


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




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

PROGETTO ESECUTIVO

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

PROGETTAZIONE: Associazione Temporanea di Imprese
Mandataria:

			
--	--	---	--

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

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

<p>2.1.2 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE 3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S. 77 a Muccia</p> <p>GEOLOGIA E GEOTECNICA Relazione geologico-strutturale di dettaglio</p>	<p>SCALA: -</p> <p>DATA: Settembre 2020</p>
--	---

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

Codice Elaborato:

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.
703	213	E	02	GE0000	REL	02	B

REV.	DATA	DESCRIZIONE	Redatto		Controllato	Approvato
A	Marzo 2020	Emissione per consegna	PROGIN	S. Paggi	S. Lieto	A. Grimaldi
B	Sett. 2020	Emissione a seguito istrut. Anas	PROGIN	S. Paggi	S. Lieto	A. Grimaldi

Sommario

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE E GEOTETTONICO DELL'AREA	6
3. ASSETTO STRUTTURALE	10
4. ELEMENTI GEOSTRUTTURALI	11
5. BIBLIOGRAFIA	22

Allegati

Allegato 1 - Interpretazione stratigrafica sondaggi geognostici

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.

Per le unità torbiditiche della Formazione di Camerino la caratterizzazione geologico-strutturale è stata eseguita grazie soprattutto all'analisi delle carote dei sondaggi (allegato 1 alla presente relazione) più significativi che rappresentano importanti, se non unici, dati puntuali del sottosuolo altrimenti non esaminabili, data la notevole scarsità degli affioramenti dovuta alla facile erodibilità della prevalente componente marnoso-pelitica del substrato ed alla conseguente formazione di ampie e spesse coperture colluviali.

I risultati di detta caratterizzazione sono riportati nella carta geologico-strutturale di dettaglio in scala 1:2000 (elaborato L0703213E02GE0000PLA23A-32A), 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.

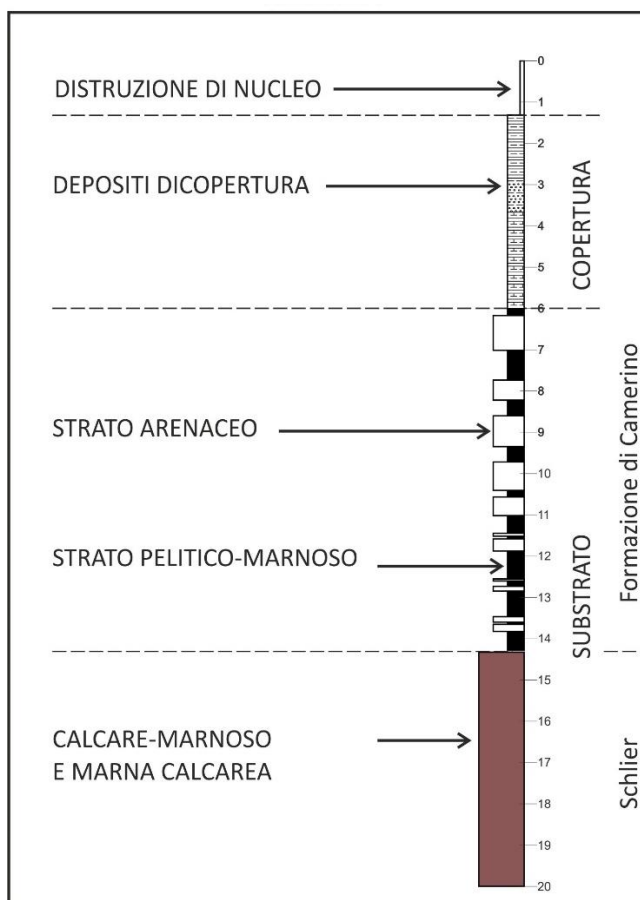


Figura 1.1 Schema mostrante come per ogni sondaggio, relativamente al substrato torbiditico, sono stati annotati gli strati litoidi/semilitoidi (arenarie) e gli strati prevalentemente argillosi (peliti-marnose).

Per lo Schlier è stata segnata la componente calcareo-marnosa.

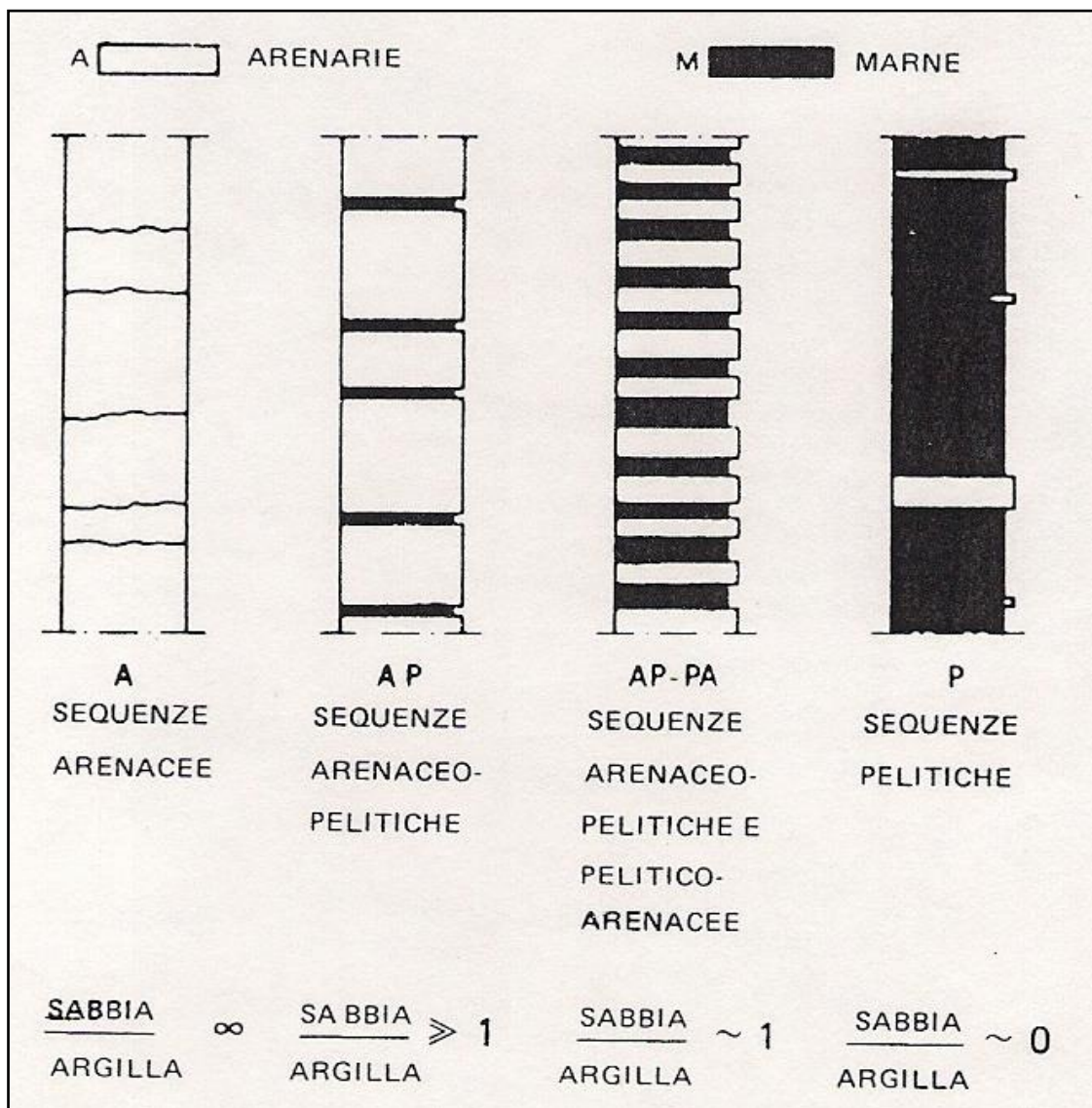


Figura 1.2 Classificazione e sequenze arenaceo – pelitiche (da A.G.I., 1979).

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, hanno 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

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

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

Relazione geologico-strutturale di dettaglio

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc REL	N. prog. 02	Rev. B	Pag. di Pag. 5 di 23
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	-------------------------

in relazione alle opere di progetto; questa ulteriore suddivisione è riportata nella carta geologico-strutturale di dettaglio in scala 1:2000 e nei profili geologici, in virtù del dettaglio di rappresentazione.

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 esplicato.

In riferimento allo Schlier è stata eseguita un'indagine geostrutturale in tre punti stazione, unici affioramenti di estensione significativa, secondo quanto raccomandato dalla International Society for Rock Mechanics (ISRM), come più avanti sarà dettagliato.

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	02	GE0000	REL	02	B	6 di 23

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 centro-meridionale 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 dal tracciato hanno età formazionali comprese tra il Burdigaliano superiore (Schlier) e il Messiniano (Formazione di Camerino); a queste vanno aggiunte le coperture costituite dai depositi alluvionali attuali, recenti e terrazzati e dai depositi eluvio-colluviali di età pleistocenica-olocenica.

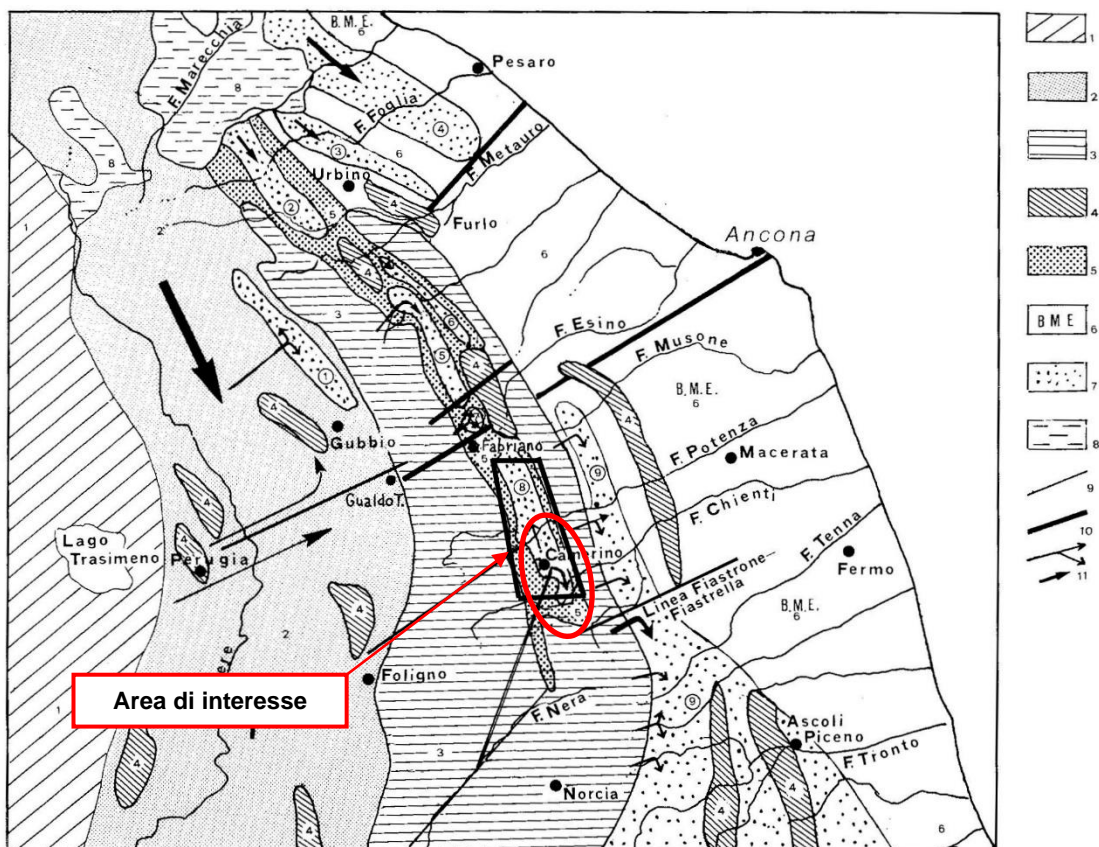


Figura 16. Distribuzione delle principali unità morfostrutturali nell'Appennino umbro-marchigiano. 1) Bacino toscano; 2) Bacino umbro; 3) Dorsali umbro-marchigiana e marchigiana; 4) Dorsali minori; 5) Bacino marchigiano interno; 6) Bacino marchigiano esterno; 7) «Bacini minori»: 1. bacino di M. Vicino;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

Figura 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).

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.

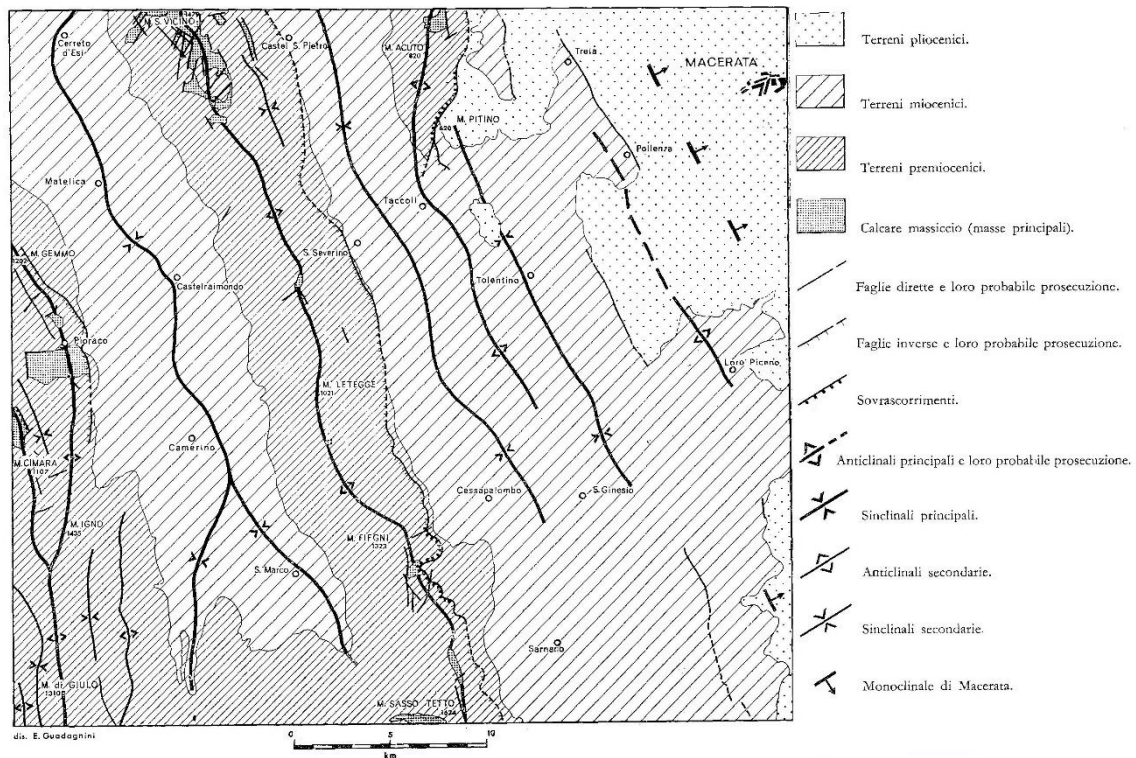


Figura 2.2 Schema strutturale del foglio 124 “Macerata” della Carta Geologica d’Italia.

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

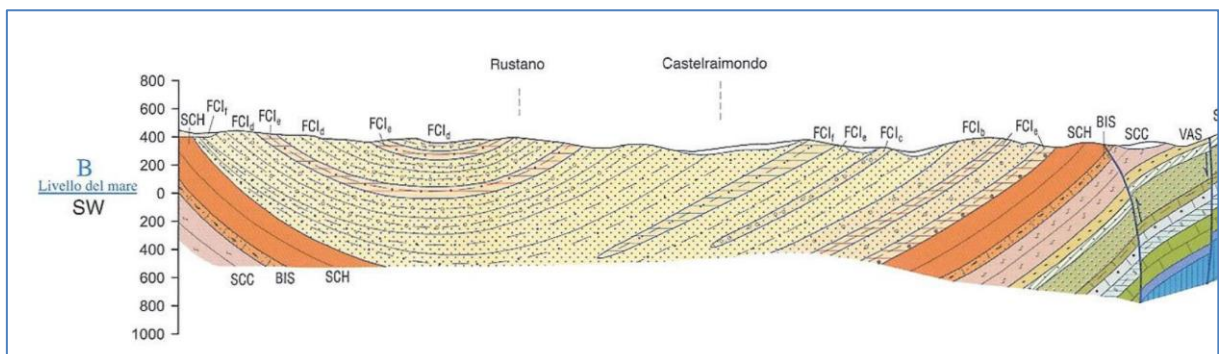


Figura 2.3 Tratto da Carta Geologica d’Italia Foglio 302 Tolentino, sezione geologica B-B’. Nella sezione è evidente l’asimmetria della sinclinale e lo spessore maggiore dei depositi torbiditici nel fianco est con la presenza anche di facies più grossolane.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

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

Relazione geologico-strutturale di dettaglio

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	02	GE0000	REL	02	B	8 di 23

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. 2.4-2.5), 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 (figg. 2.4-2.5).

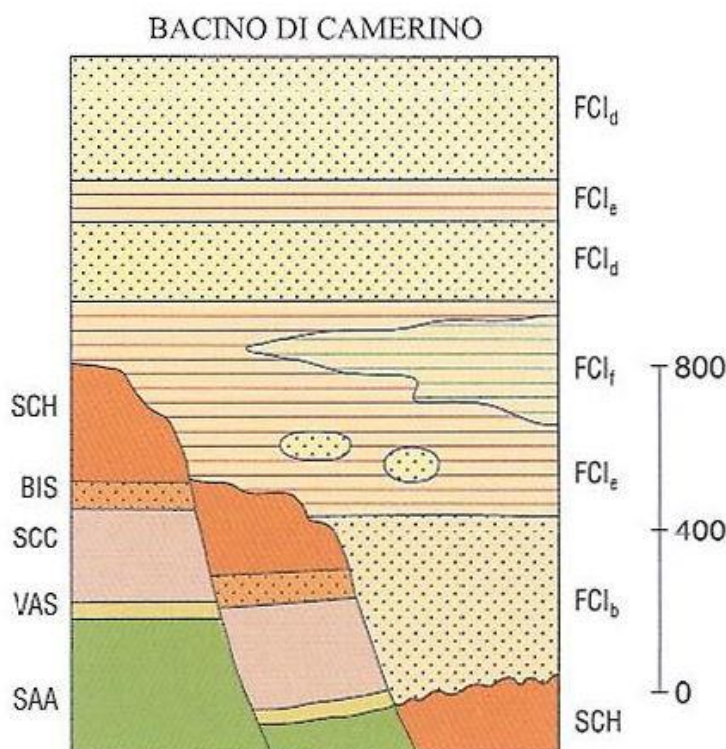


Figura 2.4 Tratto da Carta Geologica d'Italia Foglio 302 Tolentino. Schema dei rapporti stratigrafici nella successione oligocenico-messiniana preevaporitica nel Bacino di Camerino.

Recenti studi (Scisciani et alii, 2000) documentano che il Bacino di Camerino è bordato ad occidente da faglie normali sinsedimentarie NE-immargenti che hanno controllato la fisiografia del bacino stesso sinorogenico tortoniano-messiniano e pertanto in tale area le torbiditi messiniane della Formazione di Camerino poggiano in discordanza sullo Schlier tramite faglia sinsedimentaria a luoghi erosa e relativa paleoscarpata. Con l'instaurarsi degli sforzi compressivi che condizionano la successiva evoluzione del bacino, le faglie sono state, invertite, ruotate/piegate e l'attuale contatto ad alto angolo tra lo Schlier e le torbiditi messiniane è rappresentato dalla faglia/paleoscarpata ruotata fino ad un'inclinazione anche subverticale e/o rovescia.

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.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

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

Relazione geologico-strutturale di dettaglio

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc REL	N.prog. 02	Rev. B	Pag.di Pag. 9 di 23
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------

FAGLIE NORMALI TORTONIANO-MESSINIANE NEI BACINI SINOROGENICI APENNINICI

727

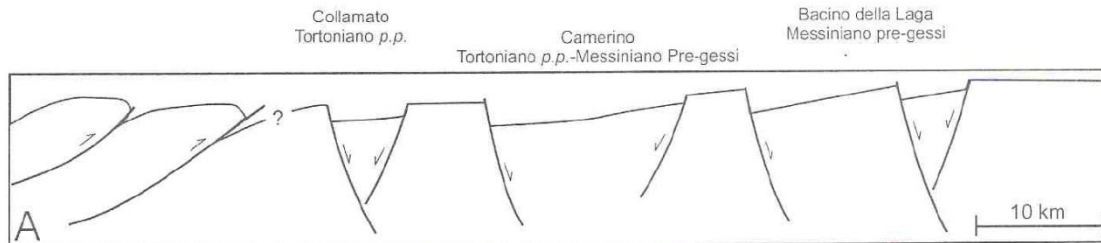


Figura 2.5 Schematizzazione della fisiografia del bacino sinorogenico di Camerino. Tratto da Scisciani et alii, 2000.

3. ASSETTO STRUTTURALE

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

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

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

Lo Schlier, come risulta dai seppur sporadici affioramenti, è mesopiegato e tettonizzato con immersioni prevalenti degli strati a NE e con pendenze oscillanti dai 10° ai 50° .

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 tre stazioni di misura in cui sono presenti significativi affioramenti di Schlier (figg. 4.1-4.2-4.3). 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 multiscale 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 delle stazioni di misura sono state dunque eseguite analisi attraverso il metodo della scan line sulle fratture; la scelta delle stazioni è stata obbligata poiché la sola possibile. Le discontinuità sono state caratterizzate, dipendentemente dalle potenzialità di osservazione, relativamente ai seguenti parametri.

- 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 $010^{\circ}/15^{\circ}$.
- 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.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

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

Relazione geologico-strutturale di dettaglio

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	02	GE0000	REL	02	B	12 di 23



Figura 4.1 Particolare dello Schlier in affioramento nella stazione 1, in prossimità dell'Ospedale di Camerino in cui sono stati eseguiti i rilievi geostrutturali (azimut linea di scansione: N120°E).

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

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

Relazione geologico-strutturale di dettaglio

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc REL	N. prog. 02	Rev. B	Pag. di Pag. 13 di 23
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------



Figura 4.2 Particolare dello Schlier in affioramento nella stazione 2 in cui sono stati eseguiti i rilievi geostrutturali (azimut linea di scansione: N20°E).

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

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

Relazione geologico-strutturale di dettaglio

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N. prog.	Rev.	Pag. di Pag.
L0703	213	E	02	GE0000	REL	02	B	14 di 23



Figura 4.3 Particolare dello Schlier in affioramento nella stazione 3, in prossimità del Fosso di Palente in cui sono stati eseguiti i rilievi geostrutturali (azimut linea di scansione: N100°E).

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

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

Relazione geologico-strutturale di dettaglio

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc REL	N.prog. 02	Rev. B	Pag.diPag. 15 di 23
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	---------------	-----------	------------------------

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 in tutte le stazioni presenta giaciture oscillanti intorno a 060° - $080^{\circ}/40^{\circ}$ - 60° , sono presenti tre principali classi di fratturazione (in fig. 4.2 sono schematizzate le orientazioni medie).

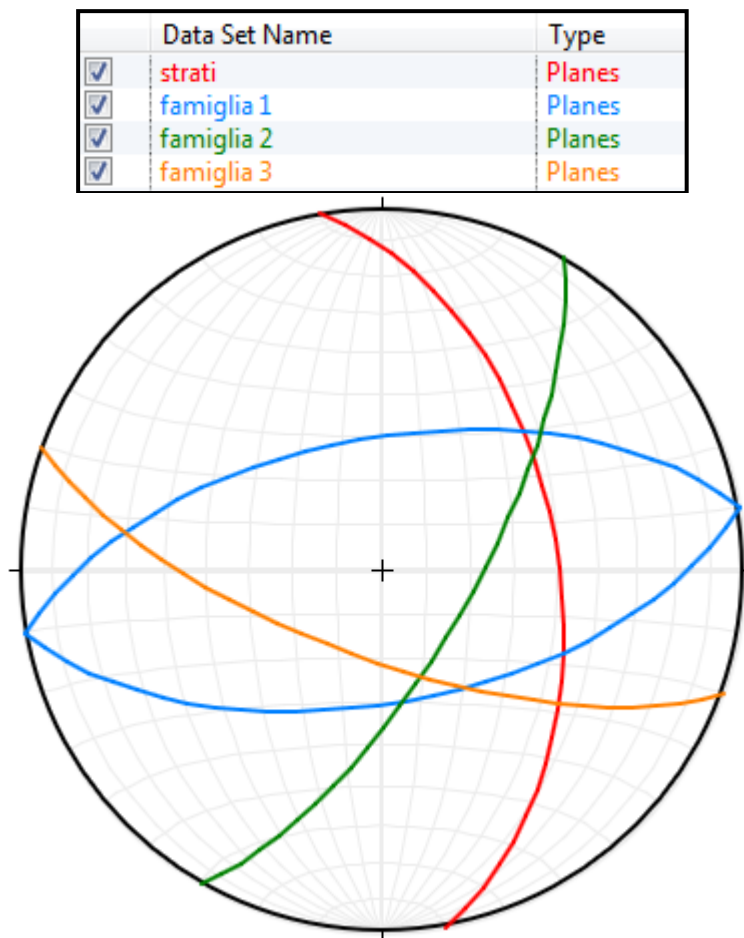


Figura 4.4 Orientazione media delle famiglie di discontinuità rilevate – Stereogramma equiareale di SCHMIDT.

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

S STRATI	
Immersione/pendenza:	080°/50°
Spaziatura media:	3-20 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:	350°/60 e 170°/60°
Spaziatura media:	3-10 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°/70°
Spaziatura media:	2-5 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:	200°/70°
Spaziatura media:	5-6 cm
Persistenza e terminazione:	<1mDD
Apertura:	0,1-1 mm
Rugosità:	rugosa
Alterazione:	molto alterata
Riempimento:	< 5 mm soffice
Condizioni idrauliche:	asciutta

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 $n = 67$ un $RQD = 0,95$. Tale basso valore è dovuto 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 delle opere.

Considerando il numero delle famiglie presenti, la loro spaziatura media e caratteristiche e la presenza di mesopieghie (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 nella galleria S. Barbara.

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 1:2000 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 Sant'Anna

Litofacies (da nord verso sud)	Rapporto medio A/P	Val. minimo (min) Val. massimo (max) Deviazione standard (DS)
Arenaceo-pelitica	3.05/1=3.05	min 1.5 max 4.6 DS 1.6
Pelitico-arenacea	1/5=0.2	min 0.1 max 0.3 DS 0.1
Arenaceo-pelitica	1.89/1=1.89	min 1.8 max 2.0 DS 0.1

Galleria Mecciano

Litofacies (dal nord verso sud)	Rapporto medio A/P	Val. minimo (min) Val. massimo (max) Deviazione standard (DS)
Arenaceo-pelitica	1.88/1=1.88	min 1.6 max 2.2 DS 0.3
Pelitica	1/16.7=0.06	min 0.0 max 0.1 DS 0.02
Arenaceo-pelitica	1.37/1=1.37	min 1.2 max 1.6 DS 0.2
Pelitico-arenacea	1/3.49=0.29	min 0.2 max 0.4 DS 0.1

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.

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 0.06-1.88 per Mecciano e 0.2-3.05 per Sant'Anna: 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 3-4 e spessori relativamente limitati.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

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

Relazione geologico-strutturale di dettaglio

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc REL	N. prog. 02	Rev. B	Pag. di Pag. 19 di 23
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	--------------------------

Il valore medio totale del suddetto rapporto A/P è di 0.8 per Mecciano e 1.6 per Sant'Anna.

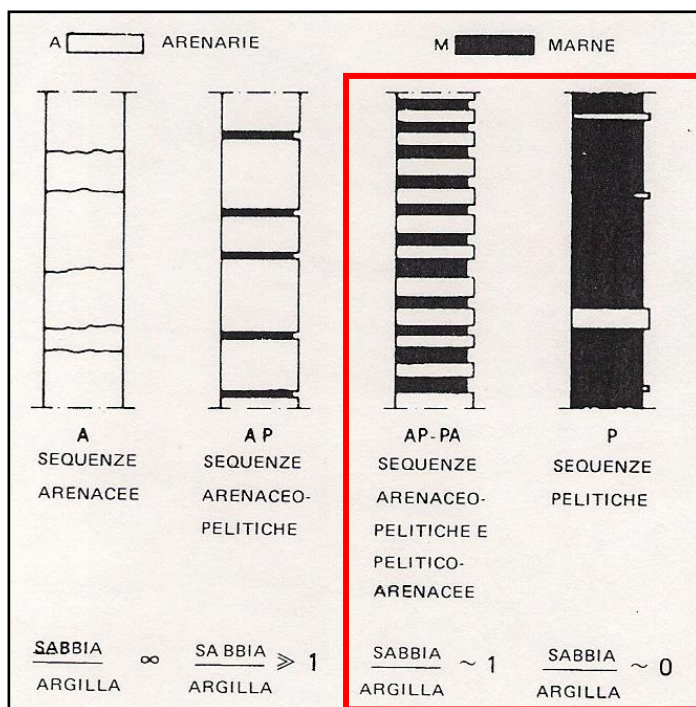


Figura 4.5 Appartenenza delle litofacies attraversate dalle gallerie alla classificazione AGI, 1979.

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, va ad influire in modo preponderante sul comportamento meccanico dell'ammasso.

2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

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

Relazione geologico-strutturale di dettaglio

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.prog.	Rev.	Pag.diPag.
L0703	213	E	02	GE0000	REL	02	B	20 di 23

La Formazione di Camerino in riferimento alla classificazione Esu (1977, fig. seguente) 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.

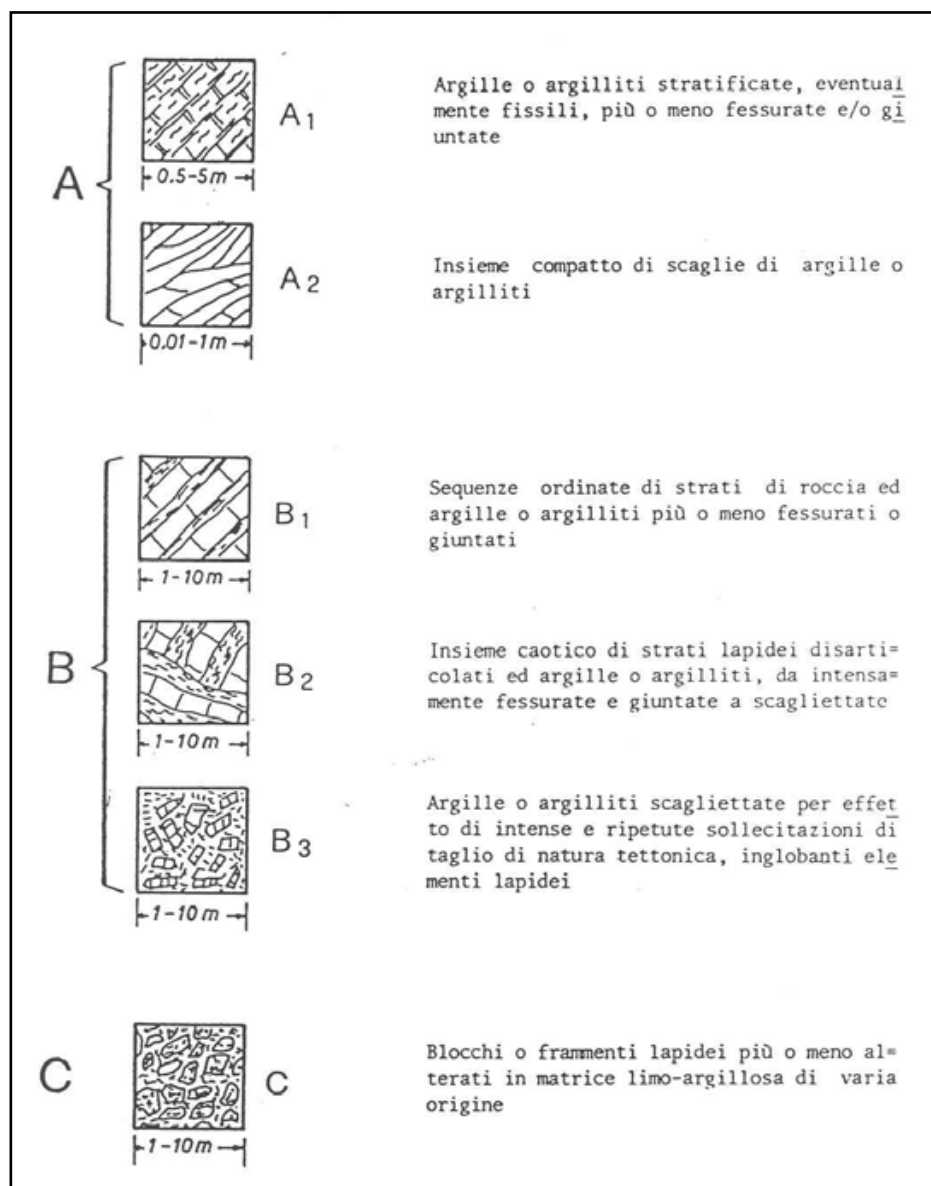


Figura 4.6 Classificazione dei terreni strutturalmente complessi (Esu, 1977).

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 significative discontinuità sono state rilevate sempre nelle carote di sondaggio.

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 attraversati, 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.

5. BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA: Some italian experience on the mechanical characterization of structurally complex formation. Proc. International congress on rock mechanics, 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 strength 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).

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):



2.1.3 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud

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

Relazione geologico-strutturale di dettaglio

Opera L0703	Tratto 213	Settore E	CEE 02	WBS GE0000	Id.doc. REL	N. prog. 02	Rev. B	Pag. di Pag. 23 di 23
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	--------------------------

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)

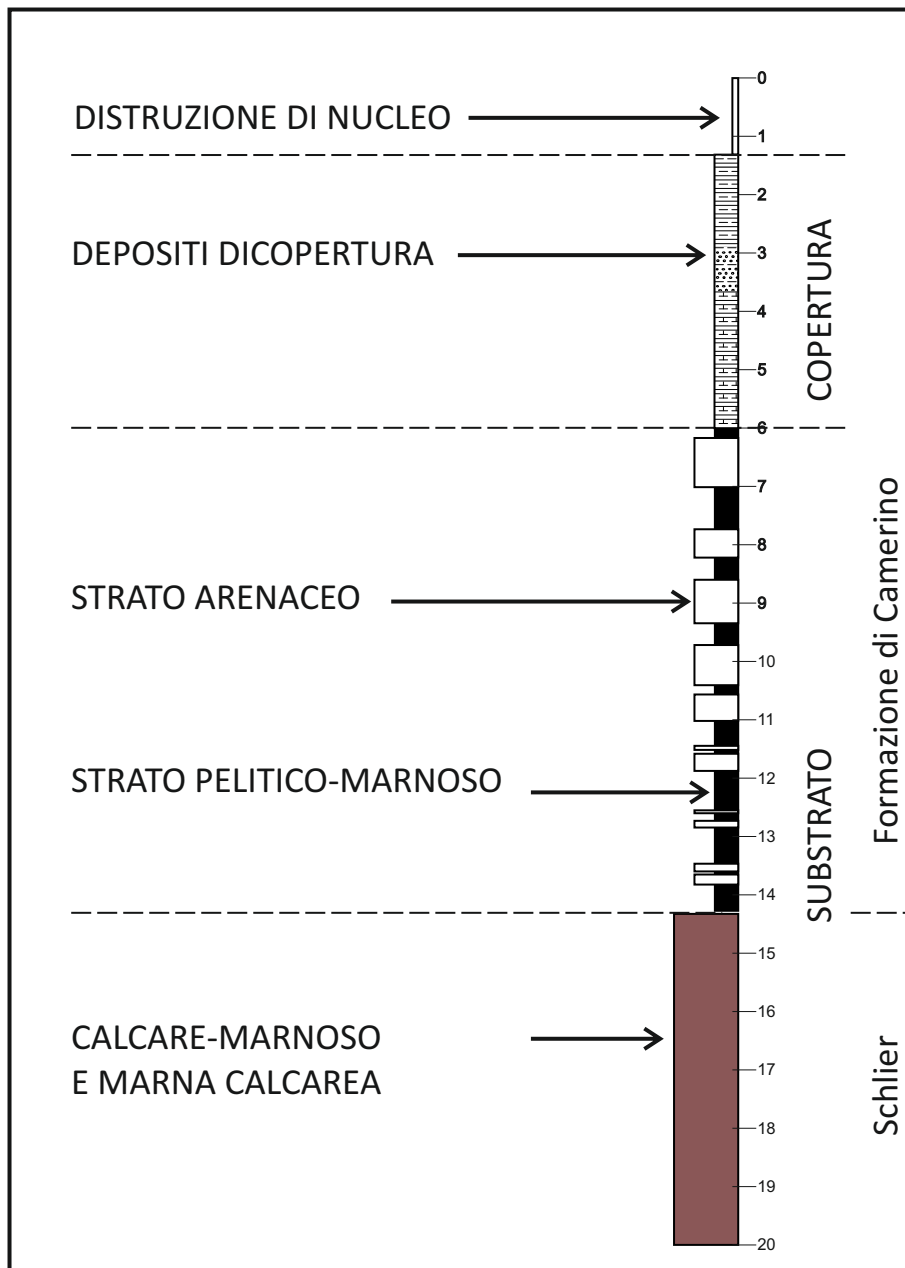
ALLEGATO 1

INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA

SONDAGGI GEOGNOSTICI

(campagna 2017)

LEGENDA



Committente: DIRPA 2 S.c.a.r.l.

Sondaggio: A1.3

Riferimento: Galleria naturale S. Anna

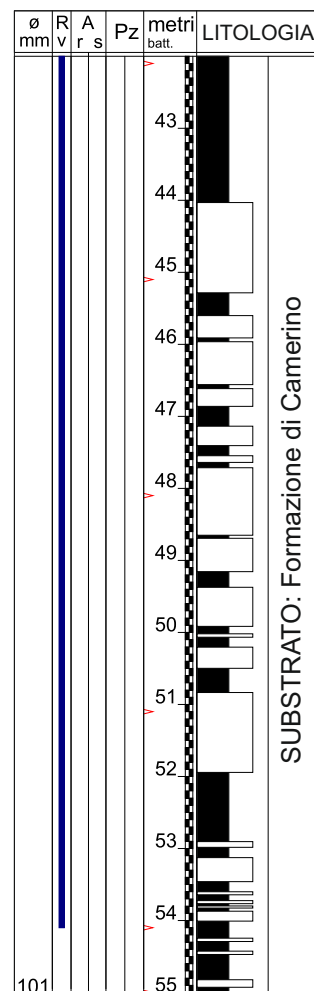
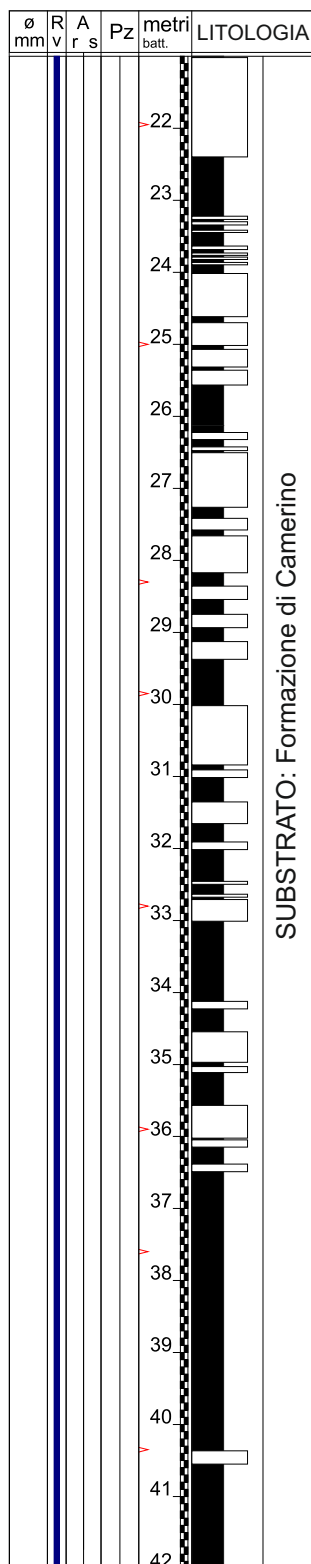
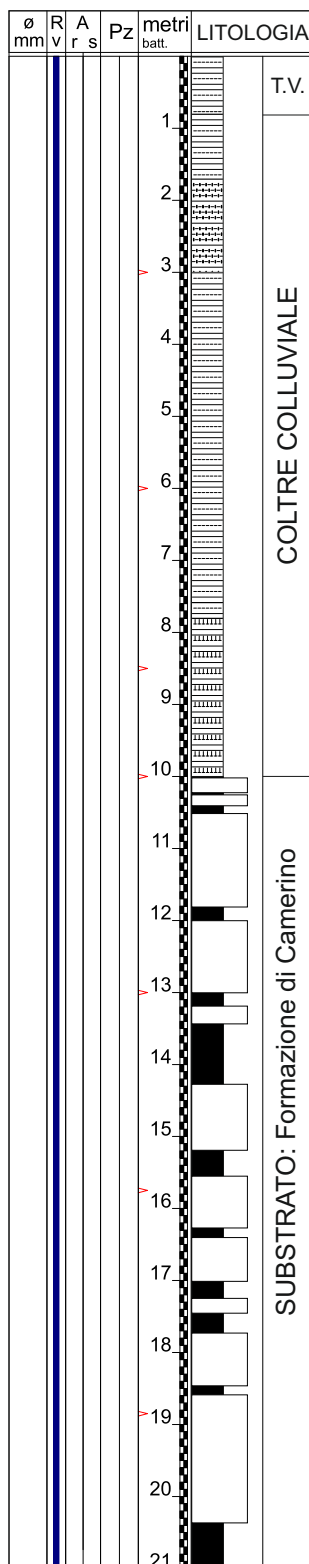
Data: 11-14/04/2017

Coordinate: 2361165.060 E 4785580.917 N

Quota: 375.989 m s.l.m.

Perforazione: Carotaggio continuo

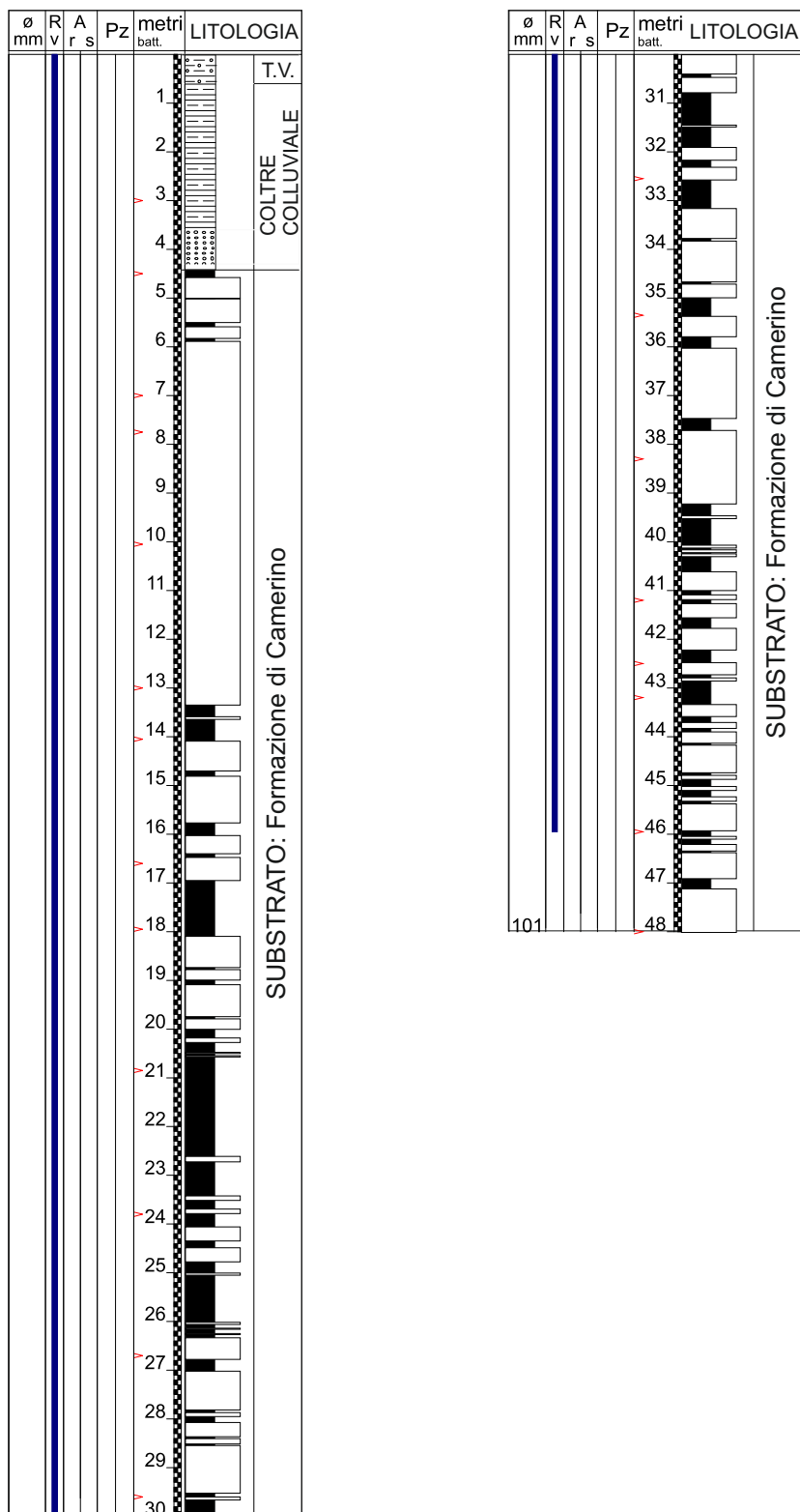
SCALA 1:105



NOTE: gli strati arenacei e pelitici delle torbiditi sono singolarmente rappresentati in posizione e spessore nella colonna stratigrafica, secondo la classificazione A.G.I. 1979.

Committente: DIRPA 2 S.c.a.r.l.	Sondaggio: A2.3
Riferimento: Galleria naturale S. Anna	Data: 12-19/04/2017
Coordinate: 2361160.577 E; 4785503.878 N	Quota: 375.936 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	

SCALA 1:150



NOTE: gli strati arenacei e pelitici delle torbiditi sono singolarmente rappresentati in posizione e spessore nella colonna stratigrafica, secondo la classificazione A.G.I. 1979.

Committente: DIRPA 2 S.c.a.r.l.

Sondaggio: A4.3

Riferimento: Galleria Mecciano

Data: 03-27/04/2017

Coordinate: 2361609.438 E; 4783270.287 N;

Quota: 414.350 m s.l.m.

Perforazione: Distruzione di nucleo - Carotaggio continuo

SCALA 1:210

Ø mm	R v	A r	A s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA
					1	
					2	
					3	
					4	
					5	
					6	
					7	
					8	
					9	
					10	
					11	
					12	
					13	
					14	
					15	
					16	
					17	
					18	
					19	
					20	
					21	
					22	
					23	
					24	
					25	
					26	
					27	
					28	
					29	
					30	
					31	
					32	
					33	
					34	
					35	
					36	
					37	
					38	
					39	
					40	
					41	
					42	

Ø mm	R v	A r	A s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA
					43	
					44	
					45	
					46	
					47	
					48	
					49	
					50	
					51	
					52	
					53	
					54	
					55	
					56	
					57	
					58	
					59	
					60	
					61	
					62	
					63	
					64	
					65	
					66	
					67	
					68	
					69	
					70	
					71	
					72	
					73	
					74	
					75	
					76	
					77	
					78	
					79	
					80	
					81	
					82	
					83	
					84	

SUBSTRATO: Formazione di Camerino

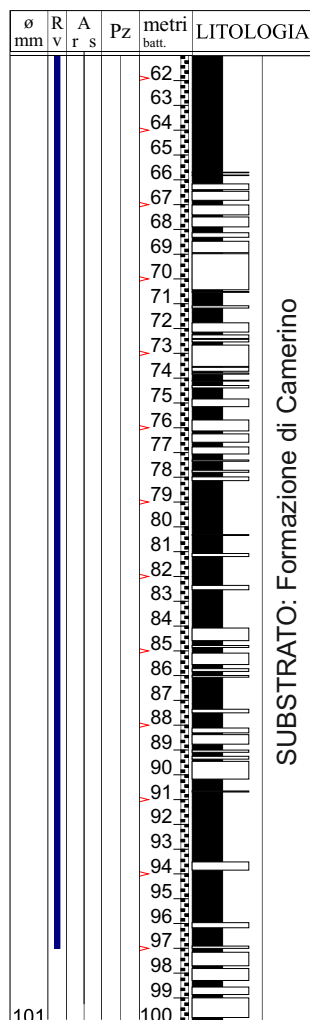
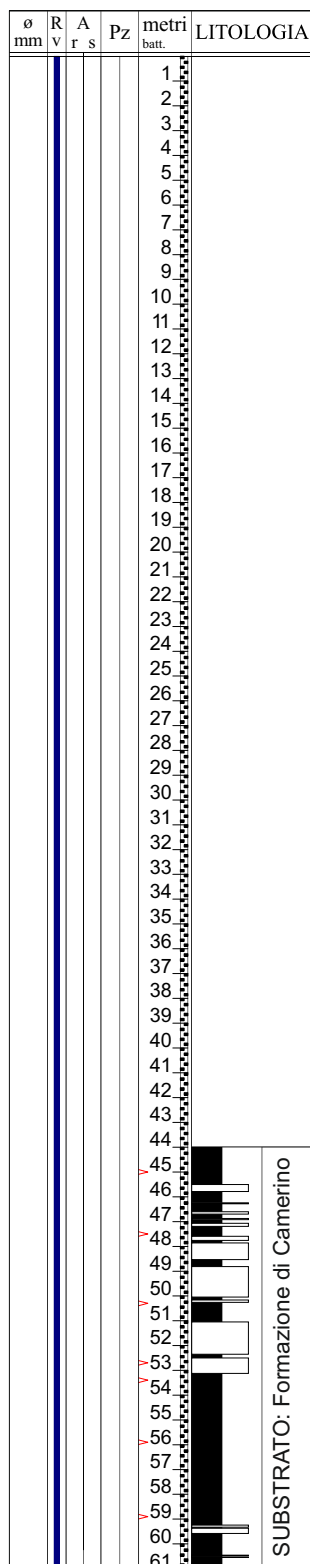
Ø mm	R v	A r	A s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA
					85	
					86	
					87	
					88	
					89	
					90	
					91	
					92	
					93	
					94	
					95	
					96	
					97	
					98	
					99	
					100	
					101	
					102	
					103	
					104	
					105	
					106	
					107	

SUBSTRATO: Formazione di Camerino

NOTE: gli strati arenacei e pelitici delle torbiditi sono singolarmente rappresentati in posizione e spessore nella colonna stratigrafica, secondo la classificazione A.G.I. 1979.

Committente: DIRPA 2 S.c.a.r.l.	Sondaggio: A5.3
Riferimento: Galleria Mecciano	Data: 28/04/2017 - 05/05/2017
Coordinate: 2361624.971 E; 4783228.073 N.	Quota: 410.250 m s.l.m.
Perforazione: Distruzione di nucleo - Carotaggio continuo	

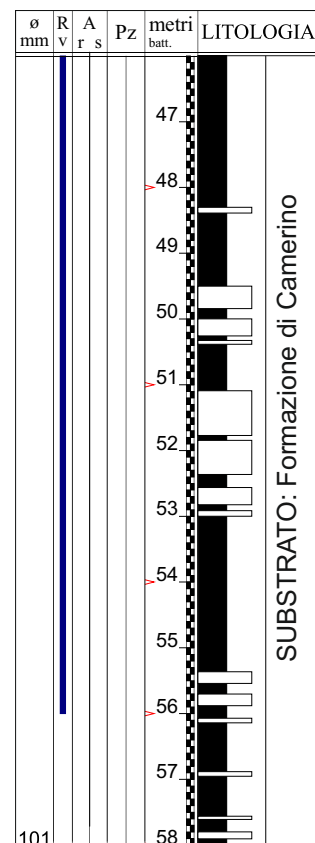
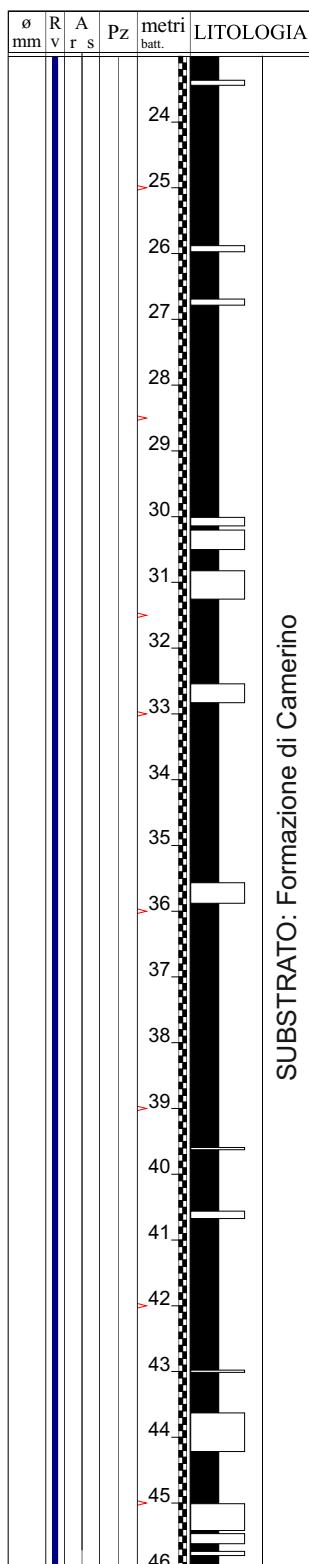
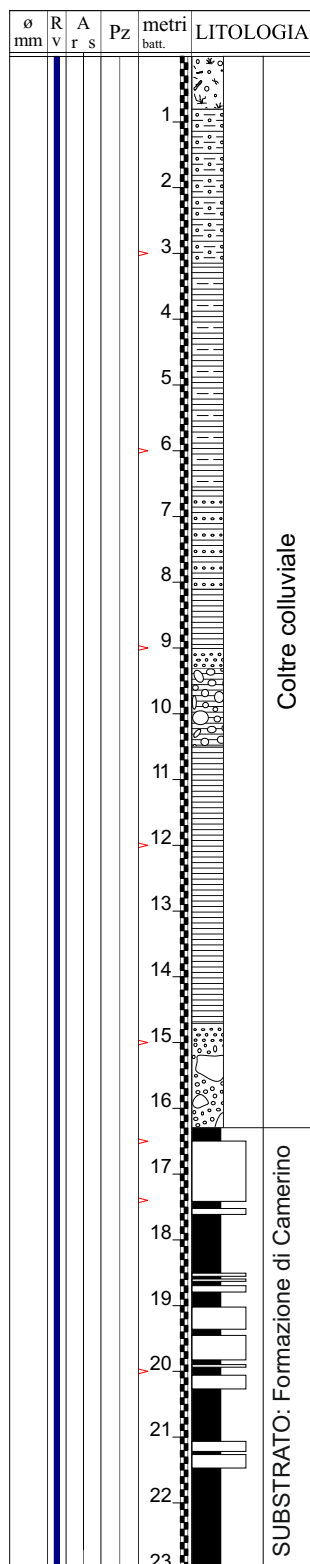
SCALA 1:305



NOTE: gli strati arenacei e pelitici delle torbiditi sono singolarmente rappresentati in posizione e spessore nella colonna stratigrafica, secondo la classificazione A.G.I. 1979.

Committente: DIRPA 2 S.c.a.r.l.	Sondaggio: A7.3
Riferimento: Galleria Mecciano	Data: 27/04/2017 - 03/05/2017
Coordinate: 2361753.671 E; 4783016.302 N	Quota: 361.544 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	

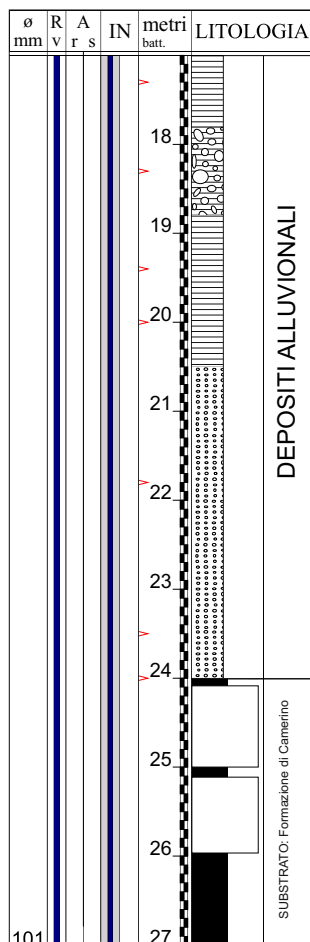
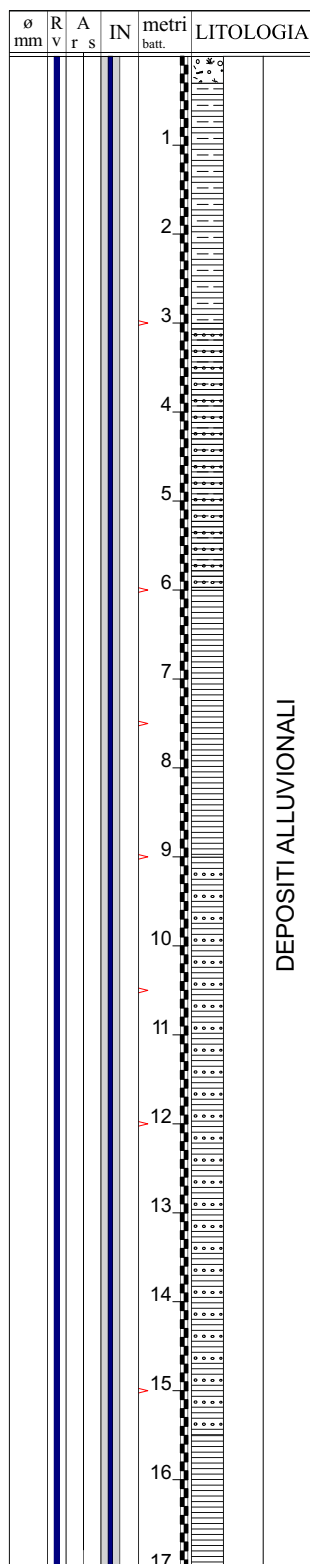
SCALA 1:115



NOTE: gli strati arenacei e pelitici delle torbiditi sono singolarmente rappresentati in posizione e spessore nella colonna stratigrafica, secondo la classificazione A.G.I. 1979.

Committente: DIRPA 2 S.c.a.r.l.	Sondaggio: X3.9
Riferimento: Viadotto S. Anna	Data: 19-21/04/2017
Coordinate: 2361211.350 E; 4785869.218 N	Quota: 356.232 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	

SCALA 1 :85



NOTE: gli strati arenacei e pelitici delle torbiditi sono singolarmente rappresentati in posizione e spessore nella colonna stratigrafica, secondo la classificazione A.G.I. 1979.

Committente: DIRPA 2 S.c.a.r.l.

Sondaggio: X3.17

Riferimento: Viadotto Potenza

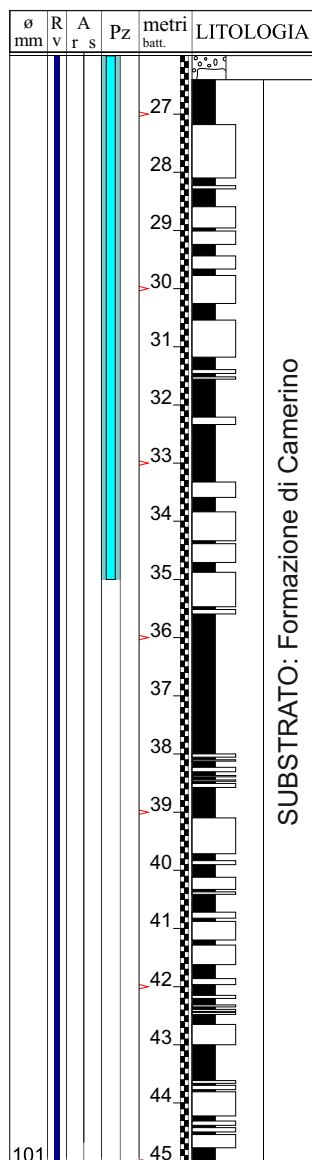
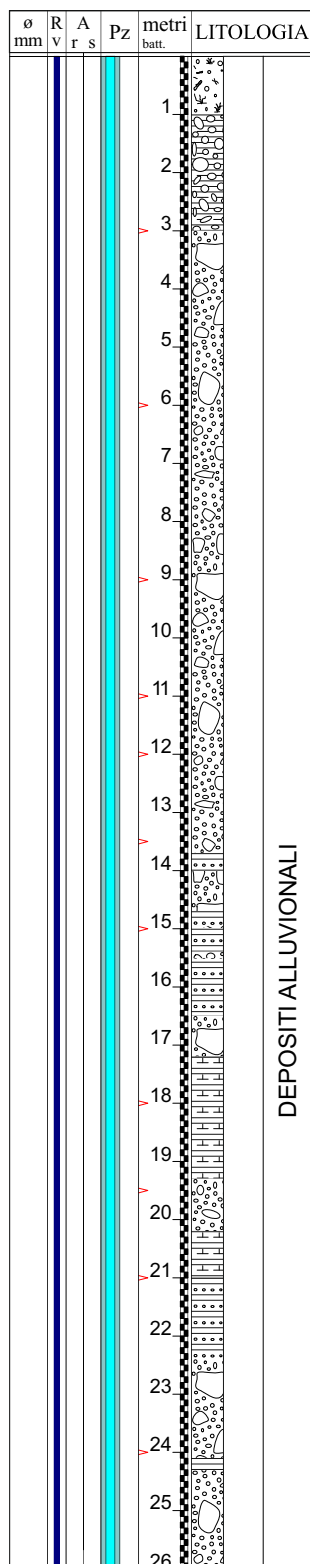
Data: 09-12/05/2017

Coordinate: 2361207.798 E; 4783697.422N

Quota: 325.801 m s.l.m.

Perforazione: Carotaggio continuo

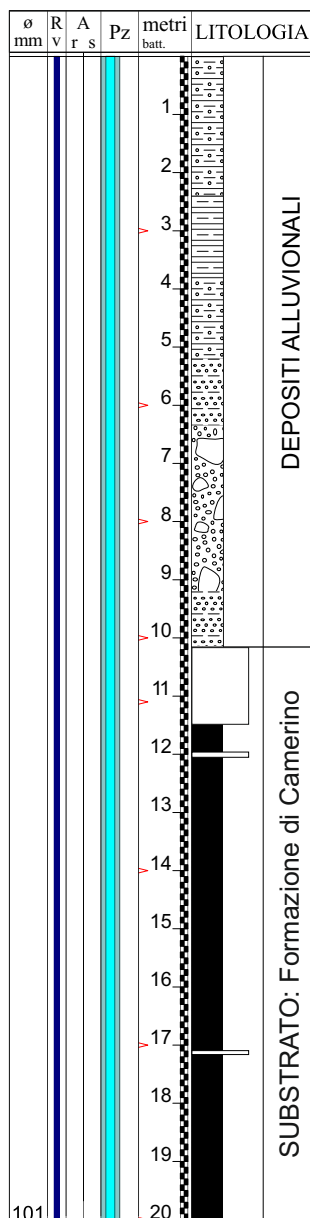
SCALA 1:130



NOTE: gli strati arenacei e pelitici delle torbiditi sono singolarmente rappresentati in posizione e spessore nella colonna stratigrafica, secondo la classificazione A.G.I. 1979.

Committente: DIRPA 2 S.c.a.r.l.	Sondaggio: X3.18
Riferimento: Imbocco Mecciano	Data: 03-04/05/2017
Coordinate: 2361865.713 E; 4782806.341 N.	Quota: 338.738 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	

SCALA 1 :130



NOTE: gli strati arenacei e pelitici delle torbiditi sono singolarmente rappresentati in posizione e spessore nella colonna stratigrafica, secondo la classificazione A.G.I. 1979.