

## 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

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

<b>PROGETTAZIONE: Associazione Temporanea di Imprese</b> Mandataria:			
			

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

<b>IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</b>  <i>Ing. Giulio Petrizzelli</i>		
---	--	--

<b>2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord</b>  <b>GEOLOGIA E GEOTECNICA</b> Relazione geologica, geomorfologica, geoidrologica generale	<b>SCALA:</b>  <b>DATA:</b> <i>Gennaio 2017</i>
--	--

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

	Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.
Codice Elaborato:	L0703	212	E	02	GE0000	REL	01	C
REV.	DATA	DESCRIZIONE		Redatto		Controllato	Approvato	
A	Agosto 2016	Emissione per progetto esecutivo		PROGIN	F. Pontoni	S. Lieto	A. Grimaldi	
B	Nov. 2016	Emissione per istruttoria ANAS		PROGIN	F. Pontoni	S. Lieto	A. Grimaldi	
C	Gen. 2017	Agg. Per congruenza generale		PROGIN	F. Pontoni	S. Lieto	A. Grimaldi	

## I N D I C E

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. METODOLOGIA DI INDAGINE.....</b>	<b>3</b>
<b>3. GEOLOGIA.....</b>	<b>5</b>
3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE .....	5
3.2 CARATTERI GEOLITOLGICI DEI DEPOSITI SUPERFICIALI E DELLE FORMAZIONI DEL SUBSTRATO. 13	
3.3 INTERAZIONE TRA OPERE IN PROGETTO ED UNITA' GEOLOGICO-STRUTTURALI 21	
<b>4. GEOMORFOLOGIA.....</b>	<b>25</b>
4.1 MORFOLOGIA.....	25
4.2 ANALISI GEOMORFOLOGICA DEL TRACCIATO.....	28
<b>5. INTERFERENZE AREE P.A.I. - VERIFICHE DI STABILITA'.....</b>	<b>36</b>
5.1 VERSANTE "CASA PAGLIANO" DISSESTO F-12-1433 .....	36
5.2 VERSANTE NORD CROCE DI CALLE - DISSESTO F-12-1439.....	39
5.3 VERSANTE SUD CROCE DI CALLE – F12-1435.....	42
5.4 VERSANTE NORD MONTE GALLO (PROGR. 4+630 – 4+740) - DISSESTO F-12-1423....	46
5.5 VERSANTE NORD MONTE GALLO - (GALLERIA MISTRIANELLO)- DISSESTO F-12-1418	49
<b>6. IDROGEOLOGIA .....</b>	<b>52</b>
6.1 TEMPERATURE .....	52
6.2 PRECIPITAZIONI .....	53
6.3 VENTI.....	53
6.4 ASPETTI IDROGRAFICI .....	55
6.5 PERMEABILITÀ E FALDE ACQUIFERE - MODELLO IDROGEOLOGICO.....	55
6.6 IDROGEOLOGIA DEL TRACCIATO.....	58
<b>7. SINTESI DELLE PRINCIPALI PROBLEMATICHE GEOLOGICHE, GEOMORFOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE.....</b>	<b>63</b>
<b>8. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>64</b>

### Allegati:

Verifiche analitiche di stabilità

Stratigrafie sondaggi X15 e X16

	<b>2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord</b> RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA GENERALE								
	Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 3 di 67

## 1. PREMESSA

La presente relazione costituisce una sintesi dello studio geologico condotto a supporto della progettazione esecutiva della Pedemontana delle Marche, "ASSE VIARIO MARCHE UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA – MAXILOTTO 2 – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 - tratto Matelica nord – Matelica sud/Castelraimondo nord.

Il tracciato in progetto risulta collocato in un ambito geografico ricompreso nei territori comunali di Matelica e Castelraimondo 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, 2007), sulla base dei risultati scaturiti dalle successive indagini eseguite per la redazione del progetto esecutivo e dalla rete di monitoraggio installata. Nel periodo febbraio-maggio 2016 è stata realizzata una ulteriore campagna di indagini che hanno consentito un affinamento del modello geologico-stratigrafico oltre che una integrazione della rete di monitoraggio installata.

La presente relazione riprende in gran parte la relazione geologica del progetto definitivo sopra citato per il lotto funzionale oggetto di progettazione esecutiva, con modifiche ed integrazioni che tengono conto delle variazioni apportate al progetto e dei risultati scaturiti dalle indagini integrative e dalla rete di monitoraggio installata. 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 geomorfologia, idrogeologica, geomeccanica e geotecnica dei litotipi indagati.

## 2. METODOLOGIA DI INDAGINE

Le indagini propedeutiche alla progettazione esecutiva dello stralcio funzionale in oggetto 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 (Delibera CIPE 23/12/2015).

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 per un inquadramento generale del contesto geologico in esame. 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

**2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE****Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord**  
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA  
GENERALE

Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 4 di 67
----------------	----------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	-------------------------

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 giacaturali 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.

- E' stato quindi realizzato un rilievo geologico e geologico-strutturale di dettaglio in scala 1:1000 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. 3.11), al fine di poter applicare il criterio del rapporto arenaria/pelite secondo la classificazione A.G.I. (1979) rappresentata in fig. 3.12. 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 1:1000 e nei profili geologici, in virtù del dettaglio di rappresentazione.

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

### 3. GEOLOGIA

#### 3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

L'area del tracciato stradale in oggetto si sviluppa nell'Appennino Umbro-Marchigiano. La figura 3.1 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.

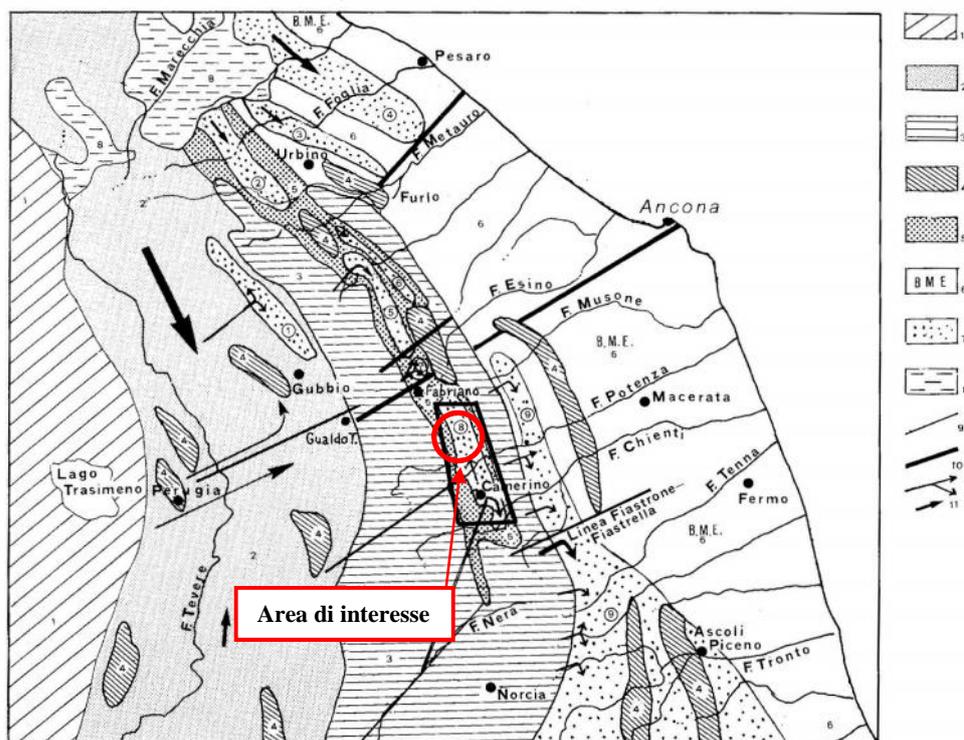


Figura 16. Distribuzione delle principali unità morfostrutturali nell'Appennino umbro-marchigiano. 1) Bacino toscano; 2) Bacino umbro; 3) Dorsali umbro-marchigiana e marchigiana; 4) Dorsali minori; 5) Bacino marchigiano interno; 6) Bacino marchigiano esterno; 7) «Bacini minori»; 8) Colata della Val Marecchia; 9) Principali faglie trasversali; 10) Principali «selle» trasversali; 11) Direzioni di apporto dei depositi torbiditici.

Figura 3.1: Carta geologica delle Marche. L'area di studio è nel riquadro (da "L'ambiente fisico delle Marche", Regione Marche, Ed. SE.L.CA ).

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord  
 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA  
 GENERALE

Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 6 di 67
----------------	----------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	-------------------------

Una carta geologica schematica del bacino di Camerino, tratta da Calamita et alii (1979) è riportata nelle figure 3.2 e 3.3. La figura 3.4 mostra invece la provenienza delle torbiditi silicoclastiche che occupano il bacino e degli altri detriti grossolani.

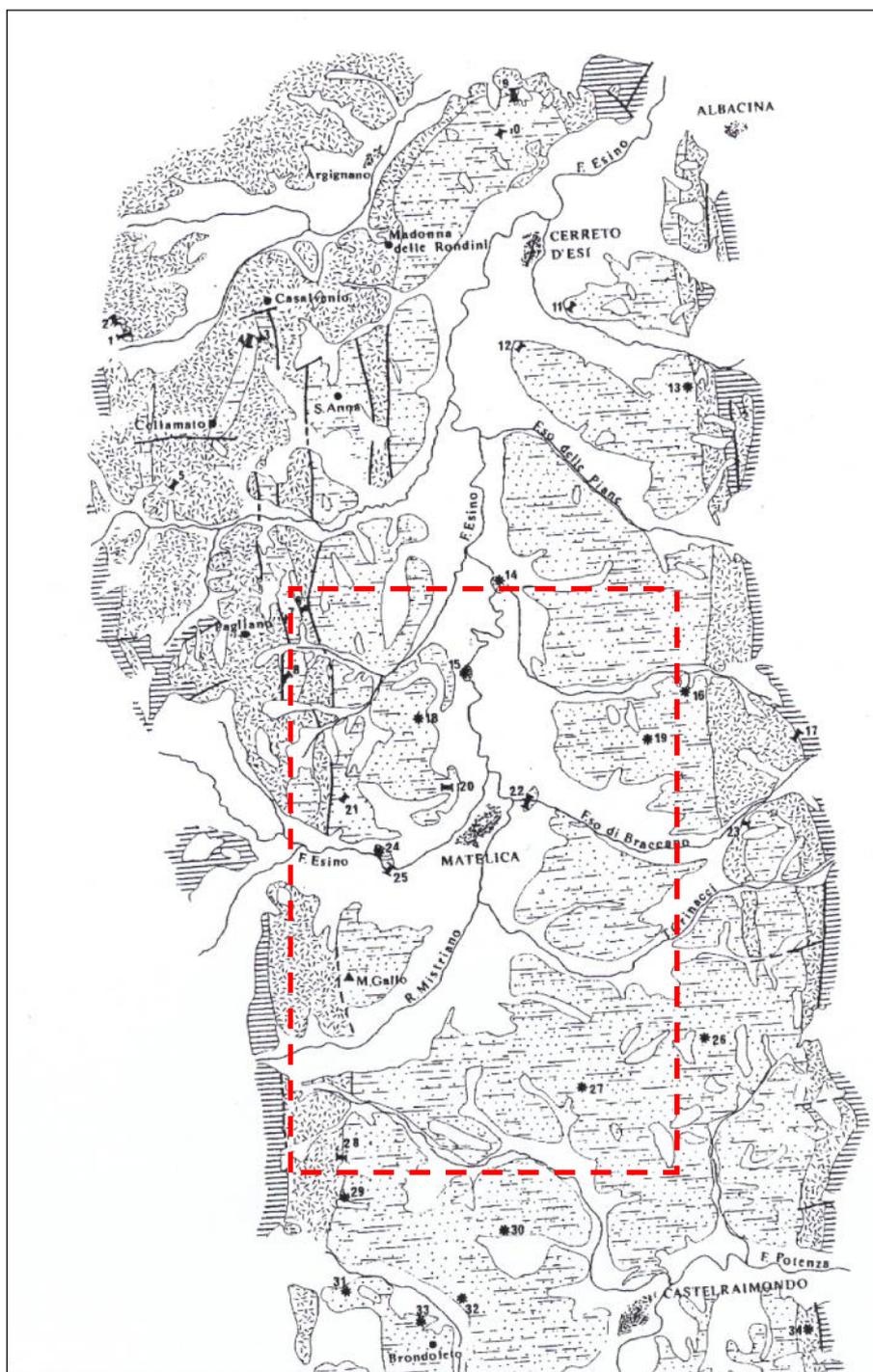


Figura 3.2: Schema geologico della porzione settentrionale del bacino di Camerino. La legenda è riportata in figura 3.3 (da Calamita et alii, 1979 in bibliografia).

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA  
GENERALE

Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 7 di 67
----------------	----------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	-------------------------

Figura 3.3: 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
	Risciami e Schlier
	Scaglia cinerea
	Faglie
	Faglie presunte

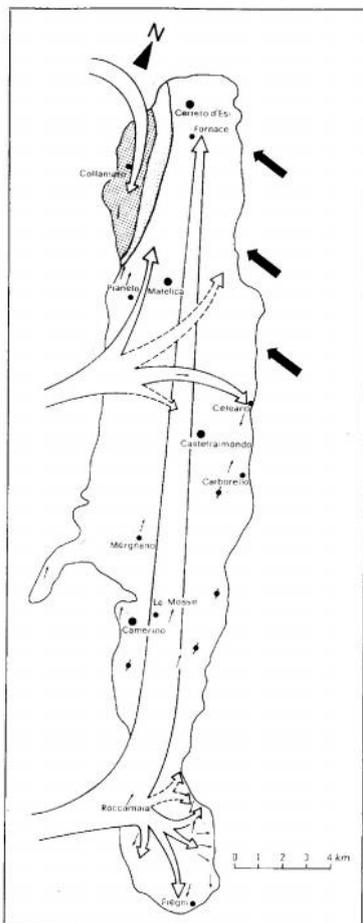


Figura 3.4: schema delle paleocorrenti nel bacino di Camerino. Le frecce grosse nere indicano gli apporti grossolani di materiali mesozoici dovuti a frane (da Calamita e al.).

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 301120, 301160 e 302130, di cui si riporta di seguito uno stralcio (Figg. 3.5-3.6).

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord  
 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA  
 GENERALE

Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 8 di 67
----------------	----------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	-------------------------

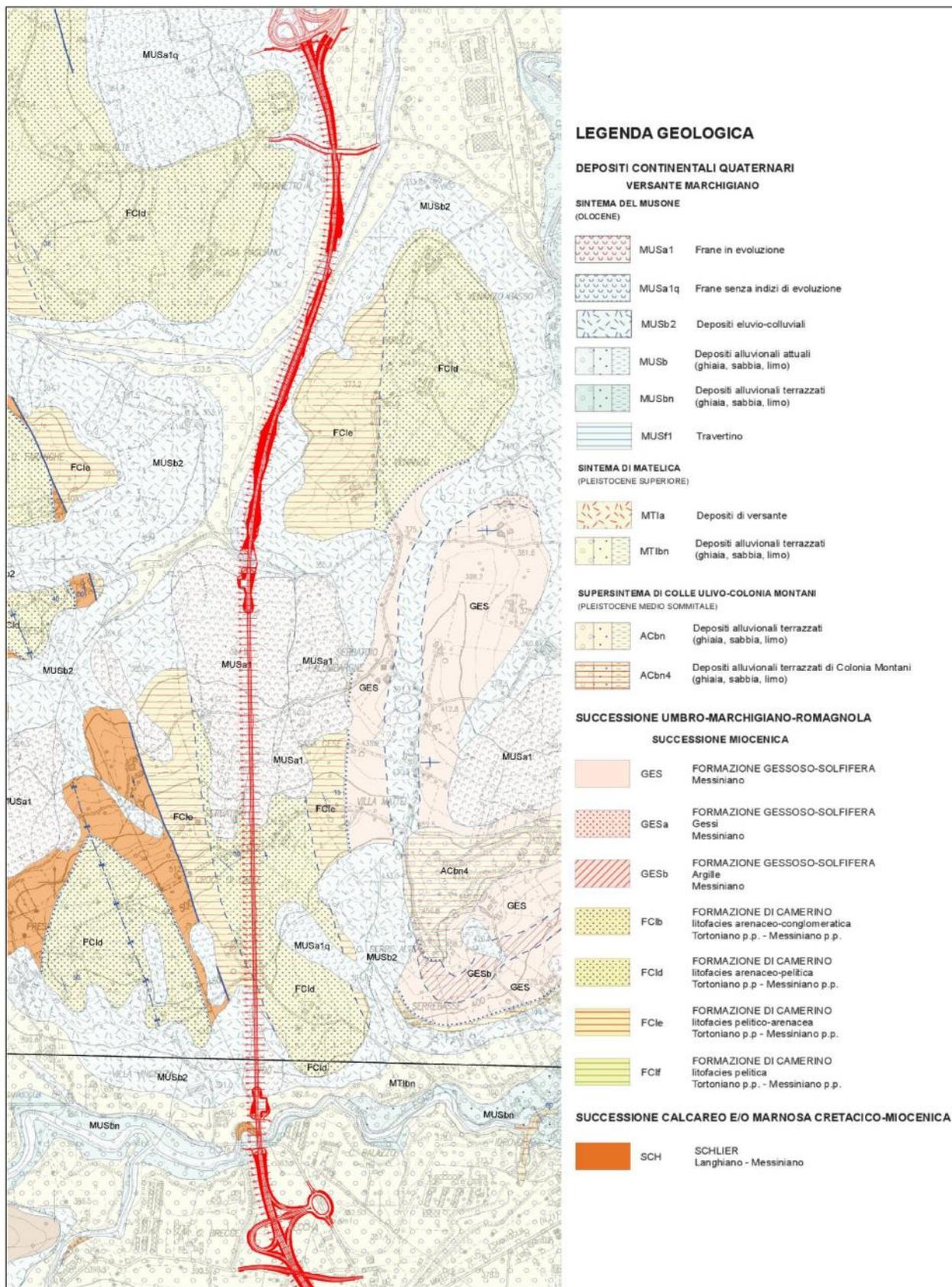


Figura 3.5: Carta Geologica Regionale - Sez- 301120-301160 (Regione Marche).

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA  
GENERALE

Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 9 di 67
----------------	----------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	-------------------------

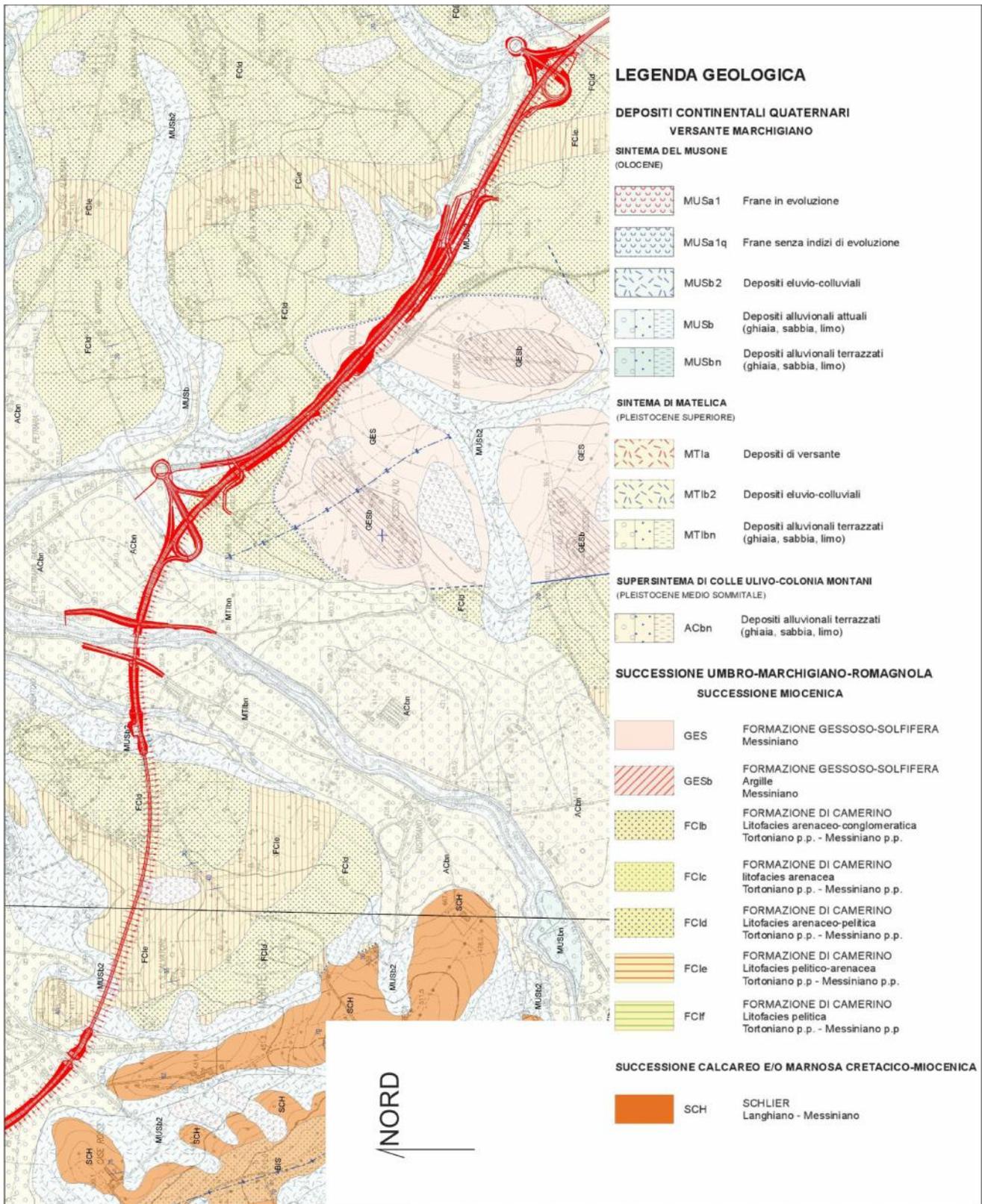


Figura 3.6: Carta Geologica Regionale Sez- 301160-302130 (Regione Marche).

Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 10 di 67
----------------	----------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

La figura 3.7, tratta dalle note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 124 "Macerata", fornisce invece uno schema strutturale generale. Il bacino di Camerino occupa la parte occidentale del disegno.

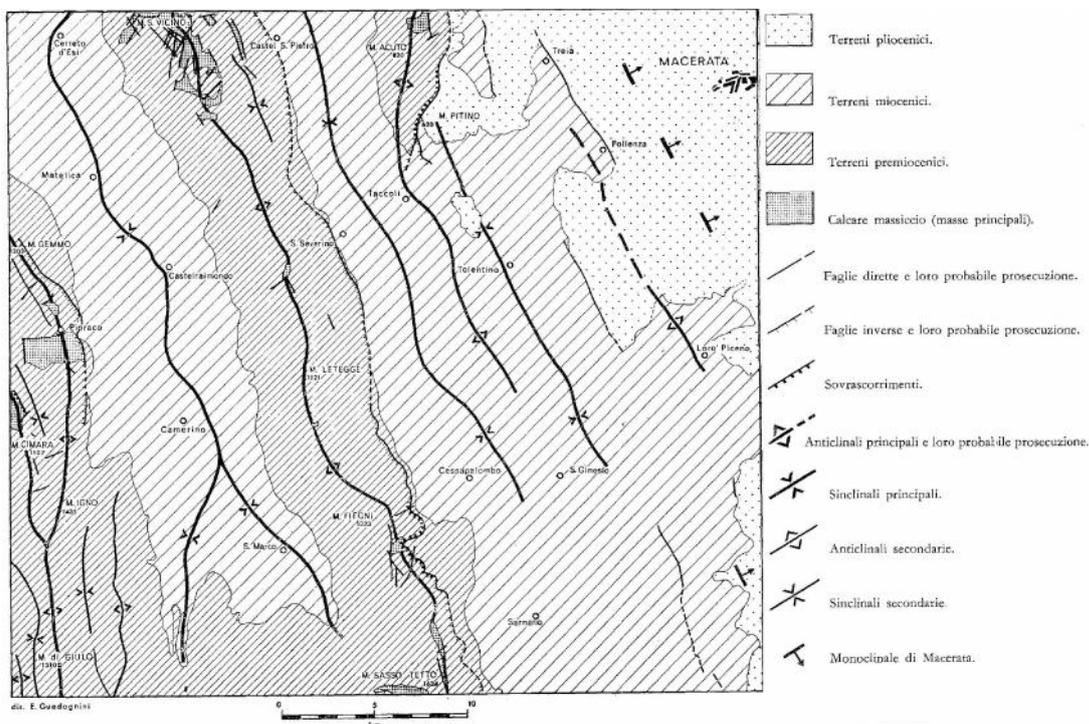


Figura 3.7: Schema strutturale del foglio 124 "Macerata" della Carta Geologica d'Italia.

Il Bacino di Camerino 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", nell'ambito del quale si sviluppa il tracciato in progetto.

Detto sub-bacino di Matelica longitudinalmente mostra un graduale approfondimento verso sud con un margine nord-occidentale più rialzato tra Madonna delle Rondini e C. Serrone (fig. 3.8) e presenta altresì un profilo trasversale asimmetrico, con la parte più profonda verso est.

**2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA  
 GENERALE

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. progr.	REV.	Pag. di Pag.
L0703	2 12	E	02	GE0000	REL	01	C	11 di 67

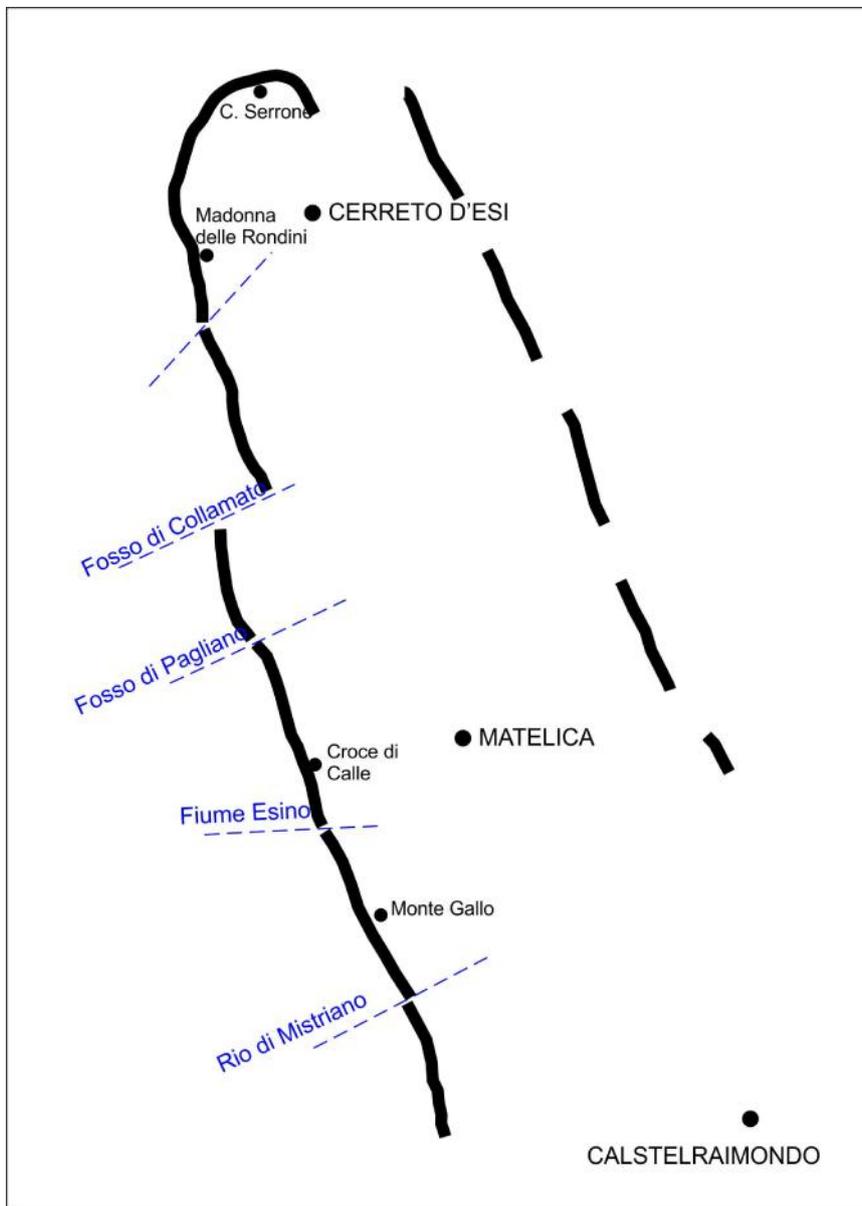


Figura 3.8: Schema mostrante lo sviluppo della porzione nord e occidentale del bordo del sub-bacino di Matelica.

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 dei successivi thrusts e pieghe connessi alla

**2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE****Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord**  
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA  
GENERALE

Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 12 di 67
----------------	----------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

strutturazione della catena appenninica, creavano alti strutturali e aree depresse bacinali in cui avveniva la deposizione torbiditica.

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. Con l'instaurarsi 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°.

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 in progetto attraversa detta sinclinale.

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

L'assetto strutturale dell'area è descritto nella relazione geologico-strutturale di dettaglio.

	<b>2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord</b> RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA GENERALE								
	Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 13 di 67

### 3.2 CARATTERI GEOLITOLGICI DEI DEPOSITI SUPERFICIALI E DELLE FORMAZIONI DEL SUBSTRATO

Si riporta di seguito la descrizione dei principali caratteri geolitologici dei terreni presenti nell'area studiata, distinti in unità della copertura e del substrato. Nella descrizione delle varie unità litostratigrafiche è stata, ove possibile, mantenuta la distinzione operata nelle precedenti indagini unitamente alla sigla identificativa utilizzata nelle varie cartografie geologiche allegate. Per completezza nella presente relazione a tale sigla identificativa è stata associata quella derivante dalla più recente classificazione stratigrafica riportata nella Carta Geologica Regionale (CARG).

#### UNITA' DELLA COPERTURA

Le alluvioni terrazzate dell'Appennino Umbro-Marchigiano erano state inizialmente suddivise secondo quattro principali ordini di terrazzi poligenici posti ad altezze variabili da pochi metri ad oltre 200 m sugli attuali fondi vallivi, sostituita più recentemente da una distinzione in unità deposizionali omogenee (sintemi).

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

I depositi alluvionali fluviali delle principali valli sono rappresentati da successioni 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 geologica allegata (scala 1:5.000) i depositi alluvionali sono stati suddivisi in:

- "attuali" (Aat-MUSb), corrispondenti all'alveo fluviale attuale, costituiti prevalentemente da sabbie limose e/o limi sabbiosi e sabbioso-argillosi con ghiaie e ciottoli sparsi a luoghi prevalenti.
- "recenti" (Are-MUSbn; età: *Olocene*), riferiti alla piana alluvionale prossima all'alveo attuale e di natura prevalentemente ghiaioso-sabbiosa. Nei profili geologici, sulla base delle indagini geognostiche disponibili, è stato possibile distinguere i depositi alluvionali recenti in funzione della granulometria prevalente:
  - a granulometria prevalentemente grossolana (Are1), costituiti da ghiaie con ciottoli in matrice sabbioso-limosa e subordinate intercalazioni prevalentemente limoso-sabbiose in livelli o lenti;
  - a granulometria prevalentemente fine (Are2), costituiti da sabbie limose, limi sabbioso-argillosi e argille limose a luoghi con ghiaie sparse e/o resti vegetali carboniosi.
- "terrazzati" (Ate-MTlbn; età: *Pleistocene sup.*) e "antichi terrazzati" (Aate-ACbn; età: *Pleistocene medio-sommitale*), quando si presentano a quote più alte, litologicamente e tessituralmente assimilabili alle alluvioni attuali anche se caratterizzate da un maggior grado di addensamento. Nei profili geologici, anche in questo caso sulla base delle indagini geognostiche disponibili, è stato possibile distinguere detti depositi in funzione della granulometria prevalente:

- a granulometria prevalentemente grossolana (Ate1), costituiti da ghiaie con ciottoli in matrice sabbioso-limosa e subordinate intercalazioni prevalentemente limoso-sabbiose in livelli o lenti;

- a granulometria prevalentemente fine (Ate2), costituiti da sabbie limose, limi sabbioso-argillosi e argille limose a luoghi con ghiaie sparse.

La foto seguente (Fig. 3.9) mostra un affioramento tipico dei depositi alluvionali terrazzati costituiti da ghiaiose sabbiose poligeniche.



*Figura 3.9: Depositi alluvionali Ate 1 affioranti lungo la sponda destra del F. Esino in prossimità di C. Palazzo.*

I depositi di versante sono per la maggior parte rappresentati da coperture colluviali (ec-MUSb2) e accumuli caotici derivanti da movimenti di massa di varia estensione (a - MUSa1), per lo più riferibili all'Olocene. I depositi colluviali presenti nell'area studiata presentano una granulometria prevalentemente fine (ec2), 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 frammenti marnoso-calcarei o arenacei eterometrici, localmente abbondanti.

#### UNITA' DEL SUBSTRATO

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

##### Formazione dello Schlier (Sch - SCH)

E' 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. Gli intervalli calcarenitici sono sviluppati soprattutto nella parte meridionale del bacino. 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.

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. progr.	REV.	Pag. di Pag.
L0703	2 12	E	02	GE0000	REL	01	C	15 di 67

La formazione dello Schlier rappresenta l'unità stratigrafica più antica direttamente interessata dal tracciato in progetto ed è attraversata dalla galleria naturale "Croce di Calle" e da un tratto di galleria in artificiale "Mistrianello".

Sia in affioramento che in alcuni dei sondaggi effettuati per la campagna geognostica, lo Schlier è risultato essere particolarmente tettonizzato/fratturato con un diffuso e tipico "clivaggio" che ne oblitera spesso la stratificazione, con superfici traslucide e segni di rigonfiamento.

La foto seguente (Fig. 3.10) mostra un affioramento dello Schlier in corrispondenza del versante sud di Croce di Calle.



*Figura 3.10: Formazione dello Schlier; versante sud di Croce di Calle.*

**2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE****Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord**  
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA  
GENERALE

Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 16 di 67
----------------	----------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

Formazione di Camerino

Su questa formazione si sviluppa per la maggior parte il tracciato in progetto. Si tratta nel complesso per l'area d'indagine di torbiditi pelitiche, pelitico-arenacee ed arenaceo-pelitiche, variamente associate tra loro e che presentano, soprattutto nelle porzioni pelitiche, caratteri analoghi alla sovrastante Formazione gessoso-solfifera, indicando un passaggio graduale, a carattere transizionale, con la sovrastante formazione stessa.

Come già esposto, il Bacino di Camerino è suddiviso in due sub-bacini attraverso un allungato "alto strutturale" di Schlier (dorsale longitudinale Argignano – M. Gallo) che si raccorda alle zone depresse laterali (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. Inoltre queste litofacies presentano localmente contatti eteropici che rendono difficoltoso seguirne i limiti; a ciò si aggiunge la quasi totale mancanza di affioramenti dovuta alla scarsa competenza delle litologie, in cui di norma prevalgono i termini marnosi e argillosi. La campagna geognostica e i rilievi di campagna hanno inoltre mostrato come la stratigrafia del sottosuolo a volte non concorda con quanto descritto in letteratura.

Dal rilievo geologico in scala 1:5000 e dallo sviluppo delle relative sezioni geologiche trasversali alle strutture è stato possibile stimare uno spessore delle torbiditi della Formazione di Camerino di circa 250 m in corrispondenza di Croce di Calle e di circa 400-450 m in corrispondenza di Monte Gallo, strutture che sono attraversate dalle due gallerie in progetto, rispettivamente "Croce di Calle" e "Mistrianello". Spessori che concordano con il modello di approfondimento del bacino da nord verso sud. In entrambe le zone ci troviamo nel fianco occidentale della sinclinale, con strati immergenti a NE e pendenze medie di 30°-45°. A sud del Rio del Mistriano si attraversa la sinclinale e quindi il tracciato all'aperto intercetta il fianco orientale della stessa caratterizzato da litofacies più spesse e da strati immergenti a SE con pendenze oscillanti intorno ai 20°-30°.

Le litofacies individuate tramite il rilievo geologico in scala 1:5000, molto basato su criteri morfologici, sono state confermate e dettagliate nel rilievo in scala 1:1000 alla luce soprattutto dell'analisi e rielaborazione dei sondaggi. Detta analisi è stata condotta determinando lo spessore e la posizione degli strati litoidi o semi-litoidi (arenarie) e degli strati pelitico-marnosi, secondo lo schema di fig. 3.11, al fine di poter applicare il criterio del rapporto arenaria/pelite secondo la classificazione A.G.I. (1979) di fig. 3.12.

Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 17 di 67
----------------	----------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

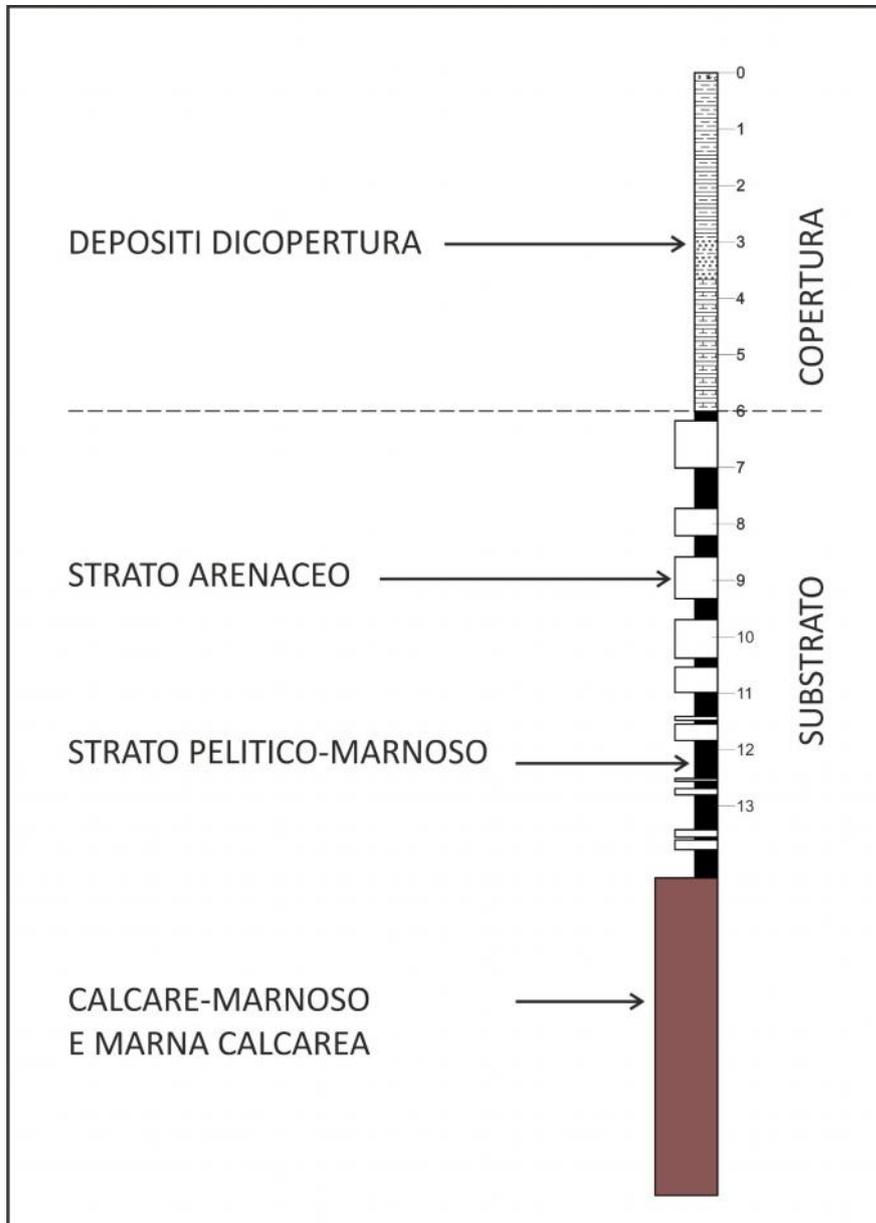


Figura 3.11: Schema mostrante come per ogni sondaggio, relativamente al substrato torbiditico, sono stati annotati gli strati litoidi/semilitoidi (arenarie) e gli strati prevalentemente argillosi (peliti-marnose). Per lo Schlier è stata segnata la componente calcareo-marnosa.

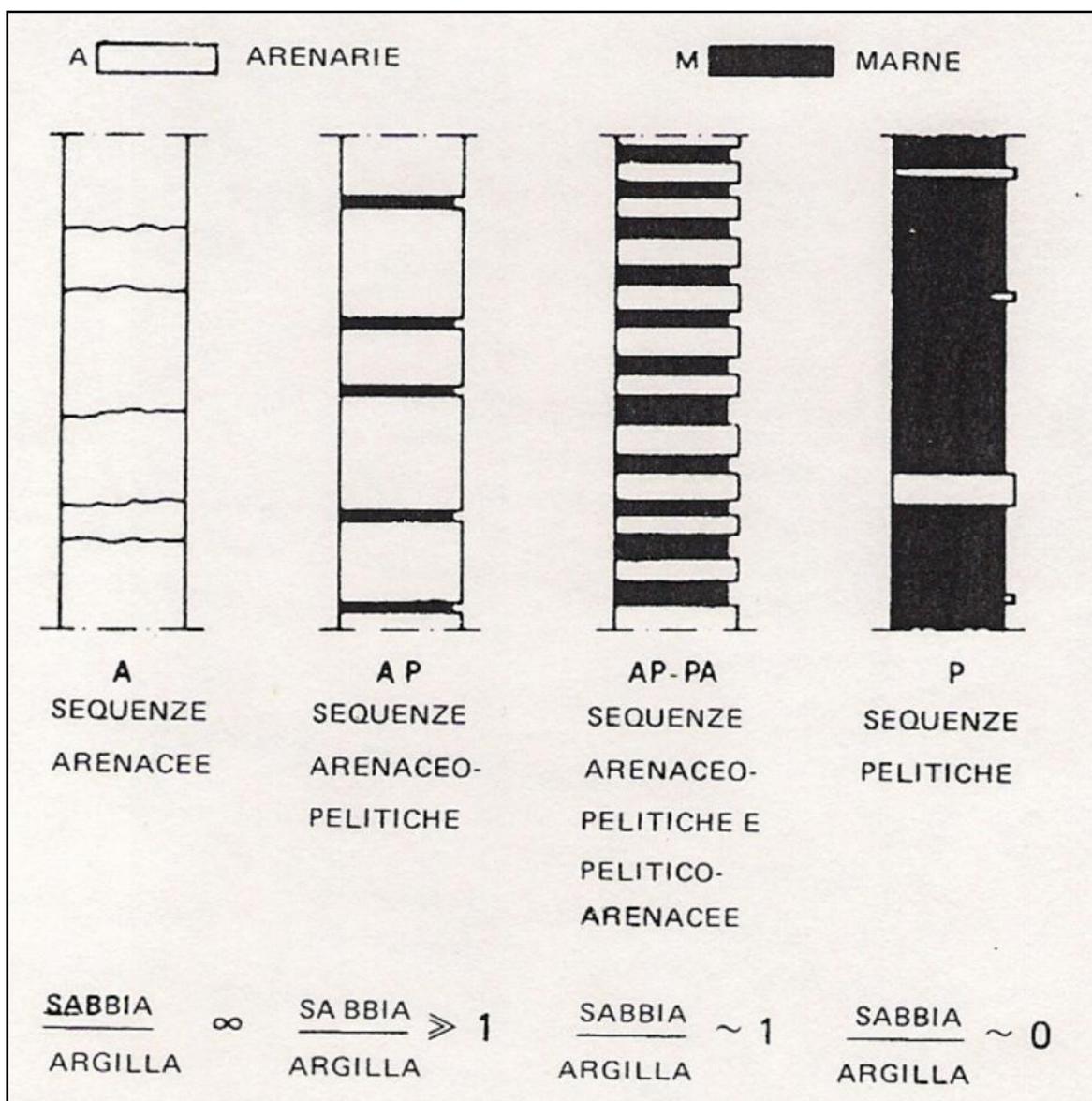


Figura 3.12: Classificazione e sequenze arenaceo – pelitiche (da A.G.I., 1979).

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.

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

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

	<b>2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord</b> RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA GENERALE								
	Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 19 di 67

(A/P), definendo per ogni litofacies un campo di valori rappresentativo, come poi verrà approfondito nella relazione geologico-strutturale.

L'associazione pelitica (Pel - FCIf) – Rapporto A/P è 0 A/P 0,2

E' costituita da marne argillo-siltose scure, a stratificazione sottile o localmente media, laminate, con sequenze 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, con sequenze di Bouma principalmente del tipo T<sub>de</sub>, T<sub>ce</sub>.

Va segnalato che le porzioni pelitiche contengono sovente materia organica, resti di carbone, livelli a diatomiti e rari e sottili livelli lenticolari di calcari marnosi compatti; hanno superfici di strato lisce ed untuose al tatto, risultando nel complesso fetide. Queste caratteristiche sono state riscontrate nei sondaggi A3.2 e A5.2 nella galleria Croce di Calle e nel sondaggio A23.2 nella galleria Mistrinello. Questi elementi distintivi stanno ad indicare un passaggio graduale, a carattere transizionale con la sovrastante Formazione gessoso-solfifera.

Questa litofacies è presente alla base (o in prossimità della base) ed al tetto (o in prossimità del tetto) della Formazione di Camerino in corrispondenza di entrambe le gallerie. In particolare le litofacies pelitiche presenti nella Galleria Mistrinello sono state individuate essenzialmente dall'analisi dei sondaggi e riportate nella carta geologica di dettaglio in scala 1:1000 e nel relativo profilo geologico longitudinale.

L'associazione pelitico-arenacea (Pa - FCle) – Rapporto A/P è 0,2 A/P 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. Si rinvengono sequenze di Bouma del tipo T<sub>ac</sub> e qualche volta sequenze del tipo T<sub>ae</sub> come nel sondaggio A21.2.

Anche in questo caso gli orizzonti pelitici contengono sovente materia organica, resti di carbone, livelli a diatomiti, pirite e rari e sottili livelli lenticolari di calcari marnosi compatti; hanno superfici di strato lisce ed untuose al tatto, risultando nel complesso fetide. Queste caratteristiche sono state riscontrate nei sondaggi A2.2 A3.2 A4.2 A5.2 A7.2 A8.2 e A9.2 nella galleria Croce di Calle e nel sondaggio A22.2 e A23.2 nella galleria Mistrinello.

Questa litofacies è presente nella porzione mediana o medio-alta della Formazione di Camerino in corrispondenza di entrambe le gallerie e, all'interno della stessa sono stati individuati, in scala 1:1000 e nel profilo geologico, dei corpi arenaceo-pelitici.

L'associazione arenaceo-pelitica (Ap - FCId) – Rapporto A/P 1

E' formata essenzialmente da arenarie grigiastre e giallastre (fig. 3.13), 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 rinvengono prevalentemente sequenze di Bouma del tipo T<sub>a</sub>, T<sub>ac</sub>, T<sub>ce</sub> e sequenze del tipo T<sub>ae</sub> come nel sondaggio A7.2.

All'interno di questa litofacies si rinvengono locali e sottili livelli caotici di materiale risedimentato, per lo più in prossimità della faglia/paleoscarpata e resti carboniosi e fetidi concentrati nelle porzioni pelitiche.

Il rapporto arenaria/pelite sebbene sia 1, è comunque basso poiché al massimo e isolatamente raggiunge il valore 2,39.

Questa litofacies è presente nella porzione mediana e basale della Formazione di Camerino in corrispondenza di entrambe le gallerie: in corrispondenza di Croce di Calle lo spessore della stessa è più sottile tanto che due corpi sono stati individuati dall'analisi dei sondaggi e rappresentati alla scala 1:1000; in corrispondenza di Mistranello i corpi sono più spessi e continui rilevabili anche da criteri morfologici.



*Figura 3.13: Particolare della litofacies arenaco-pelitica affiorante in località Boschetto.*

#### Formazione gessoso-solfifera (gsP – GES)

Nell'area d'interesse è presente soltanto la litofacies basale, costituita da argille bituminose nerastre (litofacies pelitica – gsP), con diatomiti, rari calcari marnosi e con subordinate intercalazioni di siltiti e arenarie medio-fini. Viene attraversata dalle sole opere all'aperto a sud del Rio di Mistrano.

La Formazione gessoso-solfifera evaporitica vera e propria (gessi laminati) non viene interessata dal progetto in quanto posta a quote maggiori.

	<b>2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord</b> RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA GENERALE								
	Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 21 di 67

### 3.3 INTERAZIONE TRA OPERE IN PROGETTO ED UNITA' GEOLOGICO-STRUTTURALI

Le principali caratteristiche geologico-strutturali del tracciato in progetto possono essere così sintetizzate.

Il lotto funzionale in progetto, lungo circa 8,4 chilometri, collega la zona industriale di Matelica Nord (progr. 0+000) a Castelraimondo Nord (progr. 8+420). Il tracciato si sviluppa lungo le pianure alluvionali o nella porzione basale dei versanti, con due attraversamenti collinari in cui sono previste due gallerie naturali "Croce di Calle" e "Mistrianello". I terreni coinvolti dalle opere sono lo Schlier, le litofacies della Formazione di Camerino, la Formazione gessoso-solfifera per quanto riguarda il substrato e le coltri colluviali, i depositi alluvionali ed gli accumuli di frana per quanto riguarda le coperture.

Di seguito si riportano le caratteristiche geologiche del lotto al variare delle progressive.

Da prog. 0+000 a prog. 1+676 (viadotto "Pagliano" – ponte "Faranghe"):

Il tracciato inizia in rilevato fino al viadotto Pagliano, dopodiché il tracciato prosegue con alternanza di tratti in rilevato e tratti in trincea fino a progr. 1+636 in corrispondenza della quale inizia il ponte "Faranghe".

Il tracciato inizia nella coltre colluviale a fine granulometria, prosegue nei depositi alluvionali sempre fini del Fosso Pagliano (Ate2) e di nuovo nella coltre colluviale, intercettando sporadicamente il substrato costituito dalla Formazione di Camerino, nelle litofacies pelitico-arenacee e arenaceo-pelitiche. Nei tratti in trincea (versante ovest di San Venanzo) gli sbancamenti previsti interessano prevalentemente la coltre colluviale fine, anche se il substrato sottostante si rinviene ad esigue profondità. Il viadotto "Pagliano" intercetta le alluvioni fini del Fosso di Pagliano, mentre il Ponte Faranghe insiste sulla coltre colluviale e su un accumulo di frana.

Da prog. 1+676 a prog. 3+387 (galleria "Croce di Calle"):

Al termine del ponte Faranghe, dopo un tratto inizialmente in rilevato e successivamente in trincea, il tracciato si orienta in direzione sud ed imbecca la galleria "Croce di Calle"; la stessa con sviluppo interamente in rettilineo, prevede due tratti di imbocco in artificiale (tra progr. 1+796,77 e progr. 1+876,90 per una lunghezza L=80 m circa e tra progr. 3+256,90 e progr. 3+311,00 per una lunghezza L=54 m circa) ed un tratto in naturale di sviluppo pari a L=1514 m circa (tra progr. 1+876,90 e progr. 3+256,90).

Entrambi gli imbocchi ricadono su accumuli di frana a fine granulometria la cui analisi viene trattata nel relativo capitolo 4.2 della geomorfologia.

La galleria naturale attraversa da nord verso sud la Formazione di Camerino, nelle varie associazioni pelitico-arenacee ed arenaceo-pelitiche e quindi, attraverso il discusso contatto tettonico/erosivo (a progr. 2+770 circa), la Formazione dello Schlier.

Relativamente alla Formazione di Camerino occorre segnalare che soprattutto le porzioni pelitiche presentano caratteri analoghi alla sovrastante Formazione gessoso-solfifera, con la quale si ha un passaggio graduale, a carattere transizionale; tali caratteristiche si traducono in presenza di materia organica, resti carboniosi, livelli a diatomiti e rari e sottili livelli lenticolari di

**2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE****Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord**  
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA  
GENERALE

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. progr.	REV.	Pag. di Pag.
L0703	2 12	E	02	GE0000	REL	01	C	22 di 67

calcari marnosi compatti, superfici di strato lisce ed untuose al tatto, livelli fetidi. Le varie associazioni presentano un rapporto A/P complessivo medio all'interno della galleria pari a 0,9, ovvero prevale la componente pelitico-marnosa che, date le caratteristiche meccaniche più scadenti, va ad influire in modo preponderante sul comportamento meccanico dell'ammasso. In questa formazione la stratificazione e laminazione delle litofacies torbiditiche rappresentano le principali discontinuità a più alta persistenza e frequenza. La giacitura apparente degli strati sulla sezione del cavo in avanzamento secondo le progressive aumenta dall'imbocco fino al contatto con lo Schlier. Poche altre discontinuità sono state rilevate: si segnala in particolare la presenza di una zona maggiormente fratturata in corrispondenza del versante nord di Croce di Calle: anche se non si dispone di un ampio affioramento che permette migliori deduzioni, il modello geologico riscontrato induce a ritenere almeno alcune di queste fratture, ad alto angolo, come discontinuità sinsedimentarie, attualmente riempite da calcite; una di queste in particolare riscontrata nel sondaggio A3.2 a 63-63,4 m di profondità mostra un rigetto centimetrico osservabile nella carota di sondaggio.

Per lo Schlier, in base a quanto risulta dall'analisi geo-strutturale si può definire un modello di comportamento che si basa sull'ipotesi del *mezzo continuo equivalente* (in cui il criterio di rottura e le leggi di deformazione sono riferite al comportamento macroscopico dell'ammasso roccia intatta + discontinuità), sia per la tipologia delle fratture sia in dipendenza del rapporto tra la spaziatura delle discontinuità e le dimensioni dello scavo. Considerando il numero delle famiglie presenti, la loro spaziatura media e caratteristiche e la presenza di mesopieghe (come risulta dal rilievo geologico), 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.

Da prog. 3+387 a prog. 4+279 (viadotto "Esino" – svincolo Matelica ovest – ponte "Fratte"):

Dopo l'imbocco sud della galleria Croce di Calle è previsto il viadotto "Esino" (compreso tra progr. 3+387,90 e progr. 3+487,90 per uno sviluppo pari a L=100 m) per il superamento dell'omonimo fiume e della S.P. n.71. Dopo il viadotto "Esino", il tracciato prosegue in rilevato con altezza media pari a circa 3 m fino a progr. 4+255,90 in corrispondenza della quale inizia il ponte "Fratte" (compreso tra progr. 4+255,90 e progr. 4+278,90 per uno sviluppo pari a L=23 m). Nel tratto in rilevato compreso tra il viadotto "Esino" ed il ponte "Fratte" (tra progr. 3+487,90 e progr. 4+255,90) è inserito lo svincolo di Matelica Ovest che consente la connessione dell'asse di progetto con la S.P. n.71. In corrispondenza di tale tratto, il tracciato piega verso est attraverso una curva circolare. Il viadotto Esino intercetta i depositi alluvionali del F. Esino stesso: in sponda sinistra quelli olocenici, posti a quota minore, di grana fine (Are2), con spessore di circa 6 m e poggianti sullo Schlier; in sponda destra quelli del Pleistocene superiore, posti a quota maggiore, a grana fine (Ate2) superiormente e grossolani più in profondità (Ate1), con spessore di circa 15,5 m in corrispondenza di S23\* e sempre poggianti sullo Schlier. Il ponte Fratte intercetta anch'esso i depositi alluvionali del F. Esino del Pleistocene superiore, prevalentemente a grana fine (Ate2) con spessore variabile dai 10 m a 15 m circa, ad eccezione di una piccola lente ghiaiosa al tetto e sempre poggianti sullo Schlier.

Da prog. 4+279 a prog. 4+996 (attraversamento versanti in frana PAI):

Superato il ponte Fratte, il tracciato all'aperto interessa un versante collinare, dapprima in senso perpendicolare allo stesso e successivamente a mezza costa fino ad imboccare la galleria Mistranello. Un primo tratto è in rilevato, poi a raso e poi di nuovo in rilevato.

Questo tratto interessa localmente la coltre colluviale a fine granulometria, soprattutto in corrispondenza del sondaggio A15.2 con spessori fino a 10 m, in corrispondenza dei sondaggi

**2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE****Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA  
GENERALE

Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 23 di 67
----------------	----------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

A17.2 ed A18.2, dove la stessa è parzialmente coinvolta in fenomeni franosi (di cui si discuterà nella geomorfologia) e presenta spessori oscillanti intorno ai 10-15m, e dell'A20.2, in cui sono coinvolti spessori minori. I 2 tratti in trincea intercettano direttamente il substrato costituito dalla Formazione dello Schlier e quindi, attraverso il contatto tettonico/erosivo, dalla Formazione di Camerino, nelle varie litofacies pelitica, pelitico-arenacea e arenaceo-pelitica.

Da prog. 4+996 a prog. 5+280 (galleria artificiale “Mistrianello”):

Alla progressiva 5+280 il tracciato imbocca la galleria artificiale “Mistrianello” (L=284m) interessando la Formazione di Camerino, nelle varie associazioni peliche, pelitico-arenacee ed arenaceo-pelitiche. Anche in questo caso occorre segnalare che soprattutto le porzioni pelitiche della Formazione di Camerino presentano caratteri analoghi alla sovrastante Formazione gessoso-solfifera, con la quale presentano un passaggio graduale, a carattere transizionale; tali caratteristiche si traducono in presenza di materia organica, resti di carbone, livelli a diatomiti e rari e sottili livelli lenticolari di calcari marnosi compatti, superfici di strato lisce ed untuose al tatto, livelli fetidi, caratteristiche riscontrate in modo particolare nel sondaggio A23.2. Le varie associazioni presentano un rapporto A/P complessivo medio pari a 0.65, ovvero prevale anche in questo caso la componente pelitico-marnosa. Così come in precedenza detto la stratificazione e laminazione delle litofacies torbiditiche rappresentano le principali discontinuità a più alta persistenza e frequenza. La giacitura apparente degli strati sulla sezione del cavo in avanzamento secondo le progressive diminuisce progressivamente verso l'imbocco sud.

Trattandosi di una galleria artificiale, viene previsto lo scavo a cielo aperto che interessa anche la copertura detritica superficiale.

Da prog. 5+280 a prog. 6+100 (ponte “Mistriano”):

Dopo la galleria Mistrianello il tracciato prosegue prima in trincea e quindi in rilevato al termine del quale è previsto il ponte “Mistriano” dopo il quale il tracciato prosegue in rilevato. In corrispondenza dei tratti in rilevato a monte ed a valle del ponte Mistriano, sono previsti due sottovia relativi alla sistemazione delle viabilità interferite.

Il ponte Mistriano insiste sui depositi alluvionali del Pleistocene superiore del Rio di Mistriano spessi complessivamente dai 25 m ai 35 m e costituiti nella porzione superiore (10-15 m) da ghiaie sabbiose (Ate1) e nella porzione sottostante dalle alluvioni fini sabbioso-limose (Ate2). Il substrato sottostante è costituito dalla litofacies pelitico-arenacea della Formazione di Camerino al passaggio con la sovrastante Formazione gessoso-solfifera. Sullo stesso contesto geologico sono inseriti i due sottovia a monte e valle del ponte.

Da prog. 6+100 a prog. 7+040 (svincolo Matelica sud) :

Nel tratto compreso tra progr. 6+100 circa e progr. 6+440 circa è previsto lo svincolo di Matelica Sud attraverso cui avviene la connessione dell'asse di progetto con la S.P. n. 256 Muccese. Quindi il tracciato prosegue con orientamento verso sud-est sviluppandosi in rilevato ed in adiacenza alla deviazione della S.P. n. 256 Muccese. A progr. 6+403,90 è previsto un sottovia per la sistemazione di una viabilità locale di ricucitura con la S.P. n. 256 Muccese. Nel tratto tra progr. 6+740 circa e progr. 7+040 circa, l'asse principale di progetto e la deviazione della S.P. n.256 Muccese sovrappassano la galleria “Colle del Gesso” della linea ferroviaria Albacina-Civitanova Marche-Montegranaro.

 <b>QUADRILATERO</b> Marche Umbria S.p.A.	<b>2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord</b> RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA GENERALE								
	Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 24 di 67

In corrispondenza dello svincolo e del sottovia è presente la coltre colluviale di fine granulometria (ec2) caratterizzata da spessori variabili da 2 m a 15 m circa e poggiate sulla Formazione gessoso-solfifera (gsP).

Da prog. 7+040 a prog. 8+420 (svincolo Castelraimondo nord):

Dopo lo svincolo di Matelica sud, il tracciato prosegue con orientamento verso sud-est con corpo stradale in parte in rilevato fino a progr. 7+608 ed in con alternanza di tratti in trincea e rilevato di altezze modeste fino a progr. 8+420 in corrispondenza del quale termina l'intervento in progetto. Nel tratto tra progr. 8+120 circa e progr. 8+420 (inizio del "terzo stralcio funzionale" e termine dell'intervento di progetto) è inserito lo svincolo di Castelraimondo nord attraverso cui avviene la connessione dell'asse di progetto con la S.P. n.256 "Muccese".

La prima parte in rilevato insiste sulla coltre colluviale di fine granulometria (ec2) caratterizzata da spessori variabili da 7 m a 15 m circa e poggiate sulla Formazione gessoso-solfifera (gsP) e sulla litofacies arenaceo-pelitica della Formazione di Camerino. Questo tratto attraversa la linea di spartiacque tra il F. Esino ed il F. Potenza.

La restante parte, compreso lo svincolo, insiste sulla coltre colluviale (ec2) e sui depositi fluviali olocenici di fine granulometria (Are2), entrambi poggianti sulle litofacies pelitico-arenacea e arenaceo-pelitica della Formazione di Camerino, tra l'altro potenzialmente sub-affiorante in corrispondenza degli scavi più esterni da eseguire per lo svincolo stesso.

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. progr.	REV.	Pag. di Pag.
L0703	2 12	E	02	GE0000	REL	01	C	25 di 67

## 4. GEOMORFOLOGIA

### 4.1 MORFOLOGIA

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 un'area sub-pianeggiante, lungo il fondovalle del F. Esino e dei suoi affluenti.

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 (figg.4.1 e 4.2).

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%.

L'unico attraversamento collinare viene effettuato nella galleria Croce di Calle (nella collina omonima) e nella Galleria Mistrianello (nella collina di Monte Gallo) ad ovest di Matelica.

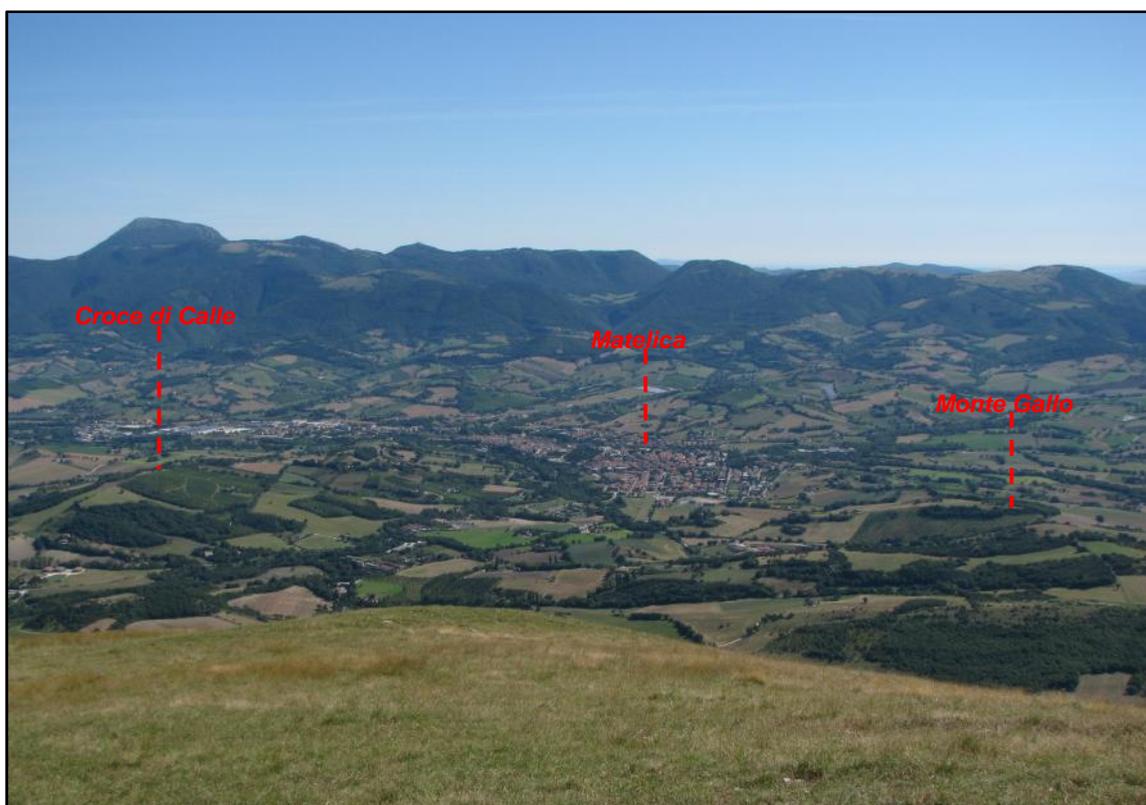


Figura 4.1: il bacino di Camerino caratterizzato da forme dolci circondate dai rilievi delle dorsali calcaree Marchigiana e Umbro-Marchigiana.



Figura 4.2: altra panoramica del bacino di Camerino; sullo sfondo la dorsale marchigiana.

La morfologia dei versanti è condizionata dall'assetto geologico-strutturale dell'area. I versanti interessati dal tracciato sono costituiti dalle formazioni terrigene del bacino di Camerino, con andamento sia a traversopoggio, sia a reggipoggio che a franapoggio maggiore del pendio rispetto all'orientazione dei versanti stessi. Come già esposto la lettura morfologica del rilievo dà indicazioni circa la litologia del substrato presente e circa la sua struttura con un sensibile risalto morfologico nelle litofacies a maggior contenuto arenaceo o marnoso-calcareo. E' stato anche appurato che lo stesso substrato presenta coperture colluviali piuttosto estese tanto da esserne mascherato e non affiorare di frequente in superficie.

Il tracciato come già accennato si sviluppa anche 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 sono ricoperte da spessi depositi ghiaioso-sabbiosi, sono aree 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.

Nell'area interessata dal profilo stradale si riconoscono vari ordini di terrazzi alluvionali, posti a varia altezze sul fondovalle riferibili al Pleistocene medio-sommitale, al Pleistocene superiore, all'Olocene ed all'attuale. Gli stessi sono costituiti da materiale appartenente a tutti i litotipi dell'Appennino marchigiano, tra cui la Maiolica e altri calcari selciferi, con locale prevalenza

**2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE****Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord**  
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA  
GENERALE

Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 27 di 67
----------------	----------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

della serie della scaglia. Il tracciato stradale attraversa anche i depositi alluvionali dei corsi d'acqua minori affluenti in sinistra idrografica del fiume Esino, come il Fosso Pagliano ed il Rio di Mistriano.

La carta geomorfologica allegata è stata ottenuta da un rilievo geomorfologico di campagna del territorio (con particolare attenzione ai processi che comportano condizioni di pericolosità e rischio) e da un congiunto controllo, revisione e aggiornamento della cartografia ufficiale esistente (PAI, Carta Geologica Regionale del progetto CARG, progetto IFFI) e dalla fotointerpretazione. 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 e quelli legati alle acque correnti superficiali. 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).

In particolare è stato fatto riferimento alle cartografie del P.A.I.- Piano Assetto Idrogeologico della Regione Marche approvato con Deliberazione di Consiglio Regionale n. 116 del 21/01/2004, che perimetra le aree a rischio idrogeologico per frana o esondazione.

Nella carta geomorfologica sono state riportate e distinte le frane del P.A.I. ed in aggiunta le frane rilevate in campagna. Nel caso specifico il tracciato in progetto interferisce con n. 5 aree a rischio idrogeologico moderato (R1) e pericolosità elevata e moderata (P3 e P2) censite con i codici F-12-1433, F-12-1439, F-12-1435, F12-1423 e F12-1418.

Tali aree, come anche le altre con fenomeni in atto o quiescenti riconoscibili dai rilievi di superficie, sono state oggetto di un monitoraggio geotecnico iniziato successivamente all'approvazione del progetto definitivo e tutt'ora in corso. Per quanto riguarda le aree P.A.I. sono state anche formulate specifiche prescrizioni in sede di approvazione del progetto definitivo (Delib. CIPE 23/12/2015 - prescr. n° 18-19-21-22).

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. progr.	REV.	Pag. di Pag.
L0703	2 12	E	02	GE0000	REL	01	C	28 di 67

#### 4.2 ANALISI GEOMORFOLOGICA DEL TRACCIATO

Vengono di seguito sintetizzate le principali caratteristiche geomorfologiche del tracciato in progetto, evidenziando le eventuali criticità rilevate allo stato attuale sulla base di tutti i dati disponibili.

Da prog. 0+000 a prog. 1+676 (viadotto “Pagliano” – ponte “Faranghe”):

Il tracciato, dalla blanda base del versante est di Casa Pagliano, attraversa la pianura alluvionale del Fosso Pagliano (fig. 4.3) e la parte basale del versante ovest di San Venanzo.

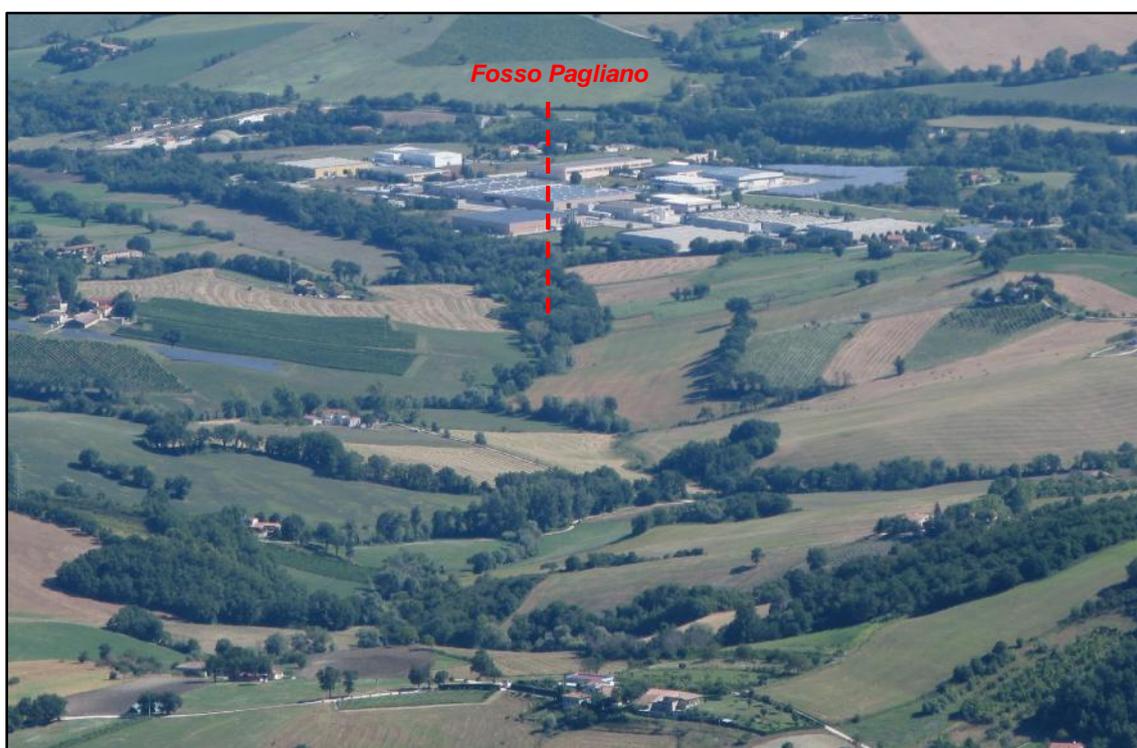


Figura 4.3: valle del Fosso Pagliano.

In questo tratto una delle criticità su cui sono state eseguite indagini di dettaglio è rappresentata dal dissesto segnalato nel PAI con codice F-12-1433 con pericolosità media e rischio moderato P2-R1 (fig. 4.4). Il tracciato di progetto lambisce la parte basale del dissesto segnalato nel PAI. Grazie alla nuova campagna geognostica 2016, sondaggio X.1, è stata accertata la presenza di una coltre colluviale fino ad almeno 9 m di profondità. Lo stesso sondaggio è stato attrezzato con inclinometro (profondità 20 m). I dati a disposizione inducono a considerare che si tratti di una frana di scorrimento che coinvolge la coltre di copertura eluvio-colluviale superficiale; in base al rilievo geomorfologico di campagna, è stata ridefinita la zona in frana, in questo caso ristretta, secondo quanto riportato nella carta geomorfologica in scala 1:5000. Lo stesso dissesto verrà descritto nel dettaglio nel successivo paragrafo.

Nello stesso tratto a valle della frana è previsto un consistente rilevato sulla scarpata est; detto rilevato è prospiciente la scarpata fluviale del fosso Pagliano; benché non siano stati rilevati

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord  
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA  
GENERALE

Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 29 di 67
----------------	----------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

intensi fenomeni di erosione laterale di sponda, la scarpata è comunque attiva poiché in relazione alla dinamica fluviale attuale.

In corrispondenza dell'attraversamento del fosso Pagliano in destra idrografica l'alveo del fosso si presenta ben incassato nei depositi alluvionali con scarpate di erosione di altezza dell'ordine di 4,5 m attualmente in gran parte quiescenti. Soltanto per un tratto di circa 250 m in corrispondenza dell'ansa destra, sono stati rilevati fenomeni di erosione spondale attualmente in evoluzione (Fig. 4.3).



Figura 4.4: versante con dissesto segnalato nel PAI con codice F-12-1433.

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord  
 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA  
 GENERALE

Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 30 di 67
----------------	----------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

Da prog. 1+676 a prog. 3+387 (galleria “Croce di Calle”):

Al termine del ponte Faranghe, il tracciato imbocca la galleria “Croce di Calle”. Tale imbocco nord è interessato da un dissesto individuato nel PAI con il codice F-12-1439 (R1-P2) (fig. 4.6). Lo stesso si inserisce nell’ambito del versante nord di Croce di Calle (fig. 4.5) nel quale sono presenti scadenti terreni di copertura colluviali coinvolti in movimenti franosi più complessi e distinti di quanto riportato dal PAI. Detti dissesti sono stati ricartografati come rappresentato nella carta geomorfologica in scala 1:5000. Sono stati installati due tubi inclinometrici in corrispondenza dei sondaggi X.4 e X.5 e considerati i risultati dei monitoraggi del sondaggio SN2125bis. L’esito delle nuove stratigrafie ed i rilievi di campagna inducono comunque a considerare che si tratti di una frana di scorrimento attiva che coinvolge i terreni più superficiali della coltre colluviale (3m). Tali fenomeni verranno descritti nel dettaglio nel successivo paragrafo. Una frana con codice F-12-1436 (R2-P3), a monte della precedente, non è intercettata dall’imbocco nord della galleria.



*Figura 4.5: versante nord di Croce di Calle con dissesto segnalato nel PAI con codice F-12-1439 e F-12-1436.*

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord  
 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA  
 GENERALE

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. progr.	REV.	Pag. di Pag.
L0703	2 12	E	02	GE0000	REL	01	C	31 di 67



Figura 4.6: Particolare del dissesto F-12-1439 sul versante nord di Croce di Calle.

Analogo scorrimento superficiale si è riscontrato per il dissesto segnalato nel PAI sull'imbocco sud della galleria, dissesto con codice F-12-1435 (R1-P3). Dal rilievo geomorfologico di campagna il dissesto è stato ampliato. Dai dati a disposizione si può ipotizzare una profondità di scorrimento all'interno dei depositi di copertura di circa 5-6 metri, profondità individuata dalle letture inclinometriche eseguite sul sondaggio SN2127.

Anche detto dissesto verrà descritto e analizzato nel successivo paragrafo.

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord  
 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA  
 GENERALE

Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 32 di 67
----------------	----------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

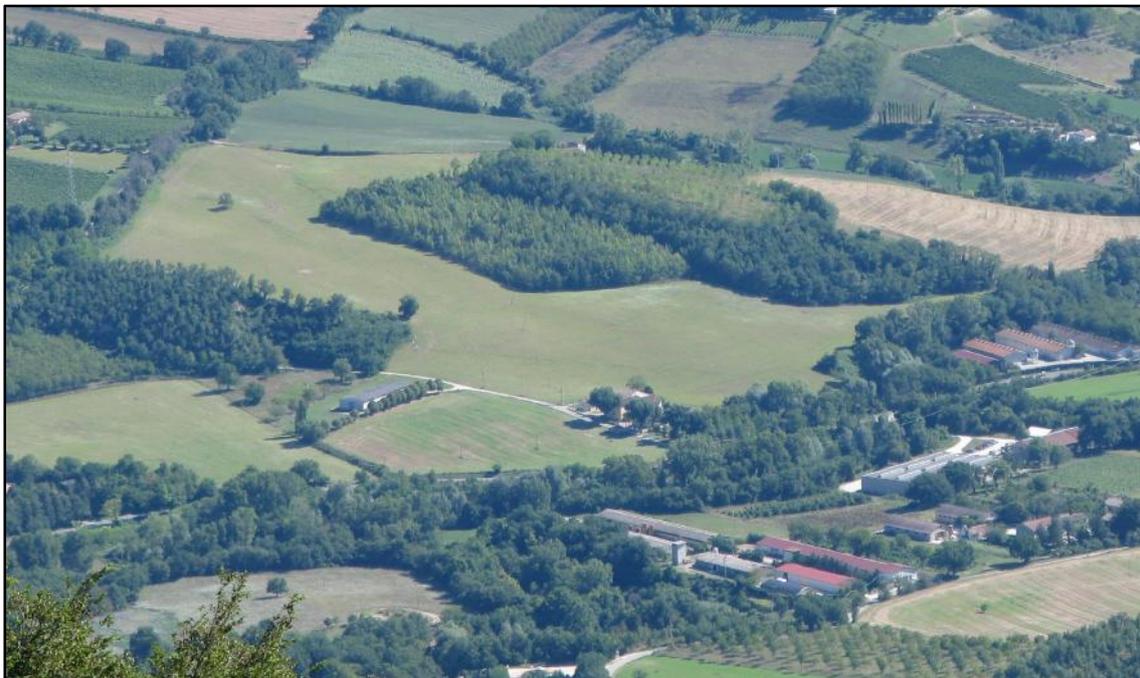


Figura 4.7: versante sud di Croce di Calle con dissesto segnalato nel PAI con codice F-12-1435.

Da prog. 3+387 a prog. 4+279 (viadotto “Esino” – svincolo Matelica ovest – ponte “Fratte”):

Il tracciato attraversa la piana del F. Esino. In corrispondenza dell’attraversamento del fiume l’alveo si presenta ben incassato nei depositi alluvionali con scarpate di erosione di altezza dell’ordine di 4,5 m attualmente in gran parte quiescenti. Si segnalano tratti in corrispondenza dell’ansa sia sinistra che destra in cui sono stati rilevati fenomeni di erosione spondale attualmente in evoluzione. Non sono segnalate nel PAI zone esondabili: il tracciato ricade prevalentemente nella pianura del Pleistocene superiore.

	<b>2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord</b> RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA GENERALE								
	Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 33 di 67

Da prog. 4+279 a prog. 4+996 (attraversamento versanti in frana PAI”):

Il tracciato si sviluppa nella porzione mediana e basale della struttura collinare di Monte Gallo (fig. 4.8).



Figura 4.8: Versante nord di Monte Gallo.

In corrispondenza di due zone di impluvio il tracciato intercetta due movimenti franosi segnalati nel PAI. Il primo, in corrispondenza dei sondaggi A17.2 ed A18.2, con codice F12-1423 (R1-P3) (fig. 4.9) viene intercettato alla base, in condizioni topografiche di bassa pendenza. Detto dissesto, ridefinito geometricamente come nella carta geomorfologica, è classificabile come una frana di scorrimento attiva, che coinvolge la coltre eluvio-colluviale più superficiale. Il sondaggio A18.2 è stato attrezzato con inclinometro. In particolare nel versante a monte di questo tratto si segnala la presenza di venute d'acqua superficiali, probabilmente circolanti prevalentemente al contatto copertura-substrato ed alimentate in parte dagli strati arenacei della litofacies arenaceo-pelitica di Monte Gallo che, immergendo verso NE, rispetto al versante sono inclinati a traversopoggio, drenando le acque proprio verso tale direzione. Tale frana viene attraversata a raso senza prevedere scavi e/o riporti significativi.

L'altro dissesto (fig. 4.10) in corrispondenza del sondaggi A20.2 con codice F12-1418 (R1-P3) viene anch'esso intercettato nella porzione basale, in condizioni topografiche di bassa pendenza. Si tratta di una frana di scorrimento superficiale coinvolgente la coltre superficiale; la superficialità e lo stato di attività che caratterizzano tale fenomeno sono stati confermati dai dati disponibili della rete di monitoraggio installata (SN2203bis). Il progetto prevede un rilevato con opera di sostegno al piede.

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord  
 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA  
 GENERALE

Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 34 di 67
----------------	----------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------



Figura 4.9: versante nord di Monte Gallo con dissesto segnalato nel PAI con codice F-12-1423.



Figura 4.10: versante nord di Monte Gallo con dissesto segnalato nel PAI con codice F-12-1418.

	<b>2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord</b> RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA GENERALE								
	Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 35 di 67

Da prog. 4+996 a prog. 5+280 (galleria artificiale “Mistrianello”):

Nel tratto della galleria artificiale Mistrianello non sono state rilevate particolari criticità geomorfologiche.



*Figura 4.11: versante imbocco sud galleria Mistrianello.*

Da prog. 5+280 a prog. 6+100 (ponte “Mistriano”):

In questo tratto le opere del ponte Mistriano e dei due sottovia relativi alla sistemazione delle viabilità interferite insistono sulla pianura alluvionale del fosso di Mistriano dove non si rilevano particolari criticità.

Da segnalare però che le scarpate fluviali del Rio di Mistriano, benché non siano stati rilevati intensi fenomeni di erosione laterale di sponda, risultano comunque attive poiché in relazione alla dinamica fluviale attuale.

Non sono segnalate nel PAI zone esondabili: infatti questi depositi fluviali, riferibili al Pleistocene superiore, non sono più in rapporto con l’attuale sistema morfodinamico fluviale.

Da prog. 6+100 a prog. 7+040 (svincolo Matelica sud):

Lo svincolo di Matelica Sud si sviluppa in una superficie topografia sub-pianeggiante. In questo tratto non si evidenziano particolari criticità geomorfologiche.

Da prog. 7+040 a prog. 8+420 (svincolo Castelraimondo nord):

Il tracciato è ubicato in prossimità della zona di impluvio che si immette nel Rio Lipidoso. In questo tratto, in cui ricade lo svincolo di Castelraimondo nord, non si evidenziano particolari criticità geomorfologiche.

	<b>2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord</b> RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA GENERALE								
	Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 36 di 67

## 5. INTERFERENZE AREE P.A.I. - VERIFICHE DI STABILITA'

Come già indicato nel precedente paragrafo, il tracciato stradale in progetto interferisce con n. 5 aree a rischio idrogeologico moderato (R1) e pericolosità elevata e moderata (P3 e P2) censite con i codici F-12-1433, F-12-1439, F-12-1435, F12-1423 e F12-1418 nel Piano Assetto Idrogeologico della Regione Marche approvato con Deliberazione di Consiglio Regionale n. 116 del 21/01/2004.

Per ciascuna area PAI si è proceduto ad una analisi geomorfologica dei versanti interessati oltre al loro monitoraggio mediante l'installazione di inclinometri e piezometri. Dall'analisi geomorfologica e dai primi dati del monitoraggio disponibili i fenomeni di instabilità risulterebbero molto superficiali coinvolgendo principalmente le coltri di copertura eluvio-colluviali.

Si è pertanto proceduto a verifiche di stabilità dei versanti in oggetto finalizzate principalmente alla valutazione quantitativa degli effetti del drenaggio delle acque di circolazione, che risultano tra le cause principali delle condizioni di dissesto. Le condizioni morfologiche del versante, la tipologia dei fenomeni di dissesto, il limitato spessore di terreno coinvolto nei movimenti, la loro estensione areale e la mancanza di corpi di frana geometricamente e cinematicamente ben delineati, hanno portato alla scelta del metodo di analisi del cosiddetto "pendio indefinito".

Le ipotesi che stanno alla base di tale modello sono infatti:

- pendenza del piano campagna costante e pressochè uguale a quella della superficie di scorrimento;
- linee di flusso della falda parallele al piano campagna;
- terreno omogeneo.

La prima fase di analisi, quella condotta sullo stato attuale del pendio, è finalizzata a ricavare più che dei parametri di resistenza assoluti, valori attendibili con i quali effettuare le successive verifiche allo stato di progetto. A tal fine è stata condotta una Back Analysis, attraverso la quale è stato possibile determinare per tentativi le caratteristiche di resistenza residua dei materiali che conducono all'equilibrio del pendio in frana allo stato limite ( $F_s=1$ ) nelle condizioni idrauliche ritenute più critiche per ciascuna situazione. Utilizzando tali parametri di resistenza sono state poi ripetute le verifiche valutando l'influenza della progressiva riduzione dell'acqua nel terreno simulando la realizzazione di opere di drenaggio, sia in condizioni statiche che dinamiche. Le analisi sono state infatti condotte applicando le recenti Norme Tecniche per le Costruzioni (DM gennaio 2008) per la cui descrizione si rimanda allo specifico allegato.

Nel dettaglio sono state eseguite le verifiche di stabilità per tutte le situazioni di dissesto riferibili alle perimetrazioni PAI ad eccezione di quella con il codice F-12-1433 in quanto i fenomeni individuati non interferiscono con il tracciato in progetto. Le aree di versante in cui sono state eseguite le verifiche di stabilità, i cui risultati analitici vengono riportati in allegato, sono:

- versante in frana "imbocco nord Galleria Croce di calle" (F-12-1439 – R1-P2);
- versante in frana "imbocco sud Galleria Croce di calle" (F-12-1435 - R1-P3);
- versante in frana Monte Gallo– progr. 4+630 – 4+740 -1" (F-12-1423 - R1-P3);
- versante in frana Monte Gallo - progr. 4+860 – 4+970 (F-12-1418 - R1-P3).

### 5.1 VERSANTE "CASA PAGLIANO" DISSESTO F-12-1433

Il tracciato in progetto interferisce con la porzione basale del dissesto PAI F-12-1433 con pericolosità media e rischio moderato P2-R1 (fig. 5.1).

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. progr.	REV.	Pag. di Pag.
L0703	2 12	E	02	GE0000	REL	01	C	37 di 67

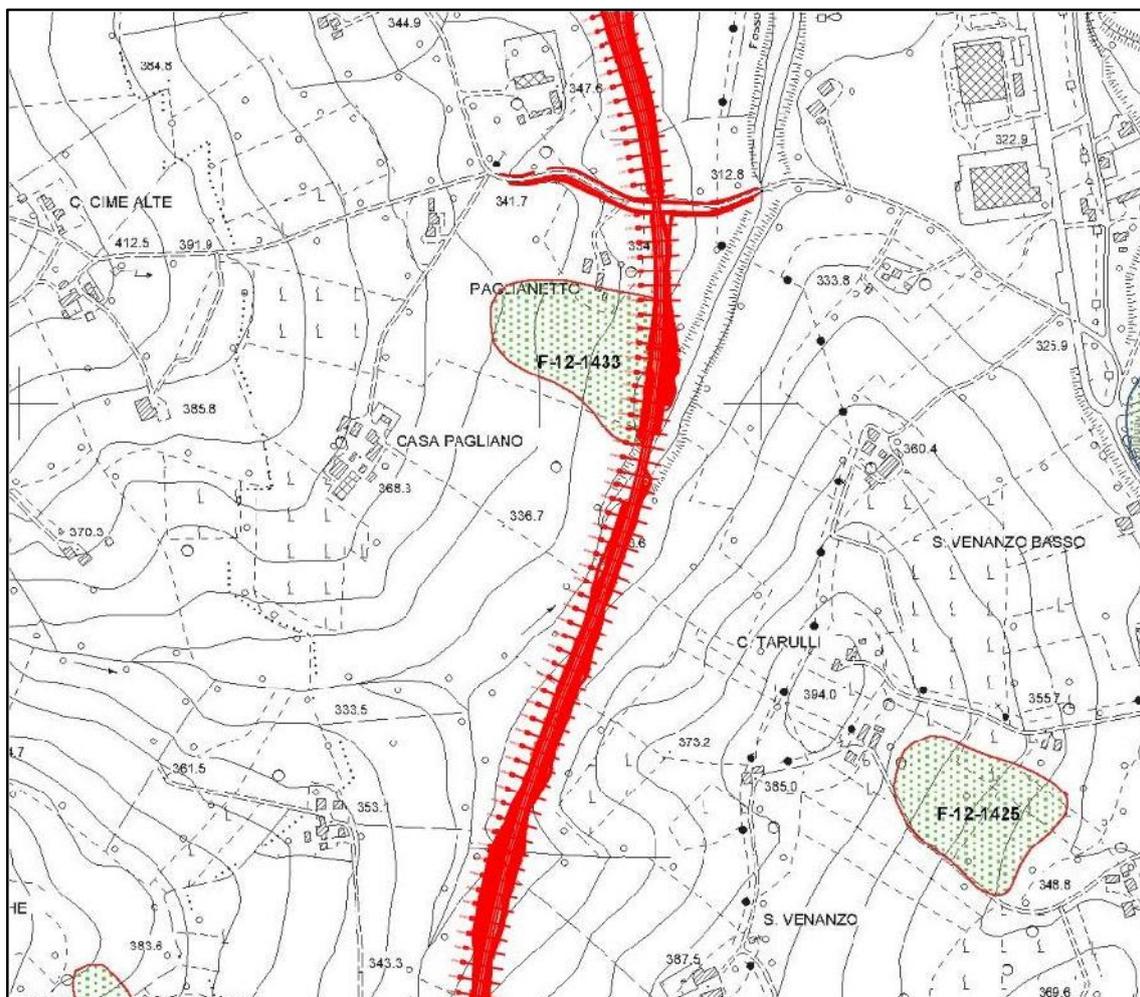


Figura 5.1: Stralcio PAI – Tav. RI49a.

Grazie alla nuova campagna geognostica 2016, sondaggio X.1, è stata accertata la presenza di una coltre colluviale fino ad almeno 9 m di profondità. Lo stesso sondaggio è stato attrezzato con inclinometro (profondità 20 m). I dati a disposizione inducono a considerare che si tratti di una frana di scorrimento che coinvolge la coltre di copertura eluvio-colluviale superficiale; in base al rilievo geomorfologico di campagna, è stata ridefinita, in questo caso ristretta, secondo quanto riportato nella carta geomorfologica in scala 1:5000, di cui si riporta uno stralcio (fig. 5.2).

L'area era stata già oggetto di monitoraggio nella campagna indagini del 2002 con l'installazione di un inclinometro (S15) di cui però non sono state reperite letture inclinometriche. Per quanto riguarda il monitoraggio dei livelli piezometrici nella campagna geognostica del 2007 è stato installato un piezometro a T.A. (SN2121) che allo stato attuale non risulta più misurabile. I dati di misura disponibili indicano tuttavia per tale piezometro profondità del livello piezometrico variabile tra 0,08 e 0,71 m dal p.c..

Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 38 di 67
----------------	----------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

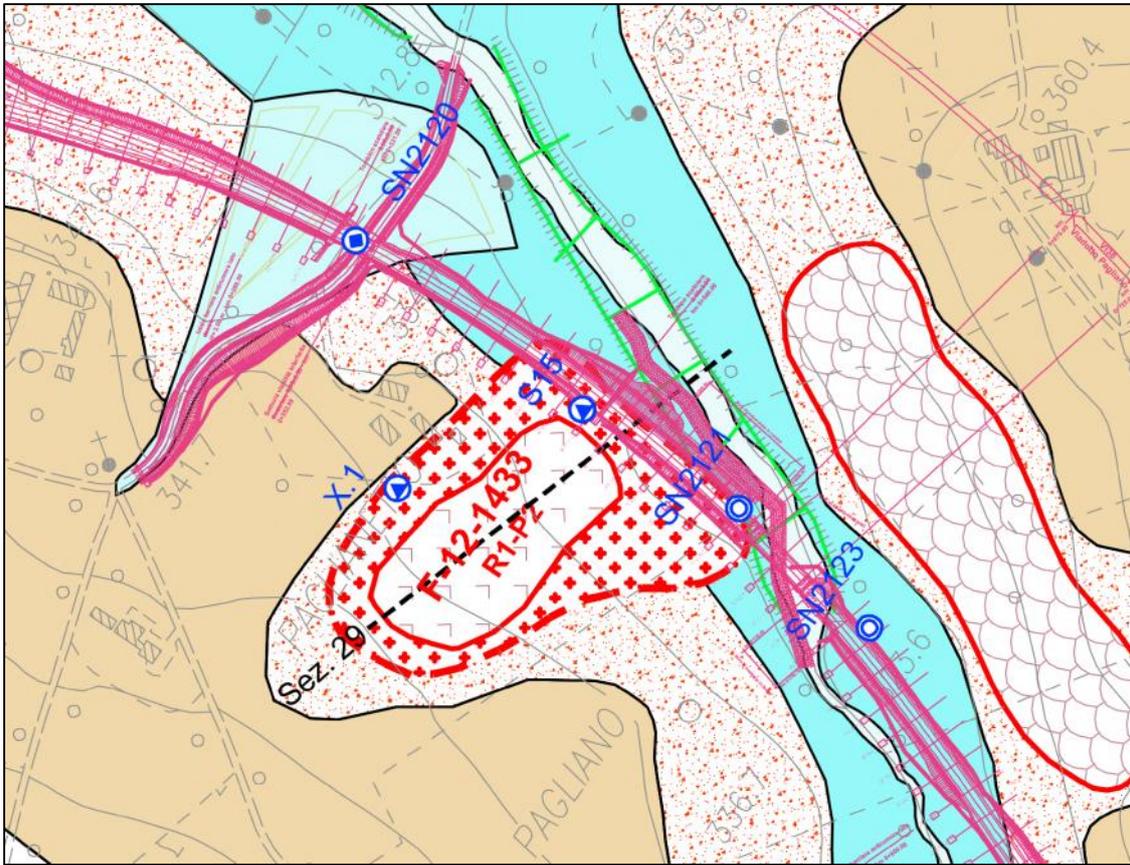


Figura 5.2: Stralcio Carta geomorfologica.

I primi dati inclinometrici disponibili (X.1) non hanno allo stato fornito indicazioni di movimento anche in relazione al breve periodo di osservazione (circa 1 mese).

Il modello di frana è stato schematizzato nella sezione trasversale al tracciato stradale (n.29) di cui si riporta di seguito uno stralcio (Fig.5.3).

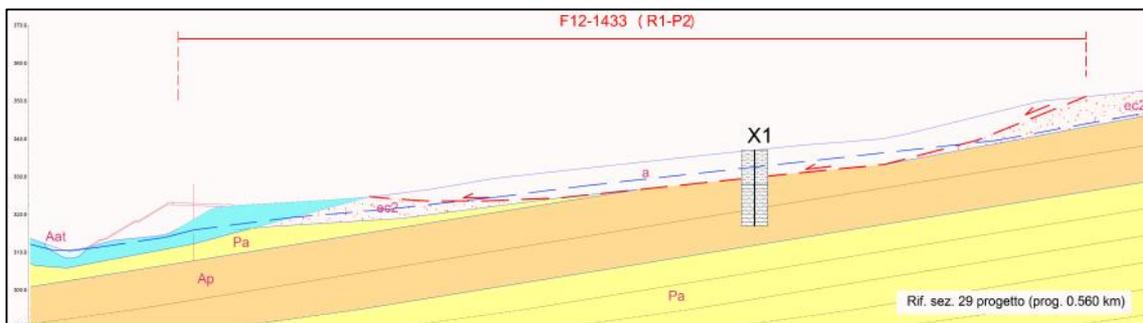


Figura 5.3: Sezione geologica passante attraverso il corpo di frana ed il tratto in rilevato sezione trasversale (sez. 29).

Dall'analisi geomorfologica del sito, in considerazione della presenza al piede del versante di un ripiano alluvionale ben sviluppato, si ritiene che il movimento di frana sia limitato soltanto ai depositi eluvio-colluviali del versante, non coinvolgendo pertanto il tracciato stradale in progetto che corre in rilevato in corrispondenza della scarpata di erosione in sinistra idrografica del F.so Pagliano. Per tale motivo non è stato ritenuto necessario eseguire verifiche di stabilità. Il proseguimento del monitoraggio potrà successivamente fornire ulteriori indicazioni circa le caratteristiche del dissesto in oggetto.

## 5.2 VERSANTE NORD CROCE DI CALLE - DISSESTO F-12-1439

L'imbocco nord della galleria "Croce di Calle" intercetta la porzione medio-basale di un dissesto individuato nel PAI (fig. 5.4) con il codice F-12-1439 (R1-P2). Una frana con codice F-12-1436 (R2-P3), a monte della precedente, non è invece intercettata da tale imbocco.

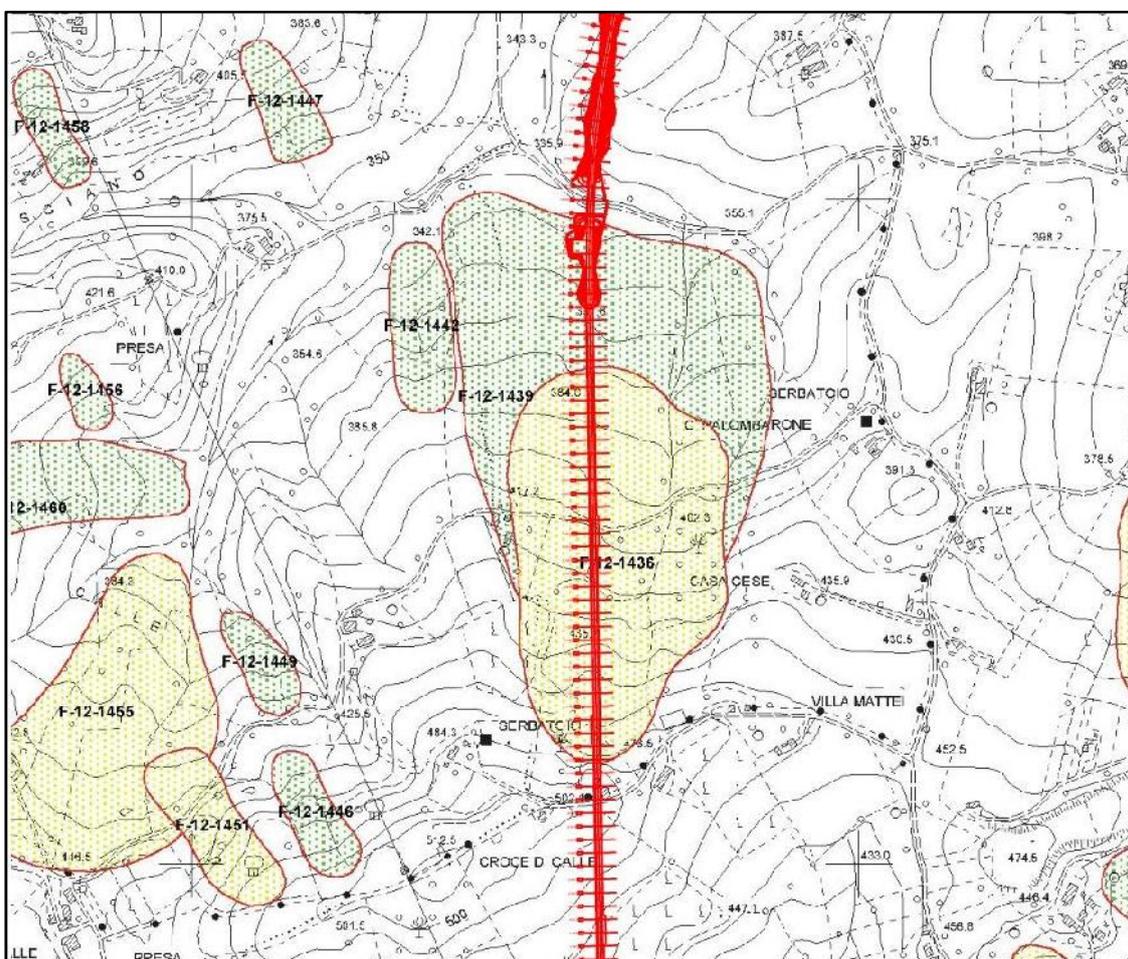


Figura 5.4: Stralcio PAI – Tav. RI49a.

Lo stesso si inserisce nell'ambito del versante nord di Croce di Calle nel quale sono presenti scadenti terreni di copertura colluviali coinvolti in movimenti franosi che sono stati ricartografati come rappresentato nella carta geomorfologica in scala 1:5000 (fig. 5.5).

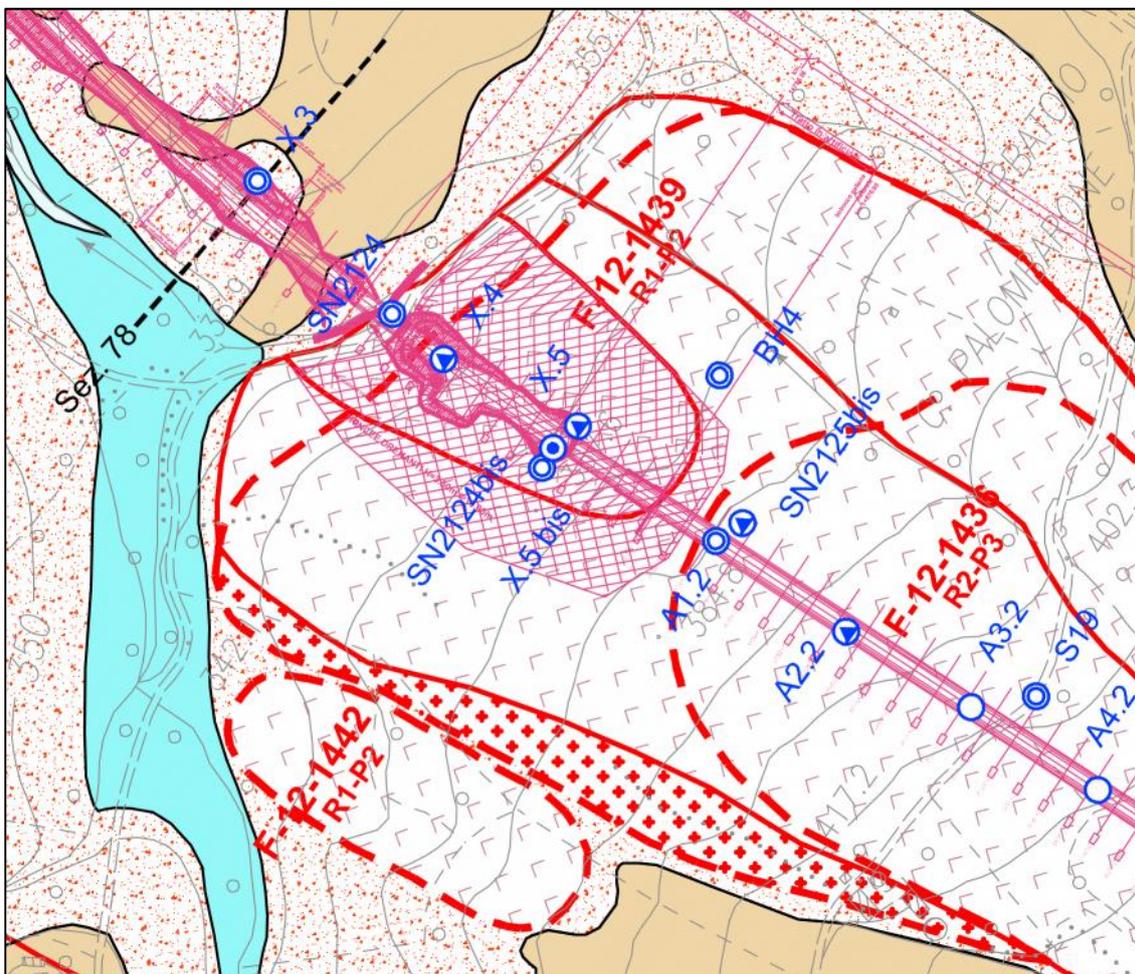


Figura 5.5: Stralcio carta geomorfologica con ubicazione indagini e area PAI.

Nella campagna geognostica del 2007 il fenomeno era stato oggetto di monitoraggio mediante la realizzazione dei sondaggi SN2124 e 2124bis (piezometro T.A.), SN2125bis (inclinometro).

Le letture disponibili per l'inclinometro SN2125bis, eseguite nell'arco di un anno tra il luglio 2007 ed il giugno 2008, non hanno evidenziato spostamenti significativi ad eccezione dei primi 3,0 metri di spessore caratterizzati da movimenti delle coltri di copertura di tipo "creep", progressivamente crescenti verso l'alto.

Successivamente al giugno 2008 non sono state possibili altre misurazione a causa della distruzione dell'attrezzatura per le pratiche agricole.

Nella campagna 2016 sono stati pertanto installati due nuovi tubi inclinometrici in corrispondenza dei sondaggi X.4 e X.5. L'esito delle nuove stratigrafie, dei rilievi di campagna e dei primi dati del monitoraggio inclinometrico (circa 1 mese di osservazione) inducono a

confermare che si tratti di una frana di scorrimento attiva che coinvolge i terreni più superficiali (2-3 m) della coltre colluviale.

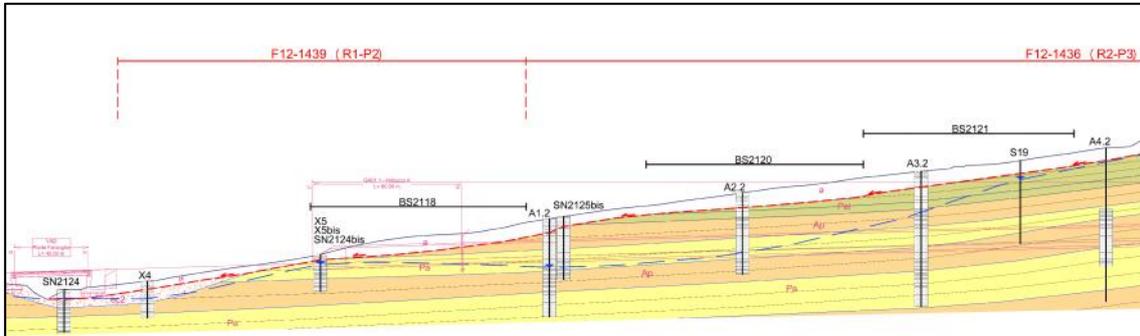


Figura 5.6: Stralcio profilo geologico longitudinale.

Nella figura 5.6 viene riportato uno stralcio del profilo geologico longitudinale in cui sono stati schematizzati i modelli di frana sulla base dei dati attualmente disponibili.

Per quanto riguarda i livelli piezometrici, si osserva che i livelli idrici misurati nei piezometri installati nelle varie campagne geognostiche (BH-4-SN2124-SN2124bis, A1.2) risultano in gran parte intestati all'interno del substrato in posto o al passaggio stratigrafico coltre-substrato.

Tali dati derivano probabilmente dal fatto che i piezometri sono a T.A. e che pertanto tendono a mediare i livelli su tutto lo spessore attraversato e le misurazioni sono di tipo discontinuo. Generalmente le coltri di copertura sono interessate da una circolazione idrica concentrata al passaggio stratigrafico con il substrato, con livelli piezometrici che tendono a risalire rapidamente verso il piano di campagna in concomitanza di precipitazioni meteoriche prolungate e/o estreme, saturando completamente i terreni. Pertanto, a prescindere dai dati del monitoraggio, nelle verifiche di stabilità è stato utilizzato tale schema di circolazione idrica.

Sulla base dei dati disponibili, allo stato attuale si è pertanto proceduto ad una verifica di stabilità con il metodo del pendio indefinito, i cui risultati si riportano in allegato.

La pendenza media della superficie topografica e di quella di scorrimento è pari a circa 8°.

Anche in questo caso, analizzando le condizioni del versante allo stato attuale, in back analysis, è stato rilevato che le condizioni di equilibrio limite vengono raggiunte per valore dell'angolo di attrito residuo ( $r$ ) pari a circa 14°, imponendo a favore della sicurezza una coesione residua ( $c_r$ ) 0 ed una altezza massima della falda sul piano di scorrimento ipotizzato pari a 4,4 m (falda prossima al piano di campagna).

Utilizzando tale valore di resistenza mobilitata, è stato ricavato il fattore di sicurezza del versante FS per varie altezze della falda sul piano di scorrimento, sia in condizioni statiche che sismiche, simulando l'effetto del drenaggio del terreno. I risultati di tali elaborazioni vengono di seguito graficizzati (Fig. 5.7).

Da tale grafico si osserva che in condizioni sismiche si ottiene un coefficiente di sicurezza FS superiore ad 1,0 con una depressione del livello di falda ad almeno 4,0 m dal piano di campagna.

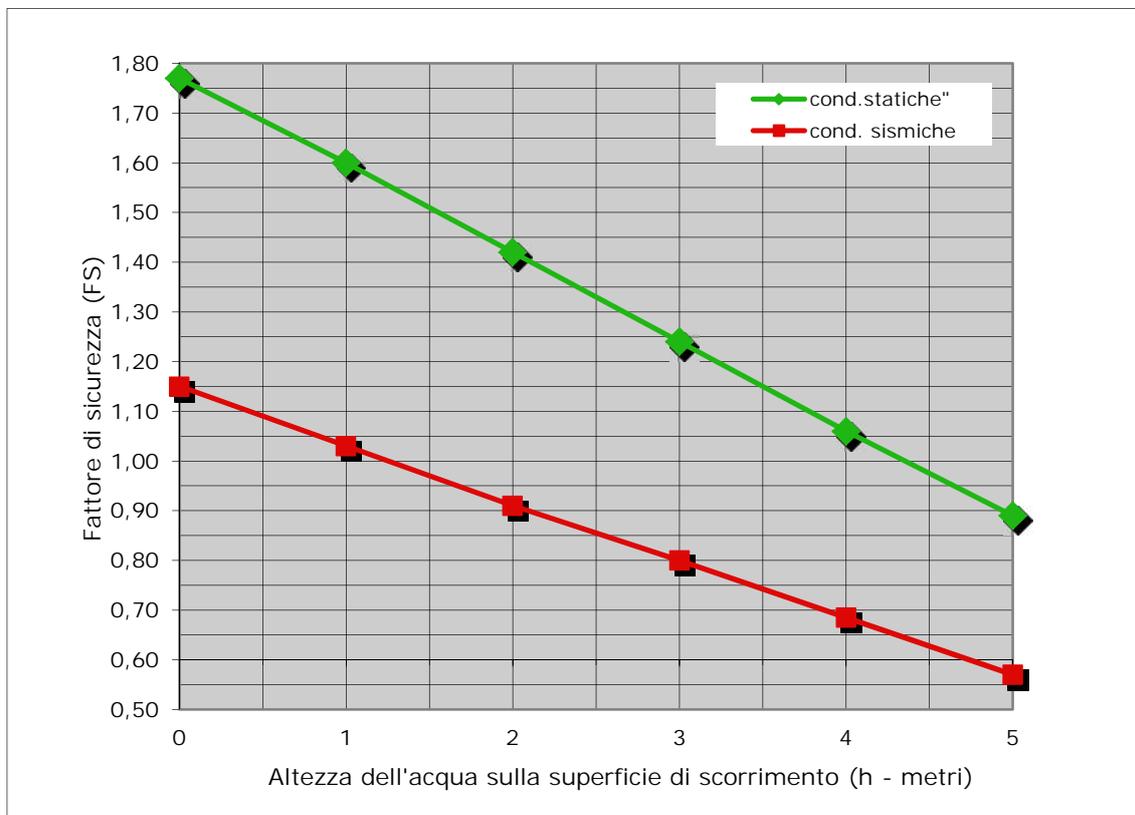


Figura 5.7

### 5.3 VERSANTE SUD CROCE DI CALLE – F12-1435

L'imbocco sud della galleria "Croce di Calle" interferisce con il dissesto segnalato nel PAI (fig. 5.8) con codice F-12-1435 (R1-P3).

Dal rilievo geomorfologico di campagna il dissesto è stato ampliato, come riportato nella carta geomorfologica di cui si riporta uno stralcio (fig. 5.9).

Dai dati a disposizione si può ipotizzare una profondità di scorrimento all'interno dei depositi di copertura di circa 5-6 metri, profondità individuata dalle letture inclinometriche eseguite nella campagna del 2007 sul sondaggio SN2127, purtroppo attualmente non più utilizzabile.

I primi dati relativi al nuovo inclinometro installato (A13.2) confermano la presenza di spostamenti anche se a profondità più limitate (2-3m).

Per quanto riguarda i livelli piezometrici si osserva che le misurazioni eseguite nel periodo 2007-2008 in corrispondenza del piezometro a T.A. SN2128, attualmente non più misurabile, hanno fornito valori variabili tra 0,43 e 5,34 m di profondità dal piano di campagna. In corrispondenza del nuovo piezometro installato (A14.2) sono stati invece rilevati per ora livelli a profondità variabili tra 2,42 e 2,81 m dall'attuale piano di campagna.

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA  
GENERALE

Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 43 di 67
----------------	----------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

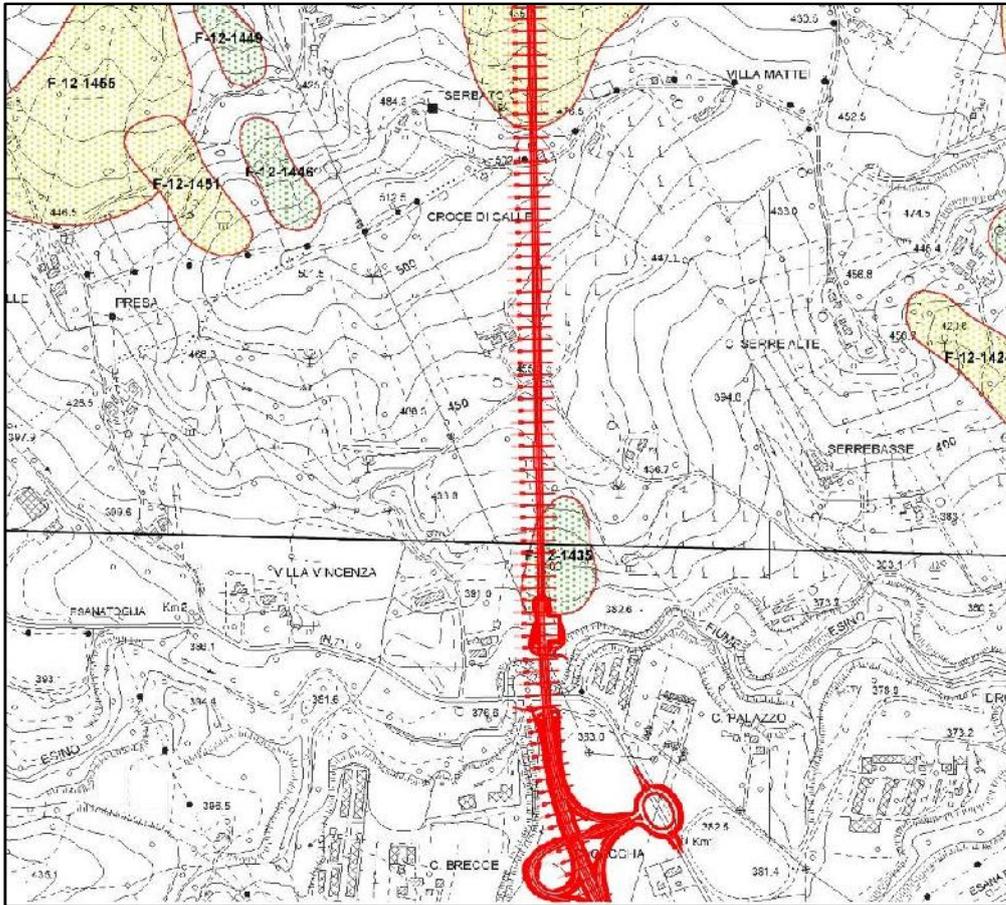


Figura 5.8: Stralcio PAI – Tavv. RI49a-49b

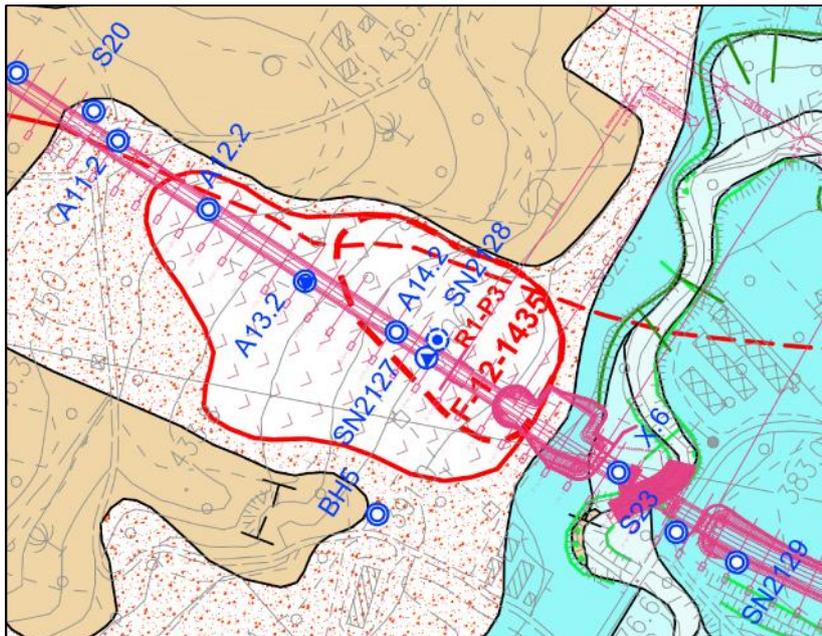


Figura 5.9: Stralcio Carta geomorfologica.

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. progr.	REV.	Pag. di Pag.
L0703	2 12	E	02	GE0000	REL	01	C	44 di 67

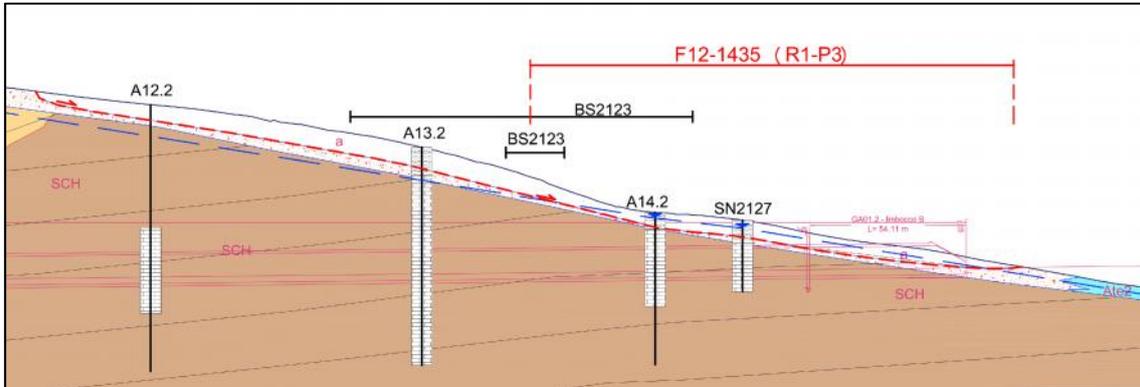


Figura 5.10: Stralcio profilo geologico longitudinale.

Sulla base dei dati disponibili allo stato attuale si è pertanto proceduto ad una verifica di stabilità con il metodo del pendio indefinito, i cui risultati si riportano in allegato.

La pendenza media della superficie topografica e di quella di scorrimento è pari a circa  $9^\circ$ .

Anche in questo caso, analizzando le condizioni del versante allo stato attuale, in back analysis è stato rilevato che le condizioni di equilibrio limite vengono raggiunte per valore dell'angolo di attrito residuo ( $r$ ) pari a circa  $14^\circ$ , imponendo a favore della sicurezza una coesione residua ( $c_r$ ) 0 ed una altezza massima della falda sul piano di scorrimento ipotizzato pari a 3,5 m.

Utilizzando tale valore di resistenza mobilitata, è stato ricavato il fattore di sicurezza del versante FS per varie altezze della falda sul piano di scorrimento, sia in condizioni statiche che sismiche, simulando l'effetto del drenaggio del terreno. I risultati di tali elaborazioni vengono di seguito graficizzati (Fig. 5.11).

**2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA  
GENERALE

Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 45 di 67
----------------	----------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

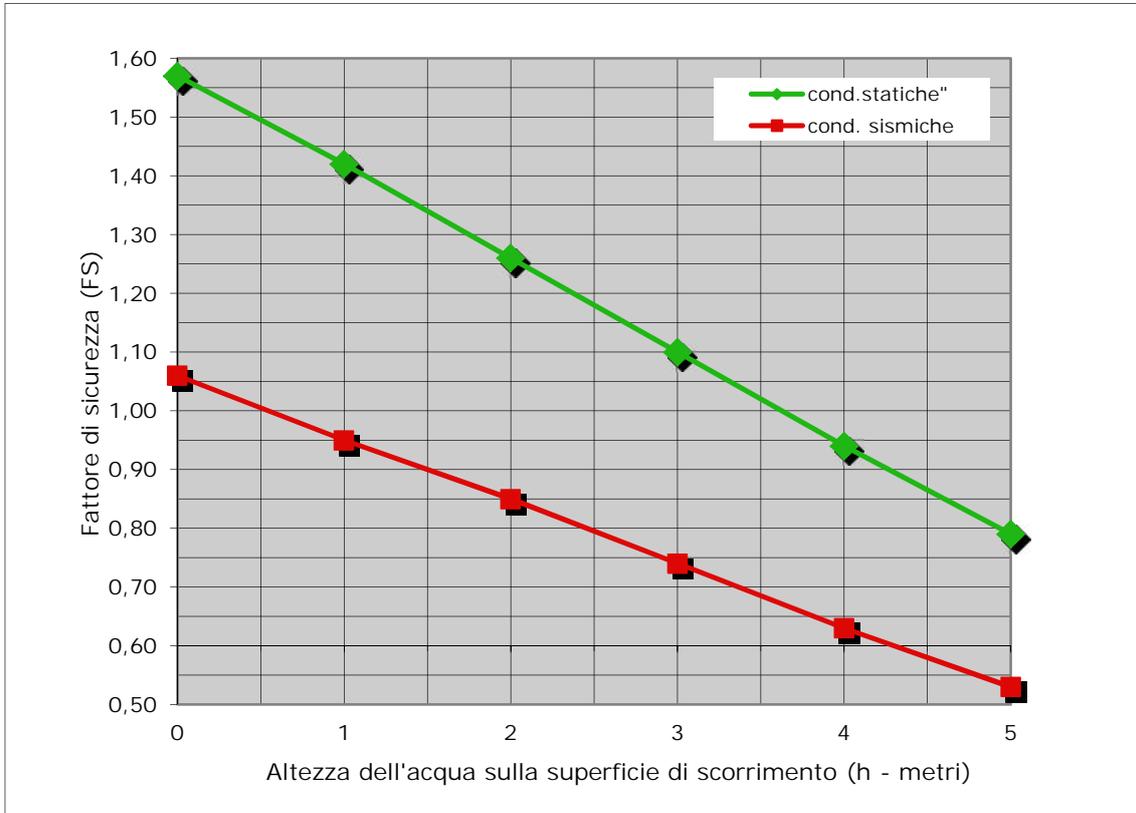


Figura 5.11

Da tale grafico si osserva che in condizioni sismiche si ottiene un coefficiente di sicurezza FS superiore ad 1,0 con una depressione del livello di falda a partire da almeno almeno 4,5 m dal piano di campagna.

#### 5.4 VERSANTE NORD MONTE GALLO (PROGR. 4+630 – 4+740) - DISSESTO F12-1423

Il tratto all'aperto del tracciato si sviluppa nella porzione mediana e basale della struttura collinare di Monte Gallo. In corrispondenza della prima zona di impluvio il tracciato a raso intercetta un primo movimento franoso segnalato nel PAI con codice F12-1423 (R1-P3).

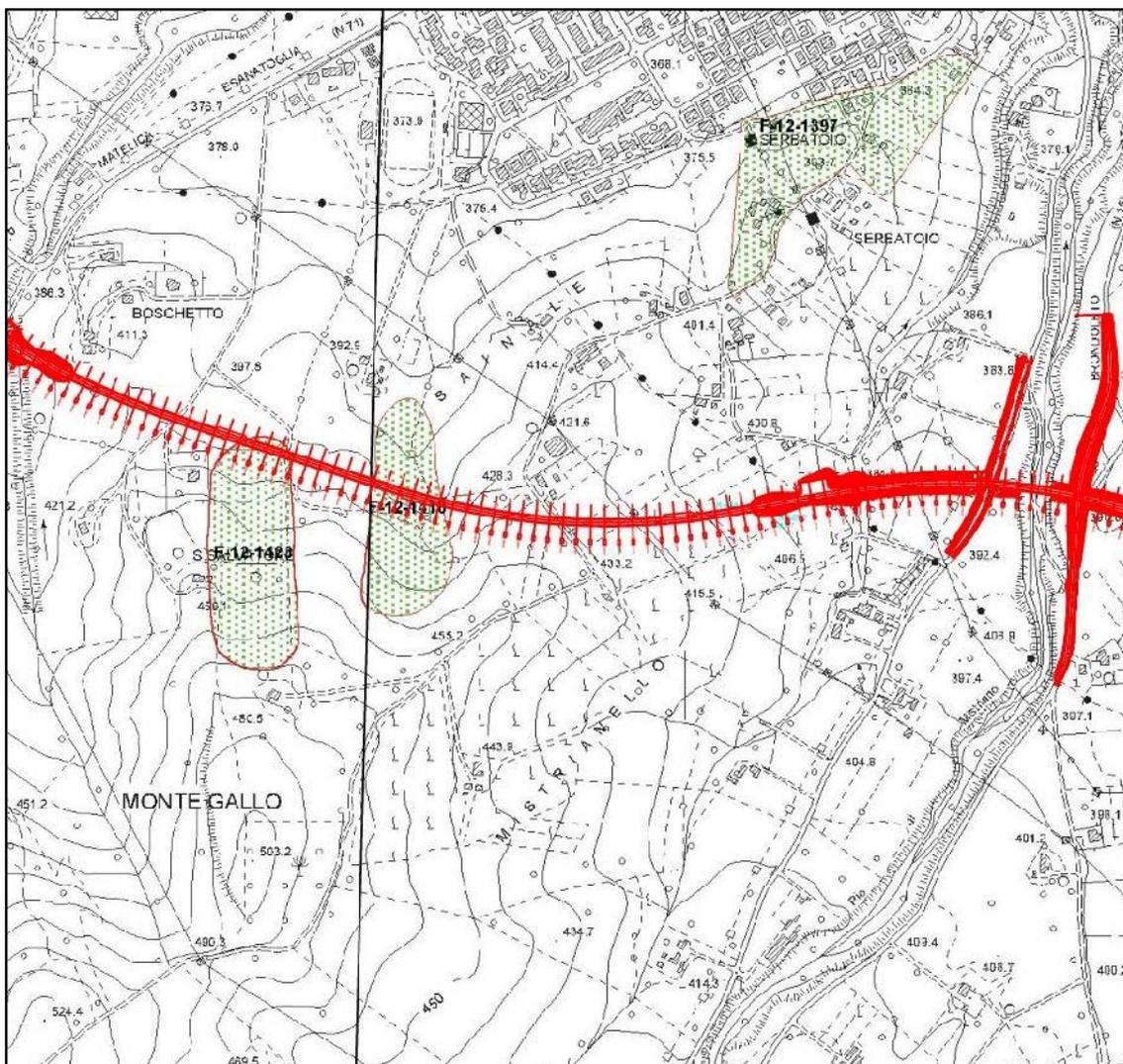


Figura 5.12: Stralcio PAI – Tav. RI 49b.

Lo stesso viene attraversato a raso alla base, in condizioni topografiche di bassa pendenza. Detto dissesto, ridefinito geometricamente come nella carta geomorfologica (fig. 5.13), è classificabile come una frana di scorrimento attiva, che coinvolge la coltre eluvio-colluviale più superficiale.

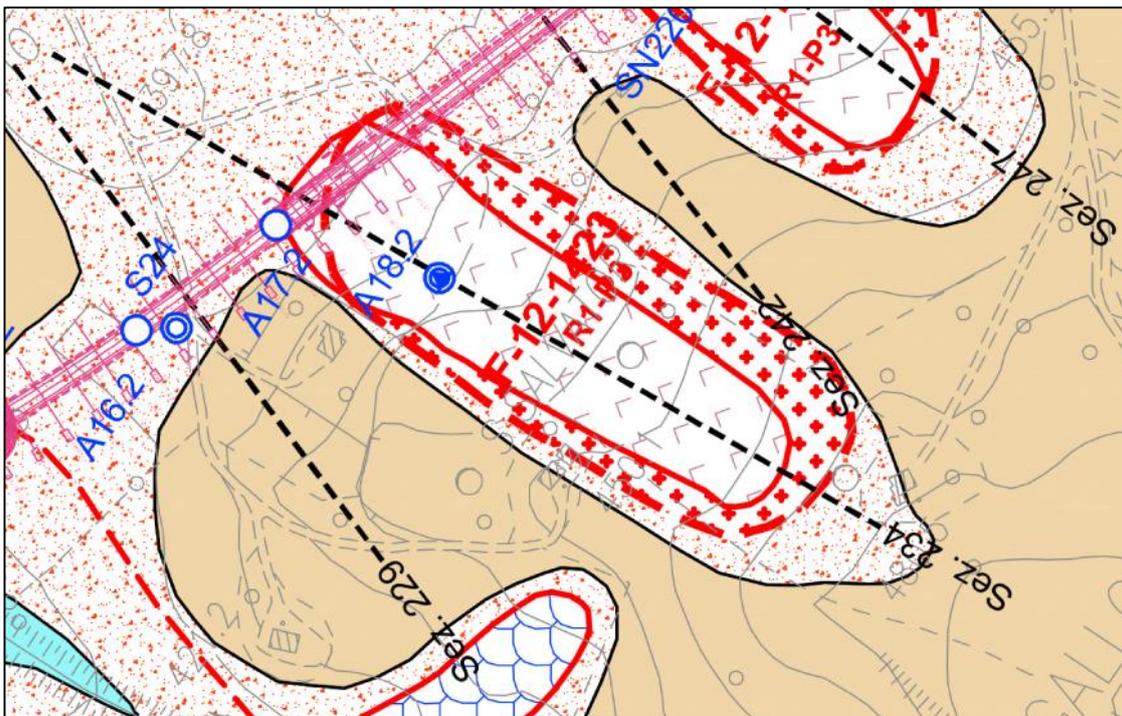


Figura 5.13: Stralcio Carta geomorfologica.

Il sondaggio A18.2 è stato attrezzato con inclinometro in cui è stato accertato uno spostamento significativo a circa 5-6m di profondità. Per quanto riguarda la circolazione idrica sotterranea, nel versante a monte di questo tratto si segnala la presenza di venute d'acqua superficiali, probabilmente circolanti prevalentemente al contatto copertura-substrato ed alimentate in parte dagli strati arenacei della litofacies arenaceo-pelitica di Monte Gallo che, immergendo verso NE, rispetto al versante sono inclinati a traversopoggio, drenando proprio verso tale direzione.

Il modello di frana è stato schematizzato nella sezione trasversale al tracciato stradale (n.234) di cui si riporta di seguito uno stralcio (Fig.5.14).

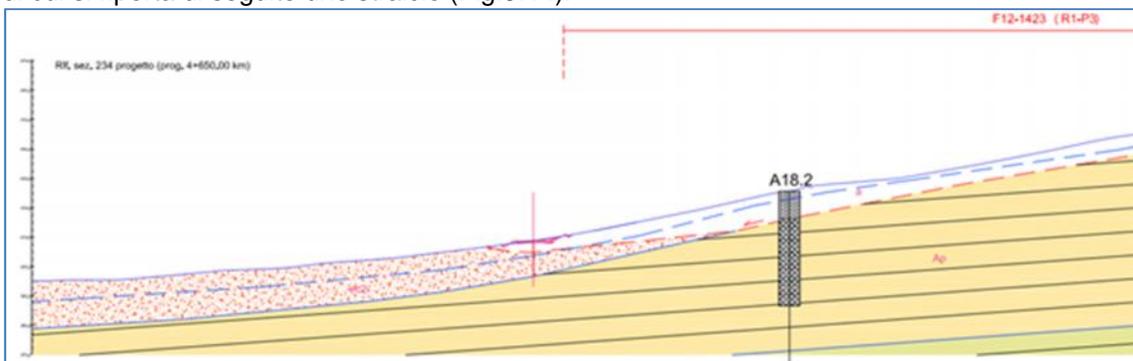


Figura 5.14: Sezione geologica trasversale passante attraverso il corpo di frana (sez. 234).

Sulla base dei dati disponibili allo stato attuale si è pertanto proceduto ad una verifica di stabilità con il metodo del pendio indefinito, i cui risultati si riportano in allegato.

La pendenza media della superficie topografica e di quella di scorrimento è pari a circa 8°. Anche in questo caso, analizzando le condizioni del versante allo stato attuale, in back analysis è stato rilevato che le condizioni di equilibrio limite vengono raggiunte per valore dell'angolo di attrito residuo ( $r$ ) pari a circa 14°, imponendo a favore della sicurezza una coesione residua ( $c_r$ ) 0 ed una altezza massima della falda sul piano di scorrimento ipotizzato pari a 5,0 m. Utilizzando tale valore di resistenza mobilitata, è stato ricavato il fattore di sicurezza del versante FS per varie altezze della falda sul piano di scorrimento, sia in condizioni statiche che sismiche, simulando l'effetto del drenaggio del terreno. I risultati di tali elaborazioni vengono di seguito graficizzati (Fig. 5.15).

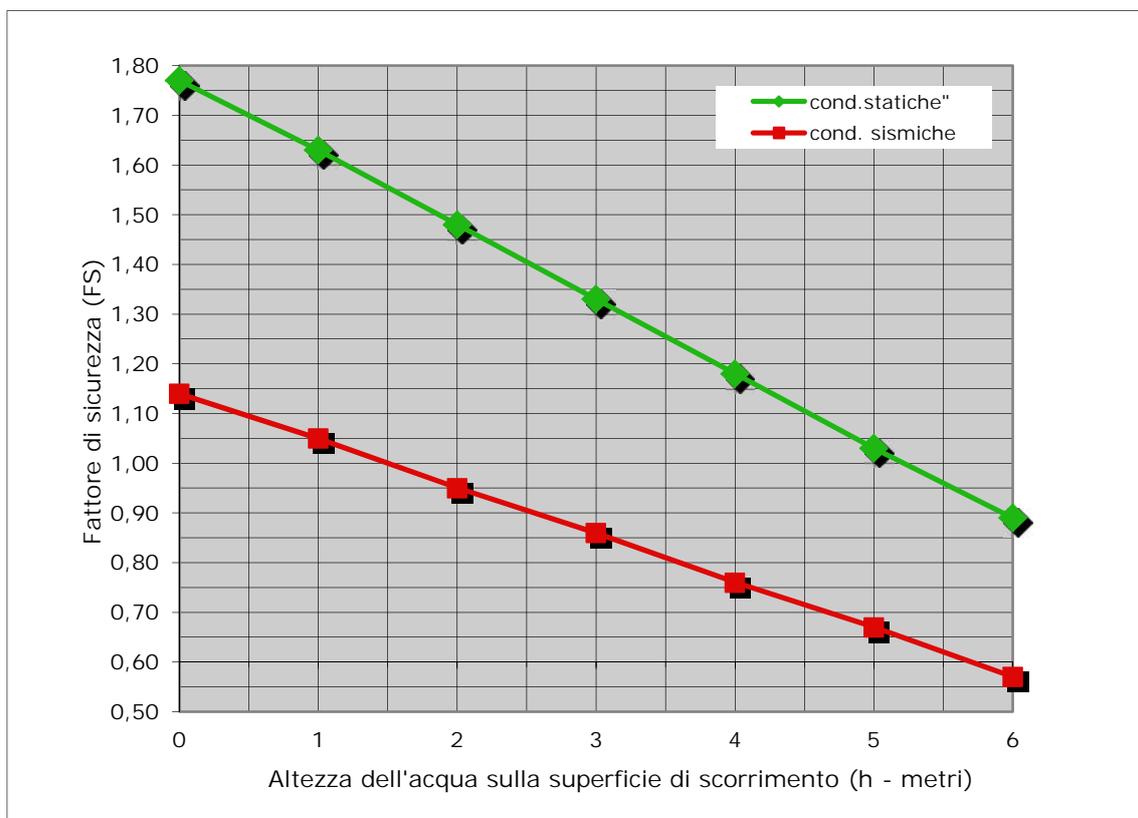


Figura 5.15

Da tale grafico si osserva che in condizioni sismiche si ottiene un coefficiente di sicurezza FS superiore ad 1,0 con una depressione del livello di falda a partire da almeno almeno 4,5 m dal piano di campagna.

### 5.5 VERSANTE NORD MONTE GALLO - (GALLERIA MISTRIANELLO)- DISSESTO F-12-1418

Il tratto in artificiale della galleria “Mistrianello” in corrispondenza della seconda zona di impluvio del versante nord di Monte Gallo intercetta un secondo movimento franoso segnalato nel PAI (fig. 5.16) con codice F12-1418 (R1-P3).

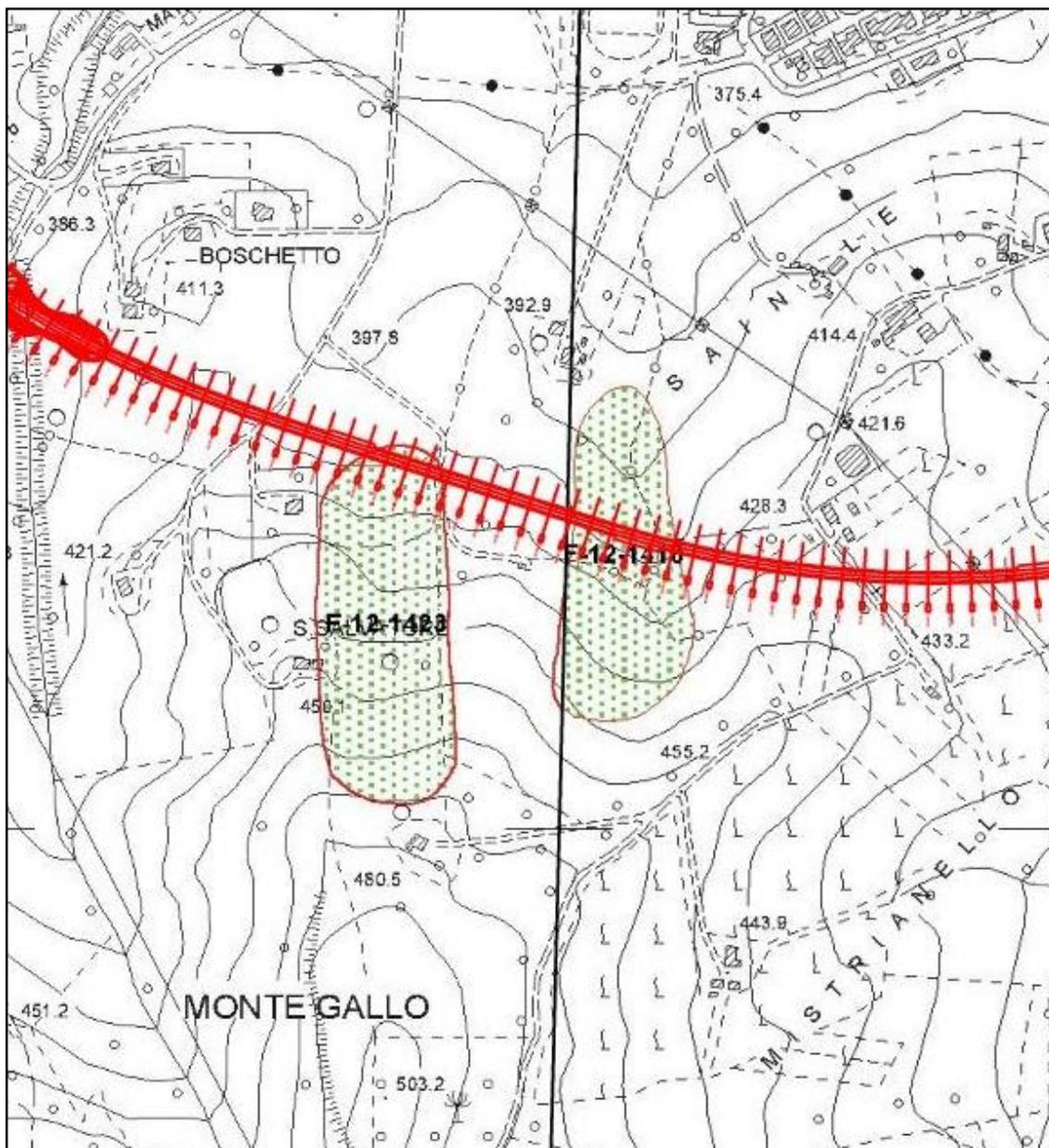


Figura 5.16: Stralcio PAI – Tav. RI 50c.

Anche questo viene intercettato alla base, in condizioni topografiche di bassa pendenza. I rilievi di campagna hanno permesso di ridefinirne i limiti, con riduzione di ampiezza (fig. 5.17).

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. progr.	REV.	Pag. di Pag.
L0703	2 12	E	02	GE0000	REL	01	C	50 di 67

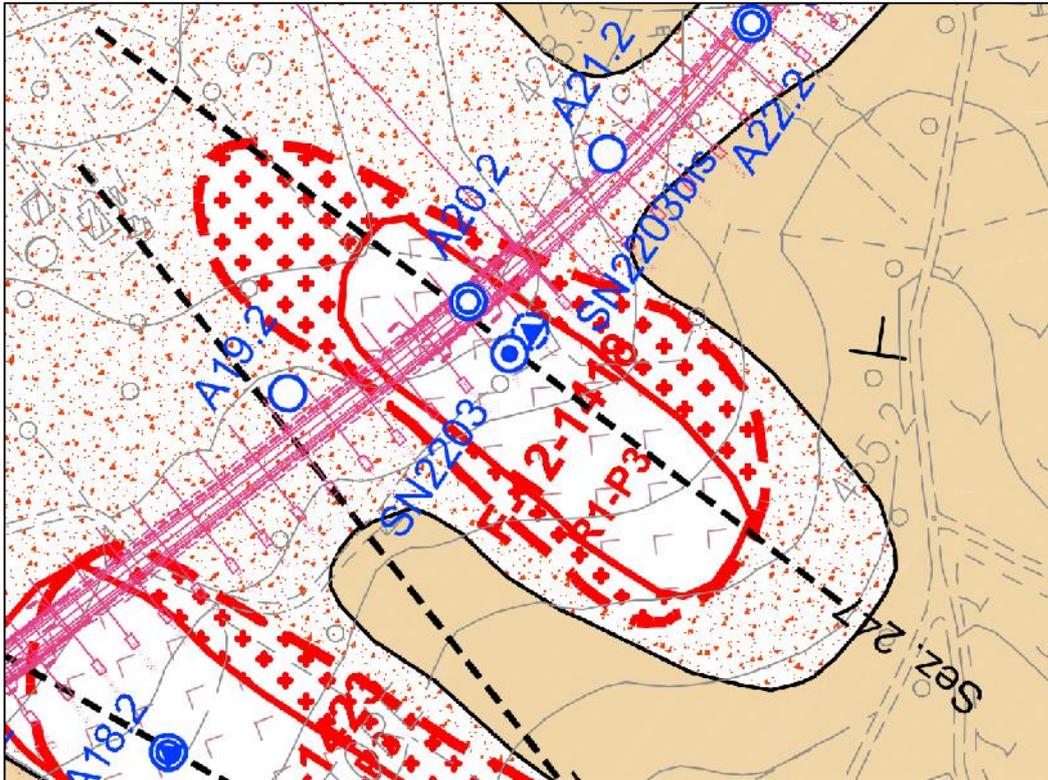


Figura 5.17: Stralcio Carta geomorfologica.

Detto dissesto, è classificabile come una frana di scorrimento attiva, che coinvolge la coltre eluvio-colluviale più superficiale (fig. 5.18); la superficialità che caratterizza tale fenomeno è stata confermata dai dati disponibili della rete di monitoraggio installata (SN2203bis) che ha evidenziato profondità di movimento di circa 3,5 m dall'attuale piano di campagna (periodo di osservazione: 13/07/2007-11/05/2009). Anche se ad una prima ricognizione in sede di predisposizione della campagna geognostica 2016 risultava ancora misurabile, purtroppo allo stato attuale il tubo risulta deformato e non più utilizzabile per ulteriori misure.

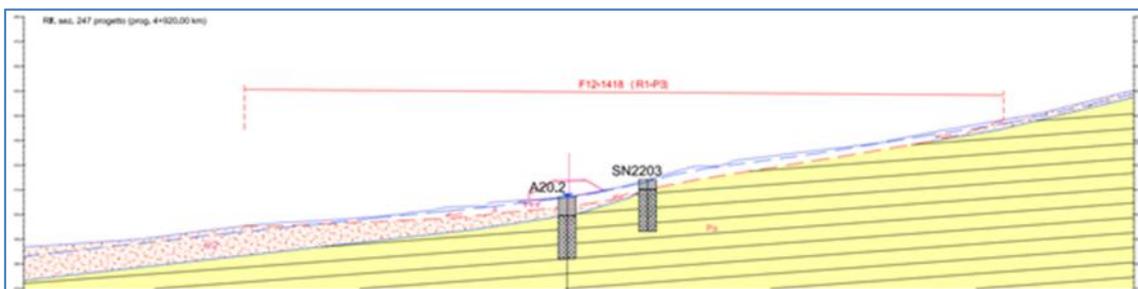


Figura 5.18: Sezione geologica trasversale passante attraverso il corpo di frana (sez. 247).

Per quanto riguarda la circolazione idrica sotterranea, il piezometro a TA installato nel sondaggio A20.2 ha fornito valori del livello piezometrico molto prossimi al p.c. e variabili tra 0,35 e 1,5 m di profondità.

Anche in questo caso, sulla base dei dati disponibili allo stato attuale si è pertanto proceduto ad una verifica di stabilità con il metodo del pendio indefinito, i cui risultati si riportano in allegato.

La pendenza media della superficie topografica e di quella di scorrimento è pari a circa 9°.

Anche in questo caso, analizzando le condizioni del versante allo stato attuale, in back analysis è stato rilevato che le condizioni di equilibrio limite vengono raggiunte per valore dell'angolo di attrito residuo ( $r$ ) pari a circa 14°, imponendo a favore della sicurezza una coesione residua ( $c_r$ ) 0 ed una altezza massima della falda sul piano di scorrimento ipotizzato pari a 3,0 m.

Utilizzando tale valore di resistenza mobilitata, è stato ricavato il fattore di sicurezza del versante FS per varie altezze della falda sul piano di scorrimento, sia in condizioni statiche che sismiche, simulando l'effetto del drenaggio del terreno. I risultati di tali elaborazioni vengono di seguito graficizzati (Fig. 5.19).

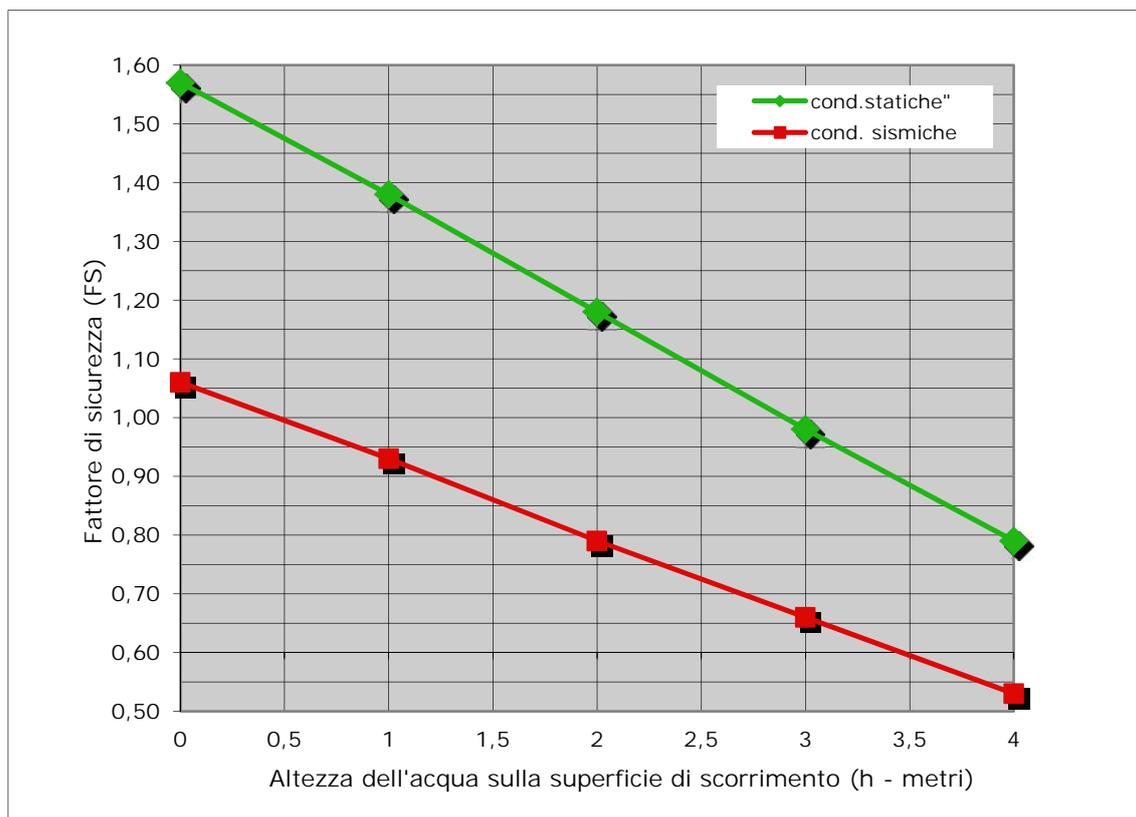


Figura 5.19

Da tale grafico si osserva che in condizioni sismiche si ottiene un coefficiente di sicurezza FS superiore ad 1,0 con una depressione del livello di falda a partire da almeno 3,5 m dal piano di campagna.

## 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. 6.1).

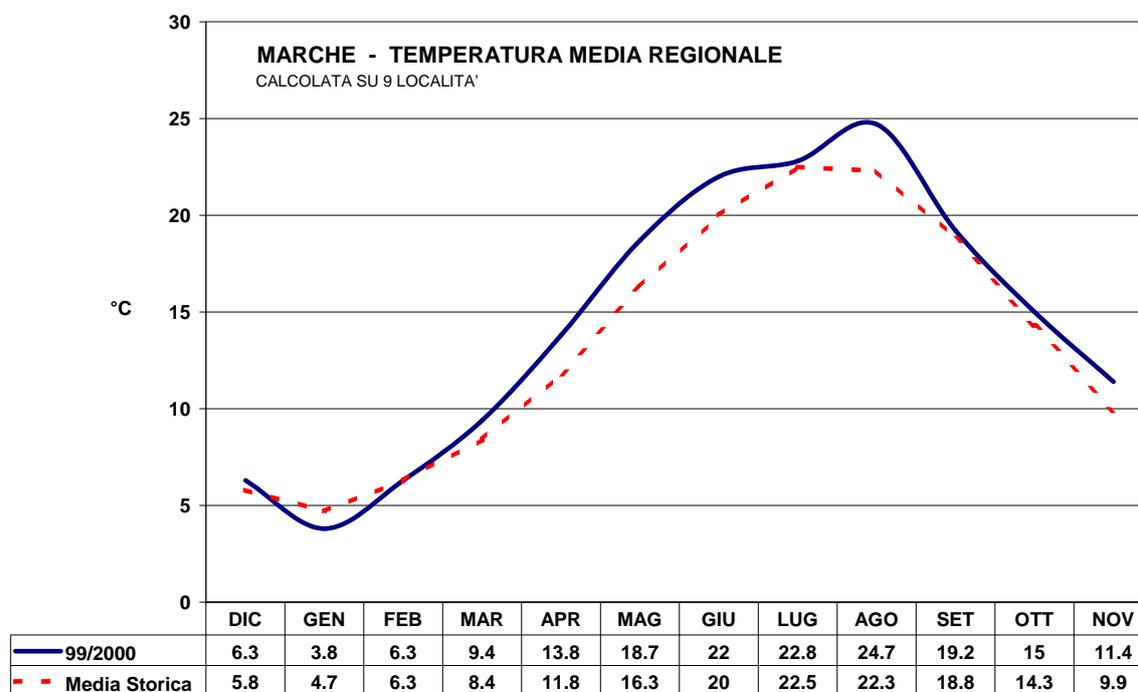


Figura 6.1

## 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 6.2 e 6.3 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").

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord  
 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA  
 GENERALE

Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 54 di 67
----------------	----------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

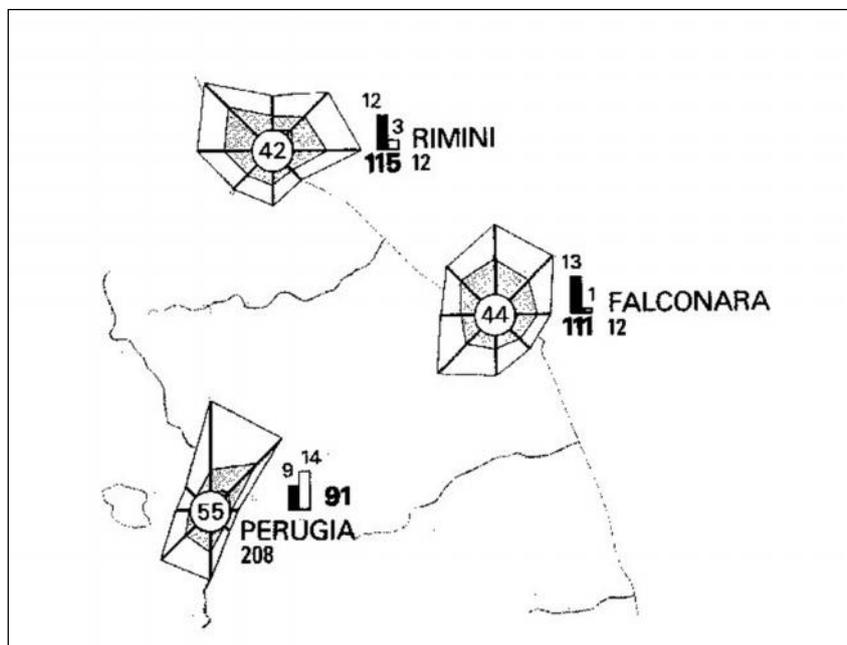


Figura 6.2: Cartogramma con rappresentazione dei valori annuali della frequenza percentuale del verificarsi di vento entro 8 settori di provenienza secondo tre classi di intensità (nella zona sono presenti solo due classi); sono anche indicate le analoghe frequenze delle calme e nonché la velocità massima 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.

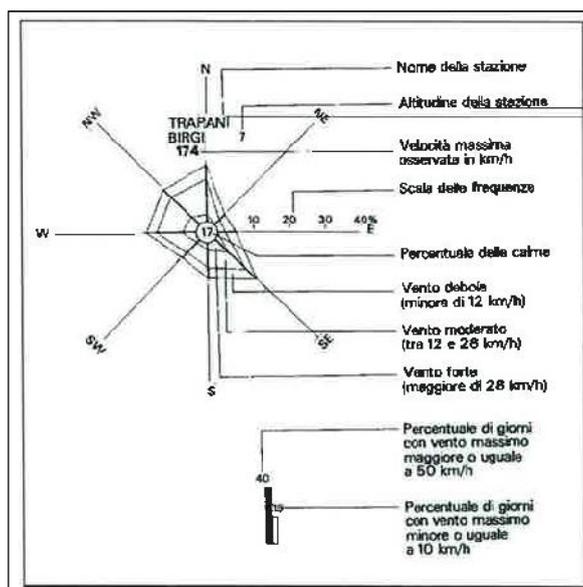


Figura 6.3- Legenda della figura precedente.

	<b>2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord</b> RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA GENERALE								
	Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 55 di 67

#### 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-retangolare a dendritico (associabile prevalentemente a terreni a basse permeabilità).

I corsi d'acqua che interferiscono direttamente o indirettamente con il tracciato in progetto, sono principalmente appartenenti al bacino idrografico del Fiume Esino e subordinatamente al bacino idrografico del F. Potenza. Infatti in prossimità di Colle delle Pere passa la linea di spartiacque morfologico dei due principali Fiumi.

Tali corsi d'acqua sono di seguito elencati da nord verso sud:

- Fosso di Pagliano, affluente in sinistra del F. Esino;
- Fiume Esino;
- Rio di Mistriano, affluente in destra del F. Esino;
- Rio Lipidoso, affluente in sinistra del F. Potenza.

Ad eccezione del Fiume Esino e del Rio di Mistriano, a regime perenne, tutti gli altri corsi d'acqua presentano un regime stagionale, strettamente connesso con le precipitazioni meteoriche.

#### 6.5 PERMEABILITÀ E FALDE ACQUIFERE - MODELLO IDROGEOLOGICO

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

Nella formazione di Camerino (alternanze marnose-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.

La formazione Gessoso-solfifera è da considerarsi praticamente impermeabile, tuttavia i membri evaporitici (gessi) di questa presentano una buona permeabilità legata alla dissoluzione chimica subita ad opera delle acque meteoriche. Dove presente una buona permeabilità secondaria, si possono avere manifestazioni sorgentizie, generalmente mineralizzate e fenomeni carsici quali doline e inghiottitoi.

Per ultimo i terrazzi e le alluvioni attuali, quando caratterizzati da un basso contenuto in matrice argillo-limoso, sono dotati di un'elevata permeabilità primaria e sono sede di falde perenni pur con notevoli escursioni annue di portata e variazioni locali.

La figura 6.4 mostra uno schema geologico generale dell'area di studio, con evidenziate le dorsali carbonatiche, che costituiscono i principali acquiferi dell'area umbro-marchigiana.

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord  
 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA  
 GENERALE

Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 56 di 67
----------------	----------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

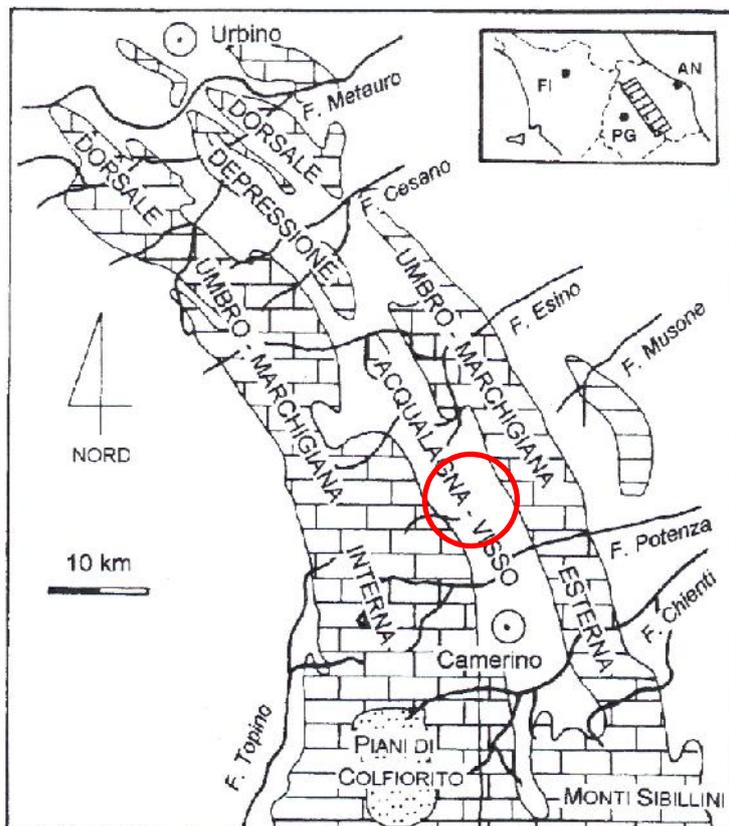


Figura 6.4: schema geologico generale dell'area umbro-marchigiana. L'area di studio è compresa tra le due dorsali carbonatiche e i fiumi Esino e Potenza. La depressione Acqualagna-Visso è occupata dai sedimenti terrigeni del Bacino di Camerino.

Considerando le caratteristiche dei terreni, intesi 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 colluviali
- Formazione di Camerino (Associazione arenaceo-pelitica)

Terreni impermeabili (IM)

- Formazione gessoso-solfifera (Argille e marne bituminose)
- Formazione di Camerino (Associazione pelitica e pelitico-arenacea)
- Schlier

	<b>2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord</b> RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA GENERALE								
	Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 57 di 67

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

<b>Terreni</b>	<b>Unità</b>	<b>Litologia prevalente</b>	<b>Tipo permeabilità</b>	<b>Coefficiente permeabilità (K)</b>
<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 - FCId)	arenarie alternate a marne siltose	secondaria per fratturazione	
<b>IM</b> impermeabili	Formazione gessoso-solfifera – argille bituminose (gsP)	marne pelitiche siltose	secondaria per fratturazione	$K < 10^{-8} - 10^{-9} \text{ m/s}$
	Formazione di Camerino (Associazione pelitica e pelitico-arenacea)(Pel - FCIf) (Pa - FCle)	peliti marnose e arenarie	secondaria per fratturazione	
	Schlier (Sch)	marne argillose e marne calcaree	secondaria per fratturazione	

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;

- le coperture eluvio-colluviali sono generalmente sede di una circolazione idrica sotterranea più limitata e discontinua, strettamente connessa al regime delle precipitazioni meteoriche. 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.

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, oltre ai piezometri realizzati nelle varie campagne geognostiche, tutti i punti d'acqua reperiti nell'area interessata dal tracciato stradale ed in un

	<b>2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord</b> RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA GENERALE								
	Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 58 di 67

suo intorno significativo (pozzi e sorgenti). Per i dati delle misure piezometriche eseguite nelle varie campagne si rimanda allo specifico elaborato (212E02GE0000REL12A).

Per quanto riguarda i principali acquiferi alluvionali (Rio di Mistrano, F. Esino), i dati piezometrici disponibili e la loro distribuzione areale non consentono una ricostruzione della morfologia della falda acquifera (isopiezometriche), ma soltanto una valutazione circa le direzioni principali di deflusso della falda stessa. Tali direzioni sono state infatti riportate nella carta idrogeologica.

## 6.6 IDROGEOLOGIA DEL TRACCIATO

Di seguito si descrivono tratto per tratto le condizioni idrogeologiche locali lungo il tracciato utilizzando i dati piezometrici disponibili relativi sia alla rete di monitoraggio installata che ad alcuni pozzi privati esistenti ove misurabili.

Da prog. 0+000 a prog. 1+676 (viadotto “Pagliano” – ponte “Faranghe”):

Il tracciato attraversa la valle del Fosso Pagliano a partire dalla sinistra idrografica, nella coltre colluviale a fine granulometria; quindi prosegue nei depositi alluvionali del Fosso Pagliano e di nuovo nella coltre colluviale in destra idrografica, intercettando sporadicamente il substrato costituito dalla Formazione di Camerino, nelle litofacies pelitico-arenacee e arenaceo-pelitiche.

In questo tratto la circolazione idrica in profondità è controllata prevalentemente dalla presenza dei depositi alluvionali: questi, nonostante siano prevalentemente fini, nel complesso sono caratterizzati da permeabilità variabile (V), sia verticalmente che orizzontalmente, da una parte per la presenza di livelli ghiaiosi intercalati ad orizzonti limoso-sabbiosi e dall'altra per variazioni granulometriche e tessiture laterali all'interno dei limi-sabbiosi e delle ghiaie sabbiose stesse. Nonostante ciò la permeabilità è tendenzialmente medio-alta con contatto idraulico tra i vari corpi ghiaiosi e con caratteristiche complessive di monostrato. Ne risulta la presenza di una falda acquifera contenuta nei depositi stessi e limitata inferiormente dal substrato pelitico-arenaceo e arenaceo-pelitico a permeabilità inferiore.

I dati disponibili nella piana alluvionale si riferiscono ai piezometri a tubo aperto installati nella campagna del 2007-2008, riassunti nella tabella seguente.

Sondaggio	Livelli piezometrici misurati (prof. in metri dal p.c.)			
	data	min.	data	max
SN2121	22-23/04/08	-0,04	9-10/07/08	-0,71
SN2123	22-23/04/08	-2,51	8-9/11/07	-5,97

Per quanto riguarda invece la nuova campagna del 2016 sono disponibili i seguenti dati riferiti ai sondaggi X2 e X3 muniti di piezometro a tubo aperto.

Sondaggio	Livelli piezometrici misurati (prof. in metri dal p.c.)			
	data	min.	data	max
X.2	17/05/2016	-9,06	28/07/2016	-9,94
X.3	21/06/2016	-12,44	28/07/2016	-12,68

Da prog. 1+676 a prog. 3+387 (galleria “Croce di Calle”):

Al termine del ponte Faranghe, il tracciato imbocca la galleria “Croce di Calle”; che attraversa, oltre agli imbocchi che ricadono su accumuli di frana, la Formazione di Camerino, nelle varie associazioni pelitico-arenacee ed arenaceo-pelitiche e la Formazione dello Schlier.

Mentre la litofacies pelitico-arenacea è classificabile tra i litotipi praticamente impermeabili, nella litofacies arenaceo-pelitica una modesta circolazione idrica può avvenire limitatamente ai corpi arenacei tanto da poter dare luogo a possibili stillicidi. Gli accumuli di frana sono classificabili scarsamente permeabili.

I dati disponibili della campagna 2007-2008, 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
SN2124bis	22-23/04/08	-8,65	18-19/07/07	-10,42
SN2126 t.a.	22-23/05/08	-2,20	9-10/10/07	-9,20
SN2128	22-23/04/08	-0,43	9-10/10/07	-5,34

Nella tabella seguente si riassumono i livelli rilevati nei piezometri a TA della nuova campagna 2016 disponibili per il tratto in questione.

Sondaggio	Livelli piezometrici misurati (prof. in metri dal p.c.)			
	data	min.	data	max
X.5bis	17/05/2016	-5,7	28/07/2016	-5,88
A1.2	17/05/2016	-26,05	21/06/2016	-26,57
A6.2	17/05/2016	-1,11	28/07/2016	-2,67
A14.2	20/05/2016	-1,76	28/07/2016	-2,58

Da prog. 3+387 a prog. 4+279 (viadotto “Esino” – svincolo Matelica ovest – ponte “Fratte”):

Dopo l’imbocco sud della galleria “Croce di Calle” il tracciato attraversa i depositi alluvionali del F. Esino prevalentemente del Pleistocene superiore e subordinatamente olocenici ed attuali. Detti depositi costituiti da un’alternanza di lenti ghiaioso-sabbiose e limoso-sabbiose presentano nel complesso una buona permeabilità e sono pertanto sede di una falda acquifera freatica, limitata inferiormente dalla Formazione dello Schlier classificabile come impermeabile.

I dati disponibili della campagna 2007-2008, 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
SN2129	05/04/2007	-14,73	8-9/11/07	-17,70
SN2130	05/04/2007	-7,17	9-10/10/07	-7,56

Nella tabella seguente si riassumono i livelli rilevati nei piezometri a TA della nuova campagna 2016 disponibili per il tratto in questione.

Sondaggio	Livelli piezometrici misurati (prof. in metri dal p.c.)			
	data	min.	data	max
X.6	20/05/2016	-2,42	28/07/2016	-2,81
X.7	20/05/2016	-0,62	28/07/2016	-0,78

La falda di subalveo del fiume Esino alimenta una captazione idrica a servizio dell'acquedotto Comunale di Matelica (sorgente Crocefisso). Tale captazione è ubicata circa 750m a valle del tracciato che prevede la realizzazione del viadotto Esino e dello svincolo di Matelica Ovest. La distanza è tale che si ritengono molto limitati i rischi di inquinamento.

In fase di realizzazione delle opere di fondazione del viadotto (pali trivellati) dovranno essere previsti tutti gli accorgimenti necessari ad evitare contaminazioni delle acque di falda. Per quanto riguarda lo svincolo gli scavi previsti per il sottopasso non interferiranno con la falda idrica.

Durante i lavori dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti per il collettamento delle acque inquinate in fase di scavo.

Da prog. 4+279 a prog. 5+280 (attraversamento versanti in frana PAI e galleria Mistranello):

Superato il ponte "Fratte", il tracciato si sviluppa sempre all'aperto, sia in rilevato che in trincea, interessando sia la coltre colluviale a fine granulometria ed il substrato costituito dalla Formazione dello Schlier, dalla Formazione di Camerino, nelle varie litofacies pelitica, pelitico-arenacea e arenaceo-pelitica; il tratto di galleria artificiale attraversa anch'essa la Formazione di Camerino, nelle varie associazioni peliche, pelitico-arenacee ed arenaceo-pelitiche.

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.

A ciò è da correlare nel versante a monte dei sondaggi A17.2 e A18.2 la presenza di venute d'acqua superficiali, probabilmente circolanti prevalentemente al contatto copertura-substrato ed alimentate oltre che dall'acque di infiltrazione che circolano al contatto coltre-substrato, anche dagli strati arenacei della litofacies arenaceo-pelitica di Monte Gallo che, immergendo verso NE, rispetto al versante sono inclinati a traversopoggio, drenando proprio verso tale direzione.

Negli scavi all'aperto ed all'interno della galleria soprattutto in corrispondenza delle litofacies arenaceo-pelitiche ed al contatto coltre detritica/substrato sono anche possibili stillicidi e minime venute d'acqua.

I dati disponibili della campagna 2007-2008, 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
SN2203	22-23/04/08	-1,77	8-9/11/07	-3,18

Nella tabella seguente si riassumono i livelli rilevati nei piezometri a TA della nuova campagna 2016 disponibili per il tratto in questione.

Sondaggio	Livelli piezometrici misurati (prof. in metri dal p.c.)			
	data	min.	data	max
A20.2	21/06/2016	-0,35	28/07/2016	-1,51
A22.2	20/05/2016	-4,54	28/07/2016	-6,65

Da prog. 5+280 a prog. 6+100 (ponte "Mistriano"):

Dopo la galleria "Mistrianello" il tracciato attraversa i depositi alluvionali del Pleistocene superiore del fosso di Mistriano costituiti da un'alternanza di ghiaie sabbiose dominanti e di sabbie limose. Il substrato sottostante è costituito dalla litofacies pelitico-arenacea della Formazione di Camerino al passaggio con la sovrastante Formazione gessoso-solfifera. Ne risulta la presenza di una falda acquifera contenuta nei depositi stessi altamente permeabili e limitata inferiormente dal substrato praticamente impermeabile.

Nella tabella seguente si riassumono i livelli rilevati nei piezometri a TA della nuova campagna 2016 disponibili per il tratto in questione.

Sondaggio	Livelli piezometrici misurati (prof. in metri dal p.c.)			
	data	min.	data	max
X.9	18/04/2016	-12,00	28/07/2016	-12,41
X.10	20/05/2016	--15,48	28/07/2016	-17,09
X.11	17/05/2016	-11,30	28/07/2016	-12,34

Da prog. 6+100 a prog. 7+040 (svincolo Matelica sud) :

In questo tratto è prevalentemente presente la coltre colluviale di fine granulometria (ec2) scarsamente permeabile poggiante sulla Formazione gessoso-solfifera praticamente impermeabile

I dati disponibili sotto esposti, riferiti alla campagna del 2016, consentono di evidenziare livelli piezometrici oscillanti intorno ai 6-7m di profondità correlabili ad una modesta circolazione idrica posta in prossimità del passaggio tra la copertura ed il substrato.

Sondaggio	Livelli piezometrici misurati (prof. in metri dal p.c.)			
	data	min.	data	max
X.12	21/06/2016	-6,24	06/04/2016	-7,00
X.13	17/05/2016	-6,55	28/07/2016	-6,91

Da prog. 7+040 a prog. 8+420 (svincolo Castelraimondo nord):

Il tracciato prosegue insistendo sulla coltre colluviale e sui depositi fluviali olocenici di fine granulometria, entrambi poggianti sulle litofacies pelitico-arenacea e arenaceo-pelitica della Formazione di Camerino.

La circolazione idrica in questo tratto è controllata dalla presenza di coperture da scarsamente permeabili a permeabili, poggianti su un substrato anch'esso da impermeabile a scarsamente permeabile.

In questo caso i dati disponibili consentono di evidenziare, soprattutto in corrispondenza delle alluvioni (X.15, X.16 e X.17), livelli piezometrici molto prossimi o coincidenti con il piano di campagna anche in periodi stagionali poco piovosi, con frequenti fenomeni di impaludamento.

Nella tabella seguente si riassumono i livelli rilevati (2016) nei piezometri a TA disponibili per il tratto in questione.

Sondaggio	Livelli piezometrici misurati (prof. in metri dal p.c.)			
	data	min.	data	max
X.14	04/05/2016	-4,26	28/07/2016	-5,86
X.15	17/05/2016	-0,80	28/07/2016	-1,55
X.16	20/05/2016	-0,00	28/07/2016	-0,10
X.17	21/06/2016	-1,51	28/07/2016	-2,00

	<b>2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord</b> RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA GENERALE								
	Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 63 di 67

## 7. SINTESI DELLE PRINCIPALI PROBLEMATICHE GEOLOGICHE, GEOMORFOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE

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).
- 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 contenere il più possibile le altezze dei fronti di scavo non sostenuti al di sotto dei 2,5 m, adottando pertanto idonee opere di contenimento (paratie, terre armate, ecc..).
- potenziale interferenza con la circolazione idrica sotterranea, limitata essenzialmente ai tratti di attraversamento delle pianure alluvionali sede di una falda acquifera freatica (in particolare quella del fiume Esino). Tale interferenza può tuttavia riguardare soltanto opere minori (sottovia) o condizionare le opere di fondazione in fase esecutiva.
- interferenza con l'idrologia superficiale e la dinamica dei corsi d'acqua. I corsi d'acqua interferenti con il tracciato, ad eccezione del F. Esino, 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 dei normali interventi di inalveazione e 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, che interessano essenzialmente le gallerie Croce di Calle e Mistrianello e le opere di fondazione profonde, sono state previste soluzioni tecniche specifiche nella fase realizzativa delle opere e/o nella scelta dei materiali (vedi elab. 212E02GE0000REL18A).

	<b>2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> <b>Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord</b> RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA GENERALE								
	Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 64 di 67

## 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'Esì", (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)

## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

**Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord**  
 RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA  
 GENERALE

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. progr.	REV.	Pag. di Pag.
L0703	2 12	E	02	GE0000	REL	01	C	65 di 67

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. 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)



## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord  
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA  
GENERALE

Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 66 di 67
----------------	----------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

### VERIFICHE ANALITICHE DI STABILITA'



## 2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord  
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E GEOIDROLOGICA  
GENERALE

Opera L0703	Tratto 2 12	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. C	Pag. di Pag. 67 di 67
----------------	----------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

### STRATIGRAFIE SONDAGGI X15 – X16