


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

CONTRAENTE GENERALE:	Il responsabile del Contraente Generale:	Il responsabile Integrazioni delle Prestazioni Specialistiche:
	Ing. Federico Montanari	Ing. Salvatore Lieto

PROGETTAZIONE: Associazione Temporanea di Imprese
Mandataria:

			
--	--	---	--

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

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO		
Ing. Giulio Petrizzelli		

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE	SCALA:
Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord	-
GEOLOGIA E GEOTECNICA	DATA:
RELAZIONE GEOLOGICO-STRUTTURALE DI DETTAGLIO Titolo 3	Agosto 2016

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	17	A

REV.	DATA	DESCRIZIONE	Redatto	Controllato	Approvato
A	Agosto 2016	Emissione per progetto esecutivo	PROGIN F. Pontoni	S. Lieto	A. Grimaldi

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc REL	N.prog. 17	Rev. A	Pag.di Pag. 2 di 21
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE E GEOTETTONICO DELL'AREA	6
3. ASSETTO STRUTTURALE.....	10
4. ELEMENTI GEOSTRUTTURALI.....	11
5. BIBLIOGRAFIA	20

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc REL	N. prog. 17	Rev. A	Pag. di Pag. 3 di 21
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------

1. PREMESSA

La presente relazione è stata sviluppata con specifico riferimento ai contenuti richiesti nel Capitolato Speciale di Affidamento (Allegato NG16 – Specifiche tecniche per la progettazione esecutiva) ed alla carta geologico-strutturale di dettaglio.

La caratterizzazione geologico-strutturale è stata eseguita grazie soprattutto all'analisi delle carote dei sondaggi (elaborato L0703212E02GE0000REL06A-REL07A) che rappresentano importanti, se non unici, dati puntuali del sottosuolo altrimenti non esaminabili, data la notevole scarsità degli affioramenti dovuti alla facile erodibilità della prevalente componente marnoso-pelitica del substrato con conseguente formazione di ampie e spesse coperture colluviali.

I risultati di detta caratterizzazione sono riportati nella carta geologico-strutturale di dettaglio in scala 1:1000 (elaborato L0703212E02GE0000PLA07A-16A), in base alla quale sono stati realizzati il profilo geologico longitudinale e le relative sezioni trasversali.

L'analisi delle carote è stata condotta attraverso i metodi classici 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. 1.1), al fine di poter applicare il criterio del rapporto arenaria/pelite secondo la classificazione A.G.I. (1979) rappresentata in fig. 1.2.

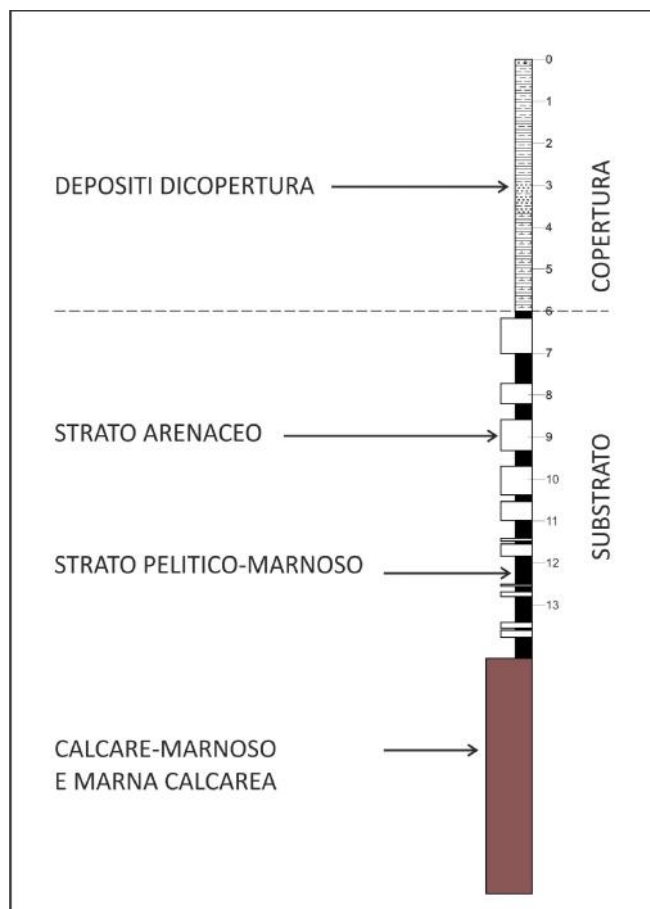


Figura 1.1. Schema mostrante come per ogni sondaggio, relativamente al substrato torbiditico, sono stati annotati gli strati litoidi/semilitoidi (arenarie) e gli strati prevalentemente argillosi (peliti-marnose). Per lo Schlier è stata segnata la componente

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc REL	N. prog. 17	Rev. A	Pag. di Pag. 4 di 21
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------

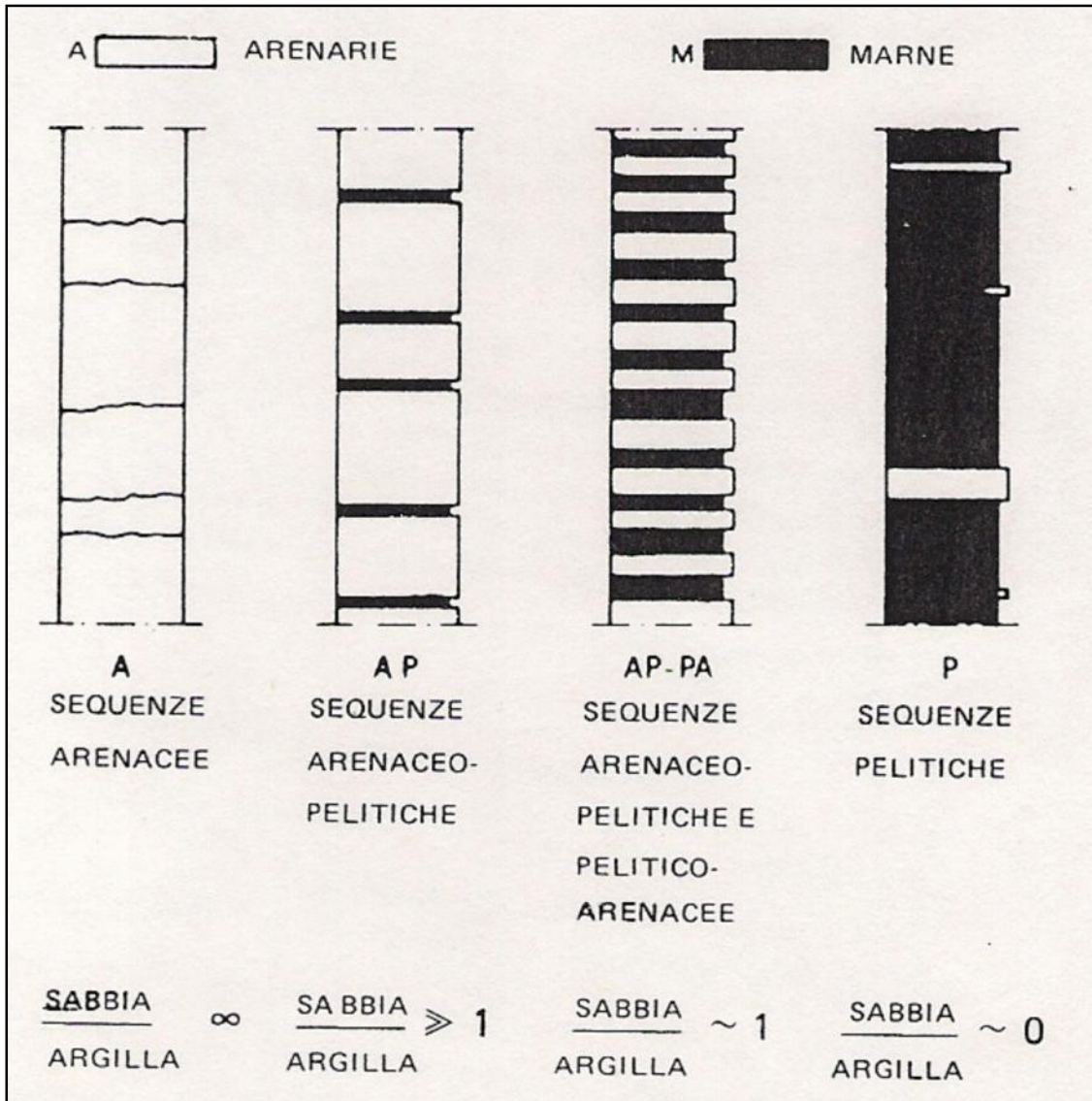


Figura 1.2 Classificazione e sequenze arenaceo – pelitiche (da A.G.I., 1979).

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.

Infatti l'ubicazione delle colonne stratigrafiche, così definite, sul profilo geologico longitudinale, unitamente ai caratteri litologici e all'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. Tale metodo 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 di 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.

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord – Relazione geologico-strutturale di dettaglio

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N. prog. 17	Rev. A	Pag. di Pag. 5 di 21
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------

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

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.diPag.
L073	212	E	02	GE0000	REL	17	A	6 di 21

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE E GEOTETTONICO DELL'AREA

L'area del tracciato stradale in oggetto si sviluppa nell'Appennino Umbro-Marchigiano. La figura 2.1 mostra lo schema geologico regionale.

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

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

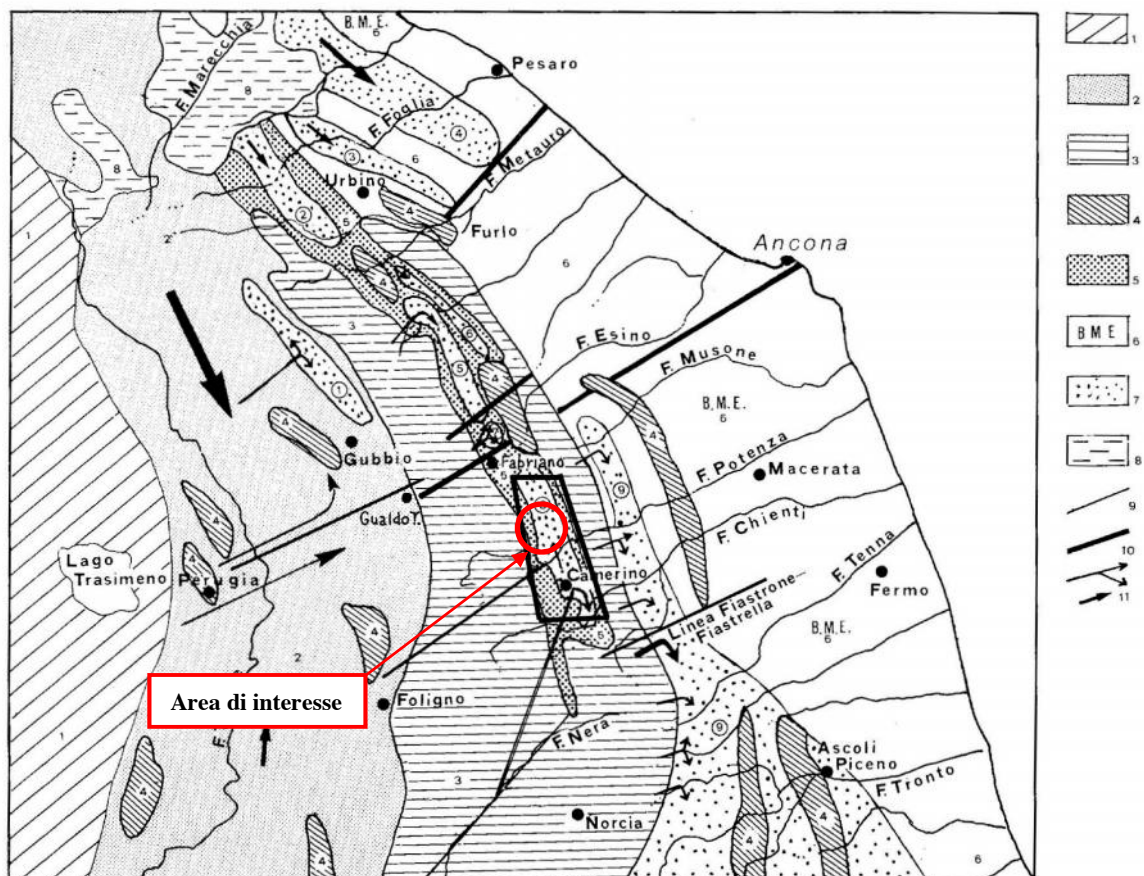


Figura 16. Distribuzione delle principali unità morfostrutturali nell'Appennino umbro-marchigiano. 1) Bacino toscano; 2) Bacino umbro; 3) Dorsali umbro-marchigiana e marchigiana; 4) Dorsali minori; 5) Bacino marchigiano interno; 6) Bacino marchigiano esterno; 7) «Bacini minori»: 1. bacino di M. Vicino;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

Figura 2.1 Carta geologica delle Marche. L'area di studio è nel riquadro (da "L'ambiente fisico delle Marche", Regione Marche, Ed. SE.L.CA).

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L073	212	E	02	GE0000	REL	17	A	7 di 21

La figura 2.2, 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 e si presenta con una forma sinclinale per tutta la sua lunghezza. Alla forma principale si associano numerose strutture minori parallele ad essa, costituite da anticlinali e sinclinali con assi di limitata estensione lineare.

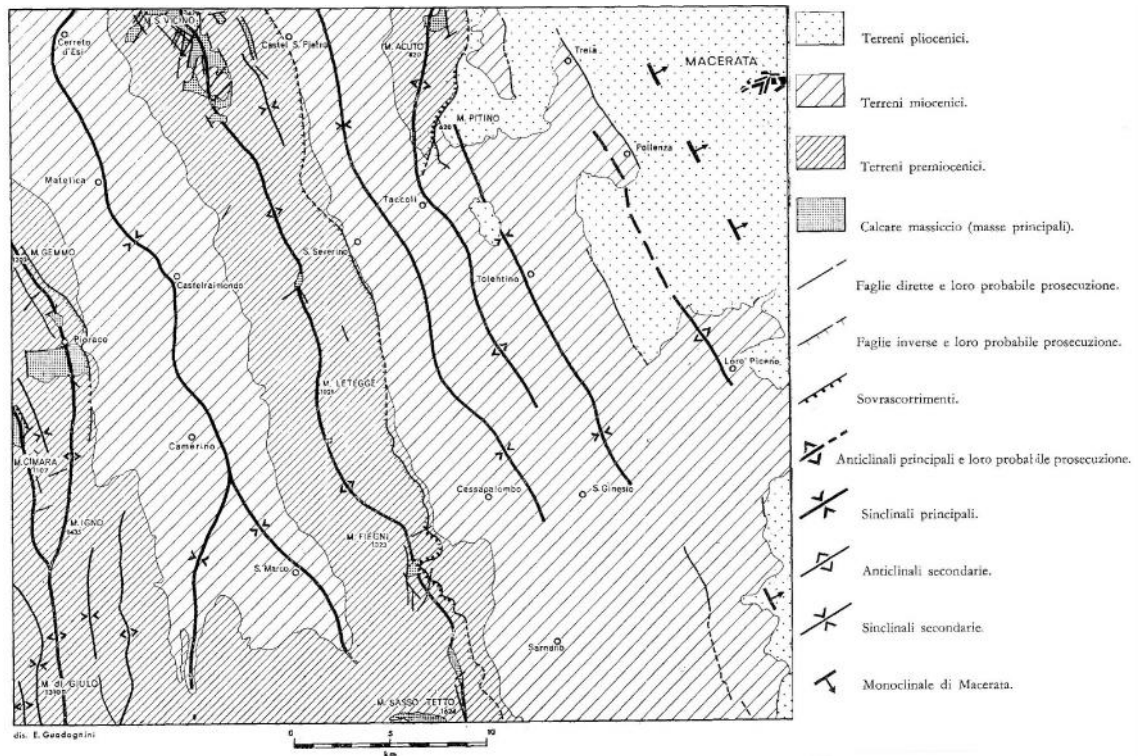


Figura 2.2 Schema strutturale del foglio 124 "Macerata" della Carta Geologica d'Italia

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. 2.3) e presenta altresì un profilo trasversale asimmetrico, con la parte più profonda verso est (fig. 2.4).

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord – Relazione geologico-strutturale di dettaglio

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.di Pag.
L073	212	E	02	GE0000	REL	17	A	8 di 21

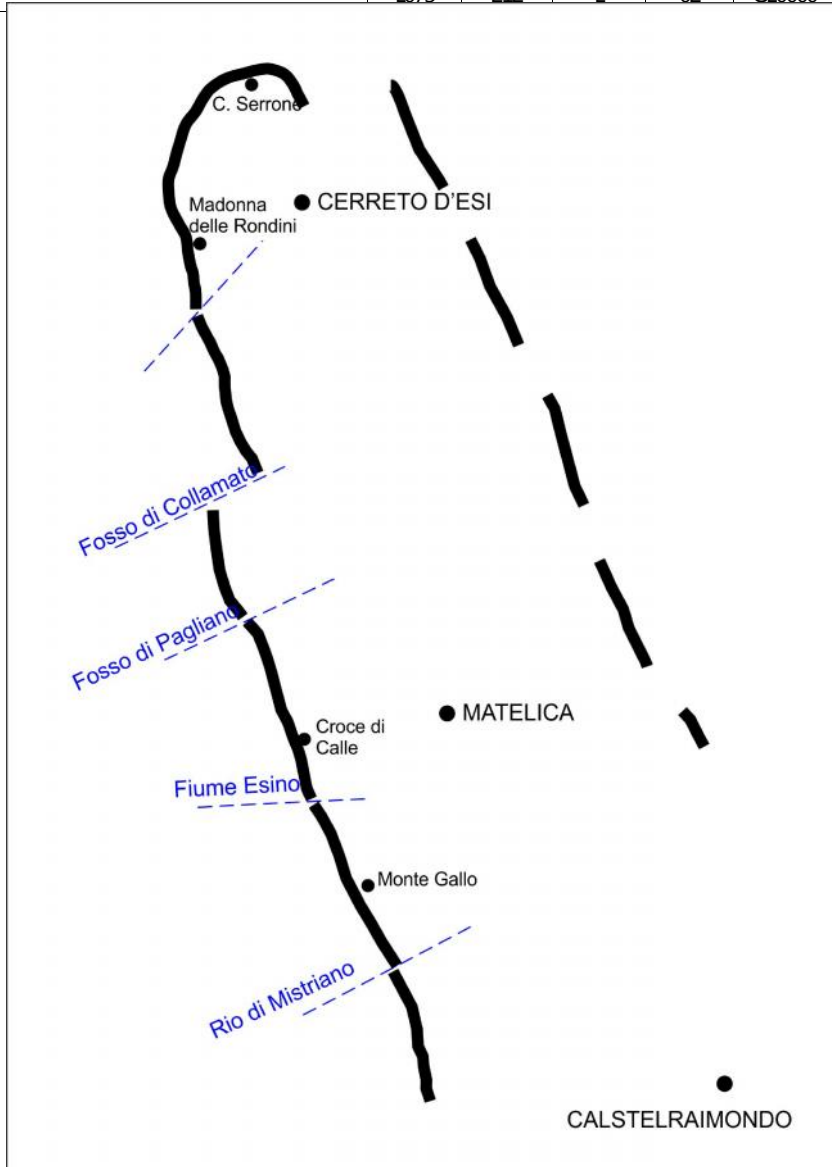


Figura 2.3 Schema mostrante lo sviluppo della porzione nord e occidentale del bordo del sub-bacino di Matelica.

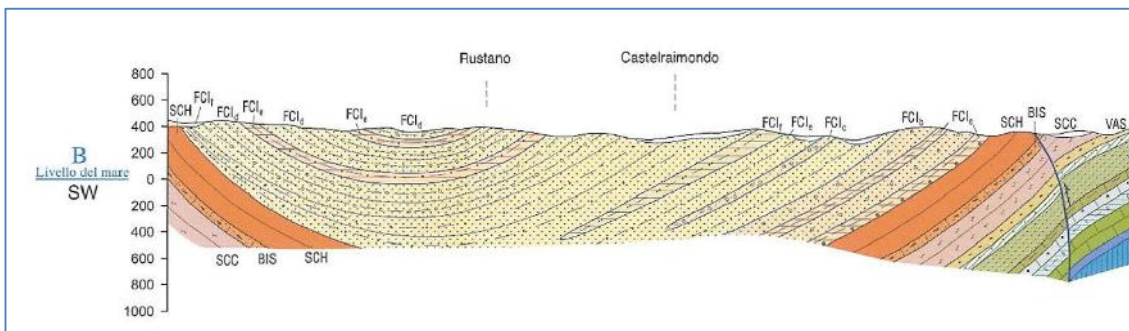


Figura 2.4 Tratto da Carta Geologica d'Italia Foglio 302 Tolentino, sezione geologica B-B'. Nella sezione è evidente l'asimmetria della sinclinale e lo spessore maggiore dei depositi torbiditici nel fianco est con la presenza anche di facies più grossolane.

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc REL	N. prog. 17	Rev. A	Pag. di Pag. 9 di 21
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------

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 (fig. 2.5), 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 strutturazione della catena appenninica, creavano alti strutturali e aree depresse bacinali in cui avveniva la deposizione torbiditica (fig. 2.5).

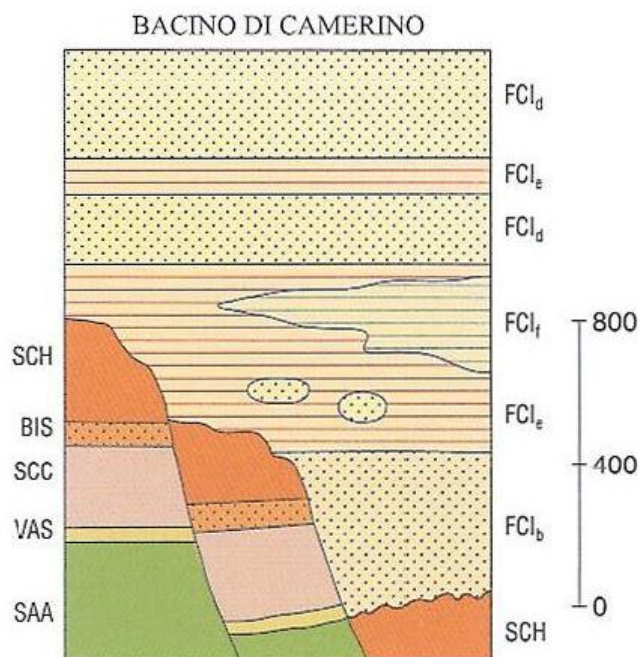


Figura 2.5 Tratto da Carta Geologica d'Italia Foglio 302 Tolentino. Schema dei rapporti stratigrafici nella successione oligocenico-messiniana preevaporitica nel Bacino di Camerino.

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.

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc REL	N. prog. 17	Rev. A	Pag. di Pag. 10 di 21
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------

3. ASSETTO STRUTTURALE

Nella porzione centro-occidentale dell'area rilevata affiora la Formazione dello Schlier, che rappresenta parte del vecchio alto strutturale (Argignano-M. Gallo) a direzione appenninica. Detta Formazione dello Schlier, infatti, in corrispondenza di Croce di Calle suddivide i due bacini minori: di Collamato ad ovest, organizzato in una struttura sinclinalica e di Matelica ad est, anch'esso in sinclinale. Lo Schlier in particolare, come risulta dai seppur sporadici affioramenti, è mesopiegato con immersioni prevalenti degli strati a ENE e WSW e con pendenze oscillanti dai 20° ai 50°.

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

La successione torbiditica miocenica della Formazione di Camerino ad est di questo contatto tettonico/erosivo, presente in quasi tutta l'altra porzione dell'area rilevata, presenta spessori 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 di progetto rispettivamente "Croce di Calle" e "Mistrianello". Questi spessori variabili sono da relazionare alla complessa articolazione del sub-bacino di Matelica, che presenta un progressivo approfondimento da nord verso sud; dati anche questi che concordano con la letteratura scientifica.

La Formazione di Camerino nel complesso è strutturata in una sinclinale con asse a direzione NNW-SSE, che possiamo anche definire "di crescita", in cui cioè il piegamento avviene anche durante la sedimentazione torbiditica, con la formazione di una struttura asimmetrica, anche litologicamente, tra est ed ovest e con variazioni delle pendenze degli strati con la profondità. Il fianco ovest della sinclinale, attraversato da entrambe le gallerie di progetto, presenta una stratificazione immergente a NE con pendenze che da circa 40°-50° (localmente anche 70°-75°) in prossimità del contatto con lo Schlier, diminuiscono progressivamente fino all'orizzontalità via via verso est, cioè verso il nucleo della sinclinale stessa. Il fianco orientale della sinclinale, attraversato soltanto per il tratto di tracciato a sud del Rio di Mistrano, presenta una stratificazione più regolare ed immergente a SE di circa 20°-30°; è comunque evidente che questo fianco è rappresentato da litofacies più spesse e regolari, che si traduce in spessori complessivi della formazione maggiori rispetto al fianco occidentale.

La Formazione gessoso-solfifera infine sutura con andamento sub-orizzontale la sinclinale appena descritta.

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc REL	N. prog. 17	Rev. A	Pag. di Pag. 11 di 21
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------

4. ELEMENTI GEOSTRUTTURALI

Di seguito si descrivono gli elementi ottenuti dall'analisi geostrutturale condotta sulla Formazione dello Schlier e sulla Formazione di Camerino, analisi condotta con diverse metodologie in relazione alla differente composizione litologica delle formazioni stesse ed in dipendenza delle condizioni di osservazione a causa, come più volte esposto, della mancanza di affioramenti del substrato.

Formazione dello Schlier

E' stata eseguita un'indagine geostrutturale in corrispondenza di un affioramento di Schlier (fig. 4.1) ubicato sul versante sud di Croce di Calle. L'indagine è stata elaborata secondo quanto raccomandato dalla International Society for Rock Mechanics (ISRM) ed aggiungendo dati ed elaborazioni dai noi ritenuti necessari. Non è stato seguito un criterio multiscalare in quanto assenti in affioramento macrofratture (faglie e joints ad alta persistenza), così come non si è potuto caratterizzare la zona di faglia/paleoscarpata (Caine, 1996) in fault core e damage zone.

Nell'ambito dell'affioramento di cui sopra sono state dunque eseguite analisi attraverso il metodo della scan line sulle fratture; la scelta della stazione è stata obbligata poiché la sola possibile. Le discontinuità sono state caratterizzate, dipendentemente dalle potenzialità di osservazione, relativamente ai seguenti parametri.



Figura 4.1 Particolare dello Schlier in affioramento sul versante sud di Croce di Calle in cui sono stati eseguiti i rilievi geostrutturali (azimut linea di scansione: N120°E).

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc REL	N. prog. 17	Rev. A	Pag. di Pag. 12 di 21
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------

- 1) Orientazione – Indica la posizione della discontinuità nello spazio definita dall'immersione (azimut della linea di massima pendenza) ed inclinazione (rispetto all'orizzontale); ad esempio 010°/15°.
- 2) Spaziatura – Distanza tra due discontinuità adiacenti della stessa famiglia, misurata perpendicolarmente alle discontinuità stesse.
- 3) Lunghezza e persistenza – Lunghezza della traccia della discontinuità misurabile in un affioramento e ed estensione areale di una discontinuità in un piano.
- 4) Rugosità – Rugosità ed ondulazioni delle superfici affacciate di una discontinuità. E' stato utilizzato il Pettine di Barton, definendo il parametro JRC (Joint Roughness Coefficient) dei profili tipici di scabrezza.
- 5) Resistenza delle pareti – Resistenza a compressione delle pareti affacciate di una discontinuità. Non è stato possibile determinarla a causa dell'alterazione della roccia.
- 6) Apertura – Distanza tra i lembi affacciati di una discontinuità.
- 7) Riempimento – Materiale che separa le pareti adiacenti di una discontinuità.
- 8) Filtrazione – Manifestazioni idriche (flusso d'acqua o umidità) visibili nelle discontinuità.
- 9) Numero delle famiglie di discontinuità.

I risultati della descritta analisi geostrutturale sono stati confrontati con le informazioni desumibili dall'analisi dei sondaggi.

La Formazione dello Schlier è costituita da alternanze di marne, marne siltose calcaree e argillose, a volte arenacee, di colore grigio e da calcari marnosi in quantità subordinata; questa presenta strati generalmente sottili e medi alterati da fratture e talora amalgamati tali da essere difficilmente distinti.

Oltre alla stratificazione, che nell'affioramento presenta giaciture oscillanti intorno a 045°/25°, sono presenti tre principali classi di fratturazione (in fig. 4.2) schematizzate nelle orientazioni medie).

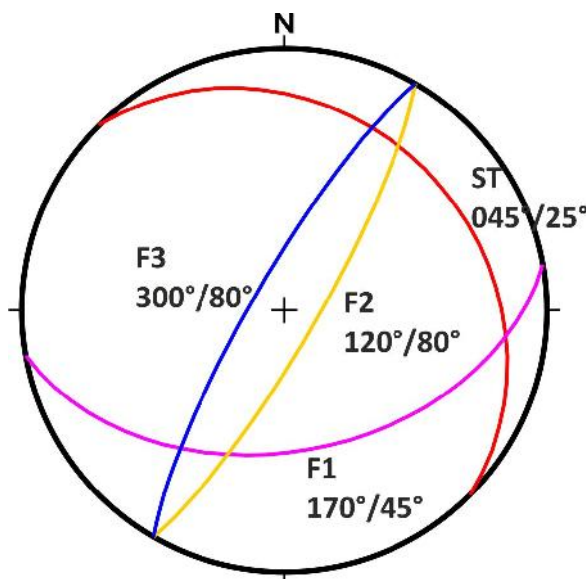


Figura 4.2 –Orientazione media delle famiglie di discontinuità rilevate – Stereogramma equiareale di SCHMIDT.

Nel complesso possono essere sintetizzate le seguenti principali caratteristiche delle famiglie di fratturazione individuate.

S STRATI	
Immersione/pendenza:	045°/25°
Spaziatura media:	3-30 cm
Persistenza e terminazione:	3-10 m XX
Apertura:	< 0,1 mm
Rugosità:	rugosa
Alterazione:	molto alterata
Riempimento:	< 5 mm soffice
Condizioni idrauliche:	asciutta

F1 Discontinuità famiglia 1	
Immersione/pendenza:	170°/45°
Spaziatura media:	2-3 cm
Persistenza e terminazione:	1-3 m DD
Apertura:	0,1-1 mm
Rugosità:	rugosa
Alterazione:	molto alterata
Riempimento:	< 5 mm soffice
Condizioni idrauliche:	asciutta

F2 Discontinuità famiglia 2	
Immersione/pendenza:	120°/80°
Spaziatura media:	5-6 cm
Persistenza e terminazione:	<1m DD
Apertura:	0,1-1 mm
Rugosità:	rugosa
Alterazione:	molto alterata
Riempimento:	< 5 mm soffice
Condizioni idrauliche:	asciutta

F3 Discontinuità famiglia 3	
Immersione/pendenza:	300°/80°
Spaziatura media:	5-6 cm
Persistenza e terminazione:	<1m DD
Apertura:	0,1-1 mm
Rugosità:	rugosa
Alterazione:	molto alterata
Riempimento:	< 5 mm soffice
Condizioni idrauliche:	asciutta

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc REL	N. prog. 17	Rev. A	Pag. di Pag. 14 di 21
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------

Le analisi sulle frequenze, confermate dall'esame visivo di campagna, suggeriscono che, oltre alla stratificazione, la classe più frequente sia rappresentata dalla famiglia 1 con immersione a 170°/45°.

L'indice R.Q.D. (Rock Quality Designation), è stato determinato in sito tramite l'elaborazione dei dati statistico-strutturali, utilizzando principalmente l'espressione di Priest e Hudson (1976):

$$RQD = 100 e^{-0,1 n} (0,1 n + 1) \quad \text{con } n = \text{numero medio di giunti per metro}$$

Ne è risultato per $n = 75$ un $RQD = 0,47$. Tale valore è discordante con i valori di RQD ricavabili dai sondaggi geognostici. Questa apparente discrepanza è imputabile alla struttura interna particolarmente fratturata della roccia in esame. Dove l'ammasso è in affioramento i processi di alterazione e di allentamento, particolarmente attivi a causa della fratturazione stessa, creano processi di disgregazione piuttosto marcati con condizioni scadenti delle fratture. Nelle carote dei sondaggi, dove i processi di alterazione ed allentamento non hanno agito, sono evidenti tratti integri e subordinatamente tratti disgregati, ma è anche evidente che all'interno dei tratti integri spesso la roccia presenta numerose fratture, chiaramente con condizioni migliori rispetto all'aperto, ma che comunque rappresentano dei piani di debolezza se la stessa viene sottoposta a sollecitazione meccanica.

Ne risulta dunque che l'ammasso roccioso dello Schlier è una struttura composta da blocchi di roccia separati da discontinuità, intendendo per discontinuità tutte le fratture che, in virtù di rappresentare delle superfici di minor resistenza (con resistenza a trazione bassa o nulla), risultano atte a condizionare in modo determinante il comportamento meccanico dell'ammasso roccioso ed includendo pertanto le fratture di tensione, di taglio, di clivaggio ed i giunti di strato (come discontinuità sistematiche), o le faglie (come discontinuità singole).

In base a quanto esposto si può definire per lo Schlier un modello di comportamento che si basi 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 di frattura, sia in dipendenza del rapporto tra la spaziatura delle discontinuità e la dimensione 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.

Detto Schlier viene attraversato dal tracciato di progetto per un tratto della galleria Croce di Calle (imbocco sud) e per un tratto della galleria artificiale Mistranello.

Formazione di Camerino

L'analisi dei sondaggi eseguita tramite l'annotazione puntuale degli strati litoidi/semilitoidi delle arenarie e degli strati pelitico-marnosi, secondo la metodologia precedentemente esposta, unitamente all'analisi di facies ed al rilievo dei caratteri sedimentologici dei litotipi, hanno permesso non solo di confermare il modello derivante dal rilievo geologico di superficie, ma anche di dettagliare le litofacies in corpi di spessore minore.

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

La distinzione ed individuazione delle litofacies, oltre che su caratteri macroscopici, è stata eseguita attraverso dati quantitativi, ovvero attraverso il calcolo del rapporto arenaria/pelite

(A/P), definendo per ogni litofacies un campo di valori rappresentativo.

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

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

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

Nello specifico si riportano i valori calcolati per ogni litofacies (valore medio) attraversata nell'ambito delle due gallerie, dove d'altra parte i valori stessi sono più indicativi poiché i sondaggi eseguiti presentano una maggiore profondità di investigazione. Nella carta geologico-strutturale in scala 1:1000 sono riportati i valori di questo rapporto anche per le litofacies non attraversate dalle gallerie, ma di cui si hanno a disposizione dati per la caratterizzazione.

Galleria Croce di Calle

Litofacies (dal basso verso l'alto)	Rapporto medio A/P	Val. minimo (min) Val. massimo (max) Deviazione standard (DS)
Arenaceo-pelitica	1.52/1=1.52	min 1,2 max 1,8 DS 0,3
Pelitico-arenacea	1/4.35=0.23	min 0,2 max 0,3 DS 0,02
Arenaceo-pelitica	1.38/1=1.38	min 1,1 max 1,6 DS 0,2
Pelitico-arenacea	1/3.93=0.25	min 0,1 max 0,5 DS 0,1
Arenaceo-pelitica	1.8/1=1.8	min 1,6 max 2,4 DS 0,3
Pelitico-arenacea	1/2.44=0.41	min 0,2 max 0,7 DS 0,2

Galleria Mistrianello

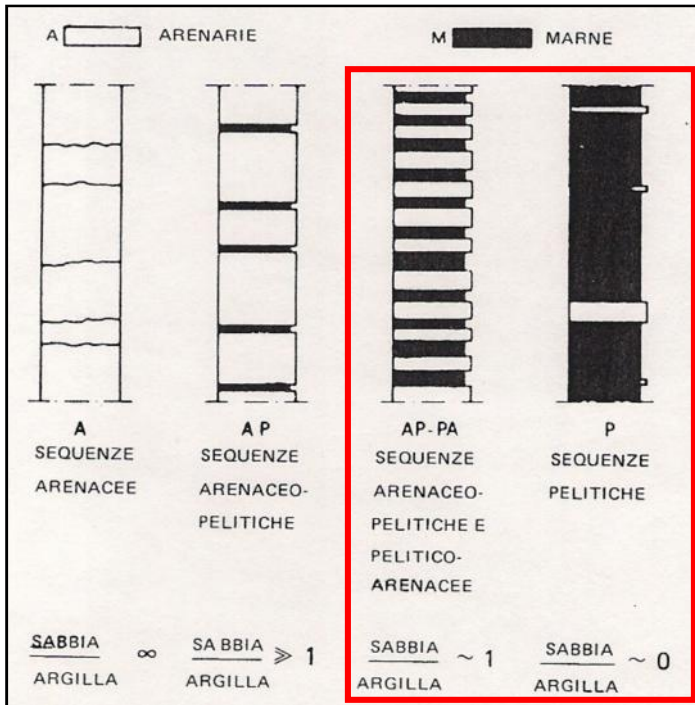
Litofacies (dal basso verso l'alto)	Rapporto medio A/P	Val. minimo (min) Val. massimo (max) Deviazione standard (DS)
Arenaceo-pelitica	>1	
Pelitica	$1/8.8=0.12$	min 0,1 max 0,2 DS 0,1
Arenaceo-pelitica	$1.15/1=1.15$	min 1,0 max 1,3 DS 0,1
Pelitico-arenacea	$1/2.65=0.38$	min 0,4 max 0,4 DS 0,02
Arenaceo-pelitica	$2.39/1=2.39$	
Pelitico-arenacea	$1/2.35=0.43$	min 0,3 max 0,5 DS 0,1
Pelitica	$1/12.5=0.08$	
Pelitico-arenacea	$1/1.32=0.76$	min 0,6 max 0,9 DS 0,2

La delimitazione tra due litofacies è stata eseguita oltre che da un'analisi geologica, in base al valore medio del rapporto A/P e la deviazione standard da detto valore medio, scegliendo limiti di separazione che non abbiano valori troppo elevati della stessa.

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord – Relazione geologico-strutturale di dettaglio

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc REL	N. prog. 17	Rev. A	Pag. di Pag. 17 di 21
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------



I valori così riscontrati stanno ad indicare una relativa uniformità delle litofacies: il campo di variabilità (valore minimo e massimo dei valori medi) di A/P è 1.23-1.8 per Croce di Calle e 0.08-2.38 per Mistranello: facendo riferimento alla classificazione delle sequenze arenaceo – pelitiche di A.G.I. (1979) si rientra nelle ultime due colonne di rappresentazione, non avendo mai valori molto maggiori di 1 o tendenti all'infinito.

Difatti anche le litofacies definite arenaceo-pelitiche presentano valori massimi A/P di 2.39 a Mistranello e spessori relativamente bassi relativamente alle altre litofacies.

Figura 4.3 Appartenenza delle litofacies attraversate dalle gallerie alla classificazione AGI, 1979.

Il valore medio totale del suddetto rapporto A/P è di 0.9 per Croce di Calle e 0.65 per Mistranello con una media totale di 0.8.

In natura ciò si traduce, nell'ambito di tutta la sequenza, in una prevalenza della componente pelitico-marnosa; componente che, date le caratteristiche meccaniche più scadenti, vanno ad influire in modo preponderante sul comportamento meccanico dell'ammasso.

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc REL	N. prog. 17	Rev. A	Pag. di Pag. 18 di 21
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------

La Formazione di Camerino in riferimento alla classificazione Esu (1977, fig. 4.4) fa parte dei terreni strutturalmente complessi: i terreni che alla scala dell'elemento di dimensioni adatte per le prove meccaniche, cioè del macroelemento, presentano eterogeneità e discontinuità diverse per forma e caratteristiche.

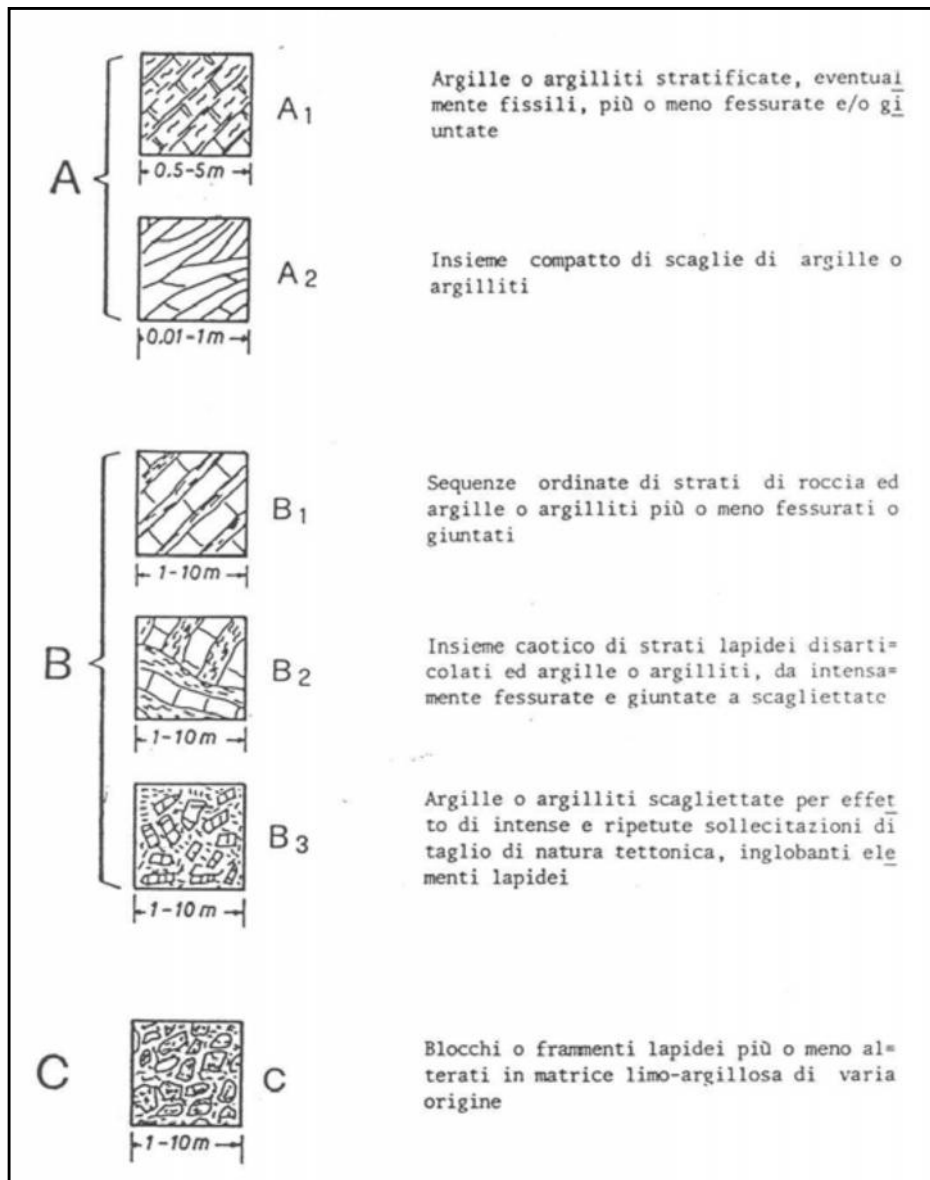


Figura 4.4 Classificazione dei terreni strutturalmente complessi (Esu, 1977).

Nelle torbiditi della Formazione di Camerino la complessità è dovuta essenzialmente al processo genetico che ha comportato la presenza alternata e ritmica di componenti (strati) con proprietà meccaniche differenti: componente litoide/semilitoide (arenarie) - componente pelitico-marnosa. Subordinatamente la complessità è dovuta a processi deformativi, di alterazione e diagenetici.

In questo contesto, come si è rilevato dall'analisi dei sondaggi, la stratificazione/laminazione delle litofacies torbiditiche, sono le principali e fondamentali strutture che influenzano in modo determinante il comportamento degli ammassi attraversati: rappresentano infatti le principali discontinuità a più alta persistenza e frequenza, direttamente dipendente quest'ultima dalla litologia stessa. E' stato infatti riscontrato che in funzione del rapporto A/P, varia la presenza e spessore degli strati/lamine.

litofacies	Rapporto A/P	stratificazione
Pelitica	$0 \leq A/P \leq 0,2$	da sottili (3-10 cm) a medi (10-30 cm) con abbondanti e fitte lamine sottili (1-10 mm)
Pelitico-arenacea	Rapporto $0,2 \leq A/P \leq 1$	da sottili (3-10 cm) a medi (10-30 cm) con abbondanti e fitte lamine sottili (1-10 mm)
Arenaceo-pelitica	Rapporto $1 \leq A/P \leq 2.39$	da sottili (3-10 cm) a spessi (30-100 cm)

Poche altre discontinuità sono state rilevate sempre nelle carote di sondaggio. 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.

Considerando quanto sopra esposto, la Formazione di Camerino rappresenta una formazione complessa fortemente anisotropa, in cui la stratificazione/laminazione chiaramente influenzano il comportamento meccanico della stessa.

Nel contempo il modello scaturito induce a considerare la Formazione di Camerino come un complesso geomeccanico pelitico-arenaceo poiché questa è la litofacies che rappresenta al meglio la realtà fisica dei litotipi attraversata, con tratti a diverso rapporto A/P in funzione del quale variano, oltre che chiaramente la definizione dell'assetto strutturale, lo spessore/frequenza degli strati, la resistenza, la possibile presenza di venute d'acqua ecc.

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc REL	N. prog. 17	Rev. A	Pag. di Pag. 20 di 21
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------

5. 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

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)

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)

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).

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord – Relazione geologico-strutturale di dettaglio

Opera L073	Tratto 212	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc REL	N,prog. 17	Rev. A	Pag.di Pag. 21 di 21
---------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	-------------------------

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)