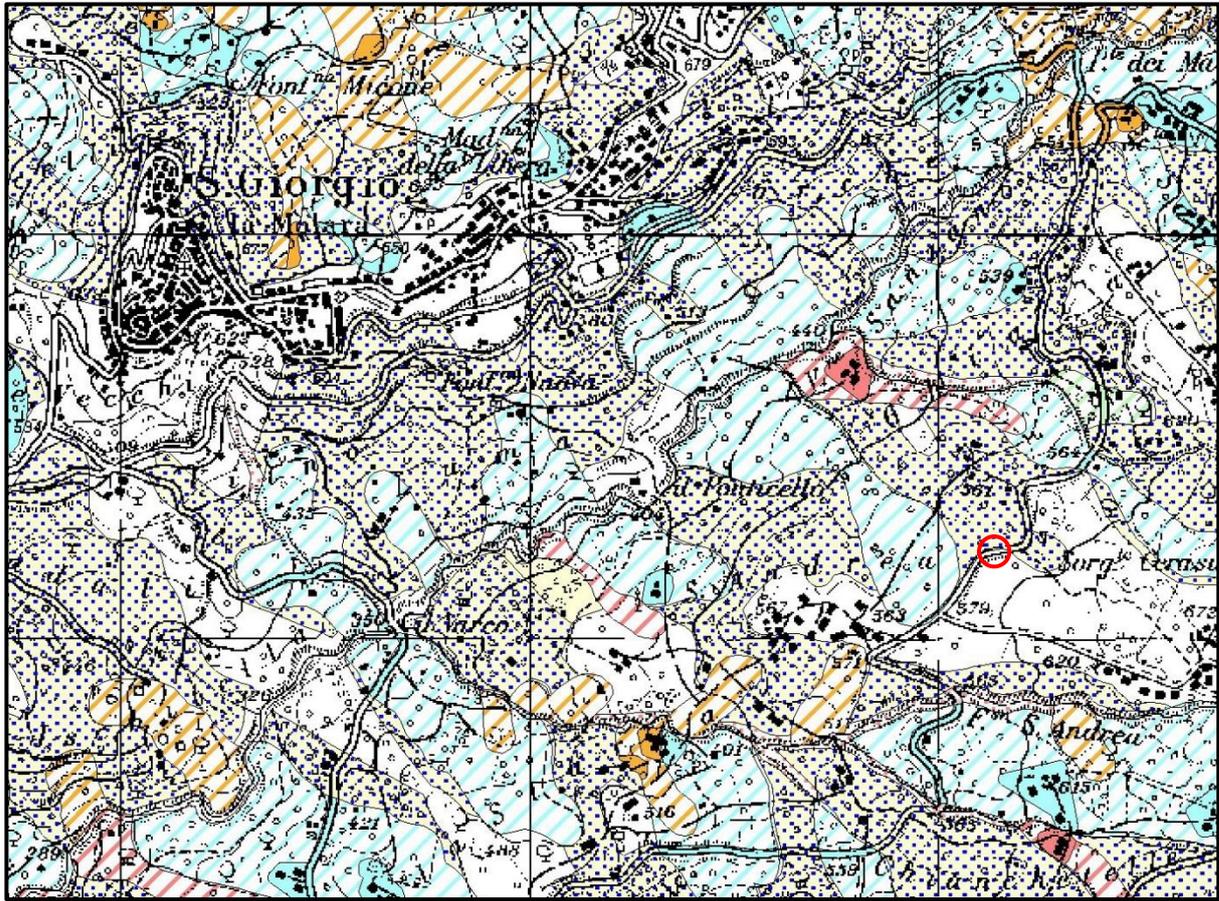
Laddove affiorano, invece, i terreni prevalentemente argillosi, la morfologia si presenta dolcemente ondulata con forme piuttosto dolci e blande, meno accidentate ed a minore acclività generale dovute sia alla natura geolitologica dei predetti terreni, che risultano più facilmente erodibili, sia all'intensa azione modellatrice operata dagli agenti esogeni.

I fenomeni di instabilità che, nei casi generali, coinvolgono questi litotipi, sono dovuti alle acque di ruscellamento superficiale ed a quelle d'imbibizione che, specialmente nei termini meno consistenti e nella coltre detritica - laddove presente - nonché lungo i versanti privi di vegetazione e con elevate pendenze, possono innescare processi di dilavamento, lente deformazioni e locali colamenti e smottamenti.

Tuttavia, considerate le caratteristiche giaciture e litologiche dei terreni affioranti nonché la ridotta acclività dei pendii, si può affermare che la ristretta area di progetto e l'intorno ad essa immediatamente adiacente presentano un sufficiente grado di stabilità naturale.

Difatti, nella *Carta del Rischio di Frana del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri - Garigliano e Volturno*, di seguito riportata, si evince che

il sito di progetto non rientra all'interno di aree classificate a rischio frana ma di colloca al limite tra una zona non interessata da dissesti (*area bianca in cartografia*) ed un'area, identificata con la sigla *C₁*, definita *Area di possibile ampliamento di fenomeni franosi ovvero di fenomeni di primo distacco*.



AREA DI MEDIA ATTEZIONE - A₂

Area non urbanizzata, ricadente all'interno di una frana quiescente, a massima intensità attesa media.



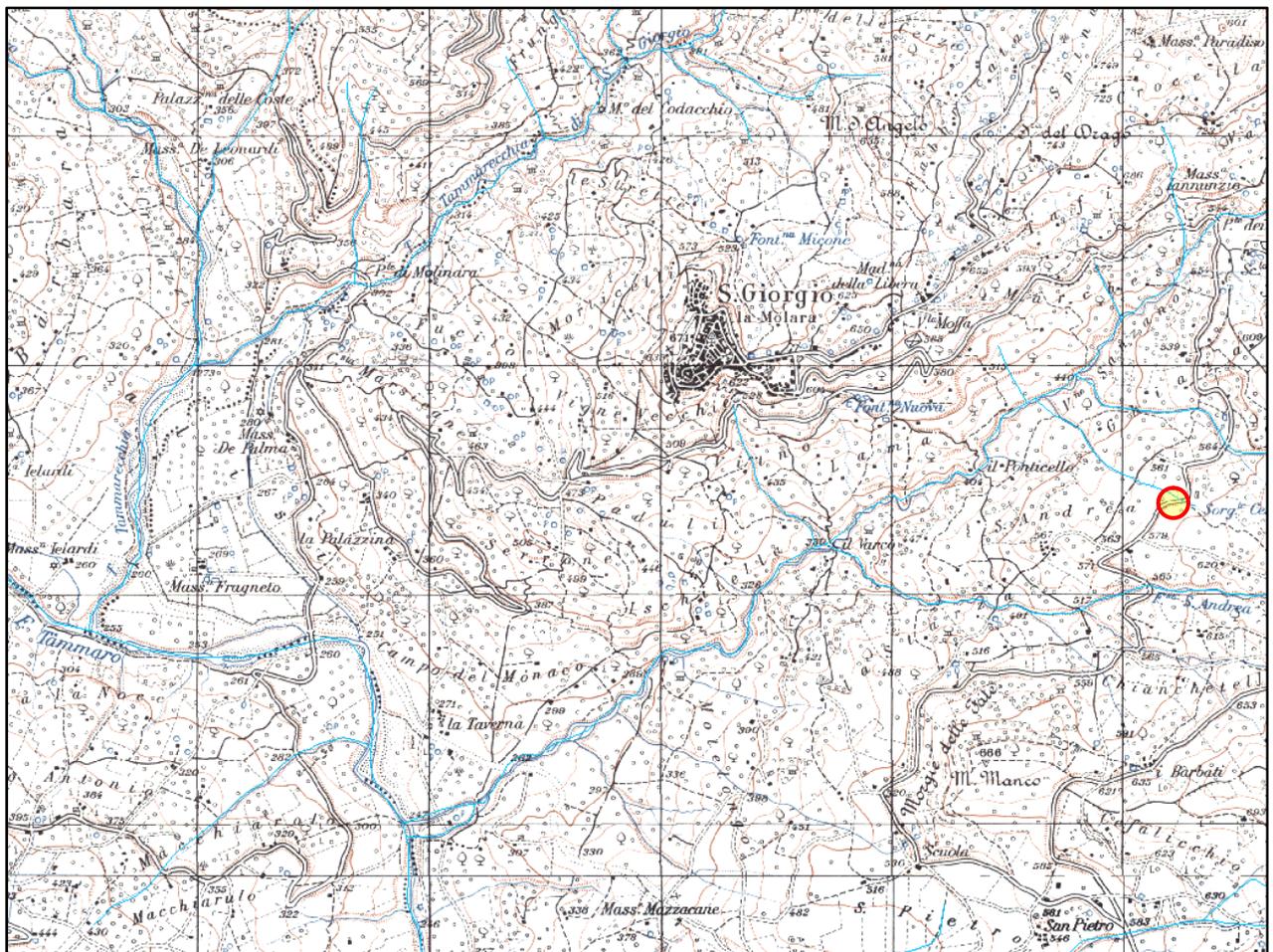
Area di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati all'interno, ovvero di fenomeni di primo distacco, per la quale si rimanda al D.M. LL.PP. 11/3/88 - C₁

N.B.: Nelle aree a contorno delle frane, quando non è indicato l'ambito morfologico significativo di riferimento, l'area di possibile ampliamento deve essere estesa fino allo spartiacque principale e/o secondario, già riportati nella carta geomorfologica.

In effetti, nel ristretto tratto di viabilità oggetto del presente studio è stato riscontrato un dissesto localizzato e circoscritto, consistente nel cedimento del margine esterno della sede stradale causato dallo smottamento del terreno sottostante, cui bisogna necessariamente porre rimedio per evitare che il possibile arretramento della nicchia di distacco possa coinvolgere l'intera carreggiata determinando danni più gravi all'infrastruttura viaria e compromettendone definitivamente il transito.

4.0 IDROGRAFIA E CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

L'area oggetto del presente studio ricade nel bacino idrografico del Torrente Tammaro e, in particolare, il sito interessato dall'intervento in progetto si colloca sul versante alla sinistra idraulica di un'incisione secondaria che ha origine nella parte mediana del versante settentrionale del complesso montuoso di Serra Ciclopa – Serra Vescigli e dopo un percorso quasi rettilineo, da S-E verso N-W, confluisce in sinistra idraulica nel Vallone Sanzano che nasce dalle Montagne di San Giorgio, a N-E del paese, e scorre in direzione NE-SW nella vallata a sud del centro abitato fino ad immettersi, in sinistra idraulica, nel Torrente Tammaro circa 2 Km a S-W di San Giorgio La Molara.



Sia il Torrente Tammaro che il Torrente Tammarecchia di San Giorgio, che scorre a nord del centro urbano, con andamento quasi parallelo al Vallone Sanzano, sono caratterizzati, soprattutto nella parte alta del bacino, da un pattern idrografico di tipo dendritico e presentano un reticolo idrografico secondario abbastanza sviluppato in quanto costituito da numerose incisioni, seppure di limitata estensione e di scarsa rilevanza idrologica, che si immettono "a pettine" nelle linee d'impluvio principali e che sono caratterizzati da un regime

spiccatamente torrentizio poiché alimentati principalmente dalle piogge autunnali e invernali e spesso asciutti durante il periodo primaverile ed estivo.

In corrispondenza dei punti di confluenza con l'asta torrentizia principale, laddove la pendenza è minima, spesso le incisioni assumono caratteristiche meandriche con radicale cambiamento della morfologia fluviale e con la presenza di depositi associati a processi di sedimentazione nelle parti concave dei meandri ed erosione nelle parti convesse.

Nelle aree in cui affiorano i terreni a composizione prevalentemente argillosa, le linee d'impluvio appaiono larghe e svasate, con sponde poco acclive e risultano alimentate da un intreccio capillare di solchi di ruscellamento diffuso mentre laddove prevalgono i litotipi più compatti delle successioni flyschoidi, gran parte del drenaggio superficiale avviene tramite fossi di erosione concentrata che danno luogo a corsi d'acqua più incassati, con anse strette e con profilo longitudinale caratterizzato da vari salti di pendenza.

Per quanto riguarda, invece, l'aspetto idrogeologico, i fattori che condizionano la circolazione idrica nel sottosuolo sono legati alle differenti caratteristiche idrogeologiche delle litologie a diversa permeabilità che affiorano nell'area di studio.

In particolare, le litofacies a composizione prevalentemente argillosa, pur essendo dotate di porosità primaria medio-alta, presentano un grado di permeabilità molto scarso tanto da ritenersi praticamente impermeabili, con valori di conducibilità idraulica $K < 10^{-9} \text{ cm/sec}$, ed essere considerate delle superfici di scorrimento preferenziale delle acque e/o delle soglie di permeabilità.

L'elevata porosità primaria di questi litotipi, infatti, è dovuta alla presenza di pori sub-capillari e capillari, di piccolo diametro, che sono in grado di catturare le molecole di acqua per adsorbimento ma che di fatto impediscono l'accumulo al loro interno di acqua gravifica escludendo la possibilità di rinvenire falde idriche.

Una permeabilità maggiore può essere attribuita agli orizzonti litoidi delle successioni flyschoidi che, essendo caratterizzati da discreta porosità secondaria dovuta a fessurazione e fratturazione, presentano un grado di permeabilità medio, con valori di conducibilità idraulica $10^{-7} < K < 10^{-5} \text{ cm/sec}$ e possono consentire l'instaurarsi di un discreto deflusso idrico che viene a giorno lungo i giunti di stratificazione e/o al contatto con i livelli argillosi.

Decisamente più permeabili risultano essere, invece, i livelli limoso-sabbiosi superficiali che presentano un grado di permeabilità medio-alto, con valori di conducibilità idraulica di circa $10^{-4} < K < 10^{-2} \text{ cm/sec}$, derivante dall'elevata porosità primaria di questi terreni che, spesso, sono sede di una circolazione idrica, seppure poco significativa dal punto di vista

idrogeologico poichè irregolare e, comunque, legata in maniera determinante all'andamento delle precipitazioni.

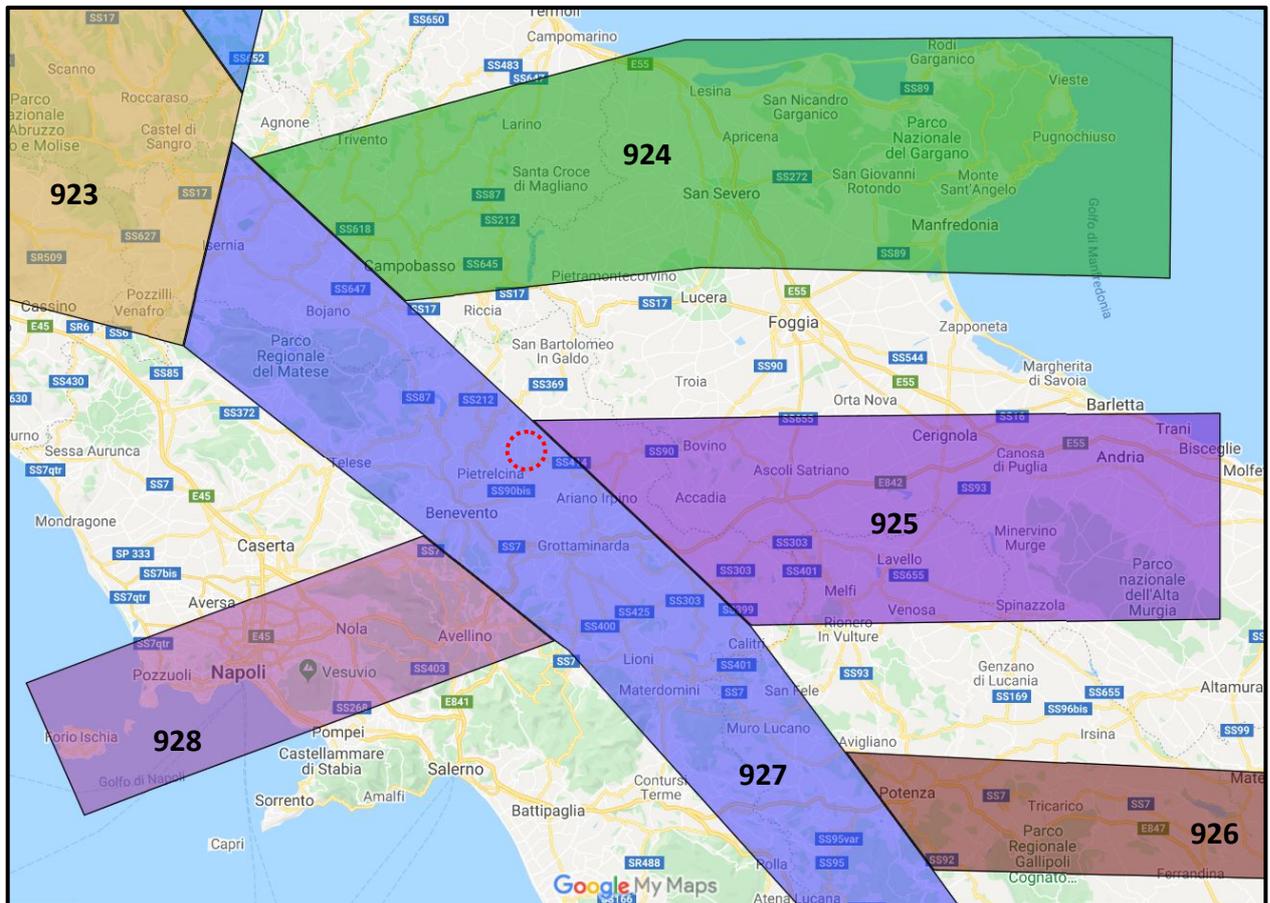
Questi litotipi, infatti, possono essere definiti come "rocce sciolte" in quanto, a causa della disposizione spaziale e della variabilità granulometrica degli elementi che li costituiscono, presentano al loro interno degli spazi tali da consentire l'accumulo di significativi quantitativi di acqua.

Nel corso della perforazione geognostica effettuata non è stata rilevata alcuna circolazione idrica sub-superficiale sebbene lo smottamento del terreno, verosimilmente, può essere imputato ad una cattiva regimentazione delle acque che interessano la carreggiata le quali, infiltrandosi nel terreno lo hanno imbibito determinando la riduzione della resistenza al taglio degli orizzonti saturi più superficiali ed il conseguente scivolamento.

Inoltre, il rinvenimento in profondità del substrato di natura prevalentemente argillosa, caratterizzato da scarsa permeabilità permette di escludere l'esistenza di possibili falde acquifere sotterranee che possano interferire con le fondazioni della struttura di contenimento da realizzare.

5.0 SISMICITÀ E CARATTERIZZAZIONE GEOFISICA DEL SUBSTRATO

Dal punto di vista sismico, l'area di progetto ricade all'interno nella Zona 927 (*Sannio – Irpinia – Basilicata*) della Zonizzazione Sismogenetica ZS9 e risulta caratterizzata da notevole potenzialità sismogenetica ed elevata pericolosità sismica.

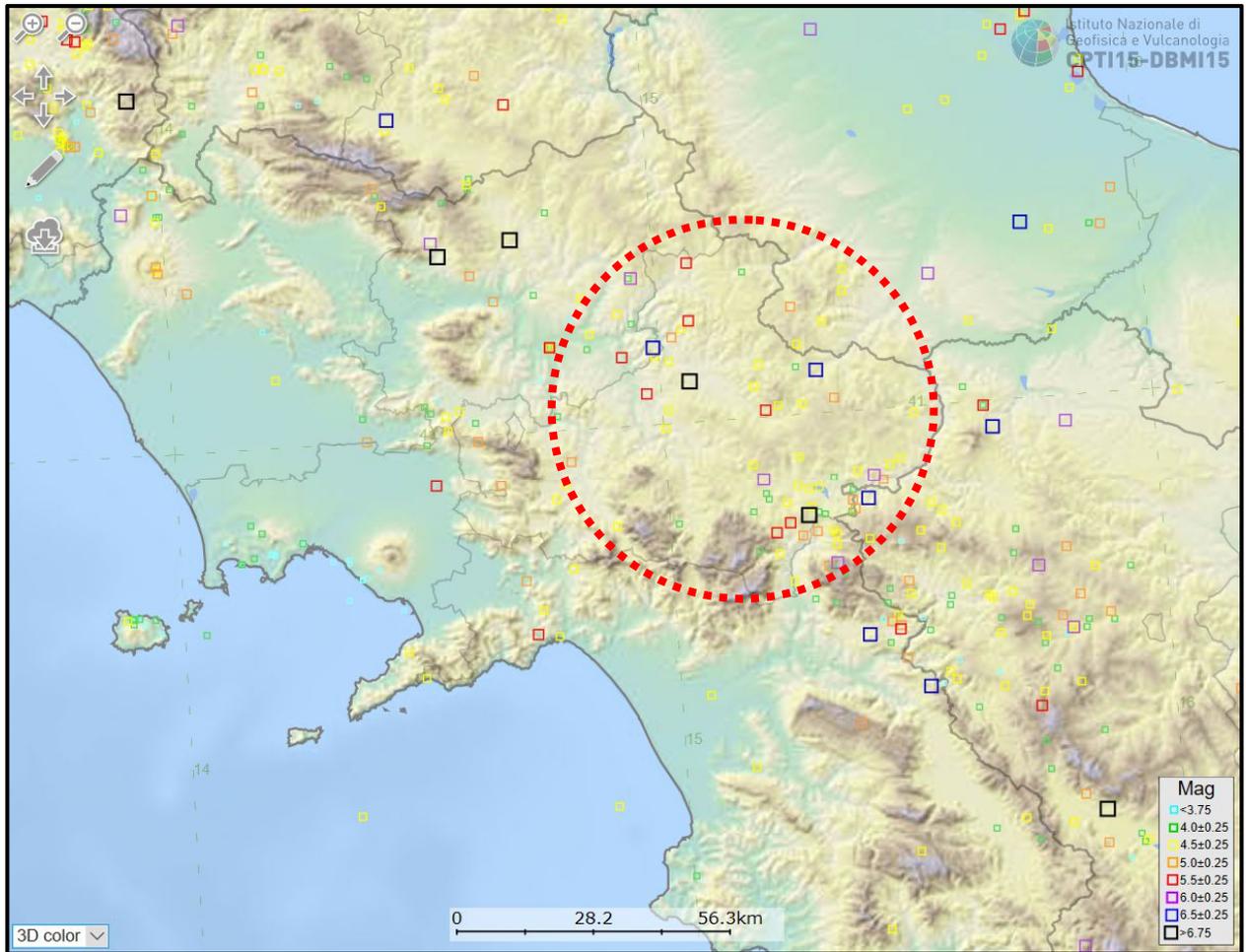


La Zona 927 comprende tutte le precedenti zone localizzate lungo l'asse della catena, fino al massiccio del Pollino, caratterizzate dal massimo rilascio di energia legata alla tettonica distensiva che da circa 0,7 milioni di anni interessa l'Appennino meridionale con meccanismo di fagliazione diretto e profondità ipocentrali comprese tra 8 e 12 km.

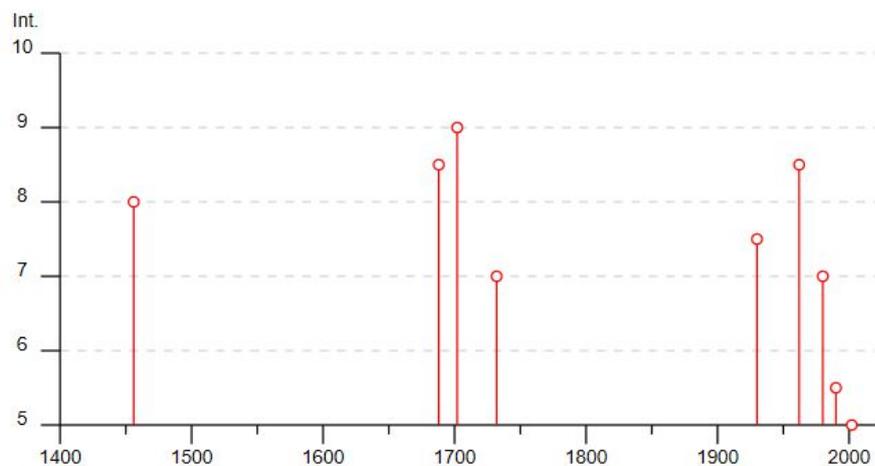
L'area di progetto si colloca in prossimità di alcune delle principali strutture distensive ed, in particolare, nelle vicinanze delle faglie presumibilmente responsabili della generazione degli eventi più distruttivi registrati in epoca storica nell'area del Sannio e del Matese.

Prendendo in considerazione le informazioni presenti nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15-DBMI15 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) che fornisce localizzazioni e stime di magnitudo dei terremoti avvenuti dall'anno 1000 alla fine del 2017 in Italia, si evince che la maggior parte degli eventi è localizzata lungo il tratto meridionale dell'Appennino ed in particolare, nelle immediate vicinanze dell'area oggetto del

presente studio, laddove si sono verificati, in epoca storica, numerosi eventi sismici anche di dimensioni rilevanti.



In particolare, si riporta sotto la distribuzione temporale degli eventi sismici con intensità compresa tra 5 e 10 che hanno avuto ripercussioni nel Comune di San Giorgio La Molara dal 1400 ad oggi.



e di seguito, nella pagina successiva, l'elenco completo dei terremoti che hanno interessato il

centro beneventano nello stesso periodo di riferimento.

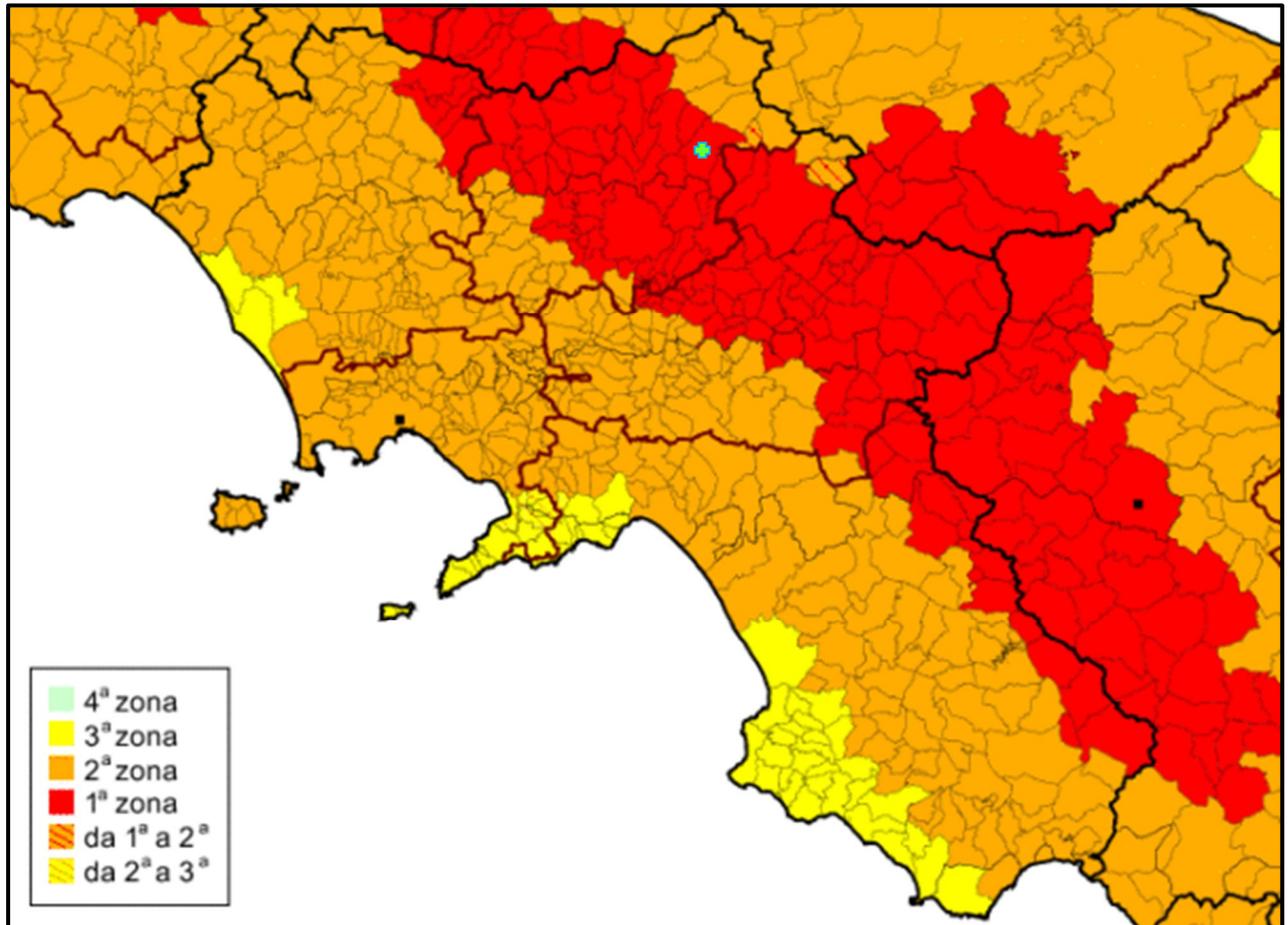
Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
8	1456	12	05				Appennino centro-meridionale	199	11	7.19
8-9	1688	06	05	15	30		Sannio	215	11	7.06
9	1702	03	14	05			Sannio-Irpinia	37	10	6.56
7	1732	11	29	07	40		Irpinia	183	10-11	6.75
4-5	1805	07	26	21			Molise	220	10	6.68
4	1898	11	24	23	37		Casalbore	25	5	4.21
NF	1903	05	04	03	44		Valle Caudina	78	7	4.69
7-8	1930	07	23	00	08		Irpinia	547	10	6.67
NF	1958	06	24	06	07		Aquilano	222	7	5.04
8-9	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15
4-5	1971	05	06	03	45	0	Irpinia	68	6	4.83
4-5	1975	06	19	10	11		Gargano	61	6	5.02
3	1977	07	24	09	55	2	Irpinia	85	5-6	4.37
4	1978	02	08	04	10	2	Irpinia	100	5-6	4.44
7	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4-5	1981	02	14	17	27	4	Monti di Avella	85	7-8	4.88
4	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	911	8	5.86
4	1984	05	11	10	41	4	Monti della Meta	342	7	5.47
NF	1990	04	22	09	45	0	Sannio	74	6	3.98
5-6	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
4	1990	08	30	14	54		Beneventano	39	5-6	3.20
NF	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.08
NF	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90
3	1997	03	19	23	10	5	Sannio-Matese	284	6	4.52
3	1997	10	14	15	23	1	Valnerina	786		5.62
5	2002	11	01	15	09	0	Molise	638	7	5.72
4-5	2002	11	12	09	27	4	Molise	174	5-6	4.57
NF	2003	06	01	15	45	1	Molise	501	5	4.44
NF	2003	12	30	05	31	3	Molise	326	4-5	4.53

Nella classificazione sismica della Regione Campania di cui alla Delibera di Giunta Regionale n° 5447 del 07/11/2002 nonché nella classificazione sismica nazionale, di cui all'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 ed al D.M. 14/09/2005 "Norme tecniche per le costruzioni", aggiornato con il D.M. 14/01/2008 ed integrato con la Circolare C.S.LL.PP. n° 617 del 02/02/2009 e ss.mm.ii., il territorio interessato dalla realizzazione dell'intervento in

progetto rientrava in **Zona Sismica 1** contraddistinta da:

Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g/g) > 0,25

Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g/g) = 0,35 g.



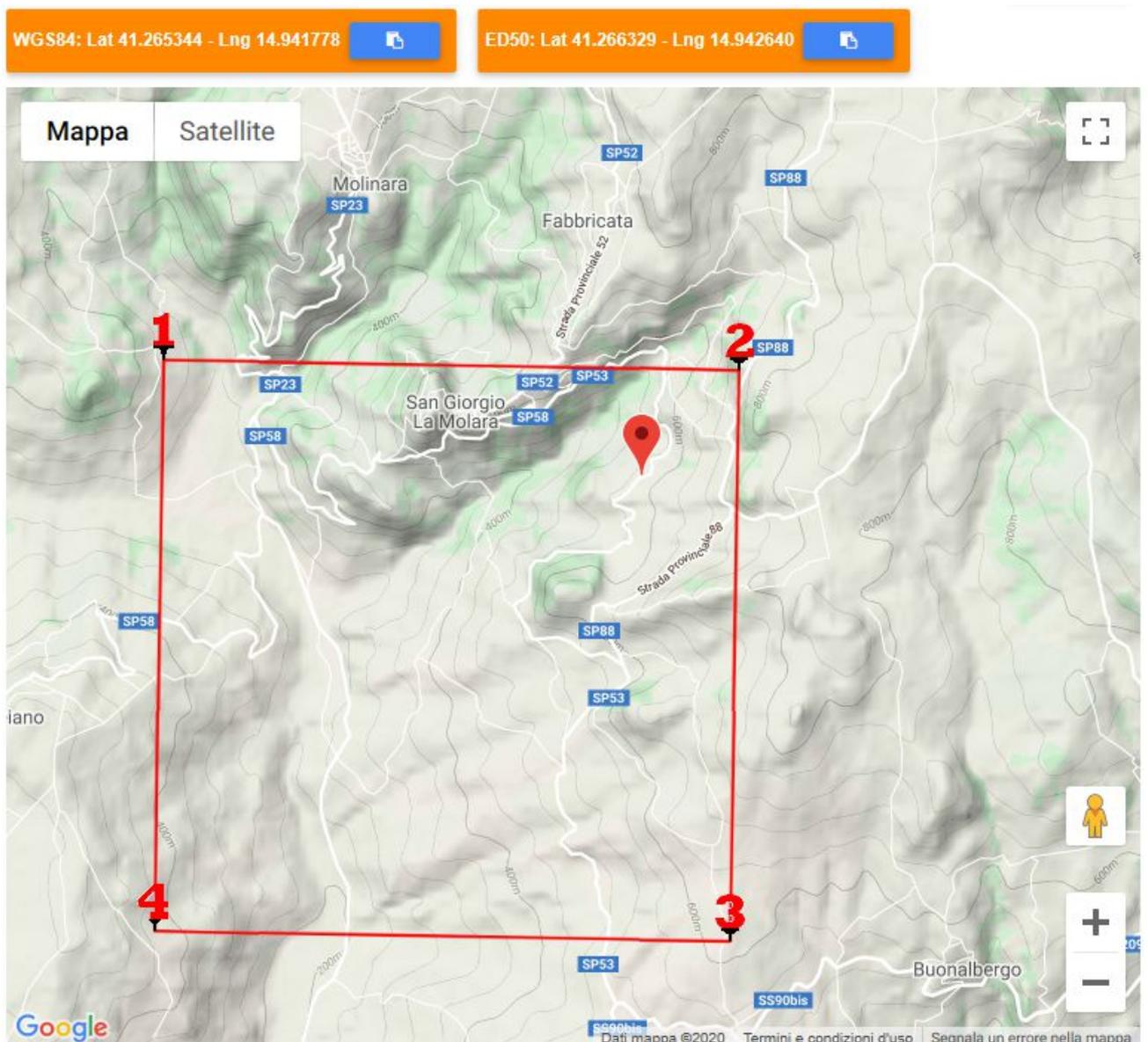
La suddetta normativa, infatti, prevedeva la classificazione sismica del territorio nazionale in 4 zone definite su base comunale e caratterizzate ognuna da un predeterminato valore dell'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico nonché dell'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni, definite secondo la seguente tabella:

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g/g)	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g/g)
1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

Dal 01/07/2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni NTC2008,

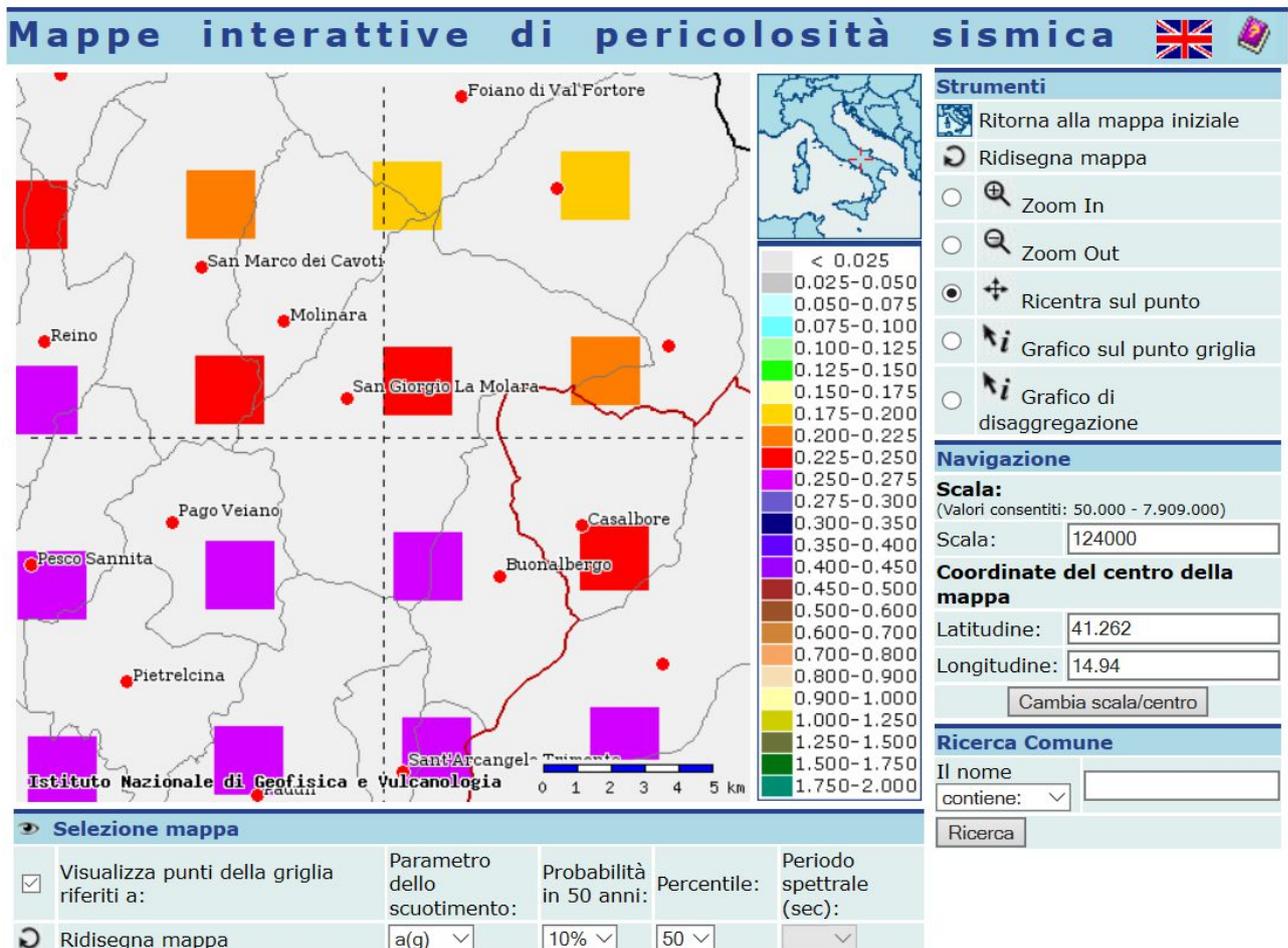
ed attualmente con le NTC2018, approvate con D.M. del 17/01/2018, è stata introdotta, invece, *“l’accelerazione propria”* del sito definita, indipendentemente dai confini comunali, per ogni punto del territorio, su una maglia quadrata di 5 Km di lato, considerando le coordinate dell’area di progetto.

Nel caso specifico, le coordinate geografiche del sito di progetto, nei due sistemi di riferimento WGS84 (*World Geodetic System 1984*) e ED50 (*European Datum 1950*) nonché i vertici della maglia quadrata in cui ricade il punto sono stati determinati con il software *GEOSTRU PS* e sono di seguito riportati:



La mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica, disponibile on-line sul sito dell’INGV di Milano, redatta secondo le *Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008)*, indica che il territorio in esame rientra nelle celle contraddistinte da valori di a_g di riferimento

compresi tra 0.225 e 0.275 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).



Per quanto concerne, invece, le caratteristiche della superficie topografica, in presenza di configurazioni semplici – cui può essere riconducibile l'andamento morfologico-topografico dell'area di progetto – è possibile adottare una classificazione semplificata che tiene conto del valore dell'inclinazione media del pendio, definito secondo la tabella di seguito riportata:

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 $i > 30^\circ$

Considerato l'andamento plano-altimetrico del versante nel tratto di strada interessato dalla realizzazione dell'intervento che in corrispondenza della sezione "monte-valle" più sfavorevole presenta una inclinazione di circa 17° , facendo riferimento alla tabella sopra

riportata, si può definire per la zona in esame la **Categoria Topografica T2** (Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$).



Per la caratterizzazione geofisica del substrato, le Norme Tecniche per le Costruzioni 2018, propongono un sistema di classificazione basato su 5 tipologie di suoli (A-B-C-D-E) da individuare in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

dove: h_i = spessore, in metri, dello strato i -esimo;

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

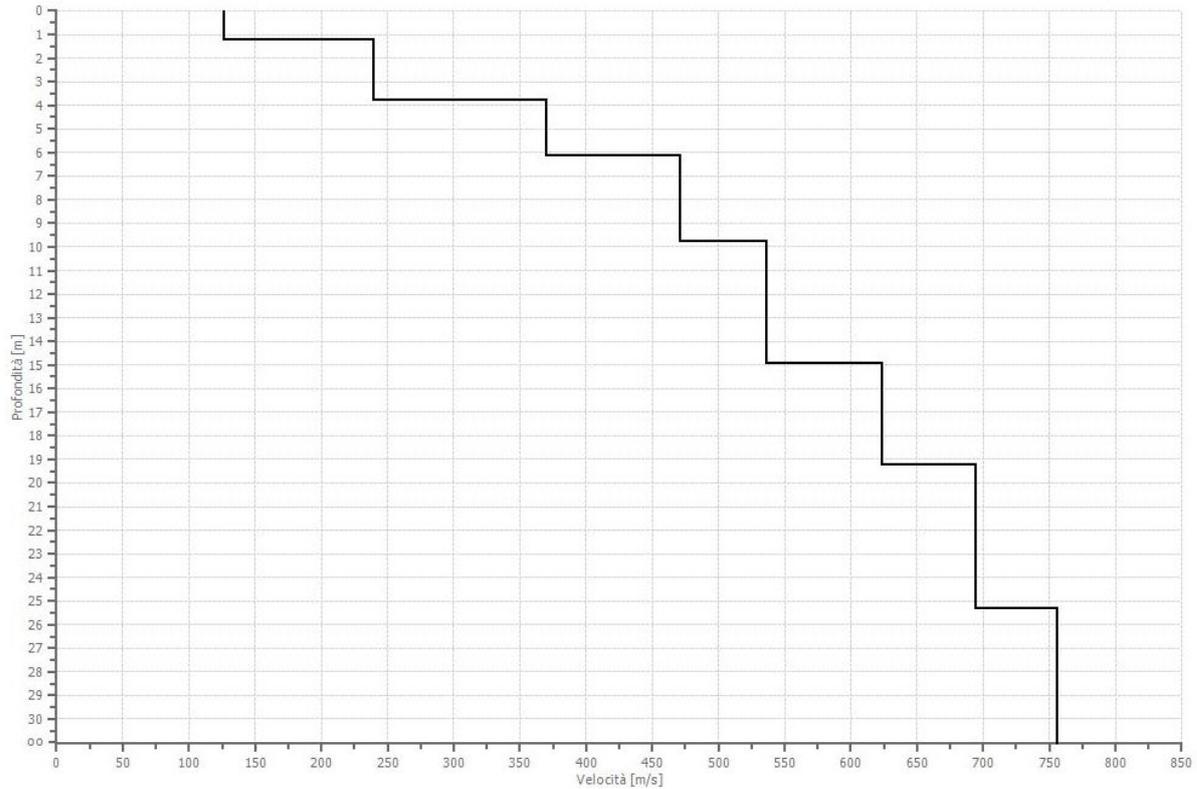
H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/sec;

N = numero di strati;

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro V_{S30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Per determinare la velocità delle onde di taglio e la $V_{S,eq}$ necessaria per definire la categoria

del suolo di fondazione ai sensi della vigente normativa sismica è stata effettuata una prova sismica M.A.S.W. lungo il tratto di strada interessato dall'intervento in progetto che ha rilevato a partire dal p.c. e fino alla profondità di 30.00 m le seguenti velocità delle onde di taglio:



Considerata la variazione delle velocità delle onde di taglio con la profondità e tenuto conto del mancato rinvenimento del substrato con $V_s > 800 \text{ m/sec}$ entro i primi 30 m dal piano di campagna è stato possibile definire un valore di $V_{s,eq} = 453,87 \text{ m/sec}$ con $H = 30.00 \text{ m}$.

PROFONDITÀ (m)	SPESSORE (m)	VELOCITÀ ONDE DI TAGLIO (V_s)	FORMULA	V_{s30} (m/sec)
0.00 – 1.25	1.25	126.11	$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{si}}}$	453,87 con H = 30.00 m
1.25 – 3.79	2.54	239.25		
3.79 – 6.15	2.36	369.56		
6.15 – 9.79	3.64	471.18		
9.79 – 14.96	5.17	536.27		
14.96 – 19.25	4.29	623.18		
19.25 – 25.34	6.09	694.49		
oltre 25.34	indefinito	756.18		

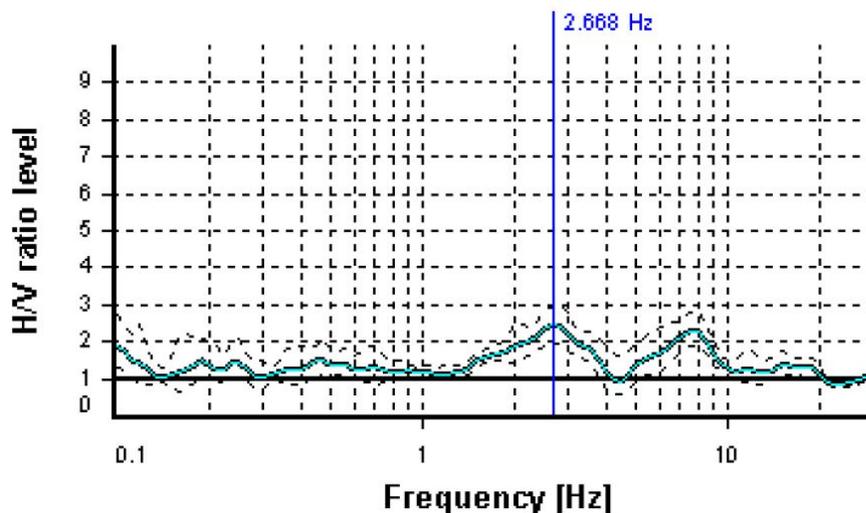
Facendo, quindi, riferimento alla tabella di seguito riportata, in funzione del valore di $V_{s,eq}$

ottenuto, il substrato di fondazione può essere classificato come "**Suolo di tipo B**".

CATEGORIE SUOLO DI FONDAZIONE

A	<i>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</i>
B	<i>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</i>
C	<i>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</i>
D	<i>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</i>
E	<i>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</i>

Infine, per definire la frequenza di risonanza del sito è stata effettuata una prova sismica passiva HVSR che ha evidenziato la presenza di un picco ad una frequenza $f_0 = 2,668 \text{ Hz}$ con ampiezza $A_0 = 2,447$.

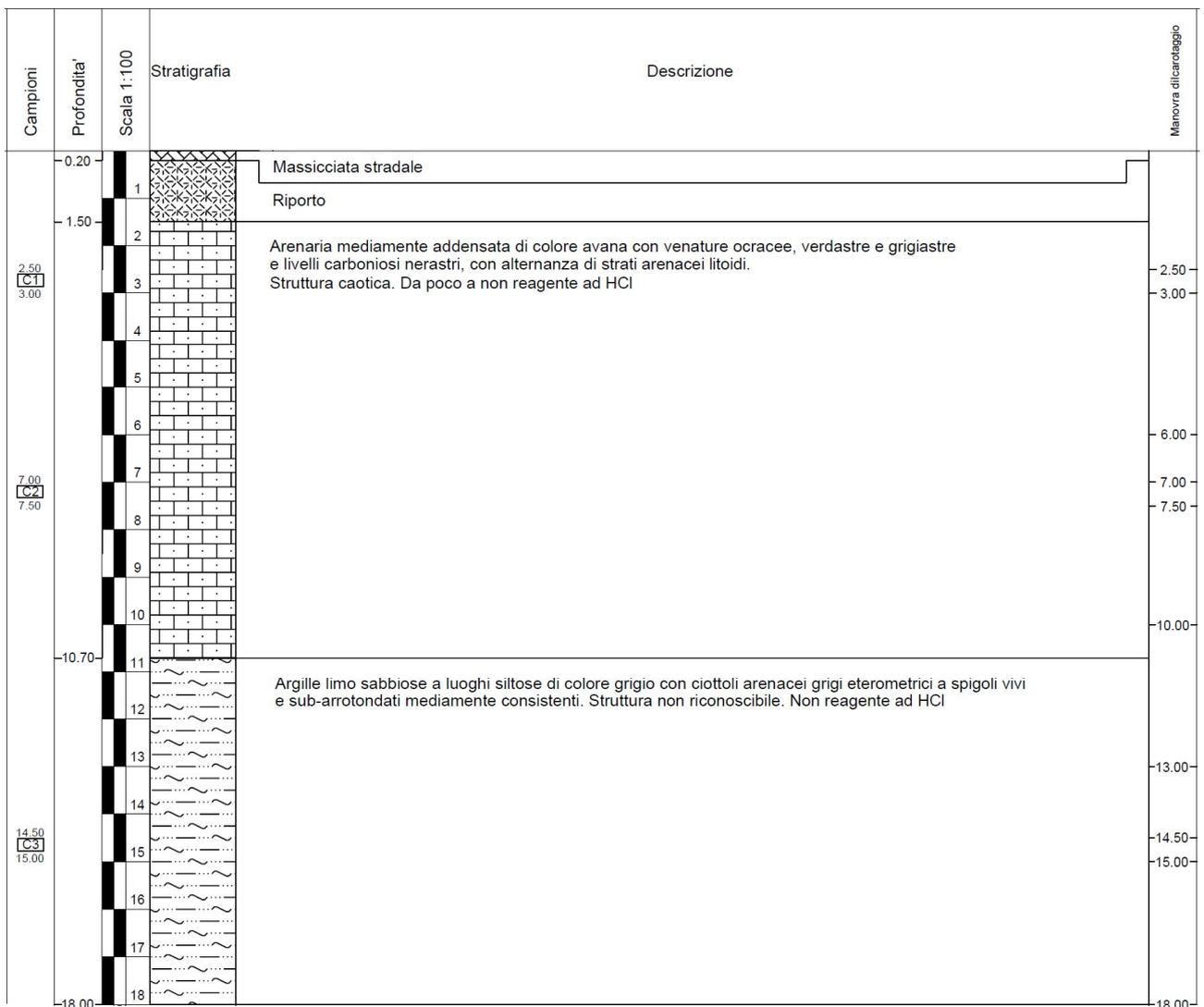


Si riportano in allegato alla presente le elaborazioni delle indagini sismiche (prova MASW e prova HVSR) effettuate.

6.0 INDAGINI GEOGNOSTICHE E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Dalle osservazioni di superficie e dai dati desunti dalla letteratura geologica è emerso che i terreni affioranti nell'area oggetto del presente studio sono riconducibili alla formazione del *Flysch Numidico* che risulta costituita da prevalenti sabbie addensate ed arenarie in strati e banchi con intercalazioni di argille siltose e marnose.

Per ricostruire con maggiore dettaglio, rispetto al rilevamento geologico di superficie, le caratteristiche litostratigrafiche del substrato presente nel tratto di strada interessato dalla realizzazione dell'intervento di messa in sicurezza è stato effettuato un sondaggio geognostico a carotaggio continuo (S.2) spinto fino alla profondità di 18.00 m dal piano di campagna che ha permesso di definire la seguente successione:



Le risultanze della perforazione, realizzata sul ciglio della strada, a lato della nicchia di distacco dello smottamento che ha interessato il margine esterno della carreggiata, hanno permesso di rilevare la presenza della componente sabbioso-argillosa della successione

torbida affiorante che, nella parte più superficiale, entro i primi 10 m dal piano di campagna, risulta costituita da sabbie mediamente addensate di colore avana con venature giallo ocra e grigio-verdastre con intercalazioni di strati arenacei litoidi e, nei livelli sottostanti, da argille limoso-sabbiose a tratti siltose di colorazione grigiastra, mediamente consistenti, con ciottoli arenacei grigi, eterometrici ed a spigoli vivi e sub-arrotondati.

Per la definizione delle principali proprietà fisiche e dei più importanti parametri geotecnici del terreno, sono state effettuate delle analisi e prove di laboratorio sui campioni di seguito descritti, prelevati nel corso della perforazione dai diversi orizzonti litostratigrafici riscontrati:

- *Campione S₂C₁ (2.50 m – 3.00 m)* rappresentativo della parte più superficiale della formazione affiorante in corrispondenza della quale sarà impostata la fondazione del muro di sostegno su pali previsto in progetto;
- *Campione S₂C₂ (7.00 m – 7.50 m)* prelevato nella porzione centrale della successione, lungo la quale si svilupperà la parte iniziale dei pali di fondazione;
- *Campione S₂C₃ (14.50 m – 15.00 m)* rappresentativo della parte più profonda della successione, all'interno della quale dovrebbero infiggersi i pali del muro di sostegno.

Tutti i campioni sono stati sottoposti ad analisi volte a definirne il quadro fisico nonché ad una prova di taglio diretto CD e, relativamente al campione S₂C₃ anche ad una prova di espansione laterale libera ELL, per determinare le caratteristiche di resistenza al taglio, i cui risultati sono riportati dettagliatamente nei certificati allegati alla presente relazione.

In particolare, relativamente alla parte più superficiale della formazione affiorante, le analisi e prove di laboratorio effettuate sul *Campione S₂C₁ (2.50 m – 3.00 m)*, hanno permesso di definire le seguenti caratteristiche fisiche:

<i>Peso di volume</i>	$\gamma = 18,12 \text{ kN/m}^3$
<i>Contenuto d'acqua</i>	$W = 32,76 \%$
<i>Indice dei vuoti</i>	$e = 0,89$
<i>Porosità</i>	$n = 47,2 \%$
<i>Grado di saturazione</i>	$S_R = 96,70 \%$

ed i seguenti parametri geotecnici:

<i>Angolo di attrito</i>	$\phi' = 26,20^\circ$
<i>Coesione efficace</i>	$C' = 10,20 \text{ kN/m}^2$

Per quanto riguarda, invece, la porzione centrale della formazione affiorante, anch'essa

di natura sabbiosa, le prove di laboratorio effettuate sul *Campione S₂C₂* (7.00 m – 7.50 m) hanno permesso di definire le seguenti caratteristiche fisiche:

Peso di volume	$\gamma = 19,64 \text{ kN/m}^3$
Contenuto d'acqua	$W = 15,75 \%$
Indice dei vuoti	$e = 0,54$
Porosità	$n = 34,9 \%$
Grado di saturazione	$S_R = 78,10 \%$

ed i seguenti parametri geotecnici:

Angolo di attrito	$\phi' = 27,52^\circ$
Coesione efficace	$C' = 6,87 \text{ kN/m}^2$

Infine, relativamente ai livelli più profondi della formazione affiorante, su cui si consiglia di attestare i pali, le analisi effettuate sul *Campione S₂C₃* (14.50 m – 15.00 m) prelevato da questo orizzonte, hanno permesso di definire le seguenti caratteristiche fisiche:

Peso di volume	$\gamma = 20,80 \text{ kN/m}^3$
Contenuto d'acqua	$W = 12,53 \%$
Indice dei vuoti	$e = 0,42$
Porosità	$n = 29,6 \%$
Grado di saturazione	$S_R = 79,90 \%$

ed i seguenti parametri geotecnici:

Angolo di attrito	$\phi' = 21,95^\circ$
Coesione efficace	$C' = 18,36 \text{ kN/m}^2$
Coesione non drenata	$C_U = 256,17 \text{ kN/m}^2$

Si invita il progettista a tenere conto della successione litostratigrafica e dei parametri geotecnici sopra riportati per valutare la soluzione progettuale più idonea e per il calcolo e il dimensionamento dell'opera da realizzare.

7.0 CONCLUSIONI

In base alle osservazioni di superficie, ai rilievi ed alle indagini effettuate, è stato possibile formulare, per quanto di specifica competenza, le seguenti considerazioni:

- l'area di progetto non rientra nel perimetro di aree classificate a rischio frana di cui alla *Carta del Rischio di Frana del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri – Garigliano e Volturno*, tuttavia nel ristretto tratto di viabilità oggetto del presente studio è stato riscontrato un dissesto localizzato e circoscritto, consistente nel cedimento del margine esterno della sede stradale causato dallo smottamento del terreno sottostante, cui bisogna porre rimedio per evitare che il possibile arretramento della nicchia di distacco possa coinvolgere l'intera carreggiata determinando danni più gravi all'infrastruttura viaria e compromettendone definitivamente il transito;
- nel terreno investigato non è stata rinvenuta circolazione idrica sub-superficiale e stante la composizione prevalentemente argillosa del substrato e possibile escludere la presenza di falde acquifere profonde, che possano interagire con le fondazioni su pali della struttura in progetto. Un debole deflusso idrico, poco significativo dal punto di vista idrogeologico in quanto irregolare e legato in maniera determinante all'andamento delle precipitazioni può, tuttavia, riscontrarsi nei livelli sabbiosi superficiali che presentano un grado di permeabilità medio-alto, con valori di conducibilità idraulica di circa $10^{-4} < K < 10^{-2} \text{ cm/sec}$ cm/sec;
- l'area di studio ricade nella ex **Zona Sismica 1** ed insiste su un versante con **Categoria Topografica T2** (*Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$*) mentre il substrato affiorante, avendo determinato un valore di $V_{s,eq} = 453,87 \text{ m/sec}$ con $H = 30.00 \text{ m}$, può essere classificato come "**Suolo di tipo 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*) e presenta una frequenza di risonanza di sito con picco $f_0 = 2,668 \text{ Hz}$ ed ampiezza $A_0 = 2,447$;
- i terreni affioranti nell'area di studio, sono riconducibili alla formazione del *Flysch Numidico* che, nella parte più superficiale, entro i primi 10 m dal piano di campagna, risulta costituita da sabbie mediamente addensate di colore avana con venature giallo ocra e grigio-verdastre con intercalazioni di strati arenacei litoidi e, nei livelli sottostanti, da argille limoso-sabbiose a tratti siltose di colorazione grigiastra,

mediamente consistenti, con ciottoli arenacei grigi, eterometrici ed a spigoli vivi e sub-arrotondati;

- i parametri geotecnici dei livelli più superficiali, in cui sarà impostata la fondazione del muro di sostegno, sono:

Peso di volume	$\gamma = 18,12 \text{ kN/m}^3$
Angolo di attrito	$\phi' = 26,20^\circ$
Coesione efficace	$C' = 10,20 \text{ kN/m}^2$

- i parametri geotecnici che, invece, si possono attribuire all'orizzonte litostratigrafico intermedio, lungo il quale si svilupperà la parte iniziale dei pali di fondazione sono:

Peso di volume	$\gamma = 19,64 \text{ kN/m}^3$
Angolo di attrito	$\phi' = 27,52^\circ$
Coesione efficace	$C' = 6,87 \text{ kN/m}^2$

- i parametri geotecnici che, infine, è possibile attribuire ai livelli argillosi più profondi (oltre i 10.00 m dal p.c.), su cui si consiglia di attestare i pali di fondazione, sono:

Peso di volume	$\gamma = 20,80 \text{ kN/m}^3$
Angolo di attrito	$\phi' = 21,95^\circ$
Coesione efficace	$C' = 18,36 \text{ kN/m}^2$
Coesione non drenata	$C_u = 256,17 \text{ kN/m}^2$

- le coordinate geografiche del sito di progetto, nei due sistemi di riferimento WGS84 (*World Geodetic System 1984*) e ED50 (*European Datum 1950*) sono:

WGS84	Lat 41.265344	Long. 14.941778	ED50	Lat. 41.266329	Long. 14.942640
-------	---------------	-----------------	------	----------------	-----------------

Pertanto, alla luce di quanto emerso dal presente studio, si può affermare che il sito di progetto presenta caratteristiche idrogeologiche, geomorfologiche, geotecniche e sismiche compatibili con le opere da realizzare.

Tuttavia, si consiglia di infiggere i pali di fondazione del muro nell'orizzonte argilloso profondo nonché di prevedere apposite opere di raccolta e di canalizzazione delle acque di ruscellamento superficiali che dovranno essere accompagnate fino alla linea d'impiuvio naturale più vicina.

Capizzi, 01/02/2020



IL GEOLOGO
Giovanni Bonanno Conti
 DR. GIOVANNI BONANNO CONTI
 O.R.G.S. n° 2197

SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA SCALA 1:200

