

I minerali pesanti delle successioni arenacee cretacico-terziarie della Catena Maghrebide siciliana

DIEGO PUGLISI

Istituto di Scienze della Terra dell'Università, Corso Italia 55, 95129 Catania

RIASSUNTO. — Il confronto delle associazioni di minerali pesanti riscontrate nelle arenarie delle successioni torbiditiche fino ad ora studiate affioranti nella Sicilia nord-orientale, evidenzia:

— una sostanziale omogeneità, almeno sotto il profilo qualitativo, tra le associazioni dei depositi eo-oligo-miocenici delle unità strutturalmente più elevate della Catena Maghrebide siciliana (unità con falde che comprendono un basamento cristallino, riferite ad un dominio paleogeografico interno, bacino «austroalpino» AUCT.), e le associazioni delle torbiditi cretacico-terziarie facenti parte invece delle unità tettoniche più profonde (Unità «Sicilide» AUCT., riferite ad aree di sedimentazione più esterne);

— una comune provenienza dei materiali costituiti di entrambi i depositi dai terreni cristallini che attualmente costituiscono il massiccio dei Monti Peloritani.

Si tratta nel complesso di associazioni mediamente mature (Indice ZTR pari in media a 25%) con abbondante granato e con costante presenza di specie mineralogiche indicative di una provenienza da metamorfiti di vario grado (cloritoide e staurolite) e da plutoniti (monazite, xenotimo, titanite).

Le differenze osservate nelle associazioni di minerali pesanti dei depositi sicilidi permettono inoltre di avanzare alcune ipotesi sulle caratteristiche paleogeografiche dei bacini di drenaggio:

— l'elevato Indice ZTR delle associazioni del Flysch di Monte Soro può infatti essere indicativo di aree di alimentazione peneplanate e, comunque, non ancora deformate in tempi cretatici, e

— l'elevato contenuto in clinopirosseni e anfiboli nelle associazioni del Flysch di Troina-Tusa testimonia un'alimentazione anche da sorgenti vulcaniche, attive nell'Oligocene superiore e ubicate nelle zone dei massicci cristallini interni.

Parole chiave: minerali pesanti, arenarie torbiditiche, Cretacico-Terziario, Catena Maghrebide siciliana.

THE HEAVY MINERAL ASSEMBLAGES OF THE CRETACEOUS-TERTIARY ARENACEOUS SEQUENCES OF THE SICILIAN MAGHREBIAN CHAIN

ABSTRACT. — The heavy mineral assemblages of the turbiditic sequence sandstones outcropping in the Sicilian Maghrebian Chain show:

— a substantial homogeneity, at least qualitatively, between the assemblages of the Eo-Oligo-Miocene sequences represented in the uppermost tectonic units («Austroalpine» Units AUCT., related to an innermost sedimentary area), and the ones of the Cretaceous-Tertiary sequences of the lowermost tectonic units («Sicilide» Units, related to an outermost sedimentary area);

— the same or similar provenance for both types of sequences from sediment sources related to the hercynian crystalline range rocks, which at present constitute the Peloritani Mts. tectonic edifice.

On the whole these heavy mineral assemblages are not very mature (the ZTR Index on average is 25%) and they show abundant garnet with lesser amounts of other mineralogical species indicating a provenance from various rank metamorphites (chloritoid and staurolite and from plutonites (monazite, xenotime and sphene).

Additionally, the differences found in the heavy mineral assemblages of the «sicilide» turbiditic sequences may suggest some palaeogeographic features of the drainage basins:

— the high ZTR Index of the Monte Soro Flysch assemblages may be related to sediment sources with low relief, that were not yet deformed during the Cretaceous period;

— the high amounts of clinopyroxene and amphibole in the Troina-Tusa Flysch assemblages may indicate a provenance from volcanic sources, active during the upper Oligocene and located in the inner crystalline massif areas.

Key words: heavy mineral, turbiditic sandstones, Cretaceous-Tertiary, sicilian Maghrebian Chain.

Inquadramento geologico e scopo del lavoro

La catena nord-siciliana che da W verso E si estende attraverso i rilievi delle Madonie, dei Monti Nebrodi e dei Monti Peloritani, rappresenta la continuazione del ramo orientale del Maghreb ed è costituita da un complesso impilamento di unità tettoniche a vergenza africana, accavallate sul substrato ibleo. Quest'ultimo, ubicato in posizione esterna, rappresenta un lembo del margine indeformato dell'avampaese africano.

Le diverse unità tettoniche di questo ramo di catena Africa-vergente costituiscono il prodotto della tetto-genesi tardopaleogenica di originarie successioni riconducibili a diversi domini paleogeografici. In particolare, dall'alto verso il basso, si possono distinguere:

1) unità tettoniche con basamento cristallino, riferibili ad un dominio interno (dominio «austroalpino» di AMODIO-MORELLI et al., 1976; BONARDI et al., 1976; BONARDI e GIUNTA, 1982; SCANDONE, 1982; GIUNTA, 1985, o dominio «calabride» di OGNIBEN, 1960; 1969; 1973) sostanzialmente coincidente con il dominio interno della catena maghrebide (Kabilie e Rif) e di quella betica (Andalusia).

Queste unità in Sicilia costituiscono il settore meridionale dell'arco calabro-peloritano (M.ti Peloritani);

2) unità Sicilidi, costituenti la parte strutturalmente più elevata della Catena Maghrebide siciliana (intesa nel senso di AMODIO-MORELLI et al., 1976) e affioranti nei Monti Nebrodi. Queste unità vengono comunemente riferite ad un dominio più esterno rispetto al precedente (bacino «sicilide» AUCT.), sostanzialmente corrispondente al bacino «maurétanien» al quale si riferiscono, nel resto del Maghreb e nella catena betica, i depositi flioscoidi più interni del cosiddetto «dominio dei flysch alloctoni» (BOULLIN et al., 1970; DIDON et al., 1973; DURAND DELGA, 1980).

Queste unità inoltre sono state recentemente suddivise (LENTINI e VEZZANI, 1978) in due distinte serie di unità tettoniche (Unità di Monte Soro in alto e Unità Sicilidi s.s. in basso), comprendenti successioni sedimentarie di

aree rispettivamente più interne e più esterne di un unico bacino di sedimentazione;

3) unità esterne, riferite ad un dominio ancora più esterno, affioranti nelle rimanenti aree settentrionali e occidentali della Sicilia (M.ti Nebrodi occidentali e Madonie).

In ciascuna di queste unità tettoniche sono presenti successioni a carattere torbiditico, di età variabile dal Cretacico all'Oligo-Miocene, che testimoniano le tappe evolutive della sedimentazione nei diversi domini. Nel dominio «austroalpino» il carattere torbiditico della sedimentazione si registra solo nell'Eocene superiore con la deposizione del Flysch di Frazzanò, contemporaneamente alle prime fasi tetto-genetiche che, durante tutto l'Oligocene, struttureranno l'edificio a falde e pieghe dei Monti Peloritani. Questo edificio (Fig. 1) risulta caratterizzato in basso da falde a basamento epimetamorfico ercinico con lembi di originarie coperture mesozoiche (dal basso secondo lo schema di LENTINI e VEZZANI, 1975: Unità di Capo S. Andrea, Unità di Longi-Taormina, Unità di S. Marco d'Alunzio e Unità di Rocca Novara) e in alto da falde cristalline costituite da terreni di grado metamorfico più elevato e da plutoniti (Unità di Mandanici e Unità d'Aspromonte). In aree più esterne dello stesso dominio, non interessate dai ricoprimenti tettonici di queste unità a basamento cristallino, si è deposta invece una successione torbiditica eo-oligocenica (Formazione di Piedimonte) correlabile con il Flysch di Frazzanò del quale è stata considerata un equivalente esterno (CARMISCIANO et al., 1981 b). Alla fine della tetto-genesi, in età aquitaniana, si è depositata infine la tardorogena Formazione di Stilo-Capo d'Orlando in posizione tale da suturare, nelle aree più interne, i contatti tra le diverse unità tettoniche già impilate e da poggiare, nelle aree più esterne, con passaggio graduale sulla Formazione di Piedimonte (CARMISCIANO et al., 1981 b). Anche la Formazione di Stilo-Capo d'Orlando ha carattere torbiditico e la sua deposizione rappresenta una delle tappe finali della sedimentazione in questo dominio, conclusasi nel Langhiano con la deposizione delle Calcareniti di Floresta al di sopra delle alloctone Argille Variegate antisicilidi (CARMISCIANO et al., 1981 a).

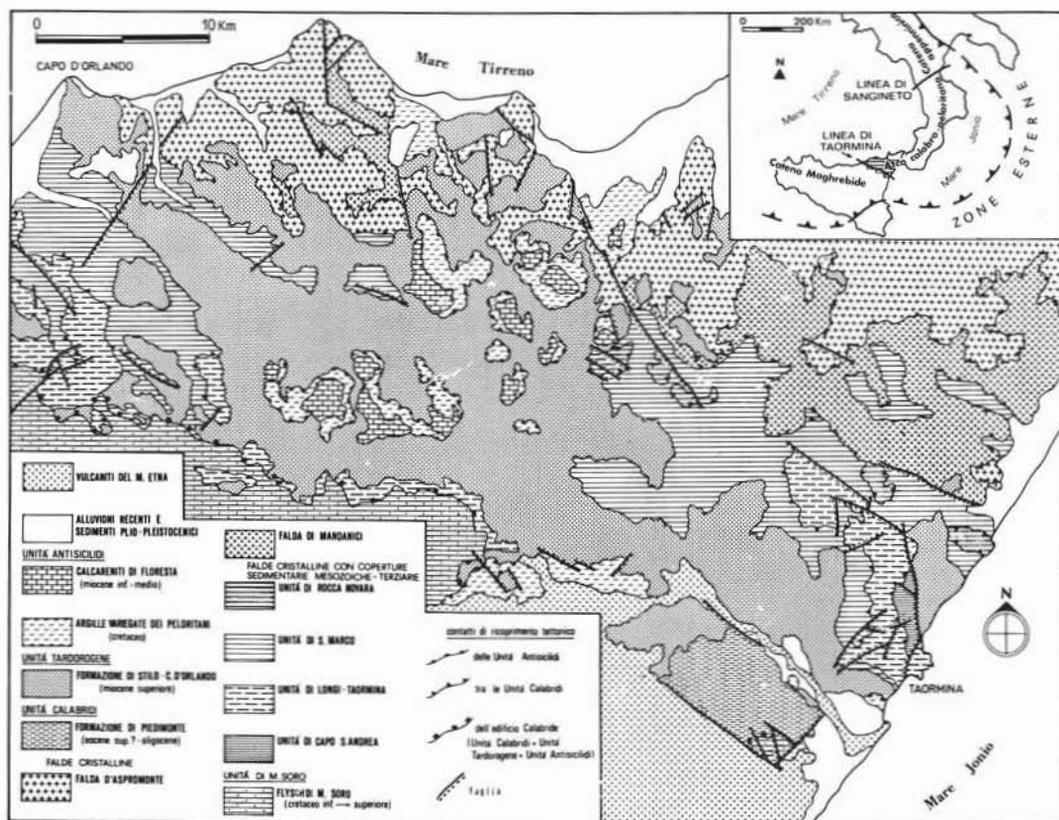


Fig. 1. — Schema geologico della Sicilia nord-orientale (settore dei Monti Peloritani). — Geological sketch map of the north-eastern Sicily (Peloritani Mts. sector).

Nel dominio «sicilide» invece già in tempi cretaci, e soprattutto nelle aree più interne, si sedimentava il Flysch di Monte Soro. Nelle aree più esterne invece, contemporaneamente, si depositavano successioni prevalentemente argillose (Argille Variegate cretaco-eoceniche) che gradualmente evolvono verso l'alto, a depositi torbiditici calcareo-marnosi e arenaceo-argillosi (Formazione di Polizzi), che solo a partire dall'Oligocene superiore acquisiscono una vera caratterizzazione fliscioide con il Flysch di Troina-Tusa e con il Flysch di Reitano.

Negli studi petrografici fino ad ora eseguiti sulle arenarie di queste successioni torbiditiche è stata rivolta sempre una particolare attenzione alle associazioni dei minerali pesanti per le informazioni che esse forniscono sulla provenienza degli apporti clastici. In questo senso lo studio dei minerali pesanti rappre-

senta un valido strumento di controllo dell'evoluzione paleogeografica delle aree fonti in quanto le diverse specie mineralogiche sono una diretta conseguenza anche della litologia e delle caratteristiche morfologiche dei bacini di drenaggio.

Con questa nota, pertanto, si intende fornire un sintetico quadro di confronto delle associazioni di minerali pesanti di tutte le successioni torbiditiche finora studiate, mediante il quale è possibile riassumere le principali caratteristiche della sedimentazione in questo limitato settore dell'orogene appenninico-mghrebide.

Caratteri composizionali delle arenarie

Un quadro di confronto delle composizioni delle arenarie delle successioni torbiditiche della Sicilia nord-orientale qui esaminate è of-

ferto dal diagramma classificativo di FOLK (1974) di Fig. 2.

I campi composizionali proiettati in questo diagramma sono stati ricavati dalla letteratura, utilizzando le analisi di composizioni principali di rocce arenacee effettuate dallo scrivente negli ultimi anni ed eseguite con l'uso di metodologie rigorosamente costanti per non compromettere la possibilità di confronto dei risultati. Le metodologie adottate e, soprattutto, la scelta delle classi composizionali uti-

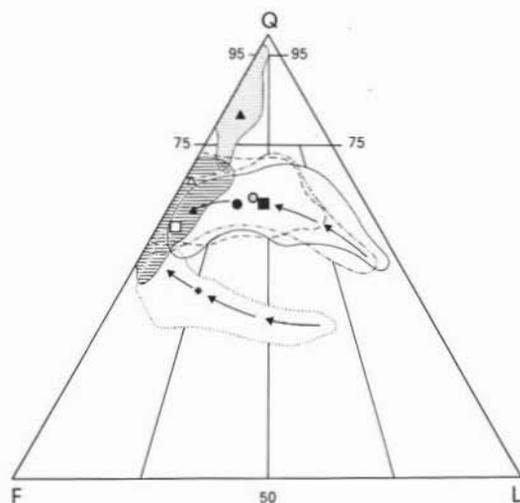


Fig. 2. — Diagramma classificativo Quarzo-Feldspati-Frammenti di rocce mostrante i campi composizionali e i corrispondenti valori medi delle arenarie di tutte le successioni torbiditiche considerate (da PUGLISI, 1986). Campo rigato = Formazione di Stilo-Capo d'Orlando (media = □); Δ = media delle composizioni delle Calcareni di Floresta; linea tratto-punto = Flysch di Frazzanò (media = ●); linea tratteggiata = Formazione di Piedimonte (media = ○); linea intera = Flysch di Reitano (media = ■); linea punteggiata = Flysch di Troina-Tusa (media = *); campo punteggiato = Flysch di Monte Soro (media = ▲). Le frecce indicano le principali tendenze evolutive riscontrate verticalmente nelle sezioni campionate di talune successioni torbiditiche. — Quartz-Feldspars-Rock Fragments plot showing the compositional fields and the equivalent mean values of the examined turbiditic sequence sandstones (by PUGLISI, 1986). Dashed field = Stilo-Capo d'Orlando Fmt. (mean = □); Δ = mean values of the Floresta Calcarenite compositions, dashed-dotted line = Frazzanò Flysch (mean = ●); dashed line = Piedimonte Fmt. (mean = ○); unbrocken line = Reitano Flysch (mean = ■); dotted line = Troina-Tusa Flysch (mean = *); dotted field = Monte Soro Flysch (mean = ▲). The arrows show the main evolutive trends observed in the sections of some turbiditic sequences.

lizzate per le analisi modali, sono sostanzialmente quelle proposte da GAZZI et al. (1973). Le analisi di composizioni di arenarie utilizzate per la costruzione dei campi di Fig. 2 sono 176, così distinte:

— Calcareni di Floresta, 19 analisi (CARMISCIANO et al., 1981 a), composizione media = $Q_{67,0}F_{31,9}L_{1,1}$;

— Formazione di Stilo-Capo d'Orlando, 36 analisi (CARMISCIANO e PUGLISI, 1978 b; 1982), composizione media = $Q_{56,8}F_{40,0}L_{3,2}$;

— Formazione di Piedimonte, 18 analisi (CARMISCIANO et al., 1981 b), composizione media = $Q_{62,8}F_{21,3}L_{15,9}$;

— Flysch di Frazzanò, 20 analisi (CARMISCIANO e PUGLISI, 1978 b), composizione media = $Q_{61,5}F_{25,7}L_{12,8}$;

— Flysch di Reitano, 18 analisi (PUGLISI, 1979), composizione media = $Q_{62,3}F_{18,8}L_{18,9}$;

— Flysch di Troina-Tusa, 32 analisi (PUGLISI, 1979; LOIACONO e PUGLISI, 1983), composizione media = $Q_{43,6}F_{43,0}L_{13,4}$;

— Flysch di Monte Soro, 33 analisi (PUGLISI, 1981; CARMISCIANO e PUGLISI, 1983), composizione media = $Q_{82,2}F_{13,8}L_{4,0}$.

Le arenarie dei depositi torbiditici comunemente riferiti al dominio «austroalpino» e quelle delle successioni tardorogene mostrano valori di Q mediamente superiori a 50% e composizioni arcose e arcoseo-litiche. In particolare, le arenarie del Flysch di Frazzanò e della Formazione di Piedimonte mostrano marcate tendenze evolutive da composizioni fillarenitiche alla base a composizioni arcose nei livelli stratigraficamente più elevati, queste ultime praticamente analoghe alle composizioni delle arenarie della Formazione di Stilo-Capo d'Orlando.

Le arenarie rappresentative invece della sedimentazione di aree più esterne (bacino «sicilide» AUCT.) mostrano composizioni sensibilmente differenti. Tra le successioni delle Unità Sicilidi, infatti, il Flysch di Monte Soro è caratterizzato in genere da composizioni subarcose a prevalente plagioclasio (PUGLISI, 1981; CARMISCIANO e PUGLISI, 1983), ad eccezione dei suoi livelli basali costituiti anche da torbiditi calcarei a composizione calcitica (CARMISCIANO et al., 1983). Queste ultime non sono state inserite nel calcolo per

TABELLA 1
 Associazioni di minerali pesanti — Heavy mineral assemblages

	Tr.	Op.	Tor.	Ba	Zr	Tm	Ru	Gr	Pc	Mo	Xe	Ti	Ep	Or	Cl	St	Orn	Gl	Cpx	An+Bk	Iztr
n'	18	18	18	2	18	18	18	18	-	17	13	18	10	6	8	18	-	2	10	18	18
1) \bar{x}	47,4	9,7	40,9	17,9	10,5	4,1	2,9	62,6	-	2,6	0,7	3,9	1,0	0,7	0,5	9,2	-	0,6	1,4	2,1	17,4
σ	10,6	5,3	8,9	4,5	3,1	2,1	1,5	5,9	-	1,8	0,5	2,3	0,5	0,3	0,2	2,8	-	0,1	1,7	1,1	3,8
n'	33	33	33	1	33	33	32	33	-	29	20	26	6	3	-	30	-	-	-	33	33
2) \bar{x}	55,4	9,8	34,8	6,6	7,0	6,9	3,7	69,1	-	1,6	0,4	1,6	5,2	0,6	-	6,4	-	-	-	3,5	17,1
σ	16,4	9,7	16,9	-	5,4	5,3	2,4	12,0	-	1,1	0,2	1,6	2,5	0,3	-	8,2	-	-	-	3,7	16,1
n'	15	15	15	-	15	15	15	15	-	15	5	3	-	-	10	15	2	-	7	15	15
3) \bar{x}	27,3	2,9	69,8	-	16,9	5,0	6,9	50,9	-	1,7	0,4	1,0	-	-	1,4	8,1	0,6	-	1,6	8,1	27,3
σ	17,7	3,6	17,8	-	9,1	3,1	4,2	11,8	-	0,9	0,1	0,9	-	-	1,2	4,4	0,6	-	1,6	4,1	13,1
n'	20	20	20	1	20	19	20	20	-	16	8	12	-	-	-	11	-	-	-	20	20
4) \bar{x}	12,6	9,7	77,7	0,6	15,2	7,3	14,2	31,7	-	2,8	1,4	1,7	-	-	-	4,0	-	-	-	26,0	37,1
σ	9,1	8,3	11,6	-	8,9	5,8	7,1	21,4	-	2,5	1,2	0,9	-	-	-	6,1	-	-	-	16,8	14,3
n'	18	18	18	9	18	18	18	18	-	15	8	10	-	-	8	15	-	-	-	18	18
5) \bar{x}	23,7	17,5	55,9	5,8	22,0	5,3	10,0	40,6	-	2,5	1,0	1,2	-	-	10,3	7,8	-	-	-	7,6	37,8
σ	13,2	15,5	15,3	6,5	13,9	4,3	3,7	18,9	-	2,3	0,8	0,9	-	-	10,1	5,2	-	-	-	6,1	14,4
n'	21	21	21	6	21	20	19	21	20	15	11	21	13	1	11	18	7	-	11	18	21
6) \bar{x}	48,0	21,1	30,3	2,0	8,6	1,5	2,4	42,8	5,8	1,5	0,5	5,9	15,1	0,3	0,5	3,5	5,8	-	25,8	2,5	12,2
σ	23,6	16,9	18,1	1,7	5,7	1,1	1,4	20,0	5,4	1,0	0,3	3,6	8,0	-	0,2	3,2	8,9	-	32,2	2,4	6,7
n'	33	33	33	6	33	33	33	29	13	17	4	4	-	1	17	-	2	-	13	31	33
7) \bar{x}	41,2	13,1	37,7	2,6	61,4	8,6	18,5	5,3	1,3	0,7	0,3	0,4	-	0,5	0,6	-	0,3	-	1,5	5,7	89,1
σ	13,1	11,8	13,8	2,5	9,8	5,5	6,2	4,8	0,3	0,3	0,1	0,1	-	-	0,3	-	0,1	-	1,2	4,6	6,7

1) Calcareniti di Floresta (n=18) 2) Formazione di Stilo-Capo d'Orlando (n=33) 3) Formazione di Piedimonte (n=15)
 CARMISCIANO et al. (1981a) CARMISCIANO e PUGLISI (1978b;1982) CARMISCIANO et al. (1981b)

4) Flysch di Frazzanò (n=20) 5) Flysch di Reitano (n=18) 6) Flysch di Troina-Tusa (n=21) PUGLISI (1979) 7) Flysch di Monte Soro (n=33)
 CARMISCIANO e PUGLISI (1978a) PUGLISI (1979) CARMISCIANO e PUGLISI (1983)

n = numero di campioni analizzati; n' = numero di campioni in cui è presente il minerale; \bar{x} e σ = contenuto percentuale medio e deviazione standard calcolati fra i soli campioni che contengono il minerale considerato; Tr. = minerali trasparenti; Op. = minerali opachi; Torb. = granuli torbidi; Ba = baritina; Zr = zirconio; Tm = tourmalina; Ru = rutilio; Gr = granato; Pc = picotite; Mo = monazite; Xe = xenotime; Ti = titanite; Ep = epidoto; Or = ortite; Cl = cloritoide; St = staurolite; Orn = orneblenda; Gl = glaucofane; Cpx = clinopirosseno; An + Bk = anatasio + brookite; Iztr = Indice ZTR. — n = number of analysed samples; n' = number of mineral-bearing samples; \bar{x} and σ = average percentage and standard deviation calculated among the only samples in which the mineral occurs; Tr. = transparent minerals; Op. = opaque minerals; Torb. = turbid minerals; Ba = barite; Zr = zircon; Tm = tourmaline; Ru = rutile; Gr = garnet; Pc = picotite; Mo = monazite; Xe = xenotime; Ti = sphene; Ep = epidote; Or = orthite; Cl = chloritoid; St = staurolite; Orn = hornblende; Gl = glaucophane; Cpx = clinopyroxene; An + Bk = anatase + brookite; Iztr = ZTR Index.

ricavare i valori composizionali medi delle arenarie del Flysch di Monte Soro e non sono rappresentate nel diagramma di Fig. 2.

Sempre nell'ambito delle successioni «sicilidi», infine, il Flysch di Troina-Tusa mostra una maturità nettamente inferiore e un costante e, talvolta, cospicuo apporto di materiali vulcanici (composizioni da vulcanarenitiche, alla base, ad arcosiche, al tetto, PUGLISI, 1979; LOIACONO e PUGLISI, 1983). Soltanto il Flysch di Reitano è caratterizzato da composizioni

ben confrontabili, anche nel loro andamento evolutivo, con quelle delle torbiditi del bacino «austroalpino» (Flysch di Frazzanò e Formazione di Piedimonte) e con quelle delle successioni tardorogene, soprattutto con la Formazione di Stilo-Capo d'Orlando con la quale più volte è stato correlato per analogie composizionali (PUGLISI, 1979) e cronostatigrafiche e per il suo carattere tardorogeno (WEZEL, 1973; GUERRERA e WEZEL, 1974; LENTINI e VEZZANI, 1978).

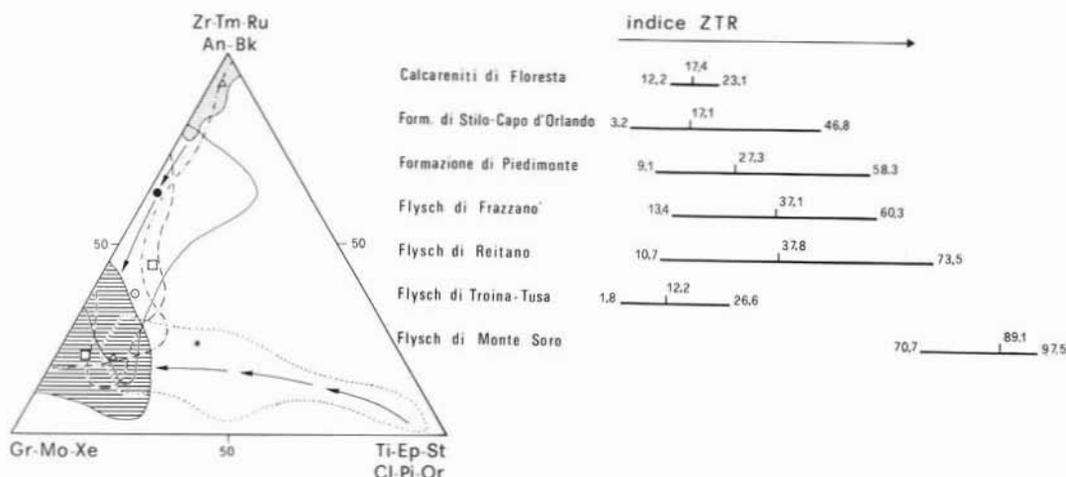


Fig. 3. — Diagramma delle associazioni di minerali pesanti in funzione della loro stabilità. Nel vertice superiore vengono raggruppati i minerali ultrastabili (zirconio, tormalina, rutilo, anatasio e brookite), in quello di sinistra i minerali stabili (granato, monazite e xenotime) e in quello di destra i minerali meno stabili dei precedenti (titanite, staurolite, cloritoide, clinopirosseni, anfiboli, etc.). A destra vengono riportati i campi di variabilità dell'Indice ZTR e i relativi valori medi (tratti verticali più piccoli). — Heavy mineral assemblages plotted according to their stability. The ultrastable minerals (zircon, tourmaline, rutile, anatase and brookite) are grouped at the top, the stable ones (garnet, monazite, xenotime) on the left and the others (unstable minerals as sphene, staurolite, chloritoid, clinopyroxene, amphibole, etc.) on the right. The ZTR Index mean values are represented on the right of the picture; the small vertical dash are the arithmetical means, the horizontal lines represent the fields of the observed values.

Minerali pesanti

Sulle arenarie di ciascuna successione torbiditica considerata lo studio dei minerali pesanti è stato sempre eseguito su tutti i granuli insolubili a freddo in soluzione normale di HCl, di dimensioni comprese tra 0,25 e 0,06 mm ($2 \div 4 \varphi$) e di densità superiore a 2,967 gr/cc (GAZZI et al., 1973).

Le analisi sono state eseguite al microscopio e il conteggio delle diverse specie mineralogiche è stato effettuato con il metodo a nastro (GAZZI, 1966) contando per ogni campione 500 granuli o più, fino ad ottenere almeno 100 granuli di minerali pesanti trasparenti.

In Tab. 1 sono riportate le associazioni di minerali pesanti nelle diverse successioni considerate, il numero (n) di campioni analizzati per ciascuna successione e le relative fonti bibliografiche. Per meglio evidenziare la presenza e l'abbondanza di ogni specie mineralogica, per ciascuna successione vengono indicati il numero di campioni (n') in cui ciascun minerale è presente e il contenuto percentuale medio (\bar{x}) calcolato fra i soli campioni che

contengono il minerale considerato.

Nella stessa tabella figurano anche i valori medi dell'Indice ZTR (= $100 \times \text{zirconio} + \text{tormalina} + \text{rutilio} / \text{totale dei minerali pesanti trasparenti}$, di HUBERT, 1962), che caratterizzano bene il grado di maturità delle diverse associazioni fornendo un valido criterio di distinzione.

Nel complesso i depositi del bacino «austroalpino» (Flysch di Frazzano, Formazione di Piedimonte, Formazione di Stilo-Capo d'Orlando e Calcareniti di Floresta) si confrontano abbastanza bene tra loro e con il Flysch di Reitano per delle associazioni piuttosto omogenee sotto il profilo qualitativo. Si tratta di associazioni mediamente mature (Indice ZTR pari in media a 25%) con abbondante granato e con costante e discreta presenza di specie mineralogiche indicative di una provenienza da metamorfiti di medio-alto grado (staurolite) e da plutoniti acide (monazite, xenotime e titanite).

Le principali differenze che invece caratterizzano le associazioni di minerali pesanti dei depositi del bacino «sicilide» si possono così sintetizzare:

a) presenza di clinopirosseno augitico e di orneblenda nel Flysch di Troina-Tusa, in contenuti sensibilmente elevati, a testimonianza di un'alimentazione anche da aree vulcaniche;

b) associazioni di minerali pesanti particolarmente mature nel Flysch di Monte Soro.

Proiettando inoltre le associazioni di minerali pesanti di tutte le successioni considerate in un diagramma triangolare ai cui vertici sono state raggruppate le diverse specie mineralogiche in funzione della loro stabilità (Fig. 3) si riesce a visualizzare un efficace quadro di confronto.

Associazioni praticamente analoghe si osservano tra la Formazione di Stilo-Capo d'Orlando e le Calcareni di Floresta da una parte e il Flysch di Frazzanò e la Formazione di Piedimonte dall'altra. Per queste ultime due successioni si evidenzia anche una chiara tendenza evolutiva per cui i livelli stratigraficamente più elevati di entrambi i depositi si proiettano all'interno del campo della Formazione di Stilo-Capo d'Orlando, mentre quelli basali se ne discostano invece per una maggiore maturità.

Nello stesso diagramma i depositi del bacino «sicilide» occupano aree diverse da quelle delle altre formazioni. Le associazioni di minerali pesanti del Flysch di Troina-Tusa sono infatti particolarmente ricche delle specie a più bassa stabilità (soprattutto clinopirosseni e anfiboli) mentre quelle del Flysch di Monte Soro sono in assoluto le più mature.

Queste ultime sono caratterizzate da un Indice ZTR pari in media a 89% contrariamente ai valori delle altre formazioni, mai superiori a 40%.

Conclusioni

Il confronto delle associazioni di minerali pesanti di tutte le successioni torbiditiche della Sicilia nord-orientale mette in evidenza:

— una sostanziale omogeneità, almeno sotto il profilo qualitativo, tra le associazioni dei depositi «austroalpini» e quelle dei depositi «sicilidi»;

— una comune provenienza per i materiali di entrambi i tipi di depositi dai terreni cristallini che attualmente costituiscono il massiccio dei Monti Peloritani.

Queste considerazioni confermano quanto già suggerito dallo studio composizionale delle arenarie. Le tendenze evolutive, infatti, che caratterizzano le variazioni verticali di associazioni di minerali pesanti di alcune successioni sia del bacino «austroalpino» (Flysch di Frazzanò e Formazione di Piedimonte) che del bacino «sicilide» (Flysch di Troina-Tusa) sono praticamente analoghe a quelle che contraddistinguono le variazioni verticali di composizione delle arenarie nelle medesime successioni. In entrambi i casi i campioni rappresentativi dei livelli sommitali si proiettano nel campo della Formazione di Stilo-Capo d'Orlando, e ciò può significare un contesto paleogeografico quasi perfettamente confrontabile (PUGLISI, 1986), dove i terreni originariamente profondi (plutoniti e/o metamorfiti di grado intermedio-alto dell'Unità di Mandanici e dell'Unità d'Aspromonte) costituivano già le porzioni strutturalmente più elevate della paleocatena peloritana.

In conclusione, è possibile affermare che già dal Cretaceo inferiore (età dei livelli basali del Flysch di Monte Soro) i due bacini di sedimentazione («austroalpino» e «sicilide») dovevano essere in comunicazione o addirittura potevano costituire differenti porzioni, rispettivamente più interne e più esterne, di un unico bacino sedimentario.

Le associazioni di minerali pesanti dei depositi «sicilidi» pongono tuttavia notevoli problemi interpretativi. Considerando infatti che diversi sono i fattori che condizionano la presenza e l'abbondanza dei minerali pesanti in ogni associazione (disponibilità nelle rocce madri, intensità di weathering e di dissoluzione post-deposizionale, fattore idraulico, etc., GAZZI, 1965) appare abbastanza singolare l'associazione che contraddistingue il Flysch di Monte Soro. L'elevato Indice ZTR depone infatti a favore di un'intensa alterazione pre- e/o post-deposizionale, ma la costante presenza di bassi contenuti di clinopirosseni e rari anfiboli, minerali e bassissima stabilità, permette di scartare l'ipotesi di una cospicua perdita di specie mineralogiche in fase di diagenesi o successivamente. La distruzione di specie a stabilità più elevata può essere avvenuta pertanto in seguito ad un intenso weathering o addirittura si può ipotizzare che mancava la

loro disponibilità nelle rocce madri (PUGLISI, 1986).

In entrambi i casi sembra comunque opportuno collegare la provenienza del Flysch di Monte Soro ad aree cristalline in gran parte costituite da epimetamorfiti, sulla base del frequente rinvenimento di cloritoide tra i minerali pesanti. I terreni di queste aree di alimentazione, inoltre, possono forse coincidere con le epimetamorfiti del basamento peloritano e con parte delle loro coperture carbonatiche; durante il Cretacico questi terreni, non ancora deformati, potevano costituire in parte aree a rilievo non troppo accentuato, dove un prolungato weathering anche non intenso ha avuto certamente il tempo di provocare un arricchimento delle specie mineralogiche più stabili. In seguito ad un rapido seppellimento e grazie ad una non intensa dissoluzione post-deposizionale si sono create infine condizioni favorevoli per la conservazione di clinopiroseni e anfiboli, minerali rappresentativi con ogni probabilità di un vulcanismo penecontemporaneo alla sedimentazione.

Lavoro eseguito con fondi M.P.I. 40% (D. PUGLISI).

BIBLIOGRAFIA

- AMODIO-MORELLI L., BONARDI G., COLONNA V., DIETRICH D., GIUNTA G., IPPOLITO F., LIGUORI V., LORENZONI S., PAGLIONICO A., PERRONE V., PICCARRETTA G., RUSSO M., SCANDONE P., ZANETTIN-LORENZONI E., ZUPPETTA A. (1976) - *L'arco calabro-peloritano nell'orogene appenninico-maghrebide*. Mem. Soc. Geol. It., 17, 1-60.
- BONARDI G., GIUNTA G. (1982) - *L'estremità nord-orientale della Sicilia nel quadro dell'evoluzione dell'arco calabro-peloritano*. In: Guida alla Geol. Sicilia occid. (CATALANO R. e D'ARGENIO B.), 1° Centen. Soc. Geol. It., Palermo 1982, 98-101.
- BONARDI G., GIUNTA G., LIGUORI V., PERRONE V., RUSSO M., ZUPPETTA A. (1976) - *Schema geologico dei Monti Peloritani*. Boll. Soc. Geol. It., 95, 1-26.
- BOUILLIN J.P., DURAND DELGA M., GELARD J.P., LEIKINE M., RAOULT J.F., RAYMOND D., TEFIANI M., VILA J.M. (1970) - *Définition d'un flysch massylien et d'un flysch maurétanien au sein des flyschs allochtones de l'Algérie*. C.R. Acad. Sci. Paris, 270, 2249-2252.
- CARMISCIANO R., GALLO L., LANZAFAME G., PUGLISI D. (1981 a) - *Le Calcarenitidi di Floresta nella costruzione dell'Appennino calabro-peloritano (Calabria e Sicilia)*. Geol. Romana, 20, 171-182.
- CARMISCIANO R., LENTINI F., PUGLISI D. (1981 b) - *Caratteri petrografici ed evoluzione tettonico-sedimentaria della Formazione di Piedimonte (Sicilia nord-orientale)*. Rend. Soc. It. Min. Petr., 37, 91-104.
- CARMISCIANO R., PENNISI M., PUGLISI D., ROMEO M. (1983) - *Dati preliminari sulla composizione, età e provenienza dei livelli torbiditici calcarei del Flysch di Monte Soro (Monti Nebrodi, Sicilia centro-settentrionale)*. Boll. Acc. Gioenia Sc. Nat. Catania, 321, 113-129.
- CARMISCIANO R., PUGLISI D. (1978 a) - *Caratteri petrografici delle arenarie del Flysch di Capo d'Orlando (Monti Peloritani, Sicilia nord-orientale)*. Rend. Soc. It. Min. Petr., 34, 403-424.
- CARMISCIANO R., PUGLISI D. (1978 b) - *Il Flysch di Frazzanò (Monti Peloritani, Sicilia nord-orientale): studio composizionale*. Min. Petr. Acta, 22, 119-140.
- CARMISCIANO R., PUGLISI D. (1982) - *Studio sedimentologico-petrografico del Flysch di Capo d'Orlando nei Peloritani occidentali (Sicilia)*. Geol. Romana, 21, 113-123.
- CARMISCIANO R., PUGLISI D. (1983) - *Studio composizionale delle arenarie del Flysch di Monte Soro (Monti Nebrodi, Sicilia centro-settentrionale)*. Min. Petr. Acta, 27, 73-90.
- DIDON J., DURAND DELGA M., KORNPROBST J. (1973) - *Homologie géologiques entre les deux rives du détroit de Gibraltar*. Bull. Soc. Géol. France, (7) 15, 77-105.
- DURAND DELGA M. (1980) - *La méditerranée occidentale: étapes de sa genèse et problèmes structuraux liés à celle-ci*. In: Livre Jubilaire de la Soc. Géol., France, Mém. b-5, n.° 10, 203-224.
- FOLK R.L. (1974) - *Petrology of sedimentary rocks*. «Austin, Texas, Hemphill's», 182 pp.
- GAZZI P. (1965) - *On the heavy mineral zones in the geosynclines series. Recent studies in the northern Apennines, Italy*. Journ. Sed. Petrology, 36, 109-115.
- GAZZI P. (1966) - *Le arenarie del flysch sopracretaceo dell'Appennino modenese; correlazioni con il Flysch di Monghidoro*. Min. Petr. Acta, 12, 69-97.
- GAZZI P., ZUFFA G.G., GANDOLFI G., PAGANELLI L. (1973) - *Provenienza e dispersione delle sabbie delle spiagge adriatiche fra le foci dell'Isonzo e del Foglia: inquadramento regionale*. Mem. Soc. Geol. It., 12, 1-37.
- GIUNTA G. (1985) - *Problematiche ed ipotesi sul bacino numidico nelle maghrebidi siciliane*. Boll. Soc. Geol. It., 104, 239-256.
- GUERRERA F., WEZEL F.C. (1974) - *Nuovi dati stratigrafici sui flysch oligo-miocenici siciliani e considerazioni tettoniche relative*. Riv. Minerar. Siciliana, 145-147, 27-51.
- HUBERT J.F. (1962) - *A zircon-tourmaline-rutile maturity index and the interdependence of the composition of heavy mineral assemblages with the gross composition and texture of sandstones*. Journ. Sed. Petrology, 32, 440-450.
- LENTINI F., VEZZANI L. (1978) - *Tentativo di elaborazione di uno schema strutturale della Sicilia orientale*. Mem. Soc. Geol. It., 19, 495-500.
- LOIACONO F., PUGLISI D. (1983) - *Studio sedimentologico-petrografico del Flysch di Reitano (Oligocene-Miocene inferiore, Sicilia)*. Boll. Soc. Geol. It., 102, 307-328.
- OGNIBEN L. (1960) - *Nota illustrativa dello Schema geologico della Sicilia nord-orientale*. Riv. Mineraria Siciliana, 64-65, 183-212.

- OGNIBEN L. (1969) - *Schema introduttivo della geologia del confine calabro-lucano*. Mem. Soc. Geol. It., 8 (4), 453-763.
- OGNIBEN L. (1973) - *Schema geologico della Calabria in base ai dati odierni*. Geol. Romana, 12, 243-585.
- PUGLISI D. (1979) - *Variazioni composizionali nella arenarie del Flysch di Reitano (Monti Nebrodi, Sicilia centro-settentrionale)*. Min. Petr. Acta, 23, 13-46.
- PUGLISI D. (1981) - *Studio geologico-petrografico del Flysch di Monte Soro nei Peloritani occidentali (Sicilia)*. Min. Petr. Acta, 25, 103-115.
- PUGLISI D. (1986) - *Le successioni torbiditiche cretaco-terziarie della Sicilia nord-orientale nel quadro dell'evoluzione del settore meridionale dell'arco calabro-peloritano e della catena maghrebide siciliana*. Giornale di Geologia, in stampa.
- SCANDONE P. (1982) - *Structure and evolution of the calabrian Arc*. Earth Evolution Sciences, 2, 3, 172-180.
- WEZEL F.C. (con la collaborazione di F. GUERRERA) (1973) - *Nuovi dati sulla età e posizione strutturale del flysch di tusa in Sicilia*. Boll. Soc. Geol. It., 92, 193-211.

MANOSCRITTO ACCETTATO IL 26 MARZO 1987