

## ASSE VIARIO MARCHE – UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA MAXI LOTTO 2

LAVORI DI COMPLETAMENTO DELLA DIRETTRICE PERUGIA ANCONA:  
SS. 318 DI “VALFABBRICA”. TRATTO PIANELLO – VALFABBRICA  
SS. 76 “VAL D’ESINO”. TRATTI FOSSATO VICO – CANCELLI E ALBACINA – SERRA SAN QUIRICO  
“PEDEMONTANA DELLE MARCHE”, TRATTO FABRIANO – MUCCIA – SFERCIA

### PROGETTO ESECUTIVO

<p><b>CONTRAENTE GENERALE:</b></p> 	<p><i>Il responsabile del Contraente Generale:</i></p> <p style="text-align: center;">Ing. Federico Montanari</p>	<p><i>Il responsabile Integrazioni delle Prestazioni Specialistiche:</i></p> <p style="text-align: center;">Ing. Salvatore Lieto</p>
--	---	--

<p><i>PROGETTAZIONE: Associazione Temporanea di Imprese</i></p> <p><i>Mandataria:</i></p>			
			

<p><i>RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE PER I/ATI</i></p> <p>Ing. Antonio Grimaldi</p> <p><i>GEOLOGO</i></p> <p>Dott. Geol. Fabrizio Pontoni</p> <p><i>COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</i></p> <p>Ing. Michele Curiale</p>			
---	---	--	---

<p><i>IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</i></p> <p>Ing. Iginio Farotti</p>		
---	--	--

<p><b>2.1.2 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b></p> <p>3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud</p> <p>4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia</p> <p><b>GEOLOGIA E GEOTECNICA</b></p> <p>Relazione geologica, geomorfologica e geoidrogeologica generale</p>	<p>SCALA:</p> <p>DATA:</p> <p style="text-align: center;">Settembre 2020</p>
--	--

Codice Unico di Progetto (CUP) F12C03000050021 (Assegnato CIPE 23-12-2015)

	Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.
Codice Elaborato:	L 0 7 0 3	2 1 3	E	0 2	G E 0 0 0 0	R E L	0 1	B

REV.	DATA	DESCRIZIONE	Redatto	Controllato	Approvato
A	Marzo 2020	EMISSIONE PER CONSEGNA	PROGIN F. Pontoni	S. Lieto	A. Grimaldi
B	Sett. 2020	EMISSIONE A SEGUITO ISTR. ANAS	PROGIN F. Pontoni	S. Lieto	A. Grimaldi

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. METODOLOGIA DI INDAGINE .....</b>	<b>4</b>
<b>3. GEOLOGIA .....</b>	<b>6</b>
3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE .....	6
3.2 ASSETTO STRUTTURALE .....	14
3.3 CARATTERI GEOLITOLOGICI DEL SUBSTRATO E DEI DEPOSITI SUPERFICIALI .....	15
3.4 PRESENZA DI TERRENI POTENZIALMENTE GRISUTOSI .....	20
<b>4. SISMICITA' .....</b>	<b>24</b>
4.1 SISMICITA' STORICA .....	24
4.2 STUDI SISMICI RECENTI .....	31
4.3 NORMATIVE DI CARATTERE REGIONALE-MACROZONAZIONE .....	31
4.4 NORMATIVA NAZIONALE DI RIFERIMENTO .....	32
<b>5. GEOMORFOLOGIA .....</b>	<b>33</b>
5.1 INQUADRAMENTO GENERALE .....	33
<b>6. IDROGEOLOGIA .....</b>	<b>35</b>
6.1 TEMPERATURE .....	35
6.2 PRECIPITAZIONI .....	36
6.3 VENTI .....	36
6.4 ASPETTI IDROGRAFICI .....	38
6.5 PERMEABILITA' E FALDE ACQUIFERE – MODELLO IDROGEOLOGICO .....	38
<b>7. DESCRIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO CON RIFERIMENTO AL TRACCIATO ED ALLE OPERE IN PROGETTO .....</b>	<b>43</b>
7.1 DA PROGRESSIVA 0+000 A PROGRESSIVA. 3+900: VIADOTTO CASTELRAIMONDO, GALLERIA ARTIFICIALE "FEGGIANO 2", VIADOTTO "VALLONE", VIADOTTO "S. ANNA", GALLERIA "S. ANNA", VIADOTTO "S. PIETRO", GALLERIA ARTIFICIALE "SEANO" .....	43
7.2 DA PROG. 3+900 A PROG. 4+500: VIADOTTO POTENZA .....	49
7.3 DA PROG. 4+500 A PROG. 5+350: GALLERIA NATURALE MECCIANO .....	50
7.4 DA PROG. 5+350 A PROG 9+580 CIRCA: VIADOTTO CESARA E PONTE PALENTE .....	53
7.5 DA PROGRESSIVA 9+580 A PROGRESSIVA 11+068 .....	55
7.6 DA PROG 11+068 A PROG. 11+730: GALLERIA NATURALE S. BARBARA .....	58
7.7 DA PROG. 11+730 A PROG. 13+155 .....	59
7.8 ADEGUAMENTO SP256 .....	63
<b>8. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>67</b>

	<b>2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud</b> <b>4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia</b> Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale								
	Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 3 di 68

## 1. PREMESSA

La presente relazione illustra i risultati dello studio geologico, geomorfologico e idrogeologico condotto a supporto della progettazione esecutiva della Pedemontana delle Marche, "ASSE VIARIO MARCHE UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA – MAXILOTTO 2 – SubLotto 2.1.3 con riferimento ai seguenti stralci funzionali:

- 3° stralcio funzionale: compreso tra lo svincolo di Castelraimondo nord e lo svincolo di Castelraimondo Sud;
- 4° stralcio funzionale: compreso tra lo svincolo di Castelraimondo sud e la nuova rotonda sulla SP256 "Muccese".

La stessa è stata revisionata ed integrata (Rev. B – Settembre 2020) a seguito dell'Istruttoria ANAS in data Luglio 2020.

Il tracciato in progetto risulta collocato in un ambito geografico ricompreso nei territori comunali di Castelraimondo, Camerino e Muccia in provincia di Macerata. Tale area si colloca interamente nel cosiddetto "Bacino di Camerino" nella Regione Marche, in un contesto morfologico prevalentemente collinare.

Lo studio è consistito nell'approfondimento delle indagini geologiche già svolte dalla Regione Marche per la progettazione preliminare e SIA della strada Pedemontana (Progetto Bonifica, RPA, Italprogetti, 2004) e di quelle relative alla redazione del progetto definitivo (DIRPA, 2017), sulla base dei risultati scaturiti da tutte le indagini eseguite fino al 2017 e dalla rete di monitoraggio installata.

A seguito dell'istruttoria ANAS sono stati eseguiti approfondimenti consistenti in:

- rilievi geologo-strutturali e geomorfologici integrativi;
- campagna di monitoraggio inclinometrico e piezometrico;
- campagna di indagini geofisiche Agosto 2020 consistente in n. 19 basi di sismica a rifrazione, n. 15 MASW e n. 15 HVSR

Sulla base degli approfondimenti eseguiti sono stati revisionati gli elaborati geologici e sono state realizzate n. 39 nuove sezioni geologiche trasversali, oltre alle sezioni relative alle frane.

La presente relazione è stata strutturata in modo tale da comprendere, oltre ai capitoli generali sulle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche dell'area di interesse per il tracciato stradale (Capp. 3, 4, 5), due specifici capitoli sulla presenza di terreni potenzialmente grisutosi (Cap. 3.4) e sulla sismicità dell'area (Cap. 3.5) ed un capitolo con la descrizione dettagliata del modello geologico con riferimento al tracciato ed alle opere in progetto, con indicate le eventuali criticità presenti (Cap. 6).

Da evidenziare che il progetto esecutivo del 3 e 4° stralcio ricalca sostanzialmente quanto previsto nel progetto definitivo approvato ed è in linea con gli altri due stralci in corso di realizzazione (1° e 2° stralcio – Fabriano – Castelraimondo Nord) situati nei medesimi contesti geologici e geomorfologici del bacino sedimentario di Camerino.

La presente relazione riprende, pertanto, la relazione geologica del progetto definitivo, con i dovuti approfondimenti relativi alla fase di progettazione esecutiva.

L'insieme delle risultanze della campagna geologico-geotecnica e dei rilievi di superficie ha permesso di ricostruire nel dettaglio il modello geologico-tecnico dei terreni interessati dal tracciato in progetto, unitamente alla caratterizzazione geomorfologica, idrogeologica, geomeccanica e geotecnica dei litotipi indagati.

	<b>2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud</b> <b>4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia</b> Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale							
	Opera L0703	Traffo 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B

## 2. METODOLOGIA DI INDAGINE

Le indagini relative alla progettazione del 3° e 4° stralcio funzionale della Pedemontana delle Marche sono state eseguite a completamento ed integrazione di quelle già svolte per la progettazione definitiva del 2007 oltre che in ottemperanza alle "prescrizioni" e "raccomandazioni" formulate in sede di approvazione del progetto definitivo (2017) e delle prescrizioni relative all'istruttoria Anas in data Luglio 2020.

Tali indagini sono state come di seguito articolate.

- Analisi bibliografica e di quanto già esistente in merito alle caratteristiche geologiche generali dell'area in studio. In particolare si è fatto riferimento a specifiche pubblicazioni a carattere scientifico che trattano la natura, le caratteristiche, le variazioni latero-verticali delle formazioni geologiche di riferimento presenti, direttamente e dipendentemente connesse all'evoluzione tettonico-sedimentaria dell'area, soprattutto tardo-miocenica. Oltre a ciò si è fatto riferimento alle cartografie pubblicate recentemente dalla Regione Marche nell'ambito del progetto CARG (carta geologica e geomorfologica regionale - Sez. 301120-301160-302130), che costituiscono il più recente documento ufficiale ed alle quali ci si è uniformati circa la distinzione delle unità geologiche.

- Sulla scorta delle risultanze degli elementi emersi dall'esame bibliografico e dalla fase di fotointerpretazione, è stato eseguito un rilievo geologico e geomorfologico di superficie a scala 1:5000. In riferimento al substrato, oltre alla individuazione delle unità litologiche principali (unità formazionali codificate in bibliografia), sono state evidenziate, nell'ambito delle formazioni torbiditiche, le principali associazioni di ordine gerarchico inferiore, riconoscibili nel terreno non tanto per gli affioramenti, numericamente molto esigui e di scarsa qualità, ma grazie a criteri morfologici; sono inoltre stati rilevati i parametri giacitureali e strutturali macroscopici, le principali zone di faglia e di disturbo tettonico, individuando pertanto nel complesso la locale successione stratigrafica latero-verticale ed il locale assetto strutturale. In riferimento al rilievo geomorfologico, oltre alla distinzione delle coperture in relazione all'ambiente e processo genetico, sono stati identificati gli elementi geomorfologici con particolare attenzione alle aree instabili ed alle condizioni di pericolosità legate alla dinamica fluviale, come esondazioni ed erosioni laterali di sponda, attraverso anche un confronto con la cartografia del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) e con altre cartografie di pianificazione territoriale. Per le sole aree in frana è stato eseguito un rilievo geomorfologico di dettaglio in scala 1:2.000 e sono state redatte sezioni geologiche dei modelli di frana.

- E' stato quindi realizzato un rilievo geologico e geologico-strutturale di dettaglio in scala 1:2000 di un'area più ristretta grazie soprattutto all'analisi delle carote di sondaggio, che rappresentano un importante dato puntuale di sottosuolo altrimenti non esaminabile data, come già esposto, la scarsità degli affioramenti. L'analisi delle carote è stata condotta attraverso i metodi classici e dell'analisi di facies, determinando, in aggiunta, per le unità torbiditiche, lo spessore e la posizione degli strati litoidi o semi-litoidi (arenarie) e degli strati pelitico-marnosi (fig. 3.2.2), al fine di poter applicare il criterio del rapporto arenaria/pelite secondo la classificazione A.G.I. (1979) rappresentata in fig. 3.2.3. Data la tipologia delle formazioni presenti, soltanto attraverso tale approccio, distinto ma parallelo e affiancabile alle dettagliate descrizioni stratigrafiche dei sondaggi, è stato possibile correlare le successioni di litotipi riscontrati nei vari sondaggi; ciò ha anche permesso di suddividere ulteriormente le unità litologiche, riconosciute in campagna con il rilievo in scala 1:5000, in corpi di ordine gerarchico minore e di continuità apprezzabile in relazione alle opere in progetto; questa ulteriore suddivisione è riportata nella carta geologico-strutturale di dettaglio in scala 1:2000 e nei profili geologici, in virtù del dettaglio di

**2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE****3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud****4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 5 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-----------------------

rappresentazione.

- Rielaborazione ed analisi di tutti i dati derivanti dalle indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche eseguite nelle varie campagne succedutesi tra il 2002, il 2016 e il 2020, riportate in allegato.

- Esecuzione di misure in corrispondenza della rete di monitoraggio geotecnico installata (tubi inclinometrici).

- Rilievo superficiale dei punti d'acqua (pozzi e sorgenti) e monitoraggio piezometrico degli strumenti installati nelle varie campagne geognostiche a scala 1:5.000 per la definizione dell'assetto idrogeologico dell'area in esame.

Opera L0703	Traffo 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 6 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-----------------------

### 3. GEOLOGIA

#### 3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

L'area del tracciato stradale in oggetto si sviluppa nell'Appennino Umbro-Marchigiano. La figura 3.1.1 mostra lo schema geologico regionale.

Il tracciato in progetto ricade interamente nella porzione settentrionale del "Bacino di Camerino", orientato NNW-SSE, che rappresenta un bacino minore della Depressione intrappenninica. E' delimitato ad W dalla Dorsale Umbro-Marchigiana, nel tratto che va da M. Fano a M. di Giulio e a ESE dalla Dorsale Marchigiana, tra M. San Vicino e M. Fiegni.

Le successioni attraversate appartengono al Bacino di Camerino e le età formazionali sono comprese tra il Burdigaliano superiore (Schlier) e il Messiniano (Formazione di Camerino-Formazione gessoso-solfifera); a queste vanno aggiunte le coperture costituite dai depositi alluvionali attuali, recenti e terrazzati e dai depositi eluvio-colluviali di età pleistocenica-olocenica.

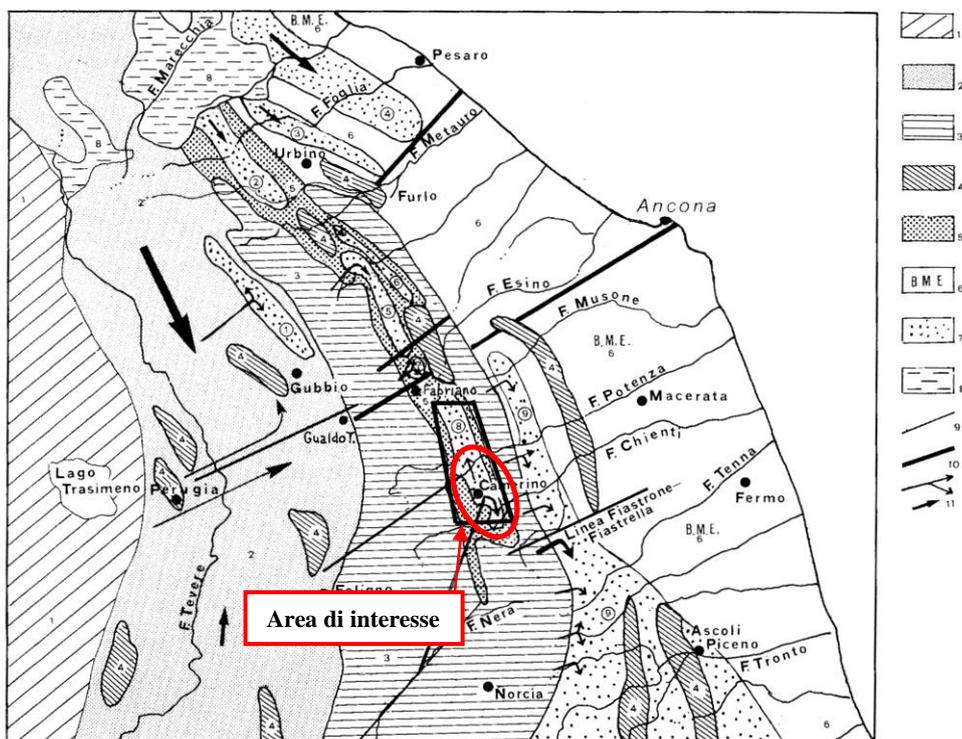


Figura 16. Distribuzione delle principali unità morfostrutturali nell'Appennino umbro-marchigiano. 1) Bacino toscano; 2) Bacino umbro; 3) Dorsali umbro-marchigiana e marchigiana; 4) Dorsali minori; 5) Bacino marchigiano interno; 6) Bacino marchigiano esterno; 7) «Bacini minori»: 1. bacino di M. Vicino; 2. bacino di Pietrarubbia-Peglio-Urbania; 3. bacino di Monte Calvo in Foglia; 4. bacino di M. Luro; 5. bacino di M. Turrino-Percozzone-S. Giovanni; 6. bacino di Serraspina; 7. bacino di San Donato-Cantia; 8. bacino di Camerino; 9. bacino della Laga; 8) Colata della Val Marecchia; 9) Principali faglie trasversali; 10) Principali «selle» trasversali; 11) Direzioni di apporto dei depositi torbiditici.

Figura 3.1.1: Carta geologica delle Marche. L'area di studio è nel riquadro (da "L'ambiente fisico delle Marche", Regione Marche, Ed. SE.L.CA ).

Una carta geologica schematica del bacino di Camerino, tratta da Calamita et alii (1979) è riportata nelle figure 3.1.2 e 3.1.3. La figura 3.1.4 mostra invece la provenienza delle torbiditici silicoclastiche che occupano il bacino e degli altri detriti grossolani.

**2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 7 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-----------------------

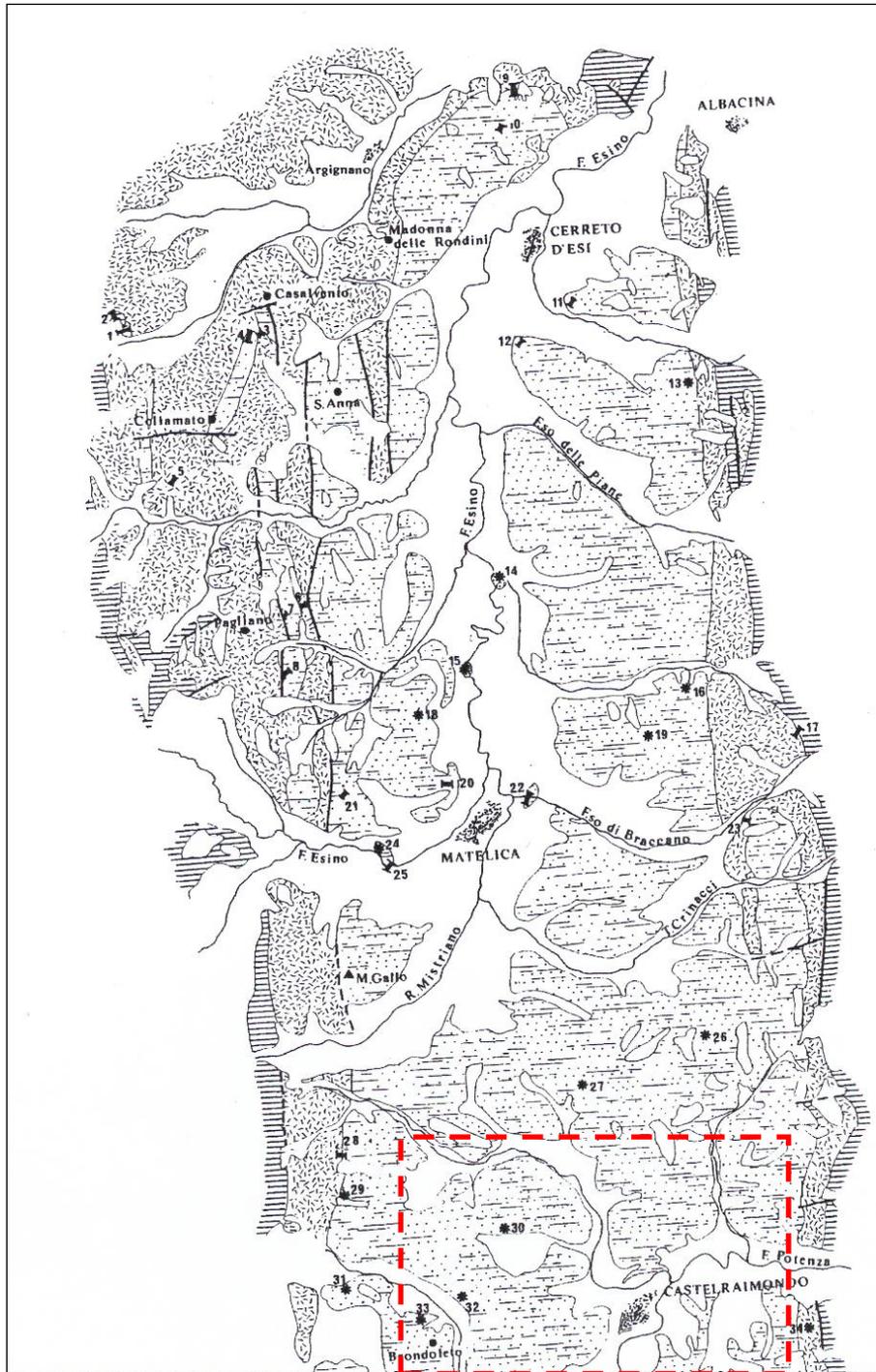


Figura 3.1.2: Schema geologico della porzione settentrionale del bacino di Camerino. La legenda è riportata in figura 3.3 (da Calamita et alii, 1979 in bibliografia).

**2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 8 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	--------------	----------------	----------------	-----------	-----------------------

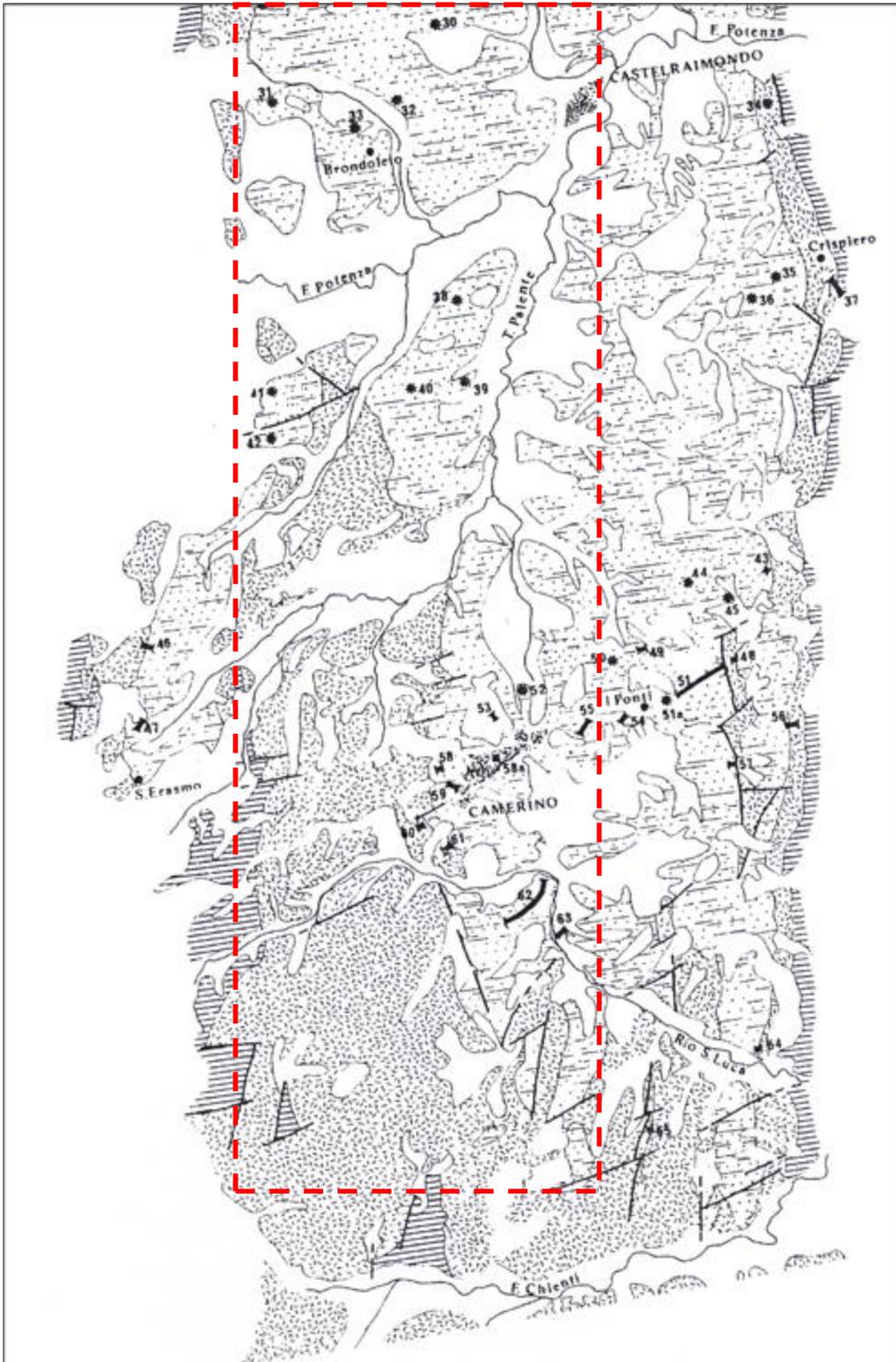


Figura 3.1.3: Schema geologico della porzione centrale del bacino di Camerino. La legenda è riportata in figura 3.4 (da Calamita et alii, 1979 in bibliografia).

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 9 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-----------------------

Figura 3.1.4: legenda della carta geologica mostrata nelle precedenti figure. I punti numerati indicano località di prelievo campioni per analisi petrografiche (da Calamita e al.).

-  Detriti ed alluvioni
-  Marne argillose
-  Depositi torbiditici ed evaporitici
-  Risciaro e Schlier
-  Scaglia cinerea
-  Faglie
-  Faglie presunte

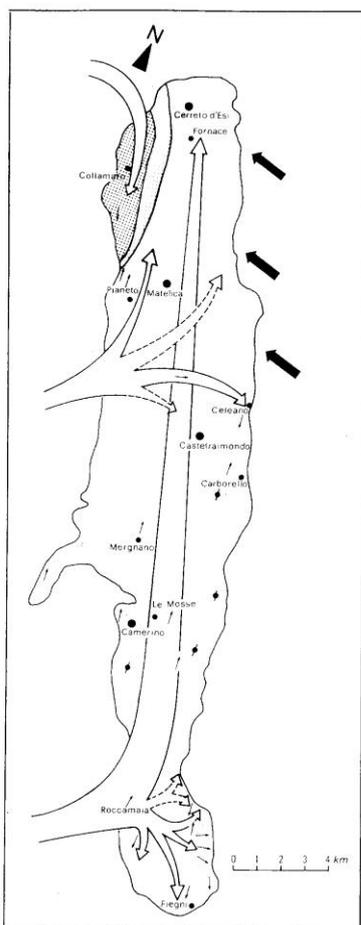


Figura 3.1.5: schema delle paleocorrenti nel bacino di Camerino. Le frecce grosse nere indicano gli apporti grossolani di materiali mesozoici dovuti a frane (da Calamita e al.).

Recentemente la Regione Marche ha pubblicato la Carta Geologica Regionale in scala 1:10.000, redatta nell'ambito del progetto CARG. L'area interessata dal tracciato in progetto ricade nelle sezioni 302130, 313010, 313050, 313090, di cui si riporta di seguito uno stralcio (Figg. 3.1.6).

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Traffo 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 10 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

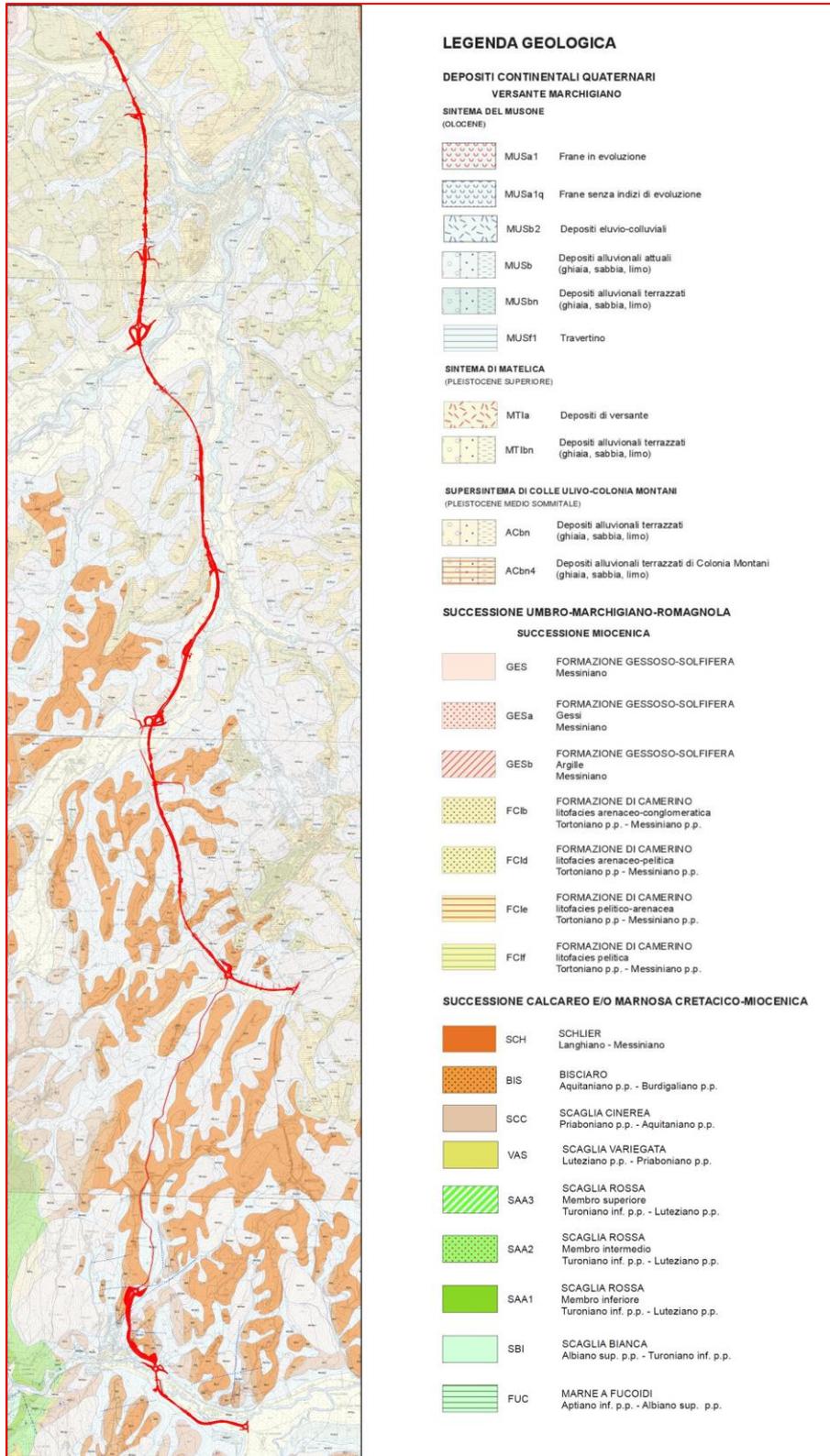


Figura 3.1.6: Carta Geologica Regionale – Sezz. 302130, 313010, 313050, 313090 (Regione Marche).

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.progr.	REV.	Pag.diPag.
L0703	213	E	02	GE0000	REL	01	B	11 di 68

La figura seguente (Fig. 3.1.7), tratta dalle note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 124 "Macerata", mostra le strutture principali della regione. Il bacino di Camerino occupa la parte occidentale del disegno e si presenta con una forma sinclinale per tutta la sua lunghezza. Più in dettaglio la forma generale del bacino può essere assimilata a una grande "Y" rovesciata.

Alla forma principale si associano numerose strutture minori parallele ad essa, costituite da anticlinali e sinclinali con assi di limitata estensione lineare.

Le lineazioni tettoniche di maggior importanza presentano una orientazione appenninica (NW-SE), ma sono visibili altre direzioni preferenziali, come l'antiappenninica (NE-SW) e la E-W.

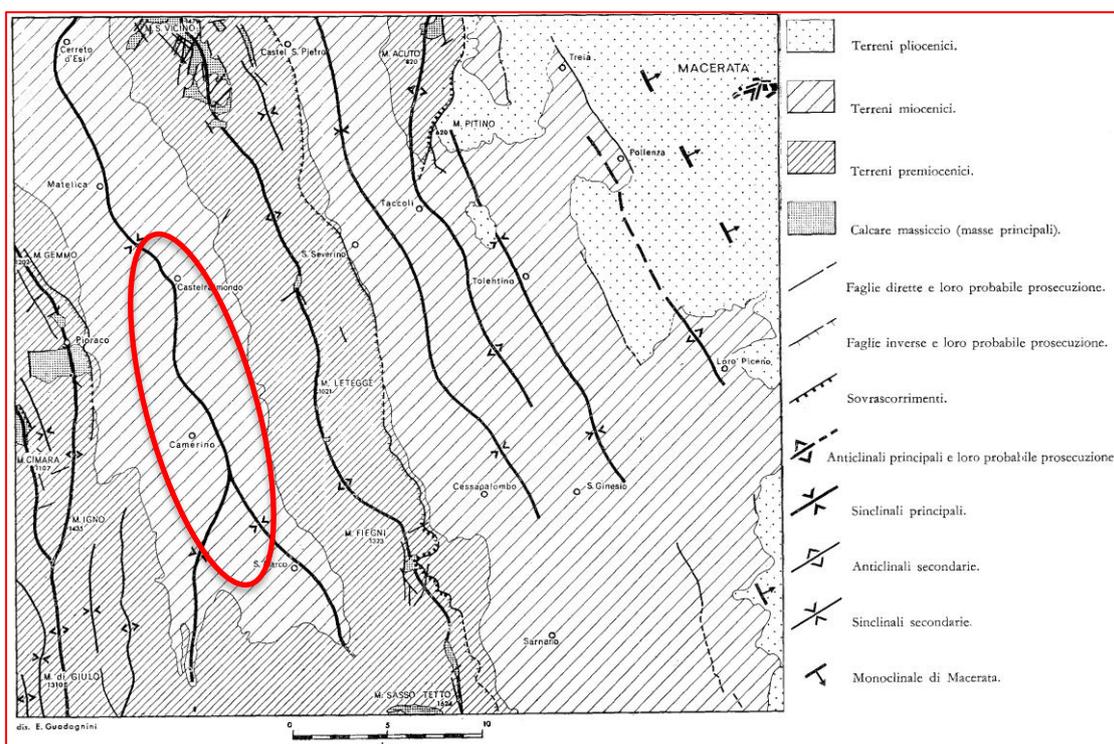


Figura 3.1.7: Schema strutturale del foglio 124 "Macerata" della Carta Geologica d'Italia.

Il Bacino di Camerino dunque costituisce un'ampia struttura sinclinale con orientazione NNW-SSE interposta tra la dorsale umbro-marchigiana e la dorsale marchigiana esterna. In realtà detto bacino, nell'area di interesse, presenta una più complessa articolazione interna: a nord del F. Esino infatti una dorsale longitudinale (Argignano – M. Gallo) suddivide il Bacino di Camerino in due sub-bacini, il sub-bacino di Collamato ed il più vasto "sub-bacino di Matelica-Fiegni", nell'ambito del quale si sviluppa il tracciato in progetto.

Detto "sub-bacino di Matelica-Fiegni" longitudinalmente mostra un graduale approfondimento verso sud con un margine nord-occidentale più rialzato tra Madonna delle Rondini e C. Serrone e presenta altresì un profilo trasversale asimmetrico, con la parte più profonda verso est (Fig. 3.1.8).

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GEO000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 12 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

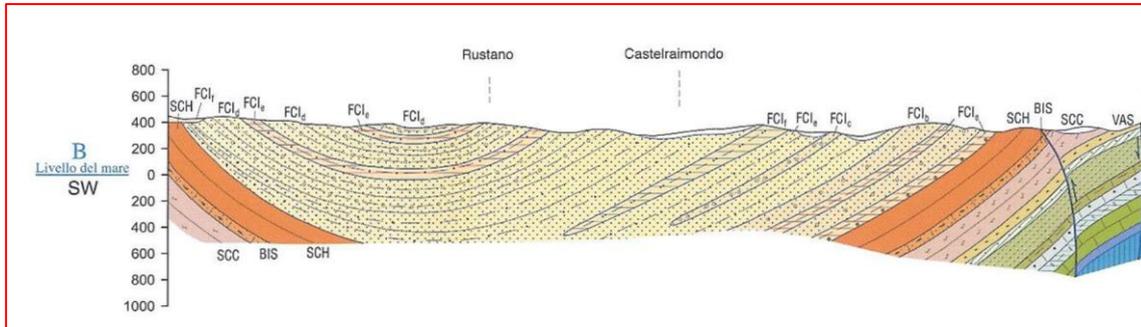


Figura 3.1.8 Tratto da Carta Geologica d'Italia Foglio 302 Tolentino, sezione geologica B-B'.

Nella sezione è evidente l'asimmetria della sinclinale e lo spessore maggiore dei depositi torbiditici nel fianco est con la presenza anche di facies più grossolane.

Questa articolazione è legata ad un episodio distensivo del Messiniano basale (Calamita & Deiana, 1980) durante il quale faglie normali sinsedimentarie condizionavano la sedimentazione delle torbiditi pre-evaporitiche, controllando la fisiografia dell'avanfossa; episodio distensivo messo in relazione ai processi di flessurazione litosferica nella zona di raccordo tra avanfossa e avampaese. Dette faglie, prima della formazione delle pieghe e dei thrusts, creavano alti strutturali e aree depresse bacinali in cui avveniva la deposizione torbiditica (Figg. 3.1.9 – 3.1.11).

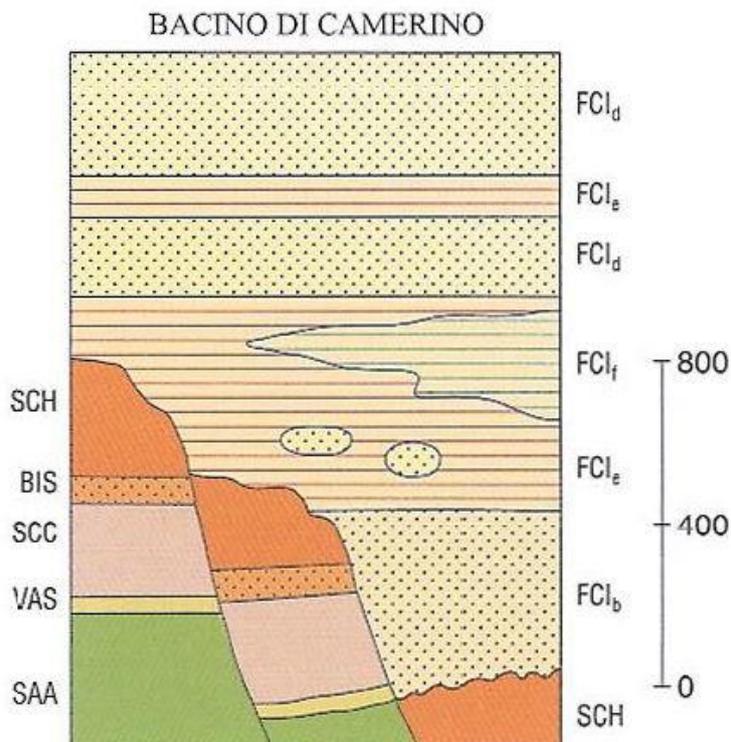


Figura 3.1.9- Tratto da Carta Geologica d'Italia Foglio 302 Tolentino. Schema dei rapporti stratigrafici nella successione oligocenico-messiniana preevaporitica nel Bacino di Camerino.

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GEO000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 13 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

Recenti studi (Scisciani et alii, 2000) documentano che il Bacino di Camerino è bordato ad occidente da faglie normali sinsedimentarie NE-immersenti che hanno controllato la fisiografia del bacino stesso sinorogenico tortoniano-messiniano e pertanto il contatto tra lo Schlier e le torbiditi messiniane della Formazione di Camerino avviene in tale area tramite faglia e relativa paleoscarpata anche parzialmente erosa (Fig. 3.1.10). Con la ripresa degli sforzi compressivi, che condizionano la successiva evoluzione del bacino, le faglie sono state ruotate e l'attuale contatto ad alto angolo tra lo Schlier e le torbiditi messiniane è rappresentato dalla faglia/paleoscarpata ruotata fino ad un'inclinazione di 60°-80°. Detto contatto non è visibile in



Fig. 4 - Faglia normale di Camerino (Fn) est-immersente e/o relativa paleoscarpata, bordanti ad ovest il depocentro del Bacino di Camerino (trasetto ubicato in fig. 2). Verso est, i depositi silicoclastici (linee e punti) passano stratigraficamente alle emipelagiti dello Schlier.  
- Camerino E-dipping normal fault (Fn) and/or relative escarpment bounding to the west the Camerino Basin depocentre (for the location see fig. 2). In the eastern side the siliciclastic deposits (dots and lines) overlay the hemipelagic deposits of the Schlier Fm.

affioramento ma se ne ricostruisce la geometria in base all'andamento delle formazioni ed ai dati di sottosuolo.

Figura 3.1.10 - Tratto da "Faglie normali nell'evoluzione tortoniano-messiniane dei bacini sinorogenici dell'Appennino centrale esterno. V. Scisciani, G. Rusciadelli & F. Calamita. Boll. Soc. Geol. It., (2000).

Allo stesso tempo, durante la compressione, le torbiditi messiniane sono state piegate a costituire una sinclinale ad asse appenninico, suturata dalle evaporiti messiniane della Formazione gessoso-solfifera. Il tracciato attraversa il fianco orientale della sinclinale, con strati immergenti a E e NE e pendenze medie oscillanti intorno a 30°.

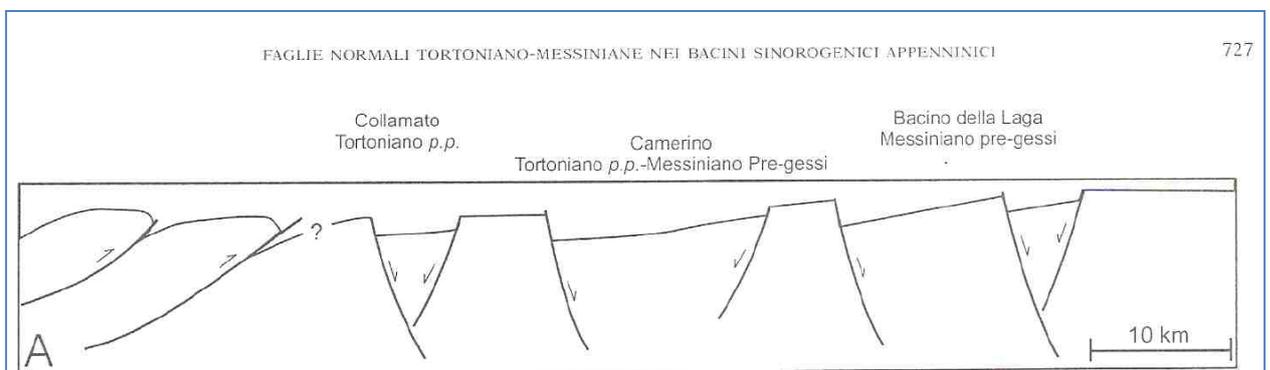


Figura 3.1.11- Schematizzazione della fisiografia del bacino sinorogenico di Camerino. Tratto da Scisciani et alii, 2000.

**2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE****3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud****4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 14 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

In tale articolata depressione la successione miocenica al di sopra (ed a contatto tettonico/erosivo) dello Schlier è costituita dal basso verso l'alto da: Formazione di Camerino (secondo la recente nomenclatura del CARG); Formazione gessoso-solfifera; Argille a Colombacci.

Nell'area investigata del tracciato sono presenti soltanto lo Schlier e la Formazione di Camerino.

**3.2 ASSETTO STRUTTURALE**

Nella porzione centro-settentrionale il tracciato di progetto si sviluppa nella Formazione di Camerino ed particolare nel fianco orientale della struttura sinclinale; in corrispondenza della progressiva 8+100 circa, dopo che il tracciato attraversa l'asse della sinclinale in parola, avviene il passaggio tra le torbiditi di Camerino e la Formazione dello Schlier, nell'ambito della quale si sviluppa prevalentemente la restante porzione centro-meridionale del tracciato.

La Formazione di Camerino nel complesso è strutturata in una sinclinale, con asse a direzione NNW-SSE, "di crescita", in cui cioè il piegamento avviene anche durante la sedimentazione torbiditica, con la formazione di una struttura asimmetrica, anche litologicamente, tra est ed ovest e con variazioni delle pendenze degli strati con la profondità. Il fianco orientale della sinclinale, attraversata dal tracciato, presenta una stratificazione abbastanza regolare ed immergente prevalentemente a  $240^{\circ} \pm 20^{\circ}$  con pendenze oscillanti intorno ai  $25^{\circ}$ - $30^{\circ}$ ; è comunque evidente che questo fianco, rispetto a quello occidentale, è rappresentato da litofacies più spesse e regolari, che si traduce in spessori complessivi della formazione maggiori rispetto al fianco occidentale.

Il contatto tra lo Schlier e le torbiditi della Formazione di Camerino non è visibile in affioramento, ma se ne ricostruisce la geometria in base al rilievo geologico ed ai dati di sottosuolo. Dalla geometria così ricavata si deduce un contatto ad alto angolo, sicuramente piuttosto articolato in relazione ai processi erosivi che hanno agito sulla paleo-scarpata, avvalorati anche dal ritrovamento all'interno delle torbiditi di frammenti di Schlier strappati dalla scarpata stessa durante la deposizione terrigena. Dati che pertanto concordano con quanto risulta dalla bibliografia scientifica.

Lo Schlier, come risulta dai seppur sporadici affioramenti, è mesopiegato e tettonizzato con immersioni prevalenti degli strati a NE e con pendenze oscillanti dai  $10^{\circ}$  ai  $50^{\circ}$ .

	<b>2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud</b> <b>4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia</b> Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale							Pag. di Pag. 15 di 68
	Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	

### 3.3 CARATTERI GEOLITologici DEL SUBSTRATO E DEI DEPOSITI SUPERFICIALI

Si riportano di seguito le descrizioni delle formazioni interessate dal tracciato, dalla più antica alla più recente, distinguendo tra il substrato ed i depositi superficiali.

Le unità stratigrafiche del substrato affioranti nell'area oggetto di studio sono dal basso verso l'alto: la Formazione dello Schlier e la Formazione di Camerino.

Solo nella parte terminale del tracciato, all'inizio del By-Pass di Muccia (SP256), sono presenti formazioni più antiche dello Schlier, quali la Scaglia cinerea ed il Bisciario.

La **Scaglia cinerea** (Età: Priaboniano p.p. – Aquitaniano p.p.) è costituita da alternanze di calcari marnosi, marne calcaree, marne e marne argillose di colore grigio-verdastro. Il contenuto argilloso tende ad aumentare verso l'alto, mentre la parte inferiore è caratterizzata da una maggiore presenza di calcari e da un colorito più rossastro. Il clivaggio, che rende caratteristici ("scagliosi") i frammenti rocciosi più consistenti, è molto fitto e spesso oblitera la stratificazione. Lo spessore di questa formazione è compreso tra 90 e 250 metri.

La Formazione del **Bisciario** (Aquitaniano p.p. - Burdigaliano superiore p.p.) è costituita da alternanze di calcari grigi, calcari marnosi biancastri, marne calcaree, marne e marne argillose grigie di colore variabile tra il grigio scuro e il chiaro, con letti e lenti di selce nerastra; in alterazione il colore dominante è l'ocra. All'interno della formazione sono caratteristici i livelli vulcanoclastici a chimismo rioidacitico, utilizzati come strati guida, di vario spessore, di cui quello più basso (livello Raffaello Auct.) segna il passaggio alla Scaglia cinerea. Le porzioni più fini tendono anch'esse ad un colore giallastro, probabilmente dovuto a processi di alterazione. I letti e le lenti di selce nera, caratteristici della formazione, si concentrano negli strati calcarei. Lo spessore massimo è di circa 80 metri, anche se in genere non supera i 50.

La **Formazione dello Schlier** è costituita da alternanze di marne, marne siltose calcaree e argillose, a volte arenacee, di colore grigio e da calcari marnosi in quantità subordinata. In superficie la formazione è di colore chiaro a causa dell'alterazione. La stratificazione è medio-sottile, marcata solo in superficie dalla diversa resistenza agli elementi erosivi. La deposizione dello Schlier è avvenuta tra il Burdigaliano superiore e il Tortoniano, anche se il tetto varia in età da bacino a bacino. Lo spessore totale della formazione varia dai 150 ai 250 m in relazione alla difformità del fondo marino. La formazione dello Schlier rappresenta l'unità stratigrafica più antica interessata dal tracciato in progetto nella porzione meridionale ed è attraversata dalla galleria naturale "Santa Barbara".

Come già detto, il tracciato in progetto si sviluppa per la maggior parte nella **Formazione di Camerino**. Si tratta nel complesso di torbiditi pelitico-arenacee, arenaceo-pelitiche e subordinatamente pelitiche, variamente associate tra loro.

Il Bacino di Camerino è suddiviso in due sub-bacini attraverso un allungato "alto strutturale" costituito dalla Formazione dello Schlier (dorsale longitudinale Argignano – M. Gallo) che si raccorda alle laterali zone depresse (sub-bacino di Collamato ad ovest e sub-bacino di Matelica ad est) tramite faglie normali sinsedimentarie. Nel sub-bacino di Matelica si sviluppa il tracciato in progetto, un sub-bacino variamente articolato sia longitudinalmente, con graduale approfondimento da nord, in cui era presente un margine più rialzato, verso sud, sia trasversalmente con un profilo asimmetrico con la parte più profonda verso est.

In questa articolata paleo-depressione la successione verticale delle torbiditi si differenzia da zona a zona.

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.progr.	REV.	Pag.diPag.
LO703	213	E	02	GE0000	REL	01	B	16 di 68



Figura 3.2.1: Affioramento dello Schlier nei pressi dell'ospedale di Camerino.

Le litofacies individuate tramite il rilievo geologico in scala 1:5.000, spesso basate su criteri morfologici per l'assenza di affioramenti, sono state confermate e dettagliate alla luce soprattutto dell'analisi e rielaborazione dei sondaggi della campagna 2017. Detta analisi è stata condotta determinando lo spessore e la posizione degli strati litoidi o semi-litoidi (arenarie) e degli strati pelitico-marnosi, al fine di poter applicare il criterio del rapporto arenaria/pelite secondo la classificazione A.G.I. (1979).

L'ubicazione delle colonne stratigrafiche così definite sul profilo geologico longitudinale, unitamente ai caratteri litologici e analisi di facies, ha permesso la correlazione dei vari orizzonti per lunghezze significative ed apprezzabili in relazione alle distanze coinvolte dal progetto. Il riconoscimento di seppur sporadici livelli guida è stato di ausilio per l'interpretazione della struttura del sottosuolo. In corrispondenza della galleria naturale Mecciano, in particolare, come anche della galleria artificiale S. Anna, le litofacies individuate dal rilievo geologico di campagna sono state suddivise in ulteriori litofacies e riportate, in questa fase di progettazione, nel profilo longitudinale, in quanto nella cartografia geologica al 5.000 non sono cartografabili a causa dei ridotti spessori.

Nell'ambito della Formazione di Camerino coinvolta dalle opere di progetto sono state dunque riconosciute le seguenti litofacies: associazione pelitica; associazione pelitico-arenacea; associazione arenaceo-pelitica.

La distinzione ed individuazione delle litofacies, oltre che su caratteri macroscopici, è stata eseguita attraverso dati quantitativi, ovvero attraverso il calcolo del rapporto arenaria/pelite (A/P), definendo per ogni litofacies un campo di valori rappresentativo.

#### **Associazione pelitica – Rapporto $0 \leq A/P \leq 0,2$**

Questa associazione, poco presente, è stata riconosciuta dall'analisi ed elaborazione dei sondaggi, ma con spessori ridotti, rappresentati nel profilo longitudinale quando dell'ordine di 10 m, anche se non sono rappresentabili nella carta geologica al 5.000. E' costituita da marne argillo-

**2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 17 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

siltose scure, a stratificazione sottile o localmente media, laminate, con sequenze prevalenti di Bouma del tipo T<sub>e</sub>; localmente sono presenti subordinate intercalazioni di strati arenacei o siltitici a spessore sottile e medio, a grana fine. Va segnalato che le porzioni pelitiche contengono sovente materia organica, resti di carbone e rari e sottili livelli lenticolari di calcari marnosi e marne calcaree compatti, hanno superfici di strato lisce ed untuose al tatto, risultando qualche volta fetide. Questi elementi distintivi stanno ad indicare un passaggio graduale, a carattere transizionale con la sovrastante Formazione gessoso-solfifera (non affiorante nell'area).

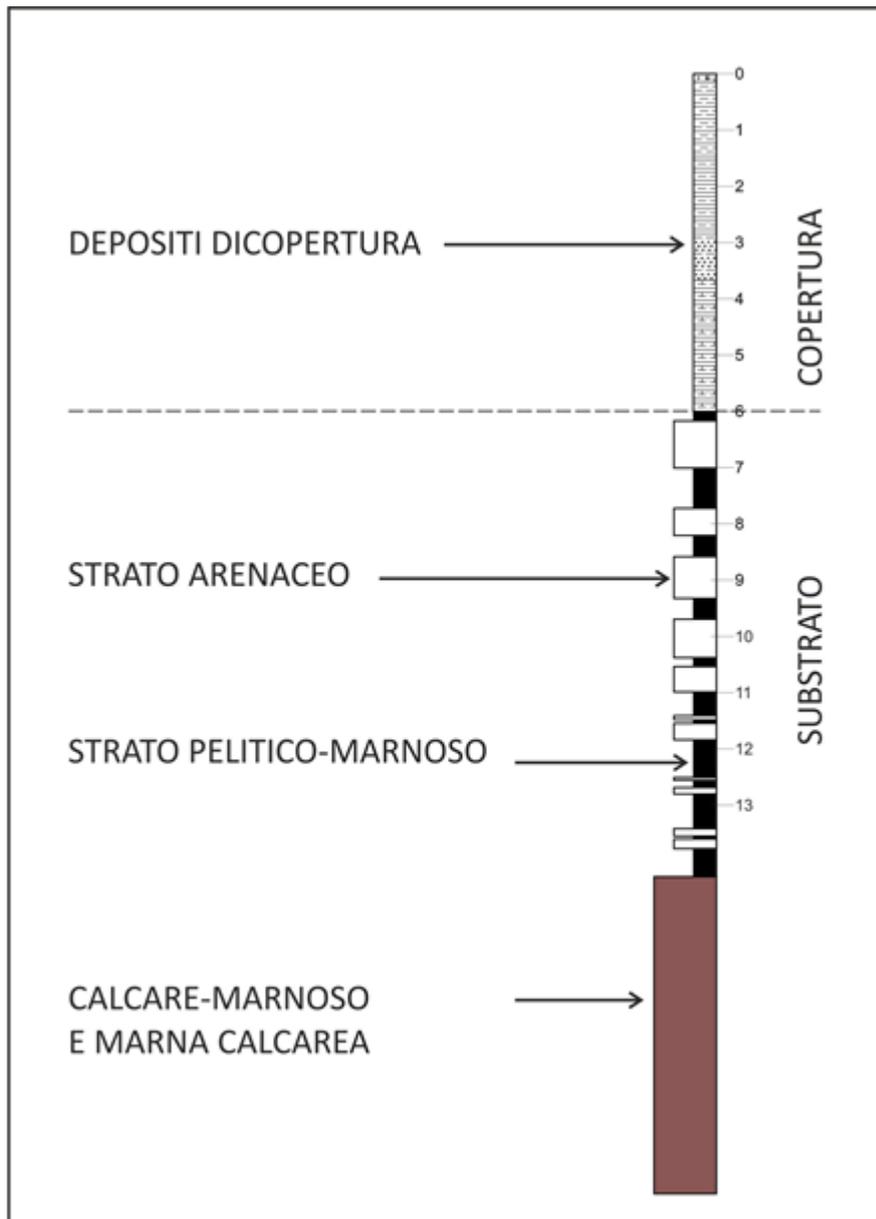


Figura 3.2.2: Schema mostrante come per ogni sondaggio, relativamente al substrato torbiditico, sono stati annotati gli strati litoidi/semilitoidi (arenarie) e gli strati prevalentemente argillosi (peliti-marnose). Per lo Schlier è stata segnata la componente calcareo-marnosa

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 18 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

**Associazione pelitico-arenacea – Rapporto  $0,2 \leq A/P \leq 1$** 

E' costituita da una prevalenza di argille marnose ben stratificate di colore grigio scuro con intercalazioni subordinate di arenarie grigio-giallastre in strati sottili e medi, a grana da media a fine o finissima. Anche in questo caso gli orizzonti pelitici contengono sovente materia organica, resti di carbone, pirite e rari e sottili livelli lenticolari di calcari marnosi compatti, hanno superfici di strato lisce ed untuose al tatto, risultando qualche volta fetide. Lo spessore massimo coinvolto lungo il tracciato è di circa 70 m.

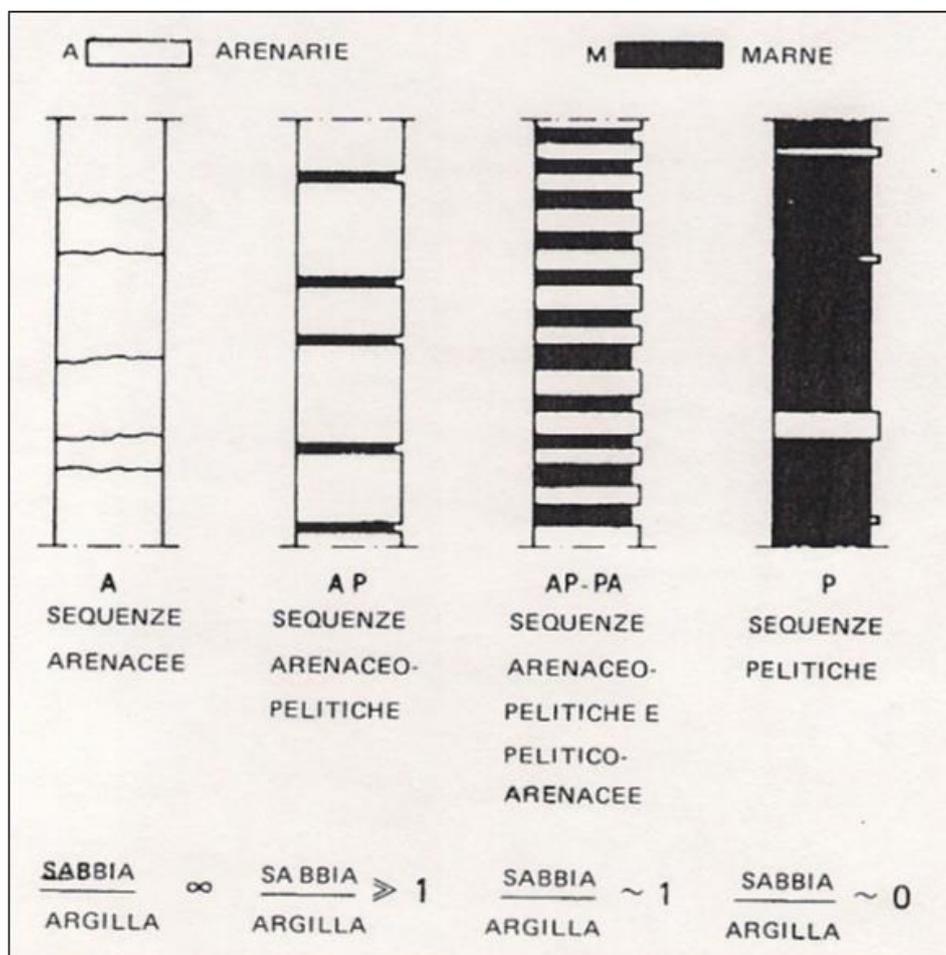


Figura 3.2.3: Classificazione e sequenze arenaceo – pelitiche (da A.G.I., 1979).

**Associazione arenaceo-pelitica – Rapporto  $A/P \geq 1$** 

E' formata essenzialmente da arenarie grigiastre e giallastre, con granulometria da grossolana a fine, in strati da sottili a spessi, da cementate a mediamente cementate e da subordinate marne argilloso-siltose grigie. Si rinvencono prevalentemente sequenze di Bouma del tipo  $T_a T_{ac} T_{ce}$ .

Il rapporto arenaria/pelite sebbene sia  $\geq 1$ , è comunque basso poiché isolatamente raggiunge il valore 2,15 all'interno della galleria Mecciano.

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 19 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

#### Depositi superficiali Quaternari

Le alluvioni terrazzate dell'Appennino Umbro-Marchigiano sono suddivise secondo quattro principali ordini di terrazzi poligenici posti ad altezze variabili da pochi metri ad oltre 200 m sugli attuali fondi vallivi.

Ogni terrazzo principale è caratterizzato da successioni alluvionali (fluviali e di conoide alluvionale) che ricoprono alvei sepolti e rilievi modellati nel substrato roccioso.

I depositi alluvionali fluviali delle principali valli sono rappresentati da successioni (spessori fino a 30-35 m) prevalentemente ghiaiose con subordinate intercalazioni sabbiose o sabbioso-limose. I ciottoli, quasi sempre ben arrotondati e poligenici, riflettono la litologia dell'intero bacino umbro-marchigiano. La stratificazione è quasi sempre incrociata a grande scala, con tipico aspetto a "festoni", che permette di riferire i depositi in questione a corsi d'acqua a canali multipli intrecciati (braided).

Nella cartografia allegata (scala 1:5.000) i depositi alluvionali sono stati suddivisi in "attuali", corrispondenti all'alveo fluviale, "recenti", riferiti alla piana alluvionale e "terrazzati", quando si presentano a quote più alte.

La figura 3.2.4 mostra i tipici depositi terrazzati costituiti da alternanze ghiaiose e sabbiose, con ciottoli embricati.



Figura 3.2.4: depositi alluvionali terrazzati nei pressi di Matelica.

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Traffo 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 20 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

I **depositi di versante** sono per la maggior parte rappresentati da coperture colluviali e accumuli di frana di varia estensione, per lo più riferibili all'Olocene. I depositi colluviali presenti nell'area studiata presentano una granulometria prevalentemente fine, condizionata dalla litologia delle formazioni del substrato da cui derivano. Sono infatti costituiti da argille limose, limi argilloso-sabbiosi e, subordinatamente sabbie limose, con ghiaie sparse e/o pezzame marnoso-calcareo o arenaceo eterometrico, localmente abbondante.

### 3.4 PRESENZA DI TERRENI POTENZIALMENTE GRISUTOSI

Come già espresso nella descrizione delle formazioni, le porzioni pelitiche presenti all'interno soprattutto delle litofacies pelitiche e pelitico-arenacee della Formazione di Camerino contengono spesso materia organica, resti di carbone/lignite e rari e sottili livelli lenticolari di calcari marnosi e marne calcaree compatti, hanno superfici di strato lisce ed untuose al tatto, risultando talora fetide. Tali caratteri sono stati riscontrati a diverse profondità in quasi tutti i sondaggi realizzati lungo il tracciato durante la campagna 2017.

Gli stessi elementi concordano con i dati della letteratura scientifica: come risulta nello studio eseguito dal Selli (1954) si ritrovano strati sottili di lignite entro la formazione marnoso-arenacea umbra e la serie tortoniano-messiniana marchigiana, in cui rientrano le litofacies della Formazione di Camerino attraversate dal tracciato. Nella stessa pubblicazione si riportano i dati relativi ad analisi condotte sulle ligniti di Peglio risalenti al 1867, pur fornendo le stesse dei valori indicativi.

p.sp.	Potere cal.	C	H	O2 e N	ceneri
1,398	5,867	55,40	5,82	25,63	11,63

Analogamente nello stesso studio si segnala la presenza di impregnazioni bituminose diffuse nella serie Messiniana e che *"in certe zone (Anconetano e Maceratese) sono cospicue, abbondanti e anche accompagnate da emissioni di gas. In occasione di lavori minerari esse hanno assunto un aspetto vistoso determinando veri stillicidi di bitume (Cà Fabbri, Cà Bernardi, ecc.)"*.

In accordo con il Selli *"Si può anche supporre con buon fondamento che il Tortoniano sup.-Messiniano rappresentino una serie naftogenica sia per il gran numero e tipo di manifestazioni sia per la facies dei terreni"*.

Il bacino di Camerino fa infatti parte dei bacini ristretti, sviluppati nel Miocene superiore secondo una direzione appenninica, con scarse comunicazioni tra loro ed in cui si vennero ad instaurare gradualmente condizioni evaporitiche in relazione con la crisi di salinità del Mediterraneo occidentale.

Come evidenziato in Calamita et alii (1979) le torbiditi pre-evaporitiche si depositavano in un bacino chiuso a circolazione ristretta (ambiente euxinico) e la presenza di resti vegetali indica l'esistenza, nelle vicinanze, di aree emerse; successivamente con la deposizione della Formazione gessoso-solfifera terminano gli apporti torbiditici e si passa gradualmente da condizioni euxiniche ad un ambiente evaporitico.

Quanto esposto è in accordo con gli elementi distintivi riscontrati nelle porzioni pelitiche durante le perforazioni di sondaggio, le quali stanno ad indicare un passaggio graduale, a carattere transizionale, con la sovrastante Formazione gessoso-solfifera (non affiorante nell'area).

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.progr.	REV.	Pag.diPag.
L0703	213	E	02	GE0000	REL	01	B	21 di 68

Gli strati prevalentemente argillosi e quindi a minore permeabilità rispetto a quelli arenacei possono determinare una concentrazione del gas in corrispondenza degli stessi. D'altra parte ciò è in accordo al monitoraggio della concentrazione del metano nei tracciati prossimi alle gallerie Le Serre, Croce di Calle e Mistrianello, poco distanti dal 3° e 4° stralcio funzionale e soprattutto attraversanti le stesse unità geologiche.

Come espresso nella relazione geologico-strutturale (elab. L0703213E02GE0000REL02A) in tale area le torbiditi messiniane della Formazione di Camerino poggiano in discordanza sullo Schlier tramite una faglia sinsedimentaria e relativa paleoscarpata; tale contatto, con l'instaurarsi degli sforzi compressivi, è stato ruotato raggiungendo inclinazioni anche sub-verticali. Nelle figure seguenti sono riportati due stralci del Profilo geologico in cui tale contatto viene attraversato dal tracciato in progetto.

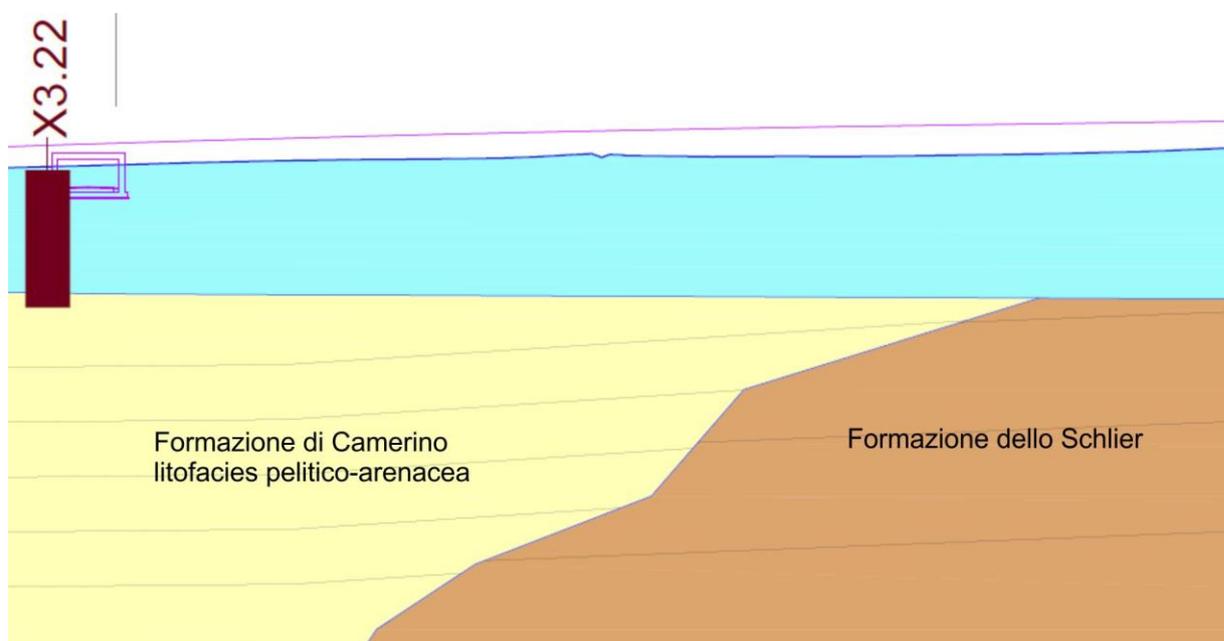


Figura 4.3 Particolare del contatto discordante/tettonico tra le torbiditi del Bacino di Camerino e lo Schlier lungo la faglia/paleoscarpata, tra le progressive 8040 e 8260 del tracciato in progetto.

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 22 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

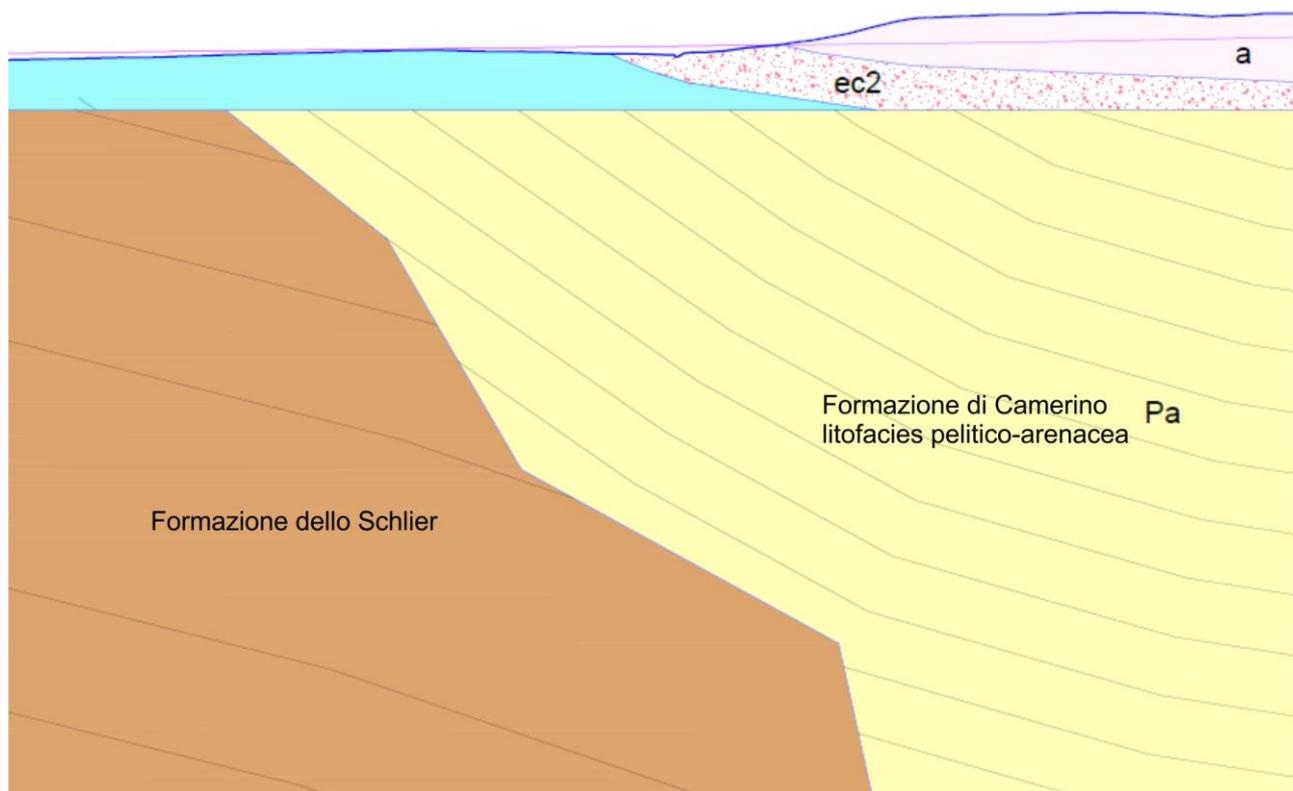


Figura 4.4 Particolare del contatto discordante/tettonico tra le torbiditi del Bacino di Camerino e lo Schlier lungo la faglia/paleoscarpa, tra le progressive 12900 e 13120 del tracciato in progetto.

Tale assetto strutturale comporta che la Formazione di Camerino si trova sovente lateralmente ed a quote più basse rispetto al tetto dello Schlier. Lo Schlier stesso è inoltre mesopiegato e tettonizzato: come risulta dai rilievi strutturali condotti in affioramenti dello stesso ammasso, considerando il numero delle famiglie presenti, la loro spaziatura media e caratteristiche e la presenza di mesopieghe, lo Schlier rientra in una roccia con struttura piegata/molto fratturata, con almeno quattro famiglie di giunti che danno luogo a blocchi angolari a più facce. La tettonizzazione e frequenza di fratturazione inoltre tende ad aumentare in prossimità della faglia miocenica in qualità di damage zone.

In tale contesto geologico-strutturale e di fratturazione si rinviene la presenza di gas generato prevalentemente nelle porzioni pelitiche della Formazione di Camerino; tale gas può migrare verso l'alto e lateralmente anche all'interno dello Schlier che, particolarmente fratturato, può comportarsi idraulicamente come serbatoio/condotto (sensu Caine et al., 1996).

Va inoltre segnalato che nella parte alta dello Schlier sono presenti strati bentonitici (o argille smettitiche) (Mattias, 1983; Selli, 1954), argille denominate localmente come "pietre saponarie" o "terre da sbianca".

L'ipotesi genetica più attuale di tali depositi interpreta la bentonizzazione come dovuta all'alterazione di un particellato cineritico, ricaduto in bacini marini, la cui provenienza sia da collegare alle aree vulcaniche soprattutto della Sardegna occidentale (Mattias et al., 1999).

I livelli bentonitici, data la composizione chimico-fisica, risultano fortemente impermeabili tali da

**2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE****3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud****4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 23 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

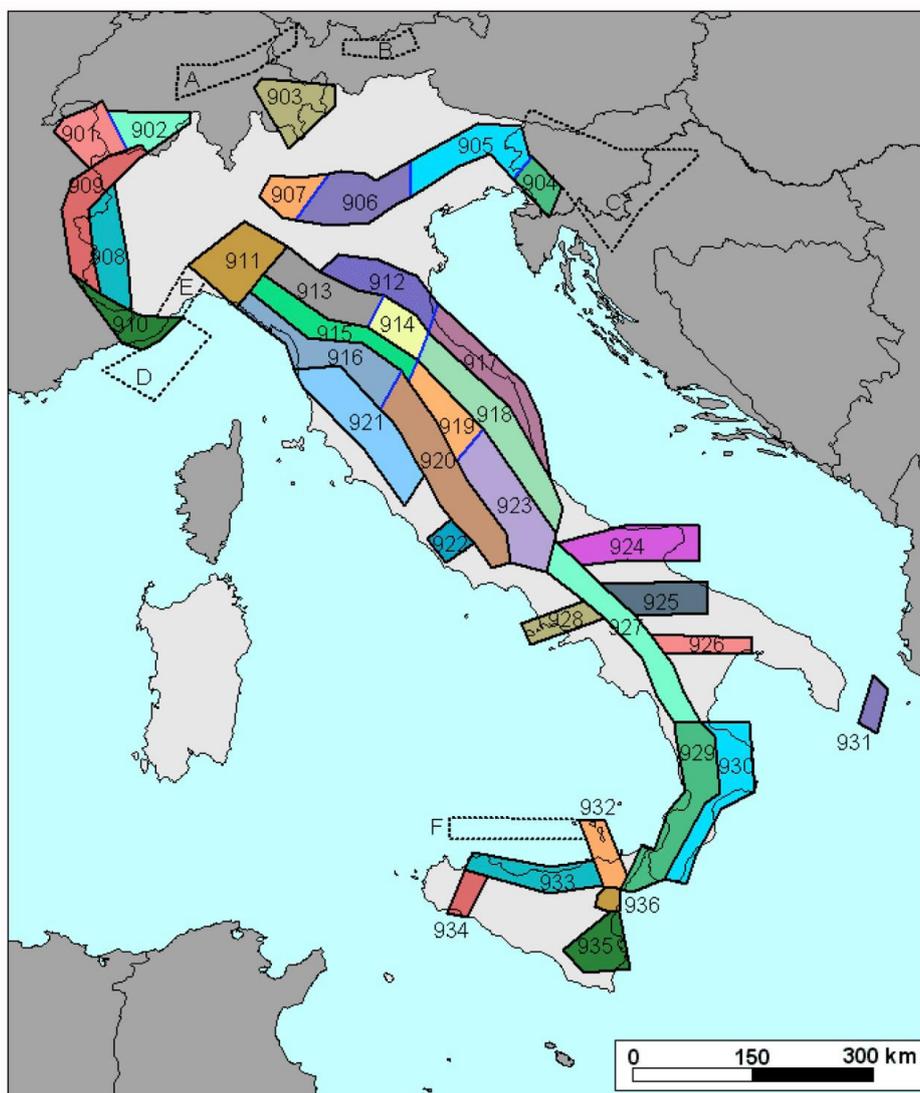
poter determinare una concentrazione del gas in corrispondenza degli stessi. A tale fenomeno si riconduce il grave incidente del 4 aprile 1966 nella miniera di bentonite di S. Maria di Sassocorvaro, quando una esplosione di grisù provocò la morte di due minatori ed il ferimento di un terzo. Sacca di grisù legata ai livelli di mineralizzazione solfifera ed alle condizioni tettoniche dello Schlier mineralizzato a bentonite.

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 24 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

## 4. SISMICITA'

### 4.1 SISMICITA' STORICA

Il tracciato stradale in progetto "3° stralcio funzionale" (Castelraimondo nord - Castelraimondo sud) e "4° stralcio funzionale" (Castelraimondo sud - innesto S.S.77 a Muccia) della Pedemontana delle Marche ricade, Secondo la zonazione ZS9 (INGV, 2004), prevalentemente all'interno della zona sismogenetica 918 "Medio-marchigiana/Abruzzese" e, in subordine nella porzione relativa all'innesto S.S. 77 a Muccia, all'interno della zona sismogenetica 919.



Tale zonazione ha sostituito la precedente GNDT 1996 inglobando le zone 46-47, nelle quali sono localizzati i terremoti di principale interesse per l'area in studio, caratterizzate da una intensa e frequente attività sismica.

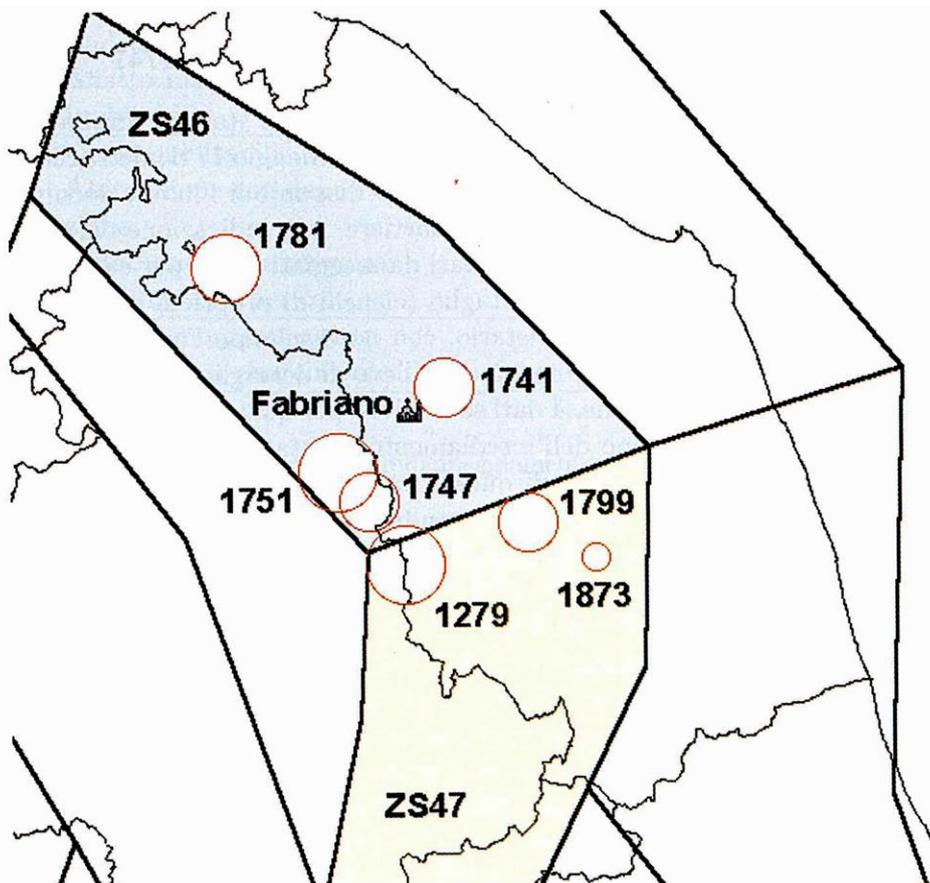
### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 25 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------



Alla zona sismogenetica 918 sono generalmente associati terremoti prevalentemente compressivi nella porzione nord-occidentale e probabilmente distensivi nella porzione più sud-orientale; si possono altresì avere meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture (C. Me/etti e G. Valensise – marzo 2004). L'intera fascia è caratterizzata da terremoti storici che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo. Le profondità ipocentrali sono mediamente maggiori in questa fascia di quanto non siano nella fascia più esterna; lo testimoniano anche quegli eventi che hanno avuto risentimenti su aree piuttosto vaste (es., eventi del 1799 di Camerino, del 1873 delle Marche meridionali e del 1950 del Gran Sasso).

La zona 919, nonostante le limitate dimensioni, è caratterizzata da un elevato numero di terremoti molti dei quali con magnitudo maggiore o uguale a 5. Per questa zona il modello ZS9 individua faglie e sistemi di faglie legate all'estensione appenninica, con una profondità efficace dello strato sismogenetico pari a 8 Km compresa nella classe di profondità 8-12 Km, rappresentativa della maggior parte degli eventi sismici. Il meccanismo di fagliazione prevalente, la cui attribuzione è basata sui meccanismi focali e sui dati geologici, è di tipo diretto.

Per quanto riguarda la "magnitudo di riferimento", per le zone sismiche 918-919, il rapporto conclusivo (aprile 2004) dell'INGV (Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica prevista dall'Ordinanza PCM del 20 marzo 2003, n. 3274, All.1) riporta i seguenti valori (MwMax1=osservata – MwMax2=cautelativa):

**2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud**
**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Traffo 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 26 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

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

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
nome ZS	N ZS	DISS2 MwMax	CPTI2 MwMax	CPTI2 MwMax (classe)	CPTI2 completo 04.2	Az1	Mw Max1	Az2	Mw Max2
Rimini-Ancona	917	6.1	5.94	5.91	5.91	G	6.14	G	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzz.	918		6.23	6.14	6.14	+1(a)	6.37	+1(a)	6.37
Appennino Umbro	919	6.0	6.33	6.37	6.37		6.37		6.37

Dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 (I.N.G.V.), è stato estratto l'elenco dei principali terremoti che hanno prodotto danni nel territorio di Camerino, dall'anno 1000 al 2014. Risultano i seguenti dati.

Seismic history of Camerino

Province Macerata

Region Marche

No. of reported earthquakes 108

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
8-9	1279 04 30 18	Appennino umbro-marchigiano	9	6,2
7-8	1328 12 01	Valnerina	10	6,49
3-4	1672 04 14 15 45	Riminese	8	5,59
7	1703 01 14 18	Valnerina	11	6,92
7	1703 01 16 13 30	Appennino laziale-abruzzese		
5	1730 05 12 05	Valnerina	9	6,04
7-8	1741 04 24 09 20	Fabrianese	9	6,17
6-7	1747 04 17	Appennino umbro-marchigiano	9	6,05
7	1751 07 27 01	Appennino umbro-marchigiano	10	6,38
5-6	1751 10 03	Appennino umbro-marchigiano	5-6	4,4
F	1785 05 03 02 30	Appennino umbro-marchigiano	7	5,1
9	1799 07 28 22 05	Appennino marchigiano	9	6,18
F	1805 07 26 21	Molise	10	6,68
F	1832 01 13 13	Valle Umbra	10	6,43
F	1859 08 22	Valnerina	8-9	5,73
7-8	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	8	5,85
2	1873 06 29 03 58	Alpago Cansiglio	9-10	6,29



**QUADRILATERO**  
Marche Umbria S.p.A.

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Traffo 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 27 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

3-4	1874 02 24 06 52	Aquilano	6-7	5,12
4-5	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	8	5,74
3	1875 12 06	Gargano	8	5,86
4	1878 09 15 07 20	Valle Umbra	8	5,46
2-3	1881 03 11 22 50	Valle Umbra	5	4,51
3	1882 05 26 04 15	Cascia	5	4,45
4	1882 06 06 05 40	Isernino	7	5,2
3	1887 05 26	Jesi	5	4,44
4	1893 08 02 00 59	Valnerina	5-6	4,55
3-4	1895 08 09 17 38 20.00	Adriatico centrale	6	5,11
6-7	1897 09 21	Marche settentrionali	7	5,4
4	1897 12 18 07 24 20.00	Alta Valtiberina	7	5,09
3	1898 06 27 23 38	Reatino	8	5,5
SF	1914 10 27 09 22	Lucchesia	7	5,63
5	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	11	7,08
2-3	1917 04 26 09 35 59.00	Alta Valtiberina	9-10	5,99
4	1921 04 05 17 40	Appennino umbro-marchigiano	5	4,23
4-5	1921 08 28 10 45	Monti Sibillini	7	4,66
4-5	1922 06 08 07 47	Valle del Chienti	6	4,73
2	1922 10 11 06 43 42.00	Costa anconetana	5	4,34
3-4	1924 01 02 08 55 13.00	Senigallia	7-8	5,48
3	1930 04 07 17 17 18.00	Monti Sibillini	5-6	4,5
3	1930 08 04 15 02 23.00	Marche meridionali	5-6	4,44
6	1930 10 30 07 13	Senigallia	8	5,83
3	1930 11 09 01 33	Monti Sibillini	5	4,31
2-3	1931 09 05 01 25 53.00	Mugello	6	4,88
4	1933 09 26 03 33 29.00	Maiella	9	5,9
3	1934 11 30 02 58 23.00	Adriatico settentrionale	5	5,3
4	1936 10 18 03 10	Alpago Cansiglio	9	6,06
3	1936 12 09 07 34	Caldarola	6-7	4,76

**2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud**
**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 28 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

4	1940 10 16 13 17	Val di Paglia	7-8	5,29
3	1943 01 29	Monti Sibillini	6-7	4,94
5	1943 03 25	Marche meridionali	6	4,85
2	1943 04 19 00 12	Perugino	5	4,16
3	1943 07 31 04 37	Senigallia	5	4,16
5	1943 10 03 08 28 29.00	Ascolano	8	5,67
5	1950 09 05 04 08	Gran Sasso	8	5,69
5	1960 02 24 01 51	Appennino umbro-marchigiano	5	4,32
4	1962 10 05 23 00 43.00	Appennino maceratese	5-6	4,35
3	1963 01 25 05 27	Monti Sibillini	5	4,31
4	1969 09 26 23 40 39.00	Teramano	5	4,39
4-5	1970 09 07 14 02 21.00	Appennino umbro-marchigiano	5	4,35
3	1971 02 11 18 49 21.00	Valle del Chiascio	6	4,61
3	1971 02 12 04 54 56.00	Valle del Chiascio	7	4,89
5	1971 04 02 01 43 54.00	Valnerina	6	4,5
4-5	1971 10 04 16 43 32.60	Valnerina	5-6	4,51
6	1972 11 26 16 03	Marche meridionali	8	5,48
4	1974 12 02 01 55 15.00	Valnerina	7-8	4,58
4	1978 12 05 04 45	Nocera Umbra	4-5	4,22
4-5	1979 01 25 23 53 01.00	Valnerina	5	4,44
6-7	1979 09 19 21 35 37.00	Valnerina	8-9	5,83
5	1980 02 28 21 04 40.00	Valnerina	6	4,97
5	1980 05 24 20 16 04.00	Monti Sibillini	5-6	4,48
5	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	10	6,81
2	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	6-7	5,04
4	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	8	5,86
4	1984 05 11 10 41 49.27	Monti della Meta	7	5,47
3-4	1986 10 13 05 10 00.31	Monti Sibillini	5-6	4,46
2-3	1989 09 11 02 46 23.93	Marche meridionali	5	4,04
3	1989 12 22 06 48 13.91	Valle Umbra	5	4,44

**2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud**
**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Traffo 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag. di Pag. 29 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	--------------------------

4	1993 06 04 21 36 50.60	Valle del Topino	5-6	4,39
4	1993 06 05 19 16 17.02	Valle del Topino	6	4,72
4	1995 12 30 15 22 08.73	Fermano	5	4,19
NF	1996 01 01 12 21 41.54	Maceratese	5-6	4,2
3	1997 09 03 22 07 29.70	Appennino umbro-marchigiano	6	4,54
3-4	1997 09 07 23 28 05.79	Appennino umbro-marchigiano	5-6	4,19
3	1997 09 09 16 54 47.50	Appennino umbro-marchigiano	5-6	3,78
3-4	1997 09 10 06 46 50.78	Appennino umbro-marchigiano	5	3,85
6-7	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino umbro-marchigiano	7-8	5,66
6-7	1997 09 26 09 40 26.60	Appennino umbro-marchigiano	8-9	5,97
6	1997 10 03 08 55 22.07	Appennino umbro-marchigiano		5,22
6	1997 10 06 23 24 53.29	Appennino umbro-marchigiano		5,47
5-6	1997 10 14 15 23 10.64	Valnerina		5,62
3-4	1997 10 23 08 58 43.96	Appennino umbro-marchigiano		3,86
5	1997 11 09 19 07 33.27	Valnerina		4,87
4	1998 02 07 00 59 44.54	Appennino umbro-marchigiano		4,41
5	1998 03 21 16 45 09.21	Appennino umbro-marchigiano		5
5	1998 03 26 16 26 17.03	Appennino umbro-marchigiano		5,26
5	1998 04 05 15 52 21.01	Appennino umbro-marchigiano		4,78
4	1998 06 01 13 57 10.41	Appennino umbro-marchigiano		4,02
4	1998 06 02 23 11 23.00	Appennino umbro-marchigiano		4,25
3	1998 08 11 05 22 59.64	Appennino umbro-marchigiano		3,26
4	1999 11 29 03 20 33.86	Monti della Laga	5-6	4,15
4-5	2000 09 02 05 17 02.41	Appennino umbro-marchigiano	5	4,4
3-4	2000 10 24 07 52 23.70	Monti Sibillini	5	4,11
2-3	2001 04 16 08 51 53.56	Appennino umbro-marchigiano	4-5	3,57
NF	2004 12 09 02 44 25.29	Teramano	5	4,09
3	2005 04 12 00 31 51.61	Maceratese	4	3,74
3	2005 12 15 13 28 39.59	Val Nerina	5	4,14
2	2006 04 10 19 03 36.67	Maceratese	5	4,06

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera LO703	Traffo 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 30 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

NF	2006 10 21 07 04 10.01	Anconetano	5	4,21
----	------------------------	------------	---	------

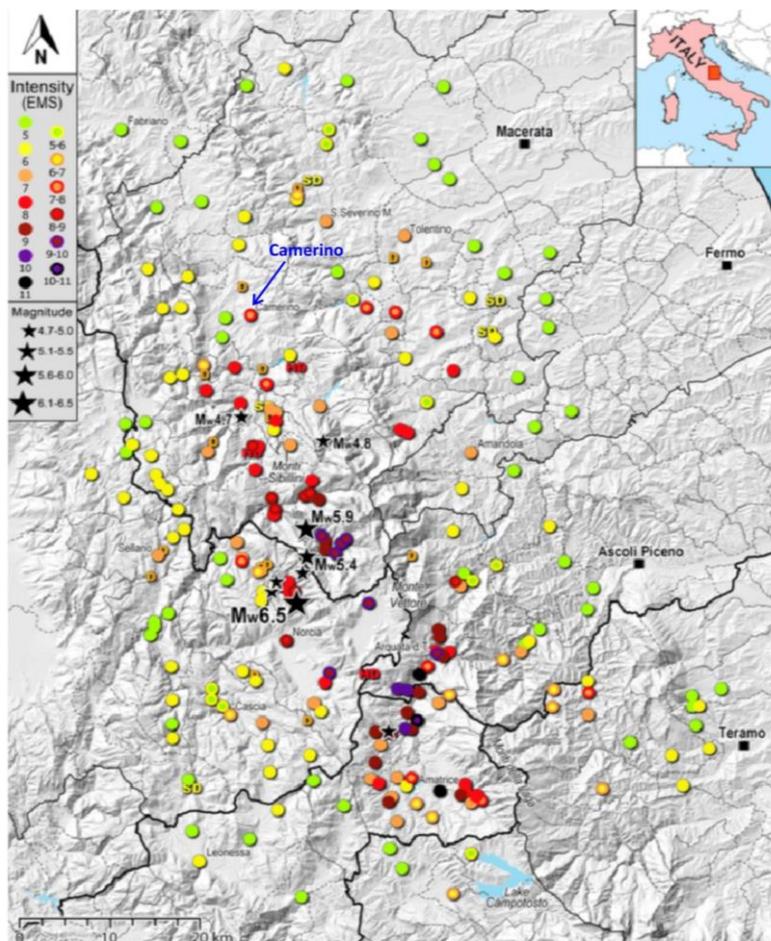
Infine la crisi sismica 2016-2017, che ha interessato anche il territorio in oggetto a partire dal 24 agosto, è stata attribuita all'attivazione dell'intero sistema di faglie del M. Vettore-M. Bove. Questo sistema comprende segmenti di faglia lungo i versanti occidentali del M. Vettore, M. Argentella, Palazzo Borghese, M. Porche e M. Bove già identificati e studiati dagli anni '90.

Il meccanismo focale dei terremoti del 24 agosto, 26 ottobre e 30 ottobre è di tipo distensivo su faglie orientate NNW-SSE.

I piani di rottura di tutti gli eventi hanno prodotto fagliazione superficiale particolarmente vistosa in relazione all'evento del 30 ottobre; queste rotture cosismiche sono state mappate e studiate dai gruppi di geologi (EMERGEO; UNICAM ecc.).

Durante detta crisi sismica il territorio in considerazione ha subito molti danni con strutture inagibili.

Nell'immagine seguente è riportata la distribuzione dei valori di intensità EMS (scala macrosismica europea) dopo il terremoto del 26 (Mw 5.4 e 5.9) e del 30 ottobre 2016 (Mw 6.5).



## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera	Traffo	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.progr.	REV.	Pag.di	Pag.
L0703	213	E	02	GE0000	REL	01	B	31	di 68

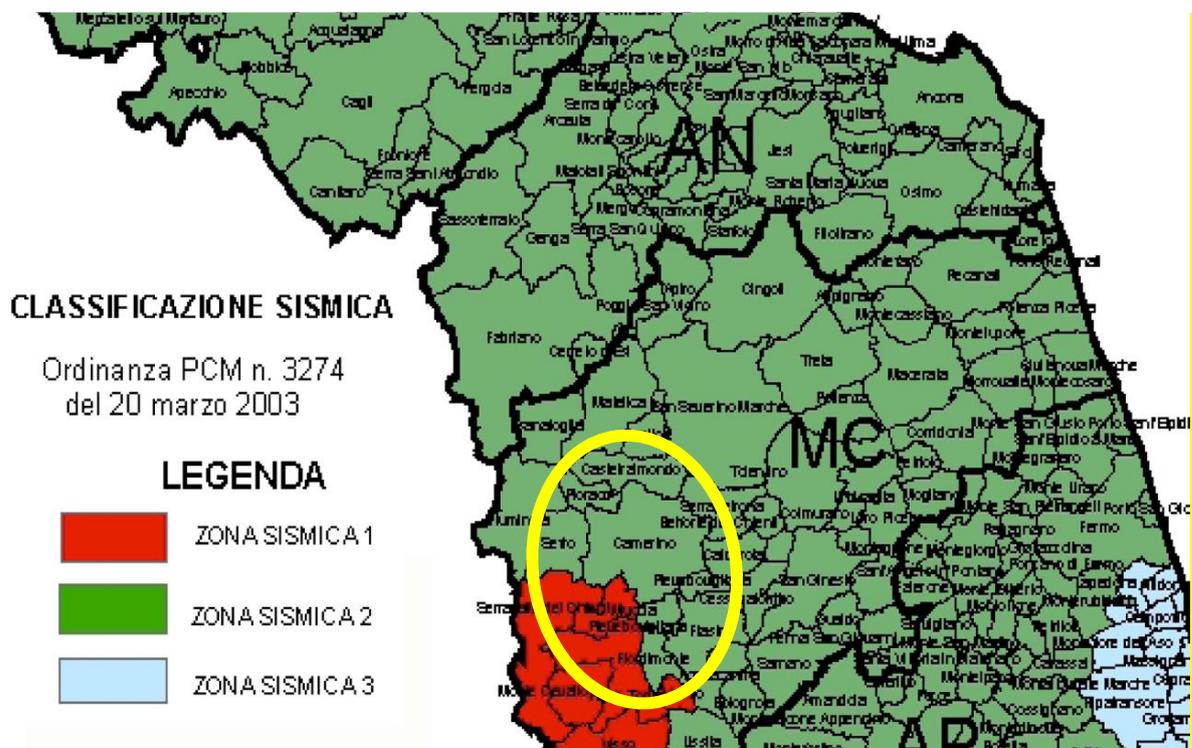
### 4.2 STUDI SISMICI RECENTI

A seguito degli eventi sismici del Settembre 1997, a cura della Regione Marche è stata condotta una campagna di studi di microzonazione sismica speditiva su varie località del territorio regionale, che hanno interessato porzioni dei territori comunali attraversati dal tracciato in oggetto. Tali studi sono stati redatti sulla base del "Rapporto conclusivo sulla valutazione degli effetti di amplificazione dinamica locale delle località campione più danneggiate dalla sequenza di terremoti dell'Umbria-Marche 1997-1998" (Progetto congiunto CNR/GNDT-IRRS – SSN – Regioni Marche e Umbria, maggio 1998).

Più recentemente (2018), a seguito della recente crisi sismica del 2016-2017, i principali nuclei abitati ricadenti nei comuni di Castelraimondo, Camerino e Muccia sono stati oggetto di Indagini di Microzonazione Sismica (MS) di III livello. Dagli stessi studi di MS e dai rilievi geologici eseguiti per il progetto esecutivo in oggetto non sono state rinvenute strutture di deformazione, dislocazioni, anomalie geomorfologiche e/o stratigrafiche da associare a faglie attive e capaci o faglie potenzialmente capaci.

### 4.3 NORMATIVE DI CARATTERE REGIONALE-MACROZONAZIONE

Per quanto riguarda la macrozonazione sismica i territori comunali interessati dal tracciato stradale in progetto, ai sensi della D.G.R. n.1046 del 29/07/2003 "Indirizzi generali per la prima applicazione dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274/2003 – Individuazione e formazione dell'elenco delle zone sismiche nella Regione Marche", risultano classificati in zona sismica 2 ed in subordine in zona sismica 1 (Muccia).



## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

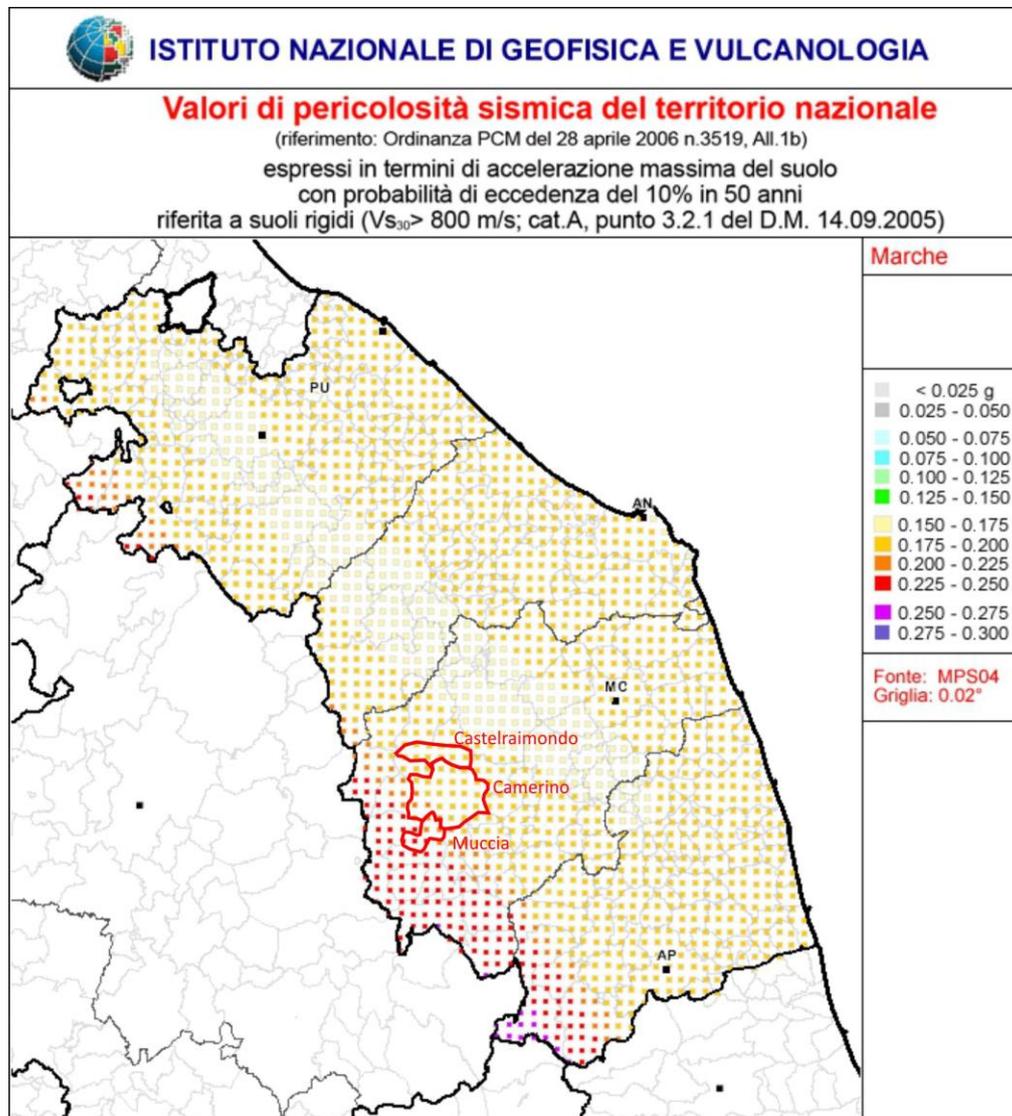
Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 32 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

### 4.4 NORMATIVA NAZIONALE DI RIFERIMENTO

Come detto il territorio comunale interessato dal progetto risulta classificato come sismico di zona 2 e 1 ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 marzo 2003 "Nuove norme tecniche sulla riclassificazione sismica del territorio nazionale" e della D.G.R. 1046/2003. Relativamente alla progettazione delle opere, vengono utilizzati i criteri dettati dal Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 "Nuove Norme tecniche per le costruzioni" - e dalla relativa Circolare del Cons. Superiore dei LL.PP. del 02/02/2009.

Per quanto riguarda il calcolo dell'azione sismica i valori convenzionali di  $a_g$ , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ , di riferimento per la progettazione, vengono indicati nella figura seguente in cui si evidenzia un'accelerazione massima del suolo ( $a_g$ ), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, pari a 0.175-0.250  $g$ .



## 5. GEOMORFOLOGIA

### 5.1 INQUADRAMENTO GENERALE

Il tracciato stradale in oggetto dal punto di vista geologico-fisiografico attraversa principalmente due aree, distinguibili per tipo di litologie affioranti, per assetto geologico-strutturale, per comportamento idrogeologico e per morfologia: prevalentemente un'area collinare con substrato pelitico, arenaceo o marnoso e subordinatamente aree sub-pianeggianti, lungo il fondovalle del F. Potenza e dei fossi minori.

Il tracciato dunque attraversa un territorio caratterizzato da bassi e dolci rilievi collinari contornati dalle forme ben più aspre delle due dorsali marchigiane: l'interna e l'esterna, di età meso-cenozoica. Queste ultime superano abbondantemente i 1000 metri di altezza, mentre le colline che interessano il bacino di Camerino, costituite dai sedimenti torbiditici miocenici, su cui si sviluppa il tracciato, non oltrepassano in genere i 600 metri (fig. 4.1.1).



**Figura 4.1.1: tipico aspetto del bacino di Camerino, forme dolci circondate dai rilievi delle dorsali calcaree Marchigiana e Umbro-Marchigiana.**

La forma depressa che caratterizza quest'area è già in risposta ai processi di sedimentazione terrigena che avvenivano nel Miocene superiore all'interno della Depressione di Camerino nell'ambito della migrazione del sistema catena-avanfossa.

Oltre a ciò nell'attuale ambiente continentale la maggiore erodibilità delle litofacies che compongono la Formazione di Camerino (rispetto ai litotipi calcarei) dà luogo ad una morfologia più dolce e blanda con superficie topografica per la maggior parte con pendenza media < 30%. E' stato anche osservato che lo stesso substrato presenta coperture colluviali piuttosto estese tanto da esserne mascherato e non affiorare di frequente in superficie.

La formazione del Bisciario, posta da un punto di vista stratigrafico tra litotipi più erodibili, Scaglia cinerea e Schlier, genera dei rilievi e scarpate allineati in risposta all'assetto strutturale del substrato stesso.

Il tracciato come già accennato si sviluppa in gran parte nelle pianure alluvionali dei corsi d'acqua presenti nella zona o alla base dei versanti collinari che degradano dolcemente verso le pianure stesse. Le pianure alluvionali, ricoperte da spessi depositi ghiaioso-sabbiosi e fini, sono aree

**2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE****3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud****4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 34 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

prevalentemente sub-pianeggianti, interrotte localmente da scarpate fluviali inattive poiché non più in rapporto con la dinamica fluviale attuale, che segnano il passaggio tra i depositi alluvionali più antichi del Pleistocene superiore o del Pleistocene medio-sommitale e quelli più recenti olocenici (posti a quota minore); altre scarpate, in stato di attività con indizi di erosione in atto o quiescenti, sono presenti al bordo dell'alveo attuale del corso d'acqua e dei suoi affluenti.

Si riconoscono vari ordini di terrazzi alluvionali, posti a varie altezze sul fondovalle. I depositi terrazzati sono costituiti da materiale appartenente a tutti i litotipi dell'Appennino marchigiano, tra cui la Maiolica e altri calcari selciferi, con locale prevalenza per la serie della scaglia.

Gli unici attraversamenti collinari vengono effettuati nelle gallerie naturali di S. Anna, Mecciano e S. Barbara.

La carta geomorfologica allegata è stata ottenuta in primis da un rilievo geomorfologico di campagna in scala 1:5000, facendo particolare attenzione ai processi che comportano condizioni di pericolosità e rischio. E' stato inoltre effettuato uno studio di fotointerpretazione da foto aeree e sono state considerate le cartografie ufficiali disponibili (PAI, Carta Geologica Regionale del progetto CARG, progetto IFFI).

In tale elaborato, oltre alla distinzione tra substrato e coperture, le varie forme, depositi e processi morfogenetici sono stati cartografati distinguendo quelli legati all'azione della gravità.

Per quanto riguarda invece il loro stato di attività, si è fatto riferimento sia a quanto direttamente osservabile in sito che ai risultati del monitoraggio geotecnico in corso (inclinometri).

Per quanto riguarda i movimenti di frana che interferiscono con il tracciato stradale, per ciascuno di essi è stato eseguito un rilievo di dettaglio alla scala 1:2.000 (vedi elab. specifico) con elaborazione di una carta geomorfologica e di sezioni geologiche del modello di frana desumibile anche dai dati di monitoraggio.

In tali schede sono analizzate anche le aree a rischio idrogeologico individuate dal PAI Marche; le aree PAI risultano classificate a pericolosità bassa (P1 o P2) e pertanto non sono sottoposte al parere dell'Autorità di bacino del Distretto Italia centrale.

Nell'area di interesse i movimenti di frana sono in genere superficiali e coinvolgono i terreni di copertura dei versanti. Si tratta per la maggior parte di movimenti lenti che interessano i depositi eluvio-colluviali e i suoli che ricoprono il substrato per spessori variabili tra qualche metro fino a circa 18 m. Si tratta in gran parte di scorrimenti roto-traslativi e colamenti a lenta evoluzione con cinematismi intermittenti connessi al variare delle condizioni idrauliche dei pendii.

Una descrizione dettagliata dei vari fenomeni di dissesto con riferimento al tracciato stradale ed alle opere previste è riportata nel capitolo 6.

## 6. IDROGEOLOGIA

### 6.1 TEMPERATURE

La presenza del mare Adriatico, con la sua scarsa batimetria e la vicinanza dei rilievi appenninici alla costa (circa 60 Km) crea nella regione marchigiana un clima con escursioni annue delle temperature dell'aria di circa 21° - 22°C. Il mese di Gennaio presenta una media di 3° - 8°C, mentre Luglio una di 21° - 26°C.

La seguente tabella indica l'andamento medio della temperatura dell'aria nella Regione Marche negli anni 1999-2000 e la media storica di due decenni (1958 - 1979). Le 9 località interessate dalla misurazione sono: Urbino, Fabriano, Pesaro, Novafeltria, Jesi, Treia, Castelraimondo, Fermo, Maltignano (Fig. 5.1.1).

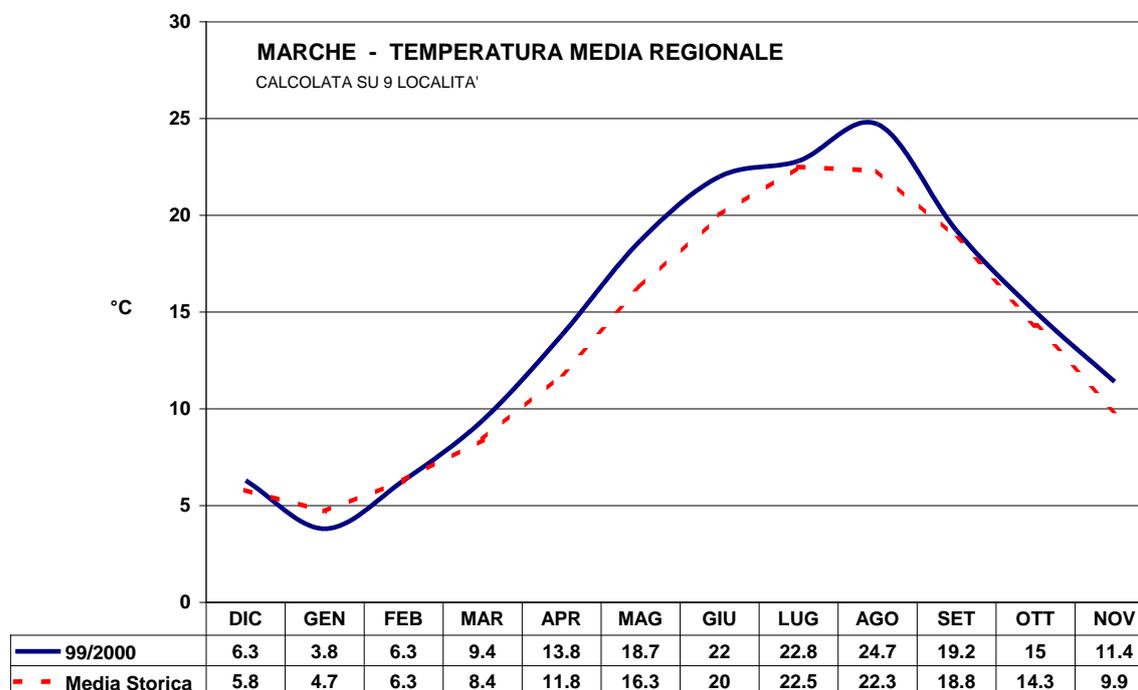


Figura 5.1.1

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera LO703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 36 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

## 6.2 PRECIPITAZIONI

Si riporta in seguito una tabella, tratta dagli annali del Ministero dei Lavori Pubblici per il trentennio 1921-1950, che mostra i dati raccolti in alcune delle stazioni di misurazione ubicate nei pressi del tracciato stradale in oggetto.

Stazione	Altitudine m.	Piovosità mm/y	Giorni di pioggia
Cupramontana	506	1018	84
Case San Giovanni	620	1148	103
Campodiegoli	507	1281	97
Fabriano	357	908	101
Elcito	824	1128	85
Villa S.Lucia	664	1294	106
Pioraco	441	1067	107
Camerino	664	1116	110
Tolentino	224	874	92
Serravalle	647	1165	109
Pieve Bovigliana	451	992	94

La tabella successiva mostra, per le stesse stazioni pluviometriche, le massime intensità di pioggia riferite ad un periodo di 1 e 5 giorni durante il trentennio 1921-1950. (dati tratti da "Precipitazioni massime con durata da 1 a 5 giorni consecutivi" Ministero dei Lavori Pubblici, 1959).

Stazione	Altitudine mm	mm/1giorno	mm/5giorni
Cupramontana	506	160.0	248.5
Case San Giovanni	620	94.6	185.1
Campodiegoli	507	170.0	185.6
Fabriano	357	100.0	174.4
Elcito	824	99.6	230.9
Ville S.Lucia	664	104.3	175.2
Pioraco	441	156.6	203.2
Camerino	664	118.1	289.7
Tolentino	224	102.8	170.8
Serravalle	647	100.0	192.0
Pieve Bovigliana	451	94.9	212.9

## 6.3 VENTI

Il regime eolico presente nella regione su cui è posto il tracciato in oggetto può essere sintetizzato dall'analisi dei dati forniti dall'Ufficio Meteorologico del Ministero della Difesa.

In generale in primavera la prevalenza dei venti proviene da NE, mentre in estate si assiste ad un incremento dei venti orientali. In autunno e inverno le correnti atlantiche provocano una predominanza di venti nord-occidentali. La presenza di rilievi montuosi può modificare questo schema regionale.

Le figure 5.3.1-5.3.2 mostrano le direzioni dei venti in media annuale in tre località che contornano l'area oggetto dello studio. Gli anni delle misurazioni sono compresi tra il 1951 e il 1980 (immagini tratte da "Atlante tematico d'Italia").

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Traffo 213	Settore E	CEE 02	WBS GE000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 37 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	--------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

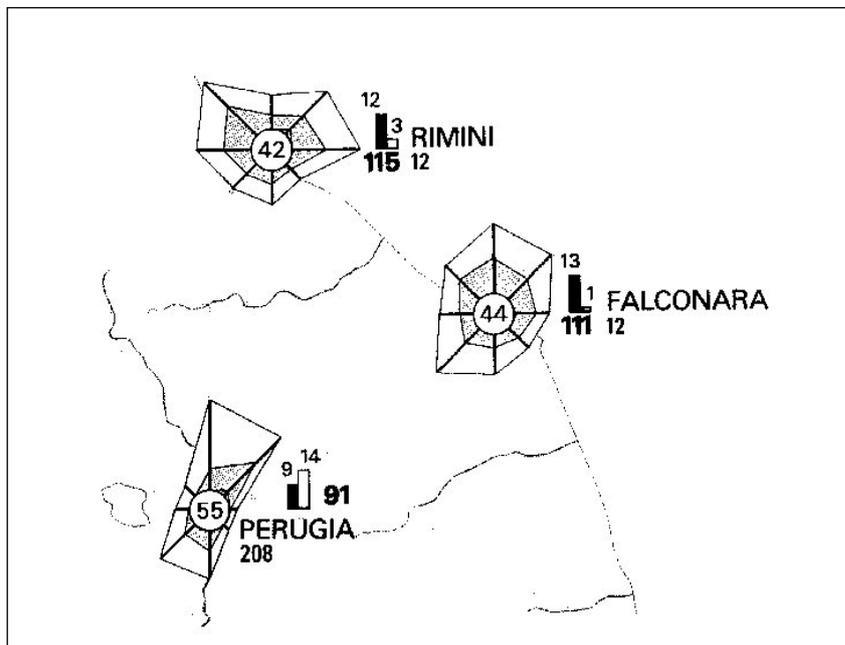


Figura 5.3.1: Cartogramma con rappresentazione dei valori annuali della frequenza percentuale del verificarsi di vento entro 8 settori di provenienza secondo tre classi di intensità (nella zona sono presenti solo due classi); sono anche indicate le analoghe frequenze delle calme e nonché la velocità massima estrema e le frequenze percentuali di giorni con vento massimo maggiore o uguale a 50 Km/h e minore o uguale a 10 Km/h. La lunghezza di ciascun braccio è proporzionale alla frequenza dei venti di provenienza rappresentata dalla direzione del braccio. Per ciascun settore di provenienza le frequenze delle singole classi di intensità si ottengono per differenza tra i valori relativi alle due poligonali successive che delimitano la classe. Le classi di velocità sono state scelte secondo la scala Beaufort.

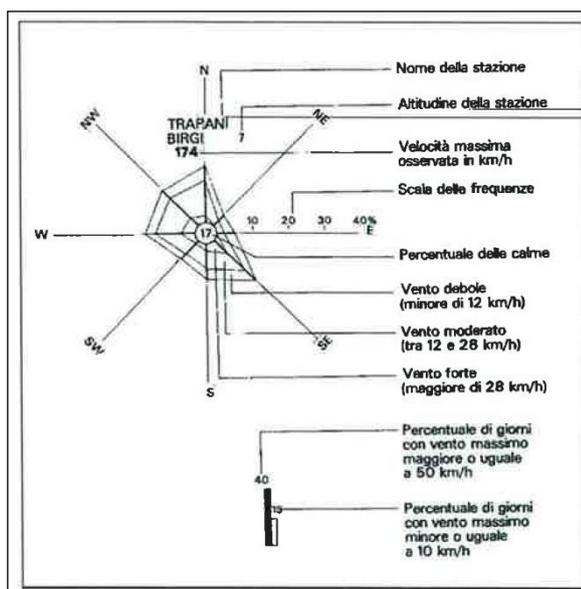


Figura 5.3.2- Legenda della figura precedente.

**2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE****3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud****4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 38 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

**6.4 ASPETTI IDROGRAFICI**

Il pattern idrografico della zona d'interesse è in generale dipendente dall'assetto strutturale e dalla litologia. L'area attraversata dal tracciato in progetto è caratterizzata da un pattern da sub-rettangolare a dendritico (associabile prevalentemente a terreni a bassa permeabilità).

I corsi d'acqua che interferiscono direttamente o indirettamente con il tracciato in progetto sono appartenenti ai bacini idrografici dei Fiumi Potenza e Chienti. La linea di spartiacque morfologico dei due principali fiumi passa in corrispondenza del rilievo interessato dalla galleria S.Barbara in Comune di Camerino.

I principali corsi d'acqua a regime perenne interessati dal tracciato sono di seguito elencati da nord verso sud:

- Fosso Lipidoso, affluente in sinistra del F. Potenza;
- Fiume Potenza;
- Fosso Palente, affluente di destra del F. Potenza;
- Rio Scortacchiari - S. Luca, affluente di sinistra del F. Chienti.

**6.5 PERMEABILITA' E FALDE ACQUIFERE – MODELLO IDROGEOLOGICO**

L'area oggetto di studio presenta formazioni geologiche caratterizzate da differenti gradi di permeabilità relativa.

Le figure seguenti mostrano uno schema idrogeologico generale dell'area di studio, tratto dal PTA – Piano di Tutela delle Acque della Regione Marche e relativo ai bacini principali attraversati dal tracciato (Fiumi Potenza e Chienti), in cui vengono distinti i principali complessi idrogeologici che caratterizzano i bacini stessi.

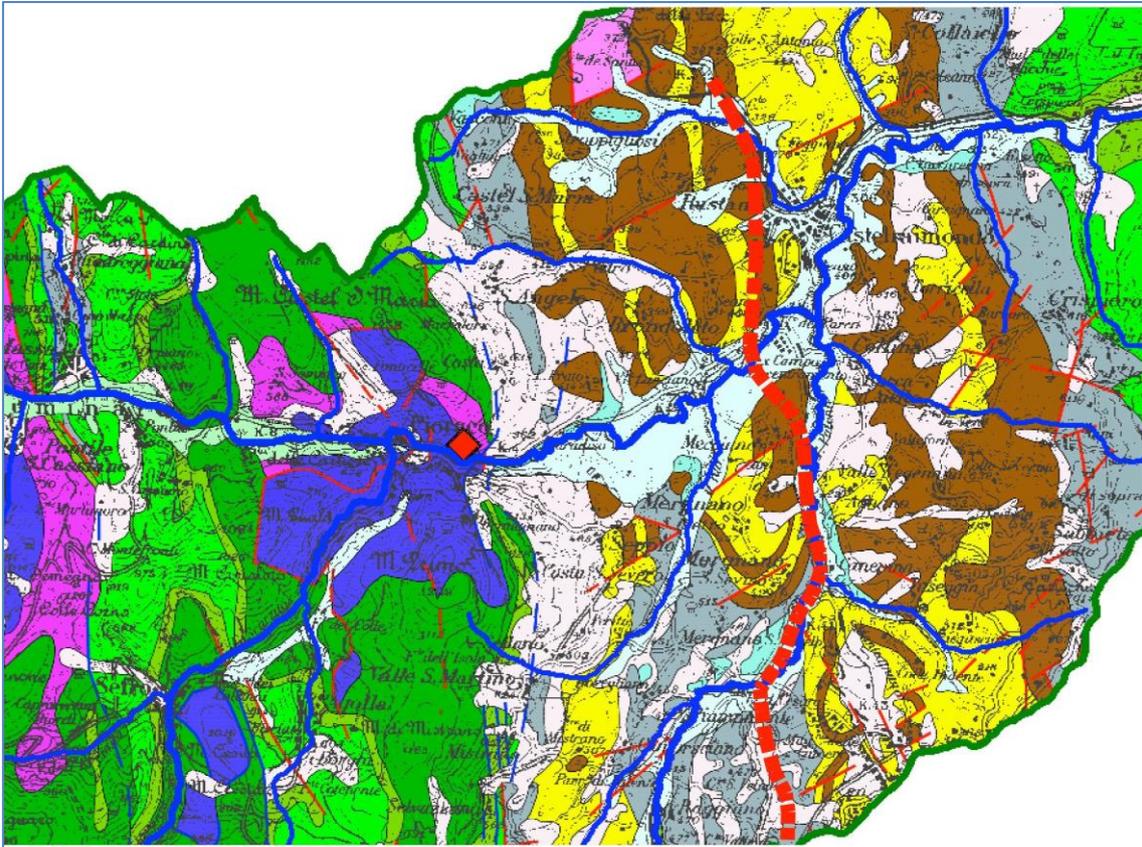
### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

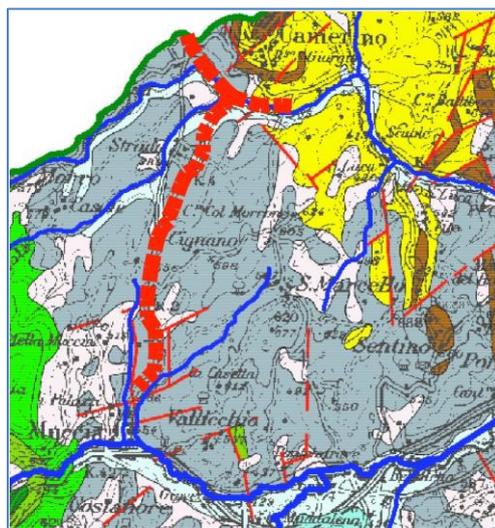
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera LO703	Traffo 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 39 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------



Schema idrogeologico del bacino del F. Potenza (scala 1:100.000)



Schema idrogeologico del bacino del F. Chienti (scala 1:100.000)

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.progr.	REV.	Pag.di	Pag.
L0703	213	E	02	GE0000	REL	01	B	40 di	68

**1a**  
**1b**

**1 – Complesso idrogeologico dei depositi eluvio-colluviali, detritici di versante e di spiaggia (Olocene-Pleistocene sup.).** I depositi di fondovalle, costituiti da eluvio-colluvioni argilloso-limose ed argilloso-siltoso-sabbiose a bassa permeabilità (1a), sono caratterizzati da falde sostenute da argille e argille marnose del substrato messiniano e plio-pleistocenico. Le falde, con forte escursione stagionale della piezometrica, alimentano numerosi pozzi, il reticolo idrografico di fossi e torrenti e gli acquiferi delle pianure alluvionali. Le acque, generalmente inquinate da nitrati nelle zone pede-appenniniche e collinari, hanno facies bicarbonato-calcica e tenore salino di circa 0.5 g/l. L'alimentazione è data essenzialmente dalle piogge e, in alcuni casi, dai corpi arenacei del substrato.

I depositi detritici di versante (1a), ad elevata permeabilità e molto diffusi al raccordo tra rilievi carbonatici e fondovalle, sono costituiti da ghiaie poco cementate con matrice argillosa e limoso-sabbiosa. In essi sono presenti falde libere che alimentano sorgenti anche a regime permanente con portate massime raramente superiori ad 1 l/s. La facies idrochimica delle acque è bicarbonato-calcica a tenore salino generalmente inferiore a 0.4 g/l. L'alimentazione è dovuta soprattutto alle piogge; nelle dorsali appenniniche è possibile un'alimentazione anche da parte degli acquiferi carbonatici. Nei depositi di spiaggia (1b) sono presenti livelli idrici alimentati dalle piogge e dalle acque delle eluvio-colluvioni dei versanti con i quali i depositi di spiaggia si interdigitano.

La vulnerabilità potenziale degli acquiferi di tale complesso è estremamente alta. La pericolosità potenziale, legata principalmente all'attività agricola e all'allevamento allo stato brado, è alta nelle aree pede-appenninica, collinare, costiera e nella depressione Acqualagna-Visso, bassa nell'area appenninica.

**2a**  
**2b**  
**2c**

**2 – Complesso idrogeologico delle pianure alluvionali e dei depositi fluvio-lacustri e lacustri (Olocene-Pleistocene sup. e medio).** Tale complesso è formato essenzialmente dai depositi alluvionali terrazzati recenti (2a) ed antichi (2b) delle pianure alluvionali, costituiti da corpi ghiaiosi, ghiaioso-sabbiosi e ghiaioso-limosi, con intercalate lenti, di estensione e spessore variabili, argilloso-limose e sabbioso-limose, frequenti in prossimità della costa. Nella parte medio-alta delle pianure gli acquiferi di subalveo sono caratterizzati da falde monostrato a superficie libera. In prossimità della costa possono essere presenti acquiferi multistrato con falde confinate e semiconfiniate. Tali acquiferi sono di notevole importanza per l'approvvigionamento idrico e per uso civile, agricolo ed industriale.

La trasmissività dei depositi ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi varia da  $1.5 \times 10^{-2}$  a  $9 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s; la permeabilità da  $7 \times 10^{-2}$  a  $2 \times 10^{-3}$  m/s; la velocità effettiva, misurata nei depositi ghiaiosi in condizioni di moto perturbato, da 2 a 30 m/h; la porosità dinamica dal 2 al 7%; la permeabilità delle coperture argilloso-limose e limoso-argillose (fiumi Esino, Cesano e Musone) varia da  $1.5 \times 10^{-4}$  a  $5.5 \times 10^{-5}$  m/s. La circolazione è molto veloce e legata alla presenza di paleovalle; l'escursione media della piezometrica raramente supera i 2m. L'alimentazione di tali acquiferi è dovuta soprattutto all'infiltrazione delle acque fluviali e la ricarica da parte delle piogge può essere considerata trascurabile, ad eccezione della parte alta delle pianure, dove le coperture argilloso-limose sono generalmente assenti. La facies idrochimica principale è bicarbonato-calcica con tenore salino raramente superiore a 0.5 g/l; in alcune zone delle pianure sono presenti acque a facies cloruro-sodica e cloruro-sodico-solfatica, di origine profonda e con tenore salino superiore anche ad 1 g/l. La qualità delle acque è compromessa da fenomeni di inquinamento che hanno interessato vaste aree delle pianure.

La vulnerabilità degli acquiferi è estremamente elevata, la pericolosità potenziale di inquinamento, a causa dell'elevata concentrazione degli insediamenti, dell'attività produttiva e della rete infrastrutturale e tecnologica è molto elevata.

I depositi fluvio-lacustri (2c) sono sede di falde di limitata estensione con notevole escursione stagionale e ricarica operata essenzialmente dalle piogge.

-  Falgia e falgia probabile
-  Sovrascorrimento e sovrascorrimento probabile
-  Sorgenti
-  Sorgenti mineralizzate
-  Siti più idonei per il monitoraggio
-  Linee piezometriche degli acquiferi delle pianure alluvionali
-  Principali linee di flusso delle acque sotterranee negli acquiferi delle pianure alluvionali

**4a**  
**4b**  
**4c**

**4-5 – Complesso idrogeologico delle argille, argille marnose e marne argillose (Pleistocene-Pliocene-Messiniano).** Tale complesso è costituito da argille, argille marnose e marne argillose pleistoceniche (4a), plioceniche (4b) e messiniane (4c), con intercalati a diversa altezza della sequenza corpi arenacei, arenaceo-conglomeratici, arenaceo-pelitici, arenaceo-organogeni e conglomeratici (5) sede di acquiferi. Le argille costituiscono di norma il substrato impermeabile degli acquiferi delle pianure alluvionali e delle eluvio-colluvioni di fondo-valle. Il ruscellamento e l'evapotraspirazione sono preponderanti rispetto all'infiltrazione.

I corpi arenacei affiorano nei versanti ove hanno giacitura a reggipoggio e spesso costituiscono il substrato di fossi e torrenti. La loro geometria presenta notevoli variazioni di spessore ed essi tendono a chiudersi a lente nelle peliti, procedendo dall'area appenninica verso la costa adriatica, creando le condizioni per la formazione di acquiferi confinati. La presenza di acqua dolce in tali corpi, documentata anche da pozzi per ricerche di idrocarburi, dà luogo a numerose sorgenti a regime stagionale e perenne, le cui portate minime possono superare anche 1 l/s. Il regime delle sorgenti è tipico di bacini poco profondi con modesti volumi immagazzinati e circolazione veloce. L'alimentazione è dovuta principalmente alle piogge ed in alcuni casi alle acque superficiali dei fossi e dei torrenti che insistono sui corpi arenacei. La facies idrochimica è bicarbonato-calcica con tenore salino generalmente superiore a 0.5 g/l ed arricchimenti in cloruri, sodio, magnesio e solfati. Le acque, utilizzate in passato a scopi idropotabili, risultano oggi generalmente inquinate. La vulnerabilità delle sorgenti è alta a causa degli apporti diretti di acque di pioggia circolanti nelle coperture eluvio-colluviali presenti nei versanti e rapidamente veicolate alle sorgenti; la pericolosità potenziale di inquinamento è elevata nelle zone interessate da pratiche agricole e zootecniche, da allevamenti allo stato brado e da insediamenti abitativi.

Dal complesso emergono anche sorgenti mineralizzate a facies cloruro-sodica e solfuree. Le sorgenti salate generalmente emergono dalle argille del Messiniano superiore e del Pliocene inferiore e medio p.p., sono associate a vulcanelli di fango in superficie ed hanno tenore salino superiore anche a 20 g/l. La genesi è legata a salamoie presenti nei depositi messiniani e pliocenici e la risalita delle acque, lungo zone di frattura connesse ad elementi tettonici, è principalmente dovuta ad un'abbondante fase gassosa. Le sorgenti solfuree emergono soprattutto dalle argille messiniane e la genesi è legata a processi di lisciviazione e messa in soluzione dei livelli evaporitici.

**7**

**7 – Complesso idrogeologico della Formazione Gessoso-Solfifera (Messiniano).**

Da tale complesso, costituito da gessi, arenarie gessose, gessareniti ed argille bituminose, emergono sorgenti a facies solfato-calcica con arricchimenti in bicarbonati, magnesio e stronzio e con tenore salino superiore anche a 3 g/l. La ricarica degli acquiferi gessosi deriva soprattutto dalle piogge e dalle acque vadose presenti nei corpi arenacei pre e post evaporitici in contatto con i gessi. La circolazione delle acque è superficiale, non dispersiva, in circuiti brevi e legata al ciclo idrologico. Tali sorgenti hanno portate massime superiori anche ai 3 l/min.

**8**

**8 – Complesso idrogeologico dei depositi terrigeni della Formazione Marnoso-Arenacea e dei bacini torbiditici intra-appenninici minori (Miocene).**

I depositi sono rappresentati da una sequenza terrigena argilloso-marnosa con intercalazioni di arenarie e conglomerati. La circolazione idrica è limitata alle unità arenacee e conglomeratiche che, di spessore consistente, sono sede di falde perenni che alimentano il reticolo idrografico e le sorgenti maggiori. Le emergenze alimentate dai corpi arenacei, con regime annuale e portate minime inferiori a 1 l/s, sono numerose.

**9**

**9 – Complesso idrogeologico delle marne, marne calcaree e calcari marnosi dello Schlier, Bisciaro e Scaglia cinerea (Miocene-Oligocene).**

La circolazione idrica in tali depositi a bassa permeabilità è legata essenzialmente alla fratturazione. Le poche sorgenti alimentate da questo complesso, con portate esigue, sono associate ai livelli più calcarei in zone intensamente fratturate. La facies idrochimica è bicarbonato-calcica con tenore salino superiore anche a 0.5 g/l. Tale complesso, per motivi stratigrafici e strutturali, funge da acquicludde per gli acquiferi della Scaglia. Il ruscellamento predomina sull'infiltrazione.

### Schema idrogeologico - Legenda

Da tale schema è visibile che il tracciato interessa principalmente i complessi idrogeologici dei depositi eluvio-colluviali (1), delle pianure alluvionali (2), delle torbiditi messiniane (4) e delle marne e marne calcaree dello Schlier, Bisciaro e Scaglia cinerea (9), non evidenziando inoltre la presenza di sorgenti significative.

Considerando le caratteristiche dei terreni, intesi appunto come complessi idrogeologici,

nella carta idrogeologica la permeabilità relativa viene suddivisa nelle seguenti classi:

Terreni altamente permeabili (AP)

- depositi alluvionali attuali, recenti e terrazzati

Terreni scarsamente permeabili (SP)

- depositi eluvio-colluviali e accumuli di frana
- Formazione di Camerino (Associazione arenaceo-pelitica)
- Bisciario

Terreni a permeabilità molto bassa o impermeabili (IM)

- Formazione di Camerino (Associazione pelitica e pelitico-arenacea)
- Schlier
- scaglia cinerea

Nella tabella seguente vengono sintetizzate le principali caratteristiche di permeabilità dei complessi idrogeologici individuati:

Terreni	Unità	Litologia prevalente	Tipo permeabilità	Coefficiente permeabilità (K)
<b>AP</b> Altamente permeabili	Depositi alluvionali recenti e terrazzati	ghiaie sabbioso-limose	primaria per porosità	$K > 10^{-2} - 10^{-3} \text{m/s}$
<b>SP</b> scarsamente permeabili	Depositi colluviali (ec2) e accumuli di frana (a)	argille limose, limi argilloso-sabbiosi	primaria per porosità	$10^{-6} > K > 10^{-8} \text{m/s}$
	Formazione di Camerino (Associazione arenaceo-pelitica -Ap)	arenarie alternate a marne siltose	secondaria per fratturazione	
	Bisciario (BIS)	alternanze di calcari, calcari marnosi e marne	secondaria per fratturazione	
<b>IM</b> impermeabili	Formazione di Camerino (Associazione pelitica - Pel e pelitico-arenacea Pa)	peliti marnose e arenarie	secondaria per fratturazione	$K < 10^{-8} - 10^{-9} \text{m/s}$
	Schlier (Sch)	marne argillose e marne calcaree	secondaria per fratturazione	
	Scaglia cinerea (Scc)	marne acalcaree, marne argillose e calcari marnosi	secondaria per fratturazione	

**2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE****3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud****4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 42 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

In relazione ai differenti gradi di permeabilità dei terreni costituenti l'area studiata ed al loro assetto reciproco, è possibile schematizzare i seguenti modelli idrogeologici principali:

- i depositi alluvionali recenti e terrazzati a granulometria prevalentemente grossolana, sono generalmente sede di una cospicua circolazione idrica sotterranea e di falde perenni pur con notevoli escursioni annue di portata e variazioni locali (falda di subalveo del fiume Potenza);

- le coperture eluvio-colluviali sono generalmente sede di una circolazione idrica sotterranea più limitata e discontinua, strettamente connessa al regime delle precipitazioni meteoriche e dal loro assetto morfostratigrafico. Tale circolazione è sicuramente alimentata anche dai livelli del substrato a maggiore permeabilità, come ad esempio gli orizzonti arenacei di maggiore continuità e spessore della Formazione di Camerino.

- nella formazione di Camerino (alternanze marnoso-arenacee) la circolazione idrica è limitata alle unità arenacee (essenzialmente per fratturazione) che, quando presenti in consistenti spessori, sono sede di falde idriche che possono alimentare anche piccole sorgenti in genere caratterizzate da un regime stagionale e da portate estremamente variabili ma generalmente basse.

Tale differenziazione comporta anche implicazioni importanti di carattere ambientale in sede di progettazione, realizzazione e gestione della struttura stradale. La permeabilità dei terreni attraversati e la presenza di acquiferi potenzialmente vulnerabili, costituiscono la maggiore problematica dovuta alla possibilità di inquinanti di penetrare nelle acque di circolazione.

Nella carta idrogeologica sono stati riportati i piezometri realizzati nelle varie campagne geognostiche. Per i dati delle misure piezometriche eseguite nelle varie campagne si rimanda allo specifico elaborato.

Lungo il tracciato non è stata rilevata la presenza di sorgenti o altri punti d'acqua significativi.

Per quanto riguarda il principale acquifero alluvionale costituito dal F. Potenza, i dati piezometrici disponibili e la loro distribuzione areale non consentono una ricostruzione della morfologia della falda acquifera (isopiezometriche).

Si precisa che il livello di falda riportato nel profilo geologico e nelle sezioni geologiche trasversali si riferisce alla falda idrica che ha sede nelle coperture detritiche superficiali e nella porzione alterata del substrato.

	<b>2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud</b> <b>4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia</b> Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale								
	Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.progr.	REV.	Pag.diPag.
	L0703	213	E	02	GE0000	REL	01	B	43 di 68

## 7. DESCRIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO CON RIFERIMENTO AL TRACCIATO ED ALLE OPERE IN PROGETTO

Di seguito si descrivono, per tratti omogenei di unità fisiografiche, le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche del tracciato con particolare riguardo alle eventuali criticità presenti connesse alla realizzazione delle opere dell'infrastruttura.

### 7.1 DA PROGRESSIVA 0+000 A PROGRESSIVA. 3+900: VIADOTTO CASTELRAIMONDO, GALLERIA ARTIFICIALE "FEGGIANO 2", VIADOTTO "VALLONE", VIADOTTO "S. ANNA", GALLERIA "S. ANNA", VIADOTTO "S. PIETRO", GALLERIA ARTIFICIALE "SEANO

La parte iniziale del 3° stralcio, compresa tra gli svincoli Castelraimondo N e Castelraimondo S-Pioraco, si sviluppa con gallerie e viadotti per attraversare rilievi collinari e corsi d'acqua minori. L'attraversamento avviene in genere a mezzacosta rispetto ai rilievi, su depositi eluvio-colluviali (ec) che, in alcune vallecole aumentano notevolmente di spessore. Il tracciato interessa inoltre depositi alluvionali più antichi (Aate), posti quindi ad una quota maggiore rispetto alle alluvioni attuali di fondovalle.

I rilievi sono costituiti dalla Formazione torbidityca di Camerino.

Le indagini geognostiche eseguite nella campagna 2017 sono costituite da 10 sondaggi (X3.3, X3.4, X3.5, X3.6, X3.7, X3.7bis, X3.9, X3.10, X3.10bis e X3.14; A1.3, A2.3), attrezzati in gran parte a piezometri a T.A. Delle campagne precedenti (2002-2007) sono disponibili n. 6 prove penetrometriche (CP2208-PP20-PP21-PP22-PP23-PP24), n. 9 sondaggi (S28-S29-S30-S31-S32-S33-S34-BH17-BH18) n. 5 basi sismiche a rifrazione per la Galleria S. Anna (4-5-6-7-8) e n. 12 basi sismiche a rifrazione per il tratto iniziale del lotto fino al viadotto Castelraimondo (14-42-43-44-45-46-47-48-49-50-51-52).

Nell'ultima campagna di Agosto 2020 in questo tratto sono state eseguite diverse Basi sismiche, MASW e HVSR.

Per quanto attiene l'idrogeologia, in questo primo tratto la circolazione idrica in profondità è controllata prevalentemente dalla presenza dei depositi alluvionali sul fondovalle e dalle coltri colluviali sui versanti. I depositi alluvionali, nonostante siano a granulometria prevalentemente fine, nel complesso sono caratterizzati da permeabilità variabile, tendenzialmente media, sia verticalmente che orizzontalmente. Ne risulta la presenza di una falda acquifera contenuta nei depositi stessi e limitata inferiormente dal substrato della Formazione di Camerino. Anche nei depositi alluvionali terrazzati antichi presenti in lembi alla sommità dei rilievi è presente una falda acquifera di spessore comunque più limitato e morfologia condizionata dalle condizioni di contatto con il substrato. Le coltri colluviali che ricoprono i versanti sono invece sede di una circolazione idrica più limitata concentrata soprattutto in corrispondenza del passaggio stratigrafico con il substrato.

I dati disponibili piezometrici disponibili per il tratto in questione si riferisce a quattro piezometri a tubo aperto installato nella campagna 2002-2004.

**2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud**
**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Traffo 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 44 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

Sondaggio	Livelli piezometrici misurati (prof. in metri dal p.c.)			
	data	min.	data	max
BH17	09/11/2007	-10,04	23/04/2008	-5,27
BH18	29/12/2004	-10,13	11/12/2005	-10,10
S29	06/11/2002	-6,64	03/12/2002	-0,72
S34	25/11/2002	8,94	12/11/2002	-7,07

Per quanto riguarda invece la nuova campagna 2017 sono disponibili i seguenti dati riferiti ai seguenti sondaggi attrezzati con piezometri a tubo aperto.

Sondaggio	Livelli piezometrici misurati (prof. in metri dal p.c.)			
	data	min.	data	max
X3.3	15/06/2017	-1,8	22/05/2019	-1,50
X3.4	13/06/2017	-4,27	22/05/2019	-3,44
X3.5	11/12/2019	-4,28	24/05/2017	-3,38
X3.6	16/12/2019	-12,29	24/05/2017	-11,63
X3.7bis	13/06/2017	-2,72	22/05/2019	-1,56
X3.10	13/06/2017	-1,87	16/12/2019	-0,57
X3.13	13/06/2017	-2,88	24/05/2017	-2,47
X3.14	13/06/2017	-9,53	24/05/2017	-8,07

Le principali opere d'arte presenti sono: viadotto Castelraimondo, galleria artificiale "Feggiano 2", viadotto "Vallone", viadotto "S. Anna", galleria "S. Anna", viadotto "S. Pietro", galleria artificiale "Seano".

### **Viadotto Castelraimondo**

Il viadotto Castelraimondo (L=240m), di attraversamento del Rio Lipidoso, insiste sui depositi di copertura principalmente alluvionali (Are-Ate) e in parte colluviali (ec), poggianti sul substrato della Formazione di Camerino - litofacies arenaceo-pelitica. Non vi sono criticità riguardo alla stabilità dei versanti ed ai fenomeni di erosione in alveo.

### **Galleria artificiale Feggiano 2**

La galleria artificiale Feggiano 2 (L=40m) attraversa depositi alluvionali terrazzati antichi (Aate) a granulometria prevalentemente fine, poggianti sulla litofacies arenaceo-pelitica della Formazione di Camerino.

Si tratta di terreni sciolti incoerenti che nelle fasi di scavo dovranno essere modellati con pendenze adeguate e/o opere di sostegno (paratie di pali).

Venute idriche possono essere intercettate nella zona di passaggio al substrato.

### **Viadotto Vallone**

Il viadotto Vallone (L=210m) interessa in gran parte i depositi colluviali a granulometria

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

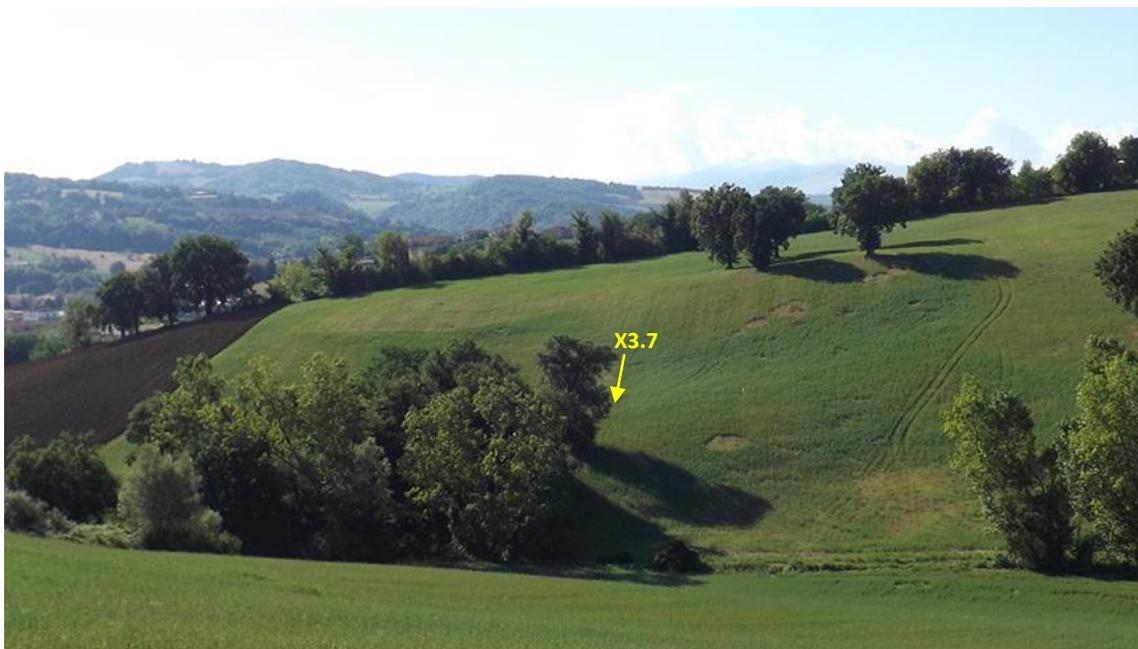
Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 45 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------

prevalentemente fine (ec2) caratterizzati da elevati spessori sul versante in sponda dx (>15m), mentre soltanto in corrispondenza della spalla N l'opera interessa i depositi alluvionali terrazzati antichi (Aate), anch'essi a granulometria prevalentemente fine. Il substrato è costituito dalla Formazione di Camerino - litofacies arenaceo-pelitica.

da prog. 1+660 a prog. 1+755

il tracciato stradale interferisce con un'area P.A.I. censita con il codice F-16-0707, a rischio e pericolosità "moderati" (R1-P1), ubicata sul versante in destra idrografica del fosso attraversato dal viadotto Vallone in progetto. All'interno di tale perimetrazione i rilievi geomorfologici di superficie hanno individuato un fenomeno di frana cartografato nell'elaborato L0703213E02GE0000PLA33A (1a - prog. 1+620-1+704).



*Panoramica da nord e da est dell'area in dissesto*

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 46 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

Nell'area in frana sono stati realizzati due sondaggi X3.7 e X3.7bis rispettivamente attrezzati con tubo inclinometrico e come piezometro a tubo aperto. Nell'elaborato L0703213E02GE0000PLA33A (1b) vengono riportate due sezioni, di cui una in asse tracciato e l'altra trasversale allo stesso, in cui viene schematizzato il modello di frana ipotizzato. Il fenomeno di frana, che coinvolge i depositi colluviali (ec2) per spessori massimi dell'ordine dei 7-8m, può essere classificato come uno "scorrimento". Sulla base degli attuali effetti di superficie, tale fenomeno può essere classificato nel complesso come "quiescente", anche se non si esclude la possibilità di deformazioni superficiali in lenta evoluzione a carico degli strati più superficiali del corpo di frana stesso. Il monitoraggio inclinometrico nel periodo mag 2017-sett 2020 ha infatti evidenziato soltanto lenti movimenti superficiali tipo "creep" fino a 2-3m di profondità con uno spostamento cumulativo dell'ordine dei 5-6mm.

### Viadotto S. Anna

Il viadotto S. Anna (L=100m) inetressa i depositi di copertura colluviali a grana fine (ec2) caratterizzati da spessori massimi dell'ordine dei 10-12 m, poggianti sul substrato della Formazione di Camerino - litofacies arenaceo-pelitica.

da prog. 2+110 a prog. 2+120

il tracciato stradale interferisce marginalmente con un fenomeno di dissesto che interessa il versante nord dell'incisione valliva attraversata dal *viadotto S. Anna* (nell'elaborato L0703213E02GE0000PLA33A - 2a). Tale fenomeno, cartografato su base geomorfologica, è classificabile come uno "scorrimento" prevalentemente *traslativo* molto superficiale (spessore massimo coinvolto < 5,0 m), attualmente *quiescente*. Nella sezione G2a (nell'elaborato L0703213E02GE0000PLA33A - 2b) viene schematizzato il modello di frana ipotizzato sulla base dei dati disponibili.



*Panoramica da sud dell'area in dissesto*

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

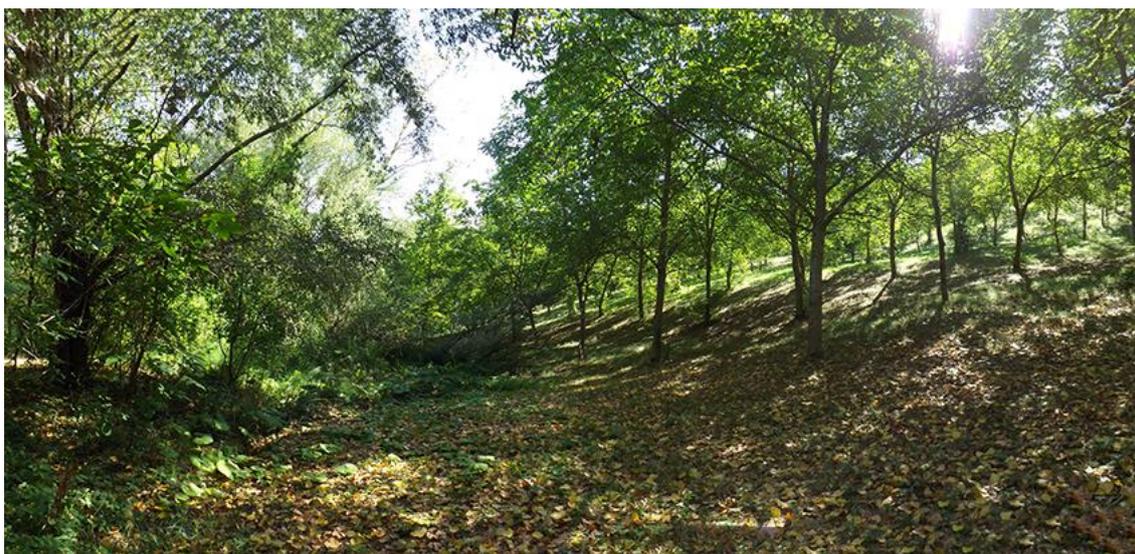
Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 47 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

da prog. 2+220 a prog. 2+240

il tracciato stradale interferisce con un'area P.A.I. censita con il codice F-16-0945, a rischio e pericolosità "moderati" (R1-P1), ubicata sul versante in destra idrografica del fosso attraversato dal viadotto S. Anna in progetto. All'interno di tale perimetrazione, i rilievi geomorfologici di superficie hanno individuato un fenomeno di frana cartografato nell'elaborato L0703213E02GE0000PLA33A (2a - prog. 2+220-2+240) che lambisce marginalmente il tracciato come schematizzato nella sezione G2b (2a). Anche in questo caso il fenomeno di frana è inquadrabile prevalentemente in uno "scorrimento" attualmente "quiescente".



*Panoramica da nord-est dell'area in dissesto*



*Particolare del piede dell'area in frana in prossimità del tracciato in progetto*

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 48 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

### **Galleria S. Anna**

La galleria S. Anna (L=195m) attraversa in gran parte la litofacies arenaceo-pelitica ed una più sottile intercalazione pelitica, con massima copertura pari a circa 15m.

La permeabilità dell'ammasso roccioso interessato dallo scavo bassa e medio-bassa determina la possibilità di stillicidi.

Le aree di imbocco si presentano stabili.

### **Viadotto S. Pietro**

Il viadotto S. Pietro (L=100m) interessa i depositi di copertura colluviali a grana fine (ec2) caratterizzati anche da spessori superiori ai 15m, poggianti sul substrato della Formazione di Camerino- litofacies arenaceo-pelitica.

da prog. 2+620 a prog. 2+680

il tracciato stradale interferisce marginalmente con un'area P.A.I. censita con il codice F-16-0944, a rischio "moderato" (R1) e pericolosità "media" (P2), ubicata sul versante in sinistra idrografica del fosso attraversato dal viadotto S. Pietro in progetto (L0703213E02GE0000PLA33A – 3a). La perimetrazione interessa gran parte del versante sud-orientale del rilievo collinare su cui sorge il nucleo abitato omonimo in cui tuttavia i rilievi geomorfologici di superficie non hanno evidenziato allo stato attuale forme, depositi e processi in atto ben definiti legati all'azione della gravità, anche se non si esclude a priori la presenza di movimenti superficiali lenti a carico delle coltri di copertura colluviale. Nell'area perimetrata P.A.I. di interesse progettuale sono stati comunque realizzati due sondaggi X3.10 e X3.10bis rispettivamente attrezzati con piezometro a tubo aperto e con tubo inclinometrico. Anche in questo caso il monitoraggio inclinometrico, nel periodo mag. 2017-sett. 2020, ha evidenziato soltanto lenti movimenti superficiali tipo "creep" fino a 2-3m di profondità con spostamenti cumulati dell'ordine dei 5-6mm. Nell'elaborato L0703213E02GE0000PLA33A (3b) si riporta una sezione in asse tracciato stradale con indicata la perimetrazione in oggetto e l'ubicazione delle indagini di monitoraggio eseguite.



*Panoramica da sud dell'area PAI F-16-0944*

### Galleria artificiale Seano

La galleria artificiale Seano (L=35m) attraversa la coltre colluviale (ec2) e i depositi alluvionali terrazzati antichi (Aate2), entrambi a granulometria prevalentemente fine, poco sopra il contatto con il substrato costituito dalla litofacies pelitico-arenacea della Formazione di Camerino.

Si tratta di terreni sciolti incoerenti che nelle fasi di scavo dovranno essere modellati con pendenze adeguate e/o opere di sostegno (paratie di pali).

Venute idriche possono essere intercettate nella zona di passaggio al substrato a bassa permeabilità.

## **7.2 DA PROG. 3+900 A PROG. 4+500: VIADOTTO POTENZA**

Dopo lo svincolo Castelraimondo Sud – Pioraco, si attraversa la piana alluvionale del fiume Potenza, tramite il viadotto “Potenza” (L=280m). I depositi alluvionali presenti sono formati in prevalenza da alternanze di ghiaie e sabbie, riferiti a diversi ordini di terrazzamento fluviale. Non sono presenti fenomeni franosi e/o aree esondabili segnalate nel PAI. Le scarpate di erosione fluviale che bordano l’incisione attuale del corso d’acqua si presentano in gran parte quiescenti, ben vegetate e stabili salvo limitati fenomeni di erosione localizzata.

Il substrato è costituito dalla Formazione di Camerino ed in particolare dalla litofacies pelitico-arenacea poco spessa (massimo una decina di metri) che passa stratigraficamente alla sottostante arenaceo-pelitica; nella parte centrale è assente l’associazione pelitico-arenacea ed il substrato è costituito direttamente da quella arenaceo-pelitica. La profondità del substrato in corrispondenza del viadotto “Potenza” è compresa tra 11 metri (spalla Nord) e 25-28 metri (spalla Sud).

I depositi alluvionali costituiscono l’acquifero della falda di subalveo del F. Potenza.

I dati disponibili delle campagne 2002-2005, riferiti ai piezometri a tubo aperto sono riassunti nella tabella seguente.

Sondaggio	Livelli piezometrici misurati (prof. in metri dal p.c.)			
	data	min.	data	max
S36	12/11/2002	-1,48	25/11/2002	-1,2
BH7	07/12/2004	-25,04	11/12/2005	-25,01

Per quanto riguarda invece la campagna 2017 sono disponibili i seguenti dati riferiti ai seguenti sondaggi attrezzati a piezometri a tubo aperto.

Sondaggio	Livelli piezometrici misurati (prof. in metri dal p.c.)			
	data	min.	data	max
X3.17	13/06/2017	-21,48	22/05/2019	-18,18

Le indagini geognostiche eseguite nella campagna 2017 sono costituite da n. 2 sondaggi (X3.16, X3.17), di cui uno attrezzato come piezometro a T.A. Delle campagne precedenti (2002-2007)

sono disponibili una prova penetrometrica dinamica pesante e 2 sondaggi a carotaggio continuo (S36 e BH7).

Nella campagna Agosto 2020 sono state eseguite n.2 MASW e n.2 HVSR.

La presenza della falda freatica di subalveo del Potenza comporterà la necessità di incamiciare i pali di fondazione del viadotto, almeno nel primo tratto fino al raggiungimento del substrato.

### 7.3 DA PROG. 4+500 A PROG. 5+350: GALLERIA NATURALE MECCIANO

Il tracciato in progetto attraversa la struttura collinare di Mecciano (galleria naturale "Mecciano" L=810m). Da nord verso sud vengono attraversate: litofacies pelitico-arenacea, arenaceo-pelitica, intercalazione pelitica, arenaceo-pelitica e quindi pelitico-arenacea, sempre della Formazione di Camerino, facenti parte del fianco orientale della sinclinale di Camerino.

La massima copertura è pari a circa 60m.

La permeabilità dell'ammasso roccioso interessato dallo scavo bassa, medio-bassa e media determina la possibilità di stillicidi e limitate percolazioni.

Le indagini geognostiche eseguite nella campagna 2017 sono costituite da n. 3 sondaggi (A4.3, A5.3 e A7.3). Sono stati inoltre realizzati altri due sondaggi a distruzione di monitoraggio (X3.19, X3.19bis) in sostituzione di quelli eseguiti nel 2007 (SN2226-SN2226bis). Delle campagne precedenti (2002-2007) sono anche disponibili 4 sondaggi a rotazione a carotaggio continuo (S38-S39, BH8-BH9), oltre a n. 2 basi sismiche a rifrazione in corrispondenza dell'imbocco nord (T11-T12).

Per quanto riguarda l'assetto idrogeologico, mentre le litofacies pelitica e pelitico-arenacea e lo Schlier sono classificabili tra i litotipi praticamente impermeabili, nella litofacies arenaceo-pelitica una modesta circolazione idrica può avvenire limitatamente ai corpi arenacei.

I dati disponibili delle campagne 2004-2008, sono riassunti nella tabella seguente.

Sondaggio	Livelli piezometrici misurati (prof. in metri dal p.c.)			
	data	min.	data	max
BH8	07/12/2004	-6,73	11/12/2005	-6,70
BH9	23/12/2007	-9,39	23/04/2008	-5,99
SN2226bis – cella 1	19/07/2007	-0,92	23/05/2008	+0,05
SN2226bis – cella 2	19/03/2008	-0,27	19/07/2007	-1,36

Per quanto riguarda invece la nuova campagna 2017 sono disponibili i seguenti dati riferiti ai seguenti sondaggi attrezzati a piezometri a tubo aperto.

Sondaggio	Livelli piezometrici misurati (prof. in metri dal p.c.)			
	data	min.	data	max
X3.18	11/12/2019	-7,70	20/05/2019	-6,62
X3.19bis	22/05/2017	-13,61	24/05/2017	-4,39

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 51 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------

Gli imbocchi interessano i depositi colluviali/accumuli di frana ed i depositi alluvionali a granulometria prevalentemente fine, che possono tuttavia essere sede di una circolazione idrica sotterranea non trascurabile.

da prog. 4+460 a prog. 4+630 (imbocco Nord)

il tracciato stradale (imbocco nord *Galleria Mecciano*) interferisce con un movimento franoso che interessa la porzione medio bassa del versante in destra idrografica del F. Potenza (L0703213E02GE0000PLA33A - 4a). I sondaggi eseguiti nella campagna 2007 (SN2226-SN2226bis) hanno evidenziato uno spessore considerevole delle coltri detritiche di copertura (circa 16m), rilevando anche una certa complessità di tipo idrogeologico (locali falde in pressione). In considerazione che le strumentazioni di monitoraggio installate nel 2007 sono state distrutte, le stesse sono state successivamente ripristinate (X3.19-X3.19bis). Le misure eseguite nel tubo inclinometrico X3.19 tra mag. 2017 e sett. 2020 hanno evidenziato soltanto movimenti molto lenti tipo "creep" fino a 2,0 m di profondità con spostamento cumulativo di poco superiore ai 3mm. Nell'elab. L0703213E02GE0000PLA33A (4b) viene riportata una sezione in asse tracciato in cui viene schematizzato il modello di frana ipotizzato. Trattasi essenzialmente di un fenomeno composito, prevalentemente di tipo "*scorrimento traslativo*", attualmente classificabile nel complesso come "*quiescente*" sulla base dei dati di superficie e di monitoraggio disponibili. Lo spessore massimo del corpo di frana è stato ipotizzato nell'ordine dei 5-6m.



## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 52 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------



*Panoramica da nord dell'area in frana*

Subito dopo l'imbocco sud della galleria Mecciano, tra le progressive 5+310 e 5+445, il tracciato interferisce marginalmente con la perimetrazione PAI **F-16-0694** - censita come R1-P1.

da prog. 5+310 a prog. 5+420 (imbocco Sud)

il tracciato stradale interferisce marginalmente con un'area P.A.I. censita con il codice F-16-0694, a rischio e pericolosità "moderati" (R1-P1), ubicata sul versante in sinistra idrografica del fosso di Palente (L0703213E02GE0000PLA33A - 5a). Allo stato attuale i rilievi geomorfologici di superficie nell'area interessata dal tracciato stradale, non hanno evidenziato forme, depositi e processi morfogenetici in atto ben definiti legati all'azione della gravità, considerando anche il fatto che l'area perimetrata PAI corrisponde in gran parte ad un terrazzo alluvionale. Nell'area perimetrata P.A.I. di interesse progettuale sono stati comunque realizzati due sondaggi X3.18 e X3.18bis rispettivamente attrezzati con piezometro a tubo aperto e con tubo inclinometrico. Il monitoraggio inclinometrico, nel periodo mag. 2017-sett. 2020, non ha evidenziato spostamenti significativi. Nell'elab. L0703213E02GE0000PLA33A (5b) si riporta una sezione in asse tracciato stradale con indicata la perimetrazione PAI in oggetto e l'ubicazione delle indagini di monitoraggio eseguite.



*Panoramica da est del versante con perimetrazione PAI F-16-0694*

#### 7.4 DA PROG. 5+350 A PROG 9+580 CIRCA: VIADOTTO CESARA E PONTE PALENTE

Il tracciato si sviluppa lungo il fondo valle in sinistra idrografica del Fosso Palente, affluente di destra del Fiume Potenza, tra l'imbocco sud della Galleria "Mecciano" ed il Ponte Palente. Il tracciato intercetta i depositi di copertura prevalentemente alluvionali (Ate) sia grossolani che fini e subordinatamente colluviali fini (ec2) di spessore compreso tra 7 e 20m circa.

Il substrato è costituito inizialmente dalla Formazione di Camerino (alternanza di associazioni arenaceo-pelitica e pelitico-arenacea) e nel tratto terminale dalla Formazione dello Schlier, attraverso un contatto per paleo-scarpata impostata sulla faglia sinsedimentaria.

In tale tratto i rilievi geomorfologici non hanno evidenziato fenomeni di instabilità in atto; anche se in linea generale non si esclude la presenza localizzata di deformazioni lente degli strati più superficiali delle coltri colluviali limoso-argillose. Inoltre in tale tratto non sono presenti perimetrazioni PAI. Un fenomeno di instabilità è stato evidenziato al termine del tratto in oggetto in prossimità della spalla sud del ponte Palente.

La presenza di depositi alluvionali e colluviali su un substrato a bassa permeabilità determina la presenza di una falda idrica libera superficiale il cui livello si attesta alle profondità di seguito indicate, con riferimento ai piezometri installati.

I dati disponibili della campagna 2007-2008, sono riassunti nella tabella seguente.

Sondaggio	Livelli piezometrici misurati (prof. in metri dal p.c.)			
	data	min.	data	max
S40	11/09/2007	-3,83	19/03/2008	-2,95

Per quanto riguarda invece la campagna 2017-2020 sono disponibili i seguenti dati riferiti ai seguenti sondaggi attrezzati a piezometri a tubo aperto.

**2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud**
**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 54 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

Sondaggio	Livelli piezometrici misurati (prof. in metri dal p.c.)			
	data	min.	data	max
X3.20	16/12/2019	-7,82	22/05/2019	-7,69
X3.22	13/06/2017	-12,78	20/05/2019	-11,71
X4.1	13/06/2017	-7,46	11/12/2019	-6,50
X4.3	13/06/2017	-5,13	11/12/2019	-3,82

Il tratto termina con il viadotto Cesara (L=100m), in corrispondenza dello svincolo di Camerino Nord, ed il Ponte Palente (L=50m) impostato sui depositi alluvionali sia grossolani che fini appartenenti a diversi ordini di terrazzamento, poggianti sulla Formazione dello Schlier.

Durante la campagna 2017 sono stati eseguiti n. 6 sondaggi (X3.18, X3.18bis X3.20, X3.22, X4.1, X4.3), mentre nelle campagne precedenti erano state effettuate 4 prove penetrometriche dinamiche di tipo pesante ed un sondaggio meccanico (S40).

Nella campagna Agosto 2020 sono state eseguite basi sismiche a rifrazione, MASW e HVSR.

La presenza della falda freatica nei depositi alluvionali comporterà la necessità di incamiciare i pali di fondazione del viadotto Cesara e del Ponte Palente, almeno nel primo tratto fino al raggiungimento del substrato.

da prog. 9+510 a prog. 9+580

il tracciato stradale interferisce marginalmente con il piede di un esteso movimento franoso complesso che interessa gran parte del versante in destra idrografica del T. Palente (L0703213E02GE0000PLA33A - 6a). Lo spessore delle coperture colluviali risulta di almeno 10 m, sovrapposte direttamente ai depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi. Nel 2007 il dissesto era stato monitorato con il sondaggio SN2236 attrezzato con tubo inclinometrico che tuttavia non è risultato più misurabile. Per tale motivo si è proceduto alla installazione di un nuovo tubo inclinometrico (X4.3bis) che nel periodo mag. 2017-sett. 2020 ha evidenziato soltanto lenti movimenti superficiali tipo "creep" al massimo fino a 2,0 m di profondità con uno spostamento cumulativo di 3-4 mm. Tale fenomeno, cartografato su base geomorfologica, è classificabile come uno "scorrimento" prevalentemente *traslativo* molto superficiale nell'area interessata dal tracciato (spessore massimo coinvolto 4,0-5,0 m), attualmente *quiescente*. Nell'elab. L0703213E02GE0000PLA33A (6b) vengono riportate due sezioni in cui viene schematizzato il modello di frana ipotizzato sulla base dei dati disponibili (sezione in asse tracciato e sezione trasversale n. 506).

### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 55 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------



*Panoramiche da sud ovest dell'area in dissesto interferente con il tracciato*

#### 7.5 DA PROGRESSIVA 9+580 A PROGRESSIVA 11+068

Il tracciato corre alla base del versante del rilievo collinare su cui sorge l'abitato di Camerino, costeggiando in destra idrografica uno dei fossi minori tributati del T. Palente.

Il tracciato intercetta prevalentemente i depositi di copertura colluviale prevalentemente fini (ec2), e localmente direttamente la Formazione dello Schlier che rappresenta il substrato del tratto considerato.

Il tracciato intercetta prevalentemente i depositi di copertura colluviale prevalentemente fini (ec2) scarsamente permeabili, e localmente direttamente la Formazione dello Schlier che rappresenta il substrato impermeabile del tratto considerato. Le coltri di copertura colluviale sono pertanto sede di una circolazione idrica non trascurabile, soprattutto alla base del versante attraversato.

**2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**
**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud**
**4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 56 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

I dati disponibili delle campagne 2007-2008, sono riassunti nella tabella seguente.

Sondaggio	Livelli piezometrici misurati (prof. in metri dal p.c.)			
	data	min.	data	max
SN2238	09/11/2007	-4,88	22/04/2008	-1,73

Per quanto riguarda invece la nuova campagna 2017-2020 sono disponibili i seguenti dati riferiti ai seguenti sondaggi attrezzati a piezometri a tubo aperto.

Sondaggio	Livelli piezometrici misurati (prof. in metri dal p.c.)			
	data	min.	data	max
X4.4bis	13/06/2017	-14,72	24/05/2017	-5,30
X4.5	13/06/2017	-5,47	11/12/2019	-2,20

Le indagini geognostiche eseguite nella campagna 2017 sono costituite da n. 1 sondaggio (X4.5). Sono stati inoltre realizzati altri tre sondaggi a distruzione per il ripristino della rete monitoraggio (X4.3, X4.4, X4.4bis) in sostituzione di quelli eseguiti nel 2007 (SN2236-SN2238-SN2238bis). Delle campagne precedenti (2002-2007) è anche disponibile 1 sondaggio a rotazione a carotaggio continuo (S41), oltre a n. 2 basi sismiche a rifrazione nella parte iniziale del tratto considerato (T23-T24).

In questo tratto nella campagna Agosto 2020 sono state eseguite basi sismiche a rifrazione, MASW e HVSR.

Tale versante è interessato da estesi fenomeni di frana che coinvolgono in parte anche il tracciato in progetto.

da prog. 10+540 a prog. 10+830

il tracciato stradale attraversa il piede di un esteso movimento franoso complesso che coinvolge gran parte del versante occidentale del rilievo collinare su cui sorge l'abitato di Camerino (L0703213E02GE0000PLA33A - 7a). I sondaggi eseguiti nella campagna 2007 (SN2238-SN2238bis) hanno evidenziato uno spessore delle coltri di copertura potenzialmente instabili di almeno 10m, mentre le relative misure inclinometriche realizzate (SN2238) tra il 2007 ed il 2009 rilevavano soltanto movimenti lenti molto superficiali (fino a 2m). A seguito della successiva distruzione della rete di monitoraggio, nel 2017 sono stati realizzati due nuovi punti di misura (X4.4 – inclinometro; X4.4bis – piezometro a tubo aperto). Nel periodo mag. 2017-sett. 2020 le misure inclinometriche nel tubo X4.4 hanno evidenziato movimenti più significativi fino a 4,0 m di profondità (spostamento cumulativo fino a 25 mm), e movimenti più lenti fino a circa 7-8m (2-3mm). Dall'analisi del monitoraggio (profondità e direzione di movimento) e degli effetti di superficie derivanti dagli ultimi rilievi geomorfologici, è stato possibile differenziare l'accumulo di frana principale in funzione dei fenomeni in atto e dello stato di attività. Come cartografato nell'elab. L0703213E02GE0000PLA33A (7a) all'interno del corpo di frana principale è stata distinta una porzione attualmente attiva che da poco a monte dell'area interessata dal tracciato coinvolge la strada comunale e parte del versante sovrastante. Nell'elab. L0703213E02GE0000PLA33A - (7b-c) vengono riportate alcune sezioni con schematizzati i modelli di frana ipotizzati e le potenziali interferenze con il tracciato in progetto. La tipologia prevalente dei corpi di frana ricostruiti è rappresentata da "scorrimenti traslativi" che coinvolgono

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 57 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------

le coltri di copertura colluviale (ec2) e/o la porzione più alterata del substrato, per spessori massimi di poco superiori ai 10 m. Localmente i movimenti franosi possono anche evolvere in veri e propri *colamenti* anche in funzione delle condizioni idrauliche dei terreni coinvolti.

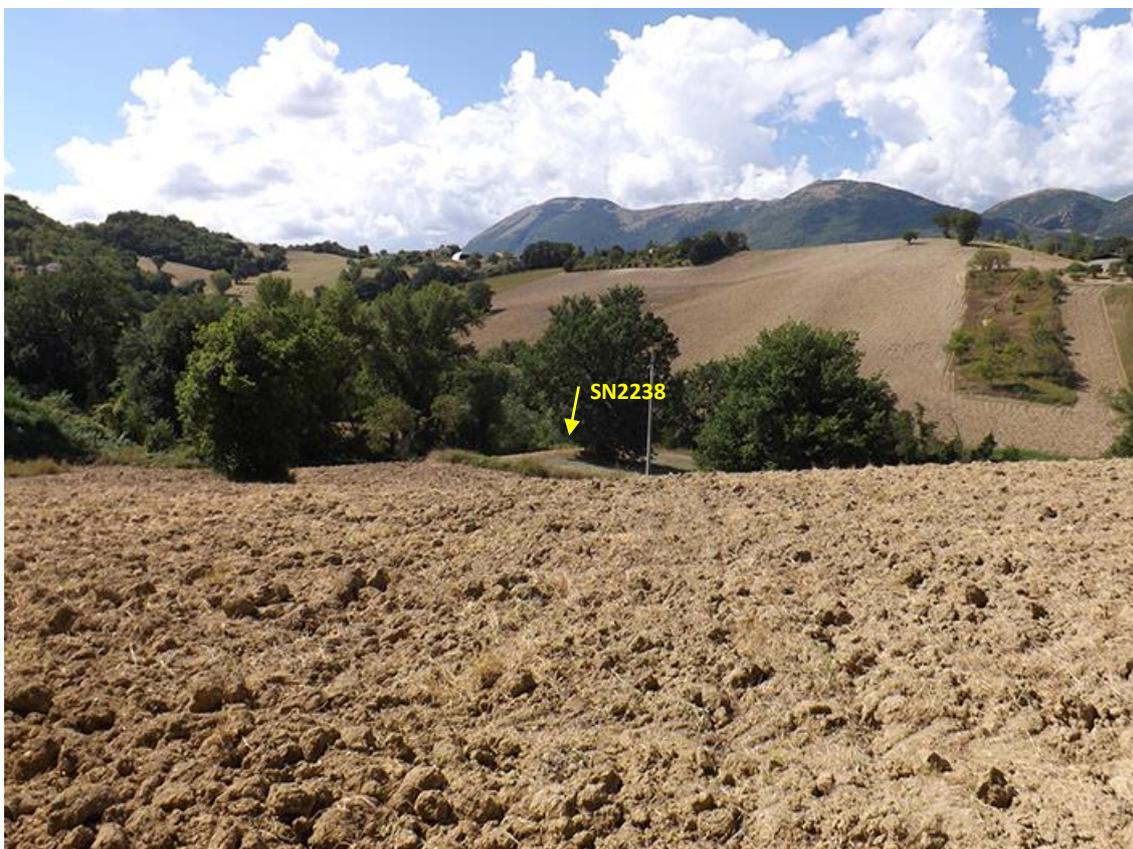


*Panoramica da ovest del versante in frana*



*Particolare dei dissesti attivi in corrispondenza della strada comunale*

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 58 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------



*Panoramica del versante a valle della strada comunale*

In tale contesto nel caso di tracciato in scavo si dovranno prevedere opere preventive di sostegno quali paratie di pali ed opere di drenaggio profondo in grado di evitare condizioni idrauliche critiche nel pondio.

## **7.6 DA PROG 11+068 A PROG. 11+730: GALLERIA NATURALE S. BARBARA**

Il tracciato attraversa tramite la Galleria naturale "S. Barbara" (L=662m) il crinale collinare su cui sorge l'abitato di Camerino e che fa da spartiacque tra i bacini idrografici dei fiumi Potenza e Chienti. Il substrato è costituito dalla Formazione dello Schlier con copertura massima pari a circa 37m.

La permeabilità d'insieme dell'ammasso roccioso interessato dallo scavo è bassa e molto bassa; localmente possono verificarsi stillicidi.

Agli imbocchi non sono stati rilevati movimenti franosi in atto o quiescenti e non sono censite aree PAI.

Il substrato attraversato è costituito dalla Formazione dello Schlier classificabile nel complesso come scarsamente permeabile. Gli imbocchi sono invece caratterizzati dai depositi colluviali a granulometria prevalentemente fine che, anche se scarsamente permeabili, possono essere sede di una circolazione idrica non trascurabile soprattutto in corrispondenza del contatto stratigrafico con il substrato.

	<b>2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud</b> <b>4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia</b> Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale							
	Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B

I dati piezometrici disponibili delle campagne 2004-2005, sono riassunti nella tabella seguente.

Sondaggio	Livelli piezometrici misurati (prof. in metri dal p.c.)			
	data	min.	data	max
BH10	07/12/2004	-6,20	11/12/2005	-6,15

Per quanto riguarda invece la nuova campagna 2017-2020 sono disponibili i seguenti dati riferiti ai seguenti sondaggi attrezzati a piezometri a tubo aperto.

Sondaggio	Livelli piezometrici misurati (prof. in metri dal p.c.)			
	data	min.	data	max
X4.6	13/06/2017	-8,15	24/05/2017	-5,42

Le indagini geognostiche eseguite nella campagna 2017 sono costituite da n. 3 sondaggi (X4.6-A9.3-A10.3), mentre nelle precedenti campagne erano stati realizzati due sondaggi a rotazione (BH10 e BH14) oltre che diversi stendimenti di sismica a rifrazione agli imbocchi nord (T13-T14-T20-T21) e sud (T15-T16-T17-T18).

## 7.7 DA PROG. 11+730 A PROG. 13+155

Il tracciato prosegue nella valle del Rio Scortacchiari fino al raccordo con la SP Varanese in corrispondenza della lottizzazione artigianale "Rio", attraversando le coperture colluviali (ec2), talora in frana (a) ed i depositi alluvionali (Ate) prevalentemente ghiaiosi; detti depositi poggiano prevalentemente sullo Schlier, tranne la parte finale, dove passano alla litofacies pelitico-arenacea della F. di Camerino, sempre attraverso un contatto verosimilmente per paleo-scarpata impostata su faglia sin-sedimentaria.

I depositi di copertura sono sede di una circolazione idrica non trascurabile con livelli che, localmente, possono essere anche prossimi al piano di campagna.

I dati disponibili delle campagne 2004-2008, sono riassunti nella tabella seguente.

Sondaggio	Livelli piezometrici misurati (prof. in metri dal p.c.)			
	data	min.	data	max
BH12	29/12/2004	-4,72	11/12/2005	-4,70
SN2242bis	10/10/2007	-3,46	23/04/2008	-1,36
SN2244bis	19/07/2007	-4,92	19/03/2008	-0,28

Nella campagna 2017 in tale tratto non sono state eseguite indagini, mentre in quelle precedenti sono stati eseguiti n. 5 sondaggi (BH12-SN2242-SN2242bis-SN2244-SN2244bis).

In questo tratto nella campagna Agosto 2020 sono state eseguite basi sismiche a rifrazione,

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 60 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

MASW e HVSR.

da prog. 11+820 a prog. 12+080

il tracciato stradale attraversa il piede di un esteso movimento franoso, complesso, che coinvolge gran parte del versante (allegato 8a). I sondaggi eseguiti nella campagna 2007 (SN2238-SN2238bis) hanno evidenziato uno spessore delle coltri di copertura di almeno 15 m, mentre le relative misure inclinometriche realizzate (SN2242) tra il 2007 ed il 2009 rilevavano soltanto movimenti significativi fino 4m di profondità (spostamento cumulativo fino a 20mm). Anche in questo caso trattasi di corpi di frana coalescenti di tipologia prevalente “*scorrimenti traslativi*” che coinvolgono le coltri di copertura colluviale (ec2) e/o la porzione più alterata del substrato, per spessori massimi ipotizzati nell'ordine dei 12-14 m. Anche in questo caso localmente i movimenti franosi possono anche evolvere in veri e propri *colamenti*, anche in funzione delle condizioni idrauliche dei terreni coinvolti. Nell'elab. L0703213E02GE0000PLA33A (8b) vengono riportate alcune sezioni con schematizzati i modelli di frana ipotizzati e le potenziali interferenze con il tracciato in progetto.



*Panoramica da nord-ovest del versante in frana*

da prog. 12+420 a prog. 12+540

anche in questo caso il tracciato stradale attraversa il piede di un movimento franoso complesso “*quiescente*”, anche se di estensione e profondità minori del precedente (L0703213E02GE0000PLA33A - 9a). Il monitoraggio eseguito tra il 2007 ed il 2009 (SN2244) non ha evidenziato movimenti significativi. Trattasi di un fenomeno di “*scorrimento traslativo*” che coinvolge le coltri di copertura colluviale (ec2) e/o la porzione più alterata del substrato per spessori massimi ipotizzati nell'ordine dei 5-6 m. Nell'elab. L0703213E02GE0000PLA33A (9b) vengono riportate alcune sezioni con schematizzati i modelli di frana ipotizzati e le potenziali interferenze con il tracciato in progetto. In considerazione delle ridotte pendenze del piede del corpo di frana, è ipotizzabile in tale zona un accumulo per colamento sovrapposto ai depositi alluvionali di fondovalle (Ate1).

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 61 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------



*Panoramica da sud del versante in frana*



*Panoramica da nord della porzione medio bassa dell'area in frana*

da prog. 13+020 e fino al termine del lotto (rotatoria di collegamento alla SP 132 Varanese)

il tracciato stradale interessa marginalmente il piede di un esteso movimento franoso complesso in cui ricade gran parte dell'edificato esistente (Lottizzazione "Rio" - L0703213E02GE0000PLA33A - 10a). A partire dal 1986 l'area è stata oggetto di numerosi studi e indagini finalizzati a valutare la stabilità del versante in questione e la probabile interferenza

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 62 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

con l'edificato e la viabilità esistente. Da tali studi risultavano criticità relative alla stabilità concentrate soprattutto a monte della strada provinciale n. 132 "Varanese", in cui sono stati anche realizzati interventi di consolidamento. I rilievi geomorfologici attuali hanno confermato la presenza di un esteso movimento franoso complesso attualmente classificabile come "quiescente" sulla base degli attuali effetti di superficie. Questa condizione è sicuramente ipotizzabile per il piede del corpo di frana interessato dal tracciato stradale che risulta ubicato alla base di un'area intensamente urbanizzata in cui non sono stati rilevati indizi riconducibili ad una attività del fenomeno di frana (lesioni, deformazioni, ecc...). Nell'elab. L0703213E02GE0000PLA33A - 9b vengono riportate alcune sezioni con schematizzato il modello di frana ipotizzato e le potenziali interferenze con il tracciato in progetto, da cui risulta uno spessore massimo dell'ordine dei 10 m dell'accumulo di frana stesso.



*Panoramiche da sud del versante in frana*

In tale contesto nel caso di tracciato in scavo si dovrà valutare la necessità o meno di prevedere opere preventive di sostegno quali paratie di pali ed opere di drenaggio profondo in grado di evitare condizioni idrauliche critiche nel pendio.

## 7.8 ADEGUAMENTO SP256

Questo tratto, che comprende la SP256 esistente fino alla nuova rotatoria all'inizio del By-Pass di Muccia, intercetta le coltri di copertura colluviali a fine granulometria (ec2), talora in frana, poggianti principalmente sul substrato dello Schlier e solo nell'ultimo tratto della Scaglia cinerea e del Bisciario. Tali formazioni sono organizzate strutturalmente in sinclinali ed anticlinali molto strette.

Le indagini geognostiche sono state realizzate nelle campagne precedenti al 2017 e sono consistite in n. 8 sondaggi (SN2131-SN2132-SN2133-SN2134-SN2134bis-SN2135-SN2136-SN2137), 2 basi sismiche a rifrazione (BS2124-BS2125) e n.6 pozzetti esplorativi (PZ2118-PZ2119-PZ2120-PZ2121-PZ2122-PZ2123).

I depositi di copertura sono sede di una circolazione idrica non trascurabile con livelli che, localmente, possono essere anche prossimi al piano di campagna.

I dati piezometrici disponibili delle campagne 2004-2008, sono riassunti nella tabella seguente.

Sondaggio	Livelli piezometrici misurati (prof. in metri dal p.c.)			
	data	min.	data	max
SN2131	19/07/2007	-0,22	10/10/2007	-0,00
SN2132	10/10/2007	-9,60	19/03/2008	-3,10
SN2134bis	09/11/2007	-9,44	05/04/2007	-8,04
SN2135	11/09/2007	-14,11	19/03/2008	-10,81
SN2136	19/07/2007	-2,93	05/04/2007	-0,35
SB2137	10/10/2007	-3,50	19/03/2008	-0,14

Nel tratto della SP256 oggetto di lavori di adeguamento sono stati evidenziati n. 2 fenomeni di frana che determinano deformazioni nell'attuale sede stradale.

Il più significativo riguarda il tratto finale dove è prevista la rotatoria.

rotatoria fine tratto in adeguamento SP 256 Muccese (prog. 4+180-4+230)

l'area in cui verrà realizzata la rotatoria in progetto è interessata da alcuni movimenti franosi che coinvolgono attualmente sia la strada provinciale ed il versante fino al corso d'acqua sottostante. I risultati dei rilievi geomorfologici vengono riportati nell'elab. L0703213E02GE0000PLA33A (11a), in cui si individuano due corpi di frana distinti. Per quello che interessa principalmente la rotatoria in tav. 11b è stata ricostruita una sezione significativa in cui viene schematizzato il modello di frana ipotizzato. Trattasi di uno "scorrimento roto-traslazionale" che coinvolge i depositi di copertura colluviale (ec2) per spessori massimi dell'ordine dei 10-11m. Dalle evidenze di superficie è possibile classificare attualmente il fenomeno come "quiescente".

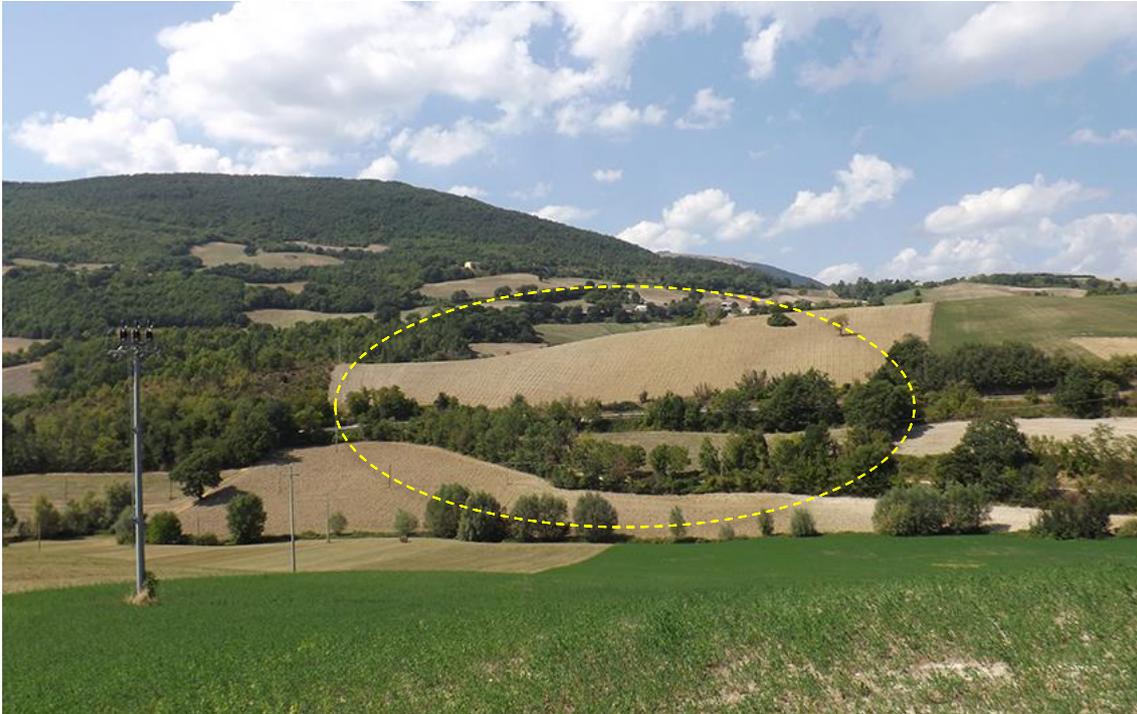
### 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 64 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------



*Panoramica da sud-est del versante in frana*



*Particolare dell'area in frana a monte della strada provinciale*

## 2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 65 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------



*Particolare della strada provinciale coinvolta nel movimento franoso*

Sulla base di quanto analizzato ed esposto nei precedenti paragrafi, le principali problematiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche che caratterizzano il tracciato in progetto e che hanno comportato l'adozione di particolari accorgimenti nella progettazione delle opere, possono essere così riassunte:

- instabilità dei versanti attraversati, con movimenti di frana superficiali che coinvolgono le coltri di copertura per spessori variabili tra 3m e 5m e le cui cause principali sono state individuate nelle condizioni idrauliche critiche dei terreni coinvolti. Nei tratti interessati da fenomeni di instabilità in atto o potenziali sono stati pertanto adottati interventi di consolidamento mediante il drenaggio dei terreni in frana (trincee drenanti) e/o opere di sostegno (paratie), opere di rinforzo delle fondazioni.
- stabilità dei rilevati in relazione alle caratteristiche geotecniche dei terreni di sottofondo. I terreni di fondazione dei rilevati sono principalmente rappresentati dalle coltri di copertura eluvio-colluviale (ec2) e dai depositi alluvionali recenti a granulometria fine (Are2), di natura prevalentemente limoso-sabbioso-argillosa, di consistenza variabile e localmente molto compressibili anche in relazione alle condizioni di saturazione. Tali terreni rientrano prevalentemente nella categoria delle "terre limo-argillose" (CNR-UNI10006) con qualità portanti da mediocri a scadenti e per i quali sono pertanto necessari interventi di bonifica.
- stabilità dei fronti di scavo, nei tratti in trincea o a mezza costa in cui le particolari condizioni morfostratigrafiche, geotecniche ed idrogeologiche dei terreni attraversati consigliano di

**2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE****3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud****4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 66 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

contenere il più possibile le altezze dei fronti di scavo non sostenuti al di sotto dei 1,5-2,0m, adottando pertanto idonee opere di contenimento (paratie, terre armate, ecc..).

- potenziale interferenza con la circolazione idrica sotterranea, limitata essenzialmente ai tratti di attraversamento delle piane alluvionali sede di una falda acquifera freatica (in particolare quella del fiume Potenza). Tale interferenza può tuttavia riguardare soltanto opere minori (sottovia) o condizionare le opere di fondazione in fase esecutiva (viadotti).
- interferenza con l'idrologia superficiale e la dinamica dei corsi d'acqua. I corsi d'acqua interferenti con il tracciato, ad eccezione del F. Potenza, risultano di scarsa importanza idrologica e generalmente caratterizzati da un regime stagionale. Nei tratti di attraversamento non si evidenziano particolari problematiche di tipo morfogenetico tali da rendere necessarie opere di difesa spondale ad eccezione degli eventuali interventi di protezione di stretta pertinenza del tracciato.
- presenza di gas ed aggressività dei terreni e delle acque circolanti, riscontrata per le unità del substrato appartenenti allo Schlier ed alla Formazione di Camerino. Per tali problematiche si rimanda allo specifico Par. 3.4 di cui sopra ed alla relazione tecnica specialistica.

	<b>2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud</b> <b>4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia</b> Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale							
	Opera L0703	Traffo 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B

## 8. BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA: Some italian experience on the mechanical characterization of structurally complex formation. Proc. International congress on rock mehanics, Montreaux (Svizzera, 1979)

AA.VV. L'ambiente Fisico delle Marche. A cura dell'Amministrazione Regionale, Ed. Sel.ca 1991

C. BONI, P. BONO, G. CAPELLI: Schema idrogeologico dell'Italia centrale. Memorie della Società Geologica Italiana, 35 (1986) (con dati pluviometrici, carte idrologiche e idrogeologiche alla scala 1:500.000)

CAINE J.S, EVANS J. P., FORSTER C.B.– Fault architecture and permeability structure. Geology v. 24, n. 11, p 1025-1028 (1996)

F. CALAMITA, E. CENTAMORE, U. CHIOCCHINI, G. DEIANA, A. MICARELLI, M. POTETTI, A. ROMANO: Analisi dell'evoluzione tettonico - sedimentaria dei "Bacini Minori" torbiditici del Miocene Medio - Superiore nell'Appennino Umbro-Marchigiano e Laziale-Abruzzese: 7) il Bacino di Camerino. Studi Geologici Camerti, V (1979) (con carta geologica alla scala 1:50.000 e sezioni)

F. CALAMITA - G. DEIANA: Evidenze di una fase tettonica distensiva del Messiniano basale nel Bacino di Camerino (Appennino umbro-marchigiano) estratto da Studi geologici camerti, VI (1980), 7-11.

F. CALAMITA, E. CENTAMORE, U. CHIOCCHINI, G. DEIANA, A. MICARELLI, M. POTETTI, A. ROMANO: Ricerche stratigrafiche sui sedimenti miocenici del Bacino di Camerino (Marche centro-meridionali). Studi Geologici Camerti, V (1979)

ESU F.: Behaviour of slopes in structurally complex formation, Proceed. Int. Symp. "The Geotechnic of structurally complex formations", Capri, General. Rep. V.II (1977)

G. CELLO, S. MAZZOLI, E. TONDI, E. TURCO: Tettonica attiva in Appennino Centrale e implicazioni per l'analisi della pericolosità sismica del settore assiale della catena umbro – marchigiana - abruzzese. Studi Geologici Camerti, XIII (1995)

C. GORGONI: Il fenomeno delle salse, ovvero delle acque salmastre, nell'alta Valle Esina. Atti Convegno "Acque e vini nel mandamento di Fabriano e Cerreto D'Esi", (2005)

I.S.R.M. International Society for Rock Mechanics: Metodologia per la descrizione quantitativa delle discontinuità nelle masse rocciose (1993).

L. MASTRORILLO: Elementi strutturali e caratteristiche idrogeologiche della dorsale carbonatica umbro-marchigiana interna. Mem. Soc. Geol. Italiana. 56 (2001)

MAMMINO A, TONON. F.: Opere strutturali per l'ingegneria territoriale. Vol. 1 parte I e II. Alinea Editrice (1997).

MARINOS P., HOEK E.– "GSI: a geologically friendly tool for rock mass strenght estimation" – Proceedings of GeoEng 2000 conference, Melbourne, Australia (2000)

P. MONACO: Contributo all'analisi stratigrafica e sedimentologica dei depositi solfatici tardomiocenici delle Marche Centro-Meridionali. Boll. Soc. Geol. Italiana. 102 (1983)

T. NANNI: Le falde di subalveo delle Marche: inquadramento idrogeologico, qualità delle acque ed elementi di neotettonica. Regione Marche (1995)

O. NESCI, D. SAVELLI: Successioni alluvionali terrazzate nell'Appennino Nord-Marchigiano.

**2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE****3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud****4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia**

Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.diPag. 68 di 68
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

Geografia Fisica e dinamica Quaternaria, 14, (1991)

PALMSTROM A. (1982): The volumetric joint count a useful and simple measure of the degree of rock jointing. Proc 4th Int. Cong. Int. Assoc. Eng. Geol. Delhi.

PATTON F.D: Multiple modes of shear failure in rock and related materials. Ph. D. Thesis, University of Illinois. (1966).

PRIEST S.D., HUDSON J.A.: Discontinuity spacing in rock. Int. J. Rock Mech. And Min. Sci. (1976).

SCISCIANI V., RUSTICHELLI G. & CALAMITA F.: Faglie normali nell'evoluzione tortoniano-messiniana dei bacini sinorogenici dell'Appennino centrale esterno. Boll. Soc. Geol. It., 119 (2000), 715-732, 19ff.

SERAFIM J.L., PEREIRA J.P. Consideration of the goemechanical classification of Bieniawsky. Proc. Int. Symp. on Engineering Geology and Underground Construction, Lisbon 1 (II) (1983):

SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA : Guide Geologiche Regionali N°7: L'Appennino Umbro-Marchigiano (vol 1 e 2). Ed Be-Ma 1994 e 2001

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA: Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Foglio 124 Macerata – II° Edizione (1967)

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA: Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 301 Fabriano (1979)

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA: Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Foglio 123 Assisi – II° Edizione (1967)

U. CHIOCCHINI, N. CIPRIANI, G. GIARDINI: Petrologia delle arenarie dei bacini minore torbiditici di Camerino e San Donato – Cantia (Marche). Boll. Soc. Geol. Italiana. 100 (1981)