

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. GEOLOGIA TECNICA, DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA

RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228-ALBACINA

GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA

Relazione geologica

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

IR0E 00 R 69 RG GE0001 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Bozza	A. Scuri	Dic. 2021	F. M. Carli	Dic. 2021	C. Urciuoli	Dic. 2021	M. Comedini Dic. 2021

GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Dott. Geol. Massimo Comedini
Ordine dei Geologi del Lazio
n° 2103

Manuel

File doc: IR0E00R69RGGE0001001A

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	5
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	8
4	DATI DI BASE	9
4.1	INDAGINI DIRETTE	9
4.2	INDAGINI INDIRETTE	9
4.3	INDAGINI DIRETTE PREGRESSE	10
4.4	CARTOGRAFIA GEOLOGICA	11
5	INQUADRAMENTO GENERALE	12
6	STRATIGRAFIA	14
6.1	TRIASSICO - PALEOGENE	15
6.1.1	Scaglia Rossa (SAA)	17
6.1.2	Scaglia Variegata (VAS)	18
6.1.3	Scaglia Cinerea (SCC)	19
6.2	MIOCENE	20
6.2.1	Bisciaro (BIS)	21
6.2.2	Schlier (SCH)	21
6.2.3	Formazione di Camerino (FCI)	22
6.3	QUATERNARIO	22
6.3.1	Sintema del Fiume Musone (MUS - Olocene)	23
6.3.2	Sintema di Matelica (MTI - Pleistocene superiore)	24
6.3.3	Supersintema di Colle Ulivo – Colonia Montani (AC - Pleistocene medio finale)	25
7	ASSETTO STRUTTURALE	27
7.1	ASSETTO STRUTTURALE GENERALE	27
7.2	ASSETTO STRUTTURALE LOCALE	29

Relazione geologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IROE	00	R 69RG	GE 00 01 001	A	3 di 62

8	PERICOLOSITÀ SISMICA E TETTONICA ATTIVA	30
8.1	CLASSIFICAZIONE SISMICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	35
8.2	SISMICITÀ STORICA	39
8.3	PARAMETRI PER LA DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO	42
8.3.1	<i>Categorie di sottosuolo</i>	42
8.3.2	<i>Condizioni topografiche</i>	43
8.3.3	<i>Rischio liquefazione</i>	44
9	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	46
10	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	48
10.1	COMPLESSI IDROGEOLOGICI E MODELLO CONCETTUALE DI CIRCOLAZIONE	48
10.2	PROVE DI PERMEABILITÀ	50
10.3	ULTERIORI ASPETTI IDROGEOLOGICI	54
10.3.1	<i>Sorgenti</i>	54
10.3.2	<i>Pozzi</i>	54
10.4	DATI PIEZOMETRICI LUNGO IL TRACCIATO	55
11	MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO.....	56
11.1	TRATTO 1: PK 0+000 – PK 0+700.....	56
11.2	TRATTO 2: PK 0+700 – PK 2+700.....	57
11.3	PK 2+700– CIRCA PK 3+950.....	58
12	BIBLIOGRAFIA	60

FIGURE

FIGURA 1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA DI STUDIO.....	8
FIGURA 2. CARTA GEOLOGICA DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE (DA CONTI ET AL., 2019). IL RETTANGOLO ROSSO INDICA L'AREA INTERESSATA DAL TRACCIATO IN PROGETTO.....	13
FIGURA 3. SUCCESIONE STRATIGRAFICA UMBRO-MARCHIGIANA (DA PIERANTONI ET AL., 2013, MODIFICATA).	15
FIGURA 4. FORMAZIONE DELLA SCAGLIA ROSSA. MEMBRO INTERMEDIO (SAA2), PRIVO DI SELCE, CON PRESENZA DI PIEGA CHEVRON LUNGO LA STRADA PER CASE MELONI (A). MEMBRO SUPERIORE (SAA3), CON PRESENZA DI SELCE (SI NOTA LA PRESENZA DI NUMEROSE PIEGHE E MICROPIEGHE CHE CARATTERIZZANO L'AFFIORAMENTO. CIRCA PK 3+900) (B).....	18
FIGURA 5. FORMAZIONE DELLA SCAGLIA VARIEGATA AFFIORANTE ATTORNO ALLA PK 3+000 (A); PASSAGGIO TRA LE FORMAZIONI SCAGLIA VARIEGATA A LETTO E SCAGLIA CINEREA A TETTO IN LOCALITÀ FOSSO DELLA ROCCHETTA (B).....	19
FIGURA 6. FORMAZIONE DELLA SCAGLIA CINEREA AFFIORANTE IN LOCALITÀ ALMATANO.	20

Relazione geologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IROE	00	R 69RG	GE 00 01 001	A	4 di 62

FIGURA 7. FORMAZIONE DEL BISCIARO DEGRADATA AFFIORANTE IN LOCALITÀ ALMATANO (A); CAROTE DEL SONDRAGGIO FA1 TRA 25-30 M DA P.C. COL PASSAGGIO GRADUALE TRA SCHLIER E BISCIARO. CIRCA PK 0+600 (B)	21
FIGURA 8. AFFIORAMENTO DI SCHLIER IN CORRISPONDENZA DELLA SCARPATA FERROVIARIA ATTUALE (PK 0+400)	22
FIGURA 9. ALLUVIONI ATTUALI (MUSB) E RECENTI (MUSBN) LUNGO IL T. GIANO. CIRCA PK 0+650	23
FIGURA 10. DEPOSITI ALLUVIONALI OLOCENICI (MUSBN) RINVENUTI AL SONDRAGGIO FA2 (PK 1+160)	23
FIGURA 11. VALLECOLA A RIEMPIMENTO COLLUVIALE (MUSB2) NEI PRESSI DEL SONDRAGGIO IN LOCALITÀ PALAZZO VATRIA (IN CORRISPONDENZA CIRCA DELLA PK 0+500)	24
FIGURA 12. DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI (SINTEMA DI MATELICA, MT1BN), NEI PRESSI DEL SONDRAGGIO FCS71 (ESEGUITO PER IL P.M. 228 – CASTELPLANIO E UBICATO CIRCA 350 PRIMA DELLA PK 0+000 DEL TRACCIATO DI PROGETTO)	25
FIGURA 13. DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI (SINTEMA DI MATELICA, MT1BN) RINVENUTI NEL SONDRAGGIO FCS71.....	25
FIGURA 14. CARTA GEOLOGICA SCHEMATICA MOSTRANTE L'INTERO SVILUPPO DEL FRONTE MONTUOSO ASSOCIATO AL SOVRASCORRIMENTO DEI MONTI SIBILLINI. SONO RIPORTATE LE TRACCE DELLE SEZIONI SIGNIFICATIVE PER L'AREA DI STUDIO (DA MAZZOLI ET AL., 2005).	28
FIGURA 15. SISMICITÀ STORICA DELL'AREA DI STUDIO E ZONE LIMITROFE (ROVIDA ET AL., 2021) INDICATA SU BASE DISS (<i>DATABASE OF INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES</i>).	30
FIGURA 16. QUADRO RIASSUNTIVO DELLA SORGENTE SISMOGENETICA ITCS027.	31
FIGURA 17. PERICOLOSITÀ SISMICA PER IL TERRITORIO INTERESSATO DAL TRACCIATO IN PROGETTO	32
FIGURA 18. VALORI DI PGA (PEAK GROUND ACCELERATION) MISURATI A SEGUITO DEGLI EVENTI SISMICI DEL 26 E 30 OTTOBRE 2016, RISPETTIVAMENTE DI MW 5.9 E 6.5.....	33
FIGURA 19. MAPPA DELLA PGA (<i>PEAK GROUND ACCELERATION</i>) ASSOCIATA ALL'EVENTO SISMICO DEL 26 OTTOBRE 2016 DI MW 5.9 ED EPICENTRO A VISSO (MC)	33
FIGURA 20. EPICENTRI DEI TERREMOTI VERIFICATISI DAL 1985 AL 2020 NELL'AREA INTERESSATA DELLA TRATTA PM228 CASTELPLANIO.....	35
FIGURA 21. CATALOGO DELLE FAGLIE ATTIVE E CAPACI DELLA BANCA-DATI ITHACA (ITALY HAZARD FROM CAPABLE FAULTS; MICHETTI ET AL., 2000) PER L'AREA OGGETTO DELLO STUDIO.....	35
FIGURA 22. VALORI DEI PARAMETRI A_G , F_0 E T_C^* COL PERIODO DI RITORNO T_R (COMUNE DI FABRIANO).	37
FIGURA 23. SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER I PERIODI DI RITORNO T_R DI RIFERIMENTO (COMUNE DI FABRIANO)	38
FIGURA 24. STORIA SISMICA DEL COMUNE DI FABRIANO.....	42
FIGURA 25. FUSI GRANULOMETRICI DI TERRENI SUSCETTIBILI DI LIQUEFAZIONE	45
FIGURA 26. SUCCESSIONE STRATIGRAFICA E RELATIVI COMPLESSI IDROGEOLOGICI.	48
FIGURA 27. UBICAZIONI DEI PRINCIPALI POZZI DELL'AREA NELL'INTORNO DEL TRACCIATO.....	54
FIGURA 28. PROFILO GEOLOGICO DA PK 0+000 A PK 0+700.	57
FIGURA 29. PROFILO GEOLOGICO DA PK 0+700 A PK 2+700	58
FIGURA 30. PROFILO GEOLOGICO DA PK 2+700 PK 3+950 CIRCA.	59

TABELLE

TABELLA 1. QUADRO DI SINTESI DEI SONDRAGGI - CAMPAGNA INDAGINI 2021.	9
TABELLA 2. QUADRO DI SINTESI DELLE SEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE - CAMPAGNA INDAGINI 2021.	9
TABELLA 3. VALORI DI ACCELERAZIONE MASSIMA DEL SUOLO A_G CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO DEL 10% IN 50 ANNI, RIFERITO A SUOLI RIGIDI CARATTERIZZATI DA $V_{s,30} > 800$ M/S	36
TABELLA 4. COMUNE DI FABRIANO. VALORI DEI PARAMETRI DI A_G , F_0 , T_C^* PER I PERIODI DI RITORNO T_R DI RIFERIMENTO	37
TABELLA 5. VALORI DI $V_{S,EQ}$ DA PROVE RE.MI/MASW E <i>DOWN-HOLE</i>	43
TABELLA 6. ELENCO DELLE PROVE LEFRANC ESEGUITE NEI DEPOSITI QUATERNARI E NEI SUBSTRATI NON LITOIDI.	51
TABELLA 7. CLASSI DI PERMEABILITÀ RELATIVA UTILIZZATE NELLA CARTOGRAFIA IDROGEOLOGICA.	52
TABELLA 8. RANGE DI K DELLE FORMAZIONI INDAGATE E CLASSE DI PERMEABILITÀ RELATIVA.....	53
TABELLA 9. CLASSI DI PERMEABILITÀ RELATIVA DELLE FORMAZIONI NON INTERESSATE COL TRACCIATO.	53
TABELLA 10. VALORI PIEZOMETRICI REGISTRATI AI SONDRAGGI	55

	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA					
	RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228 – ALBACINA					
Relazione geologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IROE	00	R 69RG	GE 00 01 001	A	5 di 62

1 PREMESSA

Nell'ambito del potenziamento infrastrutturale della Linea ferroviaria Orte-Falconara, il presente Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica riguarda il raddoppio della tratta PM228-Albacina.

Il PFTE si basa sullo studio di fattibilità redatto da RFI nel 2020 e sugli input di base comunicati dalla committenza nei mesi scorsi.

L'intervento inizia dal PM228, posto alla progressiva Km 228+014, il progetto prevede un raddoppio in stretto affiancamento alla Linea storica per circa 4 Km.

È prevista la soppressione del PL senza prevedere viabilità sostitutiva.

Successivamente il tracciato prosegue sempre con raddoppio in affiancamento realizzato per fasi, con un'alternanza di tratti in rilevato e in trincea.

Si arriva infine alla stazione di Albacina nella quale viene previsto un nuovo PRG per rispondere alle richieste funzionali della Committenza; verrà realizzato un nuovo sovrappasso, dei collegamenti perdonali (rampe scale ed ascensori), e nuovi marciapiedi L utile pari a 250 m e H=55 cm.

I marciapiedi verranno dotati di nuove pensiline ferroviarie.

Nell'area della stazione verrà realizzato un Fabbricato Tecnologico con annesso locale di Consegna ENEL.

Successivamente il tracciato prosegue a semplice binario e si collega con la linea esistente che prosegue, da un lato verso Falconara, e dall'altro verso Macerata.

Nei pressi della stazione di Albacina viene adeguata la Cabina TE necessaria esistente per gestire il corretto assetto delle protezioni della LdC e garantire l'equipotenzialità delle condutture, visto che la linea, come detto in precedenza, prosegue a semplice binario.

Infine, sono previsti lungo il tracciato tratti di barriere antirumore di lunghezza complessiva pari a circa 1.200 m (tra BD e BP) e di altezza mediamente pari a 5,5 metri.

I rilievi geologici, geomorfologici e idrogeologici di terreno hanno interessato un intorno significativo del tracciato in progetto: all'interno del settore in studio sono state eseguite inoltre indagini geognostiche, sia di tipo diretto che di tipo indiretto.

Le suddette attività di campagna sono state precedute e accompagnate da una fase di ricerca bibliografica, sia di materiale scientifico riguardante gli aspetti geologici dell'area di studio, sia di indagini geognostiche già eseguite nell'area per recenti progetti di viabilità; è stata inoltre acquisita la cartografia tematica disponibile a livello regionale. Come accennato in precedenza, sono state inoltre eseguite attività geognostiche mirate e comprensive di sondaggi a carotaggio continuo (spinti fino alla profondità massima di 30 m da p.c.), sondaggi a distruzione di nucleo e indagini geofisiche di tipo sismico. La base topografica utilizzata nelle attività di campagna e nella produzione delle tavole di progetto è stata la Carta Tecnica Numerica della regione Marche (scala 1:10.000 in formato raster).

Le informazioni di carattere geologico, idrogeologico e geomeccanico dell'area indagata sono state rappresentate nei seguenti elaborati che integrano ed accompagnano la presente relazione:

- Carta geologica-geomorfologica (scala 1:5000);
- Carta idrogeologica (scala 1:5000);
- Profilo geologico – tracciato di linea (costruito sul Binario Dispari) (scala 1:5000);
- Profilo idrogeologico – tracciato di linea (costruito sul Binario Dispari) (scala 1:5000);
- Sezioni geologiche trasversali (scala 1:5000).

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili, Sezione 3 – Rilievi geologici e indagini geognostiche;
- D.M. 11/03/1988 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle opere di fondazione”;
- D.M. 14/01/2018 “Nuove norme tecniche per le costruzioni”;
- UNI EN 1997-1 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- UNI EN 1997-2 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili – Parte II – Sezione 7 – Geologia;
- O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e s.m.i., “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e successive modifiche ed integrazioni;
- O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006, “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”.

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto di studio ricade nel territorio del Comune di Fabriano, in Provincia di Ancona; il tracciato ferroviario di progetto costituisce un raddoppio dell'attuale tratta compresa tra la zona industriale est di Fabriano e la stazione di Albacina per una lunghezza totale di circa 3950 m. In Figura 1 è riportato l'inquadramento geografico completo del tracciato di progetto.

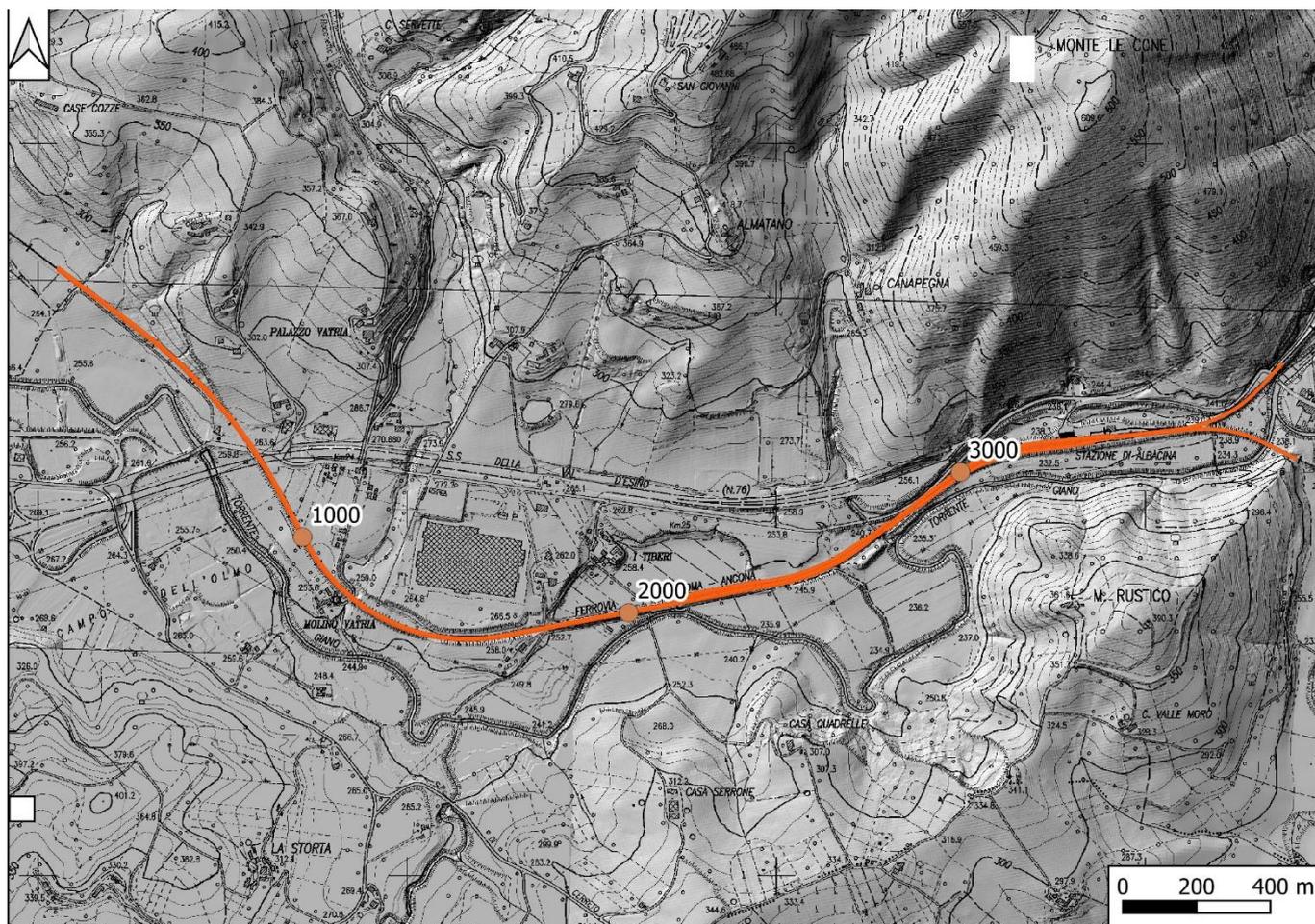


Figura 1. Inquadramento geografico dell'area di studio.

4 DATI DI BASE

4.1 Indagini dirette

Durante la campagna di indagini geognostiche, svolte nel mese di maggio 2021, sono stati eseguiti 5 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, per un totale di 150 m di perforazione. Un ulteriore sondaggio a distruzione di profondità pari a 20 m è stato eseguito nei pressi del foro FA4.

La profondità massima raggiunta è pari a 30 m da piano campagna. In Tabella 1 si riporta l'elenco dei sondaggi realizzati, con specifica del codice di sondaggio, la profondità raggiunta, la tipologia di attrezzaggio del foro e delle prove in foro eseguite e il numero di campioni indisturbati e rimaneggiati prelevati.

Nei sondaggi sono state eseguite prove di permeabilità tipo Lefranc (in totale n. 8) e Lugeon (in totale n. 2), prove penetrometriche dinamiche SPT (in totale n. 16) e dilatometriche (in totale n. 3). Sono stati inoltre prelevati campioni rimaneggiati/lapidei (in totale n. 25), su cui sono state eseguite prove geotecniche di laboratorio.

Tabella 1. Quadro di sintesi dei sondaggi - Campagna indagini 2021.

ID	Prof. (m)	Attrezzaggio	Tratto fenestrato (m)	SPT	CR	Lugeon	Lefranc	Prove DMT
FA1	30	pz	3-27	2	5		2	
FA2	30	dh	-	3	4		2	1
FA3	30	pz	2-20	2	6		2	1
FA4	30	dh	-	2	5	1	1	
FA4bis	20	pz	3-18	6				
FA5	30	pz	3-27	1	5	1	1	1

4.2 Indagini indirette

Nell'ambito della campagna di indagini sono state eseguite anche prove geofisiche quali indagini HVSR, indagini MASW/Re.Mi. e prove *Down-Hole*. Le informazioni ricavate dalle indagini indirette sono state utilizzate come integrazione e supporto per la definizione del modello geologico di sottosuolo. In dettaglio, sono stati eseguiti:

- n. 3 prove MASW/Re.Mi. (Tabella 2);
- n. 3 rilievi HVSR (Tabella 2);
- n. 2 prove *Down-Hole* (Tabella 2).

Tabella 2. Quadro di sintesi delle sezioni sismiche tomografiche - Campagna indagini 2021.

ID prova	pk
MASW1 / HVSR227	0+600 ca.
MASW2 / HVSR228	2+080 ca.
MASW3 / HVSR229	3+860 ca.
DownHole 2	1+160 ca.
DownHole 4	3+280 ca.

4.3 Indagini dirette pregresse

Per la ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche dell'area studiata si è fatto uso anche di ulteriori sondaggi eseguiti all'interno dell'areale investigato. Le indagini sono quelle allegate al Progetto Esecutivo di ANAS (2007), relativo all'Asse Viario Marche – Umbria e Quadrilatero di Penetrazione interna, Maxi Lotto 2 – Lavori di completamento della direttrice Perugia-Ancona: SS.76, tratto Albacina - Serra S. Quirico. Queste ultime in effetti coprono un areale molto più ampio rispetto a quello di progetto; pertanto, solo una piccola parte, ricadenti entro la zona della stazione di Albacina è stata effettivamente utilizzata a supporto delle ricostruzioni effettuate in questa sede.

4.4 CARTOGRAFIA GEOLOGICA

Ai fini del presente progetto di fattibilità, è stata realizzata una carta geologica di dettaglio in scala 1:5.000 mediante i dati ottenuti dal rilevamento geologico eseguito all'interno di una fascia in asse al tracciato (IR0E00R69G5GE0001001A) derivato, in particolare, anche dai rilievi eseguiti per il PFTE del P.M. 228 – Castelplanio.

La stratigrafia, dei termini affioranti e/o rinvenuti nei sondaggi, è rappresentata dalle formazioni, litotipi e membri, che vengono descritte nei successivi paragrafi.

	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA					
	RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228 – ALBACINA					
Relazione geologica	COMMESSA IROE	LOTTO 00	CODIFICA R 69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 12 di 62

5 INQUADRAMENTO GENERALE

Dal punto di vista geografico, l'area di studio è situata nel tratto vallivo del Torrente Giano che collega la città di Fabriano a ovest con la Stazione ferroviaria di Albacina ad est. Le quote di progetto risultano variabili e seguono l'andamento circa ovest-est della valle principale, passando dai circa 270 m.s.l.m. della pk 0+000 sino ai 236 m.s.l.m. del tratto finale del tracciato posto poco a NE della stazione F.S. di Albacina.

Nei primi 500-600 metri il tracciato, con andamento circa NO-SE, corre alla base dei rilievi collinari che delimitano verso NE la piana di Fabriano (zona Case Cozze – Palazzo Vatria).

Successivamente la linea attraversa la porzione centrale della piana compiendo una curva che porta il tracciato a correre, lungo un tratto rettilineo, in direzione circa OSO-ENE a partire da Molino Vatria sino alla stazione di Albacina (pk 3+400). In questo punto il tracciato torna ad avvicinarsi al limite settentrionale della vallata del T. Giano, correndo ai piedi dei primi rilievi montuosi della più ampia dorsale di M. Le Cone – M. Valmontagnana a nord e del M. Rustico a sud.

Il tracciato termina, infine, circa 600 m oltre la stazione di Albacina in corrispondenza del ponte sul T. Giano in località Borgo Tufico, ove si esce dal dominio dei depositi quaternari per entrare, per l'ultimo breve tratto, nel contesto delle formazioni cretache della Scaglia Rossa.

In virtù delle differenti formazioni affioranti appartenenti alla Successione Umbro-Marchigiana (Figura 3), la morfologia è più dolce e blanda in corrispondenza delle litologie pelitiche che caratterizzano la prima parte del tracciato (Scaglia Cinerea, Schlier e Bisciario) mentre risulta più acclive in corrispondenza degli affioramenti calcareo-marnosi della Scaglia, nel tratto terminale. Tutta la porzione centrale si sviluppa invece in condizioni pressoché pianeggianti dovute all'estesa presenza di depositi alluvionali olocenici recenti che colmano il fondo della piana del T. Giano.

Relazione geologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IROE	00	R 69RG	GE 00 01 001	A	13 di 62

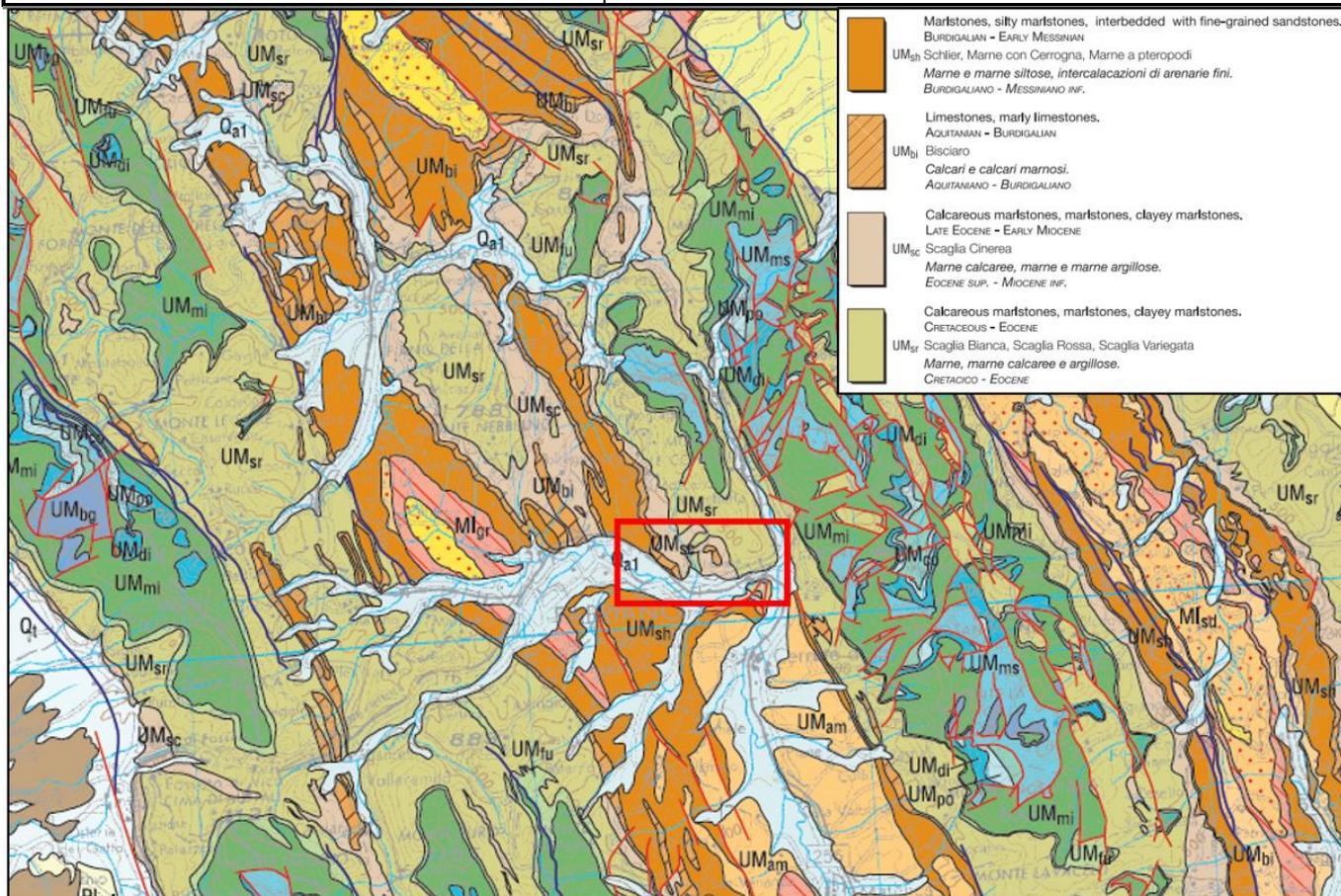


Figura 2. Carta Geologica dell'Appennino settentrionale (da Conti et al., 2019). Il rettangolo rosso indica l'area interessata dal tracciato in progetto.

Dal punto di vista idrografico, l'area ricade quasi interamente entro il bacino del T. Giano e solo nel tratto finale questo va ad immettersi nel corso d'acqua maggiore dell'area; Il Fiume Esino che scorre con direzione circa SSE-NNO oltre l'area di progetto.

Attorno alla pk 0+070 il tracciato attraversa un primo affluente a carattere temporaneo in sinistra idrografica del T. Giano. Successivamente, attorno alla pk 1+200 il tracciato incontra il maggiore affluente, sempre in sinistra idrografica del T. Giano, ovvero il Fosso delle Rocchette, mentre attorno alla pk 2+700 attraversa il secondo affluente a carattere temporaneo di piccole dimensioni.

Dal punto di vista antropico l'area di studio, in virtù della morfologia prevalentemente pianeggiante è caratterizzata dalla presenza di insediamenti a prevalente carattere industriale (Cartiere di Fabriano) e da numerose arterie stradali, tra cui la S.S. 76.

6 STRATIGRAFIA

Le formazioni affioranti lungo il tracciato (in un breve tratto tra le pk 0+400 e 0+500 e oltre la pk 3+850) e quelle presenti nell'intorno dello stesso afferiscono alla classica sequenza stratigrafica umbro-marchigiana (Figura 3) e sono comprese tra il Cretacico-Paleogene (Scaglia Rossa - SAA) e il Miocene (F. di Camerino - FCI). Lungo gran parte del tracciato sono però presenti depositi alluvionali quaternari antichi ascrivibili al Pleistocene (MTIbn – ACbn4) e più recenti di origine olocenica (MUSbn e MUSb). Depositi quaternari sono altresì presenti lungo i fianchi dei rilievi che bordano la piana alluvionale; si tratta principalmente di depositi colluviali di origine olocenica (MUSb2) e di depositi di versante più antichi di età pleistocenica (MTIa). Infine, si evidenzia la locale presenza di corpi di frana quiescenti (MUSa1q) e attivi (MUSa1).

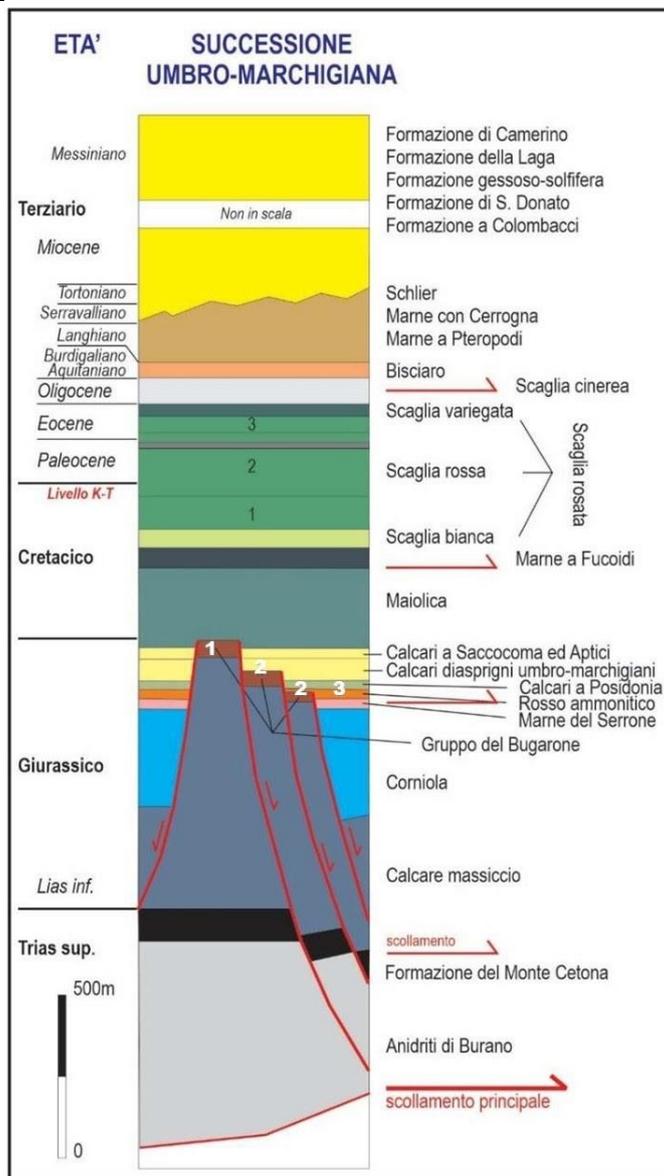


Figura 3. Successione stratigrafica umbro-marchigiana (da Pierantoni et al., 2013, modificata).

6.1 Triassico - Paleogene

Nel corso del Triassico medio-superiore, l'area umbro-marchigiana occupava la parte più interna (più vicina al continente) di una estesa piattaforma continentale, caratterizzata da un mare poco profondo (da pochi metri a qualche decina di metri) con sedimentazione di natura essenzialmente carbonatica.

Questo settore della piattaforma era occupato da bacini costieri e lagune ristrette dove, a causa della lontananza dal mare aperto e dell'aridità del clima, la sedimentazione era alimentata anche da periodiche precipitazioni chimiche con formazione di solfati (CaSO_4); in questa fase si sono quindi deposte le Anidriti di Burano (Figura 3), una formazione carbonatico-solfatica non affiorante, ma intercettata in

profondità nei pozzi eseguiti per la ricerca petrolifera. L'ambiente di mare sottile è perdurato fino alla fine del Triassico con la sedimentazione dei calcari e marne a *Rhaetavicula contorta* (Formazione del Monte Cetona).

All'inizio del Giurassico (Lias inferiore), all'instaurarsi di condizioni di mare aperto la sedimentazione diventa esclusivamente carbonatica; in queste condizioni il *benton* costituisce la principale sorgente del sedimento (Calcarea Massiccio; Figura 3). All'inizio del Lias medio, la tettonica distensiva, iniziata nel Triassico, si intensifica e raggiunge il picco di attività, portando ad un drastico mutamento delle condizioni ambientali. Le faglie normali frammentano quindi la piattaforma carbonatica, di cui sopravvivono solo alcune porzioni in cui, per tutto il Mesozoico, perdurano condizioni di sedimentazione di acque basse. Una di queste corrisponde alla così detta "Piattaforma carbonatica laziale-abruzzese", sulla quale si depositano migliaia di metri di sedimenti carbonatici di mare sottile, attualmente affioranti nel Lazio e in Abruzzo.

Nell'area tosco-umbro-marchigiana si instaura, invece, un ambiente di mare profondo ("Bacino tosco-umbro-marchigiano"), in cui la sorgente del sedimento carbonatico è costituita principalmente dal plancton. Questo nuovo dominio marino è, a sua volta, articolato in zone più profonde (bacino) e altre più rilevate ("alti strutturali"), raccordate tra loro da faglie, la cui attività, contemporanea alla sedimentazione, prosegue nel Giurassico con intensità variabile. Questo genera quindi una netta differenziazione degli ambienti sedimentari giurassici, controllata dalla suddetta attività tettonica.

Nelle aree bacinali la sedimentazione pelagica, cospicua e continua, porta alla deposizione di successioni sedimentarie di considerevole spessore (note come "successioni complete", spesse non meno di 400 m; punto 3 in Figura 3), prevalentemente calcareo-silicee.

A differenza delle aree bacinali, in corrispondenza degli alti strutturali la sedimentazione pelagica è meno abbondante e più discontinua nel tempo; questo porta alla formazione di sequenze calcaree di spessore ridotto (definite "successioni condensate"; punto 1 in Figura 3).

Nelle zone di transizione, tra le aree bacinali e gli alti strutturali (corrispondenti spesso alle scarpate di raccordo) si depositano le "successioni composte", costituite da unità delle successioni condensate cui si sovrappongono unità delle successioni complete (punto 2 in Figura 3). Anche le associazioni di fossili riscontrate nelle diverse successioni giurassiche sono tra loro differenti.

Il termine della sedimentazione carbonatico-silicea del Giurassico umbro-marchigiano si chiude con i calcari micritici della Maiolica (non affiorante nell'area di studio) il cui spessore varia in funzione della collocazione degli stessi in corrispondenza delle precedenti successioni condensate di alto strutturale (150-200 m) o di quelle complete di ambiente marino profondo (300-400 m). Con la deposizione della Maiolica, quindi, si attenuano fino a scomparire le difformità del fondo marino del Giurassico

Con la fine della sedimentazione della Maiolica si registra un incremento del materiale argilloso; questo produce il passaggio da una sedimentazione prevalentemente calcareo-silicea ad una emipelagica, da calcareo-marnosa fino a marnosa e marnoso-argillosa. Sono inoltre presenti livelli di argilliti bituminose nere ("livello Selli" alla base delle Marne a Fucoidi e "livello Bonarelli" al passaggio Scaglia Bianca-Scaglia rossa), spessi 1-2 m. Questi livelli si sono formati in momenti di scarsa ossigenazione dei fondali marini e sono stati riconosciuti anche in altre aree mediterranee. Lievi differenze di litologia e di spessore nelle Marne a Fucoidi, unitamente alla locale presenza di strati calcareo-detritici, indicano che il bacino di

sedimentazione non era, dal punto di vista batimetrico, del tutto uniforme. Con la deposizione della Scaglia s.l. le differenze batimetriche dovevano essere più accentuate, come suggeriscono le locali forti concentrazioni di sedimenti calcareo-clastici (abbondanti soprattutto nella Scaglia Rossa, Variegata e Cinerea) provenienti da aree più rilevate, ubicate essenzialmente al di fuori del bacino umbro-marchigiano. Le nuove difformità dei fondali marini indicano una ripresa dell'attività tettonica, sebbene di minore intensità rispetto alla precedente, come dimostrato dai modesti rigetti delle faglie normali presenti all'interno dei sedimenti in parola.

Di seguito si iniziano a descrivere le caratteristiche delle formazioni affioranti entro l'area di studio, a cominciare dai termini della Scaglia Rossa.

6.1.1 Scaglia Rossa (SAA)

Questa unità è stata suddivisa in tre membri, tutti nell'intorno della piana di Fabriano. Il membro inferiore (SAA1) è costituito da calcari marnosi rosati, talora con bande policrome, e da selce rossa in liste e noduli (Figura 4). Il membro intermedio (SAA2) è caratterizzato da calcari rossi e rosso mattone privo di selce, talora con toni biancastri diffusi e passanti lateralmente alle litofacies rossastre; all'interno di tale membro sono presenti livelli marnosi e marnoso calcarei, dello spessore di 5-10 metri (concentrati soprattutto nella parte alta). Il membro superiore (SAA3) è costituito da calcari e calcari marnosi rossastri con selce rossa in liste e noduli ed ha talora uno spessore ridotto, fino a pochi metri. All'interno del membro intermedio e al tetto del membro superiore si osservano spesso importanti *slumps* e olistostromi. Un elemento caratteristico della Scaglia Rossa è la presenza e la distribuzione di sedimenti calcareo-clastici, essenzialmente calcareniti, ma anche calciruditi e calcisiltiti. Per quanto riguarda la distribuzione verticale dei sedimenti calcareo-clastici, questi compaiono nel membro inferiore e continuano in quello intermedio. Il materiale risedimentato proviene in gran parte dai sedimenti coevi o poco più antichi, tipici delle facies di piattaforma carbonatica, ma anche dai coevi sedimenti del bacino umbro-marchigiano. Gli spessori sono variabili: il membro inferiore mostra spessori compresi tra 80 e 120 metri; quello intermedio di 150-200 metri; il membro superiore infine ha spessori minori compresi tra 30 e 80 metri. L'associazione a foraminiferi planctonici presente nell'unità può essere suddivisa in due distinti intervalli separati da un netto cambio microfaunistico. Questo si verifica all'interno del secondo membro della Scaglia Rossa e corrisponde al passaggio Cretacico-Paleogene (limite K-T). Età: Turoniano inferiore p.p.-Luteziano p.p..

La formazione affiora col membro superiore (SAA3) tra le pk 3+850 e 3+950, mentre i rimanenti membri si localizzano a quota più elevata in corrispondenza dei versanti del Monte Le Cone e, in virtù della loro giacitura, si ritrovano in profondità al di sotto del tracciato.



Figura 4. Formazione della Scaglia Rossa. Membro intermedio (SAA2), privo di selce, con presenza di piega chevron lungo la strada per Case Meloni (a). Membro superiore (SAA3), con presenza di selce (si nota la presenza di numerose pieghe e micropieghe che caratterizzano l’affioramento. Circa pk 3+900) (b).

6.1.2 Scaglia Variegata (VAS)

La Scaglia Variegata, affiorante principalmente nella valle del Fosso delle Rocchette e in località Canapegna (nell’intorno della pk 3+000), è costituita da calcari, calcari marnosi e marne calcaree in strati sottili e medi, di colore variabile da rosa a verdino (Figura 5). Al passaggio con la Scaglia Rossa possono esserci noduli di selce rossa; al passaggio con la Scaglia Cinerea può essere presente selce nera. A luoghi la Scaglia Variegata è costituita da marne calcaree grigie, omogenee, fortemente bioturbate, con tracce fossili molto evidenti e abbondanti resti di *Zoophycos*; in questo caso la facies è simile alla sovrastante Scaglia Cinerea, dalla quale diventa difficilmente distinguibile. L’associazione a foraminiferi planctonici è abbastanza ricca. Età: Luteziano p.p.-Bartoniano p.p..



Figura 5. Formazione della Scaglia Variegata affiorante attorno alla pk 3+000 (a); passaggio tra le formazioni Scaglia Variegata a letto e Scaglia Cinerea a tetto in località Fosso della Rocchetta (b).

6.1.3 Scaglia Cinerea (SCC)

La sedimentazione cretacico-paleogenica termina con la Scaglia Cinerea, affiorante principalmente nella zona di Fabriano e in quella di Serra San Quirico. Questa unità è costituita da marne calcaree, marne e marne argillose (subordinatamente da calcari marnosi) in strati di 5-20 cm di spessore (Figura 6), con prevalenza di litofacies più calcaree nella porzione inferiore, al passaggio con la sottostante Scaglia Variegata, e litofacies via via più marnose ed argillose in quella superiore; il colore d'insieme è grigio-verde, anche se, soprattutto nella parte inferiore, sono presenti bande rossastre. Talora, nei litotipi più calcarei, è presente la selce nera in liste o piccoli noduli. All'interno dell'unità sono presenti intercalazioni calcarenitiche di spessori variabili da pochi centimetri al metro, in alcuni casi ricche di Nummuliti, in cui dette intercalazioni sono più abbondanti. Lo spessore, quindi, è variabile tra 150 e 200 m. L'associazione a foraminiferi planctonici può essere suddivisa in due distinti intervalli, tra cui cade il limite Eocene-Oligocene. Età: Bartoniano p.p. -Aquitano p.p..



Figura 6. Formazione della Scaglia Cinerea affiorante in località Almatano.

6.2 Miocene

Nel Miocene la sedimentazione arenacea di avanfossa, ovvero l'attività orogenica, raggiunge l'area umbro-marchigiana. Qui i più antichi depositi sinorogenici si trovano al di sopra dello Schlier dell'Umbria occidentale e appartengono al Miocene inferiore-medio. Nel Miocene superiore la sedimentazione di avanfossa interessa dapprima (durante il Tortoniano) il Bacino di Camerino, con la deposizione della Formazione di Camerino (FCI), e successivamente (durante il Messiniano) il più orientale e vasto Bacino della Laga; nello stesso periodo porzioni via via più orientali dell'avampaese vengono corrugate e incorporate nella catena. Il fenomeno orogenetico è pertanto marcatamente polarizzato, con il coinvolgimento di settori via via più orientali dell'Appennino.

Nel Messiniano medio si instaura un generale ambiente favorevole alla precipitazione chimica dei sali contenuti nelle acque marine (ambiente "evaporitico"). In queste condizioni si deposita la Formazione gessoso-solfifera, indicativa di bacini marini poco profondi (in relazione, almeno in parte, al riempimento causato dall'abbondante sedimentazione torbiditica) e caratterizzati da limitati scambi con il mare aperto. Solo nella parte meridionale, più profonda, del bacino della Laga prosegue, in un ambiente a circolazione ristretta (ambiente "euxinico"), la sedimentazione torbiditica di natura non solo arenacea, ma anche gessosa. Di seguito sono descritte le unità mioceniche, iniziando con quelle pre-torbiditiche del Bisciario e dello Schlier.

6.2.1 Bisciario (BIS)

Affiorante nella zona di Fabriano, è costituito da alternanze, in strati sottili e medi, più raramente spessi, di calcari, calcari silicei, calcari marnosi scuri con selce nerastra, marne calcaree e marne argillose grigie (Figura 7). Si rinvencono frequenti livelli “vulcanoclastici”. Lo spessore della presente formazione è compreso tra 70 e 80 m e l’età si estende dall’Aquitaniense p.p. al Burdigaliano p.p..



Figura 7. Formazione del Bisciario degradata affiorante in località Almatano (a); carote del sondaggio FA1 tra 25-30 m da p.c. col passaggio graduale tra Schlier e Bisciario. Circa pk 0+600 (b).

6.2.2 Schlier (SCH)

Questa unità, costituita dall’alternanza di marne siltose grigie, marne calcaree biancastre in quantità subordinata, e livelli calcarenitici biancastri, affiora estesamente nella zona di Fabriano (Figura 8). Le calcareniti, spesso laminate, sono costituite principalmente da Foraminiferi planctonici e, in maniera del tutto subordinata, da Foraminiferi bentonici, resti di Echinodermi e spicole di Spugne. A questi si associano frammenti di Molluschi (*Pecten*, *Ostree*) e rari Briozoi.

Assenti risultano i resti di organismi di ambiente di piattaforma carbonatica. Ciò indica l’esistenza di altifondi pelagici (ubicati verosimilmente nella parte meridionale del bacino) che alimentavano la sedimentazione detritico-organogena delle aree antistanti più profonde. Gli affioramenti della presente unità sono molto limitati poiché facilmente erodibile.

Gli spessori variano da luogo a luogo (80-250 m) in relazione alla topografia del fondale marino, alle eteropie con i depositi torbiditici e a fenomeni erosivi dovuti a flussi gravitativi ad alta concentrazione. In particolare, gli spessori minori si riscontrano nelle aree di bordo del bacino, ma anche in zone interne strutturalmente più elevate, dove si hanno anche successioni lacunose. L’età del tetto di questa formazione è via via più recente verso est (Tortoniano medio nel Bacino di Camerino, Messiniano basale in quello della Laga), mentre la base è generalmente attribuibile al Burdigaliano superiore.

Il tracciato in progetto intercetta in maniera limitata i primi affioramenti di Schlier, alla base delle colline, tra le pk 0+400 e 0+550.



Figura 8. Affioramento di Schlier in corrispondenza della scarpata ferroviaria attuale (pk 0+400).

6.2.3 Formazione di Camerino (FCI)

La formazione affiora marginalmente nell'intorno meridionale dell'area interessata con la litofacies pelitica (FCIf) e con quella pelitico-arenacea (FCIe). In generale si tratta di torbiditi pelitico-arenacee e pelitiche, arenaceo-pelitiche e arenaceo-conglomeratiche, con rapporti di sovrapposizione e laterali. Sono distinte in letteratura sei litofacies sulla base del rapporto arenarie/pelite, di cui, come detto, solo due presenti nella cartografia geologica di progetto.

La litofacies pelitica (FCIf) è composta quasi esclusivamente da marne argilloso-siltose e da argille marnoso-siltose scure, sottilmente stratificate e talora laminate, a luoghi bioturbate. In associazione si rinvencono pacchi di strati pelitico-arenacei, dati da arenarie grigie finissime e siltiti scure, in strati sottili o molto sottili e marne argilloso-siltose scure. Lo spessore dell'unità è pari a 200-300 metri.

La litofacies pelitico-arenacea (FCIe) è composta da alternanze di strati medi e spessi di peliti marnose grigie e grigio-azzurre e strati medi e sottili di arenarie giallastre a granulometria medio-fine. Lo spessore varia da poche decine a diverse centinaia di metri. La presente unità è in parte eteropica con la litofacies pelitica.

6.3 Quaternario

Nell'area di studio affiorano estesi depositi quaternari, rappresentati soprattutto da materiali alluvionali, ma anche da diverse generazioni di detriti di versante (che con i primi talora si interdigitano) attribuibili alle fasi climatiche fredde.

Detti depositi sono stati riferiti ai seguenti sintemi (dal più recente al più antico).

6.3.1 Sintema del Fiume Musone (MUS - Olocene)

Sono riferibili a questa unità i depositi alluvionali attuali (MUSb - Figura 9) e terrazzati (MUSbn - Figura 9 e Figura 10) costituiti da materiali ghiaiosi, talora grossolani, legati ad apporti laterali, con intercalazioni sabbiose e limose.



Figura 9. Alluvioni attuali (MUSb) e recenti (MUSbn) lungo il T. Giano. Circa pk 0+650



Figura 10. Depositi alluvionali olocenici (MUSbn) rinvenuti al sondaggio FA2 (pk 1+160)

All'unità in esame vengono inoltre riferiti: materiali detritici di versante sciolti o a luoghi stratificati/cementati (MUSa), costituiti da elementi rudistici a spigoli vivi con matrice argillosa più o meno abbondante; depositi siltosi-argillosi di origine colluviale (MUSb2 - Figura 11), con frazione sabbiosa e con elementi marnosi in relazione alla natura del bacino di alimentazione; depositi di frana attivi (MUSa1) e quiescenti (MUSa1q) eterogenei e caotici, a composizione diversa in funzione del substrato interessato, con granulometria e matrice variabili.

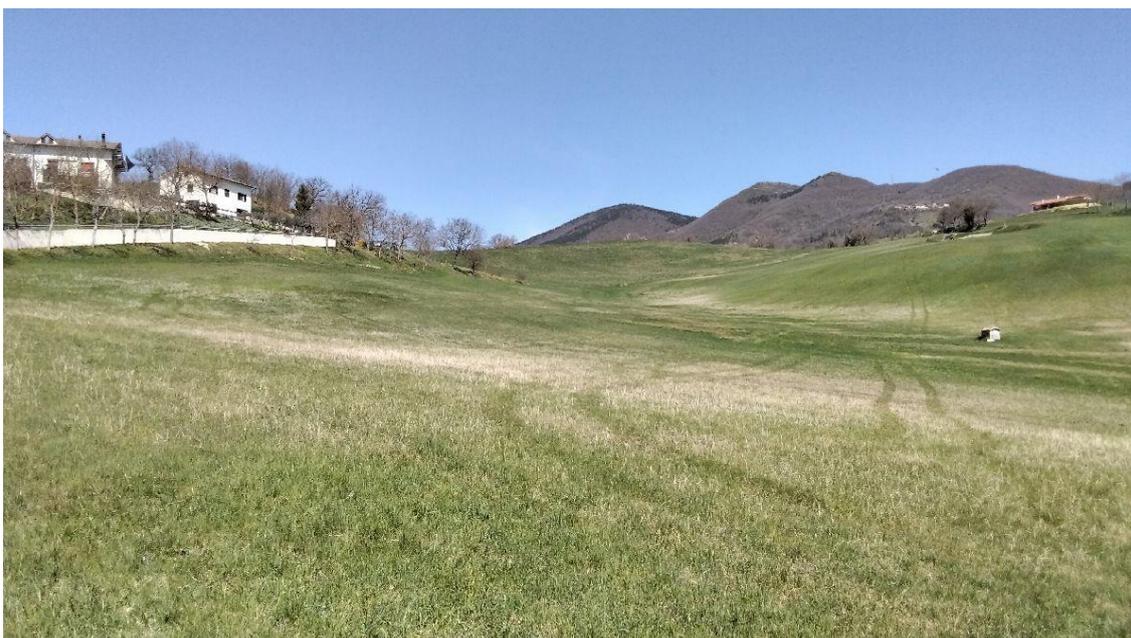


Figura 11. Vallecola a riempimento colluviale (MUSb2) nei pressi del sondaggio in località Palazzo Vatria (in corrispondenza circa della pk 0+500)

6.3.2 Sintema di Matelica (MTI - Pleistocene superiore)

Le caratteristiche dei depositi di questa unità risultano spesso differenti in funzione delle diverse litologie del substrato e in relazione alla loro posizione interna o esterna rispetto ai rilievi. Nelle aree montane i materiali sono essenzialmente ciottolosi (generalmente centimetrici e più raramente decimetrici), con spigoli da angolosi a subangolosi e grado di cementazione talora piuttosto spinto, mentre nelle aree collinari sono più arrotondati ed eterogenei e con abbondante matrice sabbioso-siltosa. La superficie sommitale di deposizione è subpianeggiante lungo i corsi d'acqua principali e via via più inclinata verso le vallecole laterali. Le altezze sul *talweg* variano da 15 a 30 metri. Lo spessore è molto variabile e può superare anche i 20 metri.

I depositi alluvionali terrazzati (MTIbn - Figura 12) sono costituiti da ghiaie, sabbie, limi e argille in riempimenti di canali e corpi tabulari con locali livelli torbosi discontinui e suoli organici sepolti o relitti. L'unità in parola include anche materiali detritici di versante (MTIa), costituiti da elementi calcarei e silicei, a spigoli vivi o debolmente arrotondati, in matrice limoso-argillosa generalmente scarsa. Possono essere stratificati e/o cementati oppure rimaneggiati da processi colluviali recenti.



Figura 12. Depositi alluvionali antichi (Sintema di Matelica, MTIbn), nei pressi del sondaggio FCS71 (eseguito per il P.M. 228 – Castelplanio e ubicato circa 350 prima della pk 0+000 del tracciato di progetto).



Figura 13. Depositi alluvionali antichi (Sintema di Matelica, MTIbn) rinvenuti nel sondaggio FCS71

6.3.3 *Supersintema di Colle Ulivo – Colonia Montani (AC - Pleistocene medio finale)*

Sono ricondotti a tale unità, tra gli altri, depositi alluvionali terrazzati (ACbn – depositi del 2° ordine “tradizionale” – affioranti marginalmente al bordo meridionale dell’area di studio), talora distinti in base

Relazione geologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IROE	00	R 69RG	GE 00 01 001	A	26 di 62

alle principali fasi di terrazzamento, cartografate rispettivamente come Sintema di Colonia Montani (ACbn4 - ghiaie e, subordinatamente, sabbie, silt e argille in riempimenti di canali e corpi tabulari, spesso con strutture sedimentarie). La scarpata che separa questa unità dalle alluvioni più recenti è di solito ben conservata con un'altezza di circa 5-10 m. La quota dei terrazzi sugli alvei attuali varia da 10 m (in corrispondenza delle foci dei fiumi) a 40-80 m nelle aree più interne come quella in esame.

	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA					
	RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228 – ALBACINA					
Relazione geologica	COMMESSA IROE	LOTTO 00	CODIFICA R 69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 27 di 62

7 ASSETTO STRUTTURALE

7.1 Assetto strutturale generale

L'Appennino Umbro-Marchigiano è costituito prevalentemente da rocce mesozoico-paleogeniche. Esso descrive un caratteristico arco a convessità orientale, in cui si distinguono da ovest a est: la "ruga interna", il "sinclinorio intermedio" e la "ruga esterna" (Calamita et al., 1987, 1990; Calamita, 1990; Deiana & Pialli, 1994; Calamita & Deiana, 1996; Calamita & Pierantoni, 1996; Deiana et al., 2002). A sud di Camerino l'elemento intermedio scompare e le due rughe si saldano a formare un'unica catena (Figura 14). La tettonica compressiva ha agito principalmente durante il Tortoniano superiore-Messiniano, mentre quella estensionale si è realizzata a partire dal Plio-Pleistocene ed è ancora in atto.

La "ruga interna" è composta da pieghe per lo più asimmetriche, est-vergenti e generalmente sovrascorse. Caratteristiche dello stile strutturale della ruga interna sono le faglie a *slip* obliquo, trascorrenti spesso con componente inversa, di direzione circa N20° e E-W e lunghezza limitata, rispettivamente destre e sinistre, interpretabili come *tear faults*. La tettonica estensionale post-raccorciamento è stata piuttosto intensa, con faglie normali che hanno direzione prevalente NO-SE.

Il "sinclinorio intermedio" si estende da Urbania (a nord) fino a Visso (a sud). Esso è caratterizzato da vasti affioramenti di emipelagiti e torbiditi mioceniche, spesso coinvolte in pieghe di piccola ampiezza in relazione a livelli di scollamento superficiali (soprattutto Scaglia Cinerea). Da queste emergono anticlinali isolate di terreni mesozoici, interpretabili come culminazioni assiali di pieghe anticlinaliche. Si tratta di strutture generalmente asimmetriche, verosimilmente scollate a livello delle evaporiti triassiche, a direzione NW-SE, più o meno sovrascorse verso NE e talora associate a *tear faults* a direzione N20° con cinematica destra.

La "ruga esterna" è data essenzialmente da un unico motivo anticlinalico riconoscibile da M. Paganuccio al M. Vettore, ad andamento NW-SE a nord e NNW-SSE a sud. La struttura è nettamente accavallata sui terreni terziari della fascia pedemontana lungo un importante sovrascorrimento (noto come "Sovrascorrimento dei M.ti Sibillini"; Deiana & Marchegiani, 2002; Mazzoli et al., 2005; Pierantoni et al., 2005 e referenze citate), riconoscibile in affioramento fino alla valle del F. Esino. A nord di questa incisione il sovrascorrimento è sepolto sotto i sedimenti neogenici e può essere tracciato attraverso i dati di sottosuolo fino alla valle del F. Foglia. Esso ha un andamento parallelo alla piega fino al M. Vettore, più a sud ha una direzione media N20° e il significato di rampa obliqua. Esso prosegue quindi nella "linea Olevano-Antrodoco" tramite la quale le unità reatino-sabine si accavallano sulle unità della Piattaforma carbonatica laziale-abruzzese. Considerato nel suo insieme il presente elemento si sviluppa per circa 250 km lungo il fronte montuoso umbro-marchigiano-sabino e costituisce uno dei sovrascorrimenti più importanti dell'Appennino (

Figura 14). Il sovrascorrimento non costituisce un elemento continuo, ma è composto da vari segmenti organizzati secondo una geometria di tipo *en-echelon* destro (Mazzoli et al., 2005). Dati di superficie e di sottosuolo, relativi al tratto settentrionale, ne riferiscono l'attività al Messiniano post-evaporitico-Pliocene basale. In Figura 14 sono inoltre riportate alcune sezioni geologiche attraverso il sovrascorrimento, dalle quali si ricava che: (i) il rigetto massimo è di circa 10 km, (ii) anche il basamento

è coinvolto nella deformazione attraverso la riattivazione di faglie preesistenti (triassiche), (iii) le faglie pre-orogeniche giurassico-mioceniche sono sempre dislocate e trasportate nel blocco di tetto del *thrust*; tali faglie possono essere localmente deformate e/o mostrare evidenza di riattivazione con cinematica variabile (dipendente dalla pendenza e dalla direzione della faglia rispetto alla direzione di raccorciamento orogenico).

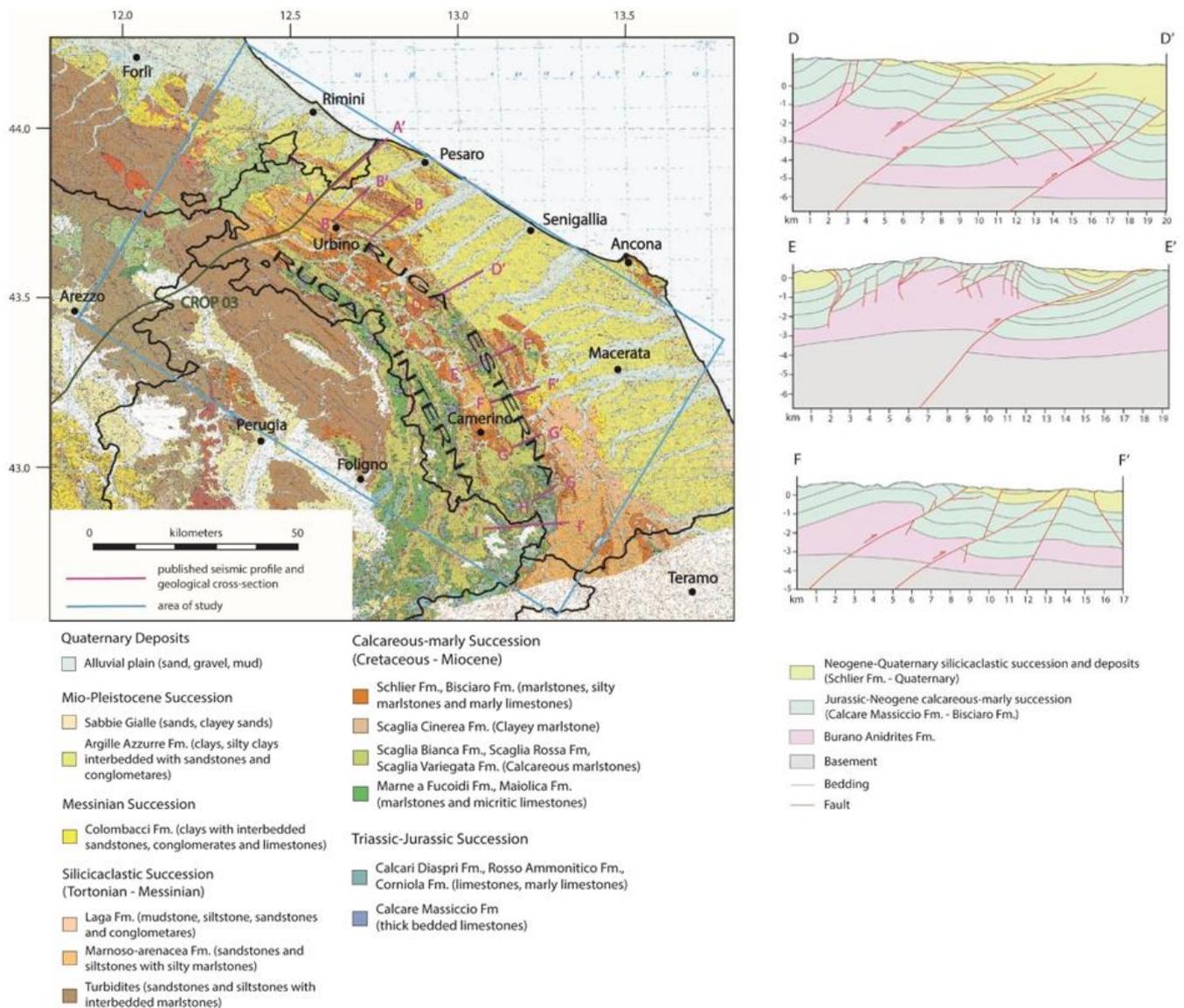


Figura 14. Carta geologica schematica mostrante l'intero sviluppo del fronte montuoso associato al sovrascorrimento dei Monti Sibillini. Sono riportate le tracce delle sezioni significative per l'area di studio (da Mazzoli et al., 2005).

	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA					
	RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228 – ALBACINA					
Relazione geologica	COMMESSA IROE	LOTTO 00	CODIFICA R 69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 29 di 62

7.2 Assetto strutturale locale

All'interno dell'area oggetto del presente studio affiorano diffusamente i termini della successione stratigrafica umbro-marchigiana, dalla Scaglia Rossa, alle unità più recenti costituite dalla Formazione dello Schlier. Il motivo strutturale dominante nell'area è quello dato da una serie di pieghe antiformi e sinformi alternate in direzione E-O con assi sviluppati circa in senso meridiano e associate faglie inverse, di età neogenica, a direzione circa NNO-SSE. Faglie ad alto angolo, normali e trascorrenti, sono comuni nelle formazioni mesozoico-paleogeniche dell'intero blocco di tetto del sovrascorrimento dei M. Sibillini; tali faglie fanno parte di associazioni strutturali sia pre-raccorciamento (faglie giurassiche, faglie mioceniche *pre-thrusting*; Calamita & Deiana 1996; Mazzoli et al., 2005; Pierantoni et al., 2005 e referenze citate), sia sin-raccorciamento (*tear faults*), sia post-raccorciamento.

La zona in cui è sita la città di Fabriano è strutturalmente caratterizzata da un ampio sinclinorio che si sviluppa a ovest della dorsale montuosa di M. Pietroso, che rappresenta la porzione della suddetta "ruga esterna". A nord di Borgo Tufico (ultimo breve tratto del tracciato in parola) l'alveo del fiume Esino si imposta al nucleo di una sinforme che separa la "ruga esterna" (a est) da una dorsale minore (a ovest), rappresentata dall'allineamento M. Le Cone-M. Valmontagnana già citato al capitolo 3. Tale dorsale carbonatica minore è costituita da una struttura antiforme, variamente fagliata al nucleo e nella zona crestale. L'anticlinale composita che costituisce la dorsale di Monte Valmontagnana mostra un *plunge* verso sud e, nella sua porzione settentrionale, è trasportata a tetto di un sovrascorrimento a direzione NNO-SSE e immersione OSO, con senso di trasporto del blocco di tetto verso ENE.

Dal punto di vista dei lineamenti tettonici interessati dall'opera in progetto, il tracciato attraversa due lineamenti visibili in superficie, attorno alla pk 3+800 e attorno alla pk 3+950. Si tratta delle estremità settentrionali di due faglie subverticali a prevalente componente normale con direzione circa SO-NE, associate ad un rigetto limitato, almeno in questa porzione terminale, che si aggira presumibilmente attorno ai 5-10 metri. In questo settore, la fratturazione dell'ammasso roccioso appare spinta (GSI 25-35), oltre che a causa del passaggio dei lineamenti tettonici anche per il susseguirsi di una serie di piccole pieghe con asse circa ONO-ESE ben visibili lungo la parete stradale nei pressi del ponte sull'Esino a Borgo Tufico (Figura 4b).

8 PERICOLOSITÀ SISMICA E TETTONICA ATTIVA

L'Appennino centrale rappresenta un segmento del sistema montuoso Africa-vergente, costruito a seguito della convergenza e della collisione tra il margine continentale sardo-corso, di origine europea, e il blocco afro-adriatico (Cello et al., 1997 e referenze citate; Doglioni et al., 2007 e referenze citate). La strutturazione della catena appenninica è avvenuta a spese del paleomargine africano, tra l'Oligocene superiore e il Pliocene. I principali elementi strutturali che si riconoscono in affioramento sono costituiti da pieghe e sovrascorrimenti a generale vergenza adriatica; queste strutture coinvolgono una successione meso-cenozoica riferibile a una sedimentazione di margine continentale nei suoi termini triassico-paleogenici, e di avanfossa-avampaese in quelli mio-pliocenici (Centamore et al., 1992). A partire dal Pliocene superiore, nell'area appenninica si sono sviluppati diversi sistemi di faglie, principalmente normali, che controllano la genesi e l'evoluzione delle depressioni e conche tettoniche delle zone assiali di catena (Cello et al., 1997; Tondi e Cello, 2003; Tondi et al., 2020 e referenze citate) tra cui: il bacino di Gubbio, il bacino di Rieti, il bacino de L'Aquila, il bacino di Norcia, il bacino di Castelluccio, il bacino di Amatrice e Campotosto. Queste faglie, via via più recenti da ovest verso est, sono responsabili della sismicità dell'Appennino centrale, di tipo diffuso e con terremoti distribuiti su una fascia larga circa 50-60 chilometri, che si estende dalla Toscana all'Abruzzo con intensità massima di 10-11 gradi MCS e magnitudo 6.5 (Figura 15; Rovida et al., 2021).

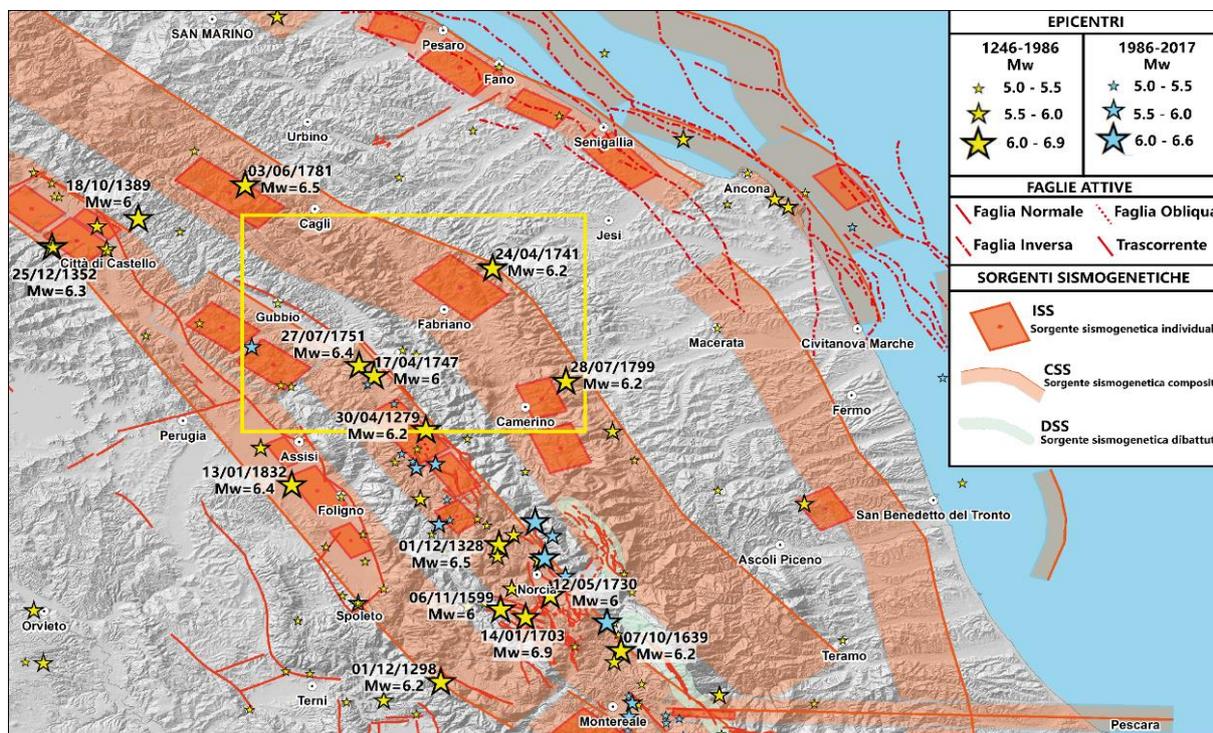


Figura 15. Sismicità storica dell'area di studio e zone limitrofe (Rovida et al., 2021) indicata su base DISS (*Database of Individual Seismogenic Sources*).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228 – ALBACINA					
	Relazione geologica	COMMESSA IROE	LOTTO 00	CODIFICA R 69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A

Come indicato nel DISS vers. 3.2.1 (*Database of Individual Seismogenic Sources*; DISS Working Group, 2018), l'area in studio è interessata da una sorgente sismogenica (ITCS027 Bore-Montefeltro-Fabriano-Laga, evidenziata in Figura 15 e descritta nelle sue caratteristiche principali in Figura 16), orientata NO-SE con cinematica principalmente normale. La sorgente sismogenica è stata interpretata sulla base della sismicità storica e strumentale dell'area, poiché non sono noti lavori scientifici che descrivano la presenza di faglie attive affioranti in superficie.

GENERAL INFORMATION

DISS-ID	ITCS027
Name	Bore-Montefeltro-Fabriano-Laga
Compiler(s)	Burrato P.(1), Mariano S.(1)
Contributor(s)	Burrato P.(1), Mariano S.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	08-Jan-2005
Updated	17-May-2012
Display map ...	 
Related sources	ITIS058 ITIS047 ITIS048 ITIS049 ITIS055 ITIS135

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
Min depth [km]	12.0	OD	Based on structural geology and geodynamic constraints.
Max depth [km]	22.0	OD	Based on structural geology and geodynamic constraints.
Strike [deg] min... max	90...160	OD	Based on geological constraints and structural geology.
Dip [deg] min... max	20...55	OD	Based on geological constraints and structural geology.
Rake [deg] min... max	70...110	EJ	Inferred from geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.2	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

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

Figura 16. Quadro riassuntivo della sorgente sismogenica ITCS027.

In considerazione della sismicità e dell'assetto tettonico dell'area, la pericolosità sismica di riferimento è quella rappresentata dalla carta di pericolosità sismica a scala nazionale (OPCM 3274, 2003; Stucchi et al., 2011). Il valore di pericolosità di base, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia

quadrata di 5 km di lato, è espresso in termini di a_g (picco di accelerazione orizzontale), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (che corrisponde ad un periodo di ritorno di circa 475 anni), calcolata su terreno rigido (velocità media delle onde di taglio negli ultimi 30 m superiore a 800 m/s).

L'areale del tracciato mostra una pericolosità sismica media con valori di a_g compresi tra 0.15 g e 0.20 g (Figura 17).

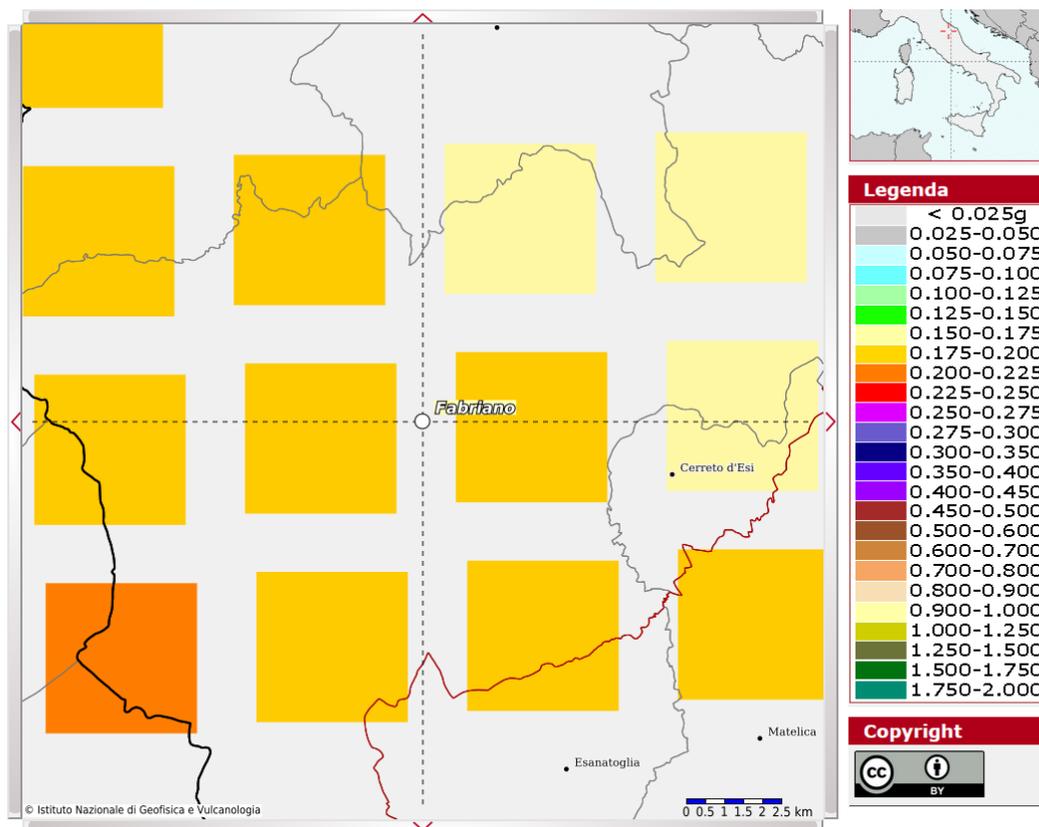
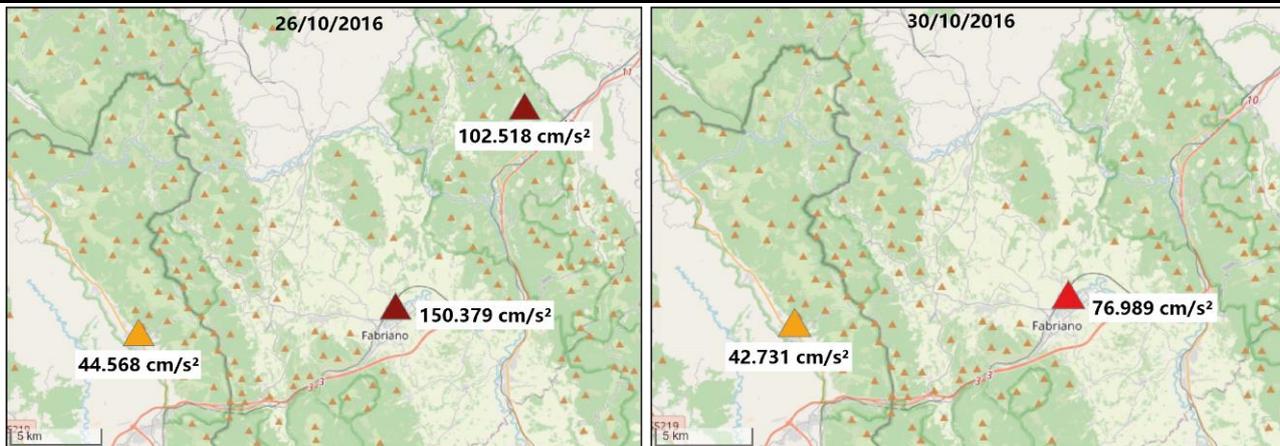


Figura 17. Pericolosità sismica per il territorio interessato dal tracciato in progetto

Come si osserva in Figura 15, il tracciato di progetto è localizzato in un'area colpita da alcuni forti terremoti (Rovida et al., 2019), tra cui il terremoto di Fabriano del 1741 (Mw 6.2) e di Camerino del 1799 (Mw 6.2). Sia a nord che a ovest, inoltre, altri forti terremoti hanno determinato intensità importanti nell'area, come quello di Cagli del 1781 (Mw 6.4) e di Gubbio del 1751 (Mw 6.4).

A seguito della recente crisi sismica (Terremoto di Amatrice, Norcia, Visso del 2016, Mw max 6,5; Chiaraluce et al., 2017; Tondi et al., 2020), sono disponibili valori di PGA (*Peak Ground Acceleration*) che possono essere considerati nella valutazione della pericolosità sismica dell'area interessata dalla tratta (Figura 18).



Legenda (PGA cm/s²)



Figura 18. Valori di PGA (Peak Ground Acceleration) misurati a seguito degli eventi sismici del 26 e 30 Ottobre 2016, rispettivamente di Mw 5.9 e 6.5.

In particolare, a seguito dell'evento del 26 ottobre 2016 di Mw 5.9 sono stati misurati a Fabriano valori piuttosto elevati dell'accelerazione al suolo, pari a 150.375 cm/s² (Figura 19).

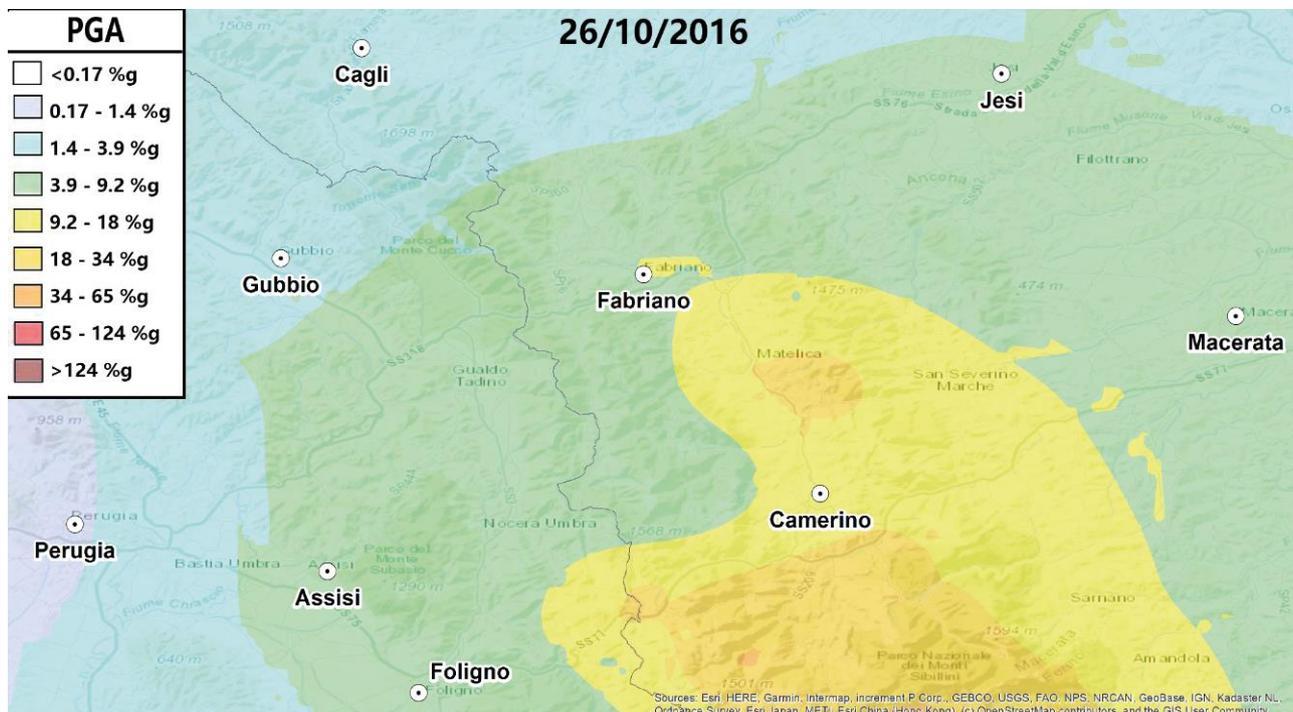


Figura 19. Mappa della PGA (Peak Ground Acceleration) associata all'evento sismico del 26 Ottobre 2016 di Mw 5.9 ed epicentro a Visso (MC).

La pericolosità sismica dell'area, oltre ai terremoti forti che si verificano nei territori limitrofi e quelli riferiti alla sorgente sismica di Fabriano, responsabile del terremoto del 1741 di $M_w=6.2$, è associata anche ai frequenti sciami sismici, caratterizzati da eventi di piccola magnitudo (Figura 19).

Oltre alla pericolosità legata all'accelerazione al suolo (a_g), in occasione di terremoti di magnitudo maggiore a 5.5 è possibile il verificarsi di fenomeni di fagliazione superficiale (Villani et al., 2018).

Negli "Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica" (gruppo di lavoro MS, 2008) e, successivamente, nelle "Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC)" redatte dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica nel 2015, le problematiche relative ai fenomeni di fagliazione superficiale sulle infrastrutture sono state per la prima volta affrontate a livello tecnico-normativo con l'obiettivo di: (i) definire la procedura per raccogliere accurate informazioni sul rischio derivato dalla fagliazione superficiale; (ii) pianificare i processi di mitigazione del rischio derivato dalla presenza di faglie attive e capaci per aree con previsioni di trasformazione e per aree edificate; (iii) proporre criteri generali e procedure operative, in coordinamento tra lo Stato, le Regioni e gli Enti Locali.

Coerentemente con quanto stabilito dalle Linee Guida FAC, gli studi di approfondimento delle faglie attive e capaci vengono eseguiti qualora sia stata verificata la sussistenza di almeno due delle seguenti condizioni preliminari:

1. l'area oggetto di studi di MS ricade in area epicentrale di terremoti storici con $M_w > 5.5$ (cfr. CPT11; un'indicazione di massima potrebbe venire anche dalla zona della classificazione sismica in cui ricade l'area in studio);
2. la letteratura scientifica disponibile riporta già la presenza di faglie all'interno di formazioni tardo-pleistoceniche-oloceniche;
3. sono segnalate evidenze di attività recente delle faglie rilevate sul campo da geologi, durante i rilievi geologico-tecnici per la stesura delle carte di MS.

Sulla base di quanto verificato nel territorio interessato dalla Tratta PM228-Castelplanio, non sussistono le condizioni sopra indicate (Figura 20). Nel catalogo ITHACA di ISPRA, infatti, nell'area della tratta non sono presenti Faglie Attive e Capaci (Figura 21).

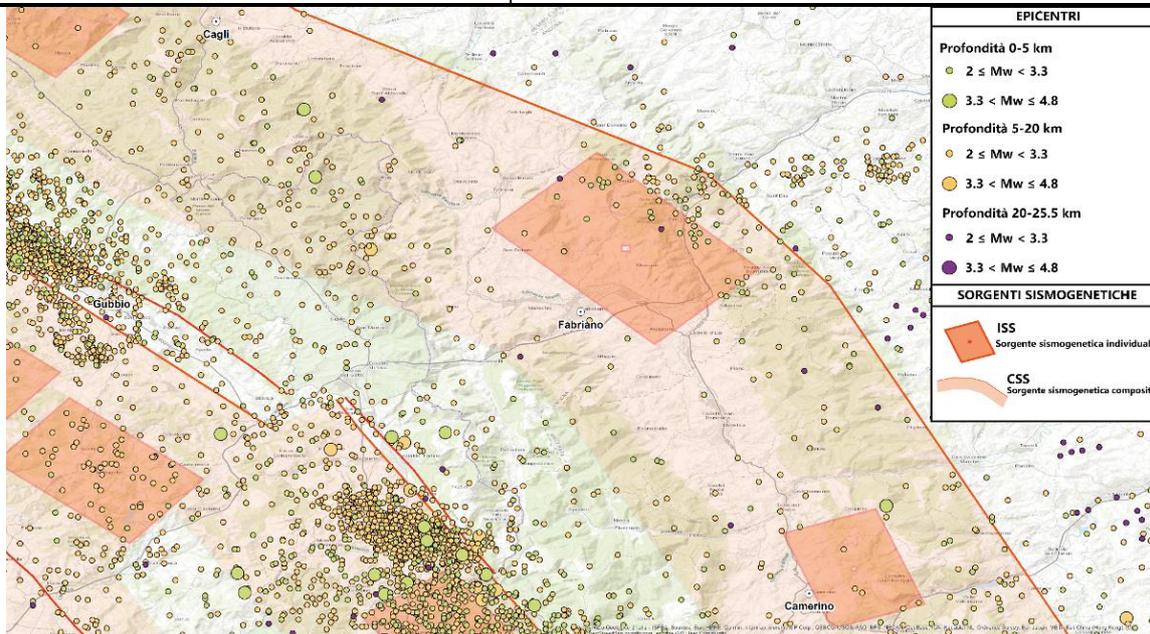


Figura 20. Epicentri dei terremoti verificatisi dal 1985 al 2020 nell'area interessata della Tratta PM228 Castelplano.



Figura 21. Catalogo delle Faglie Attive e Capaci della banca-dati ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults; Michetti et al., 2000) per l'area oggetto dello studio.

8.1 Classificazione sismica e pericolosità sismica di base

In riferimento a quanto riportato nel paragrafo precedente qui si specifica, sulla base delle disposizioni dettate dall'OPCM 3274 del 2003, la classificazione in materia di zonazione sismica del comune di Fabriano indica il territorio come ricadente in **zona sismica 2**.

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n.3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Tabella 3).

Tabella 3. Valori di accelerazione massima del suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferito a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s,30} > 800$ m/s

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

Nelle seguenti tabelle e figure sono forniti, per i Comuni interessati dalle opere, per periodi di ritorno T_R di 30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni, 2475 anni, i valori dei parametri a_g , F_0 e T_C^* da utilizzare per definire l'azione sismica di riferimento.

Nel dettaglio:

a_g = accelerazione orizzontale massima al sito su suolo tipo A;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tabella 4. Comune di Fabriano. Valori dei parametri di a_g , F_0 , T_{C^*} per i periodi di ritorno T_R di riferimento

TR [anni]	a_g [g]	F_0	T_{C^*}
30	0.061	2.458	0.276
50	0.076	2.448	0.288
72	0.088	2.452	0.296
101	0.101	2.464	0.305
140	0.114	2.463	0.310
201	0.131	2.469	0.318
475	0.179	2.505	0.327
975	0.230	2.543	0.333
2475	0.311	2.572	0.346

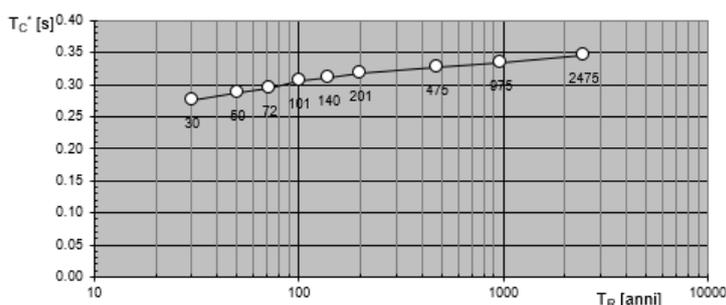
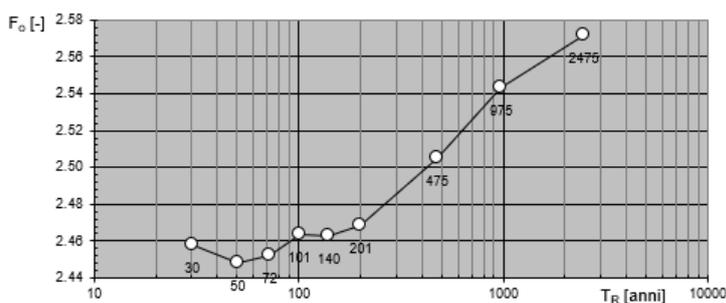
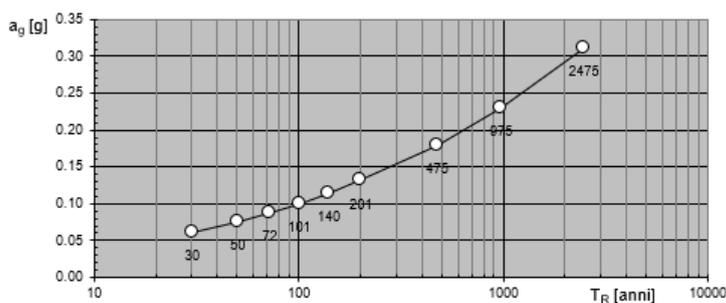
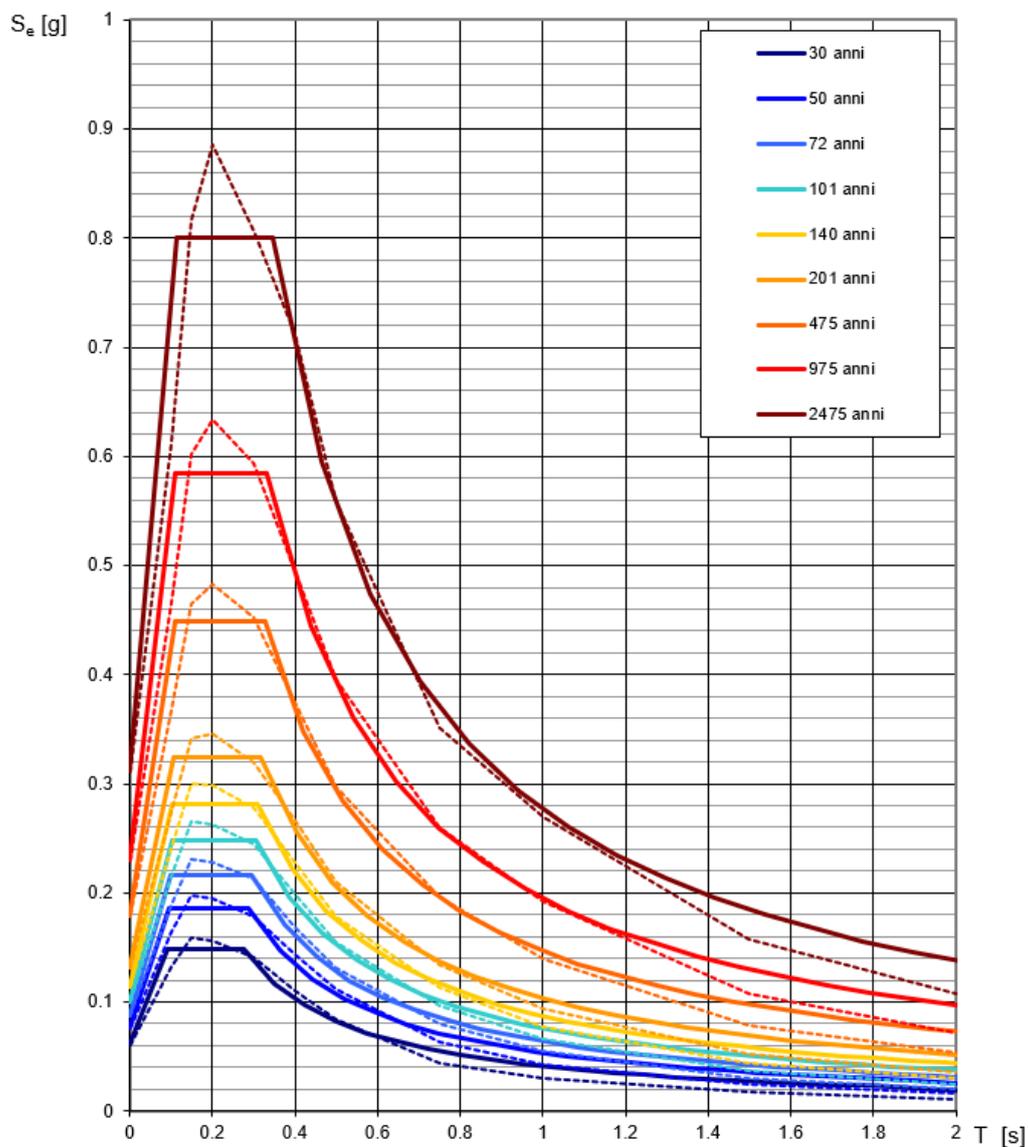


Figura 22. Valori dei parametri a_g , F_0 e T_{C^*} col periodo di ritorno T_R (Comune di Fabriano).



NOTA:
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Figura 23. Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento (Comune di Fabriano)

8.2 Sismicità storica

Al fine di inquadrare dal punto di vista della sismicità storica l'area in esame, si riporta di seguito un riepilogo delle osservazioni macrosismiche di terremoti al di sopra della soglia del danno che hanno interessato i comuni interessati dalle opere in progetto.

Nello specifico, le informazioni riportate di seguito derivano dalla consultazione del DBMI15 v3.0 (Locati et al., 2021), il database macrosismico utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 v 1.5 (Rovida et al., 2021, consultabile on-line al sito <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.3>).

Nelle successive tabelle sono indicati con i seguenti simboli:

Int. at place = intensità in sito (MCS);

N = numero di osservazioni macrosismiche del terremoto;

Year = anno Mo = mese Da = giorno Ho = ora Mi = minuto Se = secondo;

Epicentral Area = Area dell'epicentro del terremoto

Lat = latitudine Lon = longitudine Dep = profondità ipocentro

Io = intensità massima (MCS);

Mw = magnitudo momento.

Int. at place	N	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral Area	Lat	Lon	Dep	Io	Mw
8	50	1279	4	30	18			Appennino umbro-marchigiano	43.093	12.872		9	6.2
5-6	243	1503	11	14				Appennino anconetano	43.425	13.024		6-7	4.86
6	414	1612	10	14				Appennino umbro-marchigiano	43.246	12.853		7	5.11
5	506	1672	4	14	15	45		Riminese	43.941	12.576		8	5.59
F	593	1702	10	18				Valnerina	42.755	13.053		5	4.16
F	595	1703	1	14	18			Valnerina	42.708	13.071		11	6.92
5	597	1703	2	2	11	5		Aquilano	42.434	13.292		10	6.67
6-7	658	1725	4	17	13			Appennino umbro-marchigiano	43.564	12.487		5-6	4.8
9	722	1741	4	24	9	20		Fabrianese	43.425	13.005		9	6.17
F	739	1744	5	25				Costa pesarese	43.82	13.05		5	4.59
6-7	748	1747	4	17				Appennino umbro-marchigiano	43.204	12.769		9	6.05
6-7	749	1747	9	22				Appennino umbro-marchigiano	43.255	12.826		7-8	5.42
6-7	759	1751	7	27	1			Appennino umbro-marchigiano	43.225	12.739		10	6.38
4-5	768	1752	7	13	21	40		Appennino umbro-marchigiano	43.305	12.798		5	4.61
7	884	1781	6	3				Cagliese	43.596	12.512		10	6.51
NF	910	1785	5	3	2	30		Appennino umbro-marchigiano	43.073	12.955		7	5.1
7	1356	1873	3	12	20	4		Appennino marchigiano	43.089	13.244		8	5.85

Relazione geologica

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IROE 00 R 69RG GE 00 01 001 A 40 di 62

Int. at place	N	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral Area	Lat	Lon	Dep	Io	Mw
5	1375	1875	3	17	23	51		Costa romagnola	44.209	12.659		8	5.74
2	1585	1892	1	22				Colli Albani	41.725	12.712		7	5.14
NF	1706	1897	6	24	19	4		Apecchio	43.554	12.555		5	4.34
5-6	1715	1897	9	21				Marche settentrionali	43.706	12.966		7	5.4
NF	1717	1897	10	28	10	40		Fermo	43.018	13.496		4-5	4.16
3	1737	1898	9	12	14	14	10	Valnerina	42.908	12.975		8	5.48
3	1743	1898	11	27	1			San Ginesio	43.132	13.139		5-6	4.39
F	1836	1903	11	2	21	52		Valnerina	42.794	13.074		6	4.81
4	1859	1904	9	2	11	21		Maceratese	43.035	13.301		5-6	4.63
NF	1895	1906	2	5	16	34		Valnerina	42.722	12.86		5	4.41
4	1976	1909	1	13	0	45		Emilia-Romagna orientale	44.579	11.688		6-7	5.36
F	2029	1910	12	26	16	30		Monti della Laga	42.68	13.184		5-6	4.56
NF	2048	1911	9	13	22	29	2	Chianti	43.436	11.344		7	5.08
SF	2106	1914	10	27	9	22		Lucchesia	43.912	10.598		7	5.63
5	2110	1915	1	13	6	52	43	Marsica	42.014	13.53		11	7.08
2-3	2127	1915	4	5	6	18	58	Valle dell'Aniene	42.05	12.906		6	4.8
5	2145	1916	5	17	12	50		Riminese	44.119	12.748		8	5.82
4	2189	1917	3	21	0	30		Monti Sibillini	42.793	13.314		5	4.44
3-4	2242	1919	10	25	13	51		Alta Valtiberina	43.571	12.132		6	5.03
2	2261	1920	9	7	5	55	40	Garfagnana	44.185	10.278		10	6.53
5	2271	1921	4	5	17	40		Appennino umbro-marchigiano	43.203	12.774		5	4.23
3	2285	1922	6	8	7	47		Valle del Chienti	43.148	13.286		6	4.73
3-4	2305	1924	1	2	8	55	13	Senigallia	43.737	13.138		7-8	5.48
3-4	2363	1927	11	30	2	58	24	Bacino di Gubbio	43.451	12.453		5	4.29
4	2389	1929	1	22	10	6	50	Marche Centrali	43.366	13.094		5-6	4.4
5	2432	1930	10	30	7	13		Senigallia	43.689	13.385		8	5.83
3-4	2523	1936	12	9	7	34		Caldarola	43.145	13.223		6-7	4.76
4	2593	1943	3	25				Marche meridionali	43.048	13.464		6	4.85
2	2631	1948	6	13	6	33	36	Alta Valtiberina	43.598	12.127		7	5.04
5	2677	1950	9	5	4	8		Gran Sasso	42.547	13.457		8	5.69
4	2812	1960	2	24	1	51		Appennino umbro-marchigiano	43.211	12.995		5	4.32
4	2830	1961	3	23	1	1		Bacino di Gubbio	43.362	12.544		7	4.96
5	2883	1964	5	21	7	29	42	Fabriano	43.335	12.905		4	3.7
4	3014	1970	9	7	14	2	21	Appennino umbro-marchigiano	43.034	13.023		5	4.35
4	3027	1971	2	11	18	49	21	Valle del Chiascio	43.121	12.604		6	4.61
4	3028	1971	2	12	4	54	56	Valle del Chiascio	43.15	12.605		7	4.89
3	3045	1972	1	25	20	24	35.2	Costa anconetana	43.741	13.458		6	4.49
4	3046	1972	2	4	2	42	18.56	Costa anconetana	43.716	13.436	25		4.57
5	3060	1972	11	26	16	3		Marche meridionali	42.967	13.454		8	5.48

Relazione geologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IROE	00	R 69RG	GE 00 01 001	A	41 di 62

Int. at place	N	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral Area	Lat	Lon	Dep	Io	Mw
4	3230	1980	2	28	21	4	40	Valnerina	42.8	12.967		6	4.97
4	3238	1980	5	24	20	16	4	Monti Sibillini	43.087	13.19		5-6	4.48
3	3256	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	40.842	15.283		10	6.81
4	3350	1982	10	17	4	50	11	Perugino	43.139	12.501		5-6	4.36
4	3351	1982	10	17	4	54	33	Perugino	43.129	12.6		6	4.42
NF	3380	1983	11	9	16	29	52	Parmense	44.755	10.265		6-7	5.04
5	3388	1984	4	29	5	2	59	Umbria settentrionale	43.262	12.525		7	5.62
4	3395	1984	5	7	17	50		Monti della Meta	41.667	14.057		8	5.86
3-4	3401	1984	5	11	10	41	49.27	Monti della Meta	41.651	13.843	10	7	5.47
3	3501	1986	10	13	5	10	0.31	Monti Sibillini	42.924	13.186	5.4	5-6	4.46
4	3527	1987	7	3	10	21	57.64	Costa Marchigiana	43.198	13.902	2.7	7	5.06
4-5	3707	1993	6	4	21	36	50.6	Valle del Topino	43.121	12.763	5.3	5-6	4.39
4	3708	1993	6	5	19	16	17.02	Valle del Topino	43.121	12.724	7.7	6	4.72
3-4	3847	1997	9	7	23	28	5.79	Appennino umbro-marchigiano	43.035	12.883	4.2	5-6	4.19
NF	3849	1997	9	10	6	46	50.78	Appennino umbro-marchigiano	43.031	12.892	3.8	5	3.85
5-6	3850	1997	9	26	0	33	12.88	Appennino umbro-marchigiano	43.022	12.891	3.5	7-8	5.66
6-7	3853	1997	9	26	9	40	26.6	Appennino umbro-marchigiano	43.014	12.853	9.8	8-9	5.97
6	3870	1997	10	3	8	55	22.07	Appennino umbro-marchigiano	43.042	12.824	12		5.22
6	3876	1997	10	6	23	24	53.29	Appennino umbro-marchigiano	43.027	12.846	3.9		5.47
5-6	3890	1997	10	14	15	23	10.64	Valnerina	42.898	12.898	7.3		5.62
4	3903	1997	10	23	8	58	43.96	Appennino umbro-marchigiano	43.027	12.923	3.1		3.86
3-4	3928	1998	2	7	0	59	44.54	Appennino umbro-marchigiano	43.004	12.822	0.1		4.41
4-5	3934	1998	3	21	16	45	9.21	Appennino umbro-marchigiano	42.948	12.914	1		5
4-5	3937	1998	3	26	16	26	17.03	Appennino umbro-marchigiano	43.145	12.809	44.8		5.26
5	3941	1998	4	5	15	52	21.01	Appennino umbro-marchigiano	43.189	12.767	4.4		4.78
3-4	3952	1998	6	1	13	57	10.41	Appennino umbro-marchigiano	43.186	12.779	3.1		4.02
4-5	3953	1998	6	2	23	11	23	Appennino umbro-marchigiano	43.185	12.785	3.2		4.25
3	3963	1998	8	11	5	22	59.64	Appennino umbro-marchigiano	43.172	12.789	4		3.26
4-5	4034	2000	6	22	12	16	35.58	Bacino di Gubbio	43.345	12.433	39.6	5	4.47
3-4	4046	2000	8	11	4	33	48.84	Appennino umbro-marchigiano	43.266	12.744	2.9	4-5	3.58
4-5	4050	2000	9	2	5	17	2.41	Appennino umbro-marchigiano	43.174	12.922	46.1	5	4.4
4	4065	2001	4	16	8	51	53.56	Appennino umbro-marchigiano	43.246	12.793	2.6	4-5	3.57
NF	4116	2001	11	26	0	56	55.46	Casentino	43.6	12.108	5.5	5-6	4.63
3	4264	2005	4	12	0	31	51.61	Maceratese	43.094	13.379	4.3	4	3.74
3	4285	2005	12	15	13	28	39.59	Val Nerina	42.738	12.76	18.4	5	4.14
4-5	4290	2006	4	10	19	3	36.67	Maceratese	43.396	13.488	33.9	5	4.06
4	4303	2006	10	21	7	4	10.01	Anconetano	43.628	12.98	36.3	5	4.21
5	4663	2016	10	26	19	18	7.42	Valnerina	42.904	13.09	9.6		6.07
5-6	4673	2016	10	30	6	40	17.32	Valnerina	42.83	13.109	10		6.61

Relazione geologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0E	00	R 69RG	GE 00 01 001	A	42 di 62

Int. at place	N	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral Area	Lat	Lon	Dep	Io	Mw
4-5	4719	2017	1	18	10	14	9.9	Aquilano	42.531	13.283	9.6		5.7

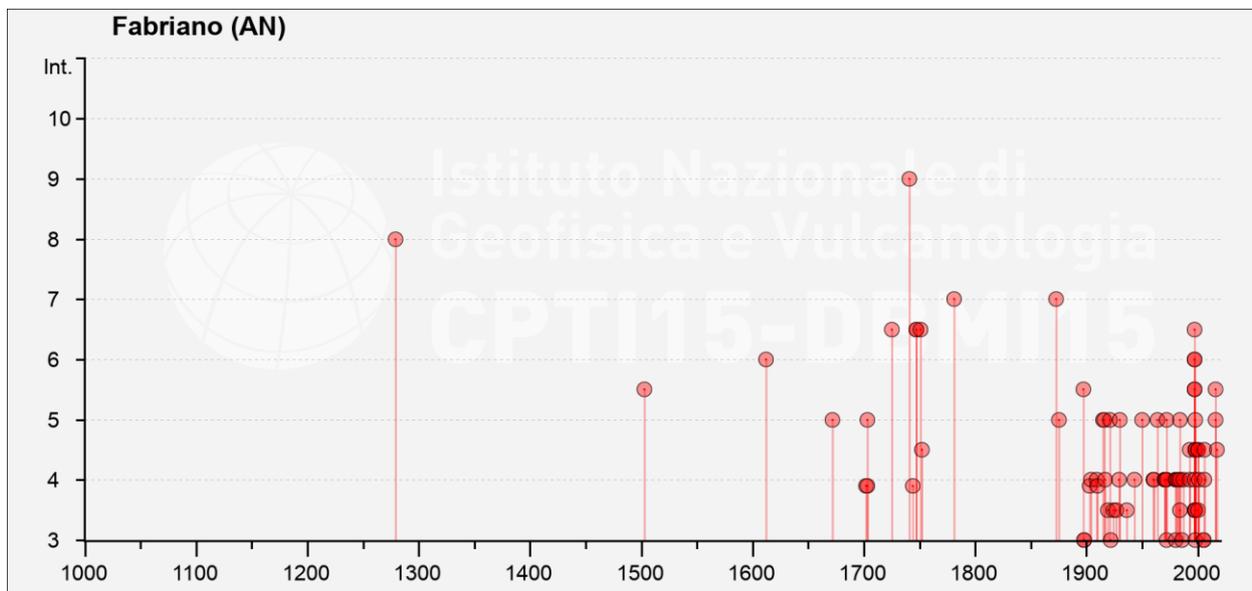


Figura 24. Storia sismica del Comune di Fabriano.

8.3 Parametri per la determinazione dell'azione sismica di riferimento

Ai sensi del D.M. 17/01/2018, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e geomorfologiche locali, determinando quindi la corrispondente categoria (o tipo) di sottosuolo, nonché le condizioni topografiche del sito di interesse.

8.3.1 Categorie di sottosuolo

La determinazione del tipo di sottosuolo, secondo normativa, può essere basata sulla stima dei valori della velocità media di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

dove:

h_i : spessore dello strato i -esimo;

$V_{s,i}$: velocità delle onde di taglio nello strato i -esimo;

N: numero degli strati;

H: profondità del substrato, definito come roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

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 nell'espressione sopra riportata.

Lungo il tracciato, nel corso della campagna indagini ITALFERR, sono state eseguite diverse prove sismiche sia di superficie che in foro di sondaggio. In particolare, per la determinazione del parametro di $V_{s,eq}$ si hanno a disposizione i dati derivanti da 3 stendimenti per prova Re.Mi./MASW e 2 prove *Down-Hole* eseguite in foro di sondaggio.

In Tabella 5 si riportano i valori di $V_{s,eq}$ derivati dalle suddette prove e le corrispondenti categorie di sottosuolo.

Tabella 5. Valori di $V_{s,eq}$ da prove Re.Mi/MASW e *Down-Hole*

Sigla prova	Pk	Vseq (m/s)	Categoria suolo
MASW1	0+600ca.	444	B
MASW2	2+080 ca.	462	B
MASW3	3+860 ca.	317	E
DH2	1+160 ca.	454	B
DH4	3+280 ca.	321	E

Pertanto, sulla base dei risultati delle prove eseguite, i terreni investigati rientrano in due delle cinque categorie di sottosuolo definite da Normativa (NTC2018), descritte come segue:

- Categoria B: *rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s;
- Categoria E: *terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D*, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

8.3.2 Condizioni topografiche

Come detto precedentemente, ai fini della determinazione dell'azione sismica di progetto deve essere definita anche la categoria topografica del sito oggetto di studio. A tale scopo, per il caso in esame può essere adottata la classificazione semplificata proposta in Normativa. Date le morfologie nei tratti all'aperto, si ritiene di poter classificare tali siti in categoria T1, caratterizzata da un coefficiente di amplificazione topografica $S_T=1,0$ (ai sensi del D.M. 17/01/2018, Capitolo 3, Tabella 3.2.III e Tabella 3.2.V).

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

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

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

8.3.3 Rischio liquefazione

Secondo quanto disposto dalle NTC2018, il sito presso il quale è ubicato il manufatto oggetto di studio deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. L'avvenuta liquefazione si manifesta, in presenza di manufatti, attraverso la perdita di capacità portante e/o lo sviluppo di elevati cedimenti e rotazioni.

In base ad D.M. 17/01/2018, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ 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 in Figura 25a nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Figura 25b nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

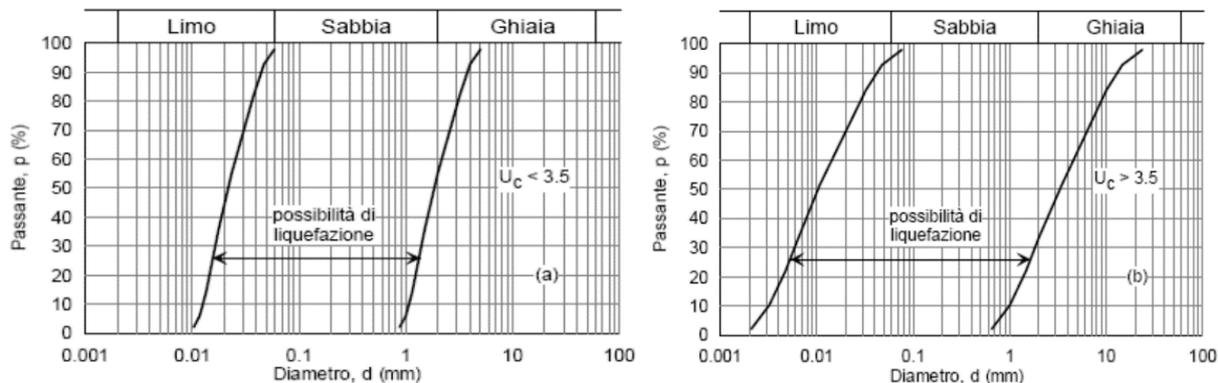


Figura 25. Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

In relazione a quanto previsto dalla Normativa, sulla base dei criteri di esclusione sopra riportati, considerando i valori di accelerazione massima del suolo ottenuti per l'area di studio (rispetto a quanto riportato all'inizio del presente Capitolo) e i livelli di falda misurati nei fori di sondaggio, non si ritiene di poter escludere il rischio di liquefazione per l'area in esame per valori delle accelerazioni massime attese al piano campagna maggiori di 0,1 g (mediamente compresi tra 0,150 g e 0,200 g) e per profondità della falda minori di 15 m da p.c..

9 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'attuale assetto geomorfologico dell'area lungo la quale si sviluppa il tracciato ferroviario in progetto è condizionato da diversi fattori, tra cui le caratteristiche lito-strutturali del substrato roccioso, l'evoluzione neotettonica, la successione degli eventi climatici quaternari e, non ultima, l'attività antropica soprattutto più recente.

Le caratteristiche lito-strutturali della conca di Fabriano, in cui prevalgono litologie marnose e marnoso-calcaree, fanno sì che si evidenzia la presenza di versanti da poco a mediamente acclivi. In particolare, i pendii che bordano la piana risultano caratterizzati da inclinazioni anche inferiori ai 20° nella porzione iniziale del tracciato, dove prevalgono le formazioni marnose e marnoso-calcaree mioceniche dello Schlier, del Bisciario e della Scaglia Cinerea. Valori di pendenza superiori, ma comunque raramente maggiori di 40°, si riscontrano in corrispondenza della stazione di Albacina, ove la piana si restringe ed il T. Giano confluisce nel F. Esino. In quest'area le prevalenti litologie calcaree della Scaglia Rossa contribuiscono a dare al rilievo una maggior energia, comunque non paragonabile a quella che si riscontra più a nord, presso le Gole di Frasassi e della Rossa.

Le forme ondulate dei rilievi collinari che circondano la conca sono inoltre il frutto dell'intenso sollevamento generale che ha interessato tutto il rilievo appenninico a partire dal Pleistocene inferiore. L'attività tettonica recente ha modificato l'originaria giacitura dei terreni, generando fratture e faglie per lo più di modesto rigetto, in corrispondenza delle quali, durante la fase di sollevamento, si sono spesso impostate le direttrici di drenaggio superficiale. La fase di sollevamento tettonico ha indotto un generale e rapido approfondimento dell'erosione lineare, testimoniato dalla morfologia dell'attuale direttrice del fiume Esino. Nonostante ciò, durante le fasi di stasi, estesi depositi alluvionali si sono messi in posto in corrispondenza dell'attuale fondovalle del T. Giano generando quella che oggi riconosciamo come una vasta piana alluvionale intramontana che mostra una larghezza massima, in corrispondenza dell'inizio del tracciato in progetto, pari a circa 800 metri. La messa in posto dei depositi alluvionali recenti, indicativamente riferita all'Olocene recente, si è verificata per processi di degradazione ed erosione, dovuti anche all'antropizzazione dei versanti e, in particolare, al massiccio smantellamento della copertura boschiva.

Alle fasi fredde, che hanno caratterizzato il Quaternario, sono da riferire, oltre ai depositi alluvionali terrazzati che qui si identificano in due soli ordini di terrazzi (MUSbn ed MTIbn) anche estese coltri eluvio-colluviali (MUSb2) e detritiche (MTIa) che bordano alla base i versanti collinari che delimitano la piana alluvionale.

Da notare come, oltre la stazione di Albacina, la piana vada rapidamente a scomparire lasciando il posto all'incisione fluviale dell'Esino che, a partire da questo punto e andando verso nord, attraversa la successione giurassico-cretacica generando morfologie decisamente più acclivi di quelle che interessano il tracciato in parola.

Passando ai depositi di versante è da sottolineare l'estesa presenza di coperture colluviali (MUSb2) che si interdigitano con i depositi alluvionali antichi lungo il primo tratto di tracciato (circa sino alla pk 0+300). Si tratta di depositi la cui genesi è legata all'alterazione di substrati a prevalente componente marnosa e pelitica del Bisciario, dello Schlier e della Scaglia Cinerea, con successivo trasporto e deposizione soprattutto da parte delle acque correnti superficiali. La tessitura mostra una prevalenza della frazione limoso-siltosa.

Dal punto di vista della stabilità di versante le litologie marnoso-pelitiche, che caratterizzano l'area, sono interessate per lo più da fenomeni di colamento, molti dei quali superficiali. Tali fenomeni, presenti localmente lungo i versanti vallivi, non risultano interessare lo sviluppo del tracciato in progetto e inoltre, non mostrano in generale segni di attività recente tanto da far sì che possano essere classificati quasi totalmente come fenomeni quiescenti (MUSa1q).

Infine, come già visto, un ruolo importante nella morfogenesi recente dell'area è dato dall'attività antropica che ha profondamente modificato e modellato il paesaggio attraverso la costruzione di insediamenti industriali e arterie viarie che hanno portato con sé, oltre alle suddette variazioni morfologiche dell'area, anche la costituzione di importanti accumuli di materiali di riporto estesamente rinvenibili lungo tutto il tratto in progetto.

10 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

10.1 Complessi idrogeologici e modello concettuale di circolazione.

Sulla base dei dati ottenuti dal rilievo geologico di terreno e dalla caratterizzazione geologico-tecnica e geologico-strutturale dei sistemi di fratturazione, i litotipi affioranti nell'area sono stati accorpati in complessi idrogeologici, differenziati in relazione alle caratteristiche di permeabilità relativa (Figura 26).

Rispetto a quanto mostrato in figura nell'area di studio sono stati identificati solo alcuni dei complessi idrogeologici, con particolare riferimento a quelli della Scaglia e successivi. Questi sono dunque quelli che verranno descritti nel seguito.

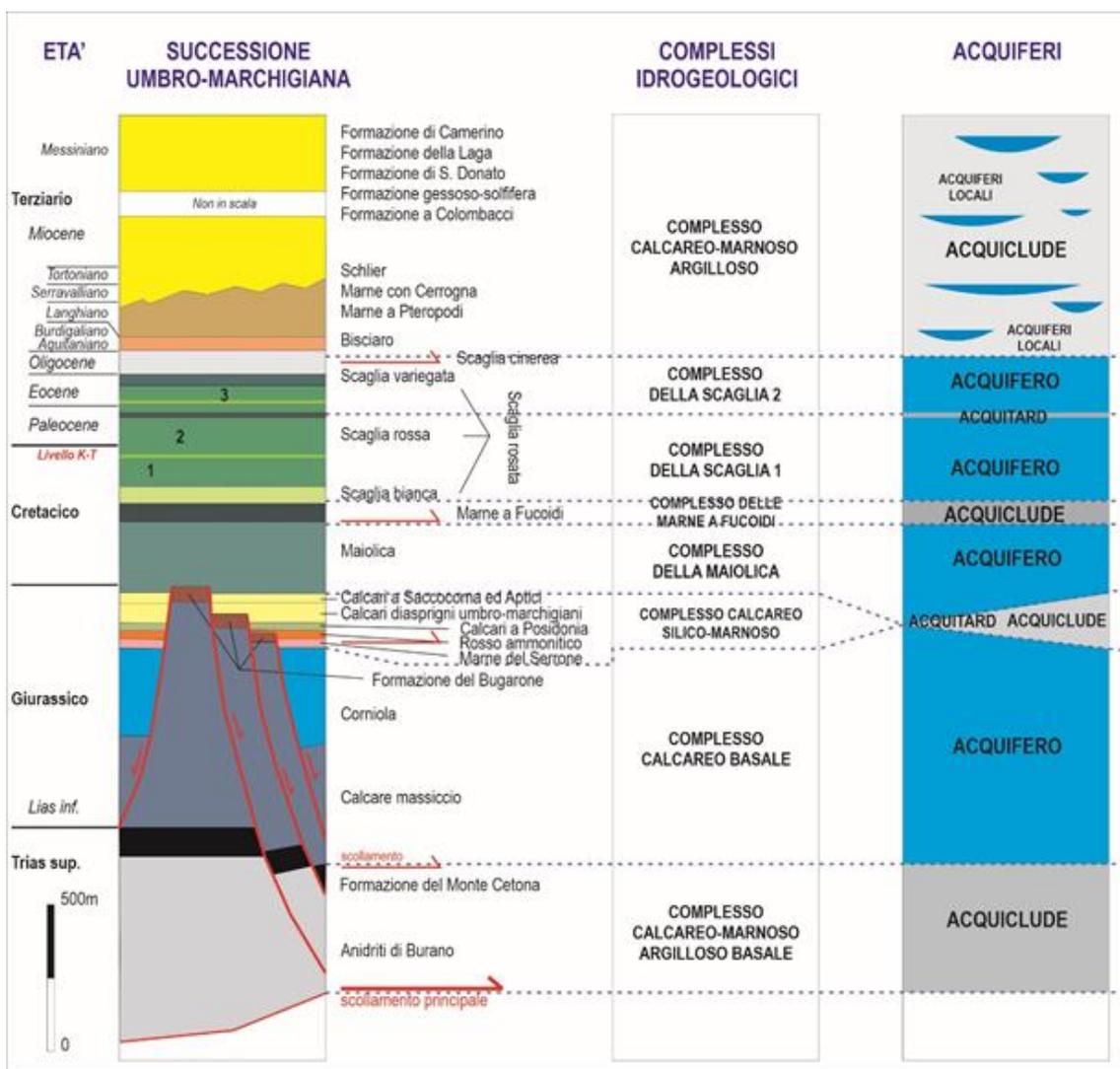


Figura 26. Successione stratigrafica e relativi complessi idrogeologici.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA					
	RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228 – ALBACINA					
Relazione geologica	COMMESSA IROE	LOTTO 00	CODIFICA R 69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 49 di 62

I caratteri principali di ogni complesso individuato sono riportati di seguito.

Complesso acquifero dei depositi continentali quaternari antichi e recenti (MUSa1, MUSa1q, MUSb2, MTIa)

È costituito da coltri prevalentemente ghiaioso-sabbiose, cementate e non, con differente contenuto in matrice argilloso-limosa. Tale complesso è caratterizzato mediamente da elevati valori di permeabilità e viene in genere alimentato direttamente dalle precipitazioni meteoriche, dando luogo a piccole falde sospese, più o meno continue. Tuttavia, in particolari situazioni stratigrafico-strutturali, quando ricaricato anche dall'acquifero carbonatico sottostante, può dar luogo a sorgenti, a regime perenne. Nell'areale di riferimento non si registra però la presenza di tale tipo di emergenze. In alcuni casi può rappresentare un collegamento idraulico fra gli acquiferi carbonatici delle dorsali e gli acquiferi delle pianure alluvionali. Per le sue caratteristiche di permeabilità è un complesso fortemente vulnerabile in presenza di inquinanti idroveicolati. Il complesso pur essendo presente dell'area di studio non viene mai intercettato dal tracciato in progetto.

Complesso acquifero dei depositi alluvionali antichi e recenti (ACbn4, MUSb, MUSbn, MTIbn)

È costituito dai depositi fluviali, terrazzati e non, delle aree di pianura alluvionale ed è caratterizzato da corpi ghiaiosi, ghiaioso-sabbiosi e ghiaioso-limosi altamente permeabili, con intercalate lenti, di estensione e spessore variabili, argilloso-limose e sabbioso-limose. Le granulometrie maggiori sono prevalenti nei depositi più antichi, mentre la frazione fine aumenta in quelli più recenti. Differente anche il grado di compattazione e/o di cementazione che aumenta generalmente con l'età dei depositi. Queste disomogeneità (verticali ma soprattutto laterali, in virtù della diversa evoluzione fluviale) determinano, soprattutto all'interno dei depositi più recenti (pleistocenici ed olocenici), la formazione di acquiferi generalmente monostrato ma con possibilità di formazione anche di piccole falde sospese o localmente in pressione. L'acquifero principale è sempre in collegamento con l'asta fluviale e la sua ricarica può avvenire dalla superficie o, nei tratti di attraversamento delle dorsali carbonatiche, da contributi sotterranei provenienti dagli acquiferi calcarei adiacenti; qualora presenti con estensione e spessore considerevoli, i depositi alluvionali antichi possono rappresentare un collegamento idraulico fra il *bedrock* e l'acquifero alluvionale più recente. Anche tale complesso è generalmente ritenuto altamente vulnerabile in presenza di inquinanti idroveicolati. Il complesso viene intercettato lungo quasi tutto il tracciato.

Complesso delle formazioni marnose e marnoso-calcaree (FCIf, FCIE, BIS, SCH)

Il complesso, delimitato alla base dall'*aquiclude* della Scaglia cinerea, comprende le unità marnoso-calcarenitiche che marcano il passaggio tra la sedimentazione carbonatica e la sedimentazione terrigena, localmente comprensivo delle formazioni del Bisciario e dello Schlier. In corrispondenza delle porzioni più calcaree e fratturate del Bisciario, possono emergere piccole sorgenti caratterizzate da portate modeste e a regime stagionale; si tratta di una circolazione idrica in genere alimentata da bacini superficiali poco estesi, in stretta relazione con le piogge. Il complesso viene lambito per un breve tratto tra le pk 0+300 e 0+550.

	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA					
	RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228 – ALBACINA					
Relazione geologica	COMMESSA IROE	LOTTO 00	CODIFICA R 69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 50 di 62

Caratteristiche simili si rinvennero nelle torbiditi pelitico-arenacee della Formazione di Camerino che, pur non intercettando il tracciato, sovrasta, tramite un limite inconforme, la formazione dello Schlier in destra idrografica del T. Giano, a est di Fabriano.

Complesso acquiclude della Scaglia Cinerea (SCC)

Formato da spessori consistenti di marne calcaree e argillose, costituisce un livello *acquiclude* a carattere regionale quando, in associazione con elementi tettonici compressivi (*thrusts*), costituisce il limite impermeabile alla base delle successioni carbonatiche.

Complesso acquifero della Scaglia (SBI1, SBI2, SAA1, SAA2, SAA3, VAS)

È costituito dalla formazione calcarea e calcareo-marnosa permeabile della Scaglia (suddivisa in Scaglia Bianca, Rossa e Variegata); sorretto alla base dall'*acquiclude* delle Marne a Fucoidi, è generalmente tamponato al tetto dai litotipi a bassa permeabilità della Scaglia Cinerea. La maggiore componente marnosa presente, e la conseguente quasi totale assenza di fenomeni carsici, renderebbe il complesso in teoria meno funzionale all'immagazzinamento della risorsa idrica; questo viene tuttavia ampiamente compensato dall'alto grado di fratturazione pervasiva che caratterizza tutto il complesso e lo rende particolarmente favorevole all'immagazzinamento e al movimento delle acque sotterranee. Inoltre, a causa dello spessore consistente (variabile tra i 300 e i 500 m), ma soprattutto in virtù della notevole estensione areale, il complesso della Scaglia rappresenta un "serbatoio" molto importante ed è sede di numerose manifestazioni sorgentizie; queste, infatti, si rivelano spesso fondamentali, anche quando di portata non consistente, per soddisfare il fabbisogno idrico di nuclei abitativi isolati o anche piccoli paesi. Il ruolo della Scaglia Variegata (VAS) all'interno di questo complesso è talvolta discordante e varia in funzione delle locali caratteristiche del litotipo (non rappresentabili in carta); in particolare, variando di molto lo stato di fratturazione e la componente calcarea, la formazione può essere accorpata alla porzione superiore dell'acquifero della Scaglia o alla porzione basale dell'*acquiclude* della Scaglia cinerea. Il complesso, con il membro superiore della Scaglia Rossa (SAA3) viene intercettato negli ultimi cento metri circa di tracciato tra le pk 3+850 e 3+950.

10.2 Prove di permeabilità

Indicazioni sulle caratteristiche di permeabilità delle formazioni a scala locale, sono derivate dalle prove di permeabilità in foro di tipo Lefranc e Lugeon eseguite entro i fori di sondaggio.

Di seguito (Tabella 6) si elencano i risultati di tutte le prove svolte con l'indicazione della formazione di riferimento. Nella tabella sono indicati anche i sondaggi eseguiti nell'ambito del PFTE del PM228-Castelplanio – Lotto 1, utilizzati per la caratterizzazione delle principali formazioni rocciose affioranti nell'area di progetto ma non intercettate dal tracciato e quindi non direttamente testate mediante prove in foro.

Relazione geologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0E	00	R 69RG	GE 00 01 001	A	51 di 62

Tabella 6. Elenco delle prove Lefranc eseguite nei depositi quaternari e nei substrati non litoidi.

Sondaggio	Tipo	Prof. inizio (m)	Prof. fine (m)	Prof. media (m)	K (m/s)	Formazione
FA1	Lefranc	4.5	6	5.25	9.50E-07	SCH
FA1	Lefranc	18	19	18.5	2.16E-06	SCH
FA2	Lefranc	5	6.5	5.75	3.00E-05	MUSbn
FA2	Lefranc	18	19	18.5	2.85E-07	BIS
FA3	Lefranc	4.5	6	5.25	4.75E-08	MUSbn
FA3	Lefranc	15	18	16.5	9.39E-07	BIS
FA4	Lefranc	4.5	6	5.25	4.60E-05	MUSbn
FA4	Lugeon	21	22	21.5	1.40E-06	SAA3
FA5**	Lefranc	4.5	6	5.25	4.60E-05	SAA3
FA5	Lugeon	21	22	21.5	2.23E-06	SAA2
FCS71*	Lefranc	4.5	6	5.25	1.05E-04	MTIbn
FCS71*	Lefranc	18.2	20	19.1	5.36E-07	SCH
FCS3*	Lugeon	120	125.7	122.85	1.40E-06	SBI
FCS3*	Lugeon	130	135	132.5	1.70E-06	SBI
AFC61*	Lugeon	97	102	99.5	3.56E-08	SBI
FCS50*	Lugeon	12	16.5	14.25	1.20E-08	SCC
FCS50*	Lugeon	20	24.4	22.2	1.00E-08	SCC
FCS51*	Lugeon	34	38.7	36.35	1.30E-08	SCC
FCS51*	Lugeon	75	79.3	77.15	1.47E-09	SCC
FCS51*	Lugeon	94.5	100	97.25	1.04E-08	SCC
FCS51*	Lugeon	103	107	105	1.22E-08	SCC
FCS72*	Lugeon	11	14.6	12.8	3.50E-08	SCC
FCS72*	Lugeon	21	25.2	23.1	1.70E-08	SCC
FCS2*	Lugeon	47	51.1	49.05	4.30E-09	SCC
FCS2*	Lugeon	90.8	95	92.9	1.07E-08	SCC
FCS2*	Lugeon	125	129	127	1.64E-08	SCC
FCS2*	Lugeon	145	150	147.5	1.80E-08	SCC
AFC62*	Lugeon	150	154	152	6.38E-09	SCC
AFC62*	Lugeon	158	162	160	3.26E-09	SCC
FCS6*	Lugeon	1.5	6	3.75	5.47E-07	SAA1
FCS6*	Lugeon	8.2	13	10.6	8.20E-08	SAA1
FCS4*	Lugeon	4	8.45	6.23	2.00E-06	SAA1
FCS4*	Lugeon	7.5	12.1	9.8	3.86E-06	SAA1
FCS3bis*	Lugeon	64	65	64.5	8.40E-08	SAA2
FCS3bis*	Lugeon	70.5	76	73.25	3.80E-08	SAA2

Relazione geologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IROE	00	R 69RG	GE 00 01 001	A	52 di 62

Sondaggio	Tipo	Prof. inizio (m)	Prof. fine (m)	Prof. media (m)	K (m/s)	Formazione
AFC61*	Lugeon	40	45	42.5	3.42E-06	SAA2
FCL1*	Lugeon	22.5	25.5	24	1.13E-07	BIS
FCL1*	Lugeon	26.5	29.5	28	4.82E-07	BIS
FCL1*	Lugeon	30.5	33.5	32	6.13E-07	BIS
FCS3bis*	LeFranc	40	41	40.5	2.95E-04	MTIa

* Sondaggi da PFTE PM228-Castelplanio - Lotto 1

** Prova LeFranc ritenuta non significativa poiché eseguita in roccia

L'analisi delle prove disponibili, specialmente per i depositi quaternari, evidenzia una situazione articolata che mostra, in generale, valori di conducibilità idraulica piuttosto bassi per i depositi alluvionali olocenici del Musone e valori più alti per i depositi pleistocenici a granulometria maggiore. Il dato seppur corretto alla scala del sondaggio risulta non totalmente rappresentativo delle generali condizioni su area vasta che caratterizzano questi depositi.

Per questa ragione, pur considerando i valori massimi e minimi di permeabilità (presentati di seguito) restituiti dalle prove in foro, si è attribuito ad ogni formazione un grado di permeabilità relativa, in funzione del complesso idrogeologico di appartenenza, descritto al par. 10.1.

La scala di permeabilità relativa varia dunque dal livello impermeabile, associato ai complessi acquicludi come la Scaglia Cinerea sino a quello di alta permeabilità che caratterizza le formazioni con caratteristiche di maggior fratturazione come la Scaglia Rossa.

Infine, i depositi quaternari sono stati classificati con un grado di permeabilità variabile, funzione delle caratteristiche granulometriche e tessiturali dei materiali. Come dimostrato dalle prove di permeabilità, i depositi alluvionali mostrano conducibilità idrauliche alte allorché formati prevalentemente da ghiaie e sabbie e conducibilità minori quando sono presenti in modo significativo le frazioni sabbiose-limose-argillose.

Negli elaborati idrogeologici di riferimento si ritrovano pertanto 4 classi di permeabilità relativa, basate sulla discretizzazione indicata nei quaderni del Servizio Geologico d'Italia, cui è stata aggiunta la classe di permeabilità variabile per la rappresentazione dei depositi quaternari.

Tabella 7. Classi di permeabilità relativa utilizzate nella cartografia idrogeologica.

Classe di permeabilità relativa	Sigla
Alta	AP
Media	MP
Bassa	SP
Molto bassa	BP
Variabile	VP

Di seguito (Tabella 8) si mostrano i range di variabilità dei valori di permeabilità registrati dalle prove per le formazioni indagate e il grado di permeabilità assegnato ad ognuna sulla base della definizione dei complessi idrogeologici. Infine, anche i materiali di riporto (R), pur non indagati nell'areale di interesse, sono classificati con permeabilità variabile.

Tabella 8. Range di K delle formazioni indagate e classe di permeabilità relativa

Formazione	Sigla	n° prove	K min (m/s)	K max (m/s)	Classe relativa K
Scaglia Bianca*	SBI	3	3.56E-08	1.70E-06	MP
Scaglia Rossa – Membro inferiore*	SAA1	5	6.86E-08	3.86E-06	AP
Scaglia Rossa – Membro intermedio**	SAA2	4	3.80E-08	3.42E-06	AP
Scaglia Rossa – Membro superiore**	SAA3	1	1.40E-06	1.40E-06	AP
Scaglia Variegata	VAS	-	-	-	MP
Scaglia Cinerea	SCC	14	1.47E-09	3.50E-08	BP
Bisciaro**	BIS	5	1.13E-07	9.39E-07	SP
Schlier**	SCH	3	5.36E-07	2.16E-06	SP
Depositi di versante – Sint. Di Matelica*	MTIa	1	2.95E-04	2.95E-04	VP
Depositi terrazzati – Sint. Di Matelica*	MTIbn	1	1.05E-04	1.05E-04	VP
Depositi terrazzati – Sint. Del Musone**	MUSbn	3	4.75E-08	4.60E-05	VP

* Valori esclusivamente da PFTE PM 228- Castelplano – Lotto 1

** Valori ottenuti sia da prove del PFTE PM228-Castelplano - Lotto 1 sia da prove eseguite per il presente progetto

Nonostante valori di permeabilità medi nell'ordine di 10^{-6} m/s ai vari membri della Scaglia Rossa è stata assegnata una permeabilità alta (AP) per fratturazione poiché questa caratterizza l'ammasso roccioso alla grande scala e ne influenza significativamente le caratteristiche di conducibilità idraulica. Per i depositi alluvionali attuali del Sintema del Musone (MUSb) e per quelli eluvio-colluviali (MUSb2) si è definita una classe di permeabilità variabile (VP) in accordo con quanto visto per i restanti depositi sciolti.

Per la Scaglia Variegata, pur in assenza di prove dirette in foro, si è scelto di fornire una classe di permeabilità intermedia (MP) tra la sottostante Scaglia Rossa (AP) e il sovrastante complesso acquiclude della Scaglia Cinerea (BP).

Per le restanti formazioni non indagate poiché non interessate dal tracciato e rientranti comunque entro l'areale di interesse della cartografia si riporta la seguente tabella di riferimento. I depositi quaternari non indagati ricadono tutti nella classe di permeabilità variabile (VP).

Tabella 9. Classi di permeabilità relativa delle formazioni non interessate col tracciato.

Formazione	Sigla	Classe K relativa
Litofacies pelitica (F. di Camerino)	FCIf	SP
Litofacies pelitico-arenacea (F. di Camerino)	FCIe	SP

10.3 Ulteriori aspetti idrogeologici

10.3.1 Sorgenti

L'area di Fabriano, con particolare riguardo alla porzione orientale della piana, si caratterizza, in virtù delle basse permeabilità delle formazioni, per la quasi totale assenza di sorgenti che, qualora presenti, sono caratterizzate da regimi idrologici stagionali legati alle precipitazioni. La sorgente più prossima al tracciato, presente nello studio idrogeologico del territorio comunale di Fabriano (2000), identificata come la sorgente della Cava di Pietra lungo il Fosso delle Rochette dista circa 1.5 km. Poiché il tracciato si svilupperà interamente in superficie non si ritiene vi siano comunque problematiche legate al depauperamento o intercettamento di circuiti idrogeologici che possono alimentare anche solo eventuali sorgenti a regime stagionale temporaneo.

10.3.2 Pozzi

Per quanto riguarda le acque da pozzo, nell'area è presente un unico punto censito dall'Assemblea di Ambito territoriale Ottimale AATO2 "Marche centro-Ancona" denominato Pozzo Borgo Tufico, localizzato nei pressi dell'omonimo centro abitato. Alcuni ulteriori pozzi privati sono stati recepiti sulla base dello studio ANAS (2007) per la S.S. 76. La distribuzione dei punti pozzo individuati è mostrata in Figura 27.

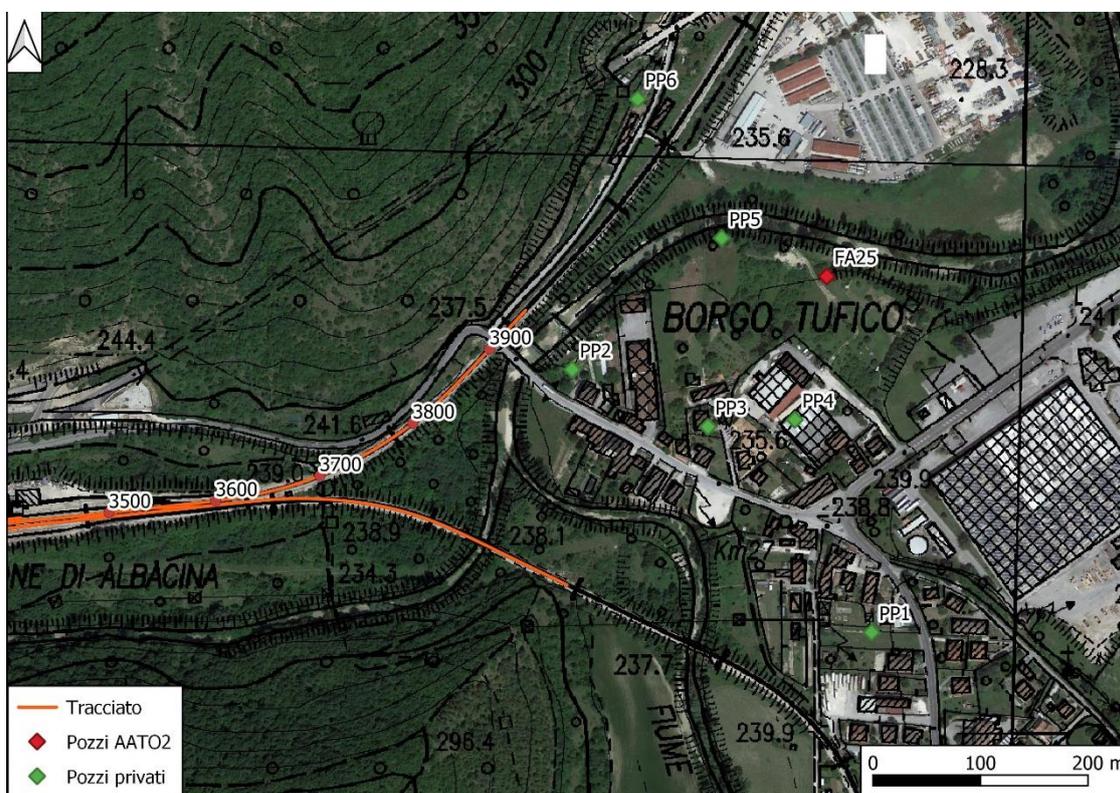


Figura 27. Ubicazioni dei principali pozzi dell'area nell'intorno del tracciato.

Il pozzo segnalato da AATO2 dista circa 300 m dal tracciato ed è per giunta ubicato sulla sponda opposta dell'Esino mentre il pozzo più vicino risulta essere il PP2 posto a circa 70 m da tracciato, ma sempre sulla sponda opposta del fiume. Anche in questo caso non si ritiene che vi siano i presupposti per un'interazione tra le acque di questi pozzi e i lavori di costruzione ed ammodernamento della linea in progetto.

Da verificare rimane invece la presenza di ulteriori pozzi privati e/o ad uso industriale nella zona produttiva a est di Fabriano e nell'area di Molino Vatria – I Tiberi.

10.4 Dati piezometrici lungo il tracciato

I piezometri installati lungo il tracciato sono misurati periodicamente con cadenza mensile a partire da giugno 2021.

I dati di soggiacenza sono stati rappresentati nel profilo geologico e nel profilo idrogeologico allegati alla presente relazione. In particolare, è stato riportato nell'elaborato grafico la misura più recente disponibile, evidenziata in grassetto nelle tabelle sottostanti, in cui sono riportati tutti i valori di soggiacenza disponibili.

Tabella 10. Valori piezometrici registrati ai sondaggi

ID	Prof. (m)	Tratto fenestrato (m)	03/06/21	16-20/06/21	28-06/21	Lug-21	Ago-21	Sett-21	Ott-21	Nov-21
FA1	30	3-27	3.05	3.05	2.95	2.98	2.86	2.93	2.72	2.29
FA3	30	2-20	3.64	3.82	3.76	3.74	3.76	2.97	3.53	2.91
FA4bis	20	3-18		10.59	10.34	-	10.52	10.36	9.45	8.57
FA5	30	3-27	11.27	11.21	11.03	11.03	11.04	11.07	10.94	10.42

In generale le misure al momento disponibili mostrano una generale costanza nei valori di soggiacenza di tutti i piezometri fino al mese di agosto 2021. A seguire si nota una leggera risalita della tavola d'acqua sino ad un massimo, registrato dopo le piogge di novembre.

I valori misurati a FA1 ed FA3, perforati nel fondovalle, sono riferibili alla falda di subalveo del T. Giano e risultano essere infatti i valori più prossimi al piano campagna. Il dato di FA4bis è invece legato ad un approfondimento della falda che risulta sempre in linea con la quota dell'alveo del T. Giano che, presso la stazione F.S. di Albacina ha inciso i depositi quaternari sino ad arrivare al substrato roccioso della Scaglia Rossa. Situazione identica si verifica al piezometro FA5, ove la soggiacenza di circa 10.5-11 m da p.c. risulta in linea con la quota dell'alveo del F. Esino, a valle della confluenza con il T. Giano.

	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA					
	RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228 – ALBACINA					
Relazione geologica	COMMESSA IROE	LOTTO 00	CODIFICA R 69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 56 di 62

11 MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

Il tracciato di progetto che si sviluppa tra il P.M. 228 e il tratto posto poco a est della stazione F.S. di Albacina misura circa 4 km e la sua descrizione da un punto di vista geologico, geomorfologico ed idrogeologico è stata eseguita identificando tre tratte omogenee che vengono di seguito analizzate.

11.1 Tratto 1: pk 0+000 – pk 0+700

Questo primo segmento del tracciato (Figura 28) si sviluppa, all'aperto, in direzione NO-SE; a livello del piano ferro vengono interessati terreni quaternari, rappresentati in prevalenza da depositi alluvionali pleistocenici terrazzati (MTIbn), generalmente a granulometria grossolana, addensati, il cui spessore, mediamente stimato attorno ai 15 m (sondaggio FCS71 da P.M.228-Castelplanio – Lotto 1 posto circa 350 m ad ovest dell'inizio tracciato) tende a diminuire verso SE.

Tra le pk 0+100 e 0+300 circa il tracciato si colloca in corrispondenza del piede dei versanti collinari che bordano a nord la piana di Fabriano e risulta avvicinarsi, senza però intercettarli, ai depositi eluvio-colluviali (MUSb2) che fasciano il piede dei rilievi.

Successivamente, sino alla pk 0+630 il tracciato inizia a correre al contatto tra i depositi alluvionali antichi (MTIbn) e quelli più recenti (MUSbn) caratterizzati, anch'essi, da granulometrie generalmente grossolane ma con un minore stato di addensamento ed uno spessore molto ridotto, se non quasi azzerato tra le pk 0+300 e 0+550 ove il sedime ferroviario sfiora la base del versante impostato nella formazione miocenica, pre-torbiditica, dello Schlier (SCH), coperta in discordanza dai materiali quaternari e costituita da litologie marnose con locali livelli calcarenitici.

Strutturalmente l'area è caratterizzata, in profondità, da una blanda piega sinclinale del substrato.

Dal punto di vista idrogeologico, sulla base delle misure piezometriche disponibili, la falda può essere considerata mediamente ad una profondità minima di circa 5-6 m da p.c. nel tratto iniziale (all'incirca sino a pk 0+200 - 0+300) come indicato dal livello registrato al piezometro FCS71 (ubicato circa 350 m prima della progressiva di inizio tracciato). Da questo punto essa tenderebbe ad avvicinarsi al piano campagna, in virtù dell'assottigliamento progressivo della copertura alluvionale che tende quasi a scomparire per un breve tratto a favore del substrato marnoso-calcareo dello Schlier che però, mostra caratteristiche di scarsa permeabilità, con possibilità di presenza soltanto di isolate falde, di modeste dimensioni, entro gli strati maggiormente calcarei. Il sondaggio FA1 (pk 0+600 circa) mostra infatti una soggiacenza della falda, corrispondente all'interfaccia alluvioni/substrato e posta attorno ai 3 m da p.c.

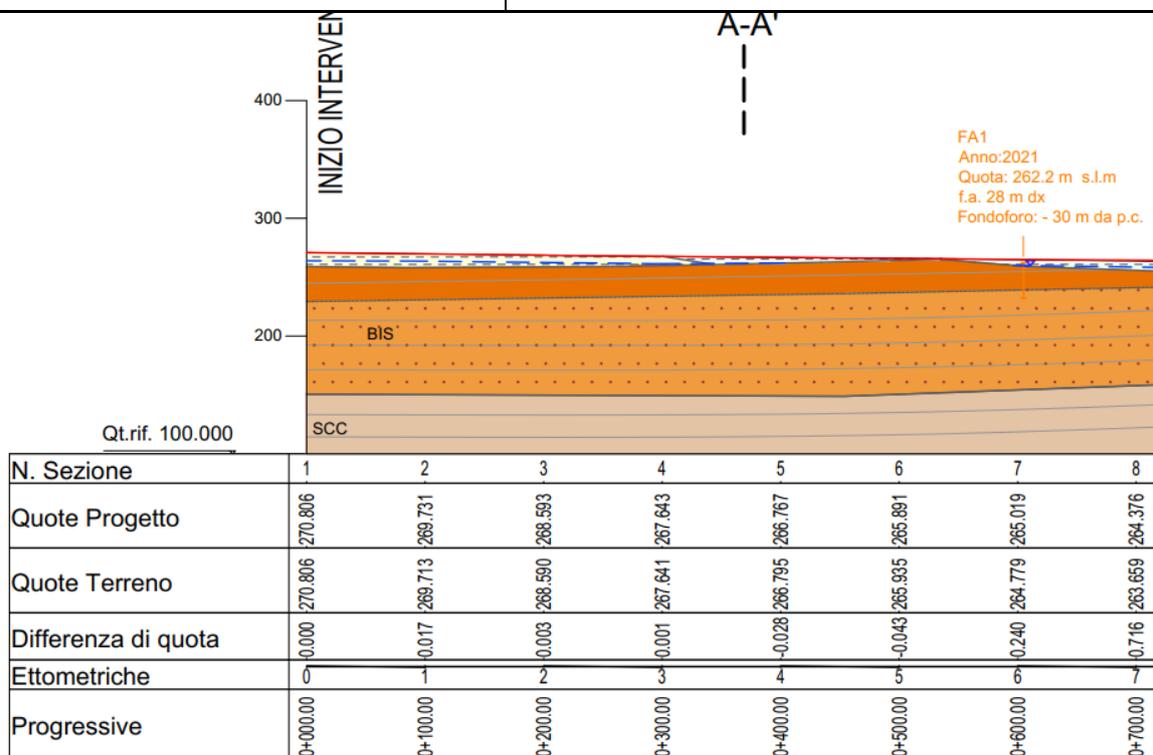


Figura 28. Profilo geologico da pk 0+000 a pk 0+700.

11.2 Tratto 2: pk 0+700 – pk 2+700

A partire dalla pk 0+700 circa il tracciato abbandona il piede del versante per immettersi nella piana alluvionale caratterizzata dall'estesa presenza di depositi alluvionali recenti (MUSbn) costituiti da materiali a granulometria generalmente grossolana, poco addensati, il cui spessore è mediamente stimato attorno ai 17-20 m (sondaggi FA2 e FA3) e risulta inferiore solo nel primo tratto, all'incirca sino alla pk 1+000.

Attorno alla pk 1+100-1+300, in località Mulino Vatria, il tracciato compie un'ampia curva verso sinistra orientandosi in direzione OSO-ENE, sempre in sinistra idrografica del T. Giano. Alla pk 1+220 si registra l'attraversamento di un corso d'acqua secondario, denominato Fosso delle Rocchette, proveniente dall'omonima valle in sinistra idrografica del T. Giano.

A partire da pk 1+750 il tracciato entra nella porzione più depressa della piana alluvionale avvicinandosi all'attuale corso del T. Giano ma rimanendo sopraelevato in virtù della presenza di un rilevato ferroviario posto a circa 250 m.s.l.m. ovvero 6-7 m sopra la piana circostante. Questo tratto, tra le pk 1+750 e 2+400, è costituito da materiali di riporto antropico (R) formati da ghiaie e sabbie con resti di laterizi, nonché da ballast ferroviario.

Tra le pk 2+710 e 2+730 il tracciato attraversa un ridotto lembo di depositi alluvionali attuali (MUSb) caratterizzati da granulometrie grossolane e cementazione assente, in virtù della loro recente messa in

Relazione geologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IROE	00	R 69RG	GE 00 01 001	A	58 di 62

posto. Questi depositi si localizzano alla confluenza tra il T. Giano ed un suo affluente minore (senza nome) in sinistra idrografica, attraversato dalla ferrovia alla pk 2+720 circa.

Strutturalmente l'area è caratterizzata, in profondità, da una blanda piega anticlinale del substrato con la formazione della Scaglia Cinerea che, in base alle ricostruzioni effettuate, si approssima all'interfaccia depositi sciolti-substrato attorno alla pk 1+750 circa.

Dal punto di vista idrogeologico la superficie piezometrica si attesta tra i 5 e gli 11 metri dal piano ferro e risulta in linea con la quota dell'alveo del T. Giano.

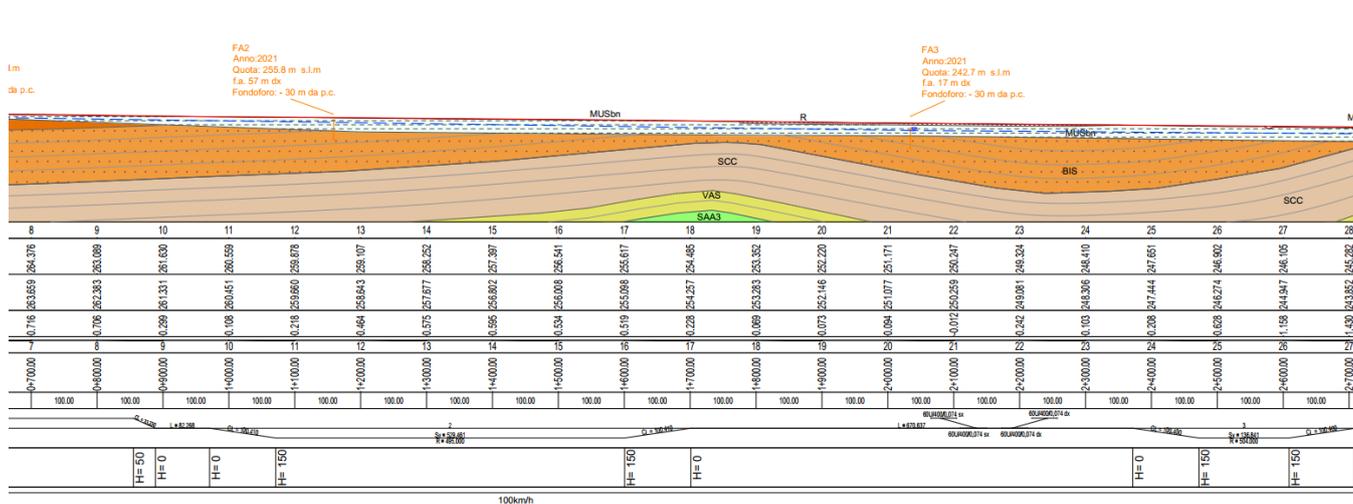


Figura 29. Profilo geologico da pk 0+700 a pk 2+700

11.3 pk 2+700– circa pk 3+950

A partire dalla pk 2+700 la valle si restringe notevolmente arrivando, nell'intorno della pk 3+050 a misurare circa 150 metri di larghezza, confinata a sud dal M. Rustico e a nord dalle pendici del M. Le Cone. In quest'area si situa la stazione ferroviaria di Albacina.

Dal punto di vista geologico il tracciato attraversa prima un tratto caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali recenti (MUSbn), sino alla pk 2+900. Successivamente il sedime ferroviario si colloca in un'area con presenza estesa di depositi di riporto antropico (R) dovuti sia alla costruzione delle opere legate alla stazione ferroviaria di Albacina (che sarà rinnovata nell'ambito del presente progetto) sia alla realizzazione della nuova S.S. 76. Al di sotto di uno strato di circa 3 metri di riporto si rinvengono poi i depositi alluvionali recenti (MUSbn) per uno spessore, nell'areale di stazione (certificato dai sondaggi FA4 di Italferr e S.22 di ANAS) di circa 14-15 m. Questo va poi assottigliandosi andando verso nord, fino ad annullarsi attorno alla pk 3+850.

A partire dalla pk 3+850 circa, infatti, si assiste alla venuta a giorno del substrato roccioso calcareo della Scaglia Rossa, in particolare del suo membro superiore (SAA3). Si tratta di calcari e calcari marnosi rossastri con selce rossa in liste e noduli, con spessore medio attorno ai 30 metri circa.

Relazione geologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IROE	00	R 69RG	GE 00 01 001	A	59 di 62

La formazione, nell'area di interesse, appare fittamente fratturata poiché caratterizzata dalla presenza di numerose pieghe, con asse circa NO-SE, associate alla terminazione di un lineamento di faglia con direzione circa NE-SO che intercetta il tracciato al di sotto della copertura quaternaria, nei pressi della pk 3+800. Un ulteriore lineamento tettonico, con caratteristiche simili al precedente, e che più a nord si unisce ad esso, è intercettato al termine della tratta (pk 3+945).

Da notare, però, come non si registrino evidenze di interferenza tra il tracciato il progetto e la parete rocciosa in scaglia rossa (altezza circa 10-15 m), poiché il sedime ferroviario non correrà direttamente alla base di quest'ultima perché separato dalla presenza della vecchia S.S.76.

Dal punto di vista idrogeologico i dati del piezometro installato nel sondaggio FA5 indicano una soggiacenza di circa 10.5-11 m da p.c., in linea con la quota dell'alveo del T. Gianio in quel punto del tracciato.

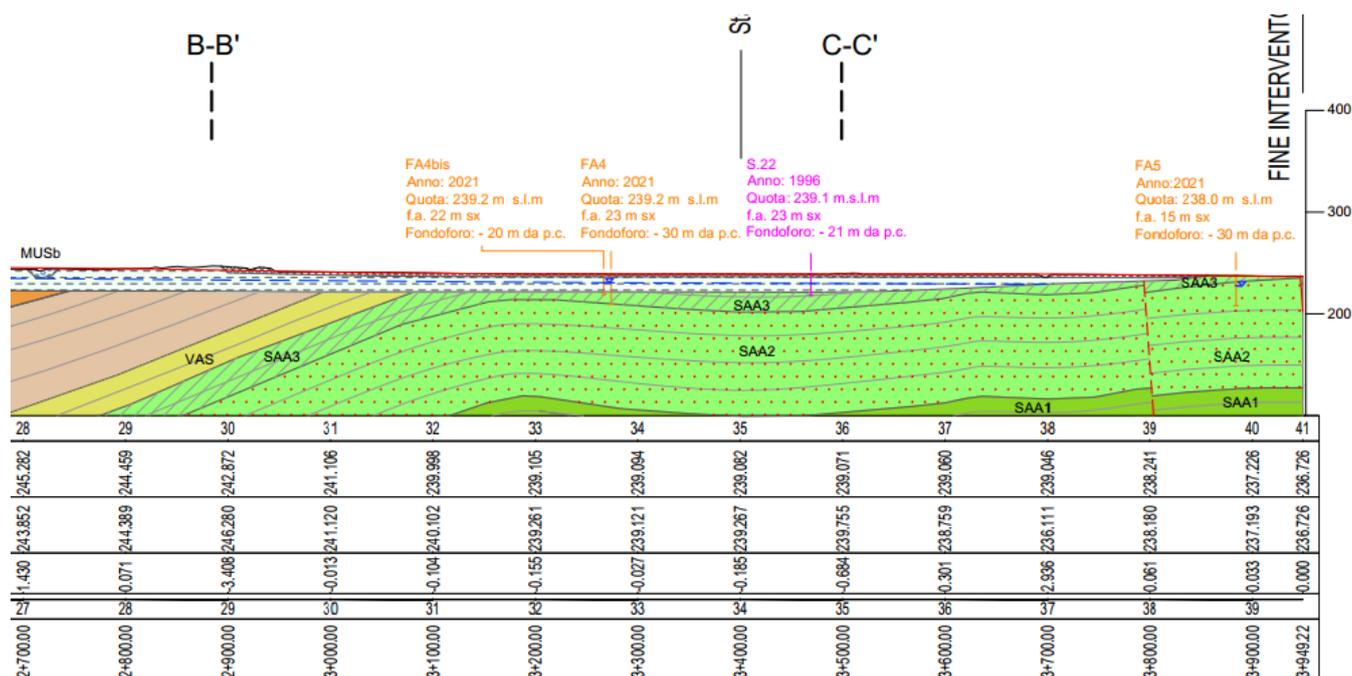


Figura 30. Profilo geologico da pk 2+700 pk 3+950 circa.

12 BIBLIOGRAFIA

- ANAS, 2007. Progetto Esecutivo “Asse viario Marche-Umbria e Quadrilatero di penetrazione interna – Maxi Lotto 2”. Lavori di completamento della direttrice Perugia-Ancona: SS.76, tratto Albacina - Serra S. Quirico
- Aringoli D., Farabollini P. & Pambianchi G., (2007) – Applicazione della scheda di pericolosità geoturistica all’ambiente carsico ipogeo: l’esempio delle Grotte di Frasassi. In: PICCAZZO M. ed. “Clima e rischio geomorfologico in aree turistiche”. Patron Editore, Bologna, 223-250.
- Bisci C., Dramis F., Farabollini P., Gentili B. & Pambianchi G., (1990) – Proposta di un sistema di classificazione territoriale di tipo gerarchico su basi fisiografiche per la realizzazione di carte a piccola e media scala finalizzate alla zonazione sismica: l'esempio della Regione Marche. Atti Convegno CNR-GNDT, Pisa, giugno 1990, vol. 1, 361-379 (con una carta geotematica).
- Calamita F., (1990) – Thrust and fold-related structures in the Umbria-Marche Apennines (Central Italy). *Annales Tectonicae*, 4, 83-117.
- Calamita F. & Deiana G., (1996) – Correlazione tra gli eventi deformativi neogenico-quadernari del settore tosco umbro-marchigiano. *Studi Geol. Camerti*, Vol. Speciale 1995/1, 137-152.
- Calamita F. & Pierantoni P. P., (1996) – Modalità della strutturazione neogenica nell’Appennino umbro-sabino. *Studi Geol. Camerti*, Vol. speciale, 1995/1, 153-170.
- Calamita F., Coppola G., Deiana G., Invernizzi C. & Mastrovincenzo S., (1987) – Le associazioni strutturali di Genga e M. Rotondo: un motivo ricorrente nella thrust belt umbro-marchigiana settentrionale. *Boll. Soc. Geol. It.*, 106, 141-151.
- Calamita F., Cello G., Invernizzi C. & Paltrinieri W., (1990) – Stile deformativo e cronologia della deformazione lungo la traversa M. S. Vicino-Polverigi (Appennino marchigiano esterno). *Studi Geol. Camerti*, Vol. speciale, 1990, 69-86.
- Cantelli C., Mosca M. & Tomassoni D., (1989) - Indagine geologica volta all 'individuazione del bacino idrogeologico della sorgente Gorgovivo - Rapporto interno inedito del Consorzio Acquedotto Valle dell'Esino, Ancona.
- Caprari M., Galdenzi S., Nanni T., Ramazzotti S. & Vivalda P., (2001) – La sorgente di Gorgovivo. Analisi finalizzata all’individuazione delle zone di tutela, rispetto e protezione: dati preliminari. *Mem. Soc. Geol. It.*, 56, 157-169.
- Cello G., Mazzoli S., Tondi E. & Turco E., (1997) – Active tectonics in the central Apennines and possible implications for seismic hazard analysis in peninsular Italy. *Tectonophysics* 272, 43–68.
- Centamore E., Adamoli L., Berti D., Bigi S., Casnedi R., Cantalamessa G., Fumanti F., Morelli C., Micarelli A., Ridolfi M., Salvucci R., Chiocchini M., Mancinelli A. & Potetti M. (1992) – Carta geologica dei bacini della Laga e del Cellino e dei rilievi carbonatici circostanti (Marche meridionali, Lazio nord-orientale, Abruzzo settentrionale). Scala 1:100.000. Firenze, SELCA
- Chiaraluce L., Di Stefano R., Tinti E., Scognamiglio L., Michele M., Casarotti E., Cattaneo M., De Gori P. Chiarabba C., Monachesi G., Lombardi A., Valoroso L., Latorre D. & Marzorati S.

(2017) – The 2016 Central Italy seismic sequence: A first look at the mainshocks, aftershocks and source models, *Seismol. Res. Lett.*, 88(3), doi:10.1785/0220160221.

Coltorti M., Pieruccini P., Bassetti M., Coubray S., Silvestrini M. (2005) – La Grotta della Rossa (S.S. Quirico, Ancona): geomorfologia, stratigrafia, cronologia e aspetti paleoambientali. *Atti XXXVIII Riunione Scientifica dell’Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria*, Firenze, 147-159.

Conti, P., Cornamusini, G. & Carmignani, L., (2019) – An outline of the geology of the Northern Apennines (Italy), with Geological map at 1:250.000 scale. *Journal of Geosciences*, <https://doi.org/10.3301/IJG.2019.25>.

Comune di Fabirano, (2000) – Studio idrogeologico nell’ambito del territorio comunale di Fabriano, I fase.

Deiana G. & Marchegiani L., (2002) – Note di Geologia del Parco Nazionale dei Monti Sibillini. *Quaderni scientifico-divulgativi*, No. 7, 46 p.

Deiana G & Pialli G., (1994) – The structural provinces of the Umbro-Marchean Apennines. *Mem. Soc. Geol. It.*, 48, 473-484.

Deiana G., Cello G., Chiocchini M., Galdenzi S., Mazzoli S., Pistolesi E., Potetti M., Romano, A., Turco E. & Principi M. (2002) – Tectonic evolution of the external zones of the Umbria-Marche Apennines in the Monte San Vicino- Cingoli area. *Boll. Soc. Geol. It.*, Vol. speciale. 1, 229-238.

DISS Working Group (2018) – Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; doi:10.6092/INGV.IT-DISS3.2.1

Dogliani C., Carminati E., Cuffaro M., & Scrocca D., (2007) – Subduction kinematics and dynamic constraints. *Earth Science Review* 83, 125-175. Galadini, F. & Galli P. (2000). Active Tectonics in the Central Apennines (Italy) – Input Data for Seismic Hazard Assessment. *Natural Hazards*, 22/3, 225–268.

Gola della Rossa Minerari S.p.A., (2019) – Progetto di riconversione industriale e riqualificazione ambientale dell’area Gola della Rossa (Comune di Serra San Quirico), Tecniche innovative e coltivazione in sotterraneo su Calcere Massiccio. *Monitoraggio Area Estrattiva (Settore Est e Ovest)*, 10° Rapporto Annuale (anno 2018).

Gruppo di lavoro MS, 2008. Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della protezione civile, Roma, 3 vol. e Dvd.

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., (2021) – Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.3>

- Mazzoli S., Pierantoni P. P., Borraccini, Paltrinieri W. & Deiana G., (2005) – Geometry, segmentation pattern and displacement variations along a major Apennine thrust zone, central Italy. *Journal of Structural Geology*, 27, 1940-1953.
- Michetti, A. M., Serva L. & Vittori E., (2000) – ITHACA. Italy Hazard from Capable Faults: a database of active faults of the Italian onshore territory. CD-ROM e note esplicative, pubblicata da APAT, Roma.
- Pierantoni P.P., Deiana G., Romano A., Paltrinieri W., Borraccini F. & Mazzoli S., (2005) – Geometrie strutturali lungo la thrust zone del fronte montuoso umbro-marchigiano-sabino. *Boll. Soc. Geol. It.*, 124, 395-412.
- Pierantoni P.P., Deiana G., Galdenzi S., (2013) – Stratigraphic and structural features of the Sibillini Mountains (Umbria-Marche Apennines, Italy). *Italian Journal of Geosciences*, 132, 497–520.
- Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., Antonucci A., (2021) – Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.3>
- Rozanski K., Arguas-Arguas L. & Gonfiantini R., (1993) – Isotope patterns in modern global precipitation. *Geoph. Monog.*, 78, 1-35.
- Santantonio M., (1993) – Facies carbonate platforms and evolution of pelagic carbonate platforms-basin system. Examples from the Italian Jurassic. *Sedimentology*, 40, 1039-1067.
- Santantonio M., (1994) – Pelagic carbonate platforms in the Geologic Record: Their Classification, and Sedimentary and Paleotectonic Evolution. *AAPG Bulletin*, 78, 122-141.
- Stucchi M., Meletti C., Montaldo V., Crowley H., Calvi G. M., & Boschi E., (2011) – Seismic Hazard Assessment (2003-2009) for the Italian Building Code. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 101(4), 1885–1911. <http://doi.org/10.1785/0120100130>.
- Tazioli A., (2017) – Does the recharge area of a Spring Vary from year to year? Information from the water isotopes. *Italian Journal of Engineering Geology and Environment*, 2, 41-55. DOI: 10.4408/IJEGE.2017-02.O-02
- Tondi E. & Cello G., (2003) – Spatiotemporal Evolution of the Central Apennines Fault System (Italy). *Journal of Geodynamics*, 36, 113-128.
- Tondi E., Jablonská D., Volatili T., Michele M., Mazzoli S. & Pierantoni P.P., (2020) – The Campotosto linkage fault zone between the 2009 and 2016 seismic sequences of central Italy: Implications for seismic hazard analysis. *GSA Bulletin* (2020) <https://doi.org/10.1130/B35788.1>.
- Valensise G., & Pantosti D., (a cura di) (2001) – Database of potential sources for earthquakes larger than 5.5 in Italy, *Ann. Geofis.*, 44(4), Suppl., 183 pp. e database su CD-ROM.
- Villani F., Civico R., Pucci S., Pizzimenti L., Nappi R., De Martini P.M. and the Open EMERGEIO Working Group (2018) – A database of the coseismic effects following the 30 October 2016 Norcia earthquake in Central Italy. *Sci. Data* 5:180049 doi: 10.1038/sdata.2018.49 (2018). DOI: 10.1038/sdata.2018.49.