

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"

S.S. 210 – Amandola – Servigliano – Lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in t.s. e potenziamento delle intersezioni – 3° Stralcio

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE <i>Ing. Marco Salvi</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A30808		I PROGETTISTI SPECIALISTICI <i>Ing. Isidoro Guerrini</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 15764 <i>Ing. Moreno Panfili</i> Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657 <i>Ing. Giovanni.C.Alfredo Dalenz Cultrera</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14069 <i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629	PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria)  (Mandante)  (Mandante)  (Mandante)  Studio di Architettura e Ingegneria Moderna
IL GEOLOGO <i>Dott. Geol. Marco Leonardi</i> Ordine dei geologi R.O.C. della Regione Lazio n. 1541 R.D.I. Geologo VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO <i>Ing. Marco Mancina</i>		IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12) <i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035	
PROTOCOLLO	DATA		

GEOLOGIA GEOTECNICA
PARTE GENERALE
Relazione Geologica

CODICE PROGETTO PROGETTO LIV.PROG. ANNO <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		NOME FILE T01GE00GEORE01A		REVISIONE	SCALA
CODICE ELAB.		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
D					
C					
B					
A	Emissione a seguito di CDS	Maggio '23	F.Mariani	Leonardi	G.Guiducci
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1.	<u>PREMESSA.....</u>	<u>3</u>
2.	<u>NORMATIVE LINEE GUIDA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO</u>	<u>4</u>
3.	<u>INDAGINI E STUDI PREGRESSI</u>	<u>5</u>
4.	<u>INDAGINI GEGNOSTICHE.....</u>	<u>19</u>
5.	<u>GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA, IDROGEOLOGIA E SISMICA.....</u>	<u>20</u>
5.1.	RILEVAMENTO GEOLOGICO.....	20
5.2.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	21
5.3.	DEPOSITI QUATERNARI	25
5.3.1.	<i>Sintema del Fiume Musone – Depositi alluvionali attuali (MUSb) (Olocene).....</i>	<i>25</i>
5.3.2.	<i>Sintema del Fiume Musone – Depositi alluvionali terrazzati (MUSbn) (Olocene)....</i>	<i>25</i>
5.3.3.	<i>Sintema di Matelica (MTI) - Depositi alluvionali terrazzati (Pleistocene superiore) .</i>	<i>25</i>
5.4.	DEPOSITI MIOCENICI.....	26
5.4.1.	<i>Formazione della Laga – Membro Postevaporitico - Associazione pelitico-arenacea</i>	<i>26</i>
5.4.2.	<i>Formazione della Laga – Membro evaporitico - Associazione arenacea</i>	<i>26</i>
5.5.	STRATIGRAFIA DELL'AREA	26
6.	<u>GEOMORFOLOGIA.....</u>	<u>28</u>
6.1.	AREE IN DISSESTO.....	30
6.2.	DISSESTI CENSITI DAL PAI E DALL'IFFI.....	31
6.3.	AREE INONDABILI E CON CRITICITA' IDRAULICA.....	33
7.	<u>IDROGEOLOGIA.....</u>	<u>36</u>
7.1.	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO GENERALE.....	36
7.2.	ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA DI STUDIO.....	36
8.	<u>SISMICITÀ DELL'AREA.....</u>	<u>40</u>
8.1.	SISMICITA' STORICA.....	40
8.2.	ASPETTI SIMOGENETICI	43
8.3.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	48
8.3.1.	<i>CATEGORIA DI SOTTOSUOLO</i>	<i>49</i>
8.3.2.	<i>CONDIZIONI TOPOGRAFICHE.....</i>	<i>53</i>
8.3.3.	<i>Vita nominale</i>	<i>53</i>
8.3.4.	<i>Classe d'uso</i>	<i>54</i>
8.3.5.	<i>Periodo di riferimento per l'azione sismica</i>	<i>55</i>
8.3.6.	<i>Stabilità nei confronti della liquefazione.....</i>	<i>55</i>
9.	<u>ANALISI DEL TRACCIATO.....</u>	<u>56</u>

PROGETTAZIONE ATI:

10. BIBLIOGRAFIA 57

PROGETTAZIONE ATI:

1. PREMESSA

La presente relazione valuta gli aspetti geologici, geologico-tecnici, idrogeologici e sismici riguardanti il progetto Preliminare Potenziata per PNRR nell'ambito dei lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in t.s. e potenziamento delle intersezioni- 3° STRALCIO, LUNGO LA "S.S. 210 – Amandola – Servigliano - Lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in t. s. e potenziamento delle intersezioni. 3° Stralcio Addendum San Ruffino", e consta nell'adeguamento di un tratto di strada di lunghezza complessiva pari a circa 1390 m finalizzato soprattutto all'eliminazione di tre curve a corto raggio dislocate in prossimità dell'ansa meridionale del Lago di San Ruffino, che attualmente rendono il tracciato della S.S. 210 particolarmente tortuoso e soggetto a criticità riguardanti la sicurezza stradale (non conformità geometriche, assenza di visibilità per l'arresto, scarse dimensioni della piattaforma, ecc.).

A seguito di un attento studio bibliografico e cartografico, nell'area interessata dai lavori in oggetto e nei suoi intorni è stato effettuato un rilievo geologico di dettaglio, compresa l'individuazione degli elementi morfologici ed idrogeologici. Non sono stati condotti rilievi geomeccanici per assenza di affioramenti rocciosi lungo il tracciato dell'opera in esame in quanto i sedimenti si presentano sempre esclusivamente di deposizione secondaria.

Per il modello geotecnico del sito si rimanda alla relazione geotecnica e per la trattazione dettagliata sulle indagini effettuate si rimanda alle relazioni sulle indagini, redatte nell'ambito del medesimo progetto.

Nell'ambito dello studio condotto è stata svolta una ricerca bibliografica sugli studi e le indagini pregresse che hanno interessato sia l'area in esame che quella contermina.

In particolare sono state consultate:

- cartografie disponibile nel sito della Regione Marche;
- cartografia e dati di Ispra, Idrogeo, IFFI;
- Prg Amandola;
- Microzonazione sismica Comune di Amandola;
- Fotointerpretazione;
- Anche dati indagini geognostiche Regione Marche ecc.

Lo scopo del presente studio è quello di ricostruire il modello geologico e l'assetto geologico-stratigrafico e tettonico dell'area.

ANAS Spa ha commissionato alla ditta Albanese Perforazioni, l'esecuzione di un'indagine geognostica e geofisica. Sui campioni prelevati sono in corso prove di laboratorio per la determinazione delle principali caratteristiche geotecniche dei terreni prelevati.

2. NORMATIVE LINEE GUIDA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO

Lo studio è stato svolto secondo le indicazioni della normativa tecnica vigente in materia di studi geologici e geotecnici, e sono state consultate le più rappresentative linee guida e raccomandazioni nello specifico:

- Eurocodice 7.1 (1997) Progettazione tecnica parte1.
- Eurocodice 8 (1998) Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- Eurocodice 7.2 (2002) Progettazione geotecnica – Parte 2: progettazione assistita da prove geotecniche.
- Eurocodice 7.3 (2002) Progettazione geotecnica – Parte 2.
- -Direttiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2007.
- AGI: "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche".
- Ordinanza del Presidente del Consiglio n°3274 del 20 marzo 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".
- Decreto del Presidente della Repubblica 13 giugno 2017, n. 120 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164".
- Decreto ministeriale (Infrastrutture e Trasporti) 17 gennaio 2018, "Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»".
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- Norme Tecniche di Attuazione, Piano Assetto Idrogeologico (PAI) – Autorità di Bacino Regionale Marche, adottato dal Comitato Istituzionale con Delibere n.15/2001 e n.42/2003
- Capitolato d'oneri per la redazione del Progetto di Fattibilità tecnica ed economica (ANAS).
- Carta Geologica D'Italia - Foglio Geologico N. 314 "Montegiorgio", Scala 1:50.000 (fonte Ispra).
- Carta Geologica D'Italia - Note Illustrative Foglio Geologico N. 314 "Montegiorgio" (fonte Ispra).
- ISPRA – Carta geologica d'Italia 1:50.000. Catalogo delle Formazioni.
- ISPRA – Le risorse idriche nel contesto geologico del territorio italiano (2020).
- Progetto IFFI – Inventario dei Fenomeni Fransi in Italia <http://www.progettoiffi.isprambiente.it/cartanetiffi/carto3.asp?cat=42&lang=IT>.(fonte ISPRA & SINANET).

3. INDAGINI E STUDI PREGRESSI

Le indagini pregresse, realizzate in prossimità dei terreni oggetto di interesse sono state estratte dal database WEB MS-CLE indagini (studi di microzonazione sismica) del Comune di Amandola che ha preso in esame l'area di San Ruffino.

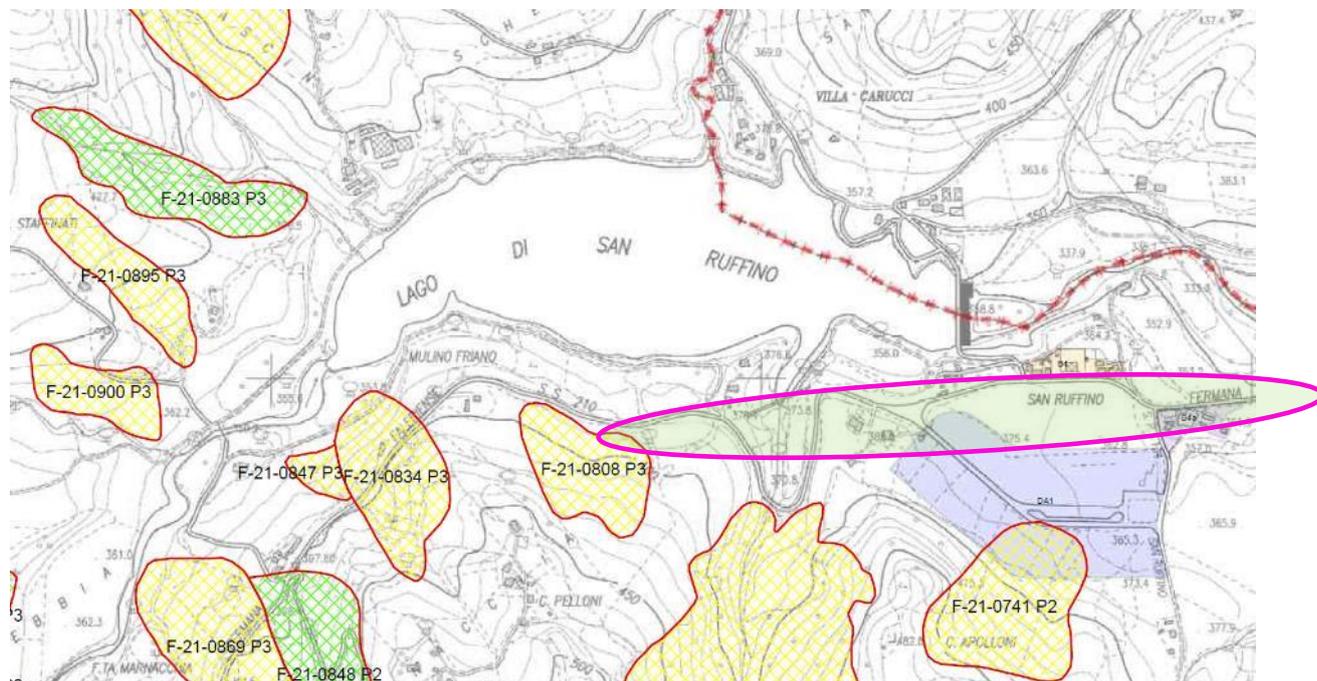
La consultazione delle indagini dello studio di MZS ha consentito di avere indicazioni puntuali sulla natura e su alcune delle caratteristiche geotecniche dei terreni non affioranti.

In particolare sono stati utilizzati i risultati di due sondaggi reperiti nel corso dello studio di Microzonazione Simica e che sono allegati in appendice che hanno permesso di tracciare una sezione geologica della zona e ricostruire un modello geologico. Inoltre, la consultazione delle tavole MZS terzo livello "Carta delle Indagini Frazioni 1", Carta delle MOPS Frazioni 1", Carta geologico tecnica Frazioni 1", Relazione Illustrativa ord.24" hanno permesso di ricostruire le condizioni dell'area di studio precisando le caratteristiche geologico tecniche e simiche della zona.

Le indagini prese a riferimento dalla bibliografia, sono riportate in appendice.

Oltre alla documentazione sopra indicata è stato possibile acquisire le indagini geologiche esperite in occasione del PRG (approvato in via definitiva con Del. CC n. 03/2014 del 14/03/2014 Pubblicato sul BUR Marche n. 67 del 10/07/2014) in particolare:

- GEO Int. - TAVOLA_A1.2a (Carta del Piano - Assetto Idrogeologico)
- GEO Int. - TAVOLA_A1.2c (Carta Clivometrica)
- GEO Int. - TAVOLA_A1.5 (Carta delle Indagini Geognostiche)
- GEO Int. II Fase - TAVOLE II Fase (Vocazionalita)
- TAVOLA A1-1 (Carta Geologica)
- TAVOLA A1-2 (Carta Geomorfologica)
- TAVOLA A1-3 (Carta Pericolosità Geologiche)
- TAVOLA A1-4 (Schema Idrogeologico)
- TAVOLA A1-0 (Relazione Geologica Geomorfologica 1 Fase)

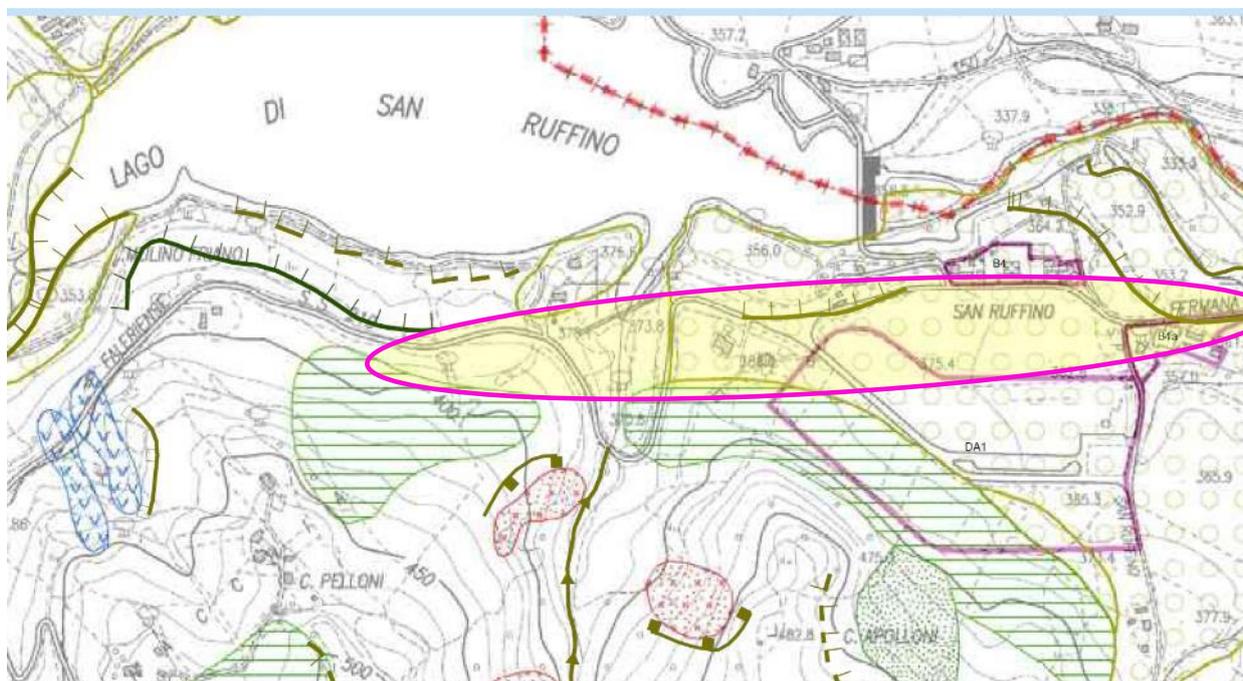


LEGENDA PAI:

Aree a rischio frana (codice F-xx-yyyy)		RISCHIO	
	Rischio moderato (R1)	moderato (R1) =	per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali;
	Rischio medio (R2)	medio (R2) =	per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;
	Rischio elevato (R3)	elevato (R3) =	per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale;
	Rischio molto elevato (R4)	molto elevato (R4) =	per il quale sono possibili perdite di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale; distruzione delle attività socio-economiche.
DESCRIZIONE CODICE LEGATO AI FENOMENI		<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">Z - XX - YYYY</div> <div style="font-size: 0.8em;"> numero identificativo di bacino numero progressivo fenomeno iniziale tipo di rischio </div> </div>	

Figura 3-1 Stralcio PRG - TAVOLA_A1.2a (Carta del Piano - Assetto Idrogeologico)

PROGETTAZIONE ATI:

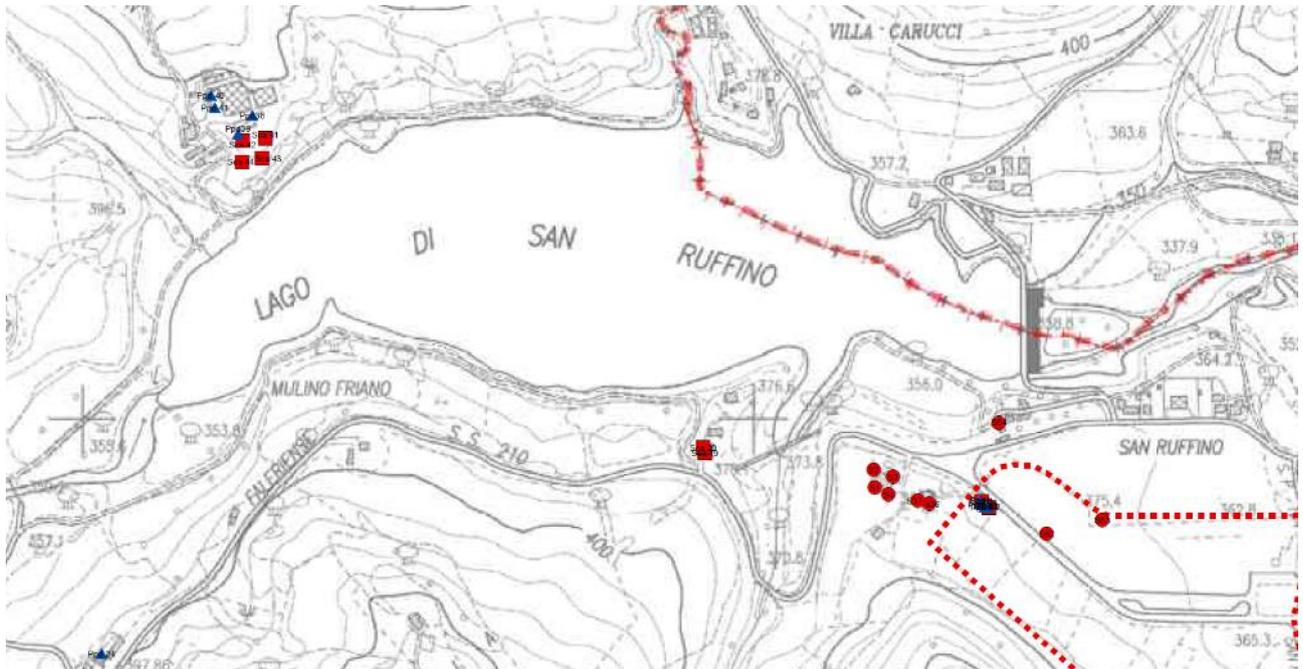


GEOMORFOLOGICA

- APPROFONDIMENTO DELL'EROSIONE IN ALVEO NEL SUBSTRATO, ,
 - - - APPROFONDIMENTO DELL'EROSIONE IN ALVEO NELLE ALLUVIONI, ,
 - CONOIDI ALLUVIONALI ATTIVI, ,
 - CORONA DI FRANA ATTIVA, ,
 - CORONA DI FRANA INATTIVA, ,
 - CRESTE AFFILATE, ,
 - FOSSO IN EROSIONE CONCENTRATA, ,
 - INTENSA EROSIONE LATERALE, ,
 - RUSCELLAMENTO DIFFUSO, ,
 - SCARPATA DI EROSIONE FLUVIALE ATTIVA, , ATTIVA
 - SCARPATA DI EROSIONE FLUVIALE ATTIVA, <5, ATTIVA
 - SCARPATA DI EROSIONE FLUVIALE ATTIVA, >10, ATTIVA
 - SCARPATA DI EROSIONE FLUVIALE ATTIVA, TRA 5 E 10, ATTIVA
 - SCARPATA DI EROSIONE FLUVIALE INATTIVA, , INATTIVA
 - SCARPATA DI EROSIONE FLUVIALE INATTIVA, <5, INATTIVA
 - SCARPATA DI EROSIONE FLUVIALE INATTIVA, >10, INATTIVA
 - SCARPATA DI EROSIONE FLUVIALE INATTIVA, TRA 5 E 10, INATTIVA
 - SCARPATE DI EROSIONE FLUVIALE INTERESSATE DA CROLLI, ,
-
- COLAMENTO ATTIVO
 - COLAMENTO INATTIVO/QUIESCENTE
 - DEFORMAZIONE PLASTICA
 - DEPOSITI SUPERFICIALI DA 2 A 5 METRI
 - DEPOSITI SUPERFICIALI MAGGIORI DI 5 METRI
 - DETRITO DI FALDA
 - RIPIANO DI EROSIONE FLUVIALE/ANTICO
 - SCIVOLAMENTO ATTIVO
 - SCIVOLAMENTO INATTIVO
 - ZONIZZAZIONE DI INTERESSE GEOLOGICO DI NUOVO INSERIMENTO
 - ZONIZZAZIONE DI INTERESSE GEOLOGICO_

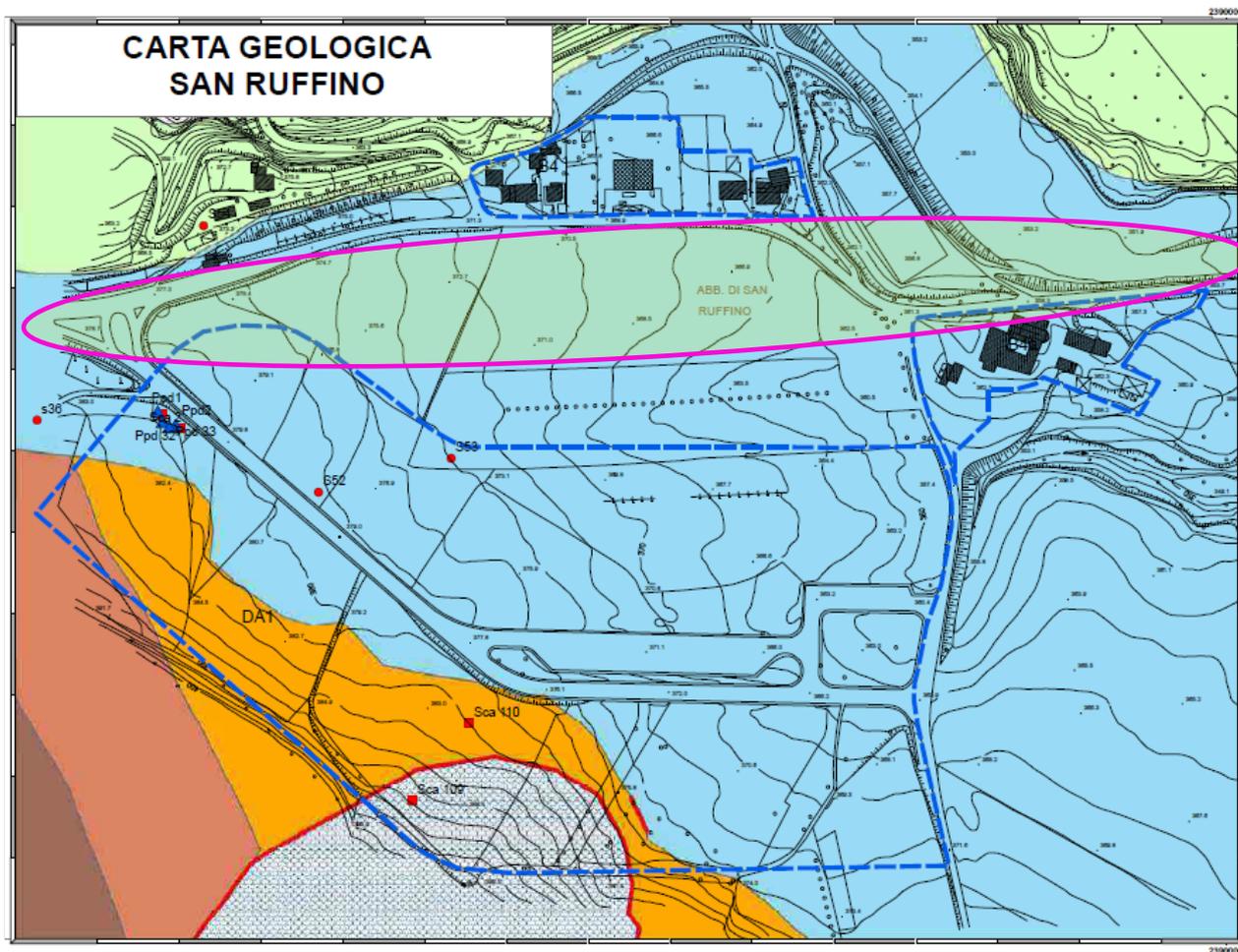
Figura 3-2 Stralcio PRG - TAVOLA_A1.2b (Trasposizione delle Frane PAi sulla carta geomorfologica)

PROGETTAZIONE ATI:



- P.. ● POZZO
 - Ppd.. ▲ PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
 - SIS.. ★ PROVA SISMICA
 - SCA.. ■ SCAVO
 - S.. ● SONDAGGIO
- AREE DI NUOVA PREVISIONE

Figura 3-3 Stralcio PRG - TAVOLA_A1.5 (Carta delle indagini geognostiche)

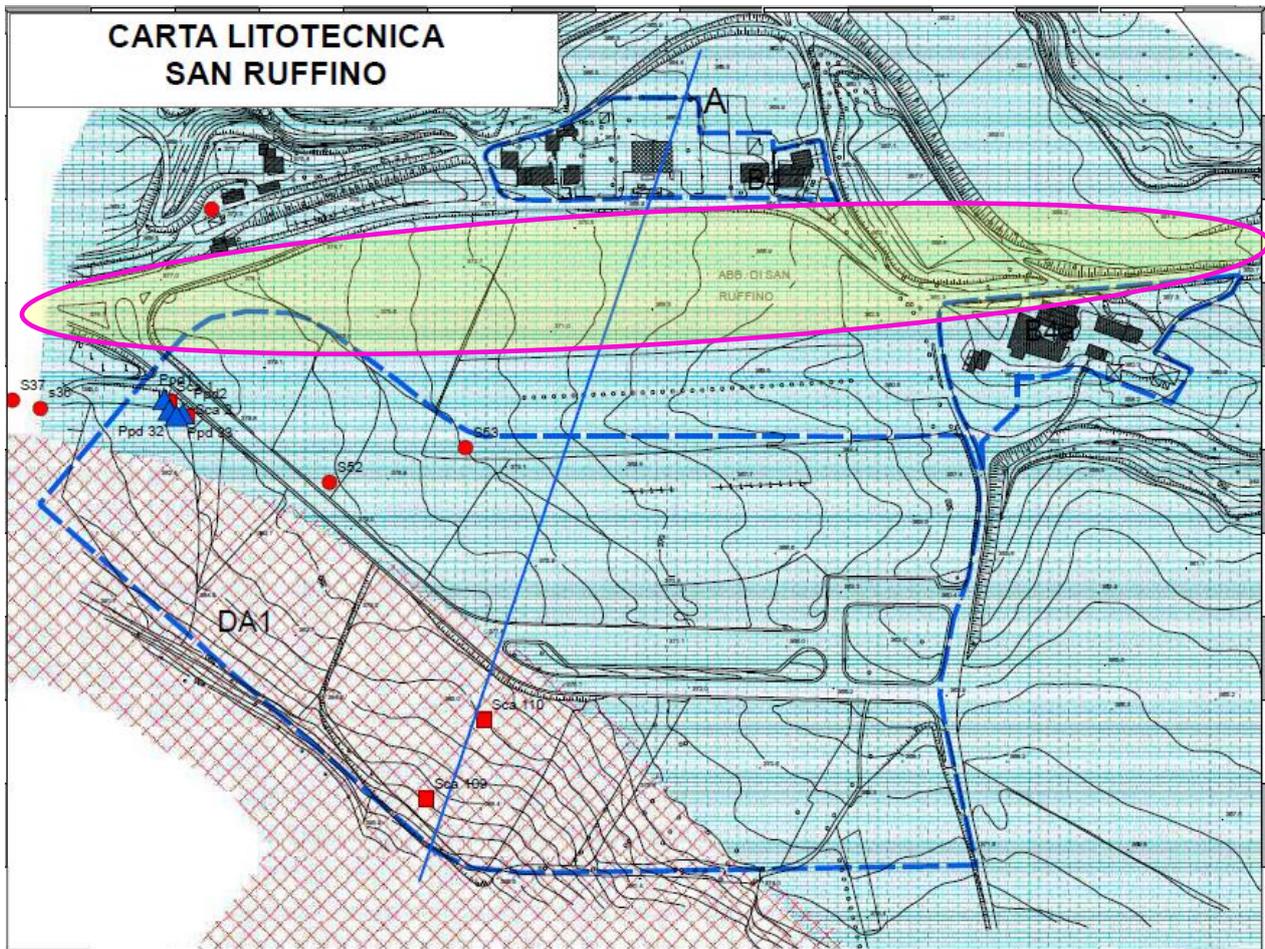


LITOLOGIA

-  DEPOSITI DI FRANA QUIESCENTE
-  DEPOSITI ALLUVIONALI IV° ORDINE
-  DEPOSITI ALLUVIONALI III° ORDINE
-  ASSOCIAZIONE ARENACEA 2 (o livello gessarenitico)
-  ASSOCIAZIONE ARENACEO PELITICA 3
-  ASSOCIAZIONE PELITICO ARENACEA

Figura 3-4 Stralcio PRG - TAVOLA_16-a (Carta geologica)

PROGETTAZIONE ATI:



LEGENDA:

UNITA' LITOTECNICHE DELLE COPERTURE

-  E2 sabbie limose e limi sabbiosi
-  E2C sabbie limose e limi sabbiosi inglobanti frammenti spigolosi o arrotondati

INDAGINI:

-  POZZO
-  PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
-  SCAVO
-  SONDAGGIO
-  TRACCIA DI SEZIONE

Figura 3-5 Stralcio PRG - TAVOLA_16-c (Carta litotecnica)

PROGETTAZIONE ATI:

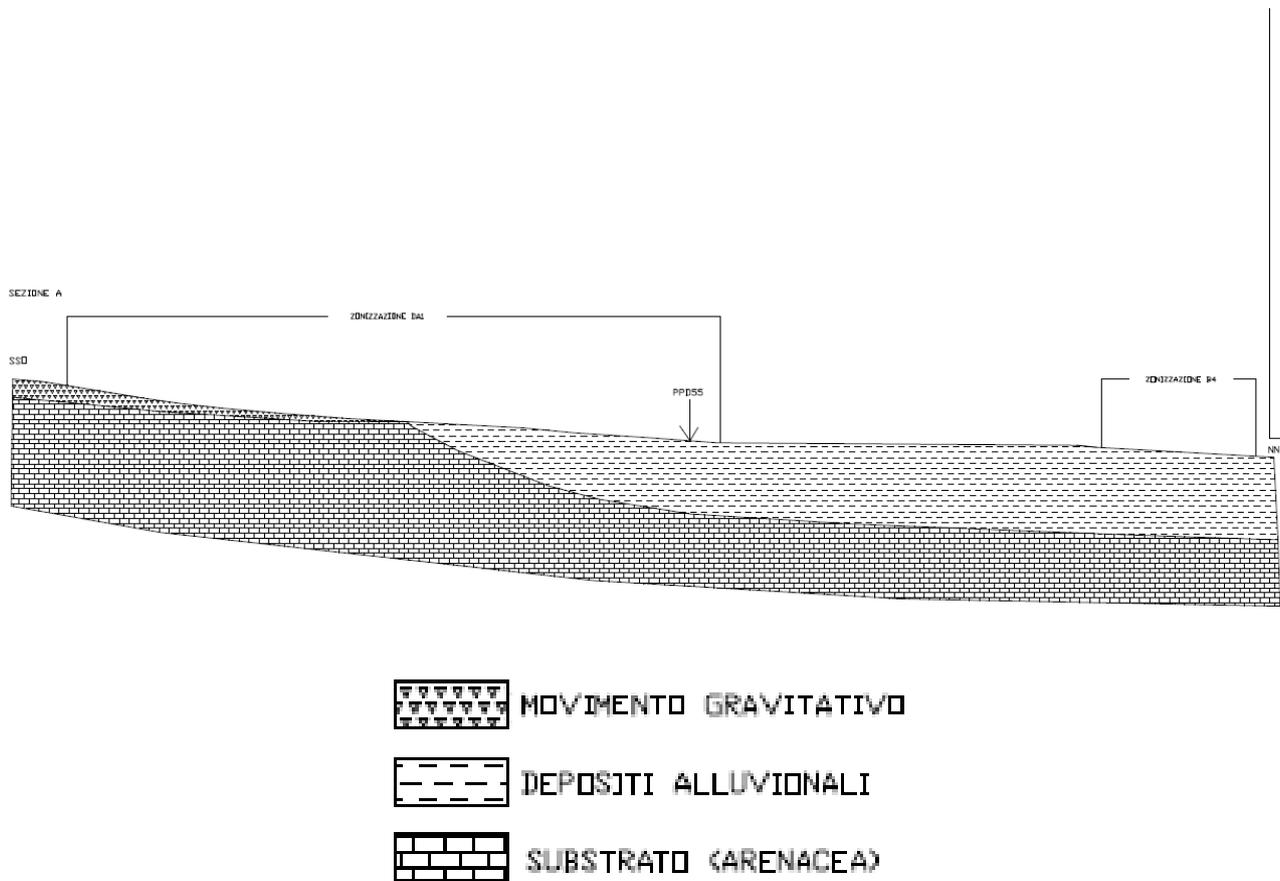
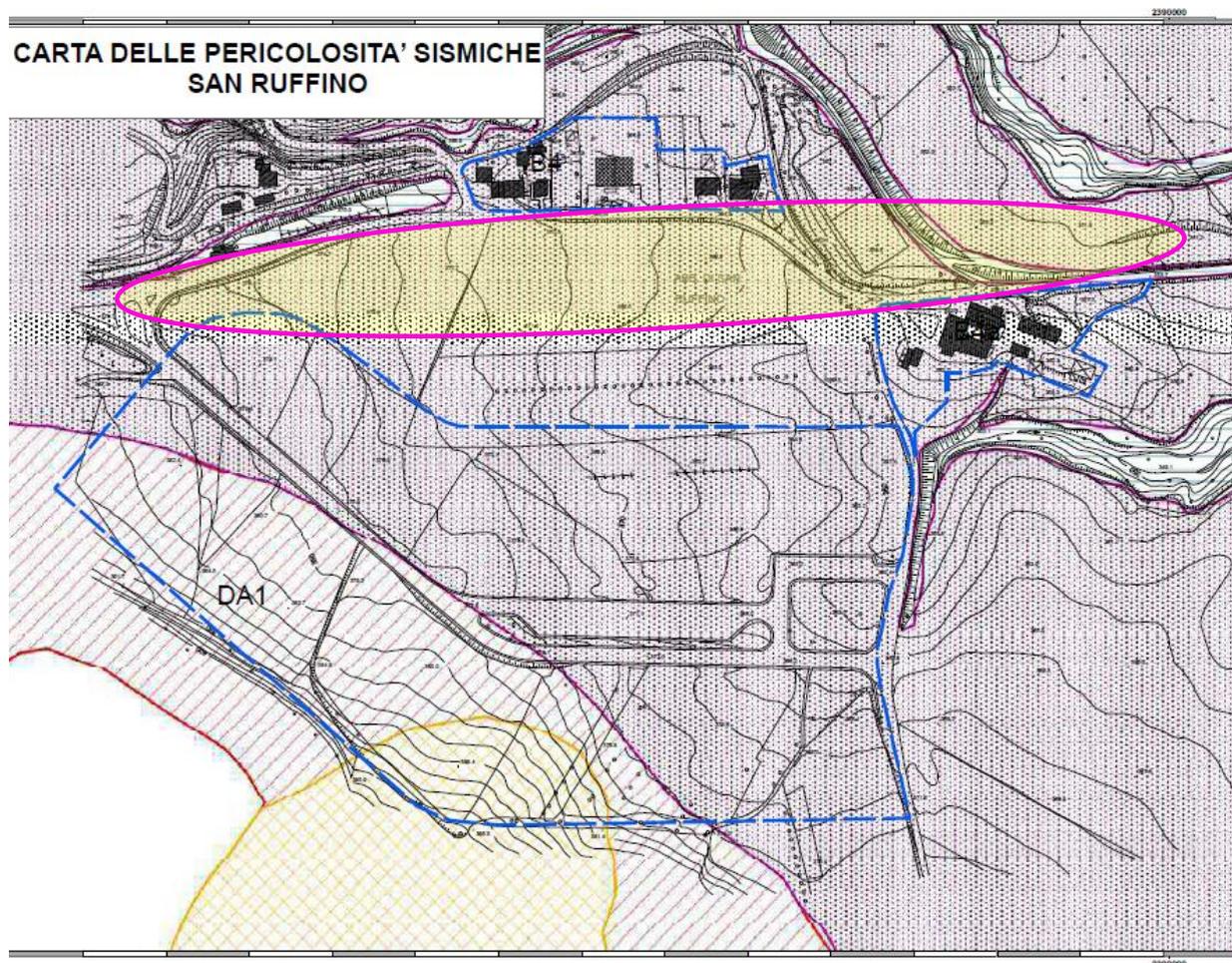


Figura 3-6 Stralcio PRG - TAVOLA_16-c (Sezione litostratigrafica)



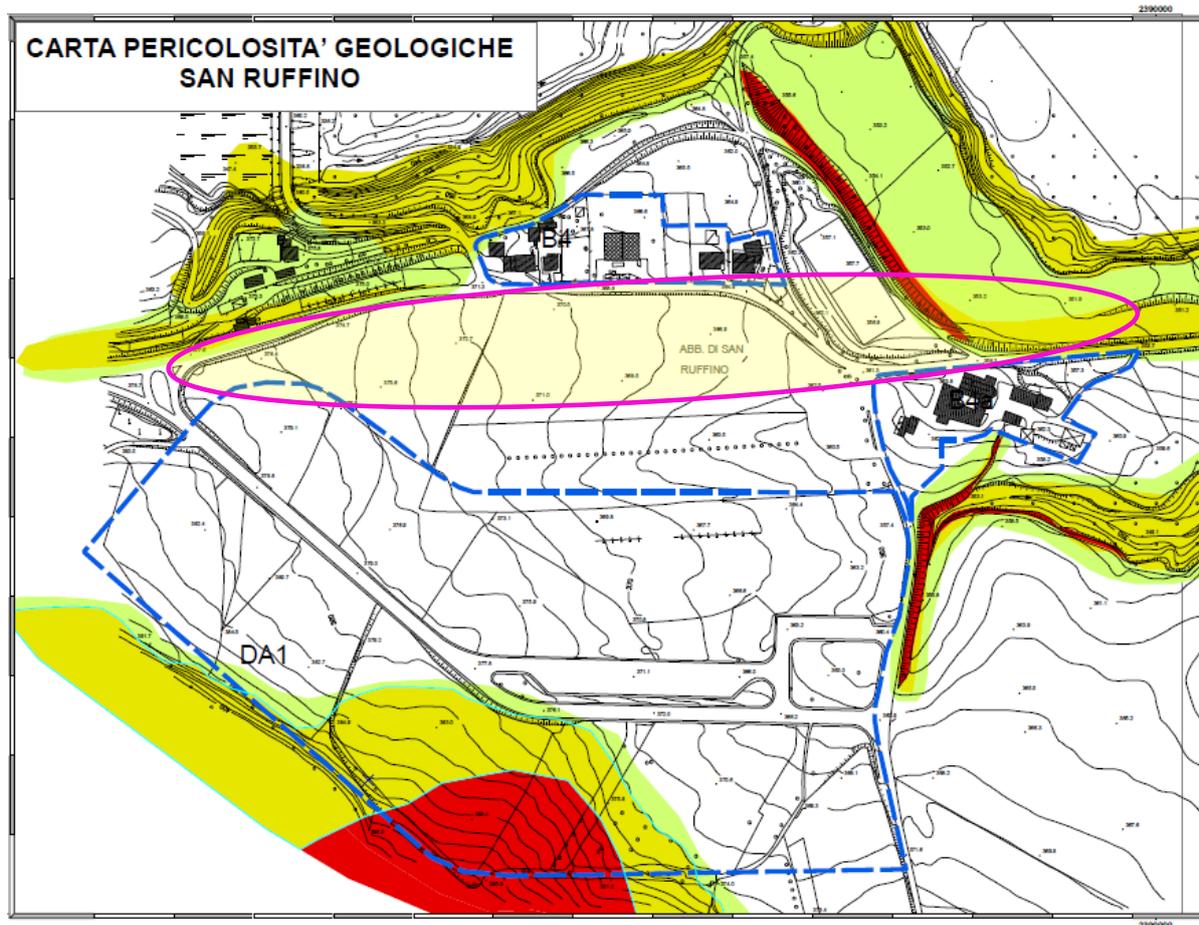
LEGENDA:

TIPO

-  1 - AREE CARATTERIZZATE DA FRANE RECENTI E QUIESCENTI, AREE CON INDIZI DI INSTABILITA', AREE ECCESSIVAMENTE ACCLIVI IN RELAZIONE ALLO STATO DEL SUBSTRATO
-  2 - AREE CARATTERIZZATE DA DEPOSITI SUPERFICIALI CON CARATTERISTICHE MECCANICHE SCADENTI
-  3 - AREE DI CRESTA ROCCIOSA CUCUZZOLO O DORSALE, AREE DI BORDO E CIGLIO DI SCARPATA
-  4 - AREE DI FONDOVALLE, AREE PEDEMONTANE DI FALDA DI DETRITO

Figura 3-7 Stralcio PRG - TAVOLA_16-d (Carta delle pericolosità sismiche)

PROGETTAZIONE ATI:



LEGENDA:

ZONA		A - CLASSE 4°
		B - CLASSE 3°
		C - CLASSE 2°
		D - CLASSE 1°

Figura 3-8 Stralcio PRG - TAVOLA_16-d' (Carta delle pericolosità geologiche)

PROGETTAZIONE ATI:

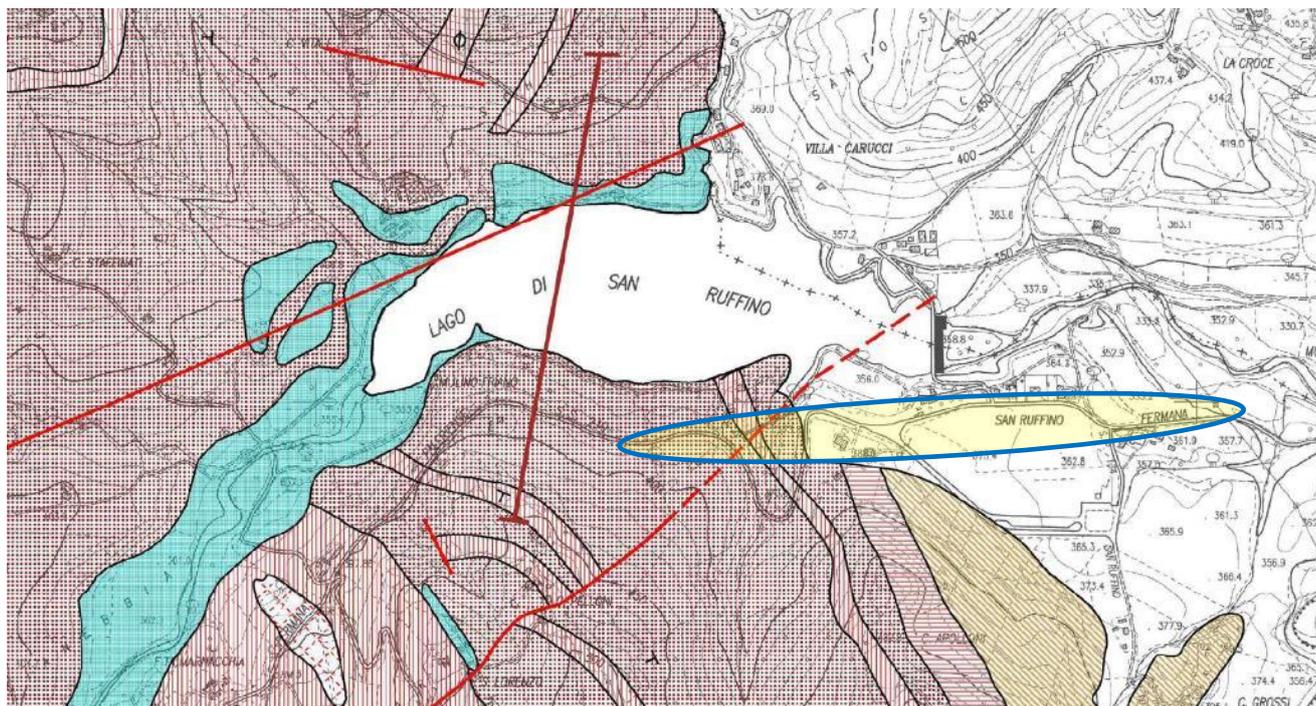
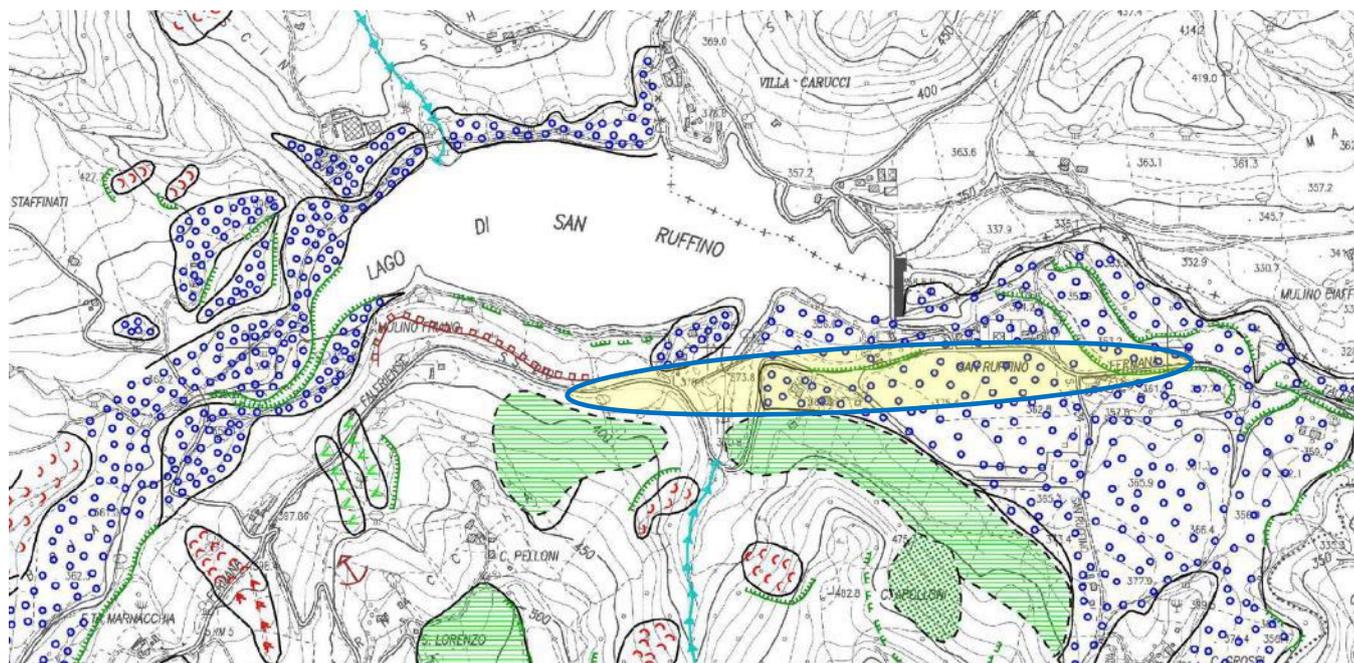


Figura 3-9 Stralcio PRG - TAVOLA_A1-1 (Carta geologica)

PROGETTAZIONE ATI:

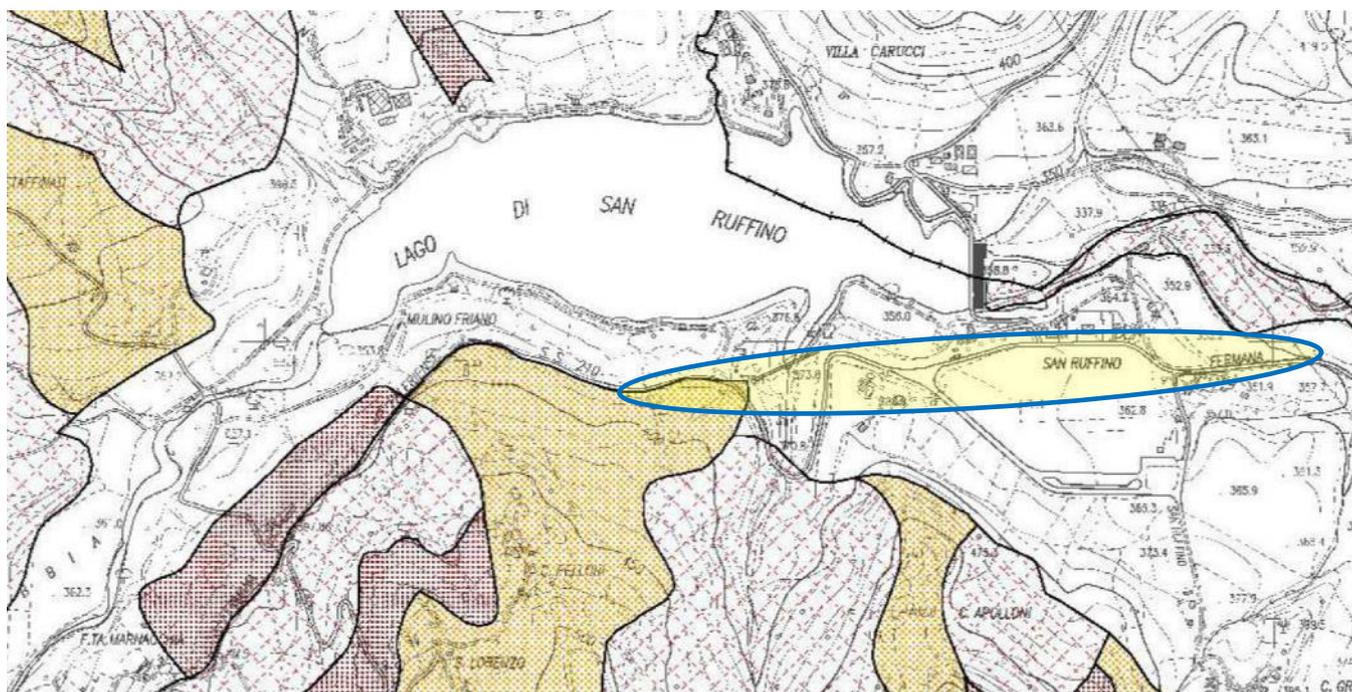


Legenda

- SCARPATE DI EROSIONE FLUVIALE
- SCARPATE DI EROSIONE FLUVIALE INATTIVE PRINCIPALI
- SCARPATE DI EROSIONE FLUVIALE INATTIVE SECONDARIE
- SCARPATE DI EROSIONE FLUVIALE INTERESSATE DA CROLLI
- INTENSA EROSIONE LATERALE
- RUSCELLAMENTO DIFFUSO
- FOSSO IN EROSIONE CONCENTRATA
- APPROFONDIMENTO DELL'EROSIONE IN ALVEO NELLE ALLUVIONI (a)
- E NEL SUBSTRATO (b)
- CONOIDI ALLUVIONALI INATTIVI
- CRESTE AFFILATE
- RIPIANO DI EROSIONE FLUVIALE
- ANTICO
- CORPO DI FRANA PER SCORRIMENTO INATTIVA
- CORPO DI FRANA PER SCORRIMENTO ATTIVA
- CORPO DI FRANA PER COLAMENTO ATTIVA
- INATTIVA
- QUIESCENTE
- DEPOSITI SUPERFICIALI DA 2 A 5 m
- DEPOSITI SUPERFICIALI MAGGIORI DI 5 m
- DETRITO DI FALDA
- CORONA DI FRANA INATTIVA
- CORONA DI FRANA ATTIVA
- AREA INTERESSATA DA DEFORMAZIONE PLASTICA

Figura 3-10 Stralcio PRG - TAVOLA_A1-2 (Carta geomorfologica)

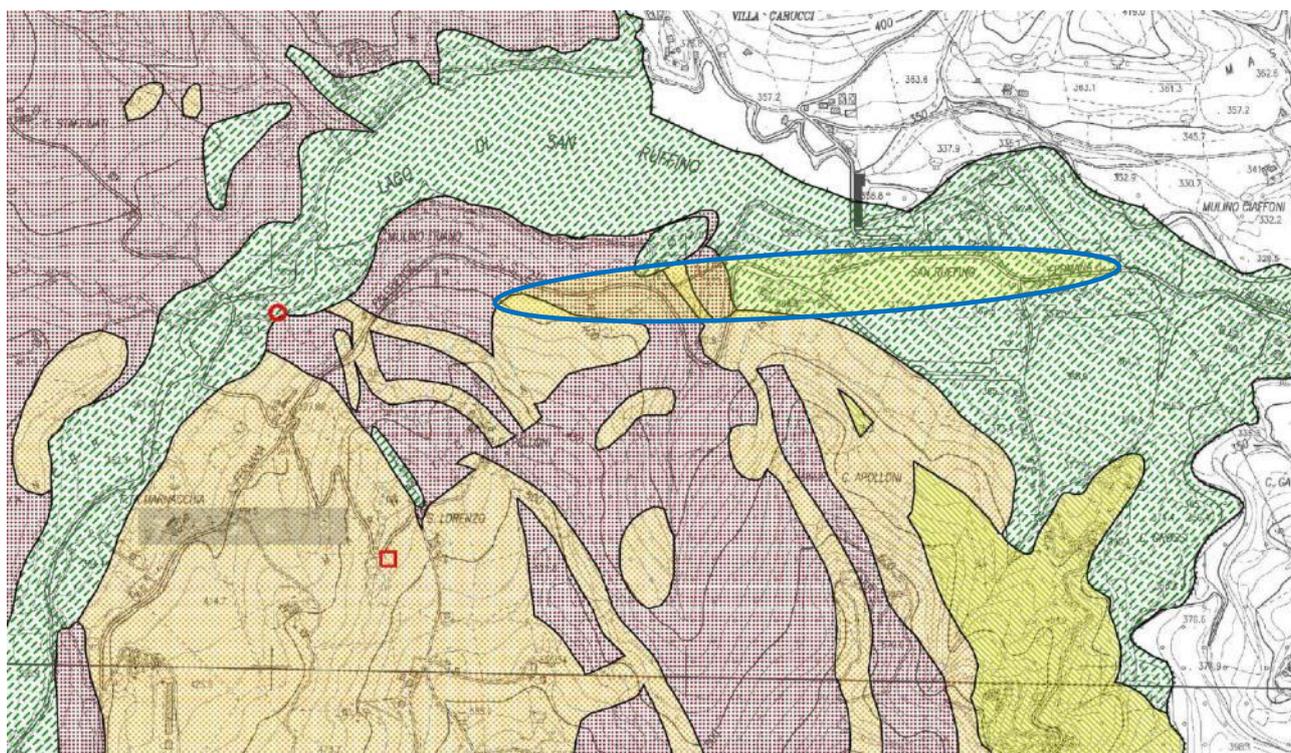
PROGETTAZIONE ATI:



Legenda

	Classe 1 - Aree stabili
	Classe 2 - Aree con elementi di pericolosità geologica
	Classe 3 - Aree di media pericolosità geologica
	Classe 4 - Aree di elevata pericolosità geologica

Figura 3-11 Stralcio PRG - TAVOLA_A1-3 (Carta delle pericolosità geologiche e delle vulnerabilità)



Legenda



Figura 3-12 Stralcio PRG - TAVOLA_A1-4 (Schema idrogeologico)

Dall'esame delle carte allegate al PRG e sopra riportate possiamo dedurre quanto segue:

TAVOLA A1.2 a: le aree classificate dal PAI e riportate nella carta allegata allo strumento urbanistico indicano la presenza di una sola area posizionata in prossimità del tracciato di progetto ed è quella relativa con dice F-21-0808 con rischio R2 e pericolosità P3. Lungo il tracciato di progetto il PAI non segnala nessun altro dissesto.

TAVOLA A1.2 b: le aree classificate dal PAI e trasposte sulla carta geomorfologica non interessano il tracciato stradale in oggetto. Sono presenti in vicinanza della sede stradale attuale delle forme di

PROGETTAZIONE ATI:

erosione fluviali le quali sono mal ubicate data la natura della scala della tavola. In particolare, quella attiva non è presente nella zona indicata in quanto pianeggiante ma è posto al di sotto dell'attuale sede stradale che non è interessata dal tracciato di progetto.

TAVOLA A1.5: riguarda la posizione degli elementi di indagine riscontrati nel territorio. I sondaggi reperiti sono entrati nelle valutazioni riportate nel presente lavoro.

TAVOLE II FASE:

- CARTA GEOLOGICA SAN RUFFINO- la cartografia prende in esame solamente la porzione orientale del tracciato di progetto e si può desumere che il territorio che interessa è costituito da alluvioni terrazzate del IV° ordine
- CARTA TRASPOSIZIONE PAI SAN RUFFINO- possiamo notare come il PAI non interessi la porzione orientale del tracciato stradale di progetto.
- CARTA CLIVOMETRICA SAN RUFFINO- l'area di interesse risulta pianeggiante con pendenze con pendenze tra 0-10%.
- CARTA LITOTECNICA SAN RUFFINO - evidenzia la presenza di sabbie limose e limi sabbiosi con frammenti spigosi o arrotondati.
- CARTA DELLE PERICOLOSITA' SISMICHE SAN RUFFINO – aree di fondovalle, aree pedemontane di falda di detrito.
- CARTA DELLE PERICOLOSITA' GEOLOGICHE SAN RUFFINO – l'area di interesse viene classificata come classe 1° a bassa pericolosità geologica.
- CARTA DELLE VOCAZIONALITA' AI FINI EDIFICATORI SAN RUFFINO - l'area di interesse viene classificata come classe 1° ad alta vocazionalità edificatoria.
- SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA SAN RUFFINO – l'area di interesse risulta posta su depositi alluvionali.
- TAVOLA A1-1: la tavola classifica il terreno di interesse come appartenente all'associazione Pelitico -Arenacea ed arenaceo pelica ed associazione arenacea. Questa cartografia è difforme da quella proposta in questo studio in quanto non indica i terrazzi alluvionali nel tratto stradale d'interesse che pur sono riportati nelle tavole precedenti.
- TAVOLA A1-2: indica le forme e i processi deposizionali continentali che non interferiscono con la struttura stradale di progetto.
- TAVOLA A1-3: la tavola riporta aree a diversa pericolosità ed il tratto occidentale del tracciato di progetto ricadrebbe in parte in un'area classificata in classe 2 Area con elementi a Pericolosità geologica senza specificare quali e di quale intensità. Ad ogni modo questa tavola contrasta con gli elementi morfologici rilevati sul territorio nelle precedenti cartografie.
- TAVOLA A1-3: la cartografia riporta i gradi di permeabilità dei terreni e per l'area oggetto di studio vengono indicate la presenza di terreni impermeabili e semipermeabili.

In conclusione lo studio fornito dal Comune di Amandola ed allegato al PRG comunale è sicuramente utile in linea generale per riportare delle indicazioni geologiche e geomorfologiche che poi vengono in qualche modo sintetizzate e rielaborate nel presente studio. Un dato emerge chiaramente che il tracciato stradale oggetto del presente studio non si sviluppa in terreni che presentano condizioni di rischio geologico e geomorfologico particolarmente elevate o gravi.

4. INDAGINI GEGNOSTICHE

Per attuare la progettazione preliminare potenziata per PNRR nell'ambito dei lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in T.S. e potenziamento delle intersezioni 2° Stralcio lungo la S.S. n. 502 "Cingoli" - S.S. n. 78 "Picena" – Belforte del Chienti – Sarnano- lotto 4 sono state eseguite diverse indagini e quindi anche predisposto un piano delle indagini dove sono state previste le seguenti prove e rilevamenti:

- 1) sondaggi geognostici a carotaggio continuo
- 2) installazione di piezometri e inclinometro e loro controllo
- 3) esecuzione prove SPT a fondo foro
- 4) esecuzione prove sismiche Masw
- 5) esecuzione misurazioni microtremori Hvsr
- 6) esecuzione di pozzetti esplorativi

In questo studio prenderemo in considerazione le risultanze ottenute dai sondaggi geognostici, dalle prove SPT, dal controllo dei piezometri messi a disposizione da Anas Spa – struttura territoriale Marche.

In totale sono stati effettuati, secondo il piano indagini proposto:

- n.5 sondaggi geognostici a carotaggio continuo;
- n. 26 cassette di catalogazione di carote di terreni estratte nel corso dei sondaggi;
- n. 18 SPT a fondo foro;
- n. 3 piezometri a tubo aperto installati;
- n. 1 piezometri tipo Casagrande installato;
- n. 1 tubo inclinometrico
- n. 3 prove Dpsh;
- n. 3 stendimenti sismici a rifrazione con elaborazione tomografica;
- n. 3 misurazioni microtremori tecnica Hvsr;
- n. 13 campioni di terreno indisturbati prelevati
- n. 2 campioni di terreni rimaneggiati prelevati
- n. 2 pozzetti esplorativi per campioni ambientali
- n. 2 prove di carico su piastra

I dati ricavati dalle indagini sopra descritte sono riportati nelle relazioni specifiche commissionate da ANAS.

5. GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA, IDROGEOLOGIA E SISMICA

5.1. RILEVAMENTO GEOLOGICO

Il rilevamento geologico eseguito e riportato nella tav. T01GE00GEOCG01A conferma quanto riportato nella carta di rilievo del Carg della Regione Marche con inserimento lievi di elementi di modifica legati alle risultanze dei sondaggi eseguiti e dal rilievo di campagna (zona ovest del tracciato).

Il rilevamento non presenta indicazioni puntualmente controllabili per effetto di coperture, ma si è ricorsi ad interpretazioni quanto i terreni non risultavano in affioramento; pertanto, i limiti riportati possono considerarsi incerti. Nel corso del rilevamento sono state osservate delle scarpate a monte del tratto stradale posto più ad Ovest imputabili soprattutto a corone di frana.

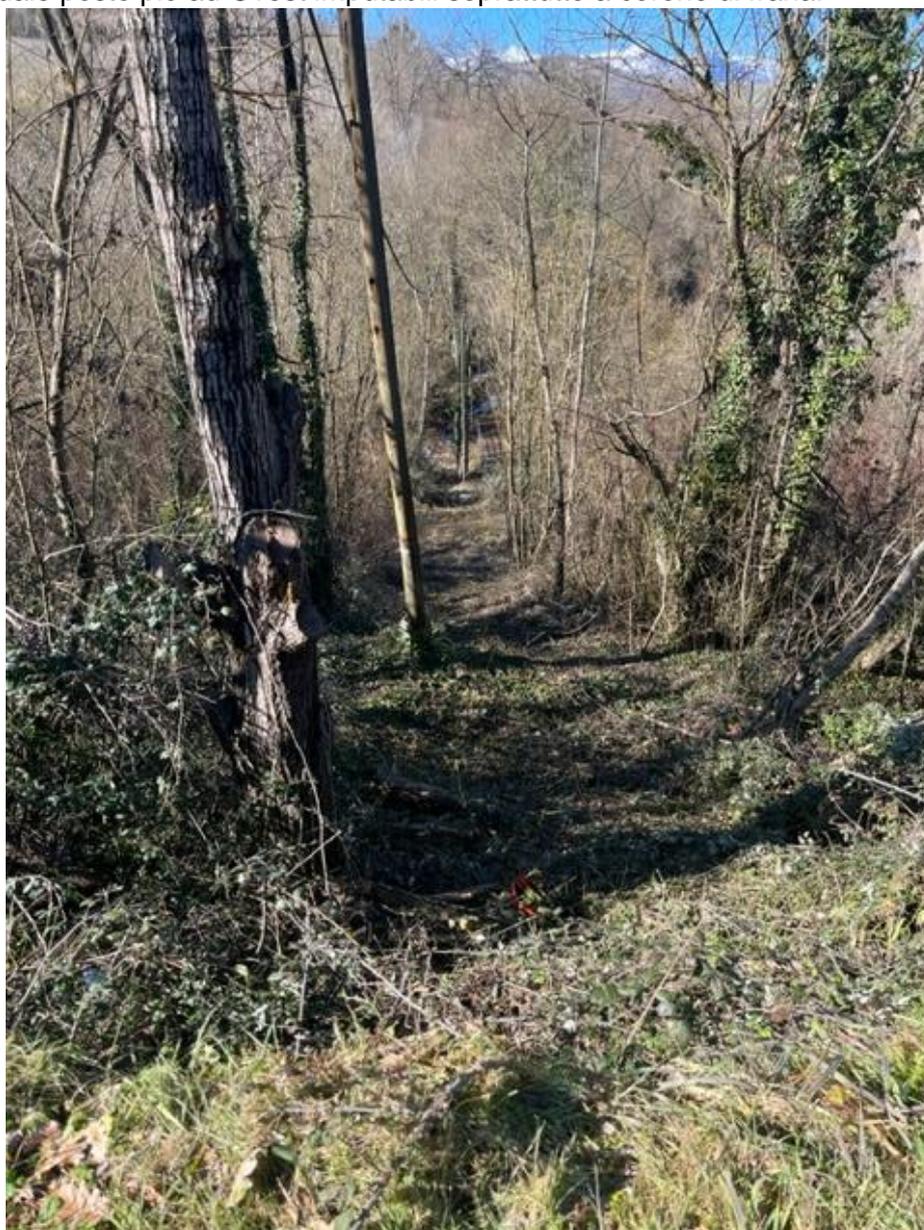


Figura 5-1 43°0'28"N 13°23'38' gibbosità del corpo di frana



Figura 5-2 43°0'28"N 13°23'30"corona di frana

5.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La successione stratigrafica umbro-marchigiana riflette l'evoluzione del margine di Adria a partire dal Trias. La sequenza inferiore, essenzialmente carbonatica (Trias - Eocene), con le sue variazioni verticali e laterali, è riferibile alla individuazione ed evoluzione di un margine passivo da un ambiente di tipo continentale a uno di piattaforma carbonatico-evaporitica, a uno di tipo pelagico. La sequenza emipelagica che segue, il cui tetto è via via più giovane verso l'esterno, segna l'inizio della flessurazione della litosfera dell'avampaese, identificando la rampa che lega quest'ultimo all'avanfossa. Le sequenze torbiditiche che chiudono la successione sono anch'esse gradualmente più giovani verso l'esterno e segnano la progressiva migrazione della deformazione compressiva.

PROGETTAZIONE ATI:

Nel corso del Miocene il bacino umbro-marchigiano è raggiunto dalle compressioni che, in rapida progressione da ovest verso est, ne modificano la morfologia del fondo (Cantalamessa et al., 1986). Esso assume via via i caratteri di un'avanfossa torbidityca (bacino della Marnoso-arenacea, bacino marchigiano interno e bacino marchigiano esterno) migrante verso est a spese dell'avampaese ed ubicata sul fronte della catena appenninica in evoluzione. Le torbidityca poggiano quindi sulle emipelagiti di avampaese (Formazioni del Bisciario, Schlier, Marne con cerroigna, ecc.), con le quali in alcuni casi sono anche lateralmente eteropiche.

Le successioni mioceniche delle Marche, ad esclusione della loro parte basale, sono quindi diverse da zona a zona; per questa ragione i bacini principali dell'avanfossa torbidityca sopra elencati sono suddivisi in letteratura in ulteriori sottobacini.

In particolare, le litologie presenti nell'area del tracciato appartengono al bacino Marchigiano esterno. Si tratta di un bacino complesso nel quale si riconoscono i seguenti bacini minori:

- bacino di Montecalvo in Foglia;
- Isola del Piano;
- bacino di Monte Luro - Monte delle Forche;
- bacino della Laga.

In quest'ultimo bacino minore, nella sua propagine più settentrionale, ricade gran parte del tracciato.

L'area oggetto della presente indagine, secondo una analisi omogenea dal punto di vista del rilievo, dell'assetto morfologico complessivo e della posizione geografica appartiene alla regione fisiografica "B - Fasce di rilievi collinari comprese tra catene montuose o adiacenti ad esse" [Sistema Ba], caratterizzata dalla presenza in substrato di alternanze di termini arenacei, arenaceo-pelitici e pelitico arenacei con, in subordine, livelli argillosi e gessi, deposti nel Miocene (23,03 – 5,333 Ma), fittamente stratificati e con possibili strutture sinclinaliche.

I depositi superficiali sono in genere argilloso-limoso-sabbiosi di spessore anche cospicuo (da qualche metro fino ad oltre 30 m) e, lungo le valli fluviali, sono presenti depositi alluvionali terrazzati, prevalentemente limoso argillosi, di consistente estensione e potenza.

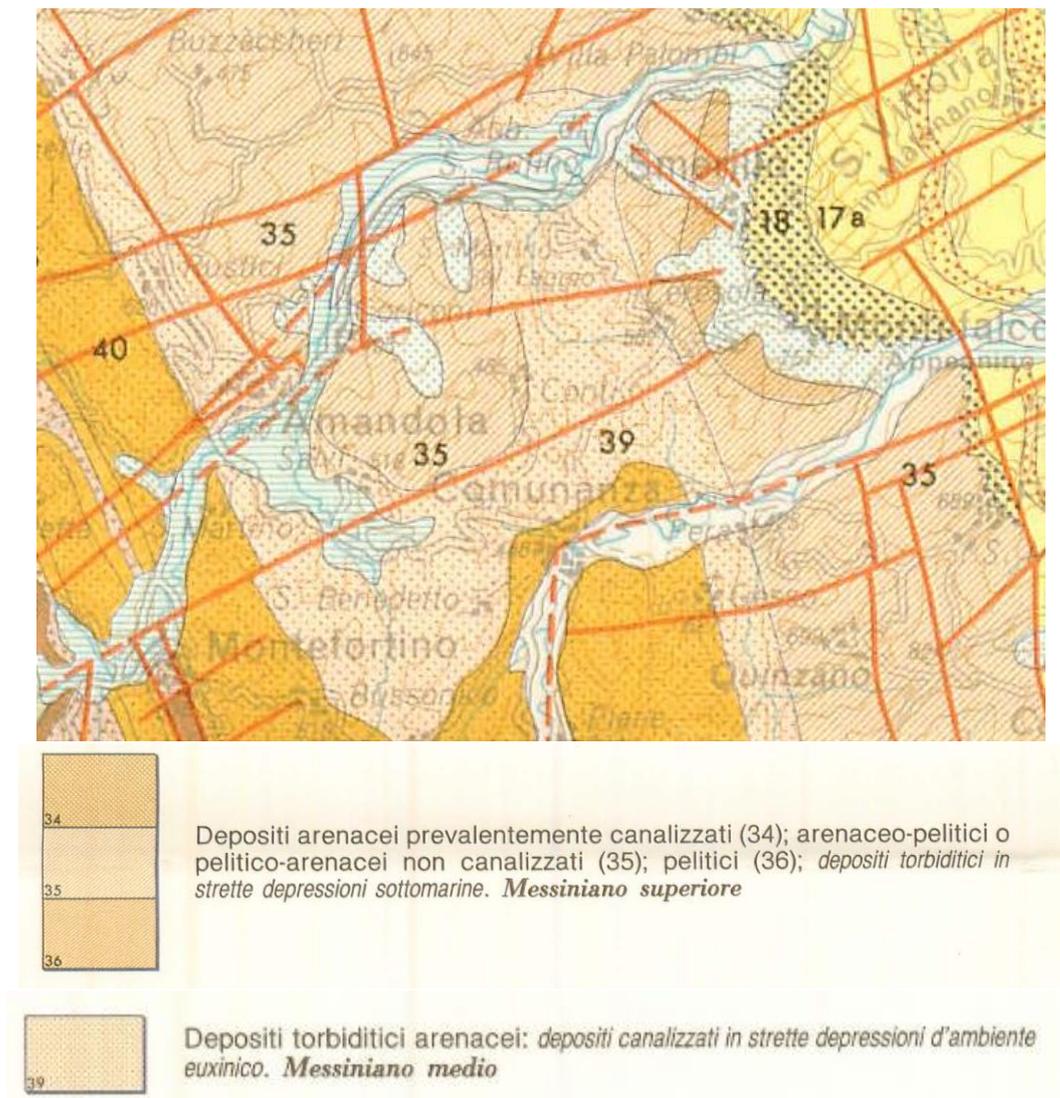


Figura 5-3 Carta geologia delle Marche – E. Centamore(Studi geologici Camerti-1986).

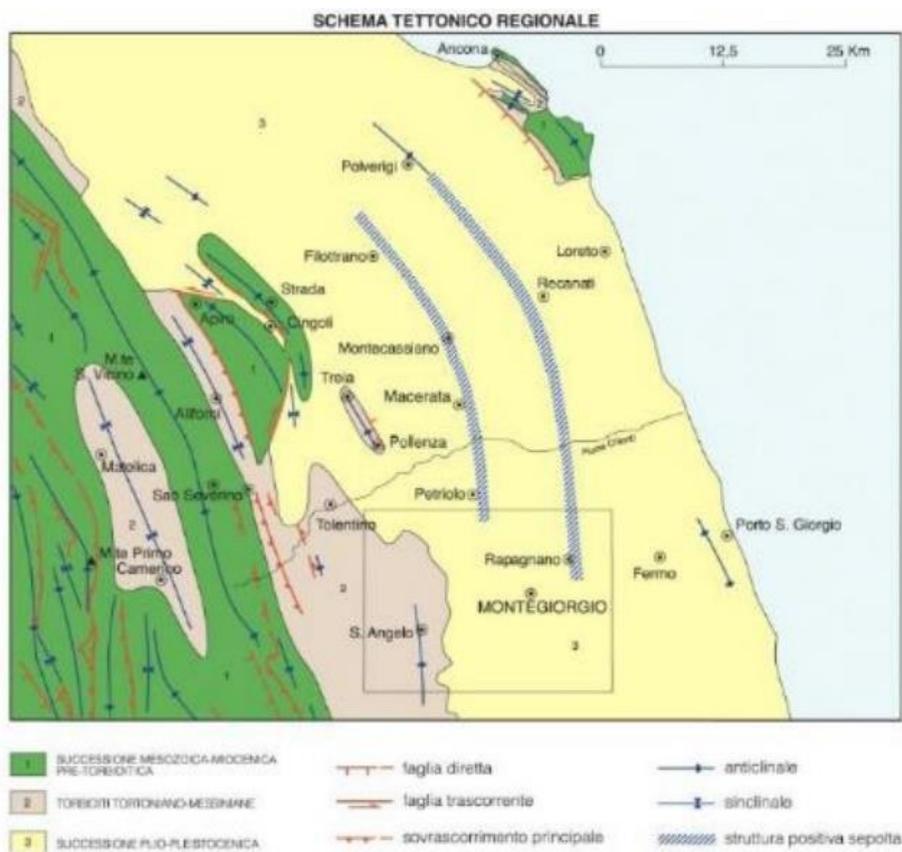


Figura 5-4 Carta geologica foglio 314- SCHEMA TETTONICO REGIONALE (Montegiorgio).

Le successive fasi di emersioni per effetto dell'intenso sollevamento dell'area avviano una fase evolutiva caratterizzata da vari processi continentali, erosivi e deposizionali, correlati alle variazioni climatiche e alle fasi tettoniche.

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

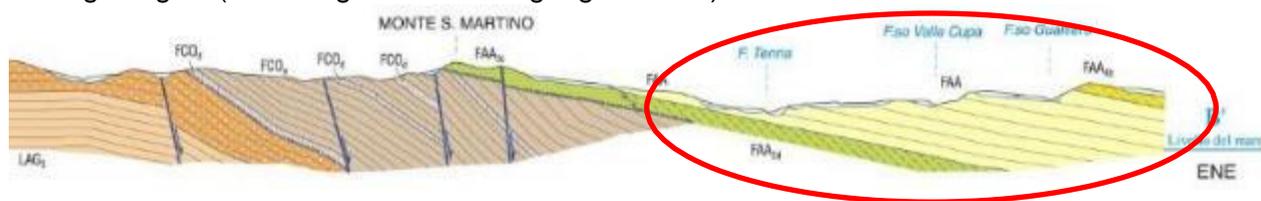


Figura 5-5 Carta geologica foglio 314 (Montegiorgio).

Lo schema sopra proposto evidenzia che la zona presa in considerazione risulta posta al di fuori di aree fortemente tettonizzate e costituisce di fatto una monoclinare con stratificazioni in genere immergenti verso N-E. Anche la cartografia tettonica proposta da E. Centammore ipotizza una faglia nel talweg del Fiume Tenna nell'area del lago di San Ruffino.

L'area interessata dal nuovo progetto è caratterizzata dall'affioramento prevalente di coltri alluvionali e coperture del basamento litoide poste al di fuori del tracciato stradale con spessori variabili, riferibili a:

PROGETTAZIONE ATI:

depositi alluvionali decenti MUS b depositi ubicati principalmente lungo il talweg attuale del Fiume Tenna e costituiti prevalentemente da sedimenti sciolti grossolani di natura calcarea e subordinatamente silicea ed arenacea in matrice sabbiosa.

Sintema del Musone MUSbn-depositi alluvionali terrazzati con ghiaie e sabbie in proporzioni variabili (Olocene).

Sintema del Musone MTIbn-depositi alluvionali terrazzati costituiti da terreni a granulometria fine (Pleistocene Superiore).

Sintema del Musone MUSa1-depositi franosi comprendenti frane quiescenti ed attive (Olocene).

Le alluvioni celano una formazione della Laga di origine marina, LAG 3e che costituisce il Membro Postevaporitico è costituito da una litofacies pelitico- arenacea caratterizzata da peliti grigie con rare intercalazioni di strati arenacei a spessore variabile e LAG 2 che costituisce il Membro Evaporitico è costituito da una litofacies arenaceo-pelitica e pelitico- arenacea. Tali formazioni sono riconducibili al Messiniano p.p..

Quanto sopra è stato confermato dalle indagini eseguite dove le stratigrafie mostrano spessori elevati di depositi alluvionali terrazzati e anche la consistenza degli stessi, mentre le prove sismiche permettono la ricostruzione dell'andamento del substrato lungo il percorso stradale come ricostruito nei profili geologici allegati (tavv.T01GE00GEOFG01A).

5.3. DEPOSITI QUATERNARI

5.3.1. SINTEMA DEL FIUME MUSONE – DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI (MUSb) (OLOCENE)

Depositati alluvionali dei fondovalle attuali, eterometrici (dalle ghiaie alle argille in proporzioni variabili), che costituiscono le forme di letto dei fiumi e che vengono rimaneggiati durante gli eventi alluvionali principali. Spessore: 0-10m.

5.3.2. SINTEMA DEL FIUME MUSONE – DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI (MUSbn) (OLOCENE)

Ghiaie, sabbie, silt e argille, in proporzioni variabili, in riempimenti di canali e corpi tabulari, spesso con strutture sedimentarie (stratificazione incrociata, concava o piano parallela). Livelli torbosi discontinui e suoli organici sepolti o relitti poco evoluti. Spessore: 0-10m con canali che incidono le unità del Pleistocene superiore e che raggiungono anche profondità superiori a 10m. All'interno di questi canali la cui base è costituita da sedimenti prevalentemente fini sono stati rinvenuti carboni datati 7.000/8.000 anni e resti ceramici dell'età del bronzo. Queste età permettono di ipotizzare che l'incisione fluviale dei depositi del Pleistocene superiore si sia realizzata tra la fine del tardiglaciale e 8.000 anni. Da qui parte la deposizione dell'unità olocenica."(Cilla et al. 1996). Inoltre sono presenti sedimenti lacustri che sembrano legati essenzialmente allo sbarramento, in corrispondenza delle strette vallive, operato da grandi eventi franosi (Gentili & Pambianchi,1988).

5.3.3. SINTEMA DI MATELICA (MTI) - DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI (PLEISTOCENE SUPERIORE)

Comprende alluvioni terrazzate del 3° ordine tradizionale attribuita da diversi autori al Pleistocene superiore finale che si presentano particolarmente sviluppati nell'area di destra fluviale a monte di Servigliano. Lo spessore di tali depositi va da pochi metri fino 25-30 m e sono costituiti da ghiaie ben arrotondate, in abbondante matrice sabbiosa. A differenti profondità si rinvencono lenti e/o livelli con una frazione limosa e argillosa fine. Spessore massimo: 15-30m.

5.4. DEPOSITI MIOCENICI

5.4.1. FORMAZIONE DELLA LAGA – MEMBRO POSTEVAPORITICO - ASSOCIAZIONE PELITICO-ARENACEA

Generalmente costituita da peliti fittamente stratificate, costituite da silt argilloso e, più raramente, solo da silt o argilla di colore grigiastro, con intercalazioni arenacee, consistenti in arenarie gialle e talora grigie a granulometria da fine a finissima, di spessore variabile da 2-3cm a 25-30cm. La sequenza di Bouma è prevalentemente di tipo T_{bc/e}, e subordinatamente di tipo T_{cde} e T_{de}.

5.4.2. FORMAZIONE DELLA LAGA – MEMBRO EVAPORITICO - ASSOCIAZIONE ARENACEA

Arenarie torbiditiche silicoclastiche, sporadicamente gessose, in strati molto spessi, spessi e medi, di colore grigio-azzurro e giallastro, a granulometria grossolana e fine, con intercalazioni sottili, a volte discontinue, di peliti marnoso-siltose azzurre. La stratificazione è lenticolare e/o tabulare. Nel complesso si osservano sequenze di Bouma complete o tronche dell'intervallo "a".

5.5. STRATIGRAFIA DELL'AREA

Le principali stratigrafie riscontrabili nell'area d'indagine sono riferibili a litotipi a granulometria grossolana e fine legata alla presenza di depositi alluvionali e localmente di versante che in profondità passano bruscamente al litotipo afferente al bed-rock di base in questo caso la formazione delle Laga.

In particolare l'intero profilo stradale si sviluppa su terreni di natura alluvionale senza soluzione di continuità. I sondaggi eseguiti unitamente alle prove sismiche hanno permesso di ricostruire il modello geologico dell'area. Dall'esame delle sezioni geologiche trasversali redatte (T01GE00GEOSG01A) si può notare la presenza di notevoli spessori di depositi alluvionali, distribuiti su più ordini di terrazzi, etrogenei, da fini a grossolani, legati a fenomeni di sollevamento e di modellazione della valle e sono rimasti lembi a testimonianza della evoluzione tettonica della zona. Le sezioni allegare interpretano la situazione dei luoghi e sono state costruite in base alla carta geolitologica allegata alla presente relazione.

Di seguito si riporta la tavola dove sono state tracciate le sezioni e l'ubicazione dei sondaggi reperiti dall'indagine di microzonazione sismica del comune di Amandola.

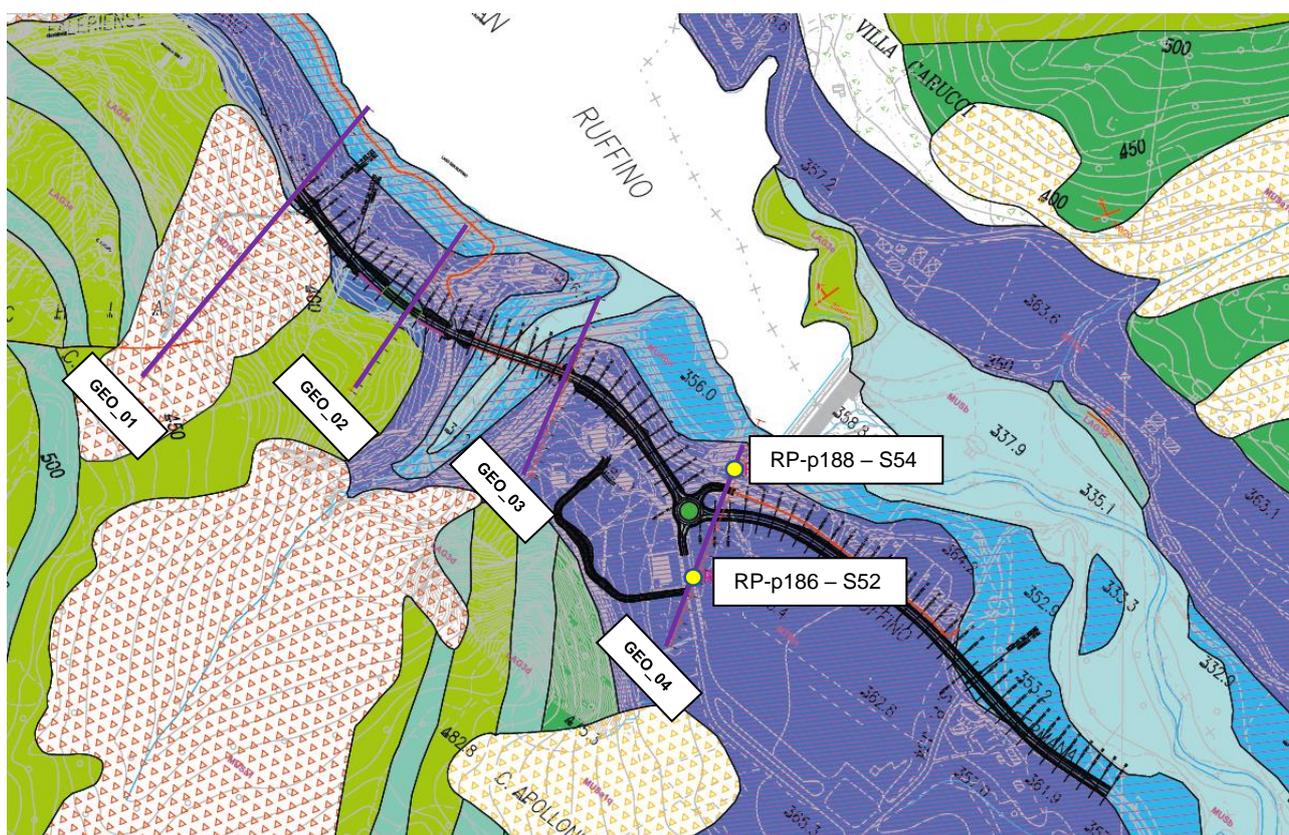


Figure 5-1 Carta geologica con riportate le tracce di sezioni geologiche e l'ubicazione di due sondaggi censiti dallo Studio di Microzonazione sismica del Comune di Amandola ed indicati con le sigle Rp-p188 corrispondente al sondaggio S.54 reperito ed Rp-p186 corrispondente al sondaggio S.52 reperito.

Il grande numero di frane presenti lungo il corso d'acqua in entrambe i lati testimonia la fragilità del territorio e forse nascondono anche elementi tettonici. I depositi terrazzati grossolani sono riscontrabili in modo diffuso e con spessori elevati dalle stratigrafie reperite nello studio di microzonazione sismica di seguito allegati. I sondaggi eseguiti nel corso della presente indagine hanno evidenziato sempre coltri alluvionali fini e raramente presenza di ghiaie se non in due punti (Ad_S.3 tra m.21,50 e m.23,50, Ad_S.4 tra m. 18 e m. 18.50 e tra m. 24.8 e m. 25.20).

SONDAGGIO	STRUM.	PERFORAZIONE	PROF (ml)	LAT/LONG	ALT (m s.l.m.)
AD_S01	INC	CC	30	43° 0'26.88"N 13°23'19.04"E	284
AD_S02	P	CC	20	43° 0'26.43"N 13°23'28.26"E	383
AD_S03	P	CC	30	43° 0'26.98"N 13°23'30.22"E	378
AD_S04	P	CC	30	43° 0'27.27"N 13°23'37.74"E	377
AD_S05	CG	CC	20	43° 0'27.27"N 13°23'37.74"E	379

Lo schema sopra riportato è desunto dal report indagini geologiche eseguite nell'area d'interesse. Le stratigrafie riportano molto esattamente la distinzione tra terreni in posto e quelli di natura alluvionale. Anche le prove SPT eseguite a fondo foro hanno permesso di eseguire esattamente la costruzione geologica del modello della zona d'indagine. Tutto ciò confermato anche dai risultati delle prove Dpsh eseguite.

6. GEOMORFOLOGIA

Il rilevamento geomorfologico eseguito sia sul terreno che con l'ausilio delle immagini aeree viene riportato in tav. T01GE00GEOCG02A dove sono riportate diverse forme e processi legati eventi geomorfologici e ad instabilità di versante. Questa tavola è stata redatta anche attingendo dal contributo offerto dalla cartografia PAI e della cartografia CARG Regione Marche. In particolare in campo sono state individuate ben poche forme o processi rispetto alla cartografia tematica di base in quanto il tracciato stradale di progetto si sviluppa interamente su un fondo valle alluvionale. Nella zona di inizio lotto posta ad ovest è presente un evidente movimento franoso, attualmente ritenuto quiescente, che si sviluppa coinvolgendo nella zona di monte li terreni della formazione della Laga i quali a loro volta nello scivolamento verso valle hanno coinvolto terreni alluvionali.

Un piccolo fenomeno di instabilità si segnala nella zona che viadotto ma che trae origine al di fuori del tracciato stradale. Questa piccola frana è legata alla perdita di stabilità del versante per elevata pendenza topografica e l'ubicazione rimane incerta in quanto la zona è fortemente vegetata da non consentire una perimetrazione ben definita. In ogni modo la frana non è attiva.

Sotto l'aspetto idraulico il tracciato stradale proposto non coinvolge alcun corso d'acqua in quanto presente solamente un fosso che viene superato in viadotto.

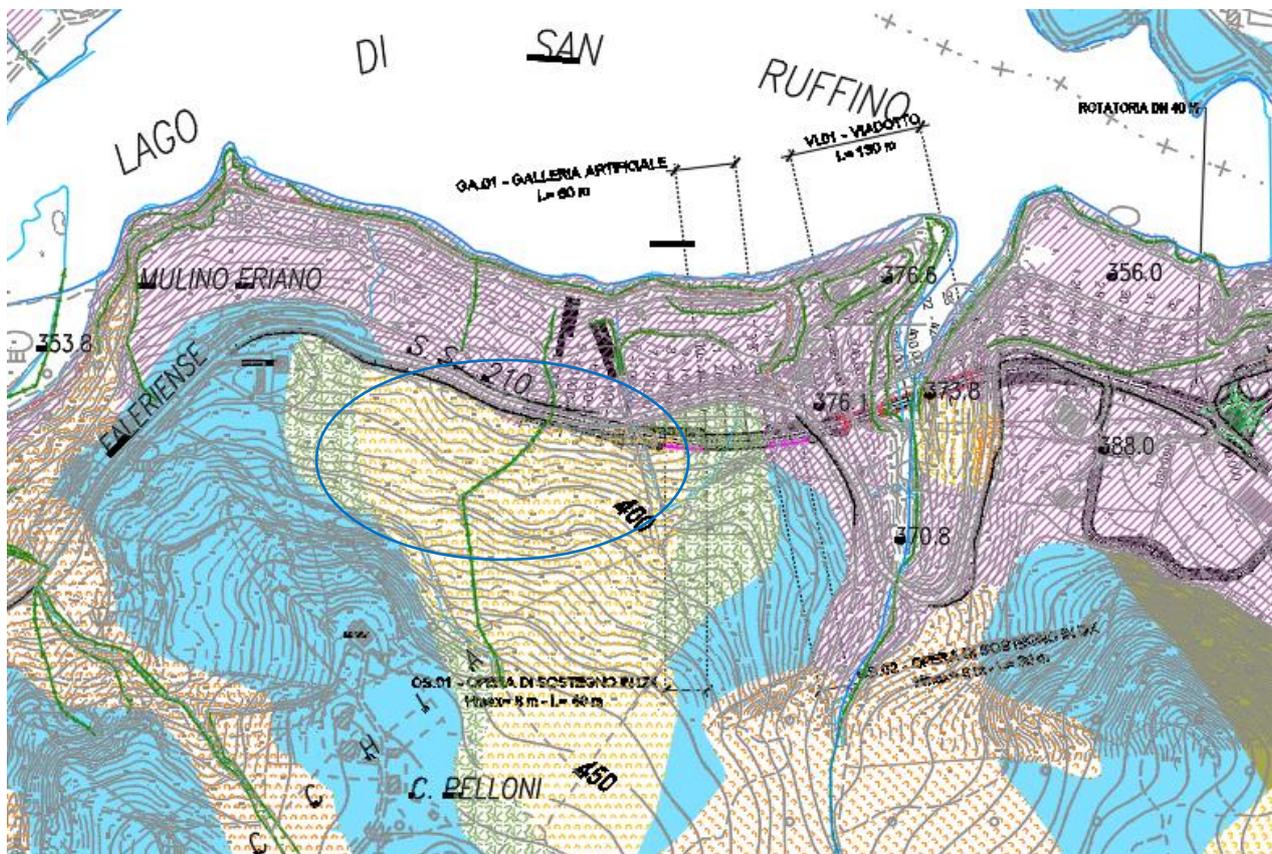


Figure 6-1 Estratto da Carta geomorfologica tav T01GE00GEOCG02A in azzurro l'area d'interesse

PROGETTAZIONE ATI:

Il tratto stradale interessa aree che rappresentano residui delle superficie terrazzate del Tenna. Il tratto Ovest del tracciato per un breve tratto lambisce il piede una zona instabile come riportato nella carta geomorfologica allegata.

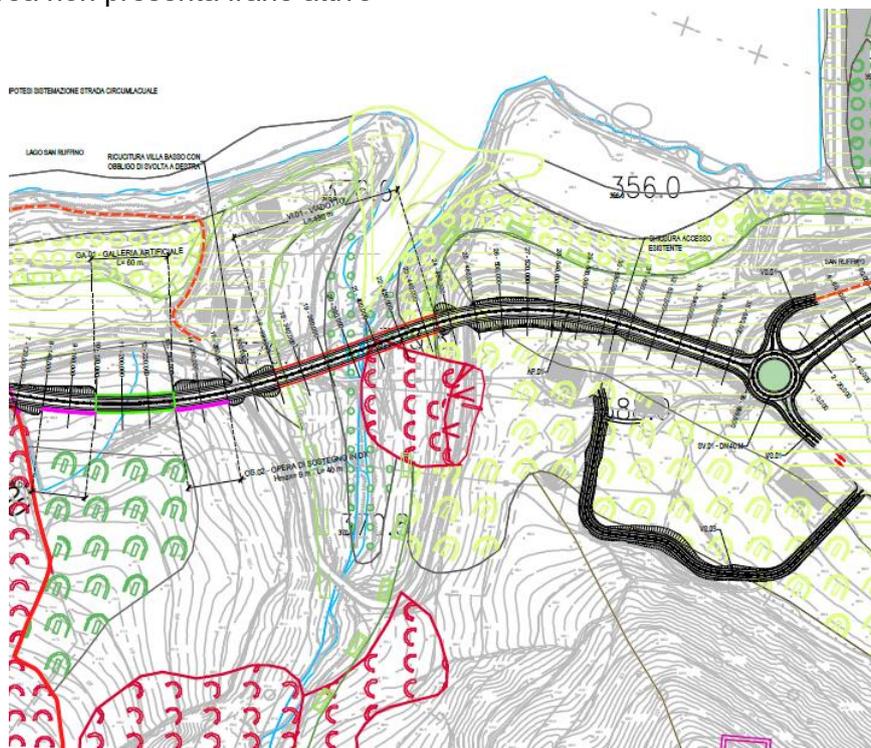
L'esecuzione del sondaggio Ad_S1 strumentato con inclinometro ha permesso di individuare il substrato a breve profondità e quindi ciò ha portato ad escludere che il movimento franoso di monte potesse coinvolgere anche la sede stradale attuale. Inoltre futuri controlli inclinometrici potranno avallare questa tesi. Attualmente è stata effettuata la lettura di taratura della strumentazione analizzando i 4 canali (13 maggio 2023).

Il talweg fluviale risulta essere di natura complessa come in precedenza descritto ed è bordato da sponde talora impervie e a volte degradanti dolcemente rispetto alla morfologia locale. La presenza del lago di San Ruffino, oggi artificiale, ha origine sicuramente da fenomeni naturali di sbarramento per frana del corso d'acqua più a valle dell'area di studio che ha portato a depositare elevati quantità di limi sabbie ed argille che si ritrovano nei sondaggi eseguiti. Il sollevamento per tettonica della zona ha determinato probabilmente la erosione dei sedimenti alluvionali e determinato le attuali morfologie assai complesse.

6.1. AREE IN DISSESTO

Nell'area oggetto di studio durante il rilievo di campagna, nella porzione strettamente legata al tracciato stradale di progetto, non si sono rinvenuti segni o elementi riconducibili a dissesti e forme di instabilità. Anche la bibliografia delle banche dati disponibili (Regione, IFFI) confermano che non sono presenti frane e/o dissesti morfologici che interferiscono con il progetto in esame. Nessuna area delimitata dal PAI interferisce, secondo la cartografia prodotta, con il tracciato stradale. La piccola frana evidenziata in cartografia e di seguito riproposta non è di facile perimetrazione come sopra enunciato. La sua passata presenza è testimoniata da una corona di frana residuale posta a monte della SP. 210 e a valle dalla presenza del piede di frana che si può a male a pena distinguere tra la vegetazione.

Attualmente l'area non presenta frane attive



PROGETTAZIONE ATI:

6.2. DISSESTI CENSITI DAL PAI E DALL'IFFI

Di seguito si riporta uno stralcio della cartografia PAI VIGENTE aggiornata al Decr. Del segr. Gen. AdB Distrettuale Appennino Centrale n.140 del 27/10/2021. E' in corso di approvazione il procedimento di variante (AGG: 2022). L'area Pai è classificata con codice F-21-0808 Classe di rischio - R2 e classe di Pericolosità - P3, ed è individuata nella tavola 65c.

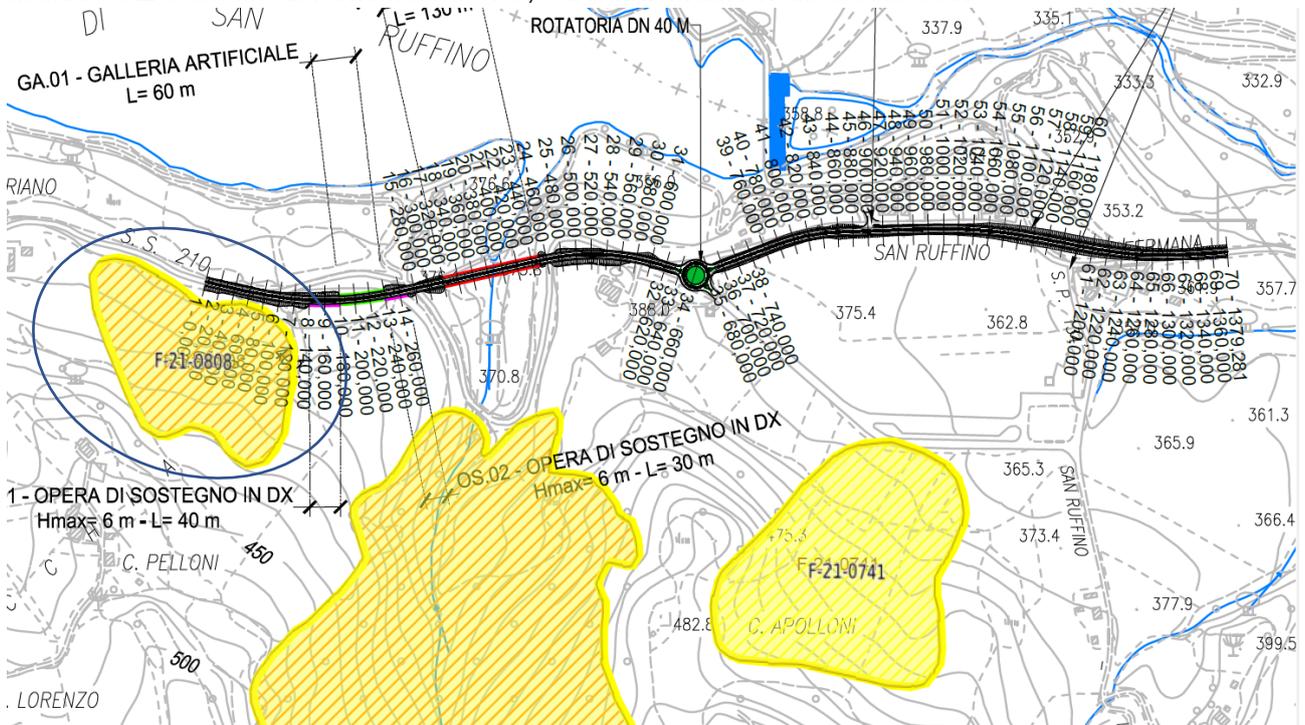


Figure 6-2 Stralcio Tavola 65C – Carta del rischio idrogeologico – Pai dei bacini di rilievo regionale delle Marche

Dall'analisi della foto aerea seguente (Figure 6-3) risulta visibile la scarpata posta a monte dell'attuale area instabile indicata in rosso e la scarsità di vegetazione dei versanti. In verde indicazione di probabile accumulo di frana legata alla perdita di stabilità della sponda del fosso, non si nota la corona di distacco.



Figure 6-3 Foto aerea 1988 estratto da <http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>

PROGETTAZIONE ATI:

La consultazione del database IFFI (Inventario Fenomeni Franosi Italiani) e del sito Idrogeo evidenzia una leggera interferenza ad inizio lotto tra aree in dissesto/frana ed il tracciato stradale interessato dall'adeguamento. Il fenomeno gravitativo è classificato come un colamento lento. Anche per questo motivo nell'area è stato messo in opera un inclinometro (Ad_S01).

Il rilievo di campagna eseguito ha evidenziato come tale fenomeno interessi il versante a monte della strada esistente e ed interferisce limitatamente con l'infrastruttura in progetto.



Frane IFFI

Punto Identificativo del Fenomeno Franoso (PIFF)*

- Scheda frane di 1° Livello
- Scheda frane di 2° Livello
- Scheda frane di 3° Livello

Evento franoso

- Evento franoso

Tipologia di frana

- Frane lineari
- Crollo/Ribaltamento
- Scivolamento rotazionale/traslattivo
- Espansione
- Colamento lento
- Colamento rapido
- Sprofondamento
- Complesso
- Aree con crolli/ribaltamenti diffusi
- Aree con sprofondamenti diffusi
- Aree con frane superficiali diffuse
- DGPV
- n.d.

PROGETTAZIONE ATI:

6.3. AREE INONDABILI E CON CRITICITA' IDRAULICA

Da punto di vista idrogeologico l'area ricade all'interno del bacino del Fiume Tenna.

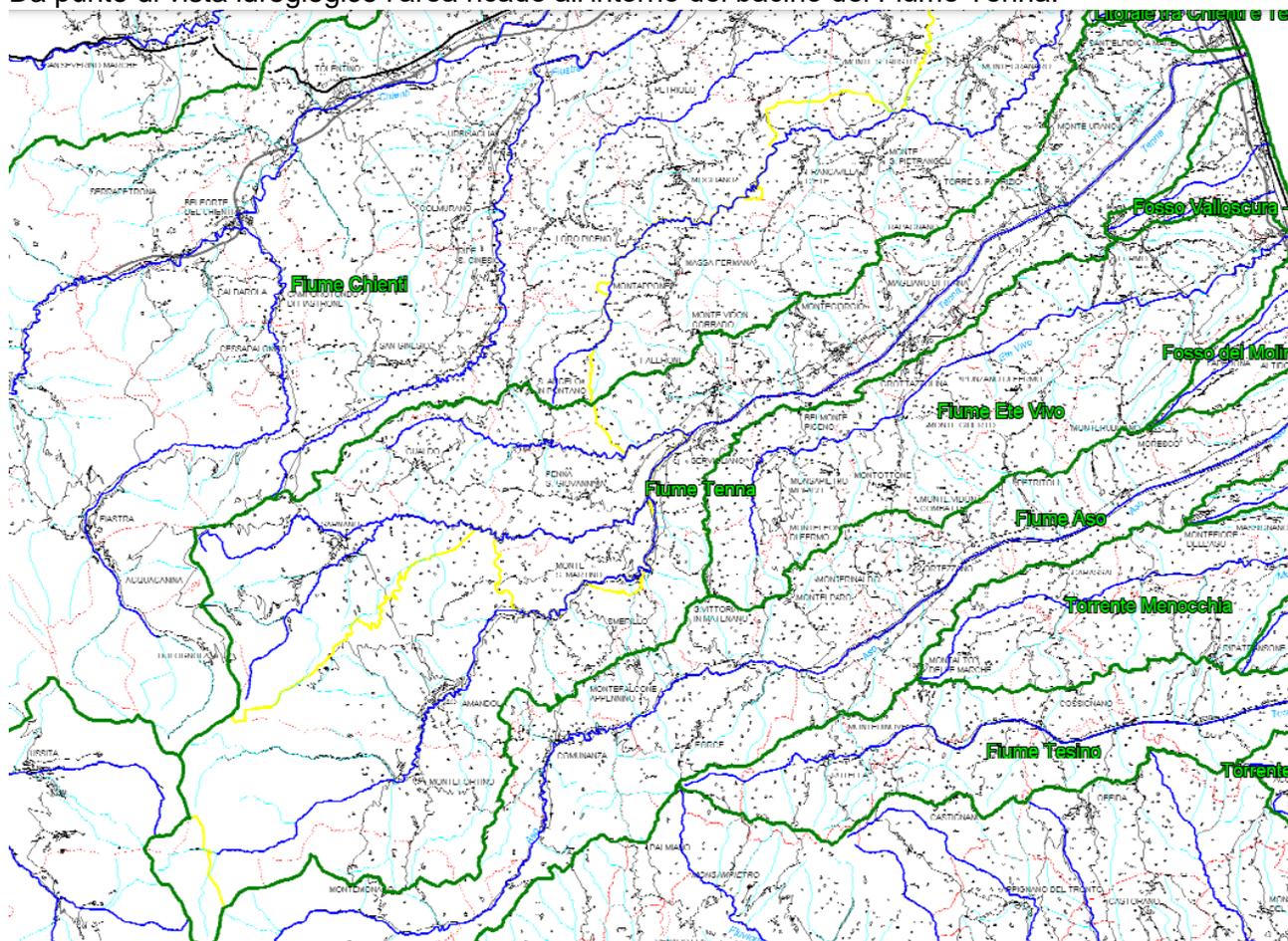
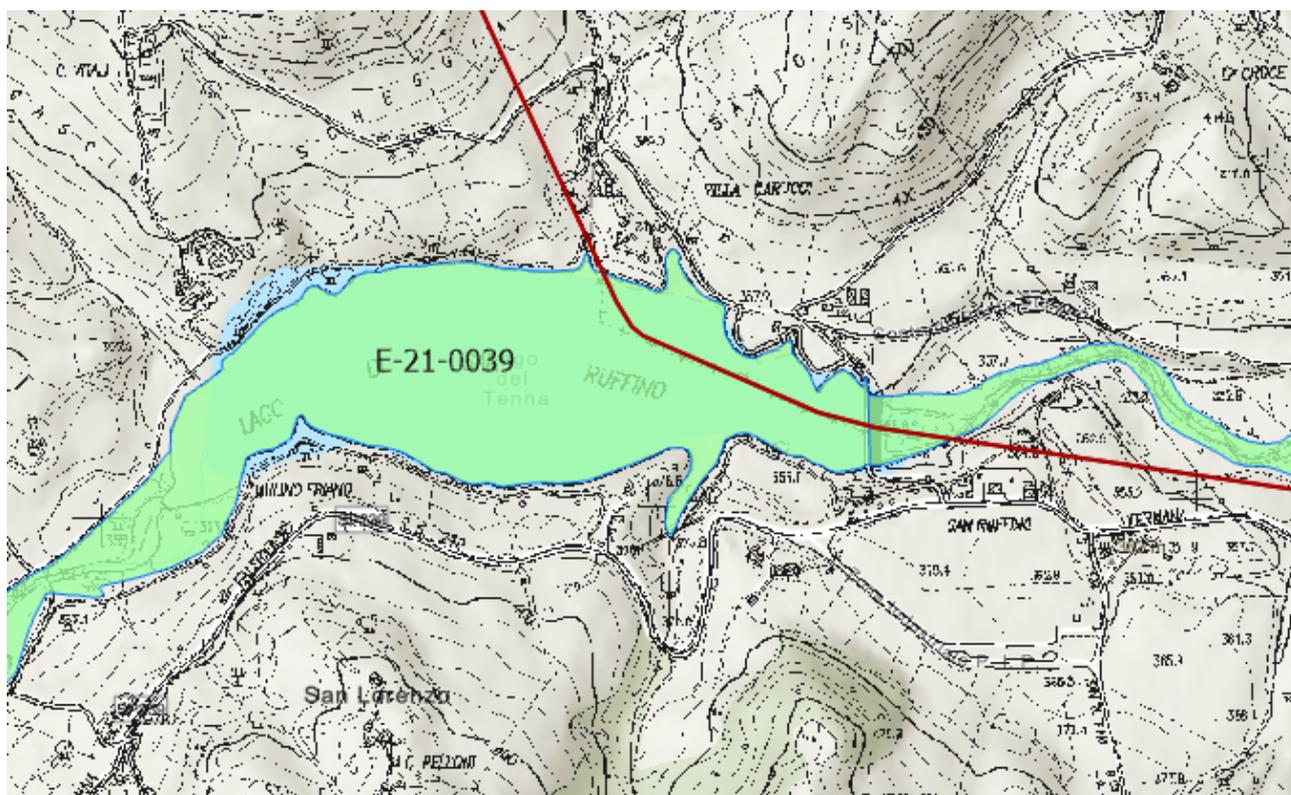


Figure 6-4 Stralcio Carta Bacini idrografici della Regione Marche

Di seguito si riporta uno stralcio della cartografia PAI VIGENTE aggiornata al Decr. Del segr. Gen. AdB Distrettuale App. centrale n.140 del 27/10/2021. E' in corso di approvazione il procedimento di variante (AGG: 2022).

Dallo stralcio si evidenzia che il tratto stradale non interseca nessuna zona soggetta area inondabile.



P.A.I. DEI BACINI REGIONALI MARCHE

AREE INONDABILI

Situazioni di rischio da esondazione

rischio

- Rischio moderato (R1)
- Rischio medio (R2)
- Rischio elevato (R3)
- Rischio elevato (R4)

Figure 6-5

Nella banca dati SIT del consorzio di bonifica della regione Marche sono riportati gli interventi legati a problematiche di natura idraulica. In particolare nell'area di interesse le segnalazioni erano relative a problemi di ostruzione della rete di fossi che scende dal versante a S in corrispondenza di attraversamenti stradali. Le criticità prossime all'area di studio sono "chiusi" a seguito di interventi di sistemazione.



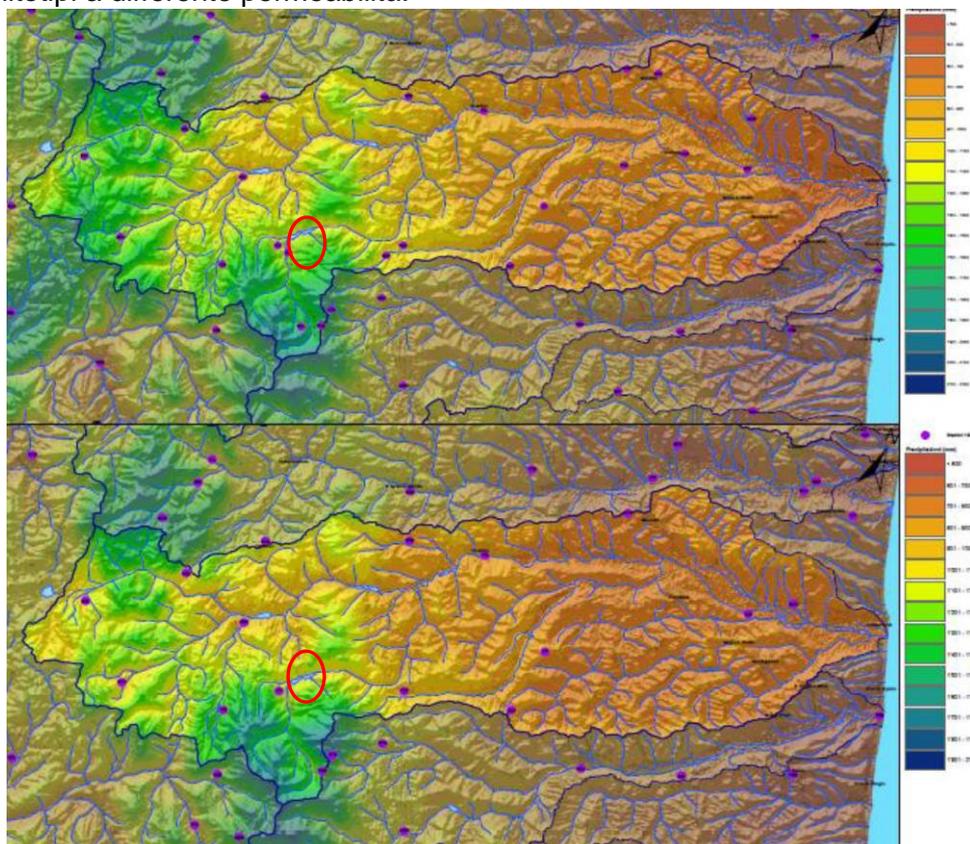
Figura 6-1 Stralcio Carta delle Segnalazioni – Consorzio di Bonifica Marche

7. IDROGEOLOGIA

7.1. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO GENERALE

L'area di studio fa parte del bacino idrografico del Fiume Tenna che risulta essere un'asta fluviale abbastanza breve che si origina ai piedi della dorsale carbonatica dei monti Sibillini e sfocia direttamente nell'Adriatico. L'asta fluviale è costituita da diversi affluenti in entrambe le direzioni ed in genere risulta incassato nelle proprie alluvioni recenti o terrazze formatesi nel quaternario o, come nel nostro caso anche nel Miocene.

Nell'area sono presenti dei potenti terrazzi fluviali che però si riducono sensibilmente procedendo verso l'interno e quindi allontanandoci dall'asta fluviale principale. Gli affluenti in questa zona sono caratterizzati da modesti spessori di depositi contenenti modesti acquiferi per lo più a carattere intermittente. Lo sviluppo areale dei corsi d'acqua risulta dendritico e sempre costituito da fossi abbastanza brevi e posti in impluvi anche fortemente incisi. I terreni presenti in zona possono essere sede di sorgenti e/o risorgive per lo più di modeste portate e localizzate in lineamenti tettonici o di contatto tra litotipi a differente permeabilità.



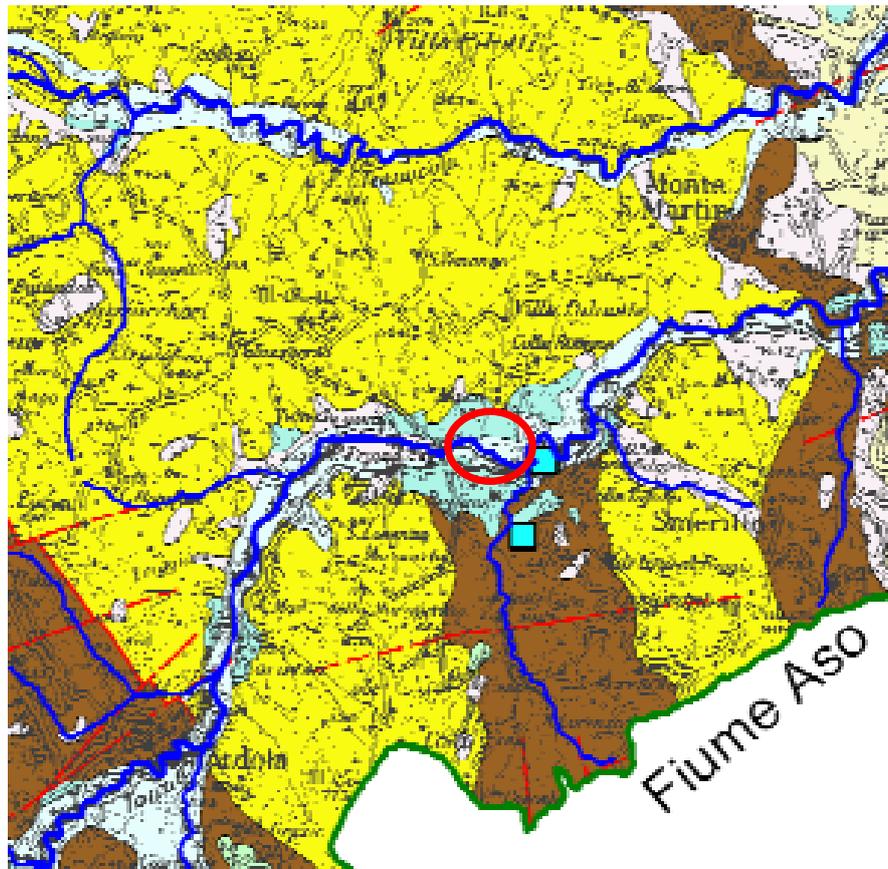
Questa tavola riporta la piovosità media della zona tra gli anni 1962-1989 prima tavola e 1990-2017 seconda tavola.

Come si può notare le precipitazioni medie per la zona in esame sono praticamente costanti nell'arco degli ultimi 60 anni di osservazione.

7.2. ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA DI STUDIO

La cartografia estratta dal Piano di tutela acque evidenzia come l'area di studio sia costituita prevalentemente da terreni di natura detritica (alluvioni terrazzate) costituita da sedimenti fini e grossolani.

PROGETTAZIONE ATI:



- 1 – Complesso idrogeologico dei depositi eluvio-colluviali, detritici di versante e di spiaggia (Olocene-Pleistocene sup.).** I depositi di fondovalle, costituiti da eluvio-colluvioni argilloso-limose ed argilloso-siltoso-sabbiose a bassa permeabilità (1a), sono caratterizzati da falde sostenute da argille e argille marnose del substrato messiniano e plio-pleistocenico. Le falde, con forte escursione stagionale della piezometrica, alimentano numerosi pozzi, il reticolo idrografico di fossi e torrenti e gli acquiferi delle pianure alluvionali. Le acque, generalmente inquinate da nitrati nelle zone ped-
- 1a
1b
- 2 – Complesso idrogeologico delle pianure alluvionali e dei depositi fluvio-lacustri e lacustri (Olocene-Pleistocene sup. e medio).** Tale complesso è formato essenzialmente dai depositi alluvionali terrazzati recenti (2a) ed antichi (2b) 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,
- 2a
2b
2c
- 1a
1b
1c
1d
1e
- 4-5 – Complesso idrogeologico delle argille, argille marnose e marne argillose (Pleistocene-Pliocene-Messiniano).** Tale complesso è costituito da argille, argille marnose e marne argillose pleistoceniche (4a), plioceniche (4b) e messiniane (4c), con intercalati a diversa altezza della sequenza corpi arenacei, arenaceo-conglomeratici, arenaceo-pelitici, arenaceo-organogeni e conglomeratici (5) sede di acquiferi. Le argille costituiscono di norma il substrato impermeabile degli acquiferi delle pianure alluvionali e delle eluvio-colluvioni di fondo-valle. Il ruscellamento e l'evapotraspirazione sono preponderanti rispetto all'infiltrazione.

Figura 7-1 Estratto da Piano tutela delle acque Regione Marche – Scheda Idrogeologica (estratto tav.A_1_5_Tav_60)

Dalla carta delle isoiete si evince un precipitazione media annua di 850 mm/a circa.

PROGETTAZIONE ATI:

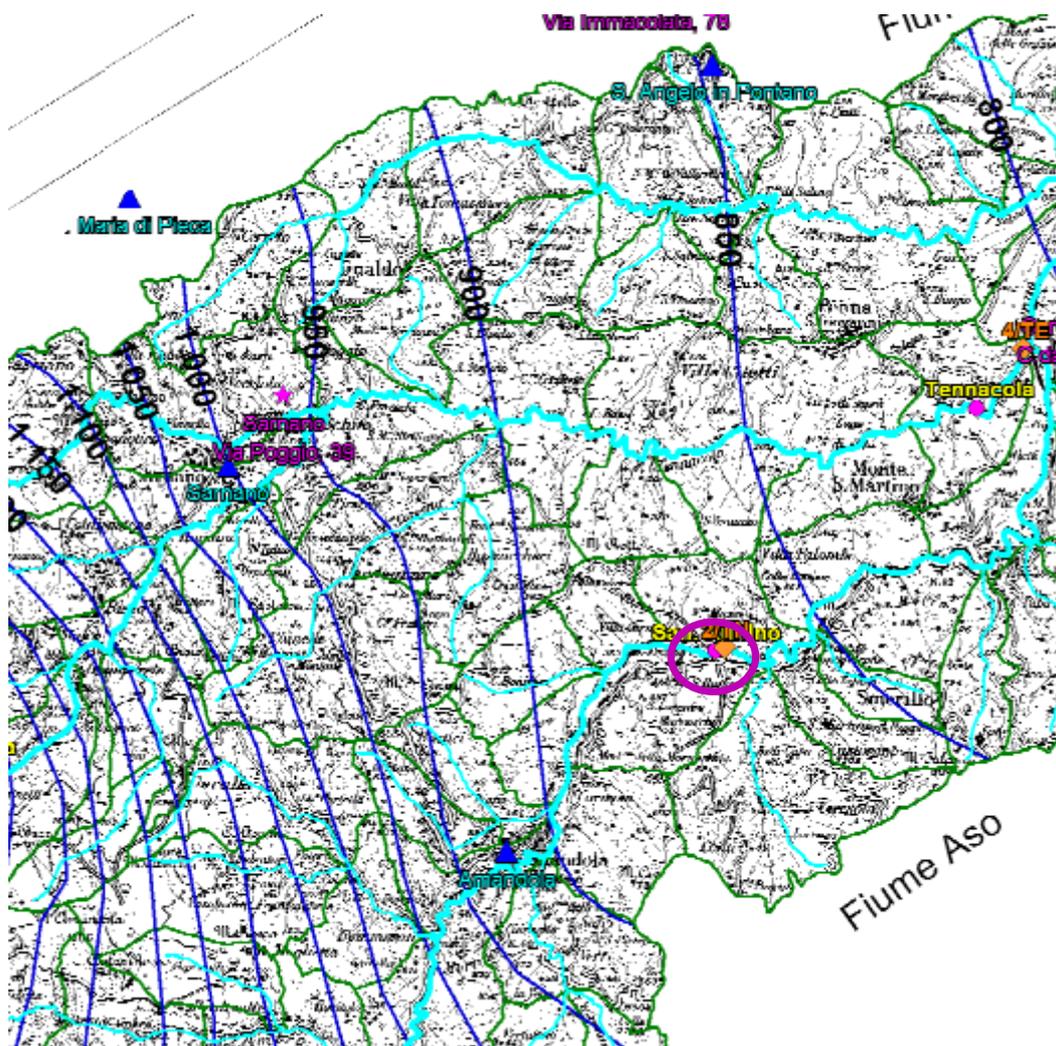


Figura 7-2 Estratto da Piano tutela delle acque Regione Marche – Carta delle isoiete e stazioni di monitoraggio ambientale (estratto tav.A_1_5_Tav_60)

In tavola T01GE00GEOCI01B sono riportate le caratteristiche dei complessi litologici raggruppati secondo la loro permeabilità su base litologica e geomorfologica. Naturalmente gli acquiferi sono più probabili nelle area ad elevata permeabilità ma non si esclude che si possano rinvenire dei modesti acquiferi sospesi all'interno di terreni maggiormente permeabili rispetto ai circostanti.

Le unità idrogeologiche riconosciute presentano sia permeabilità primaria per porosità che permeabilità secondaria per fessurazione.

In linea generale i depositi presenti nell'area possono essere raggruppati in quattro complessi idrogeologici caratterizzati da diverso grado di permeabilità:

1. *Complesso idrogeologico dei depositi eluvio-colluviali, detritici e di versante*
2. *Complesso idrogeologico delle pianure alluvionali, delle alluvioni terrazzate*
3. *Complesso idrogeologico dei depositi arenacei.*
4. *Complesso idrogeologico delle formazioni con alternanze*

I primi due complessi idrogeologici comprendono i terreni di copertura più recenti, mentre gli altri due comprendono le rocce del substrato:

PROGETTAZIONE ATI:

- Complesso C1 - Complesso idrogeologico dei depositi eluvio-colluviali, detritici e di versante. Depositi tipicamente eterogenei, costituiti, considerate le formazioni affioranti nell'area da materiale anche grossolano immerso in una matrice limoso argillosa. Permeabilità di tipo primario da bassa a medio bassa.
- Complesso C2 - Complesso idrogeologico delle pianure alluvionali, delle alluvioni terrazzate e depositi morenici. Complesso formato essenzialmente da depositi alluvionali terrazzati recenti ed antichi delle pianure alluvionali, costituiti da corpi ghiaiosi, ghiaioso limosi, con intercalate, di estensione e spessore variabili, argille limose e sabbie limose. La permeabilità, di tipo primario, è generalmente medio alta, può, solo localmente, abbassarsi in corrispondenza delle lenti limoso-argillose presenti nei depositi alluvionali.
- Complesso C3 - Complesso idrogeologico dei depositi arenacei. Questo complesso è costituito dai membri arenacei della Formazione della Laga e il livello gessarenitico. La permeabilità prevalente è di tipo secondario, anche se nei membri arenacei quella di tipo primario può raggiungere tenori importanti. La permeabilità è strettamente connessa al grado di fratturazione delle rocce, che, data la tettonica dell'area, risulta generalmente medio alto.
- Complesso C4 - Complesso idrogeologico delle formazioni con alternanze. Di questo complesso fanno parte i membri della Formazione della Laga costituiti da alternanze arenaceo-pelitiche. La permeabilità di questo complesso è molto variabile poichè è costituito da formazioni caratterizzate da alternanze tra arenarie e marne o argille. Per questo motivo la circolazione idrica può risultare compartimentata di tipo secondario ed esclusiva degli strati arenacei, l'alterazione di questi depositi ha sempre permeabilità molto bassa.

CLASSI DI PERMEABILITA' - AFTES

MOLTO ALTA - ALTA $K > 10^{-4}$ m/s	ALTA - MEDIA 10^{-4} m/s $> K > 10^{-5}$ m/s	MEDIA - BASSA 10^{-5} m/s $> K > 10^{-6}$ m/s	BASSA - MOLTO BASSA $K > 10^{-6}$ m/s	COMPLESSO IDROGEOLOGICO
				Complesso idrogeologico dei depositi eluvio-colluviali, detritici e di versante
				Complesso idrogeologico delle pianure alluvionali, delle alluvioni terrazzate
				Complesso idrogeologico dei depositi arenacei
				Complesso idrogeologico delle formazioni con alternanze

La superficie piezometrica ipotizzata in base alle misure eseguite nei fori di sondaggio realizzati, indicano un livello piezometrico nel settore occidentale, in cui è presente un substrato caratterizzato da una permeabilità bassa, compreso tra 8.00 e 10.00 m dal p.c., che si approfondisce spostandosi verso est fino a profondità superiori ai 20.0/25.0 m dal p.c .

Nell'area non è segnalata la presenza di sorgenti.

8. SISMICITÀ DELL'AREA

Con l'entrata in vigore dell'OPCM 3274/03, aggiornata con l'OPCM 3519 del 28 aprile 2006 "Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale", la regione Marche ha provveduto a recepirne i contenuti tramite la Regione Delibera della Giunta Regionale delle Marche n. 1046 del 29.07.2003 "Indirizzi generali per la prima applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003. Individuazione e formazione dell'elenco delle zone sismiche nella Regione Marche".

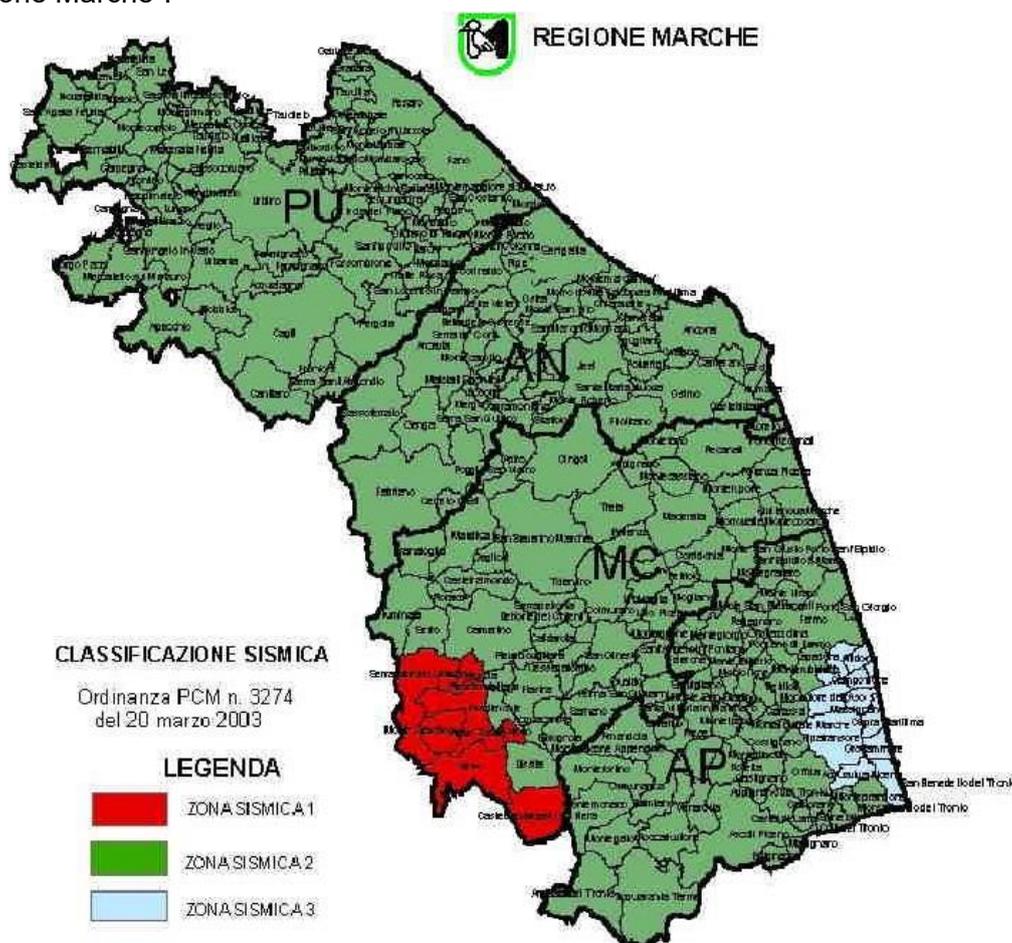


Figura 8-1 Classificazione sismica regione Marche

Il territorio comunale interessato dal progetto in oggetto è quello di Amandola classificato alla classe 2 (ex 2a categoria), che prevede valori di accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g) pari a $0.15 \div 0.25$ e di accelerazione orizzontale massima convenzionale pari a $0.25g$ (Norme tecniche).

8.1. SISMICITA' STORICA

La ricostruzione della sismicità storica dell'area di studio è stata resa possibile attingendo dai dati raccolti nei seguenti database:

- CPTI15 v4.0 Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani "Fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima ≥ 5 o magnitudo ≥ 4.0 d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2020" Rovida A., Locati M., Camassi R., Lollì B., Gasperini P., Antonucci A. (2022). Catalogo

Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 4.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.4>

- Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (2020). The Italian earthquake catalogue CPTI15. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 18(7), 2953- 2984. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00818-y>
- DBMI15 v4.0 DataBase Macrosismico Italiano "Fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2020". Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Antonucci A. (2022). Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 4.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.4>
- INGV Osservatorio Nazionale terremoti. Lista dei terremoti in tempo reale, monitoraggio e sorveglianza sismica in Italia.

La finestra cronologica coperta dal catalogo CPTI15 e dal database DBMI15 va dall'anno 1000 d.C. circa a tutto il 2014 d.C., ed offre per ogni terremoto una stima il più possibile omogenea della localizzazione epicentrale (Latitudine, Longitudine), dei valori di Intensità massima ed epicentrale, della magnitudo momento e della magnitudo calcolata dalle onde superficiali.

Per la compilazione del CPTI15 sono stati ritenuti di interesse solo i terremoti avvenuti in Italia e quelli che, pur essendo stati localizzati in aree limitrofe, potrebbero essere stati risentiti con intensità significativa all'interno dei confini dello stato.

Per il comune interessato dalla realizzazione dell'opera in progetto sono stati identificati i seguenti eventi ricavabili dal database dell'INGV:

**Storia sismica di Amandola
[42.980, 13.357]**

Numero di eventi: 20

Effetti

In occasione del terremoto del:

Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	Np	Ix	Mw
5	1703	01	14	18		Appennino reatino	196	11	6.81
7	1799	07	28			CAMERINO	47	9-10	5.93
7	1873	03	12	20	04	Marche meridionali	196	9	5.88
4	1875	03	17	23	51	Romagna sud-orient.	143	8	5.74
4	1897	12	18	07	24	Appennino umbro-march.	132	7-8	5.18
4	1907	01	23	00	25	ADRIATICO CENTRALE	93	5	4.84
NF	1909	08	25	00	22	MURLO	283	7-8	5.40
2-3	1911	02	19	07	18	Romagna meridionale	185	7	5.38
6	1915	01	13	06	52	AVEZZANO	1040	11	6.99
6	1922	06	08	07	47	CALDAROLA	52	6-7	5.00
F	1936	12	09	07	34	CALDAROLA	32	7-8	4.83
7	1943	10	03	08	28	OFFIDA	86	9	5.81
6	1951	08	08	19	56	MONTI DELLA LAGA	33	7-8	5.28
2	1964	08	02	10	40	PRECI	25	7	5.44
5	1979	09	19	21	35	Valnerina	691	8-9	5.90
NF	1983	11	09	16	29	Parmense	835	7	5.10
5	1984	04	29	05	02	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7	5.68
4-5	1993	06	05	19	16	GUALDO TADINO	326	6	4.92
5-6	1997	09	26	09	40	Appennino umbro-march.	869	9	6.05
5	1998	03	26	16	26	APPENNINO UMBRO-MARCH.	408	6-7	5.33

Figura 8-2 Catalogo sismico del sito di Amandola. Dati modificati a partire dal gruppo di Lavoro CPTI2015 (Ix=intensità ipocentrale Mw = Magnitudo ; Is = Intensità realmente risentita al sito in scala MCS).

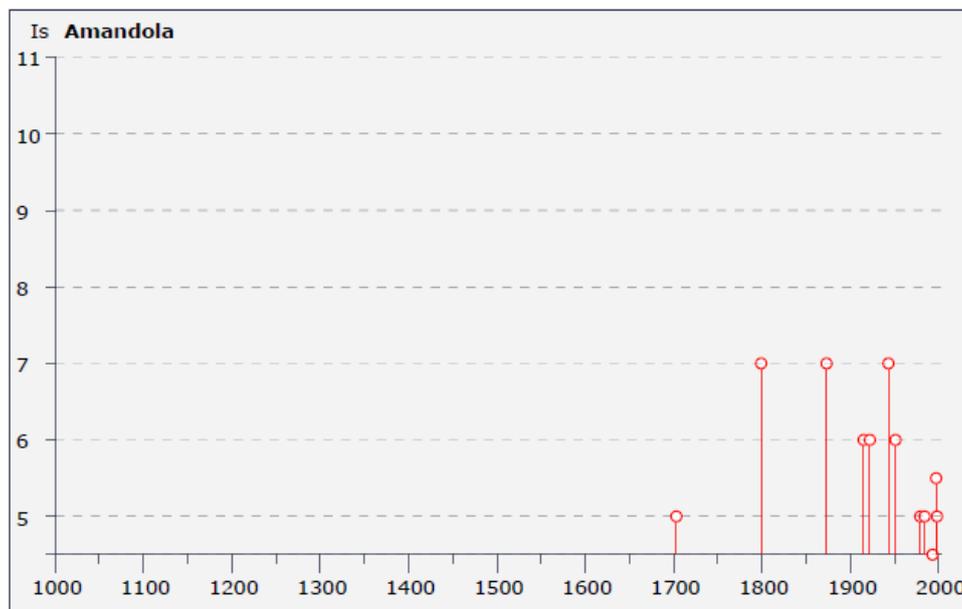


Figura 8-3 Distribuzione delle intensità risentite al sito (Is) dei terremoti verificatisi nell'area di Amandola dal 1000 al 2002

PROGETTAZIONE ATI:

8.2. ASPETTI SISMOGENETICI

A seguito dell'Ordinanza P.C.M. 20 marzo 2003 n.3274, All.1, l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, con l'istituzione del Gruppo di Lavoro del 2004, ha provveduto alla produzione di una mappa di pericolosità sismica di riferimento, elaborando una nuova zonazione sismogenetica (ZS9). Questa nuova zonizzazione sismogenetica è stata definita a partire da un sostanziale ripensamento della precedente zonazione ZS4 (Meletti et al., 2000), alla luce delle nuove evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni sul potenziale sismogenetico acquisite negli ultimi anni.

La zonizzazione sismogenetica ZS9 è corredata, per ogni Zona Sismogenetica (ZS), da un meccanismo focale prevalente, da un valore di Magnitudo Momento Massima (Mw), un valore di Magnitudo di Durata massima (Md) e da un valore di profondità efficace.



Figura 8-4 Zonazione sismogenetica ZS9 del territorio italiano.

PROGETTAZIONE ATI:

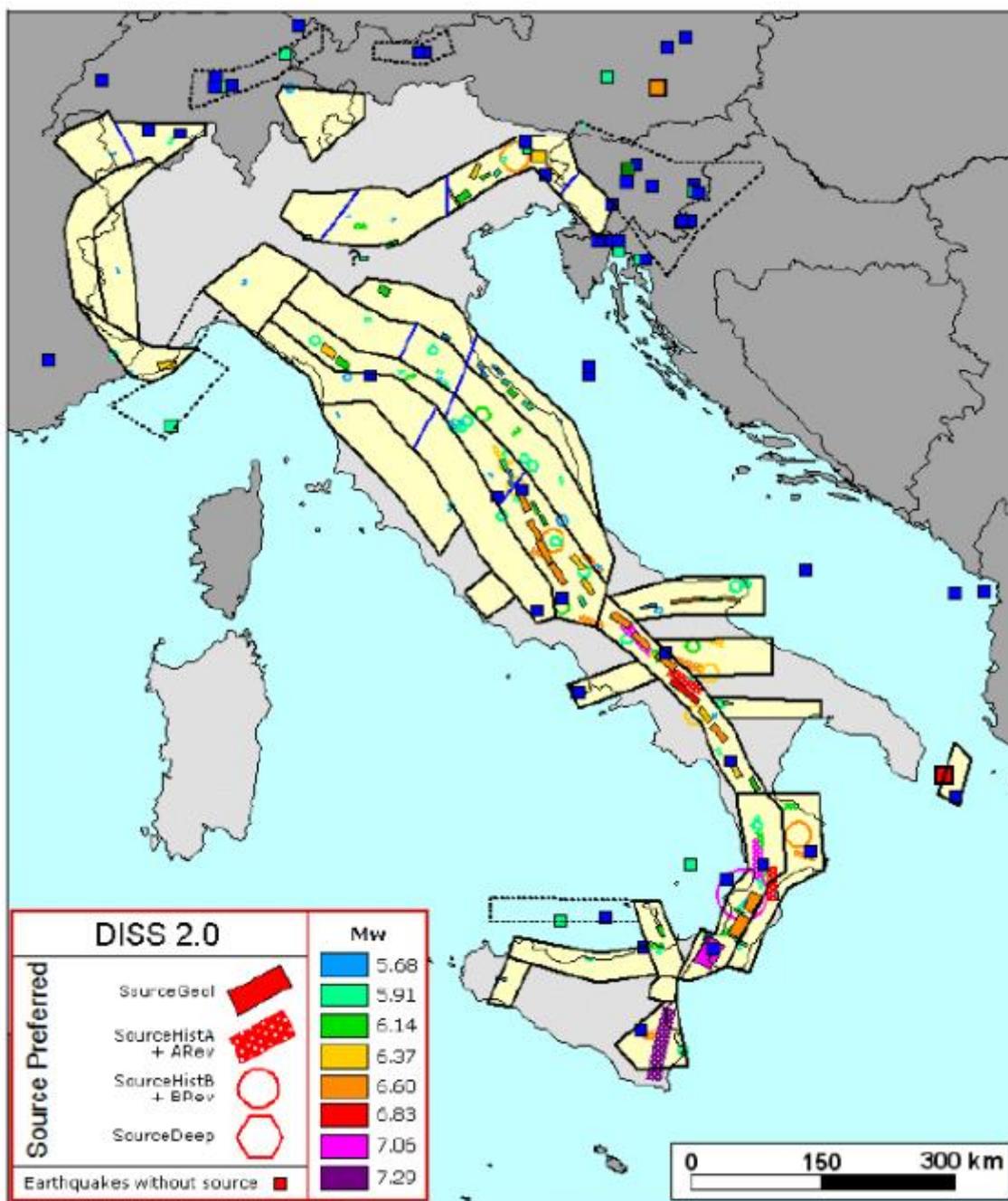


Figura 8-5 Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute nel database DISS 2.0. Ogni sorgente è rappresentata utilizzando una scala cromatica che esprime la magnitudo Mw del terremoto atteso per la sorgente stessa. I simboli quadrati indicano terremoti presenti nel catalogo di riferimento (CPTI2) ma non associati ad una specifica sorgente di DISS 2.0. La loro magnitudo viene rappresentata mediante la stessa scala cromatica usata per le sorgenti. Le classi di magnitudo con le quali sono rappresentati i terremoti e le sorgenti sono le stesse utilizzate per il calcolo dei tassi di sismicità.

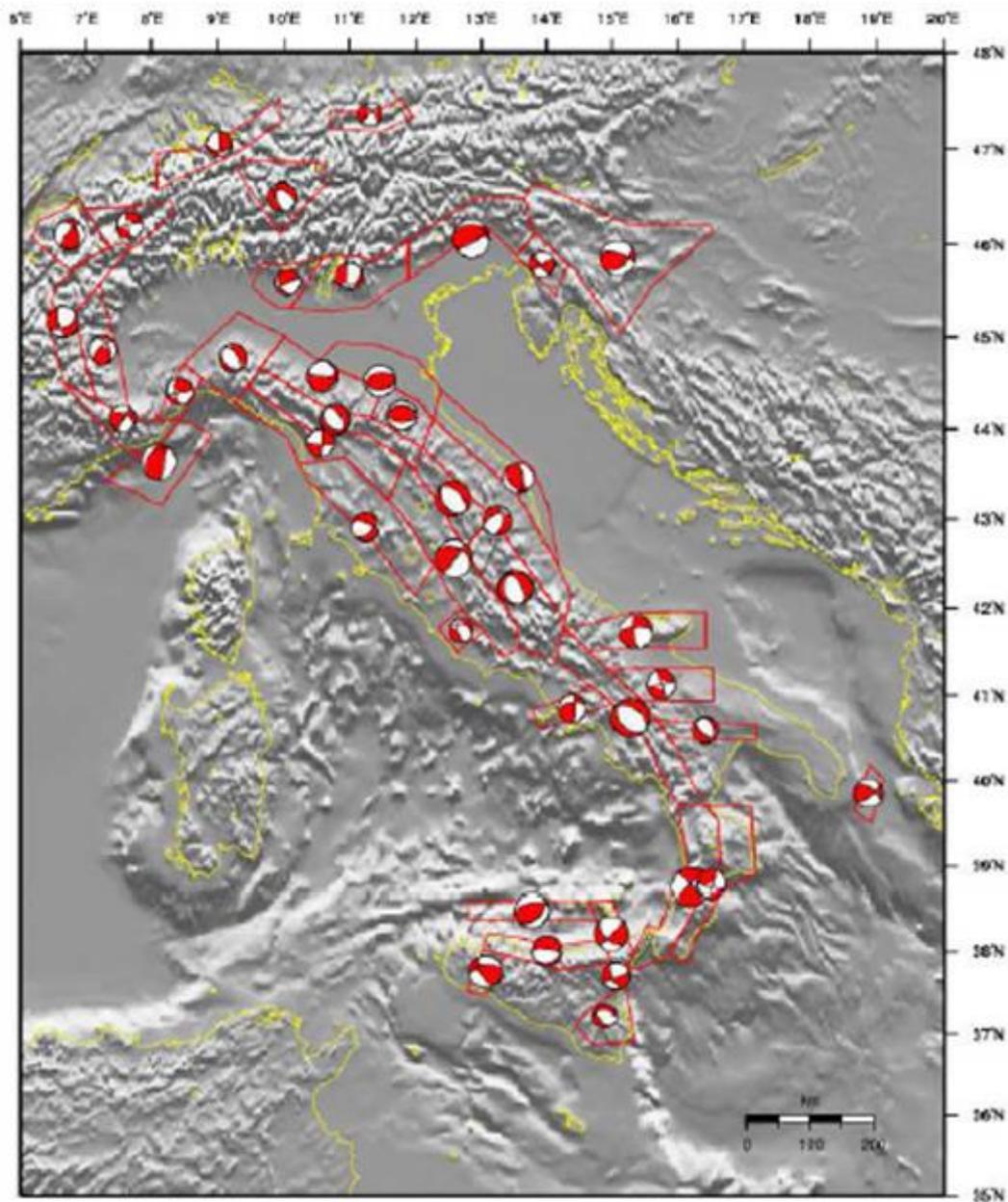


Figura 8-6 Meccanismi focali medi calcolati per tutte le zone sismogenetiche di ZS9 a partire dal database recentemente pubblicato da Vannucci e Gasperini (2003). La dimensione dei simboli è proporzionale al logaritmo del momento sismico complessivo rilasciato all'interno delle singole zone

Dalla consultazione della zonizzazione sismogenetica ZS9, emerge che l'area in esame ricade all'interno della zona sismogenetica 918.

PROGETTAZIONE ATI:

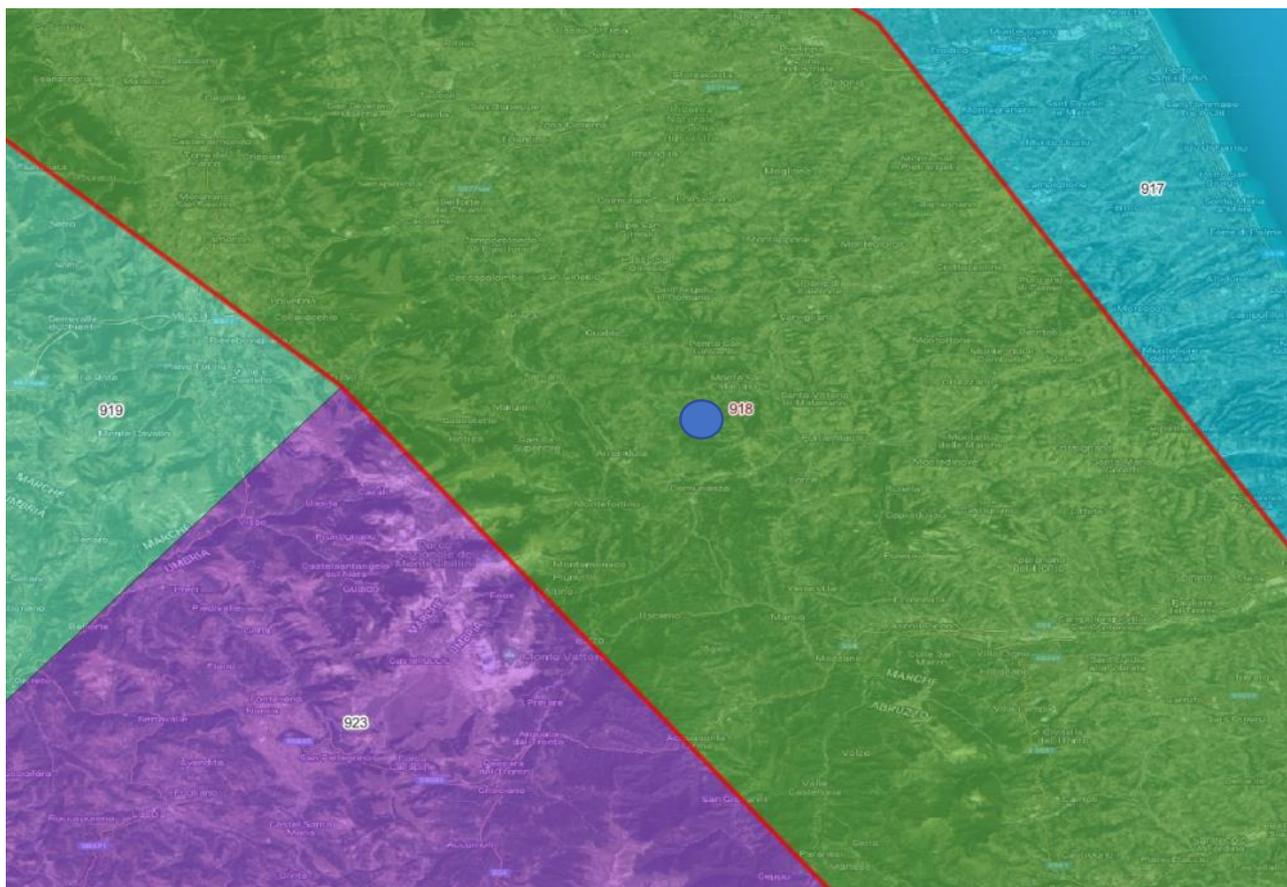


Figura 8-7 Zonazione sismogenetica ZS9

Le zone 913, 914 e 918 risultano dalla scomposizione della fascia che da Parma si estende fino all'Abruzzo. In questa fascia si verificano terremoti prevalentemente compressivi nella porzione nord-occidentale e probabilmente distensivi nella porzione più sud-orientale; si possono altresì avere meccanismi trascorrenti nelle zone di svicolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture. L'intera fascia è caratterizzata da terremoti storici che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo. Le profondità ipocentrali sono mediamente maggiori in questa fascia di quanto non siano nella fascia più esterna; lo testimoniano anche quegli eventi che hanno avuto risentimenti su aree piuttosto vaste (es., eventi del 1799 di Camerino, del 1873 delle Marche meridionali e del 1950 del Gran Sasso, zona 918). Alla zona 918 sono da riferire alcune sorgenti "silenti" (es. M.ti della Laga, Campo Imperatore) legate a fagliazione normale. Studi paleosismologici lungo le espressioni superficiali delle sorgenti suggeriscono una ripetuta attivazione nel corso dell'Olocene con magnitudo attese che, sulla base della lunghezza della rottura di superficie, vengono stimate tra 6.5 e 7.0 (Galadini e Galli, 2000).

Le sorgenti sismogenetiche italiane sono raccolte in un Database (DISS Working Group, 2018), esso comprende un repository georiferito di informazioni di natura sismotettonica. Con il termine sismotettonica si intende il settore disciplinare che si interessa dei rapporti tra la geologia, la tettonica attiva e la sismicità di una data area, e che ha come obiettivo principale l'individuazione delle strutture che generano terremoti – le sorgenti sismogenetiche – e la stima del loro potenziale. L'obiettivo è di simulare in modo accurato, e quindi, in qualche modo, di "prevedere", la distribuzione dello scuotimento del terreno che verrà determinato da un forte terremoto del futuro. Lo scuotimento è in assoluto il principale responsabile del danneggiamento subito dalle opere dell'uomo come le vie

PROGETTAZIONE ATI:

di comunicazione e le reti di servizi in occasione di un forte evento sismico e le tecniche di simulazione dello scuotimento del terreno sono oggi alla base dei codici per il calcolo della pericolosità sismica e si avvalgono di dati che descrivono dal punto di vista geologico le faglie in grado di generare forti terremoti.

Consultando la banca emerge che i terreni oggetto di studio non ricadono in nessuna sorgente sismogenetica.

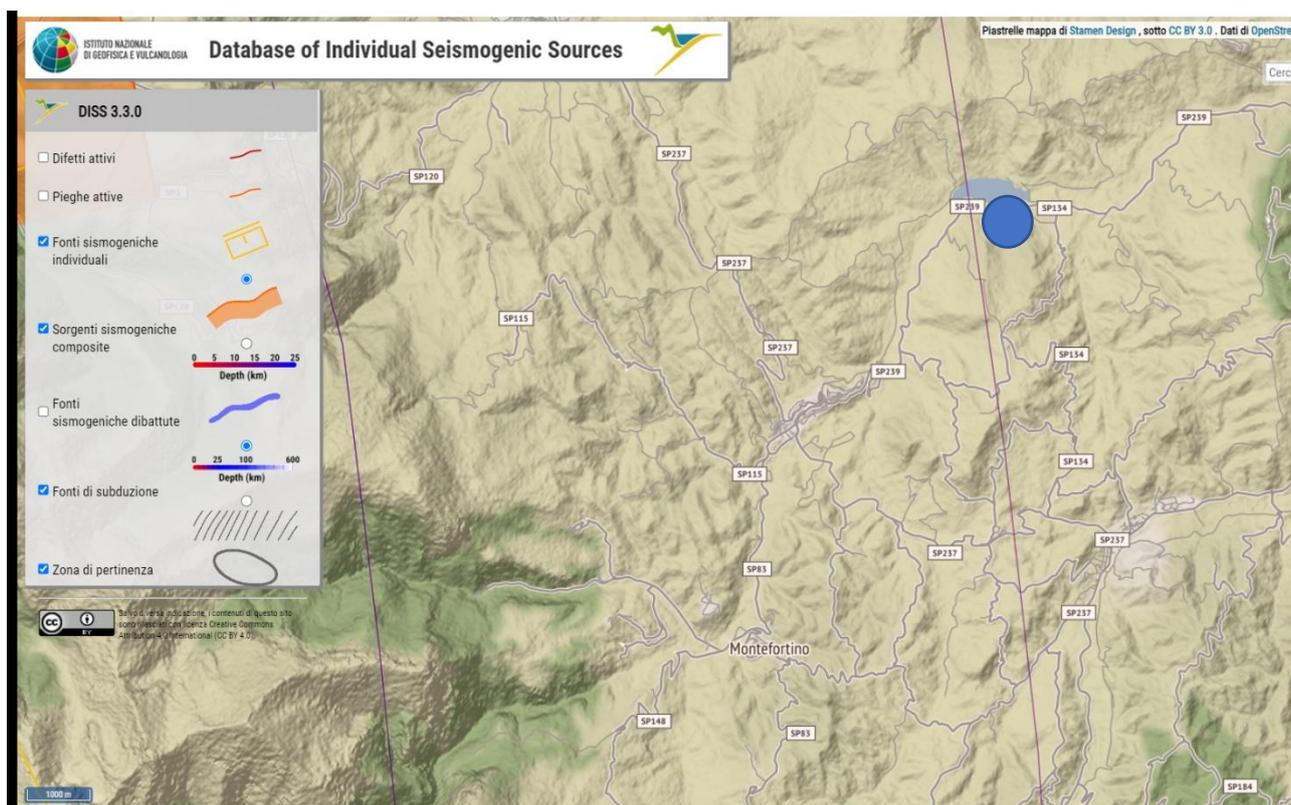


Figura 8-8 Database of Individual Seismogenic Sources (DISS 3.3.0 ING).

Le informazioni disponibili per i terremoti storici, quelle di tipo paleosismologico e quelle geologico-strutturali di un'area permettono di individuare le cosiddette "Faglie Capaci", definite come "faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie". L'elenco delle faglie attive e capaci del catalogo ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults) evidenzia che non sono presenti tali strutture in prossimità del tracciato.

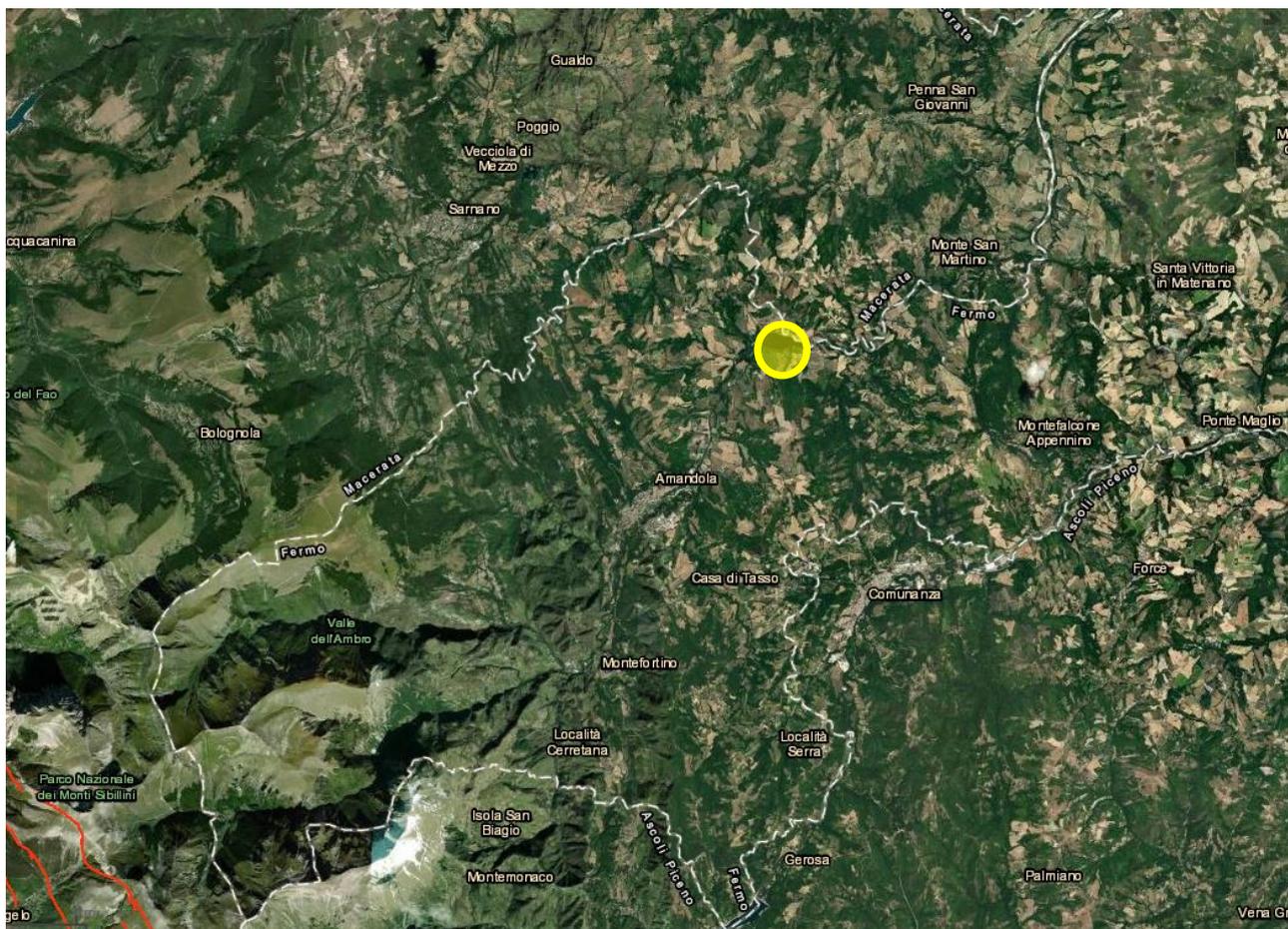


Figura 8-9 Schermata dal portale *Webgis* dell'ISPRA (ITHACA – CATALOGO DELLE FAGLIE CAPACI - <http://sqi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/index.html>), modificata con l'indicazione dei codici identificativi del catalogo. Evidenziata in giallo: area del progetto.

8.3. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

Per quanto riguarda la pericolosità sismica, della quale si riporta la mappa della Regione Marche, essa è intesa in senso probabilistico come lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo.

Questo tipo di stima si basa sulla definizione di una serie di elementi di input (quali catalogo dei terremoti, zone sorgente, relazione di attenuazione del moto del suolo, ecc.) e dei parametri di riferimento (per esempio: scuotimento in accelerazione o spostamento, tipo di suolo, finestra temporale, ecc.).

Gli studi di pericolosità sono utilizzati, tra gli altri, nelle analisi di sito, per localizzare opere critiche dal punto di vista della sicurezza, del rischio o dell'importanza strategica. Valutare la pericolosità significa, in questo caso, stabilire la probabilità di occorrenza di un terremoto di magnitudo (o Pga) superiore al valore di soglia stabilito dagli organi politici/decisionali, portando all'eventuale scelta di aree diverse.

Con l'OPCM n. 3519 del 28.04.2006 è stata approvata la "Mappa di pericolosità sismica del territorio Nazionale" espressa in termini di accelerazione massima al suolo (ag max).

Poiché l'INGV fornisce mappe di pericolosità sismica ricavate fissando un periodo di riferimento V_R pari a 50 anni ($V_n = 50$ anni, $C_u=1$), è stato necessario calcolare la probabilità di superamento P_{V_R} in 50 anni per una costruzione di classe d'uso IV ($C_u=2$).

Il periodo di ritorno T_R allo stato limite SLV ($P_{V_R} = 10\%$), calcolato secondo le prescrizioni contenute al paragrafo 3.2.1 delle NTC18, per una costruzione avente un periodo di riferimento $V_R=100$ anni risulta essere:

$$\underline{T_{R100} = 949 \text{ anni}}$$

È possibile calcolare la probabilità di superamento P_{V_R} fissando un periodo di ritorno $T_R = 949$ anni e un periodo di riferimento $V_R = 50$ anni mediante la seguente formula:

$$P_{V_R} = 1 - e^{\left(-\frac{50 \text{ anni}}{T_{R100}}\right)} = 5,132 \%$$

Si riporta di seguito la mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/sec). Il valore di "ag" per il Comune di Amandola varia da 0,175g a 0.200g.

8.3.1. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, la Normativa Italiana (D.M. 17/01/2018), prevede la valutazione della risposta sismica locale mediante specifiche analisi come definite al §7.11.3 del D.M. 17/01/2018, oppure in assenza di tali analisi, attraverso un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo (Tabella 8-1).

Tabella 8-1 Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (Tab. 3.2.II NTC 2018)

Categoria	Descrizione
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>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositati 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>

Per l'identificazione della categoria di sottosuolo in questa fase si è fatto riferimento alle informazioni derivanti dalla acquisizione delle conoscenze della geologia del sito e dall'indagine geofisica condotta. La classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ (in m/s), definita mediante l'equazione 3.2.II delle NTC2018.

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

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.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

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 $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H = 30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Durante l'attuale fase progettuale è stata eseguita una campagna geognostica con l'obiettivo di affinare il modello geologico e per ottenere una classificazione sismica dei terreni di fondazione. L'ubicazione delle indagini ha tenuto conto della posizione delle opere in progetto. In particolare, sono state eseguite le seguenti lavorazioni:

- n. 3 stendimenti sismici a rifrazione;
- n.3 prove HVSR;
- n. 3 stendimenti sismici MASW.

Nel corso della presente indagine sono state eseguite tre misurazioni di microtremori mediante Tromino ha portato ad ottenere i risultati di seguito schematizzati (Onde di Love):

STAZIONE DI MISURA	f_0 (Hz)	Probabile amplificazione	Profondità contrasto di impedenza (m)
HVSR01	2,67	No	/
HVSR02	4,89	SI	20÷30
HVSR03	32,90	No	/

Purtroppo i dati forniti non evidenziano e non permettono di calcolare il valore delle V_{seq} risultante dall'analisi.

Di seguito si riportano le tabelle di sintesi dei risultati (tratte da relazione sulle indagini Albanese Perforazioni).

MASW1:

PROGETTAZIONE ATI:

Strato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità ρ (kg/m ³)	Poisson ν	Modulo di taglio G (kPa)	Modulo di Young E (kPa)	Modulo di incompressibilità K (kPa)
1	5,00	468	190	1600	0,40	57760	161881	273425
2	1,90	470	193	1600	0,40	59598	166707	273975
3	9,30	645	323	1700	0,33	177359	472713	470763
4	13,80	913	459	1800	0,33	379226	1009411	994790

Profondità (m)	Vs,eq(m/s)
0-30	316

MASW2:

Strato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità ρ (kg/m ³)	Poisson ν	Modulo di taglio G (kPa)	Modulo di Young E (kPa)	Modulo di incompressibilità K (kPa)
1	1,70	420	134	1500	0,44	26934	77750	228688
2	5,80	494	205	1600	0,40	67240	187732	300804
3	9,60	811	398	1700	0,34	269287	722431	759077
4	12,90	1113	555	1800	0,33	554445	1479844	1490524

Profondità (m)	Vs,eq(m/s)
0-30	340

MASW3:

Strato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità ρ (kg/m ³)	Poisson ν	Modulo di taglio G (kPa)	Modulo di Young E (kPa)	Modulo di incompressibilità K (kPa)
1	2,50	432	174	1500	0,40	45414	127448	219384
2	14,20	713	293	1600	0,40	137358	384166	630246
3	13,30	1170	613	1800	0,31	676384	1773230	1562174

Profondità (m)	Vs,eq(m/s)
0-30	355

Tutti i dati di Vseq evidenziano che per tutto il tracciato la categoria di sottosuolo di riferimento è la tipo C (con riferimento al p.c.). Inoltre le velocità delle onde Rayleigh sono costantemente in aumento con la profondità e si possono evidenziare i passaggi litologici tra alluvioni e substrato non sismico: circa m. 16 nella masw Ad_Mw01, circa a m.8 con incertezza fino a m.18 nella masw Ad_Mw02, circa a m.17 circa nella masw Ad_Mw03.

Le prove di Tomografia sismica eseguite permettono di evidenziare gli orizzonti con basse velocità che ben si correlano con i risultati derivanti dalle restanti indagini

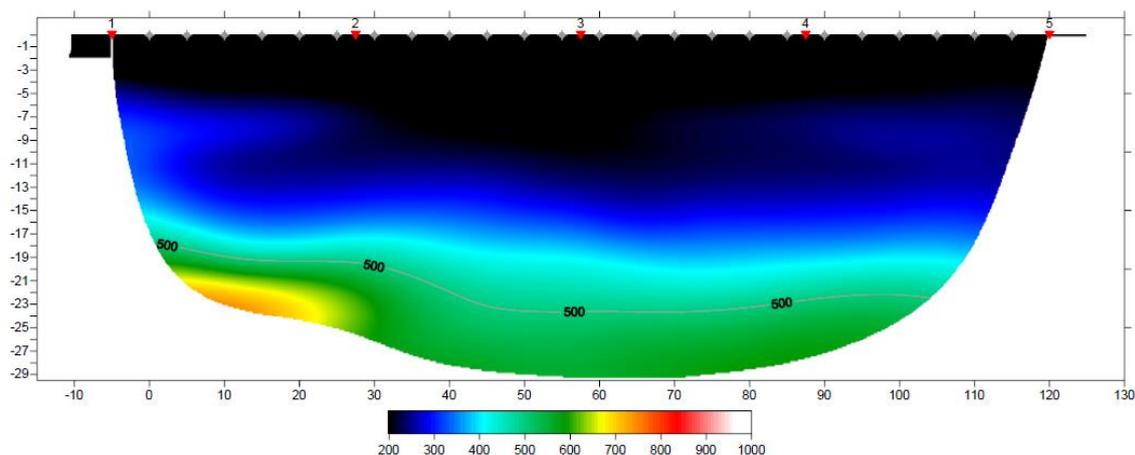


Figura 8-10 Ad_Sr01 – Sezopme tomografica in onde S

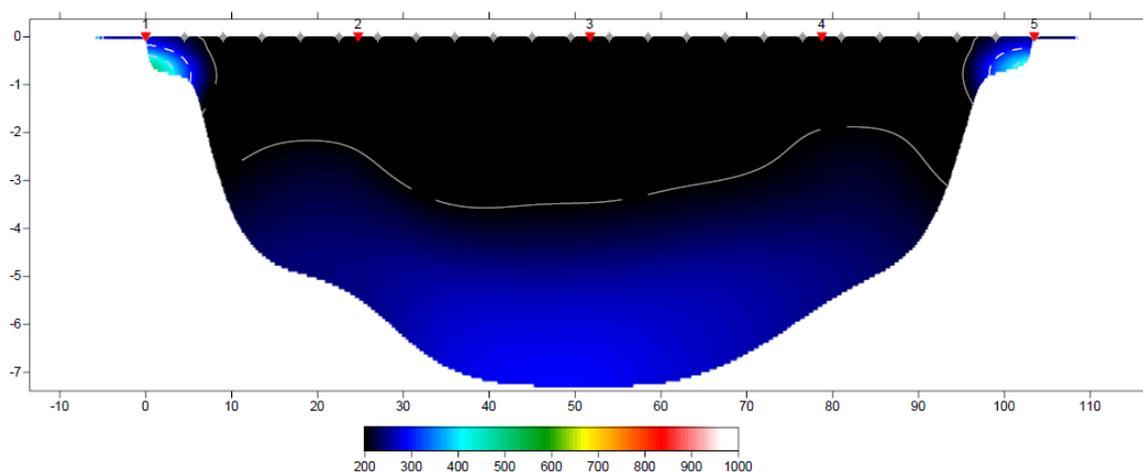


Figura 8-11 Ad_Sr02 – Sezopme tomografica in onde S

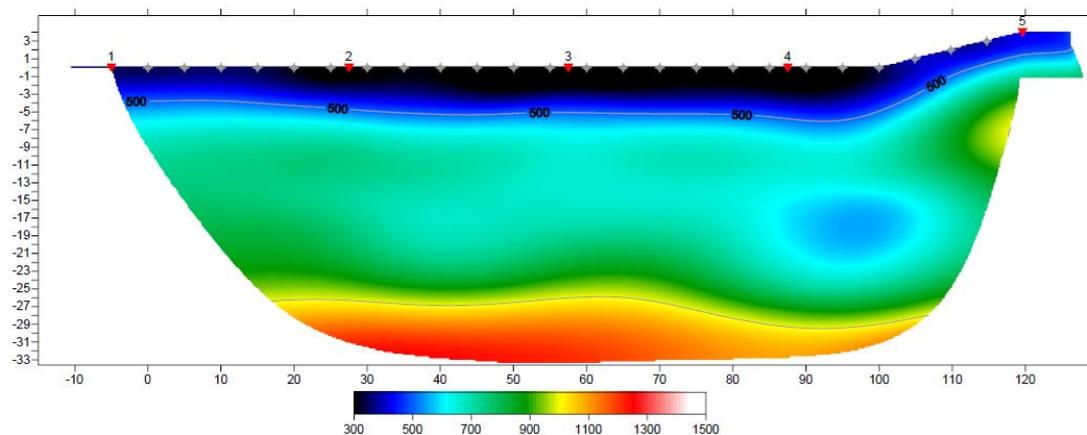


Figura 8-12 Ad_Sr03 – Sezopme tomografica in onde S

PROGETTAZIONE ATI:

Le interpretazioni delle velocità elaborate per le tre prove sopra riportate sono congruenti con i dati indicati nelle stratigrafie e delle Masw indicando valori molto bassi di velocità fino a m. 7-9 nella Sr01, valori molto bassi di velocità fino a m. 4 circa e bassi fino a m.7 dove termina la prova nella Sr02 (al di sotto non si è registrata propagazione delle onde sismiche S probabilmente a causa dei bassi valori di velocità registrati negli strati superficiali, confermati anche dai valori delle onde P), e valori molto bassi di velocità molto in superficie fino a m. 2-3 e via via crescenti nella Sr03

8.3.2. CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per tener conto delle condizioni topografiche si utilizzano i valori del coefficiente topografico S riportati nella tabella seguente in funzione delle categorie topografiche e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento. La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base, dove ST assume valore unitario.

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 $i > 30^\circ$

Tabella 8-2 Categorie topografiche.

Categoria Topografica	Ubicazione dell'opera	ST
T1	-	1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

Tabella 8-3 Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica ST (la variazione spaziale di ST è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo dalla sommità fino alla base dove ST=1,0).

Il tracciato corre all'interno e/o ai margini della pianura alluvionale del Tenna in un ambito sub pianeggiante, pertanto, ai sensi della classificazione proposta dalle NTC-18 (Tab. 3.2.III) la categoria topografica di riferimento è T1.

8.3.3. VITA NOMINALE

La vita nominale di progetto V_N di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tabella 8-4. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tabella 8-4 Valori minimi della vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50

PROGETTAZIONE ATI:

3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100
---	--	-----

Tabella 8-5 - Valori minimi della Vita nominale VN di progetto per i diversi tipi di costruzioni

Per il progetto in esame si considera "Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari", da cui:

$$V_N = 50 \text{ anni}$$

8.3.4. CLASSE D'USO

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tabella 8-6.

Tabella 8-6 Valori del coefficiente d'uso C_U (Tab. 2.4.II NTC 2018)

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Per il progetto in esame si considera una "Classe d'uso IV", da cui:

$$C_U = 2,0$$

8.3.5. PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 2,0 = 100 \text{ anni}$$

8.3.6. STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

Per quanto riguarda la suscettibilità alla liquefazione dei terreni le NTC18, al §7.11.3.4.2 contengono una lista delle condizioni di esclusione di tale verifica:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (*Standard Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (*Cone Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.16 (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.16 (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

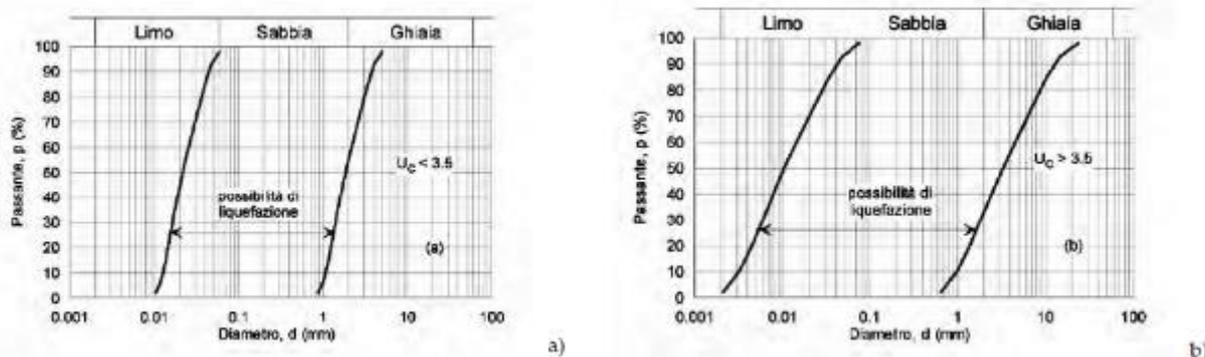


Figura 8-13 Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

Per i terreni interessati dalle opere di fondazione la verifica può essere omessa in quanto la distribuzione granulometrica dei campioni ricadenti in questa unità risulta esterna alle zone indicate dalla normativa (§ 7.11.3.4.2 NTC 2018).

9. ANALISI DEL TRACCIATO

L'intervento consiste nel miglioramento e l'innalzamento dei livelli di sicurezza dell'attuale sede stradale, e tenendo conto dei vincoli esistenti lungo parte del tracciato, non si interviene sulla piattaforma stradale in termini di adeguamento geometrico.

Si prevedono in sintesi:

- interventi diffusi relativi alla realizzazione di nuovi tratti stradali in adiacenza alla viabilità esistente mediante la realizzazione di un viadotto, galleria artificiale, muri di contenimento, rilevati, trincee, rifacimento della pavimentazione stradale, barriere di sicurezza, segnaletica stradale e sistema di raccolta e smaltimento delle acque di piattaforma e di versante;
- interventi puntuali; sono proposti adeguamenti delle intersezioni con le viabilità secondarie pubbliche mediante regolamentazione a rotatoria, interventi di coordinamento degli accessi, adeguamento di opere di attraversamento idraulico;

Per quanto riguarda l'inserimento con la viabilità secondaria si prevede la realizzazione di 1 rotatoria in corrispondenza di incroci a raso e limitati tratti di complanari al fine di ottimizzare e coordinare gli ingressi alla viabilità principale. Questi ultimi interventi sono previsti in zone che non interferiscono con i settori sottoposti a particolari cautele.

La zona su cui si sviluppa il tratto stradale in progetto ha una disposizione che costeggia il Fiume Tenna lungo la sponda dx dello stesso. I versanti in dx idrografica sono caratterizzati dalla fenomeni franosi e dalla presenza di fossi più o meno importanti che confluiscono nell'asta fluviale.

La consultazione del database PAI (Piano Assetto Idrogeologico) ed IFFI (Inventario Fenomeni Franosi Italiani) e del sito Idrogeo non evidenzia interferenza tra aree in dissesto/frana ed il tracciato stradale interessato dall'adeguamento salvo che per un piccolo tratto rilevato nella carta del Carg.

Le indagini eseguite sul territorio hanno fornito un valido aiuto alla ricostruzione del modello geologico localmente molto complesso per la presenza di terreni che hanno subito ripetuti processi deposizionali ed erosivi complicati anche da fenomeni di instabilità dei versanti. Dal confronto dei dati ricavati dalle analisi di laboratorio appare evidente che in genere i terreni analizzati sono formati prevalentemente da frazioni fini e finissime ed offrono una discreta buona coesione e presentano un angolo di attrito abbastanza basso per i terreni di coltre (valore Cv molto basso) o di entità media per i terreni della formazione marina.

10. BIBLIOGRAFIA

- RETRACE-3D Working Group, 2021. RETRACE-3D: centRal italy EarThquakes integRATED Crustal modEl. Rapporto finale. Eds. INGV, ISPRA, CNR-IGAG, DPC. Roma, pp. 100. DOI: 10.5281/zenodo.4604940
- Regione Marche - Comune di Sarnano MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 3 DEL COMUNE DI SARNANO AI SENSI DELL'ORDINANZA DEL COMMISSARIO STRAORDINARIO N. 24 REGISTRATA IL 15 MAGGIO 2017 AL N. 1065- Dott. Geol. Costantino Lucarelli - Gennaio 2018.
- Regione Marche - Comune di Amandola MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 3 DEL COMUNE DI AMANDOLA AI SENSI DELL'ORDINANZA DEL COMMISSARIO STRAORDINARIO N. 24 REGISTRATA IL 15 MAGGIO 2017 AL N. 1065- Dott. Geol. Mauro Filantropi- Gennaio 2018.
- "Il Miocene nelle Marche"- G. Cantalamessa, E. Centamore, U. Chiocchini, A. Micarelli, M. Potetti, con la collaborazione di L. Lorito - 1986*
- Regione Marche, Piano Tutela Acque – schema idrografico tav.1 -A.1.3, TAV.2 – A.1.3
- Quaderni di geofisica – INGV N. 138/2016. Aggiornamento delle conoscenze sul terremoto del 28 luglio 1799 nel sub-Appennino maceratese- Giancarlo Monachesi¹, Viviana Castelli², Romano Camassi².
- 1INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti)
- 2INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Bologna)
- Carta Geologica D'Italia - Note Illustrative Foglio Geologico N. 314 "Montegiorgio" (fonte Ispra).
- Autorita' di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale (<http://webgispcn.autoritabacino.marche.it/>) , cartografia PAI AGG. 2016 e ss. Mm. E PAI VIGENTE aggiornata al Decr. del Segr. Gen. AdB Distrettuale App. Centrale n.140 del 27/10/2021 (procedimento in corso per approvazione variante).
- ISPRA – Carta geologica d'Italia 1:50.000. Catalogo delle Formazioni.
- ISPRA – Le risorse idriche nel contesto geologico del territorio italiano (2020).
- Progetto IFFI – Inventario dei Fenomeni Fransi in Italia (<http://www.progettoiffi.isprambiente.it/cartanetiffi/carto3.asp?cat=42&lang=IT>).(fonte ISPRA & SINANET)
- Studi geologici camerti "Volume 1986: "La Geologia delle Marche"