

M. LEZZERINI, F. STORTI, M. TAMPONI

DATI PRELIMINARI SULLA "CRISTALLINITÀ" DELL'ILLITE IN  
ALCUNE FORMAZIONI DELLA SUCCESSIONE  
UMBRO-MARCHIGIANA (APPENNINO CENTRALE)

**Riassunto** - La "cristallinità" dell'illite (indice di Kübler) e le associazioni mineralogiche che sono state utilizzate per la caratterizzazione del grado metamorfico della Successione Umbro-Marchigiana affiorante lungo la Dorsale Amerina-Narnese (Terni).

Le associazioni mineralogiche riscontrate (calcite + quarzo + illite + smectite + chlorite + interstratificati illite/smectite ± interstratificati clorite/smectite nei campioni delle Formazioni della Scaglia Rossa e della Scaglia Cinerea e calcite + quarzo + smectite ± illite nei campioni della Formazione del Bisciario) e i valori di "cristallinità" dell'illite ( $\bar{x} = 0.49^\circ$  come  $\Delta 2\theta$ ) sono indicativi di condizioni diagenetiche.

I risultati ottenuti in questo studio si accordano assai bene sia con i dati di natura geologico-strutturale che con quelli di riflettanza della vitrinite disponibili in letteratura.

**Abstract** - *Illite "crystallinity" in the Umbro-Marchigiana Sequence (Central Apennines, Italy): preliminary data.* Illite "crystallinity" (Kübler index) and mineral assemblages have been applied to the characterization of the metamorphic grade of the Umbro-Marchigiana Sequence outcropping in the Amelia-Narni Ridge.

The mineral assemblages (calcite + quartz + illite + smectite + chlorite + illite/smectite ± chlorite/smectite mixed layers in the Scaglia Rossa and Scaglia Cinerea Formations and calcite + quartz + smectite ± illite in the Bisciario Formation) and illite "crystallinity" values ( $\bar{x} = 0.49^\circ$  as  $\Delta 2\theta$ ) strongly support diagenetic conditions.

The results obtained in the present study are in a good agreement both with geological setting and with vitrinite reflectance data available in literature.

**Key words** - Mineral assemblages, Illite "crystallinity", Umbro-Marchigiana Sequence.

## INTRODUZIONE

Nel corso della diagenesi e dei primi stadi del metamorfismo i minerali argillosi subiscono importanti trasformazioni che comporta-

no una variazione continua di alcuni parametri mineralogici. Tra essi, assume un ruolo di particolare importanza la "cristallinità" dell'illite.

Un uso sistematico della "cristallinità" dell'illite ha, infatti, permesso di caratterizzare, in modo piuttosto accurato, il grado di evoluzione dei sedimenti dalla diagenesi al metamorfismo di epizona.

Il principale fattore che influenza questo parametro è la temperatura (KÜBLER, 1967a, 1967b, 1968; SCHAEER e PERSOZ, 1976; KRUMM, 1984; FREY, 1987). Importanza minore assumono altri fattori, quali la litologia ed il chimismo del sedimento, il chimismo dell'illite di neoformazione, la pressione dei fluidi, il tempo e lo stress (FREY, 1987 e bibliografia citata).

In questa nota la "cristallinità" dell'illite è stata utilizzata per la caratterizzazione del grado metamorfico della Successione Umbro-Marchigiana affiorante nella Dorsale Amerina-Narnese (Terni). I dati di "cristallinità" dell'illite sono stati integrati con quelli relativi alle associazioni mineralogiche.

Lo studio è stato condotto su 15 campioni appartenenti alle formazioni della Scaglia Rossa, della Scaglia Cinerea e del Bisciario, affioranti nel fianco ribaltato della struttura dei Monti di Narni e caratterizzati da bassi valori di deformazione (Fig. 1).

#### INQUADRAMENTO GEOLOGICO

I Monti di Amelia-Narni sono ubicati nel settore occidentale dell'Appennino Centrale, ad Est dei complessi vulcanici di Bolsena e Vico, e separano la valle del Tevere dal Bacino di Terni (Fig. 1).

La struttura geometrica d'insieme è di tipo antiforme e coinvolge le sequenze Umbro-Marchigiane-Sabine (Trias sup. - Miocene medio). La piega originaria è stata in seguito interessata da complicazioni tettoniche ulteriori, che ne hanno provocato la disarticolazione in due scaglie tettoniche principali, avanscorse verso l'avampaese adriatico. Durante il Pliocene tale configurazione ha subito gli effetti della fase di estensione crostale a seguito della quale si è originato il bacino tirrenico. Tali effetti consistono essenzialmente in una serie di faglie normali, con direzione NW-SE e movimento "*dip slip*", localizzate lungo il margine occidentale della dorsale, sul bordo orientale del graben del Chiani-Tevere. Infine, nel Pleistocene, si è sviluppata nell'area una tettonica trascorrente, con movimenti sinistri lungo zone di faglia "appenniniche" e destri in zone di taglio "meridiane" (PATACCA *et al.*, 1993 e bibliografia citata; STORTI, 1995).

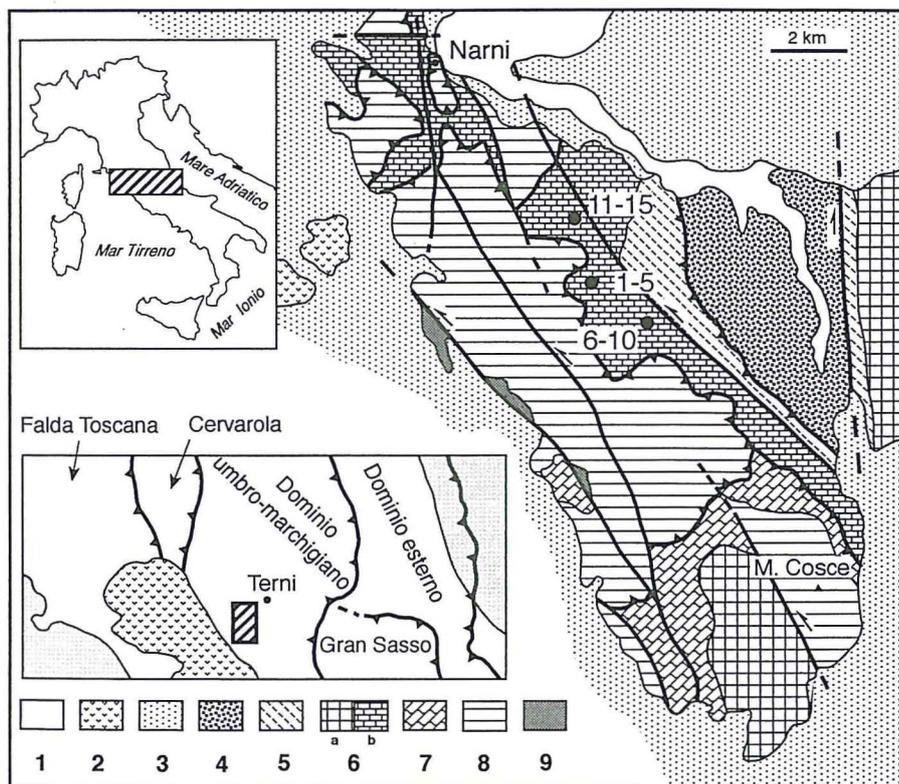


Fig. 1 - Schema geologico-strutturale dell'area esaminata ed ubicazione dei siti di campionamento.

- 1) Alluvioni recenti; 2) Vulcaniti pleistoceniche; 3) Depositi marini e fluvio-lacustri (Plio-Pleistocene); 4) Marnoso Arenacea (Miocene medio); 5) Schlier-Bisciario (Miocene inf.); 6a) Successione diritta dalla Corniola (Lias inf.) al Bisciario; 6b) Successione rovesciata dalla Corniola al Bisciario; 7) Corniola; 8) Calcare Massiccio (Hettangiano); 9) Calcari e marne a *Rhaetavicula contorta* (Trias sup.).

Nei Monti di Narni il Calcare Massiccio (Lias inf.) costituisce gran parte del settore occidentale e centrale, con limitati affioramenti di calcari e marne a *Rhaetavicula contorta* (Trias sup.) e della successione pelagica Giurassico-Paleogenica, soprattutto nella terminazione meridionale. Questo insieme litoide costituisce un'unità tettonica sovrascorsa sul fianco esterno dell'anticlinale originaria, affiorante nel settore orientale del gruppo montuoso (CHIOCCHINI *et al.*, in stampa). Esso è caratterizzato da una giacitura ribaltata, a volte coricata, che coinvolge tutte le formazioni dal Bisciario (Miocene inf.) fino alla Corniola (Lias medio). All'interno del Bisciario è ubicato un ulteriore sovrascorrimen-

to, mediante il quale tutta la struttura è avanscorsa sull'unità geometricamente più bassa, costituita in affioramento dal Bisciario e dalla Marnoso-Arenacea. Sull'edificio strutturale creatosi si sono depositi in discordanza ad Ovest i depositi marini del Bacino del Chiani-Tevere e ad Est quelli fluvio-lacustri del Bacino di Terni.

L'evoluzione complessa subita dalle unità coinvolte nella struttura di Narni ha dato luogo a tutta una serie di elementi minori, quali sovrascorrimenti inter ed intraformazionali e zone di taglio sottrattive, soprattutto all'interno del settore ribaltato. Quest'ultima fenomenologia, ben evidente nella Scaglia Rossa e Cinerea, ha determinato una intensa dissoluzione della componente carbonatica che ha causato l'obliterazione quasi completa di qualsiasi traccia della stratificazione originaria. In tali "setti", sub-paralleli all'andamento degli strati, si è generato un litotipo, definibile come "residuale", fortemente arricchito in modo indiretto di materiale pelitico rispetto al protolito originario (STORTI, 1995). L'asportazione della componente carbonatica è avvenuta essenzialmente per *pressure solution*, con sviluppo di un clivaggio di tipo *strong* e *very strong*, secondo la definizione di ALVAREZ *et al.* (1978).

#### METODOLOGIE

In questo studio sono stati presi in considerazione 5 campioni provenienti dalla Formazione del Bisciario (di cui 4 prelevati in un livello vulcanoclastico e 1 proveniente da un livello marnoso), 9 campioni appartenenti alla Formazione della Scaglia Cinerea e 1 campione proveniente dalla Formazione della Scaglia Rossa (Fig. 1).

Lo studio mineralogico è stato condotto in diffrattometria di polveri a raggi-X mediante l'impiego di un diffrattometro automatico Philips PW 1710.

L'identificazione dei minerali argillosi è stata effettuata utilizzando preparati orientati della frazione inferiore a 2  $\mu\text{m}$  sia naturali che trattati con  $\text{K}^+$  e  $\text{Mg}^{++}$ . I preparati saturati con  $\text{Mg}^{++}$  sono stati inoltre trattati con glicole etilenico, mentre quelli saturati con  $\text{K}^+$  sono stati riscaldati a 100-300 e 550 °C.

La misura dell'indice di "cristallinità" dell'illite (larghezza a metà altezza del picco a 10 Å espressa in unità  $\Delta 2\theta$ ) (KÜBLER, 1984, 1990) è stata effettuata sulla frazione < 2  $\mu\text{m}$  sedimentata su vetrino (KÜBLER, 1984, 1990; KISH, 1991). La densità dei preparati orientati è risultata compresa tra 2 e 3  $\text{mg}/\text{cm}^2$ . Le condizioni strumentali nelle quali si è operato erano le seguenti: radiazione Cu  $\text{K}_\alpha$  filtrata con Nichel; 40 kV,

20 mA; fenditure di divergenza e di focalizzazione: 1/2°; fenditura di ricezione: 0.2 mm; velocità di scansione: 0.25° Δ2θ al minuto; costante tempo: 4.

I valori della "cristallinità" dell'illite sono stati, infine, calibrati rispetto a quelli del laboratorio dell'Università di Neuchâtel mediante l'impiego di standards forniti dal Prof. B. Kübler.

Per i limiti diagenesi/anchizona ed anchizona/epizona sono stati assunti rispettivamente i valori di "cristallinità" di 0.42° e 0.25° (Δ2θ) proposti da KÜBLER (1984, 1990).

## RISULTATI

Nella Tab. 1 sono riportate le associazioni mineralogiche e i valori di "cristallinità" dell'illite dei campioni studiati.

**Tab. 1** - "Cristallinità" dell'illite e associazioni mineralogiche dei campioni studiati. (Cal = calcite; Qtz = quarzo; Ill = illite; Chl = clorite; Sm = smectite; I/S = strati misti disordinati illite/smectite; C/S = strati misti disordinati clorite/smectite; I.C. = indice di "cristallinità" di Kübler; σ = deviazione standard; N = numero dei campioni esaminati).

CAMPIONE	FORMAZIONE	Cal	Qtz	Ill	Chl	Sm	I/S	C/S	Illite I.C. (Δ2θ)
1	Scaglia Rossa	X	X	X	X	X	X	X	0.49
2	Scaglia Rossa	X	X	X	X	X	X	X	0.49
3	Scaglia Rossa	X	X	X	X	X	X	X	0.48
4	Scaglia Rossa	X	X	X	X	X	X		0.49
5	Scaglia Rossa	X	X	X	X	X	X		0.49
6	Scaglia Cinerea	X	X	X	X	X	X		0.51
7	Scaglia Cinerea	X	X	X	X	X	X		0.45
8	Scaglia Cinerea	X	X	X	X	X	X		0.39
9	Scaglia Cinerea	X	X	X	X	X	X		0.47
10	Scaglia Cinerea	X	X	X	X	X	X		0.53
11	Bisciaro	X	X			X			-
12	Bisciaro	X	X			X			-
13	Bisciaro	X	X			X			-
14	Bisciaro	X	X	X	X	X	X		0.55
15	Bisciaro	X	X			X			-
<b>media</b>									0.49
<b>σ</b>									0.04
<b>N</b>									11

Si può osservare come i campioni appartenenti alle formazioni della Scaglia Rossa e della Scaglia Cinerea siano caratterizzati dall'as-

sociazione mineralogica calcite + quarzo + illite + smectite + clorite + strati misti disordinati (illite/smectite e/o clorite/smectite), dove l'associazione calcite + quarzo costituisce, da sola, più dell' 80 % della roccia totale. I campioni provenienti dalla Formazione del Bisciario sono invece costituiti prevalentemente da smectite, con subordinate quantità di calcite e quarzo. Fa eccezione il campione 14 (marnoso), che risulta caratterizzato da una composizione mineralogica che si avvicina molto a quella dei campioni della Scaglia.

La presenza di smectite come fase distinta è indicativa di condizioni metamorfiche tipiche della parte medio-bassa della diagenesi. Nel corso della media diagenesi, essa tende ad essere sostituita dapprima da minerali a strati misti disordinati del tipo illite/smectite e/o clorite/smectite e, poi, da illite e clorite come fasi distinte. La contemporanea presenza, in molti campioni studiati, dell'associazione fillosilicatica illite + clorite + smectite + strati misti disordinati (illite/smectite e/o clorite/smectite) ci indica che la formazione di illite e clorite a spese di smectite è ancora in corso e che, pertanto, non sono state superate le condizioni metamorfiche tipiche della media diagenesi (KISH, 1974, 1987; KÜBLER, 1980).

Per quanto riguarda la "cristallinità" dell'illite, si può osservare come i campioni esaminati siano caratterizzati da valori dell'indice di "cristallinità" (I.C.) compresi tra  $0.39^\circ$  e  $0.53^\circ$  ( $\Delta 2\theta$ ), con un valore medio di  $0.49^\circ$  ( $\Delta 2\theta$ ) e una deviazione standard di  $0.04^\circ$  ( $\Delta 2\theta$ ). Sulla base dei valori dell'indice di "cristallinità" assunti come rappresentativi dei limiti diagenesi/anchizona ed anchizona/epizona si possono stimare, per i campioni studiati, tipiche condizioni diagenetiche.

## CONCLUSIONI

Lo studio delle associazioni mineralogiche e della "cristallinità" dell'illite sembrano indicare, per la Successione Umbro-Marchigiana affiorante nei Monti di Amelia-Narni, tipiche condizioni diagenetiche.

Questo risultato si accorda assai bene con i dati di natura geologico-strutturale, che indicano, per le unità tettoniche studiate, uno stile deformativo indicativo di un livello strutturale molto superficiale. Infatti, nei livelli pelitici delle pieghe mesoscopiche, non è mai sviluppata una foliazione di piano assiale. Inoltre, i numerosi microfossili visibili nelle sezioni sottili esaminate non presentano mai una deformazione di tipo duttile (STORTI, 1995). Quanto da noi ottenuto è in ottimo accordo con le indicazioni di carattere generale disponibili in lette-

ratura sul settore umbro-marchigiano dell'Appennino, che riportano condizioni deformative "non metamorfiche" (ALVAREZ *et al.*, 1978; MONTANARI *et al.*, 1994 e bibliografia citata).

Un raffronto quantitativo può essere fatto solamente con i dati ricavati da REUTTER *et al.* (1980) per la Formazione Marnoso-Arenacea, sebbene campionata in una posizione più settentrionale ed esterna (Appennino Tosco-Marchigiano) rispetto ai Monti di Amelia-Narni. Il valore medio della riflettanza della vitrinite stimato da questi autori ( $R_m = 0.67$ ), indicativo di condizioni tipiche della diagenesi, è in buon accordo con i dati ottenuti in questo studio.

#### Ringraziamenti

Gli autori ringraziano il Prof. L. Leoni per la revisione critica del manoscritto ed i Proff. M. Franzini, F. Sartori e S. Salvini per gli utili consigli durante la stesura del manoscritto. Questo lavoro è stato eseguito con il supporto finanziario del Consiglio Nazionale delle Ricerche, Centro di Studio per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino (Pisa) e M.U.R.S.T. 60%.

#### BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ W., ENGELDER T., GEISER P.A. (1978) - Classification of solution cleavage in pelagic limestones. *Geology*, **6**, 263-266.
- CHIOCCHINI V., CHIOCCHINI M., STORTI F. (1994) - Studio stratigrafico-strutturale per la realizzazione della galleria di San Casciano. *Boll. Serv. Geol. d'It.*, in stampa.
- FREY M. (1987) - Very low-grade metamorphism of clastic sedimentary rocks. In: "Low-Temperature Metamorphism", M. Frey Ed., Blackie, Glasgow, 9-58.
- KISCH H.J. (1974) - Anthracite and meta-anthracite coal ranks associated with "anchimetamorphism" and "very-low-stage" metamorphism, I, II, III. *Ned. Akad. Wet. Amsterdam.*, Proc. Ser. B, **77** (2), 81-118.
- KISCH H.J. (1987) - Correlation between indicators of very low- grade metamorphism. In: "Low-Temperature Metamorphism", M. Frey Ed., Blackie, Glasgow, 227-300.
- KISCH H.J. (1991) - Illite crystallinity: recommendations on sample preparation, X-ray diffraction settings, and interlaboratory samples. *J. metamorphic Geol.*, **9**, 665-670.
- KRUMM H. (1984) - Anchimetamorphose im Anis und Ladin (Trias) der Nördlichen Kalkalpen zwischen Arlberg und Kaisergebirge-ihre Verbreitung und deren baugeschichtliche Bedeutung. *Geol. Rdsch.*, **73**, 223-257.
- KÜBLER B. (1967a) - La cristallinité de l'illite et les zones tout à fait supérieures du métamorphisme. In: "Étages tectoniques, Colloque de Neuchâtel 1966", À la Baconnière, Neuchâtel, Suisse, 105-121.
- KÜBLER B. (1967b) - Anchimétamorphisme et schistosité. *Bull. Centre Rech. Pau-SNPA*, **1**, 259-278.
- KÜBLER B. (1968) - Evaluation quantitative du métamorphisme par la cristallinité de l'illite. *Bull. Centre Rech. Pau-SNPA*, **2**, 385-397.

- KÜBLER B. (1980) - Les premiers stades de la diagenèse organique et de diagenèse minérale. Deuxième partie: Zonéographie par les transformations minéralogiques, comparaison avec la réflectance de la vitrinite, les extraits organiques et les gaz adsorbés. *Bull. Ver. Schweiz. Petroleum-Geol. Ing.*, **46** (110), 1-22.
- KÜBLER B., (1984) - Les indicateurs des transformations physiques et chimiques dans la diagenèse, température et calorimétrie. In: "Thermométrie et barométrie géologiques", M. Lagache Ed., Soc. Franç. Minér. Crist., Paris, 489-596.
- KÜBLER B., (1990) - "Cristallinité" de l'illite et mixed-layers: brève révision. *Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt.*, **70**, 89 - 93.
- MONTANARI A., CAREY S., COCCIONI R., DEINO A. (1994) - Early Miocene tephra in the Apennine pelagic sequence: an inferred Sardinian provenance and implications for Western Mediterranean tectonics. *Tectonics*, **13**, 1120-1134.
- PATACCA E., SARTORI R., SCANDONE P. (1993) - Tyrrhenian Basin and Apenninic Arcs: kinematic relations since Late Tortonian times. *Mem. Soc. Geol. It.*, **45**, 425-451.
- REUTTER K.J., TEICHMÜLLER M., TEICHMÜLLER R., ZANZUCCHI G. (1980) - La carbonificazione dei frustoli vegetali nelle rocce clastiche, come contributo ai problemi di paleogeotermia e tettonica nell'Appennino Settentrionale. *Mem. Soc. Geol. It.*, **21**, 111-126.
- SCHAER J.P., PERSOZ F. (1976) - Aspects structuraux et pétrographiques du Haut Atlas calcaire de Midelt (Maroc). *Bull. Soc. géol. France*, **18**, 1239-1250.
- STORTI F. (1995) - Evoluzione geologico-strutturale, analisi geometrica e modellizzazione fisica della struttura dei Monti di Narni (Terni): implicazioni per la genesi di anticlinali ribaltate a livelli strutturali superficiali. Tesi di Dottorato, Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Pisa.

(ms. pres. il 3 febbraio 1995; ult. bozze il 29 maggio 1995)