

**PNC - PNRR: Piano Nazionale Complementare al Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza nei territori colpiti dal sisma 2009-2016, Sub-misura A4,"Investimenti sulla rete stradale statale"**

**Lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in t.s. e potenziamento delle intersezioni - 1° Stralcio lungo la S.S. n. 210 "Fermana Faleriense" - Amandola - Servigliano"**

**PROGETTO DEFINITIVO**

<b>PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</b> Ing. Eugenio Moroni Ordine Roma n° 10020	<b>IMPRESA CONCORRENTE A.T.I.:</b> Mandataria:  Mandante: 
<b>IL GEOLOGO</b> Dott.ssa Geol. Maria Bruno Ordine dei Geologi del Lazio al n° 668	<b>RTP DI PROGETTAZIONE:</b> Mandataria:  Structure and Transport Engineering Mandanti:  Società di Ingegneria <b>Dott. Geol. M. BRUNO</b>
<b>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</b> Ing. Francesco M. La Camera Ordine Roma n° 7290	Direttore Tecnico Ing. E. Moroni Ordine Ing. Roma N. 10020  Direttore Tecnico Ing. G. Grimaldi Ordine Ing. Roma N. 17703A  Ordine Geologi Lazio N. 668

**GEOLOGIA E GEOTECNICA**

**Geologia**

**Relazione Geologica. geomorfologica ed idrogeologica generale**

CODICE PROGETTO			NOME FILE		REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV.PROG.	ANNO	T03_GE01_GEO_RE01_C			
A N 2 6 6	D	2 3	CODICE ELAB.	T 0 3 G E 0 1 G E O R E 0 1	C	-
D						
C	Modifiche a seguito di verifica di progetto			Maggio 2024	BRUNO	ALESSANDRONI LA CAMERA
B	Modifiche a seguito di verifica di progetto			MARZO 2024	BRUNO	ALESSANDRONI LA CAMERA
A	EMISSIONE			Giugno2023	BRUNO	ALESSANDRONI LA CAMERA
REV.	DESCRIZIONE			DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

## Sommario

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....</b>	<b>5</b>
<b>4. INDAGINI GEOGNOSTICHE .....</b>	<b>7</b>
4.1 INDAGINI PREGRESSE	7
4.2 INDAGINI DI PROGETTO	7
<b>5. ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI .....</b>	<b>9</b>
5.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO	9
5.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	13
5.3 VERIFICHE CARTOGRAFIE DELL'AUTORITA' BACINO DISTRETTUALE APPENNINO CENTRALE	20
<b>6. ASPETTI IDROGEOLOGICI .....</b>	<b>23</b>
6.1 COMPLESSI IDROGEOLOGICI	23
6.2 PIEZOMETRIA	25
6.3 PERMEABILITA' DEI TERRENI	26
<b>7. ELEMENTI DI SISMICA .....</b>	<b>27</b>
7.1 SISMICITA' STORICA	27
7.2 SISMICITA' RECENTE (1985-2023)	29
7.3 FAGLIE ATTIVE E CAPACI	31
7.4 STRUTTURE SISMOGENETICHE	32
7.5 CLASSIFICAZIONE SISMICA	33
7.6 MAPPA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE	36
7.7 AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE	40
7.7.1. <i>Categoria di sottosuolo e frequenza di risonanza dei depositi .....</i>	<i>40</i>
7.7.2. <i>Categoria TOPOGRAFICA.....</i>	<i>49</i>
<b>8. DESCRIZIONE GEOLOGICA DEL TRACCIATO .....</b>	<b>50</b>
<b>9. PRINCIPALI ELEMENTI D'INTERESSE INGEGNERISTICO .....</b>	<b>54</b>
<b>10. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA .....</b>	<b>55</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>58</b>

## 1. PREMESSA

Il presente studio è stato redatto nell'ambito del progetto definitivo dell'intervento denominato "1° Stralcio dei lavori di adeguamento tecnico funzionale della sezione stradale in T.S. e potenziamento delle intersezioni lungo la S.S. 210 Picena – Amandola-Servigliano (Lotto 3)".

I lavori ricompresi nel 1° stralcio fanno parte del quadro delle iniziative inquadrate nel Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR).

La finalità della presente relazione è quella di illustrare gli elementi geologici e geomorfologici utili a definire i principali aspetti riconducibili alla natura ed alle caratteristiche dei depositi interessati dal progetto sopra riportato.

Nei riguardi dell'inquadramento geologico e geomorfologico il lavoro definisce l'assetto strutturale e litostratigrafico, la morfologia evolutiva del territorio e la verifica degli elementi di rischio esistenti, anche in relazione agli strumenti di pianificazione emessi dagli Enti competenti.

Con riferimento agli aspetti di inquadramento, il lavoro definisce i complessi idrogeologici identificati nell'area di studio, la direzione dei flussi sotterranei, laddove ipotizzabile e la ricostruzione della superficie piezometrica.

Infine, nei riguardi dell'inquadramento sismico il lavoro identifica la sismicità storica e recente, la pericolosità sismica e la categoria di suolo, nonché la definizione della frequenza caratteristica dell'area di studio.

Gli elementi utilizzati per la redazione delle carte tematiche e del profilo sono stati ricavati dall'analisi critica dei dati bibliografici e dall'esame di tutte le stratigrafie disponibili (pozzi, indagini pregresse e sondaggi appositamente realizzati) integrati dal rilevamento geologico e geomorfologico e da un'apposita campagna geognostica condotta nei mesi di marzo - agosto 2023.

La presente relazione è strutturata come specificato di seguito:

- nel **capitolo 2** viene la normativa nazionale e regionale di riferimento;
- nel **capitolo 3** viene fornito un inquadramento geografico entro il quale si colloca la singola area analizzata;
- nel **capitolo 4** sono elencate e descritte le indagini geognostiche e geofisiche eseguite ed utilizzate per la caratterizzazione del sito;
- nel **capitolo 5** si riassumono gli aspetti geologici e geomorfologici dell'area, con particolare riferimento al modello geologico del sottosuolo e alla presenza di eventuali dissesti. Viene fornita una sintesi degli elementi cartografici pubblicati dagli Enti e degli elementi rilevabili in sito utilizzabili per definire l'interferenza tra elementi di progetto ed elementi di dissesto;

- nel **capitolo 6** sono descritte le caratteristiche idrogeologiche dell'area e, laddove disponibili, informazioni sulla circolazione idrica sotterranea e sulla profondità della falda nel sottosuolo in corrispondenza dell'opera;
- nel **capitolo 7** sono riportate le informazioni sulla sismicità, sulla pericolosità sismica di base e sulla categoria di sottosuolo ricavata dai risultati delle indagini sismiche eseguite;
- nel **capitolo 8 e 9** sono presenti la descrizione geologica del tracciato e le conclusioni con il riepilogo degli elementi salienti.

Le cartografie tematiche di dettaglio, geologica, morfologica ed idrogeologica nonché il profilo geologico interpretativo restituito in asse al tracciato stradale, sono elaborati allegati al progetto così come i certificati delle indagini geognostiche (sito e laboratorio).

Si rimanda agli elaborati geotecnici e strutturali per la definizione dei parametri caratteristici di calcolo e verifica delle fondazioni, comprese le eventuali verifiche di liquefazione dei terreni, se dovute, una volta verificate le possibili condizioni predisponenti e scatenanti individuate dalla normativa. Agli stessi elaborati geotecnici si rimanda anche per la definizione dei parametri sismici di progetto.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Lo studio è stato realizzato nel rispetto e in ottemperanza alla normativa vigente, ed elencata di seguito.

- Legge 464/84. Norme per agevolare l'acquisizione da parte del Servizio geologico (Dipartimento Difesa del Suolo dell'APAT) della Direzione generale delle miniere del Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato di elementi di conoscenza relativi alla struttura geologica e geofisica del sottosuolo nazionale.
- Ministero delle Infrastrutture e degli Interni (2008). NTC 2008: Norme Tecniche delle Costruzioni
- Ministero delle Infrastrutture e degli Interni (2018). NTC 2018: Norme Tecniche delle Costruzioni
- Ministero delle Infrastrutture e degli Interni (2019). Circolare n.7 C.S.LL.PP.: Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018.
- Presidenza del Consiglio dei Ministri (2003). Ordinanza OPCM 3274/2003: Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- Presidenza del Consiglio dei Ministri (2006). Ordinanza OPCM 3519/2006: Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.
- Presidenza della Repubblica (2001). DPR 380/2001: Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.
- DGR Marche n.1142 (2022). Aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche della Regione Marche.

### 3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il tracciato si sviluppa per circa 5,2 km in un ambiente collinare con quote variabili tra 200 – 300 m slm ed ha inizio dal limite del centro abitato di Servigliano (zona Cimitero) e procede verso sud-est lungo la valle del Fiume Tenna caratterizzata da diversi ordini di depositi alluvionali terrazzati, per terminare alla progressiva 5+219.52 corrispondente al Km 39 circa dell'attuale Sp293.



Figura 1- Inquadramento geografico dell'area di intervento.



*Figura 2- Inquadramento geografico dell'area di intervento su foto aerea.*

## 4. INDAGINI GEOGNOSTICHE

### 4.1 INDAGINI PREGRESSE

Non sono presenti indagini geognostiche pregresse per l'area in esame.

### 4.2 INDAGINI DI PROGETTO

Per la redazione del presente progetto sono state utilizzate le indagini realizzate nel corso del progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica eseguite nel mese di aprile 2022 dalla ditta Albanese Perforazioni S.r.l. di Ripalimosani (CB), integrate con una campagna geognostica finalizzata alla redazione del progetto definitivo ed esecutivo realizzata dalla S.In.Ge.A S.r.l. di Montichiari (BS), nei mesi da marzo a settembre 2023.

La tipologia delle indagini eseguite ha risposto alle necessità progettuali di carattere sia geologico e sia geotecnico.

L'ubicazione delle indagini ed i dati stratigrafici e tecnici derivanti dalla documentazione geognostica è riportata allegata al progetto e di seguito sintetizzati.

#### Indagini geognostiche Progetto Fattibilità Tecnica ed Economica (anno 2022)

- N.5 Sondaggi a carotaggio continuo, con una profondità variabile tra 30 m e 35 m;
- Prove geotecniche in foro: N.30 SPT;
- N.47 prelievi di campioni rimaneggiati e indisturbati;
- Letture piezometriche nei fori di sondaggio;
- N. 24 prove penetrometriche dinamiche DPSH, con profondità variabili tra 1 m a 12.6 m;
- N. 13 Pozzetti esplorativi, con profondità di 2 m, e prelievo di campioni rimaneggiati/indisturbati e campioni ambientali;
- N.3 Stendimenti sismici di tipo MASW;
- N.2 Prove down hole;
- N.4 Prove HVSR;
- N.4 Stendimenti sismici tomografici in onde P e S;
- Prove di laboratorio, tra cui analisi granulometriche, determinazione degli indici di consistenza, prove di taglio diretto, prove triassiali e prove edometriche.

Indagini geognostiche Progetto Definitivo ed Esecutivo (anno 2023)

- N.23 sondaggi a carotaggio continuo, con una profondità compresa tra 20 m e 50 m;
- Prove geotecniche in foro: N.118 SPT e N.14 prove di permeabilità in foro tipo Lefranc;
- Prelievi di N.77 campioni rimaneggiati e N.19 campioni indisturbati;
- Installazione di N.14 piezometri a Tubo Aperto nei fori di sondaggio;
- N. 24 prove penetrometriche dinamiche DPSH, con profondità variabili tra 1 m a 12.6 m;
- N.18 pozzetti esplorativi, con profondità comprese fra 1 m e 2 m, prelievo di N.27 campioni rimaneggiati e N.26 prove di carico su piastra;
- N.4 prove down hole;
- N.5 stendimenti sismici tomografici in onde P e S;
- Prove di laboratorio, tra cui analisi granulometriche, determinazione degli indici di consistenza, classificazione geotecnica dei terreni ASSHTO (CNR\_UNI 10006) AGI e USCS, prove di taglio diretto, prove triassiali, prove edometriche, colonne risonanti, compressioni uniassiali con registrazione delle deformazioni e prove brasiliane.

## 5. ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

Lo studio dell'area di interesse, per la definizione delle sue caratteristiche geologico-geomorfologiche e delle eventuali criticità presenti, è avvenuto attraverso le seguenti attività specifiche:

- rilevamento geologico in sito, volto al riconoscimento e alla descrizione dei litotipi presenti ed alla definizione del loro assetto strutturale;
- rilevamento geomorfologico in sito, volto al riconoscimento di forme, depositi e fenomeni geomorfologici presenti e confronto con i dati disponibili presso gli Enti;
- analisi delle stratigrafie dei sondaggi realizzati per integrare i dati di superficie.

### 5.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Nell'area di studio si rinvencono le unità sedimentarie della serie Umbro-Marchigiana dal Triassico al Neogene. Dal Pliocene nelle zone prossime al mare le unità di cui sopra sono celate da sedimenti marini depositi tra il Pliocene medio ed inferiore in discordanza stratigrafica.

Il Triassico-Eocene è caratterizzato da sedimentazione essenzialmente calcarea, nell'Olocene la sedimentazione è prevalentemente terrigena.

La tettonica sinsedimentaria ha condizionato in maniera importante gli ambienti deposizionali ed ha determinato un'accentuata variabilità spaziale nelle facies e negli spessori.

Durante l'Oligocene inizia il processo orogenico che ha interessato anticipatamente la porzione interna (occidentale) dell'Appennino.

Il fronte deformativo, migrando verso Est, ha caratterizzato la formazione di avanfosse (vaste depressioni tettoniche) dove si sono accumulate vaste successioni di arenarie torbiditiche.

Con il Miocene superiore, la parte umbra dell'Appennino entra in piena fase di deformazione sino ad arrivare ad emergere. Nello stesso periodo l'area afferente all'Appennino Marchigiano rimane soggetta a sedimentazione marina ed il principale sistema di avanfossa si sposta progressivamente verso Est favorendo l'accumulo di potenti successioni torbiditiche ad Est del fronte deformativo dell'allineamento: Monti Sibillini - Gran Sasso.

Quindi il bacino marchigiano esterno, dove ricade l'area in esame, assume nel Messiniano i caratteri di un'avanfossa torbiditica, colmata dalla potente successione silicoclastica della Formazione della Laga, mentre al passaggio Messiniano-Pliocene viene coinvolto nella strutturazione dei sistemi a *thrust* appenninico. La sedimentazione marina è chiusa dai depositi del ciclo plio-



La successione stratigrafica dell'area è illustrata nella seguente sezione di riferimento estratta dalla carta geologica (B-B1 Foglio 314 Montegiorgio CARG).

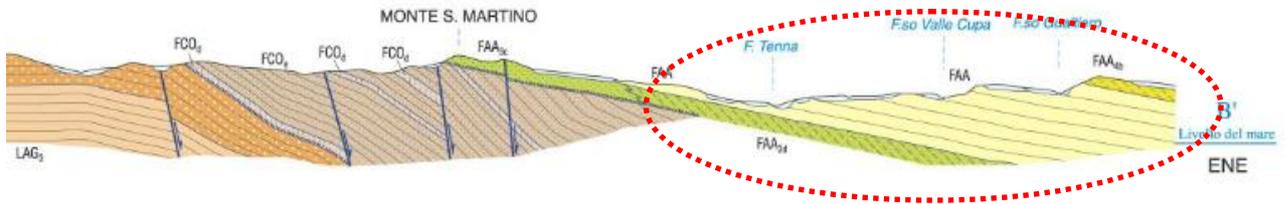
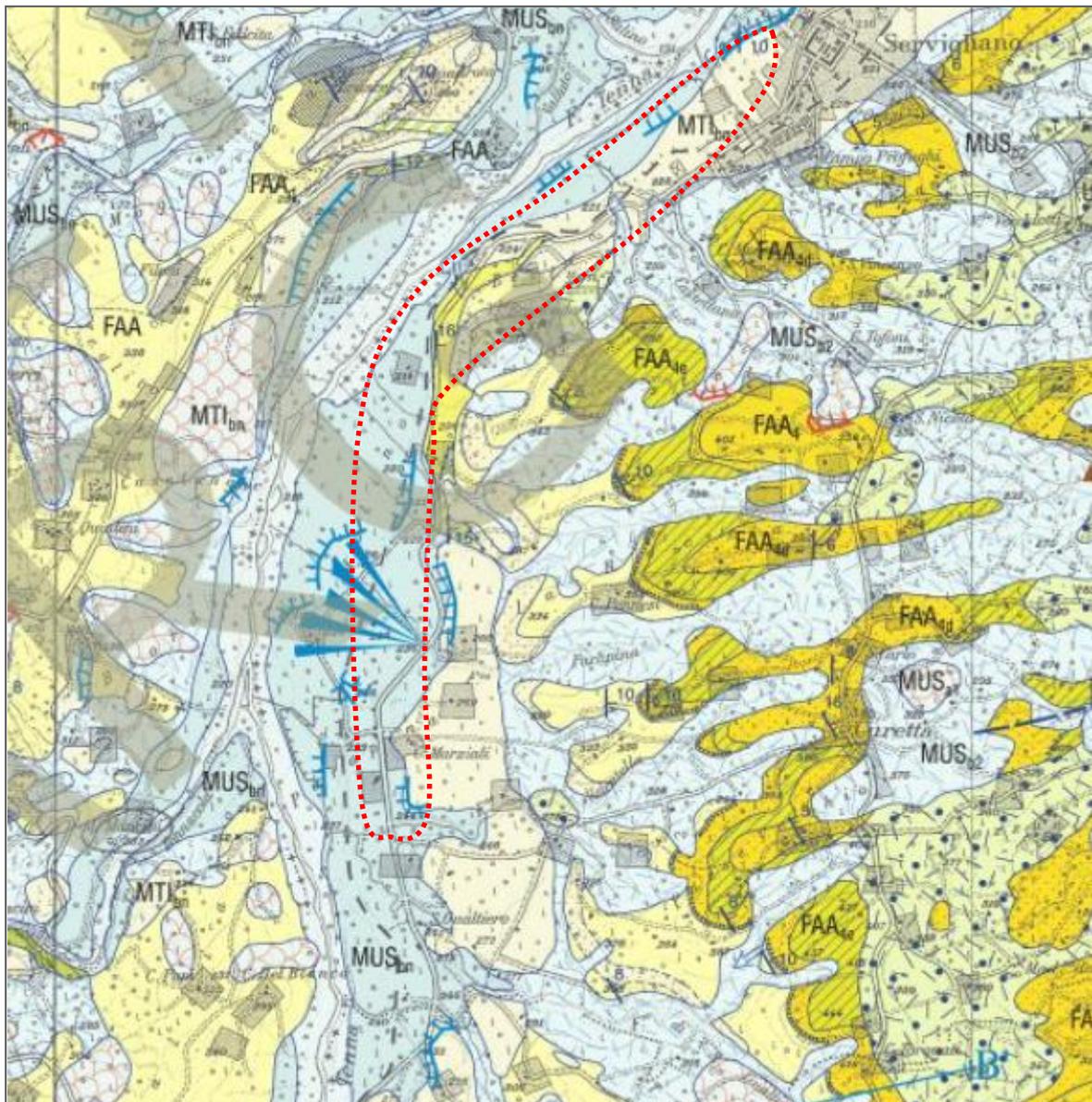


Figura 4- Stralcio della sezione geologica del F.314 Montegiorgio



**DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI**

**SISTEMA DEL FIUME MUSONE**

*OLOCENE*



MUS<sub>11</sub>

**Depositi di frana in evoluzione**  
Depositi di litotipi eterogenei più o meno caotici, delle dimensioni dai blocchi alle argille, con contenuto in matrice variabile; frane di diverse tipologie.



MUS<sub>11a</sub>

**Depositi di frana senza indizi di evoluzione in atto**  
Depositi di litotipi eterogenei più o meno caotici, delle dimensioni dai blocchi alle argille, con contenuto in matrice variabile; frane di diverse tipologie.



MUS<sub>12</sub>

**Coltri eluvio colluviali**  
Depositi limoso-argillosi di origine eluvio-colluviale con frazione sabbiosa.



MUS<sub>b</sub>

**Depositi alluvionali attuali**  
Depositi ghiaiosi dell'alveo dei principali corsi d'acqua.



MUS<sub>bn</sub>

**Depositi alluvionali terrazzati**  
Ghiaioso-sabbiosi: ghiaie poligeniche massive a matrice sabbiosa; sono presenti intercalazioni lenticolari e/o tabulari di sabbia mal classata.  
Sabbioso-limosi: depositi sabbiosi generalmente massivi o con accenni di stratificazione concava.

**SISTEMA DI MATELICA**

*PLEISTOCENE SUPERIORE*



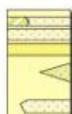
MT<sub>1bn</sub>

**Depositi alluvionali terrazzati (b<sub>n</sub>)**  
Ghiaioso-sabbiosi: ghiaie poligeniche massive a matrice sabbiosa; sono presenti intercalazioni lenticolari e/o tabulari di sabbia mal classata.  
Sabbioso-limosi: depositi generalmente massivi o con accenni di stratificazione concava.

**SUCCESSIONE MARINA**

**DEPOSITI SILICOCLASTICI**

**FORMAZIONE DELLE ARGILLE AZZURRE**



FAA<sub>1</sub>/FAA<sub>2</sub>

Successione prevalentemente pelitica costituita da argille marnose grigio-azzurre, fossilifere, con rari e sottili strati arenitici e/o siltitici (FAA). Nella porzione inferiore dell'unità (Piacenzano medio) è presente un livello-guida costituito da argille laminate scure ricche di sostanza organica. Localmente si osservano intercalazioni lenticolari delle associazioni: conglomeratica (FAA<sub>1</sub>), arenaceo-conglomeratica (FAA<sub>2</sub>), arenacea (FAA<sub>3</sub>), arenaceo-pelitica (FAA<sub>4</sub>). Spessore massivo valutabile intorno ai 3000m. Dalla biozona a *Globorotalia margaritae* alla biozona a *Globigerina cariacensis* p.p. **ZANCLEANO p.p.-SANTERNIANO**  
Sono stati distinti tre membri:



FAA<sub>3c</sub>/FAA<sub>3d</sub>

**membro di Offida (FAA<sub>3</sub>)**

Si riconoscono le stesse associazioni riscontrate nel sottostante membro (FAA<sub>3b</sub>, FAA<sub>3c</sub>, FAA<sub>3d</sub>, FAA<sub>3e</sub>, FAA<sub>3f</sub>); nella porzione inferiore sembra prevalere l'associazione arenacea. Spessore: fino a 1000m.



FAA<sub>4c</sub>/FAA<sub>4d</sub>

**membro del Monte dell'Ascensione (FAA<sub>4</sub>)**

E' costituito da varie associazioni spesso in eteropia tra loro. Sono state cartografate le seguenti associazioni: conglomeratica, arenaceo-conglomeratica (FAA<sub>4b</sub>), arenacea (FAA<sub>4c</sub>), arenaceo-pelitica (FAA<sub>4d</sub>), pelitico-arenacea (FAA<sub>4e</sub>); talora sono presenti peliti laminate (FAA<sub>4f</sub>). Spessore: fino a 1000m.

Figura 5- Stralcio della carta geologica del F.314 Montegiorgio.

Nello specifico, nell'area di studio, su cui si sviluppa il tracciato in progetto, il sottosuolo è caratterizzato dalla presenza del substrato dell'unità della Formazione delle Argille Azzurre con vergenza verso NE. Si tratta di peliti grigio-azzurre, talora con sottili intercalazioni arenitiche grigio-giallastre a granulometria medio-fine. All'interno dell'unità si osservano corpi arenitici, arenitico-conglomeratici e arenitico-pelitici con spessori rilevanti, fino a 2000 m (Pliocene inferiore - Pliocene superiore).

Le Argille Azzurre sono ricoperte dai seguenti depositi:

- -Sintema di Matelica  $MTI_{bn}$ : depositi alluvionali terrazzati con ghiaie prevalenti (Pleistocene superiore);
- -Sintema del Musone  $MUSb_2$ : depositi eluvio-colluviali (Olocene);
- -Sintema del Musone  $MUS_{bn}$ : depositi alluvionali terrazzati con ghiaie e sabbie in proporzioni variabili (Olocene).

## 5.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area interessata dalla progettazione presenta aspetti geomorfologici vari legati alle caratteristiche litostutturali dei terreni presenti e alla storia evolutiva quaternaria. Si riconosce un caratteristico paesaggio a *cuesta* dettato dalle calcareniti della trasgressione mio-pliocenica e dei successivi sedimenti arenaceo - pelici - conglomeratici.

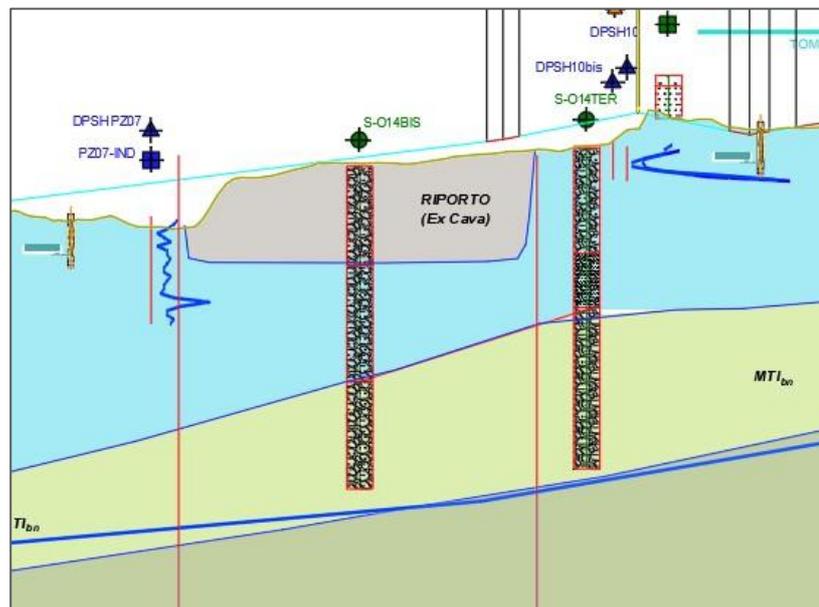
La zona su cui si sviluppa il tratto stradale in progetto ha una disposizione prevalentemente meridiana e corre sui versanti dei rilievi disposti in destra idrografica del Fiume Tenna. La strada è posta ai margini del versante che degrada verso la pianura alluvionale del F. Tenna. Il raccordo il versante e la sottostante pianura avviene talvolta con scarpate pronunciate (pendenza  $>20^\circ$ ).

I versanti in destra idrografica sono caratterizzati dalla presenza di una rete drenante di fossi molto più sviluppata di quella riscontrabile sul versante posto in sinistra idrografica. I fossi scorrono, nei tratti finali, con incisioni rilevanti ed angoli delle scarpate molto acclivi (zona cimitero Servigliano).

Il versante è interessato da residui di superfici terrazzate prodotti dall'attività erosiva dei corsi d'acqua presenti e sede di depositi di origine alluvionale e natura limoso sabbiosa.

L'area posta ad Est della sede stradale è caratterizzata da sistemi collinari disposti con asse meridiano (N-S) con cime che raggiungono i 400 metri slm (toponimo Curetta e C. Torquati). Tale sistema funge da spartiacque tra il bacino del Fiume Tenna ad Ovest e quello del fiume Vivo posto ad Est. In corrispondenza dei depositi alluvionali sono presenti cave (inattive) che denotano la presenza di materiali granulari utilizzati come inerti per l'edilizia.

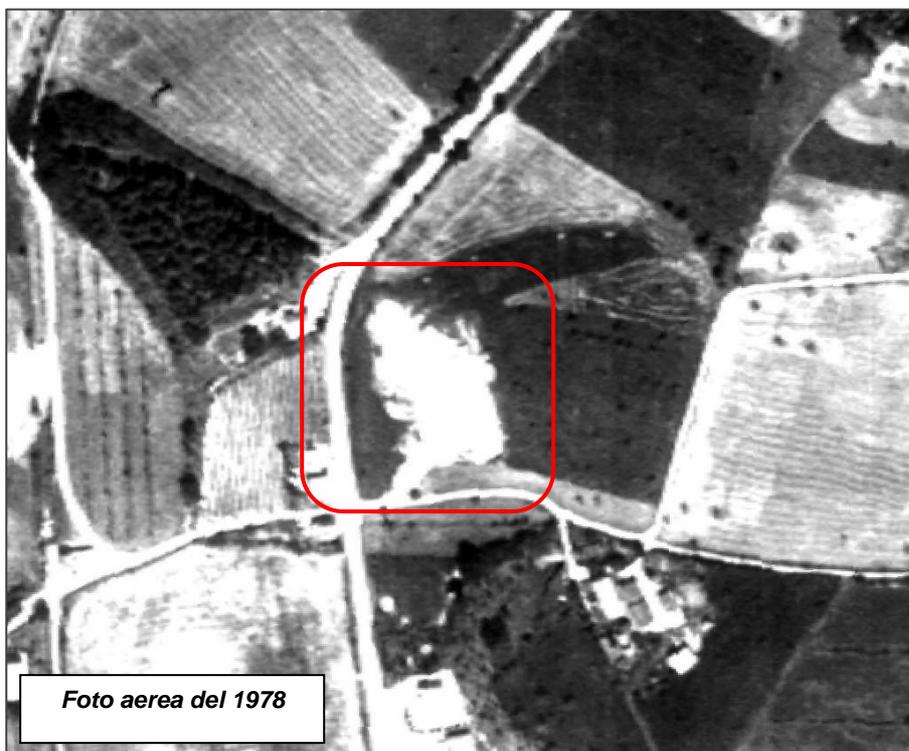
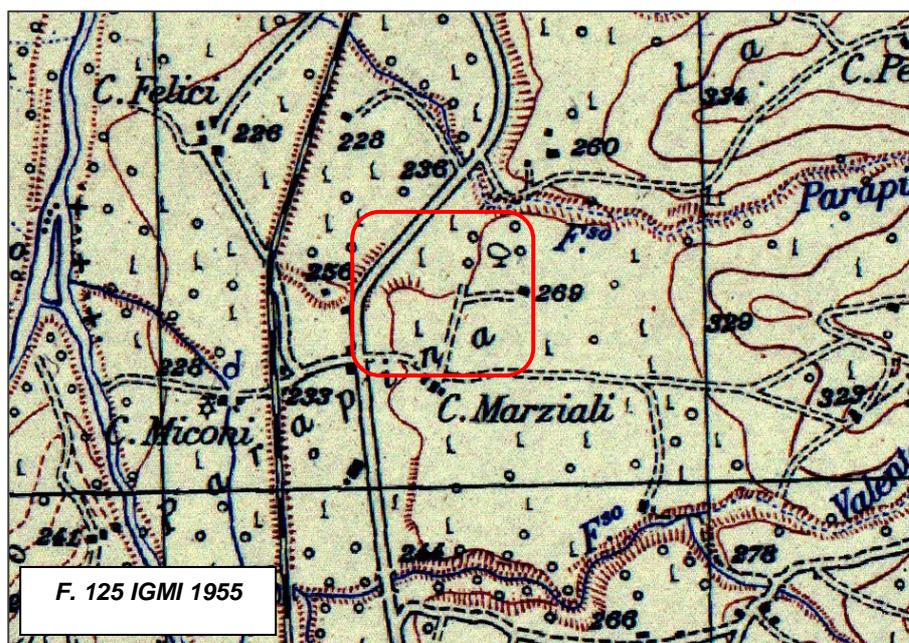
Infatti nell'area interessata dalla progettazione, la presenza dei depositi alluvionali terrazzati del Fiume Tenna, di natura prevalentemente ghiaiosi, è stata oggetto nel tempo di una intensa ed estesa attività estrattiva, che ha comportato modifiche sulla morfologia del territorio, solo localmente le ex cave sono state riempite e riprofilate, in altri casi sono ancora da recuperare. Il tracciato interferisce tra il km 2+950 e il km 3+120 con una ex cava e come messo in evidenza dal sondaggio SO14BIS il terreno di riporto che ha colmato l'area scavata, risulta pari a circa 4.5 m, come di seguito riportato nello stralcio del profilo geologico.



- 
**Rip - Terreno di riporto (Attuale e Recente)**  
 Terreno di riempimento antiche cave.
  
- 
**MUS<sub>bn</sub> - Deposito alluvionale terrazzati (Olocene)**  
 Deposito alluvionale terrazzato di 4° ordine, di natura:
  - ghiaioso-sabbioso, ghiaie poligeniche a matrice sabbiosa con intercalazioni lenticolari/tabulari di sabbia;
  - sabbioso-limoso.
  
- 
**MTI<sub>bn</sub> - Deposito alluvionale terrazzato (Pleistocene superiore)**  
 Deposito alluvionale terrazzato di 3° ordine, di natura:
  - ghiaioso-sabbioso, ghiaie poligeniche a matrice sabbiosa con intercalazioni lenticolari/tabulari di sabbia;
  - sabbioso-limoso.
  
- 
**FAA/FAA<sub>3</sub> - Formazione delle argille azzurre (Pliocene inf. - Pleistocene inf. p.p.)**  
 Successione prevalentemente pelitica da argille marnose grigio-azzurre, fossilifere con rari e sottili strati arenitici (FAA). Localmente si osservano intercalazioni lenticolari delle associazioni arenaceo-conglomeratiche (FAA<sub>3</sub>).

Figura 6- Stralcio del profilo geologico, in corrispondenza dell'ex cava tra il km 2+950 e km 3+120.

Di seguito si riportano per questa area, la cartografia IGM del 1955 prima dell'inizio dell'attività estrattiva e la CTR del 1988 prima dell'apertura della cava e le foto aeree del 1978, 2004 e 2013 (<https://giscartografia.regione.marche.it>) a testimonianza delle modifiche apportate dall'uomo al territorio e alla morfologia del sito.



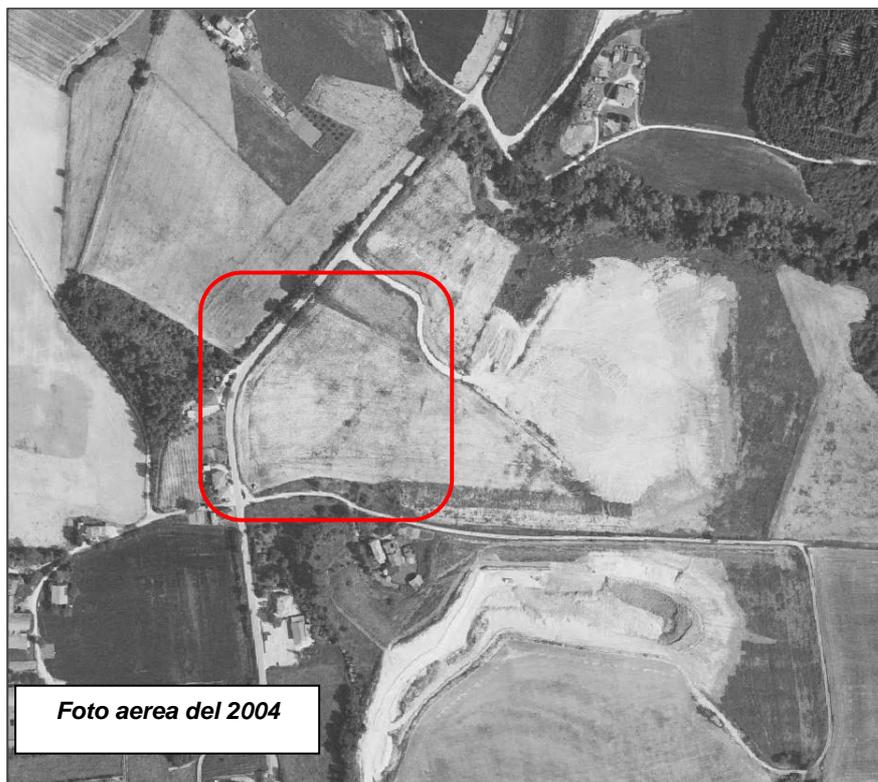
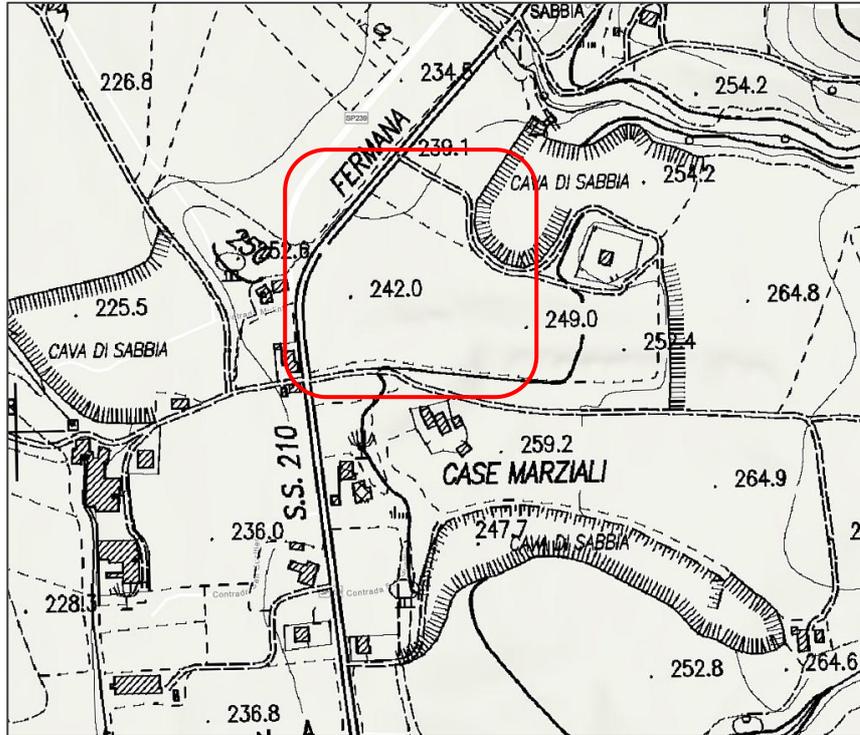


Foto aerea del 2004



*Figura 7- Cartografie e foto aeree relative all'attività di estrazione delle ghiaie, in corrispondenza dell'ex cava tra il km 2+950 e km 3+120.*

Per completezza, di seguito si riportano le informazioni fornite dalla Regione Marche – Attività Estrattive che identifica la cava (ID 372) come inattiva e di proprietà degli Eredi Marziali

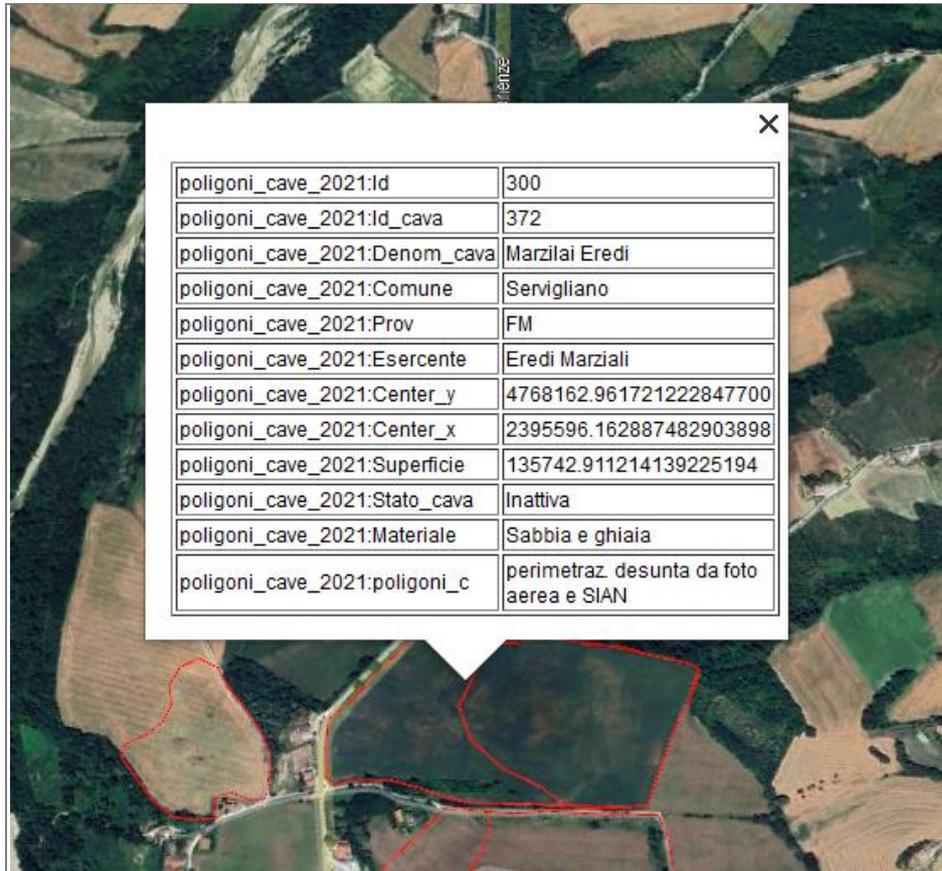


Figura 8- Cartografie Regione Marche – Attività Estrattive con indicazioni relative all'ex cava.

La cava in oggetto è stata autorizzata con L.R.71/1997 ed ha iniziato l'attività di estrazione della sabbia e ghiaia il 3/11/1997 ed ha cessato l'attività il 31/5/2000.

Nell'area oggetto di studio, in corrispondenza del tracciato in progetto, durante il rilievo di campagna non si sono rinvenuti segni o elementi riconducibili a dissesti e forme di instabilità.

Nell'area studiata, la dinamica dei versanti risulta poco attiva, come evidenziato anche dalla cartografia dell'IFFI di seguito riportata.

Per ulteriori informazioni si fa riferimento alle tre tavole dell'elaborato "T03GE01GEOCG04-05-06 Carta Geomorfologica".

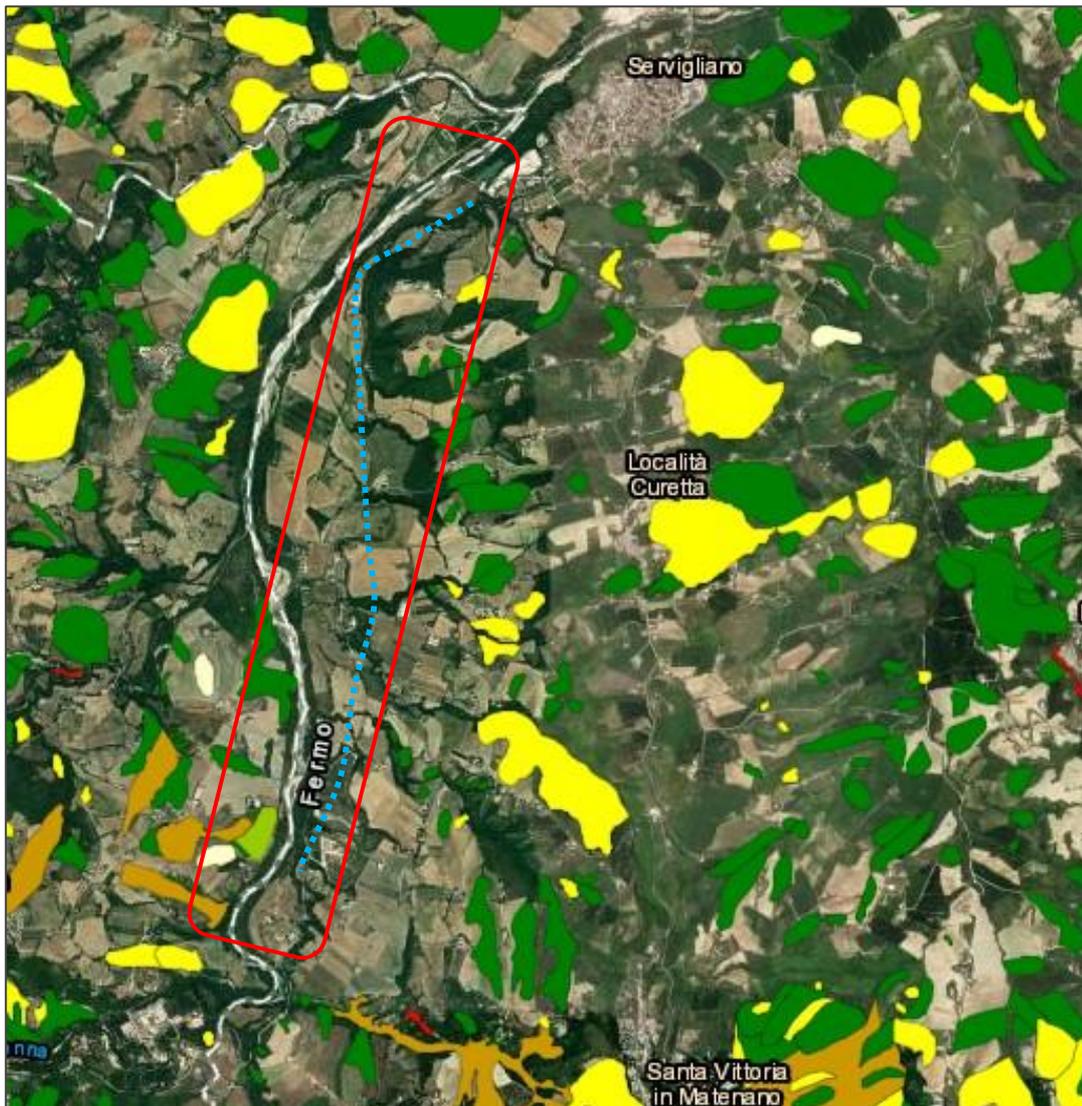


Figura 9- Inventario delle frane IFFI (Inventario Fenomeni Franosi Italiani) presenti nell'area interessata dal tracciato stradale.

### 5.3 VERIFICHE CARTOGRAFIE DELL'AUTORITA' BACINO DISTRETTUALE APPENNINO CENTRALE

La zona di studio ricade interamente all'interno dell'area di pertinenza del Piano di Assetto Idrogeologico dei bacini marchigiani.

Nell'ambito del PAI sono identificati e descritti i criteri di pericolosità idraulica e di instabilità geomorfologica, finalizzati alla redazione di strumenti di pianificazione per la salvaguardia del territorio. Le indicazioni del PAI, riconducibile al Distretto Idrografico dell'Appennino Centrale e di pertinenza sono state recepite nel corso del presente studio, al fine di permettere la corretta valutazione delle eventuali interferenze e condizioni di rischio potenziale con l'area oggetto di intervento.

Dall'analisi dei dati emerge che l'intera area in studio non ricade in zone soggette a pericolosità idraulica e pericolosità da frana, come evidenziato nelle figure seguenti.

Per quanto concerne il **rischio geomorfologico**, in prossimità del tracciato stradale in progetto non si individuano aree a rischio frane.

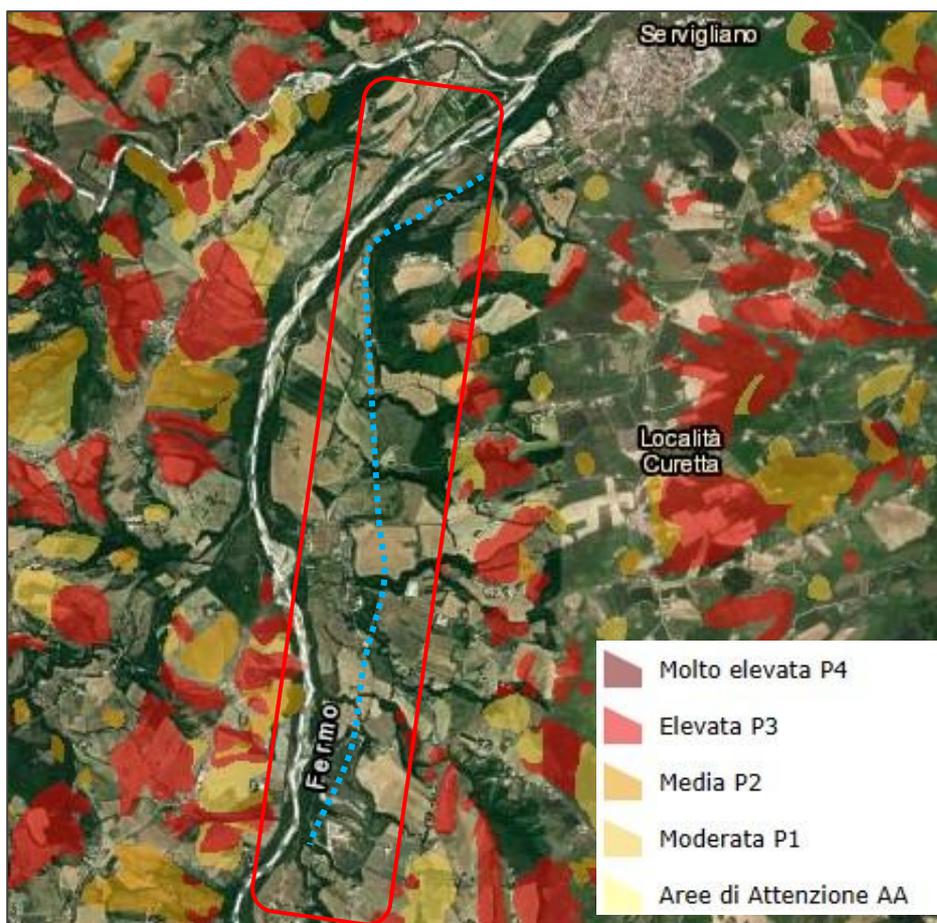


Figura 10- Mappa della pericolosità delle aree potenzialmente interessate da frane (PAI).

Per quanto concerne il **rischio idraulico** nella mappa del P.A.I. risulta essere moderato "R1" e quindi, vista la criticità presente nell'ambito del progetto, è stata effettuata una verifica idraulica per un tempo di ritorno 200 anni.

Dalle analisi idrauliche condotte e riportate nell'elaborato T03\_ID00\_IDR\_RE03 non sussiste interferenza fra il tracciato di progetto ed eventuali zone di espansione della piena duecentennale del Fiume Tenna evidenziando come, in caso di materializzazione dello scenario previsto, non sia necessario proteggere l'infrastruttura di progetto dalla piena attesa di seguito riportata.

Di seguito si riporta la planimetria per il confronto delle aree di esondazione del P.A.I. e quella simulata con  $Tr=200$  anni.

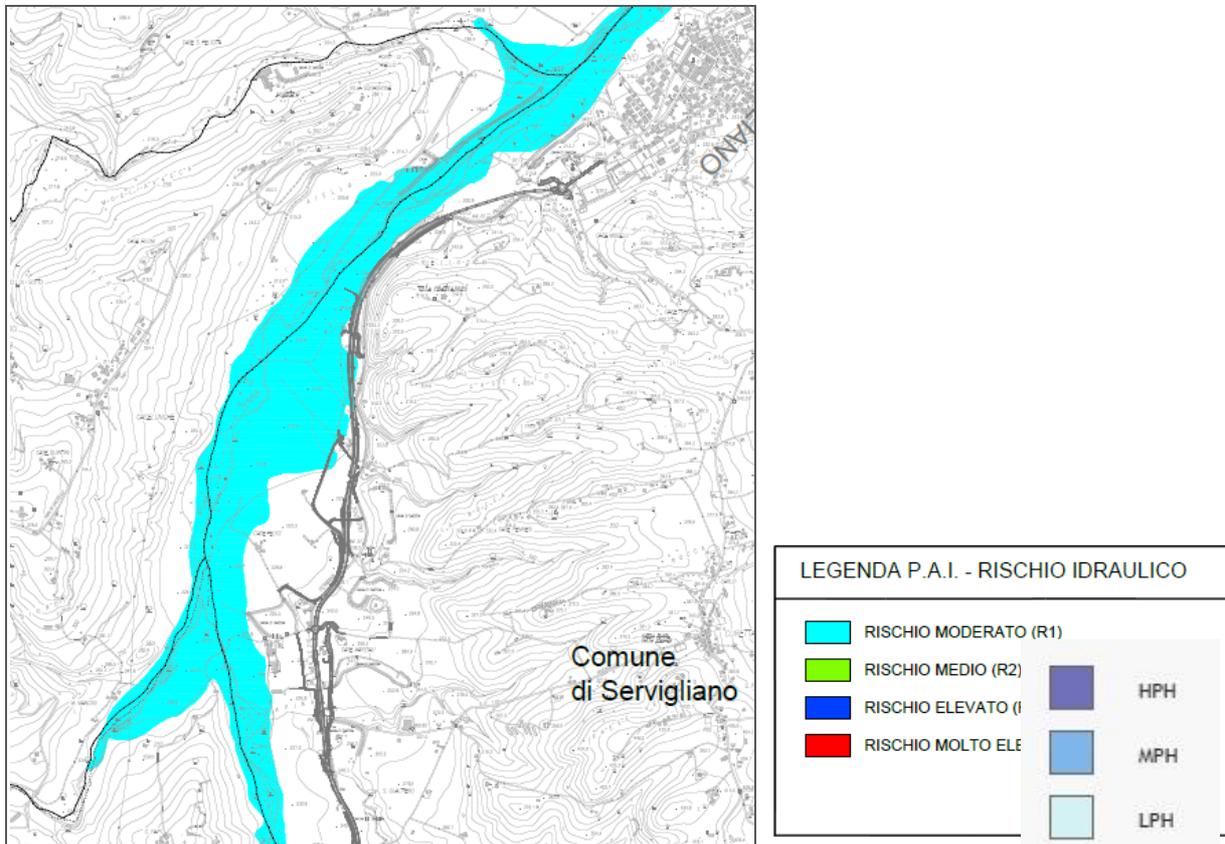


Figura 11- Carta del rischio idraulico del P.A.I. (Foglio RI65a) Autorità Bacino distrettuale Appennino Centrale (ex Bacini regionali Marche)

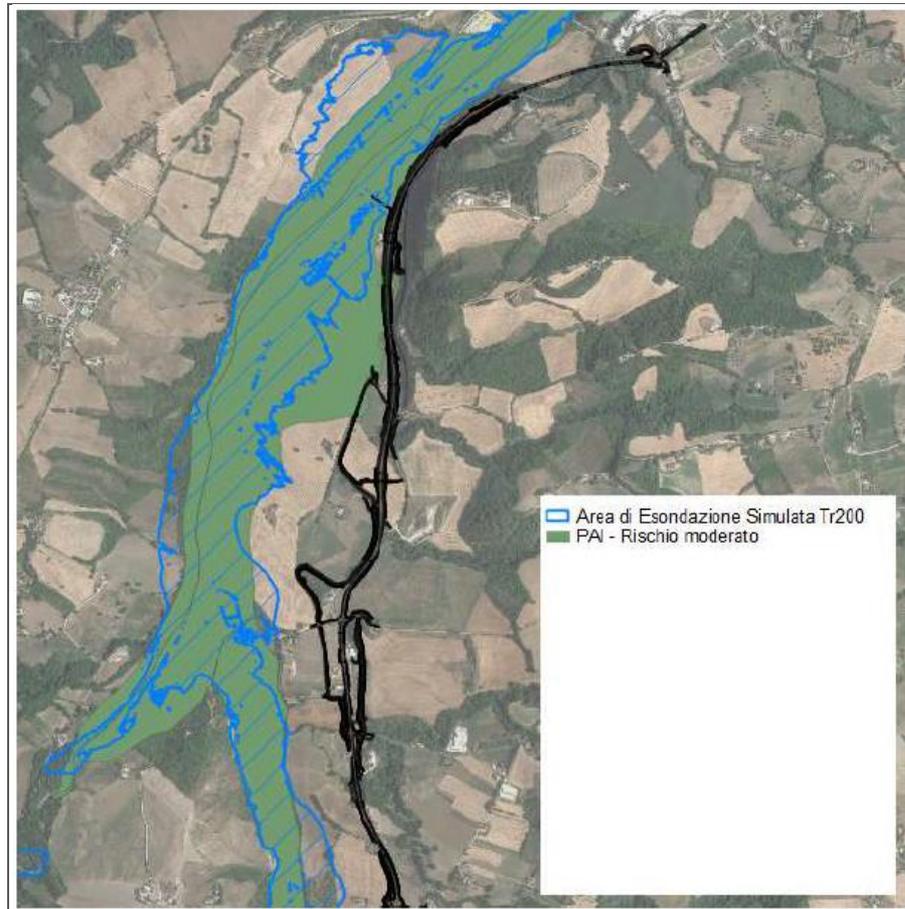


Figura 12- Carta del rischio idraulico del P.A.I. a confronto con quella simulata Tr200 ed il tracciato in progetto.

## 6. ASPETTI IDROGEOLOGICI

La circolazione profonda delle acque nel substrato è limitata, come limitate sono le falde e le sorgenti relative. La circolazione in prevalenza si imposta nei corpi arenacei, sabbiosi e conglomeratici della Formazione delle Argille Azzurre che fungono da acquiferi mentre gli acquicludi sono rappresentati dai sedimenti pelitici.

Gli acquiferi consistenti sono ospitati nei depositi alluvionali dell'Olocene e del Pleistocene superiore, con una bassa soggiacenza che determina un alto rischio di vulnerabilità delle numerose attività antropiche esistenti e connesse prevalentemente all'attività estrattiva.

Il monitoraggio dei punti d'acqua (piezometri, pozzi e sorgenti) ha messo in evidenza un livello della falda nel tratto iniziale, nella piana del F. Tenna, posizionato a circa 2 metri dal piano campagna mentre nel tratto collinare l'acquifero si rinviene a quote comprese tra 8 e 17 metri. Il drenaggio rilevato è da sud-est verso nord-ovest mentre l'alimentazione degli acquiferi è dovuta sia alle precipitazioni e alle acque fluviali ma anche dagli apporti del substrato.

Nel tratto tra le progressive km 2+000 e km 2+300 la falda risulta essere sub affiorante a circa 1.20 m – 1.50 m dal piano campagna e localmente anche in pressione, tale da risalire a +1.20 m oltre il piano campagna come rilevato nel sondaggio SO12. Tale criticità è verosimilmente connessa all'apporto delle acque sotterranee dal complesso delle Argille Azzurre (arenarie) che da monte confluiscono nel complesso dei depositi alluvionali determinando un sovraccarico idraulico e di conseguenza l'area risulta costantemente umida e a luoghi paludosa anche durante la stagione estiva.

### 6.1 COMPLESSI IDROGEOLOGICI

I complessi idrogeologici riconosciuti sono di seguito riportati e descritti, comunque si fa contestualmente riferimento alla carta idrogeologica allegata al progetto ed identificata con le tre tavole "T03GE01GEOCG07-08-09 Carta Idrogeologica".

- C1 - Complesso dei depositi eluvio-colluviali (MUS<sub>b2</sub>): Depositi costituiti da terreni con granulometria da argilloso-limosa a limoso-sabbiosa a bassa permeabilità. Sono caratterizzati da falde sostenute da argille e argille marnose del substrato plio-pleistocenico. Le falde presenti hanno una forte escursione stagionale e l'alimentazione è principalmente da apporto meteorico e in alcuni casi dai corpi idrici del sub-

strato. La vulnerabilità potenziale degli acquiferi di tale complesso è alta e la pericolosità è legata principalmente all'attività agricola.

- C2 - Complesso dei depositi fluviali e delle pianure alluvionali (C2a: MUS<sub>b</sub>, C2b: MUS<sub>bn</sub> e MTI<sub>bn</sub>): Tale complesso è formato essenzialmente dai depositi alluvionali attuali e recenti (C2a) ed antichi (C2b) delle pianure alluvionali, costituiti da corpi ghiaiosi, ghiaioso-sabbiosi e ghiaioso-limosi, con intercalate lenti di estensione e spessore variabili, argilloso-limose e sabbioso-limose, più frequenti in prossimità della costa. Nella parte medio-alta delle pianure gli acquiferi di subalveo sono caratterizzati da falde monostrato a superficie libera, la trasmissività dei depositi ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi varia da  $1.5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$  e  $9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ , la permeabilità primaria da  $7 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$  e  $2 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ . L'escursione media della piezometria raramente supera 1-2 metri. L'alimentazione degli acquiferi è dovuta alle precipitazioni, alle acque fluviali e agli apporti del substrato. La vulnerabilità potenziale è estremamente elevata così come la pericolosità specialmente in zone urbanizzate.
- C3 - Complesso delle argille marnose, marne argillose con intercalate arenarie e conglomerati (FAA, FAA<sub>2</sub>, FAA<sub>3</sub> e FAA<sub>4e</sub>): Le argille marnose costituiscono il substrato impermeabile degli acquiferi delle pianure alluvionali e di quelli presenti nei depositi eluvio-colluviali di fondovalle. I corpi arenacei e conglomeratici, con spessori variabili e che tendono a chiudersi a lente nelle peliti, creano le condizioni per la formazione di acquiferi confinati. Si rilevano quindi sorgenti sia a regime stagionale che perenne con portate che possono superare anche 1 l/s. Il regime delle sorgenti è tipico dei bacini poco profondi con modesti volumi immagazzinati e con una circolazione veloce. L'alimentazione è dovuta principalmente all'apporto meteorico e in alcuni casi alle acque superficiali dei torrenti che insistono sui corpi arenacei. La vulnerabilità delle sorgenti è alta a causa degli apporti diretti delle piogge così come la vulnerabilità potenziale di inquinamento nelle zone urbanizzate e nelle aree interessate da pratiche agricole.

## 6.2 PIEZOMETRIA

Durante le due campagne geognostiche, realizzate nel 2022 e nel 2023, in n. 17 fori di sondaggio sono stati installati tubi piezometrici sia di tipo sia a Tubo Aperto (n.15) e sia Casagrande (n.2). Nel periodo compreso tra i mesi di aprile e settembre 2023 è stato eseguito un monitoraggio del livello acquifero, le cui misure sono riportate di seguito nelle tabelle:

- Piezometri installati nel 2022 (Progetto PFTE)

SONDAGGIO	TIPO PIEZOMETRO	TRATTO FESSURATO (m dal pc)	CELLA CASAGRANDE (m dal pc)	26/04/2023 (m dal pc)	24/05/2023 (m dal pc)	28/07/2023 (m dal pc)	10/8/2023 (m dal pc)	1/9/2023 (m dal pc)	NOTE
S2 PZ	T.A.	3,00-20,00		9,30	8,92	92,00		9,47	
S3 PZ	T.A.	3,00-20,00		10,45	10,20	10,55		10,89	
S5 PZ	CASAGRANDE		20,00	6,69 6,40	6,45 6,20	7,90 7,85	8,23 8,00	7,66 7,69	

- Piezometri installati nel 2023 (Progetto PD+PE)

SONDAGGIO	TIPO PIEZOMETRO	TRATTO FESSURATO (m dal pc)	CELLA CASAGRANDE (m dal pc)	26/04/2023 (m dal pc)	28/04/2023 (m dal pc)	24/05/2023 (m dal pc)	28/07/2023 (m dal pc)	10/08/2023 (m dal pc)	1/9/2023 (m dal pc)	NOTE
SO4	T.A.	3,00-30,00			1,55	2,32	3,72			
SO5	T.A.	2,50-33,25			2,44	1,70	2,5			
SO6	T.A.	23,50-50,25			17,34	17,17	17,26		17,2	
SO7	T.A.	2,50-40,00		9,12		8,47	10,46		10,72	
SO9	T.A.	2,50-30,00				12,90	13,38		13,71	
SO11	T.A.	11,50-20,00				8,10	10,37	10,65	10,9	
SO11BIS	T.A.	0,50-10,00							6,53	
SO12	T.A.	1,50-20,00				+1,15	+0,55	+0,65	+0,50	in pressione
SO13BIS	T.A.	2,50-15,00							2,66	
SO14	Csagrande		20,00			13,50 13,57	13,32 13,15		17,70 13,73	
SO15	T.A.	16,50-20,00				11,80	11,42		11,36	
SO16	T.A.	7,50-20,00				12,70	13,83		14,2	
SO17	T.A.	16,50-20,00				8,45	9,67		10,7	
SO18	T.A.	16,50-20,00				8,25	8,09		8,73	

Sono inoltre stati censiti altri punti d'acqua (una sorgente ed un pozzo) rilevati a ridosso del tracciato stradale in progetto e di seguito riportati:

- Sorgente e Pozzo

Punto d'acqua	Quota (m slm)	26/04/2023 (m dal pc)	24/05/2023 (m dal pc)	28/07/2023 (m dal pc)	2/8/2023 (m dal pc)	1/9/2023 (m dal pc)	NOTE
Sorgente	220,00		0,00 portata 1l/s		0,00 portata 0,5l/s	9,47	
Pozzo	220,80		0,77	1,60		1,62	

I dati piezometrici utilizzati nella progettazione e riportati nel profilo geologico e nella carta idrogeologica sono quelli relativi alle letture di maggio 2023 in quanto considerati più cautelativi (minore soggiacenza) rispetto a quelli dei mesi estivi.

### 6.3 PERMEABILITA' DEI TERRENI

Durante la campagna geognostica del 2023 sono state eseguite n.14 prove Lefranc per la definizione della permeabilità primaria dei terreni presenti. Nel dettaglio n. 4 prove sono state effettuate a carico variabile e n. 10 a carico costante. I valori di conducibilità idraulica sono relativi alla componente orizzontale ( $K_H$ ), in quanto il rapporto tra la lunghezza della tasca di prova ed il diametro del foro è sempre superiore a 3.9.

Di seguito la tabella riassuntiva con i risultati delle prove eseguite.

SINTESI RISULTATI PROVE LEFRANC					
SONDAGGIO	PROVA	TIPOLOGIA	PROFONDITA' (m da p.c.)	k (m/s)	k (cm/s)
S-01	LF-01	a carico variabile	6.00÷6.50	3.34E-09	3.34E-07
S-03	LF-01	a carico costante	6.00÷6.50	5.34E-05	5.34E-03
S-04	LF-01	a carico costante	4.00÷4.50	>4.11E-04	>4.11E-02
S-05	LF-01	a carico costante	3.50÷4.00	>4.61E-04	>4.61E-02
	LF-02	a carico costante	7.50÷8.00	3.39E-05	3.39E-03
S-06	LF-01	a carico costante	6.00÷7.00	5.34E-05	5.34E-03
	LF-02	a carico costante	27.00÷28.00	7.33E-06	7.33E-04
S-07	LF-02	a carico costante	9.00÷9.50	4.07E-05	4.07E-03
S-08	LF-01	a carico costante	6.50÷7.00	8.35E-05	8.35E-03
S-09	LF-01	a carico variabile	4.50÷5.50	2.16E-07	2.16E-05
	LF-02	a carico variabile	7.50÷8.50	8.84E-08	8.84E-06
S-010	LF-02	a carico costante	7.50÷8.00	1.06E-04	1.06E-02
S-013	LF-01	a carico costante	8.00÷8.50	5.88E-05	5.88E-03
S-013bis	LF-01	a carico variabile	5.50÷7.50	4.28E-08	4.28E-06

Associando tal valori ai diversi depositi in cui sono state eseguite le prove, risulta che:

- Formazione MUS<sub>bn</sub>: la permeabilità per la facies granulare è nell'ordine di  $10^{-4} \div 10^{-5}$  m/s mentre la facies fine è nell'ordine di  $10^{-8}$  m/s;
- Formazione MTI<sub>bn</sub>: la permeabilità per la facies granulare è nell'ordine di  $10^{-5}$  m/s mentre la facies fine è nell'ordine di  $10^{-7}$  m/s;
- Formazione FAA: la permeabilità per la facies fine è nell'ordine di  $10^{-8} \div 10^{-9}$  m/s.

## 7. ELEMENTI DI SISMICA

I paragrafi seguenti riportano una descrizione della sismicità storica del territorio esaminato ed un inquadramento riferito agli assetti normativi in vigore. I dati di base utili per la definizione degli elementi di sismica generale dell'area in esame sono stati ricavati dalle pubblicazioni e data base di settore disponibili presso le Istituzioni ed Enti di riferimento (INGV, ISPRA, Regione Marche), prevalentemente su siti web, secondo quanto indicato e richiamato nel testo.

### 7.1 SISMICITA' STORICA

Con riferimento all'analisi della sismica storica del territorio interessato dai comuni di Servigliano (FM) e Santa Vittoria in Matenano (FM), vengono esaminati i dati riportati nel DBMI15 (INGV, gennaio 2022). Il Database Macrosismico Italiano DBMI fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani nella finestra temporale 1000-2021, le cui fonti provengono da studi di autori ed enti diversi. I dati di intensità macrosismica (MDP, Macroseismic Data Point) sono raccolti e organizzati da DBMI per diverse finalità. La principale è fornire una base di dati per la determinazione dei parametri epicentrali dei terremoti (localizzazione e stima di magnitudo) per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI). L'insieme di questi dati consente inoltre di elaborare le "storie sismiche" di migliaia di località italiane, vale a dire l'elenco degli effetti di avvertimento o di danno, espressi in termini di gradi di intensità, osservati nel corso del tempo a causa di terremoti. E' bene precisare che l'Intensità macrosismica (Is) definisce gli effetti di un terremoto sulle costruzioni, sull'uomo e sull'ambiente, classificandoli in dodici gradi attraverso la scala Mercalli: in tale contesto, quindi, l'intensità non rappresenta una misura dell'energia del terremoto, bensì del grado di danneggiamento, che tiene conto, principalmente, non della violenza dello scuotimento ma delle caratteristiche degli edifici e della densità di popolazione. Si riportano di seguito i grafici inerenti le intensità macrosismiche registrate dal 1898 al 2006 al Comune di Servigliano e dal 1639 al 2017 al Comune di Santa Vittoria in Matenano mentre non è indicato l'elenco dettagliato a causa del elevato numero di eventi, comunque consultabili sul sito <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>.

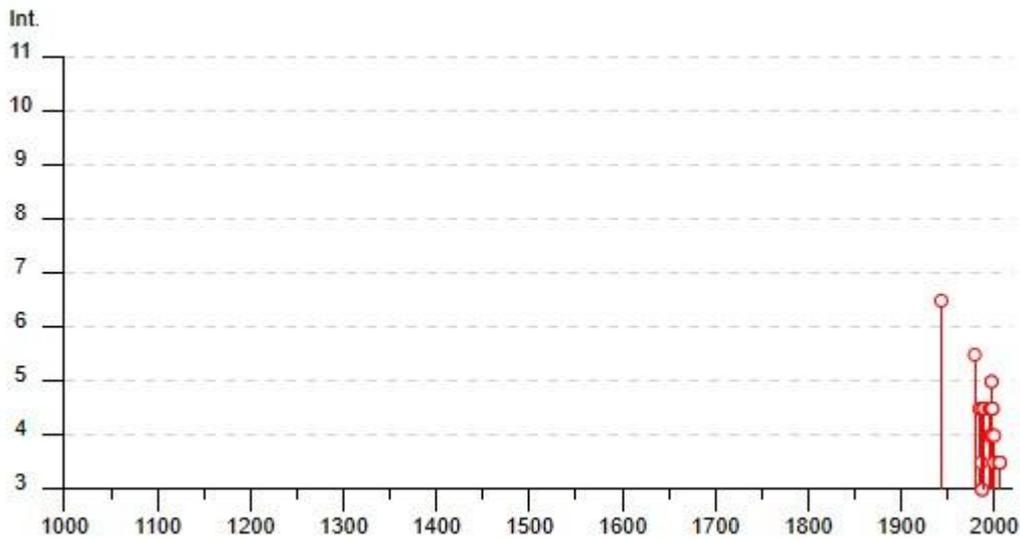


Figura 13-Intensità macrosismiche nel comune di Servigliano (FM).

Le intensità sismiche massime osservate per il Comune di Servigliano hanno raggiunto IS=6-7 e 5-6 rispettivamente per l'evento del 1943 e del 1979; le aree epicentrali sono collocate principalmente nell'Ascolano e in Valnerina.

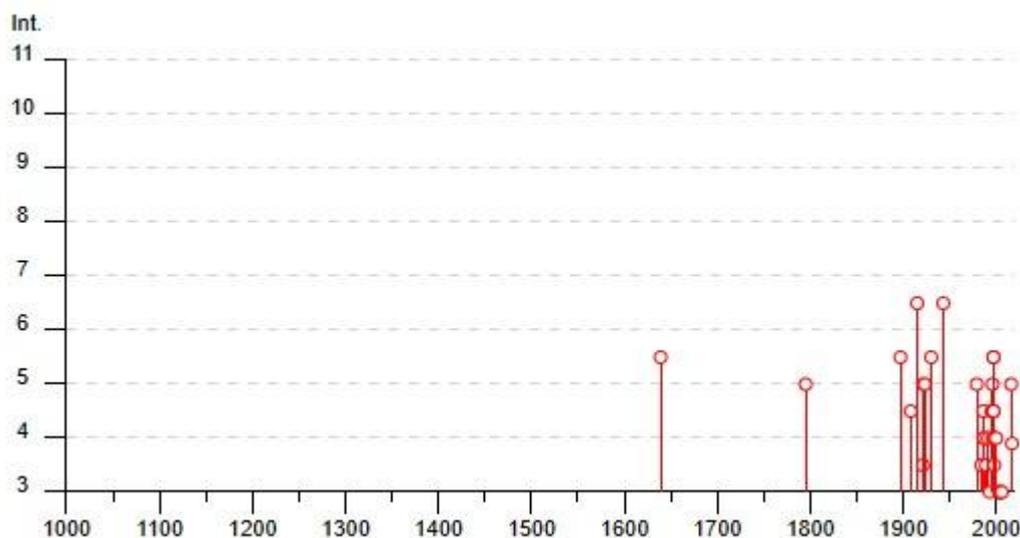


Figura 14-Intensità macrosismiche nel comune di Santa Vittoria in Matenano (FM).

Le intensità sismiche massime osservate per il Comune di Santa Vittoria in Matenano hanno raggiunto IS=6-7 e 5-6 rispettivamente per l'evento del 1915 e del 1997; le aree epicentrali sono collocate principalmente nella Marsica e nell'Appennino Umbro-Marchigiano.

## 7.2 SISMICITA' RECENTE (1985-2023)

Per quanto concerne i sismi che possono aver interessato l'area in studio, dal 1985 a novembre 2023, è stato esaminato database ISIDE (INGV, 2021), considerando una sismicità di magnitudo  $\geq 3$  per un'estensione di circa 30 km dal sito di interesse progettuale. In tale ambito sono incluse la maggior parte delle aree epicentrali dei terremoti descritti al paragrafo precedente.

Il Data Base, accessibile pubblicamente, individua i parametri dei terremoti localizzati in tempo reale durante il servizio di sorveglianza sismica e i parametri ipocentrali rivisti giornalmente dagli analisti dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Centro Nazionale Terremoti) pubblicati nel Bollettino Sismico italiano.

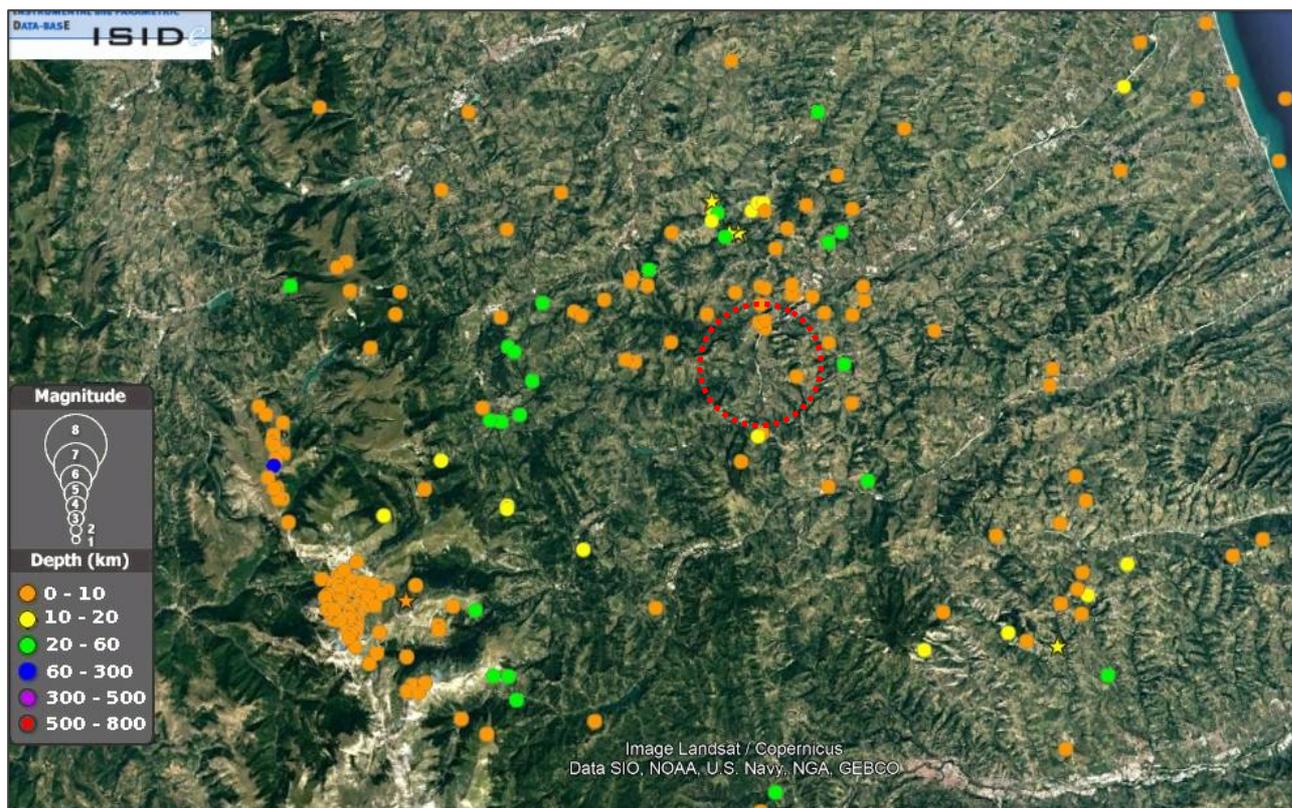


Figura 15- Distribuzione dei terremoti localizzati in tempo reale dall'INGV Centro Nazionale dei Terremoti in un raggio di 30 km dal Comune di Servigliano (periodo: gennaio 1985 – novembre 2023).

Dall'analisi dei dati si osservano le seguenti aree sorgenti principali:

- Lungo l'arco appenninico dei Monti Sibillini;
- Lungo la zona pedecollinare con direzione NE-SW a nord dell'area di Servigliano.

In generale le profondità sono per la maggior parte entro i 10 km e le magnitudini più rappresentate sono minori di 4.0, con valori massimi di 4.1 registrati nella zona di Monte Falerone e Montapone (FM).

Nella seguente immagine sono evidenziati i terremoti registrati nell' area più prossima al sito interessato dalla presente progettazione:

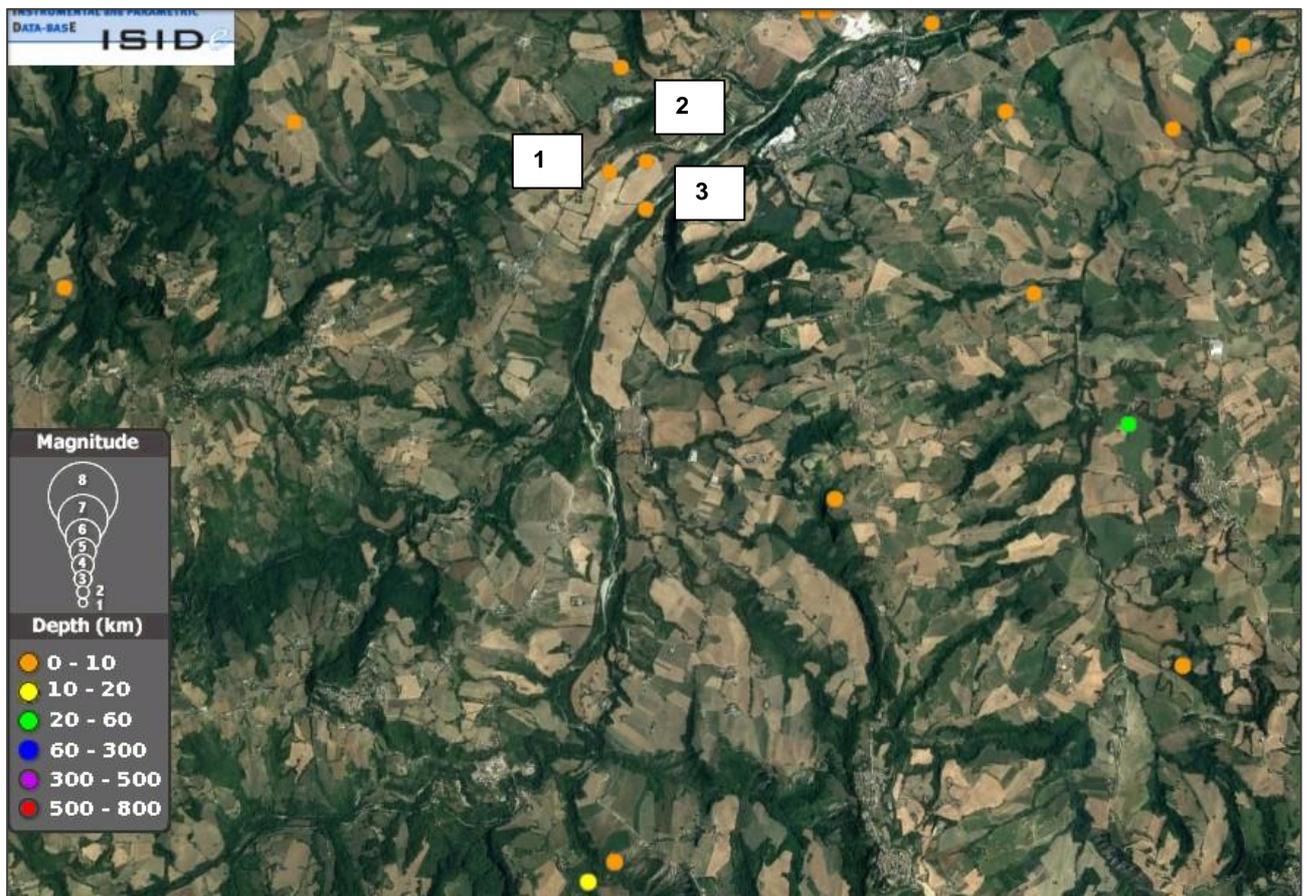


Figura 16- Database ISIDE: dettaglio della distribuzione dei terremoti nel periodo 1985-2023 vicini all'area di interesse progettuale.

I tre eventi segnalati più prossimi all'area di intervento hanno le seguenti caratteristiche:

ID	Magnitudo	Profondità (km)	Data (UTC)
1	3.0	5.0	6/8/1991
2	3.4	5.0	22/1/1996
3	3.1	5.0	27/2/1996

### 7.3 FAGLIE ATTIVE E CAPACI

Il termine “faglie capaci” è utilizzato per descrivere le faglie “sismiche” con indizi di attività negli ultimi 40.000 anni potenzialmente “capaci” di produrre deformazioni in superficie.

La riattivazione di faglie capaci è in grado di produrre fenomeni di neoformazione (ecosismi) che possono formarsi in superficie nelle aree epicentrali, in concomitanza con eventi sismici di intensità elevata, in genere  $\geq$  VIII-IX grado della scala ESI2007.

La presenza di faglie capaci nel territorio oggetto di studio è stata verificata consultando il catalogo delle faglie capaci ITHACA “*ITaly HAZard from Capable faults*”, disponibile on-line all’indirizzo <http://sgj2.isprambiente.it/mapviewer/>.

Il data base del Progetto ITHACA, raccoglie tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali.

Nella seguente figura si riporta uno stralcio planimetrico della distribuzione delle faglie capaci del Progetto ITHACA relativamente all'areale contenente gli interventi in oggetto.

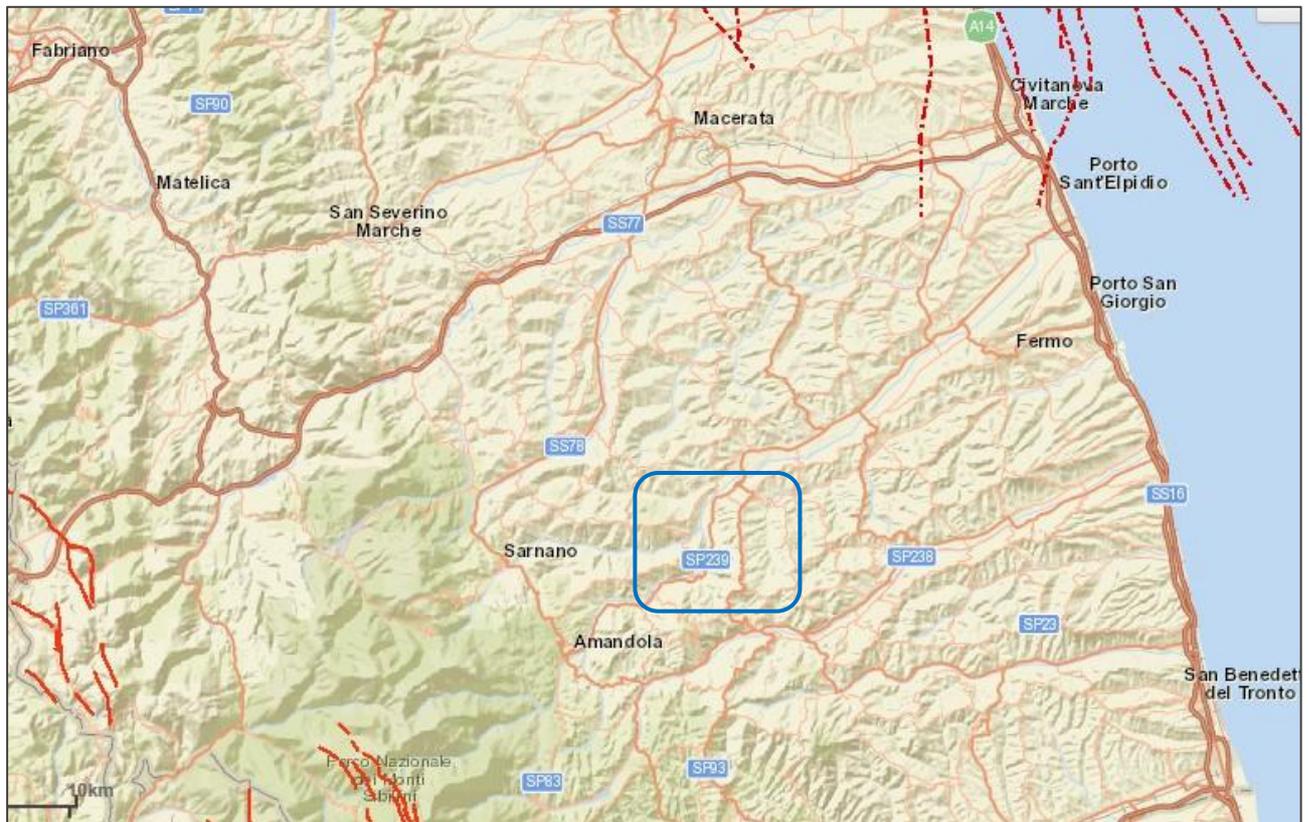


Figura 17- Distribuzione faglie capaci "Progetto ITHACA".

Dalla figura si evince la completa assenza, nei pressi del sito oggetto di intervento, di faglie capaci, le più vicine distano circa 20-25 km e si posizionano a nord-ovest nell'area costiera di Porto Sant'Elpidio – Civitanova Marche, nel Mare Adriatico e a sud-est sui Monti Sibillini.

## 7.4 STRUTTURE SISMOGENETICHE

Benché le moderne investigazioni della sismotettonica regionale siano iniziate più di 30 anni fa, la conoscenza delle sorgenti sismogenetiche è ancora incerta. Questo dipende soprattutto dal fatto che l'attività tettonica è collegata ai movimenti di sistemi di faglie cieche, le cui caratteristiche (es. lunghezza del singolo segmento, entità del scivolamento ecc.) non può essere definita solamente attraverso la classica analisi geomorfologica. Molti dati sulle sorgenti sismogenetiche derivano dall'applicazione di algoritmi che permettono di definire la geometria della sorgente dai dati puntuali di distribuzione dell'intensità dei terremoti storici. L'identificazione di tali sorgenti, concisamente definite silenti, permette di definire le aree potenzialmente affette da un alto livello di pericolosità sismica.

La figura seguente evidenzia le aree sismogenetiche prossime alla zona di studio (poligoni color marrone), definite quali proiezione in superficie dei sistemi di strutture sismogenetiche ritenuti attivi, caratterizzabili da un punto di vista geometrico e parametrico in maniera coerente con le sorgenti sismogenetiche incluse (poligoni color arancione chiaro).

Con riferimento al "Database of Individual Seismogenic Sources - DISS 3.3.0" l'area interessata dal progetto ricade al margine dell'area sismo genetica della sorgente composta denominata "ITCS020 Marche meridionali".

Questa sorgente composta si trova a cavallo della regione Marche, dalla città di Macerata (a nord-ovest) verso Teramo (a sud-est) e costituisce la parte più meridionale della spinta esterna dell'Appennino Umbro-Marchigiano. Questo fronte è un sistema di faglie vergenti da E a NE al confine orientale della catena dell'Appennino settentrionale, parallelo alla costa marchigiana.

**La massima magnitudo attesa per questa sorgente sismogenetica è elevata e pari a Mw=6.9.**

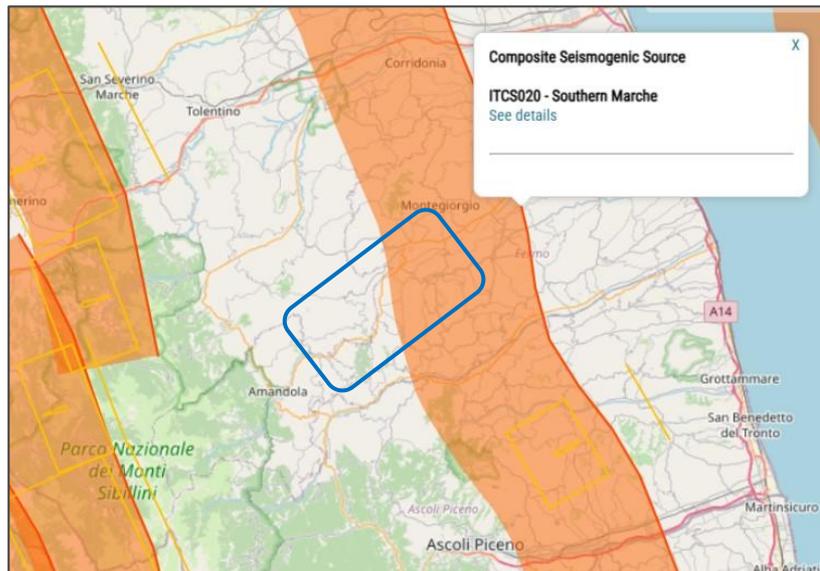


Figura 18- Mappa delle aree sismogenetiche di interesse (Fonte: Database of Individual Seismogenic Sources DISS 3.3.0).

PARAMETRIC INFORMATION			
Parameter		Quality	Evidence
Min depth [km]	3.5	LD	Based on geological data from Bigi et al. (2013).
Max depth [km]	11.0	LD	Based on geological data from Bigi et al. (2013).
Strike [deg] min... max	140...175	LD	Based on geological data from Fantoni and Franciosi (2010).
Dip [deg] min... max	25...35	LD	Based on geological data from Bigi et al. (2013).
Rake [deg] min... max	80...100	EJ	Inferred from regional tectonic considerations.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1500... 0.4000	OD	Derived from restoration of base of Pleistocene horizon.
Max Magnitude [Mw]	6.9	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement

Figura 19- Tabella riassuntiva con i dati parametrici della sorgente composta "ITCS020 Marche Meridionali"

## 7.5 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Negli ultimi anni si sono succeduti diversi provvedimenti normativi ed amministrativi per la definizione delle caratteristiche di pericolosità sismica locale.

Dal 1999 al 2003, la classificazione sismica del territorio nazionale era riconducibile alla mappa di classificazione sismica prodotta dal Gruppo di Lavoro (GdL, 1999), istituito dal Servizio Sismico Nazionale su indicazione della Commissione Grandi Rischi della Protezione Civile.

L'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri OPCM 3274/2003 ha rappresentato una prima risposta alla necessità di aggiornare gli strumenti normativi per la riduzione del rischio sismico. Con tale strumento si sono stabiliti i criteri per l'individuazione delle zone sismiche introducendo la nuova classificazione sismica dei comuni italiani (successivamente integrati e aggiornati dall'OPCM 3519/2006) ed abbandonando così la precedente terminologia di "categorie sismiche". L'intero territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone sismiche sulla base di un differente valore dell'accelerazione di picco  $a_g$  su terreno a comportamento rigido, derivante da studi predisposti dall'INGV-DPC. Uno dei cambiamenti fondamentali apportati dalla normativa è stata l'introduzione della zona 4; procedendo in questo modo tutto il territorio italiano viene definito come sismico, poiché di fatto, sparisce il territorio "non classificato", che diviene zona 4, nella quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.

	Caratteristiche	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g$ )
Zona 1	E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$0.25 < a_g < 0,35$
Zona 2	Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0.15 < a_g \leq 0.25$
Zona 3	I comuni interessati in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti.	$0.05 < a_g \leq 0.15$
Zona 4	E' la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse.	$a_g \leq 0.05$

Con la successiva ordinanza OPCM 3519/2006 è stata adottata la mappa di pericolosità sismica di riferimento nazionale (INGV, 2004), e sono state stabilite nuove disposizioni per l'individuazione a livello regionale delle zone sismiche su base probabilistica. I nuovi criteri per la determinazione della classificazione sismica individuano 12 fasce e sono basati, (innovando le disposizioni del precedente OPCM 3274/2003) su valori delle accelerazioni massime al suolo con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi. Tale classificazione è quindi basata su un'approssimazione dei valori e della distribuzione del parametro  $a_g$  secondo i limiti amministrativi (criterio "zona dipendente").

Nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, le Regioni hanno inoltre riclassificato il proprio territorio in termini di livello di pericolosità, o mantenendo le quattro zone nazionali o adottando tre sole zone (zona 1, 2 e 3) e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità.

Qualunque sia stata la scelta regionale, a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido ( $a_g$ ). Allo stato attuale, tale valore di pericolosità di base non ha diretta influenza sulla progettazione. Infatti, con

l'entrata in vigore delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008 e succ. DM 17/01/2018) la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto (accelerazione del moto del suolo, intensità al sito, spettro di sito) avviene direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (riportato nella tabella 1 dell'Allegato B delle stesse NTC), indipendentemente dai limiti amministrativi comunali (criterio "zona dipendente").

Qualunque sia stata la scelta regionale, a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (ag).

Di seguito si riporta uno stralcio della mappa di "Classificazione Sismica" pubblicata dalla Protezione Civile (marzo 2023).



Figura 20- Classificazione Sismica al 2023 (Dipartimento di Protezione Civile, Ufficio rischio sismico e vulcanico).

La normativa nazionale è stata recepita dalla Regione Marche con DGR n°1142 del 9/9/2022 "Aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche della Regione Marche". In conformità a tale normativa, il comune interessato dal progetto ricade nella seguente classe:

Regione	Provincia	Codice Istat	Comune	Classificazione
Marche	Fermo	044069	Servigliano	2
		109036	Santa Vittoria in Matenano	2

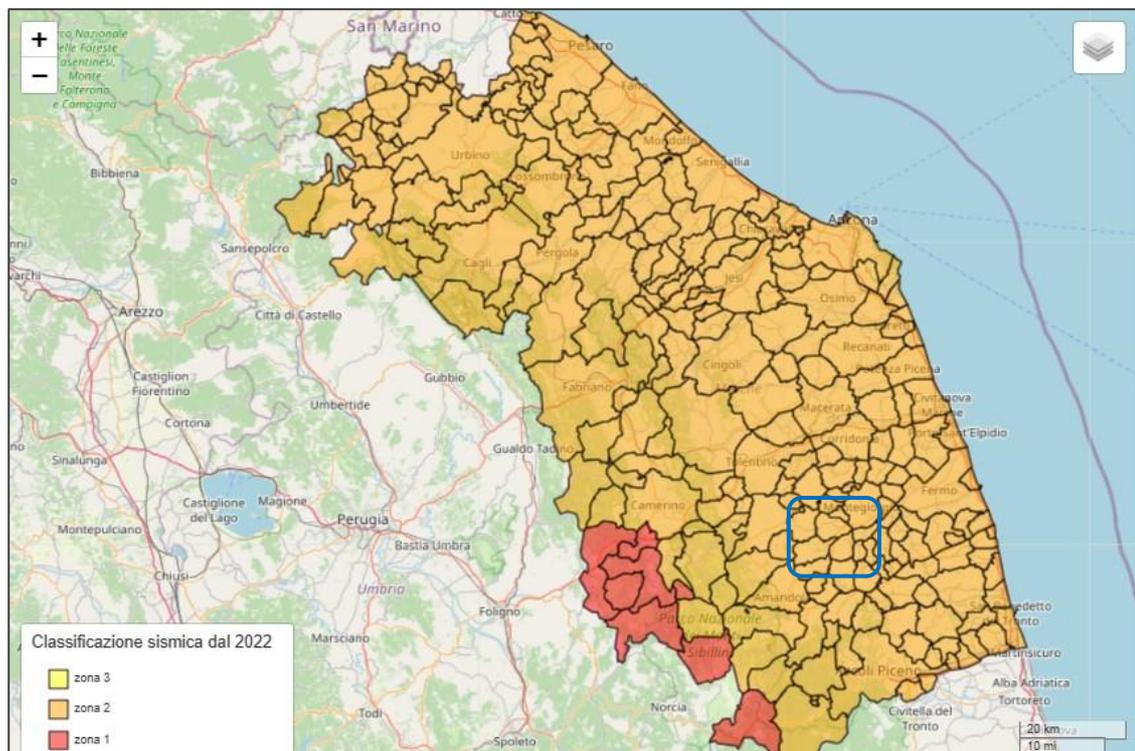


Figura 21- Aggiornamento della classificazione sismica della Regione Marche DGR n°1142 del 9/9/2022.

## 7.6 MAPPA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

Con riferimento al sito di interesse progettuale, e utilizzando la mappa di pericolosità sismica fornita da INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>), di seguito si definisce lo scuotimento  $a(g)$  (accelerazione orizzontale massima del suolo secondo OPCM 3519/2006) per uno dei punti della griglia di riferimento (disposti a passo  $0.05^\circ$ ) ad esso più prossimi.

Secondo quanto risulta dall'analisi di disaggregazione del nodo ID 23199, per gli interventi nel territorio comunale di Servigliano, il maggiore contributo alla pericolosità per eventi sismici (probabili-

tà di superamento del 10% in 50 anni –  $T_r = 1000$  anni) deriva da terremoti aventi epicentro a una distanza media di 10.8 km e aventi magnitudo media pari a 5.27 Mw.

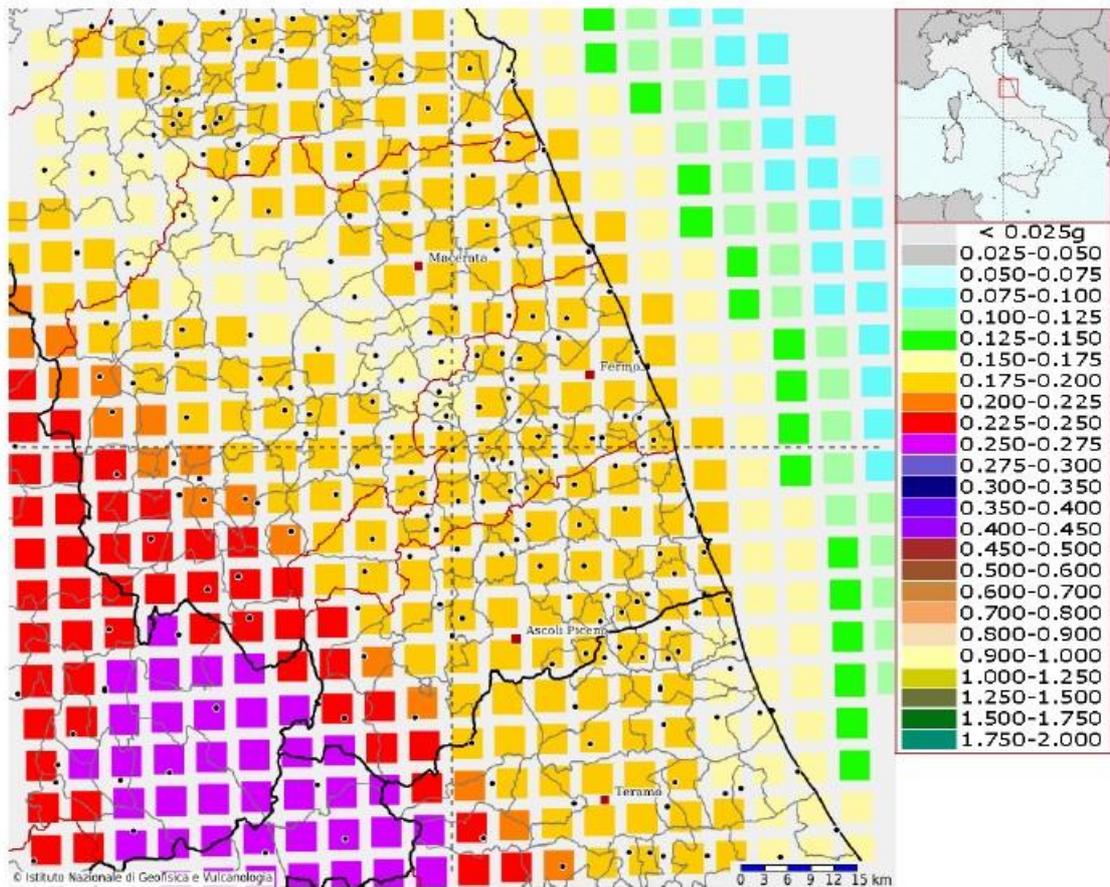
Per l'analisi di disaggregazione del nodo ID 23421, per gli interventi nel territorio comunale di Santa Vittoria in Matenano, il maggiore contributo alla pericolosità per eventi sismici (probabilità di superamento del 10% in 50 anni –  $T_r = 1000$  anni) deriva da terremoti aventi epicentro a una distanza media di 10.9 km e aventi magnitudo media pari a 5.29 Mw.

Per entrambi i comuni, i valori di accelerazione al suolo sono compresi nell'intervallo 0.175 - 0.200 ag, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (categoria A, punto 3.2.2 del D.M. 17.01.2018).

COMUNE DI SERVIGLIANO - Nodo ID:23199

**Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004)**

Informazioni sul nodo con ID: 23199 - Latitudine: 43.085 - Longitudine: 13.490



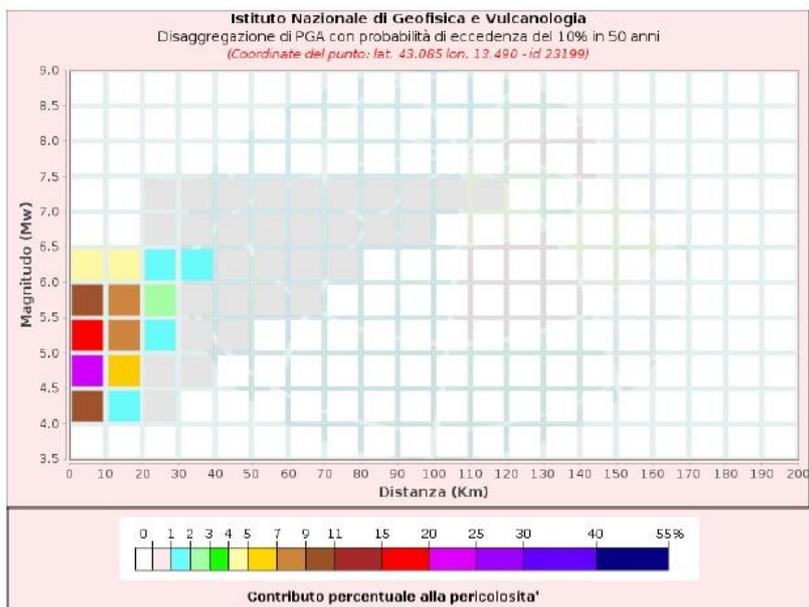


Figura 22- Analisi di disaggregazione di  $a(g)$  con probabilità di superamento del 10% in 50 anni – Tr 1000 anni, secondo la mappa interattiva di pericolosità sismica per il comune di Servigliano (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

Per distanze epicentrali variabili fino a circa 30-40 km (ed oltre) dal sito di interesse, il contributo percentuale complessivo della pericolosità per ogni classe di Magnitudo vale:

- 11.6 % per magnitudo (Mw) comprese tra  $4.0 < M < 4.5$ ;
- 27.9 % per  $4.5 < M < 5.0$ ;
- 24.9 % per  $5.0 < M < 5.5$ ;
- 20.7 % per  $5.5 < M < 6.0$ ;
- 12.2% per  $6.0 < M < 6.5$ ;
- 1.4 % per  $6.5 < M < 7.0$
- 1.3 % per  $7.0 < M < 7.5$

COMUNE DI SANTA VITTORIA IN MATEANO - Nodo ID:23421

**Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004)**  
Informazioni sul nodo con ID: 23421 - Latitudine: 43.035 - Longitudine: 13.490

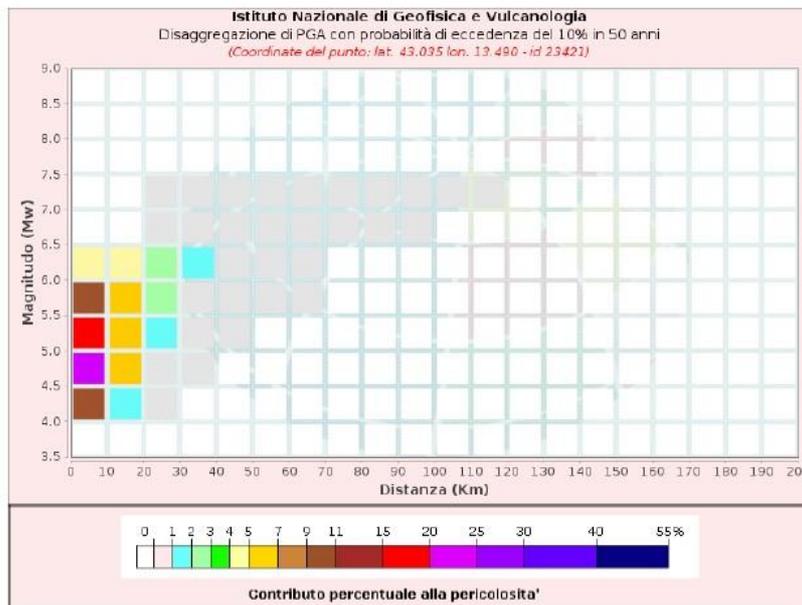
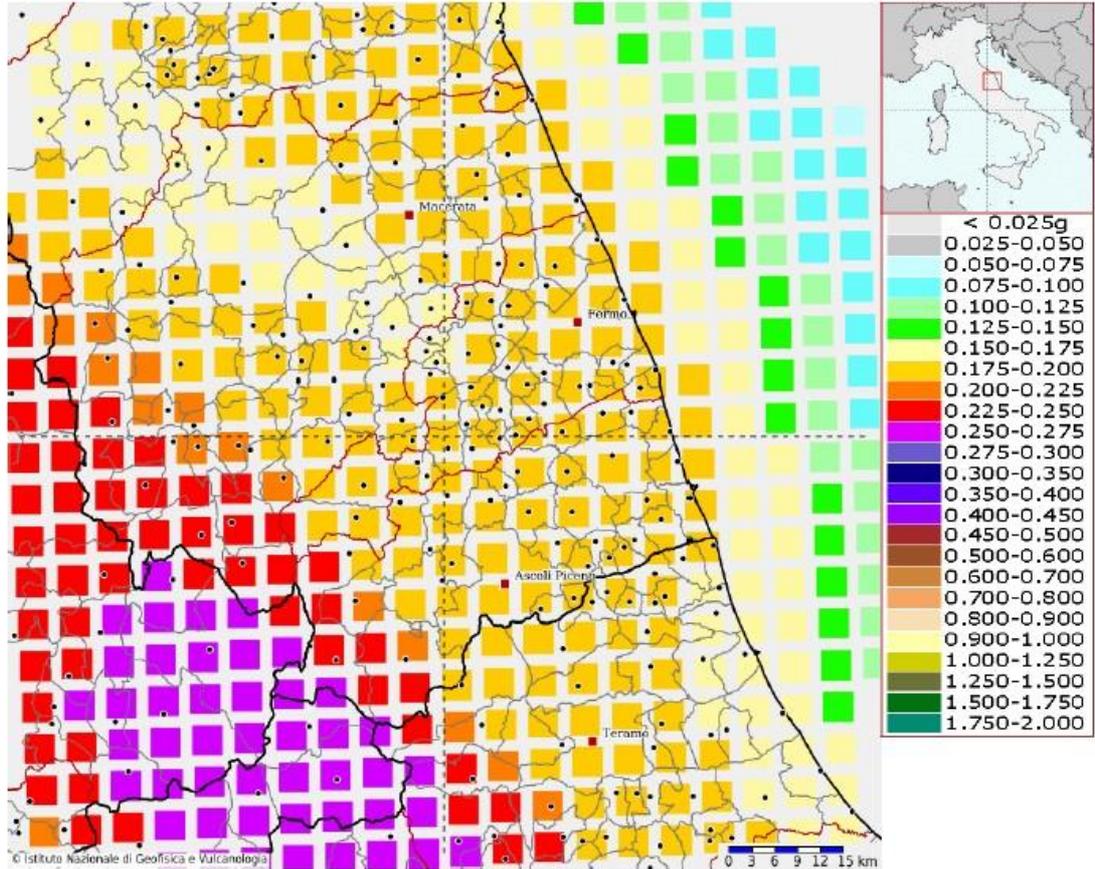


Figura 23- Analisi di disaggregazione di  $a(g)$  con probabilità di superamento del 10% in 50 anni –  $Tr$  1000 anni, secondo la mappa interattiva di pericolosità sismica per il comune di Santa Vittoria in Mateano (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

Per distanze epicentrali variabili fino a circa 30-40 km (ed oltre) dal sito di interesse, il contributo percentuale complessivo della pericolosità per ogni classe di Magnitudo vale:

- 11.4 % per magnitudo ( $M_w$ ) comprese tra  $4.0 < M < 4.5$ ;
- 27.7 % per  $4.5 < M < 5.0$ ;
- 24.4 % per  $5.0 < M < 5.5$ ;
- 20.3 % per  $5.5 < M < 6.0$ ;
- 12.6% per  $6.0 < M < 6.5$ ;
- 2.0 % per  $6.5 < M < 7.0$
- 1.7 % per  $7.0 < M < 7.5$

## 7.7 AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE

### 7.7.1. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E FREQUENZA DI RISONANZA DEI DEPOSITI

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, le NTC 2018 prevedono che per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ .

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche e ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

$h_i$  spessore dell' $i$ -esimo strato;

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

$N$  numero di strati;

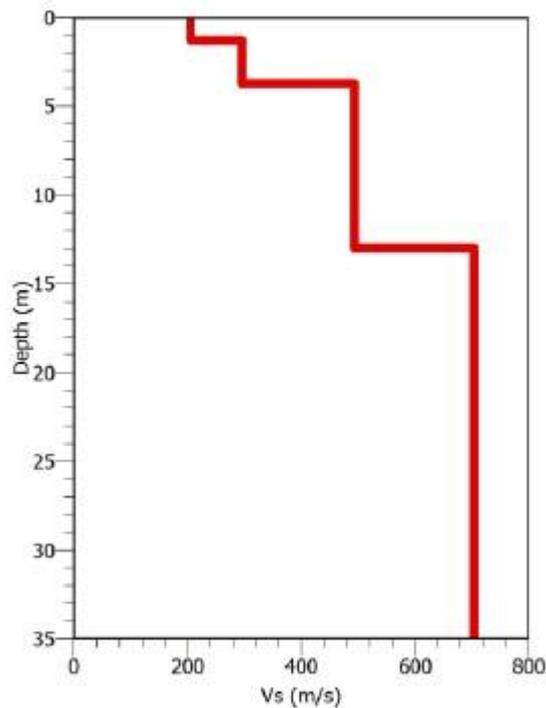
$H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

L'identificazione della categoria di sottosuolo lungo il tracciato di progetto è resa possibile in base all'interpretazione delle onde di taglio calcolate nel corso delle indagini eseguite:

- nel 2022 da Albanese Perforazioni Srl, che ha eseguito n.2 prova down hole nei fori di sondaggio S1 ed S4 entrambi profondi 30 metri ed inoltre ha realizzato n.3 stesa di superficie Masw1, Masw2 e Masw3 e quattro prove HVSR1, HVSR2, HVSR3 ed HVSR4.

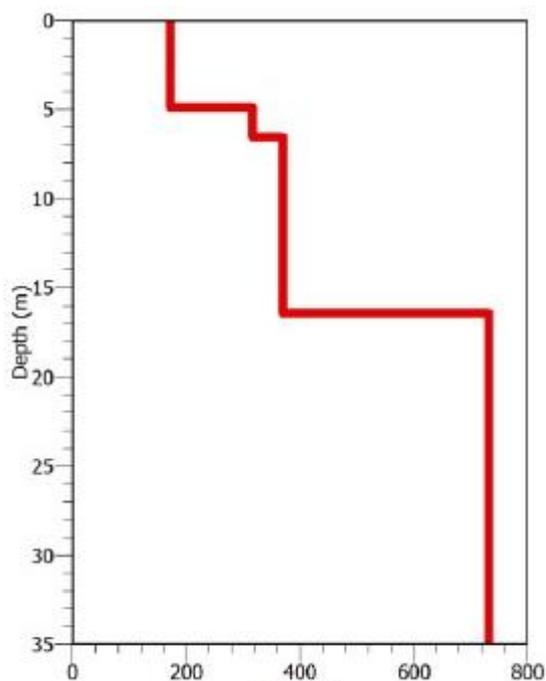
I risultati delle prove simiche sono sintetizzati nella tabella seguente e figure successive; si rimanda alla documentazione geognostica allegata al progetto per la visione completa dei certificati.

<b>ANNO 2022</b>	<i>Masw1</i>	<i>Masw2</i>	<i>Masw3</i>	<i>DH Sond. S1</i>	<i>DH Sond. S4</i>
$V_{Seq}/V_{S30}$ (m/s)	518	378	439	364	408



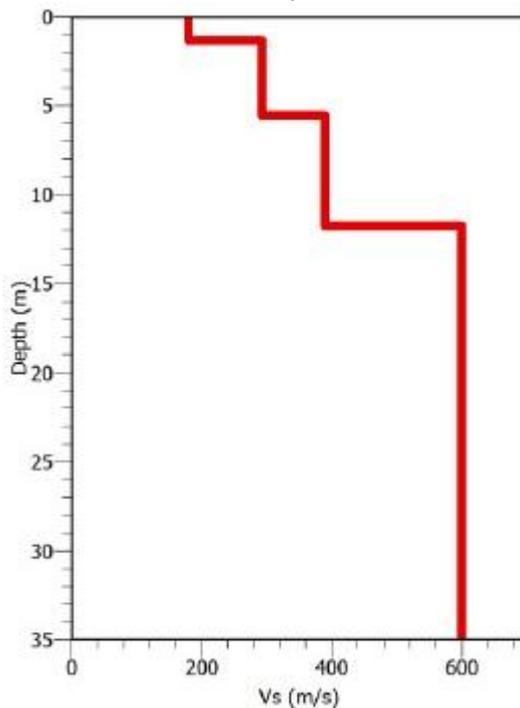
Strato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Poisson $\nu$	Modulo di taglio G (kPa)	Modulo di Young E (kPa)	Modulo di incompressibilità K (kPa)
1	1,40	612	206	1600	0,44	67898	195017	508740
2	2,50	679	296	1600	0,38	140186	387665	550751
3	9,30	961	495	1800	0,32	441045	1163861	1074278
4	16,80	1414	704	1900	0,34	941670	2514655	2543292

Figura 24- Rappresentazione delle velocità Vs con la profondità calcolata dalla stesa Masw1.



Strato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità $\rho$ ( $kg/m^3$ )	Poisson $\nu$	Modulo di taglio G (kPa)	Modulo di Young E (kPa)	Modulo di incompressibilità K (kPa)
1	5,00	450	172	1500	0,41	44376	125536	244582
2	1,70	679	318	1700	0,36	171911	467432	554555
3	9,90	706	371	1700	0,31	233990	612704	535355
4	13,40	1442	733	1900	0,33	1020849	2706864	2589659

Figura 25- Rappresentazione delle velocità Vs con la profondità calcolata dalla stesa Masw2.



Strato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Poisson $\nu$	Modulo di taglio G (kPa)	Modulo di Young E (kPa)	Modulo di incompressibilità K (kPa)
1	1,40	512	181	1500	0,43	49142	140406	327694
2	4,20	633	293	1600	0,36	137358	374621	457958
3	6,30	780	390	1700	0,33	258570	689520	689520
4	18,10	1147	601	1900	0,31	686282	1799119	1584615

Figura 26- Rappresentazione delle velocità Vs con la profondità calcolata dalla stesa Masw3.

VELOCITA' ONDE P

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]
1	4	404
2	7	582
3	21	1181
4	35	1670

PARAMETRI ONDE SX

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	4	151	0.38	45602.0	125861	174806
2	7	228	0.37	103968	284872	365220
3	21	489	0.35	478242	1291253	1434725
4	35	636	0.38	808992	2232817	3101134

Figura 27- Rappresentazione delle velocità Vp e Vs con la profondità calcolate dalla prova Down Hole in S1.

VELOCITA' ONDE P

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]
1	3	406
2	7	738
3	27	1348
4	35	1941

PARAMETRI ONDE SX

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	3	191	0.31	72962.0	191160	167684
2	7	273	0.38	149058	411400	571388
3	27	504	0.38	508032	1402168	1947455
4	35	883	0.32	1559378.0	4116757	3811811

Figura 28- Rappresentazione delle velocità Vp e Vs con la profondità calcolate dalla prova Down Hole in S4.

- Nel 2023 S.In.Ge.A. Srl, che ha eseguito n.3 prove down hole nei fori di sondaggio SO3, SO8 ed SO13, tutti profondi 30 metri.

I risultati delle prove simiche sono sintetizzati nella tabella seguente e figure successive; si rimanda alla documentazione geognostica allegata al progetto per la visione completa dei certificati.

ANNO 2023	DH Sond. SO3	DH Sond. SO8	DH Sond. SO10	DH Sond. SO13
$V_{Seq}/V_{S30}$ (m/s)	412	437	298	373

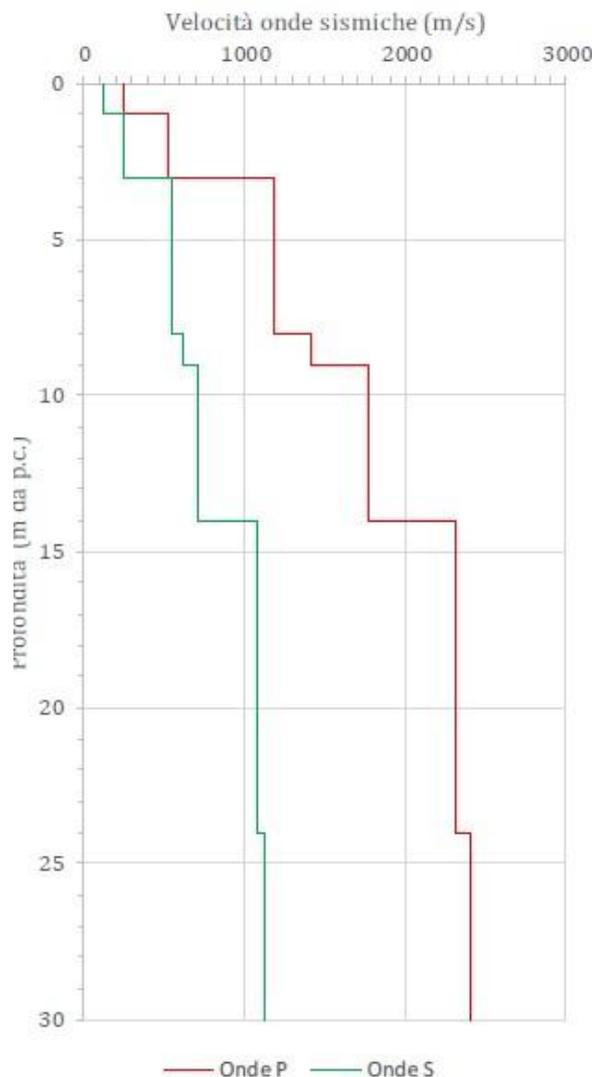


TABELLA SISMOSTRATIGRAFICA S-03-DH				
STRATO (m)	PROFONDITA' (m da p.c.)	SPESSORE (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)
1	1.00	1.00	252	128
2	3.00	2.00	524	242
3	8.00	5.00	1181	542
4	9.00	1.00	1407	617
5	14.00	5.00	1774	709
6	24.00	10.00	2307	1076
7	30.00	6.00	2402	1126

Figura 29- Rappresentazione delle velocità  $V_p$  e  $V_s$  con la profondità calcolate dalla prova Down Hole in SO3.

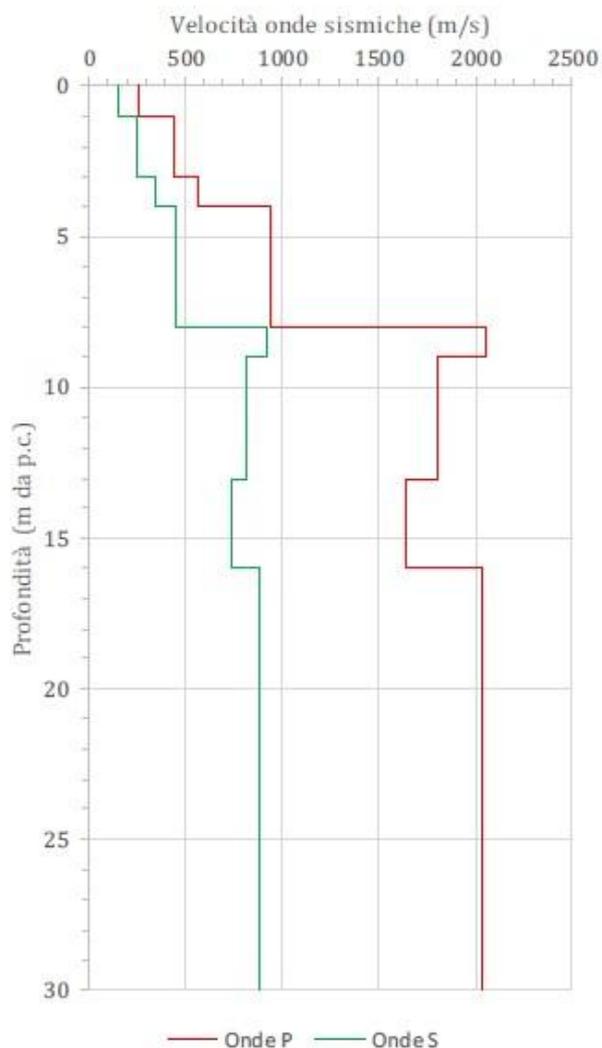


TABELLA SISMOSTRATIGRAFICA S-08-DH				
STRATO (m)	PROFONDITA' (m da p.c.)	SPESSORE (m)	V <sub>P</sub> (m/s)	V <sub>S</sub> (m/s)
1	1.00	1.00	254	154
2	3.00	2.00	441	246
3	4.00	1.00	563	346
4	8.00	4.00	951	444
5	9.00	1.00	2058	925
6	13.00	4.00	1805	812
7	16.00	3.00	1643	733
8	30.00	14.00	2032	888

Figura 30- Rappresentazione delle velocità V<sub>p</sub> e V<sub>s</sub> con la profondità calcolate dalla prova Down Hole in S08.

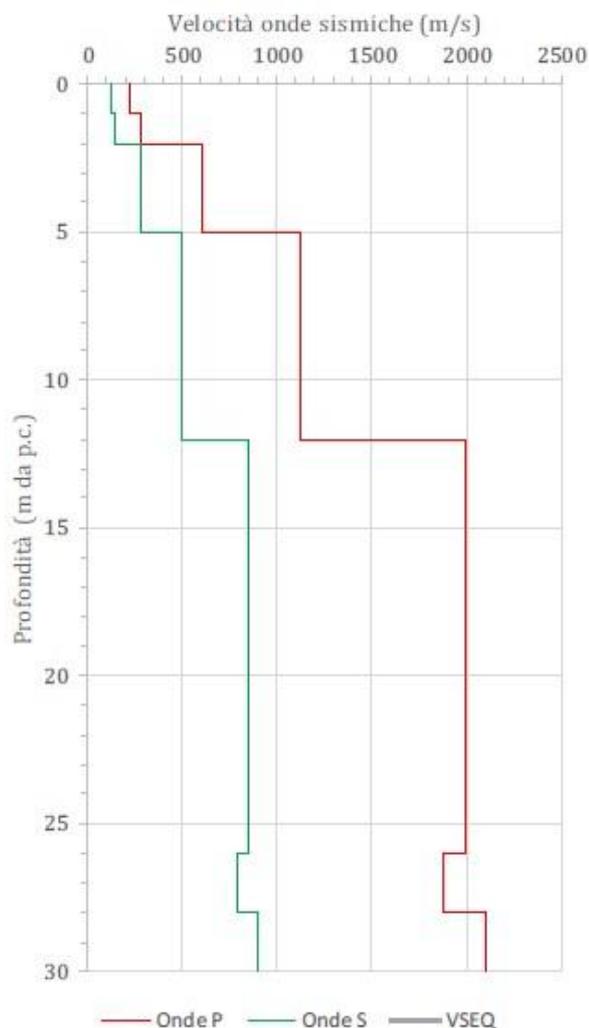


TABELLA SISMOSTRATIGRAFICA S-O10-DH				
STRATO (m)	PROFONDITA' (m da p.c.)	SPESSORE (m)	V <sub>P</sub> (m/s)	V <sub>S</sub> (m/s)
1	1.00	1.00	214	116
2	2.00	1.00	278	150
3	5.00	3.00	604	273
4	12.00	7.00	1124	498
5	26.00	14.00	1993	847
6	28.00	2.00	1875	790
7	30.00	2.00	2103	900

Figura 31- Rappresentazione delle velocità  $V_p$  e  $V_s$  con la profondità calcolate dalla prova Down Hole in SO10.

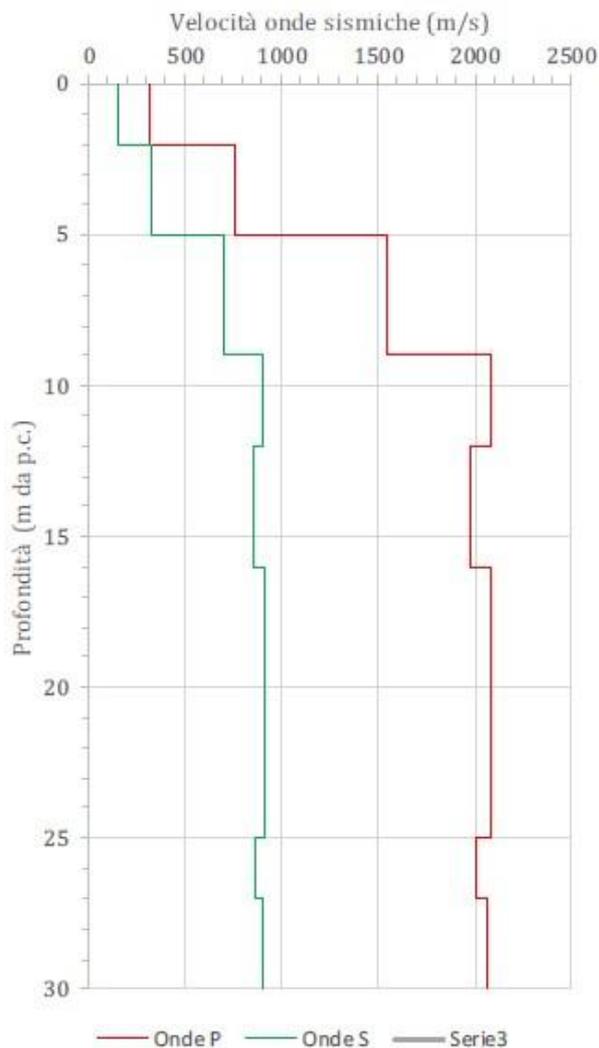


TABELLA SISMOSTRATIGRAFICA S-O13-DH				
STRATO (m)	PROFONDITA' (m da p.c.)	SPESSORE (m)	V <sub>P</sub> (m/s)	V <sub>S</sub> (m/s)
1	2.00	2.00	315	154
2	5.00	3.00	754	324
3	9.00	4.00	1548	705
4	12.00	3.00	2081	910
5	16.00	4.00	1985	861
6	25.00	9.00	2089	913
7	27.00	2.00	2009	868
8	30.00	3.00	2060	910

Figura 32- Rappresentazione delle velocità  $V_p$  e  $V_s$  con la profondità calcolate dalla prova Down Hole in SO13.

Dall'analisi delle risultanze della stese sismiche Masw1, Masw2 e Masw3 ( $V_{s30} = 518, 378$  e  $439$  m/s) e delle prove down hole S1 ( $V_{s30} = 364$  m/s) e S4 ( $V_{seq} = 408$  m/s) eseguite nel 2022 e delle prove down hole SO3 ( $V_{s30} = 412$  m/s), SO8 ( $V_{seq} = 437$  m/s), SO10 ( $V_{seq} = 298$  m/s) e SO13 ( $V_{seq} = 373$  m/s) i depositi risultano essere, solo nel caso di SO10, in **categoria E** e in tutti i restanti casi in **categoria B** secondo quanto definito dalla normativa, ovvero *“Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D, con profondità del substrato non superiore a 30 m”* e *“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 valori delle categorie di sottosuolo così identificate sono riferite al piano campagna. Tutte le prove sismiche realizzate hanno interessato aree caratterizzate da coperture quaternarie (depositi fluviali) ed è stato raggiunto il substrato sismico, variabile da un minimo di 8 m (nella prova down hole SO8 del 2023) ad un massimo di 27 m (nella prova down hole S4 del 2022).

Le inversioni di velocità con la profondità nella successioni sismostratigrafiche presenti nelle prove down hole SO8 e SO10 non risultano significative in quanto il *rapporto  $V_{srig}/V_{sof}$  risulta variabile da 1.1 a 1.3 e quindi inferiore a 2* con  $V_s$  dello strato più rigido maggiore di 500 m/s, in tale caso non è opportuno passare ad un livello di approfondimento superiore.

Si rimanda pertanto agli elaborati geotecnici per la scelta della categoria di sottosuolo da adottare nelle verifiche di progetto in relazione alla natura e ubicazione delle opere oggetto di analisi e alle rispettive tipologie di fondazione.

Per quanto riguarda la frequenza fondamentale di risonanza del sito in studio, sono state eseguite, nella campagna geognostica del 2022, n.4 misure di rumore sismico ambientale a stazione singola (HVSR1, HVSR2, HVSR3 e HVSR4), con tecnica Nakamura (tomografia).

Tutte le misure sono risultate di classe C2 (Albarello et alii, 2010-2011) e non rispettano i criteri Sesame (Sesame, 2005), quindi sono scadenti, di difficile interpretazione e di conseguenza non possono essere utilizzate; non presentano picchi significativi nel *range* della frequenza d'interesse. Tale risultanza è probabilmente da ricollegare sia alla presenza del substrato marnoso superficiale e sia ad eventuali disturbi presenti.

### 7.7.2. CATEGORIA TOPOGRAFICA

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III NTC18):

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 $i > 30^\circ$

Figura 33- Categorie topografiche (Tab. 3.2.III delle NTC 2018)

Le categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Nel caso dell'area di studio, il tracciato è ubicato in un'area di pianura alluvionale sub-pianeggiante, al margine di un versante, ad una quota variabile di circa 220 - 260 m s.l.m. che tende ad aumentare spostandosi verso la fine dell'intervento in progetto.

Si rimanda agli elaborati geotecnici per la scelta della categoria topografica da adottare nelle verifiche di progetto.

## 8. DESCRIZIONE GEOLOGICA DEL TRACCIATO

Nel suo tratto iniziale e fino al km 0+290 circa il tracciato stradale in progetto si sviluppa sui depositi delle alluvioni terrazzate "MTI<sub>bn</sub>" spessi circa 9 metri e costituiti nella parte superficiale da terreni in facies limoso-argillosa passanti inferiormente a ghiaie con sabbia/sabbie con ghiaie.

Dal km 0+290 al km 0+845 è presente il viadotto Castellano (550 m) che interagisce sui depositi alluvionali terrazzati "MTI<sub>bn</sub>" fino alla progressiva km 0+480 ed oltre sui terreni "MUS<sub>bn</sub>" fino al km 0+780. Entrambi le litologie quaternarie poggiano sul substrato litologico della formazione delle Argille Azzurre che si presenta sia nella facies argilloso – marnosa "FAA" che arenaceo conglomeratica (FAA<sub>3</sub>), queste ultime presenti nel tratto finale del viadotto.



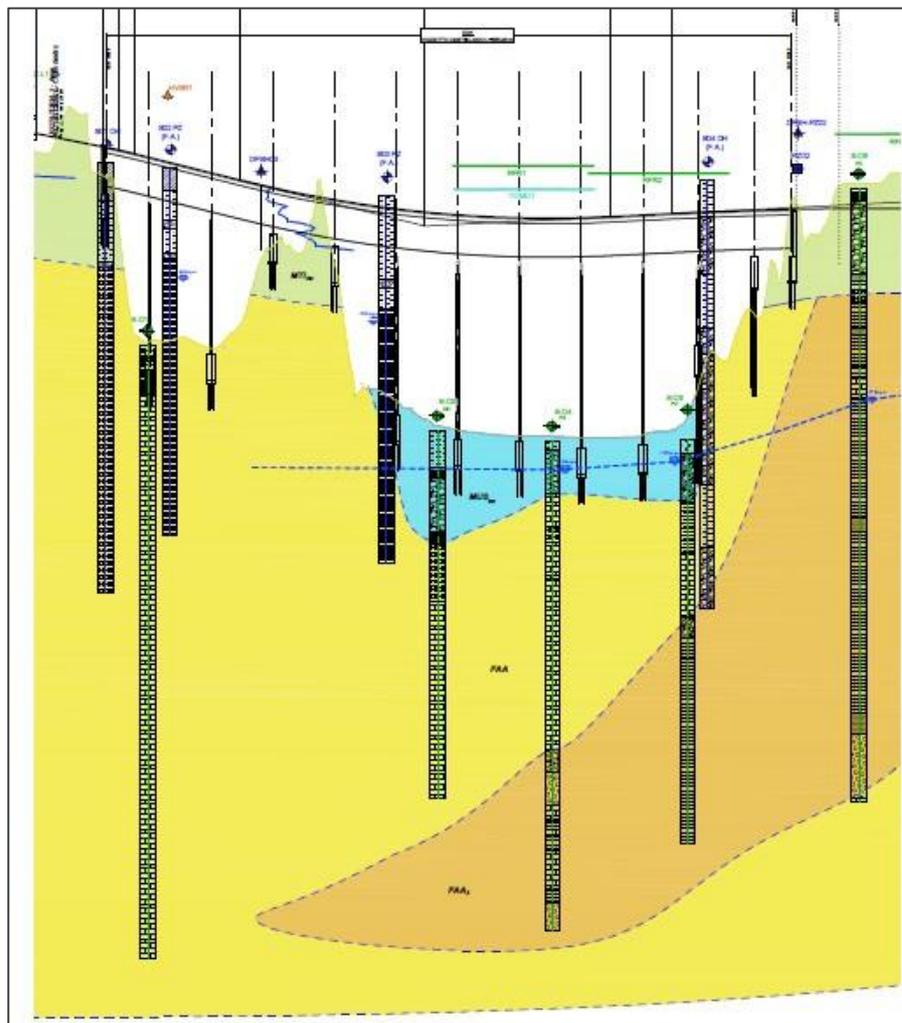
Figura 34- Sondaggio SO6 (spalla viadotto): foto carote (0-5.m) con le ghiaie sabbiose MTI<sub>bn</sub> al di sotto dello strato vegetale.



Figura 35- Sondaggio SO6 (spalla viadotto): foto carote (10-15.m) con le arenarie FAA<sub>3</sub>.



Figura 36- Sondaggio SO6 (spalla viadotto): foto carote (45-50.m) con il conglomerato FAA<sub>3</sub>.



-  **MUS<sub>bn</sub> - Deposito alluvionale terrazzati (Olocene)**  
Deposito alluvionale terrazzato di 4° ordine, di natura:
- ghiaioso-sabbioso, ghiaie poligeniche a matrice sabbiosa con intercalazioni lenticolari/tabulari di sabbia;
  - sabbioso-limoso.
-  **MTI<sub>bn</sub> - Deposito alluvionale terrazzato (Pleistocene superiore)**  
Deposito alluvionale terrazzato di 3° ordine, di natura:
- ghiaioso-sabbioso, ghiaie poligeniche a matrice sabbiosa con intercalazioni lenticolari/tabulari di sabbia;
  - sabbioso-limoso.
-  **FAA/FAA<sub>3</sub> - Formazione delle argille azzurre (Pliocene inf. - Pleistocene inf. p.p.)**  
Successione prevalentemente pelitica da argille mamose grigio-azzurre, fossilifere con rari e sottili strati arenitici (FAA). Localmente si osservano intercalazioni lenticolari delle associazioni arenaceo-conglomeratiche (FAA<sub>3</sub>).

Figura 37- Profilo geologico ricostruito in corrispondenza del viadotto VI01 - Castellano.

Dal km 0+845 e fino al km 2+960 il tracciato si sviluppa in limitate trincee, attraversando i terreni ghiaiosi della formazione "MTI<sub>bn</sub>" e in rilevato, principalmente sui depositi ghiaiosi di "MUS<sub>bn</sub>" e secondariamente, per tratti molto limitati, sui terreni "MTI<sub>bn</sub>".



Figura 38- Sondaggio SO13: foto carote (0-5.m) con le ghiaie e le argille della formazione MUS<sub>bn</sub>.

All'interno di questo intervallo è presente un tratto in cui dal km 2+000 al km 2+300 circa, la falda acquifera risulta sub-affiorante ed in pressione e quindi con una ridotta soggiacenza, come testimoniato dai pozzetti PZU2 e PZU4 nonché dalle misure piezometriche eseguite nel foro di sondaggio SO12.

Nel tratto km 2+950 e km 3+120 la strada attraversa un'area interessata da circa 4.50 m di terreno di riporto "Rip" costituito da un deposito eterogeneo di argilla, sabbia e ghiaia di riempimento di una cava di ghiaia non più attiva e in funzione dal 1978 al 1988.

Dal km 3+120 e fino al km 4+820 i terreni interessati dal tracciato sono quelli appartenenti alla facies ghiaiosa della formazione "MUS<sub>bn</sub>", come rilevato nei sondaggi SO14Ter, SO15 e SO16 che dal km 4+400 passano alla facies argilloso-limosa con livelli granulari (sondaggi SO17 e SO18). Inferiormente sono presenti depositi ghiaiosi terrazzati "MTI<sub>bn</sub>" e più in profondità si rileva il substrato plio-pleistocenico delle Argille Azzurre "FAA".



Figura 39- Sondaggio SO16: foto carote (5-10.m) con le ghiaie della formazione MUS<sub>bn</sub>.

Dal km 4+820 al km 5+219,52 (fine intervento), i terreni sono quelli appartenenti a "MTI<sub>bn</sub>", in affioramento in facies ghiaiosa e più in profondità limoso argilloso, in contatto con le sottostanti argille marnose/marne argillose "FAA".

## 9. PRINCIPALI ELEMENTI D'INTERESSE INGEGNERISTICO

In questo capitolo conclusivo si sintetizzano le pericolosità geologiche identificabili nell'area interessata dal progetto; ciò nell'ottica di consentire la verifica della compatibilità dell'opera con le componenti geologiche, in accordo alla normativa vigente.

Più in dettaglio, di seguito si riassumono gli elementi geologici di interesse ingegneristico desunti dallo studio geologico, geomorfologico ed idrogeologico, integrati con le informazioni desumibili dagli studi sismo-tettonici e dalle cartografie di pericolosità redatte dagli Enti preposti al governo del territorio.

Le criticità geologiche che si ritiene abbiano maggiore influenza per la progettazione sono le seguenti:

- La circolazione acquifera presente lungo tutto il tracciato ha una direzione di drenaggio orientata da monte verso valle e quindi trasversale all'opera in progetto;
- Nel tratto tra le progressive km 2+000 e km 2+300 la falda risulta essere sub affiorante a circa 1.20 m – 1.50 m dal piano campagna e localmente anche in pressione, tale da risalire a +1.20 m oltre il piano campagna come rilevato nel sondaggio SO12. Tale criticità è verosimilmente connessa all'apporto delle acque sotterranee dal complesso delle Argille Azzurre (arenarie) che da monte confluiscono nel complesso dei depositi alluvionali determinando un sovraccarico idraulico e di conseguenza l'area risulta costantemente umida e a luoghi paludosa anche durante la stagione estiva;
- Il tracciato interferisce tra il km 2+950 e il km 3+120 con una ex cava e come messo in evidenza dal sondaggio SO14BIS il terreno di riporto che ha colmato l'area scavata risulta pari a circa 4.5 m e di natura eterogenea;
- Da quanto riportato dalle mappe di pericolosità delle aree potenzialmente interessate da alluvioni (PGRA), il tracciato in studio dal km 1+200 al km 2+200 circa lambisce una zona di pericolosità P2;
- La caratterizzazione sismica dell'area, realizzata mediante stendimenti masw e prove down hole, attribuisce al sito, una categoria di sottosuolo tipo B, ad eccezione di un caso in cui risulta E, evidenziando la presenza del bedrock sismico variabile da minimo di 8 m (nella prova down hole SO8 del 2023) ad un massimo di 27 m (nella prova down hole S4 del 2022) dal piano campagna e quindi un'amplificazione sismica connessa alla stratigrafica.

## 10. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

- Geologia



Affioramento della facies limosa-argillosa delle alluvioni terrazzate "MTI<sub>bn</sub> – Sintema Mantelica" nei pressi del cimitero di Servigliano.



Affioramento della facies limosa-argillosa i alto a contatto con le sottostanti ghiaie delle alluvioni terrazzate "MTI<sub>bn</sub> – Sintema Mantelica" nei pressi del km 3+080.



Affioramento della facies ghiaiosa delle alluvioni terrazzate "MTI<sub>bn</sub> – Sintema Mantelica" nei pressi del km 2+400.



Affioramento della facies arenacea delle "FAA<sub>3</sub> – Argille Azzurre" nei pressi del km 1+900.

- Geomorfologia



Fiume Tenna con evidenti i depositi ghiaiosi attuali (*"MUS<sub>b</sub>"* – *Sintema Musone*).



Pianura in corrispondenza delle alluvioni terrazzate *"MUS<sub>bn</sub>"* – *Sintema Musone*, nei pressi del km 2+200.



Pianura in corrispondenza della facies ghiaiosa delle alluvioni terrazzate *"MTI<sub>bn</sub>"* – *Sintema Mantelica* presente dal km 0+840 al km 1+000.



Intervento di consolidamento del versante in roccia (arenaria) delle *"FAA<sub>3</sub>"* – *Argille Azzurre* nei pressi del km 1+200.

- Idrogeologia



Sorgente ubicata al km 0+850, a monte del tracciato.



Pianura in corrispondenza del piezometro SO12 con falda sub-affiorante ed in pressione nei pressi del km 2+100.

## BIBLIOGRAFIA

Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Centrale (2023, sito web <http://webgispcn.autoritabacino.marche.it/>) . Elaborati del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) e Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA).

Dipartimento Protezione Civile (2023, web site). Classificazione sismica nazionale (<https://rischi.protezionecivile.gov.it/static/e7312a649afd22a33cab15408e16ccbd/mappa-classificazione-sismica-aprile-2021-provincia.pdf>).

INGV (2023, sito web). DBMI15: Database Macrosismico Italiano, versione 3.0: sismicità storica dal 1000 al 2021. (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

INGV (2023, sito web). ISIDE (Italian Seismological Instrumental and Parametric Data-Base): Database dei dati parametrici dei terremoti avvenuti tra il 1° gennaio 1985 e data odierna: (<http://cnt.rm.ingv.it/>).

INGV (2023, sito web) DISS3 (Database of Individual Seismogenic Sources). Strutture sismogenetiche. (<http://diss.rm.ingv.it/diss/index.php/DISS321>).

INGV (2023, sito web). MPS04-S1. Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>).

ISPRA (2023, sito web). Carta Geologica d'Italia 1:50.000, foglio 314 – Montegiorgio e note illustrative. (<http://sgi.isprambiente.it>).

ISPRA (2023, sito web). ITHACA (ITaly HAZard from Capable faults). Catalogo delle faglie capaci. (<https://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/cartella-progetti-in-corso/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci/default>).

ISPRA (2023, sito web). Progetto IFFI: Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia. Cartografia tematica online (<https://www.progettoiffi.isprambiente.it/>).