

GIAN PIERO BERNARDINI, PIERO MANETTI e ANGELO PECCERILLO

RICERCHE SULLE ARENARIE: XVIII. - LE MICHE CHIARE DELLE ARENARIE DEL MACIGNO DEL CHIANTI E LORO SIGNIFICATO PETROLOGICO

RIASSUNTO. — Sono stati studiati alcuni parametri reticolari e ottici delle miche chiare presenti negli strati arenacei del Macigno del Chianti affiorante nei dintorni dell'Abetone (prov. di Pistoia e Modena), allo scopo di determinare il tipo e la provenienza del materiale metamorfico dei sedimenti di questa formazione. Utilizzando le conoscenze attuali sulle relazioni fra i parametri reticolari e ottici e la composizione chimica e fra quest'ultima e il grado metamorfico, sono stati individuati diversi tipi di miche chiare alcuni dei quali appartenenti a precise sub-facies del metamorfismo di tipo barroviano.

Per mezzo di correlazioni fra i parametri studiati e la posizione stratigrafica dei campioni è stata messa in evidenza una generale tendenza all'aumento del contenuto in femici e della frazione paragonitica passando dalla base al tetto della formazione; aumento corrispondente, in prima approssimazione, a una diminuzione del grado metamorfico nei clasti che hanno dato origine al Macigno del Chianti. Sulla base dei risultati ottenuti vengono presentate delle ipotesi sulla provenienza degli apporti del materiale detritico.

SUMMARY. — Optical and lattice parameters of white micas of arenaceous strata of Macigno del Chianti formation were studied in order to detect the type and provenance of the metamorphic material of these sediments.

Different types of micas were identified on the basis of the relations between their optical and lattice parameters and their chemical composition and between the latter and the metamorphic grade. Some of these types of micas have been assigned to precise sub-facies of barrovian type metamorphism.

The correlations between the parameters under investigation and the stratigraphic position of the samples has evidenced a general trend to an increase of the fmic components and of the paragonitic fraction from the bottom to the top of the formation, corresponding to a decrease of the metamorphic grade of the clasts which gave origin to the Macigno del Chianti.

Ipotheses on the provenance of the detrital material are presented on the basis of the results obtained.

Introduzione.

In alcuni recenti lavori (Cipriani, 1961; Gandolfi e Gazzi, 1962; Cipriani e Malesani, 1963; Gazzi, 1965) sono state studiate sia la composizione mineralogica principale che alcune caratteristiche petrografi-

che del « macigno », flysch arenaceo dell'Oligocene sup. - Miocene inf. Gli autori sopra citati hanno individuato nelle metamorfiti i principali tipi di rocce madri di questa formazione elastica. Cipriani e Malesani (1963 pag. 384) affermano che: « per la formazione del macigno si è avuto un contributo prevalente di rocce metamorfiche soprattutto di epizona ». Gazzi (1965 pag. 112) sottolinea che: « it cannot be granted that provenance of the detritus constituting this formation is essentially from supra crustal, low metamorphic rocks ».

Allo scopo, pertanto, di chiarire il tipo e la provenienza del materiale metamorfico di questi sedimenti elastici si è iniziato lo studio delle miche chiare presenti nella suddetta formazione. Infatti, come è noto, fra i minerali presenti nelle rocce elastiche, le miche chiare sono quelli più resistenti all'alterazione e quindi, in prima approssimazione, quelli che mantengono inalterate le loro caratteristiche durante il processo sedimentario. Ciò è particolarmente valido per la formazione del Macigno del Chianti la cui velocità di sedimentazione è estremamente rapida, come risulta dalle stime effettuate da Abbate (1969).

L'individuazione dei tipi di miche chiare caratteristici di rocce metamorfiche di vario grado è stata effettuata studiando alcuni parametri reticolari ($c_0 \sin \beta$, b_0) e ottici (n_z , n_y , $2V$). Questi ultimi si possono determinare su numerose lamelle prese singolarmente che eventualmente rappresentano fasi mineralogiche di diversa origine. Per i parametri reticolari si è dovuto ricorrere a tecniche diffrattometriche che forniscono valori medi delle fasi mineralogiche presenti, in quanto quelle a cristallo singolo mal si prestano a un'indagine statistica che richiede un alto numero di determinazioni. Si è potuto così ottenere una serie di dati che, confrontati con quelli ricavati dalla letteratura, hanno permesso di avanzare alcune ipotesi sul tipo delle metamorfiti di partenza.

Studi precedenti sulle miche chiare.

Numerosa e ben nota è la letteratura che riguarda non solo le principali caratteristiche ottiche e strutturali delle miche (Deer, Howie e Zussman, 1962; Rimšaite, 1967), ma anche le relazioni tra queste caratteristiche e la composizione chimica.

In particolare per quel che riguarda le proprietà ottiche Burckhardt (1943) e Winchell A. N. e Winchell H. (1951) hanno costruito diagrammi che permettono di distinguere i vari tipi di miche tramite

i valori di n_z e 2V. Rimšaite (1967) ha messo in evidenza che all'aumentare del ferro nello strato ottaedrico, l'indice n_z aumenta linearmente se si tiene conto di alcune correzioni da apportare per la presenza di T^{3+} , Cr^{3+} ed altri ioni, e che il 2V presenta una notevole variazione di valori. D'altra parte è ben nota la generale tendenza alla diminuzione del 2V con l'arricchimento in femici nello strato ottaedrico.

Per quanto concerne la variazione delle costanti reticolari numerosi autori hanno stabilito relazioni fra queste e le sostituzioni isomorfogene. In particolare Zen e Albee (1964) ed Evans e Guidotti (1966) hanno messo in evidenza che il periodo basale diminuisce con l'aumentare del contenuto in Na nella posizione interstrato nella serie muscovite-paragonite; Burnham e Radoslovich (1964) e Nicol e Roy (1965), invece, non hanno rilevato nessuna relazione lineare fra periodo basale e frazione paragonitica. Cipriani, Sassi e Viterbo-Bassani (1968) hanno confermato le osservazioni di Zen e Albee spiegando le variazioni dalla linearità osservate da questi autori con l'influenza del contenuto in femici: in particolare hanno mostrato che la retta di regressione subisce una inversione di tendenza per $RM > 0,11$ (RM = somma dei seguenti rapporti molecolari: $RM_{1/2Fe_2O_3} + RM_{FeO} + RM_{MgO}$).

Molto più semplice si presenta la relazione fra contenuto dello strato ottaedrico e dell'interstrato e la costante b_0 , che aumenta con l'aumentare dei femici e non viene praticamente influenzata dalla frazione paragonitica. Dalla misura di questo parametro, pertanto, si può calcolare direttamente la quantità di femici delle miche chiare. Cipriani et al. (1968) hanno stabilito, inoltre, delle correlazioni fra composizione chimica e grado metamorfico delle miche chiare per facies di tipo barroviano.

Nel presente lavoro ci siamo serviti dei diagrammi riportati da questi ultimi autori per interpretare i dati cristallografici delle miche del Macigno del Chianti al fine di individuare il grado metamorfico delle rocce madri.

Campionamento.

Le rocce sedimentarie stratificate presentano delle variazioni nei parametri che le caratterizzano (composizione chimica e mineralogica, spessore totale, direzione di apporto, ecc.) sia arealmente che verticalmente. Occorre, pertanto, che il campionamento tenga conto, ove è possibile, delle due variabili areale e verticale. D'altra parte se le

determinazioni scelte per lo studio della formazione richiedono molto tempo di esecuzione, ciò può condizionare il tipo di campionamento. Si è preferito, nel caso del Macigno del Chianti che occupa un bacino lungo circa 300 Km e largo circa 80 Km e con spessore medio di 2,5 Km (Abbate, 1969), determinare i parametri scelti su una sola serie che rispondesse ai seguenti requisiti: a) completa, cioè con base e tetto stratigrafici; b) indisturbata; c) con caratteri medi rispetto agli altri affioramenti della stessa formazione. A causa della buona omogeneità areale in composizione mineralogica del Macigno del Chianti (Cipriani, 1961; Gandolfi e Gazzi, 1962) queste condizioni sono sufficientemente soddisfatte nella serie campionata (fig. 1) che inizia sotto la Foce del Giovo (zona dell'Abetone) dal contatto con la Scaglia Toscana e prosegue fino a quello con l'Olistostroma di Monte Modino per una potenza di circa 2.000 m. Sopra l'Olistostroma sono stati campionati altri 600 m fino al contatto con le Marne di Pieve Pelago. Dei 10 campioni, 7 sono stati presi sotto l'Olistostroma (1 ogni 300 m) e 3 sopra (1 ogni 200 m) ⁽¹⁾.

Gli strati campionati presentano uno spessore variabile fra 1,5 e 2 m ad eccezione del campione AB₆ prelevato in uno strato di 40 cm.

Per ogni campione sono state prelevate tre porzioni rispettivamente nella parte bassa, media e alta dello strato.

Preparazione dei campioni e metodi di studio.

Sul materiale preventivamente disgregato sono state preparate due frazioni granulometriche, rispettivamente con granuli di dimensioni comprese fra 0,125 e 0,500 mm e superiori a 0,500 mm.

La separazione delle lamelle di muscovite è avvenuta sfruttandone la forte aderenza alle superfici interne di un recipiente di polistirolo per la frazione inferiore e per scelta manuale per quella più grossolana. Una serie di trattamenti al separatore magnetico Frantz ha consentito di ottenere, per ogni frazione granulometrica, tre porzioni a diversa suscettività magnetica ottenute entro i seguenti limiti di amperaggio: 0,4 - 0,8; 0,8 - 1,2; > 1,2 Amp.

⁽¹⁾ Merla (1969) nella definizione della formazione del Macigno del Chianti riporta come sezione di riferimento quella campionata per il presente studio.

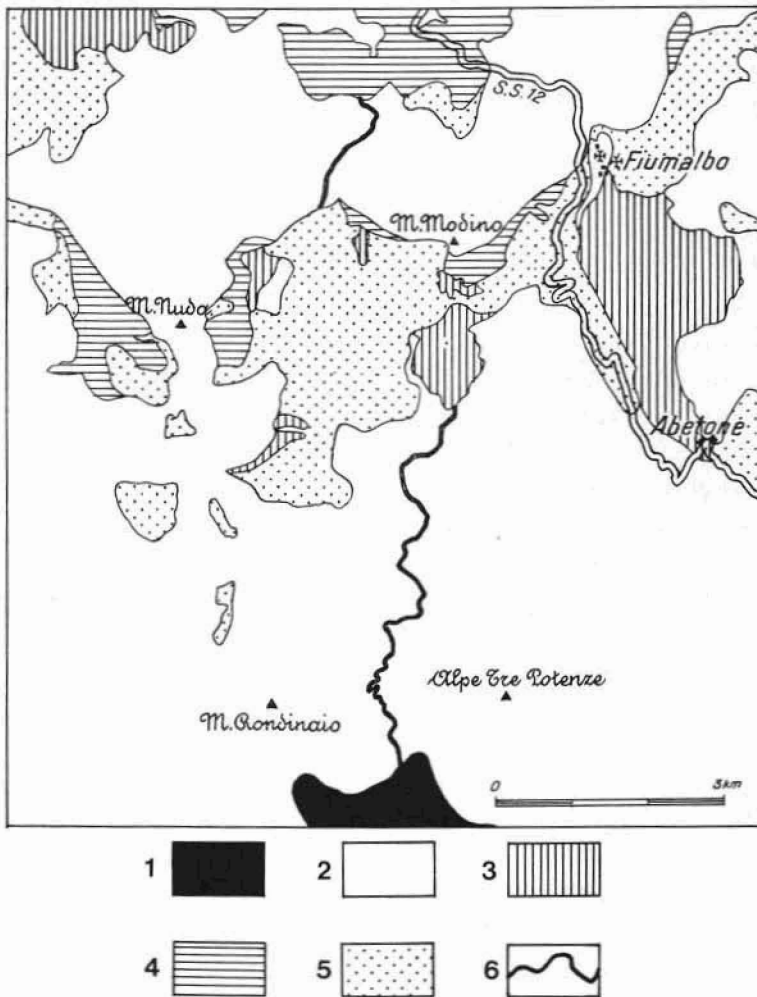


Fig. 1. — Schizzo geologico della zona di campionamento semplificato dal foglio 97 (San Marcello Pistoiese, II^a ed.) della carta geologica d'Italia.

- | | |
|-------------------------|-------------------------------|
| 1) Scaglia Toscana; | 4) Marne di Pieve Pelago; |
| 2) Macigno del Chianti; | 5) Detriti, alluvioni; |
| 3) Olistostroma; | 6) Percorso di campionamento. |

I parametri reticolari $c_0 \sin \beta$ e b_0 sono stati determinati rispettivamente mediante analisi diffrattometrica e con fotogrammi di Debye. Per la determinazione degli indici di rifrazione è stata usata la tecnica della doppia variazione in contrasto di fase (Bernardini, Cipriani e Manetti, 1967) e per quella dell'angolo degli assi ottici il metodo diretto al T.U.

Risultati sperimentali.

a) Correlazioni tra parametri reticolari e posizione stratigrafica.

Nelle Tabelle I e II sono riportati i valori di $c_0 \sin \beta$ e b_0 per le varie porzioni magnetiche delle due frazioni granulometriche.

Nelle ultime due colonne delle Tabelle sono riportati i valori ponderati dei due parametri. I valori sono stati calcolati tenendo conto delle percentuali in peso delle singole porzioni magnetiche per le due frazioni granulometriche. Non è tuttavia possibile assegnare valori medi alle muscoviti di ogni campione sia perchè abbiamo considerato due sole frazioni granulometriche sia perchè, entro queste frazioni, i metodi di separazione delle miche sono stati diversi.

TABELLA I. — *Parametri reticolari delle miche chiare*
(frazione granulometrica: 0,125-0,500 mm).

Campione	Frazione magnetica (Amp.)	$c_0 \sin \beta$ (Å)	b_0 (Å)	$c_0 \sin \beta$ (Å)	b_0 (Å)
AB ₁	> 1,2	19,936	9,000		
		19,881			
	0,8 - 1,2	19,943	8,999	19,890	9,010
		19,868			
	0,4 - 0,8	19,907	9,029		
		19,821			
AB ₂	> 1,2	19,904	8,993		
		19,923	9,003	19,878	9,013
	0,8 - 1,2	19,893			
		19,871	9,029		
	0,4 - 0,8	19,827			

(segue Tab. I)

Campione	Frazione magnetica (Amp.)	c_0 sen β (Å)	b_0 (Å)	c_0 sen β (Å)	b_0 (Å)
AB ₅	> 1,2	19,865	9,008		
	0,8 - 1,2	19,842	9,014	19,845	9,021
	0,4 - 0,8	19,842	9,033		
AB ₆	> 1,2	19,877	9,000		
	0,8 - 1,2	19,932	8,986	19,886	9,027
		19,849			
	0,4 - 0,8	19,890	9,047		
AB ₇	> 1,2	19,875	9,003		
	0,8 - 1,2	19,839	9,028	19,844	9,031
	0,4 - 0,8	19,842	9,041		
AB ₈	> 1,2	19,933	9,003		
		19,887			
	0,8 - 1,2	19,843	9,026	19,866	9,019
		19,848			
	0,4 - 0,8	19,855	9,040		
AB ₉	> 1,2	19,902	9,014		
		19,856			
	0,8 - 1,2	19,855	9,019	19,861	9,024
		19,837			
	0,4 - 0,8	19,847	9,043		
AB ₁₀	> 1,2	19,897	9,019		
		19,836			
	0,8 - 1,2	19,844	9,023	19,861	9,022
	0,4 - 0,8	19,941	9,032		
		19,843			
AB ₁₁	> 1,2	19,880	8,999		
	0,8 - 1,2	19,858	9,020	19,853	9,014
	0,4 - 0,8	19,842	9,031		
AB ₁₂	> 1,2	19,905	9,005		
	0,8 - 1,2	19,842	9,041	19,888	9,014
	0,4 - 0,8	19,838	9,034		

TABELLA II. — *Parametri reticolari delle miche chiare*
(frazione granulometrica: $> 0,500$ mm).

Campione	Frazione magnetica (Amp.)	c_0 sen β (Å)	b_0 (Å)	c_0 sen β (Å)	b_0 (Å)
AB ₁	$> 1,2$	19,958 19,917	9,016		
	0,8 - 1,2	19,962 19,904	9,031	19,928	9,021
	0,4 - 0,8	19,924	9,018		
AB ₂	$> 1,2$	19,900	8,967		
	0,8 - 1,2	19,955 19,907 19,828	9,004	19,906	8,986
	0,4 - 0,8	19,929	9,021		
AB ₅	$> 1,2$	19,926 19,815	9,005		
	0,8 - 1,2	19,855	9,039	19,887	9,049
	0,4 - 0,8	19,950 19,853	9,064		
AB ₆	$> 1,2$	19,938	9,005		
	0,8 - 1,2	19,940 19,862	9,009	19,917	9,012
	0,4 - 0,8	19,906	9,020		
AB ₇	$> 1,2$	19,963 19,911	9,023		
	0,8 - 1,2	19,829	9,031	19,839	9,036
	0,4 - 0,8	19,872 19,847	9,060		
AB ₈	$> 1,2$	19,936 19,869	9,007		
	0,8 - 1,2	19,841	9,039	19,854	9,027
	0,4 - 0,8	19,828	9,029		
AB ₉	$> 1,2$	19,946	9,005		
	0,8 - 1,2	19,825	9,029	19,875	9,021
	0,4 - 0,8	19,841	9,050		

(segue Tab. II)

Campione	Frazione magnetica (Amp.)	$c_0 \text{ sen } \beta$ (Å)	b_0 (Å)	$c_0 \text{ sen } \beta$ (Å)	b_0 (Å)
AB ₁₀	> 1,2	19,847	9,008		
	0,8 - 1,2	19,915	9,026	19,877	9,038
		19,868			
	0,4 - 0,8	19,974	9,050		
		19,840			
AB ₁₁	> 1,2	19,832	9,010		
	0,8 - 1,2	19,827	9,028	19,833	9,021
	0,4 - 0,8	19,842	9,034		
AB ₁₂	> 1,2	19,978	9,005		
	0,8 - 1,2	19,826	9,017	19,876	9,014
	0,4 - 0,8	19,929	9,029		
		19,823			

Per il periodo basale sono riportati spesso da uno a tre valori, in quanto i massimi relativi ai riflessi 006 e 00.10, nonostante la separazione dei campioni nelle varie frazioni, hanno mostrato la presenza di due o più tipi di mica chiaramente distinguibili. Talvolta, inoltre, si sono ottenuti dei massimi estremamente larghi che indicavano la presenza di molti tipi di mica, così da avere una variazione pressochè continua nella posizione degli angoli di riflessione. In questi casi si sono presi i valori di inizio e di fine del massimo in modo da individuare il periodo basale dei due tipi estremi.

Nelle Tabelle III e IV sono riportati i valori dei coefficienti di correlazione fra i parametri reticolari (rispettivamente $c_0 \text{ sen } \beta$ e b_0) e la posizione stratigrafica.

Dalla Tabella III si nota che le correlazioni fra $c_0 \text{ sen } \beta$ e posizione stratigrafica sono negative per tutte le porzioni magnetiche delle due frazioni granulometriche (a eccezione della porzione fra 0,4-0,8 Amp. della frazione 0,125-0,500 mm) ma significative solo quelle per la porzione magnetica 0,8-1,2 Amp., quelle totali per le due frazioni granulometriche e quella per la totalità dei campioni. L'alta significatività per la porzione magnetica 0,8-1,2 Amp. può essere giustificata ricordando che, secondo Rimšaitė (1967), questo è il tipico intervallo di se-

TABELLA III.

Coefficienti di correlazione (r) fra c_0 sen β e posizione stratigrafica.

Porzione magnetica	Frazione granulometrica					
	> 0,500 mm		0,125-0,500 mm		Totale	
	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>n</i>	<i>r</i>
1,2 Amp.	14	-0,11	15	-0,26	29	-0,18
0,8-1,2 »	15	-0,56(*)	14	-0,65(*)	29	-0,66(*)
0,4-0,8 »	14	-0,35	13	+0,03	27	-0,14
Totale	43	-0,33(*)	42	-0,30(*)	85	-0,32(*)
Sui valori medi ponderati	10	-0,71(*)	10	-0,27		

n = numero dei campioni.(*) Valori significativi a un livello di probabilità $P \geq 0,95$.

TABELLA IV.

Coefficienti di correlazione (r) fra b_0 e posizione stratigrafica.

Porzione magnetica	Frazione granulometrica					
	> 0,500 mm		0,125-0,500 mm		Totale	
	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>n</i>	<i>r</i>
1,2 Amp.	10	+0,32	10	+0,51	20	+0,43(*)
0,8-1,2 »	10	+0,13	10	+0,72(*)	20	+0,52(*)
0,4-0,8 »	10	+0,28	10	+0,22	20	+0,28
Totale	30	+0,19	30	+0,33(*)	60	+0,24(*)
Sui valori medi ponderati	10	+0,26	10	+0,20		

n = numero campioni.(*) Valori significativi a un livello di probabilità $P \geq 0,95$.

parazione magnetica delle vere muscoviti. Le correlazioni per i totali delle due frazioni granulometriche e per quello generale, rese significative dell'elevato numero di coppie considerate, indicano chiaramente la tendenza, salendo nella serie stratigrafica, a una diminuzione del periodo basale che, date le note relazioni cristallografiche, può equivalere a un aumento sia del contenuto in Na che di quello in femici.

Dalla Tabella IV si nota che le correlazioni sono tutte positive ma che solo alcune risultano significative. Il valore positivo di tutti i coefficienti di correlazione indica un piccolo aumento della concentrazione in femici nei campioni più alti stratigraficamente (si ricorda che il valore di b_0 dipende solo da questi componenti). Poichè il valore di $b_0 = 9,025-9,030 \text{ \AA}$ può essere considerato come il limite fra muscoviti e fengiti i nostri campioni, specialmente nella frazione fra 0,125-0,500 mm, sono in maggioranza delle muscoviti a basso contenuto in femici. D'altra parte nella frazione maggiore di 0,500 mm sono stati notati dei valori piuttosto alti di b_0 dovuti a termini molto fengitici.

Nella fig. 2a sono riportate le distribuzioni di frequenza di b_0 per le singole frazioni e per il totale, che indicano distribuzioni di tipo bimodale con minimo relativo intorno al valore di 9,015 Å.

Nella fig. 2b, relativa al periodo basale, la distribuzione di frequenza per la frazione maggiore di 0,500 mm mostra un minimo assoluto intorno a valori di $c_0 \text{ sen } \beta = 19,890 \text{ \AA}$ mentre per la frazione fra 0,125-0,500 mm esistono due minimi relativi. L'istogramma totale mostra anch'esso un minimo relativo intorno a valori di $c_0 \text{ sen } \beta = 19,890 \text{ \AA}$.

b) Correlazioni fra $c_0 \text{ sen } \beta$ e b_0 .

I valori dei coefficienti di correlazione fra $c_0 \text{ sen } \beta$ e b_0 per le singole frazioni granulometriche e per il totale dei campioni sono i seguenti:

Frazione 0,125-0,500 mm: $r = -0,64$; $n = 42$.

Frazione $> 0,500$ mm: $r = -0,19$; $n = 43$.

Totale : $r = -0,59$; $n = 85$.

Si nota pertanto una correlazione negativa fra i due parametri con un coefficiente significativo per il totale dei campioni e per quelli fra 0,125-0,500 mm, non significativo per le miche maggiori di 0,500 mm.

Le correlazioni negative riscontrate indicano un aumento di b_0 con il diminuire del periodo basale. Poichè questo comportamento si ha solo

nelle miche a basso contenuto in femici, possiamo dedurre che i termini fengitici sono poco rappresentati nei nostri campioni, specialmente nella frazione minore di 0,500 mm. Per le miche maggiori di 0,500 mm la debolissima correlazione negativa potrebbe indicare al contrario una

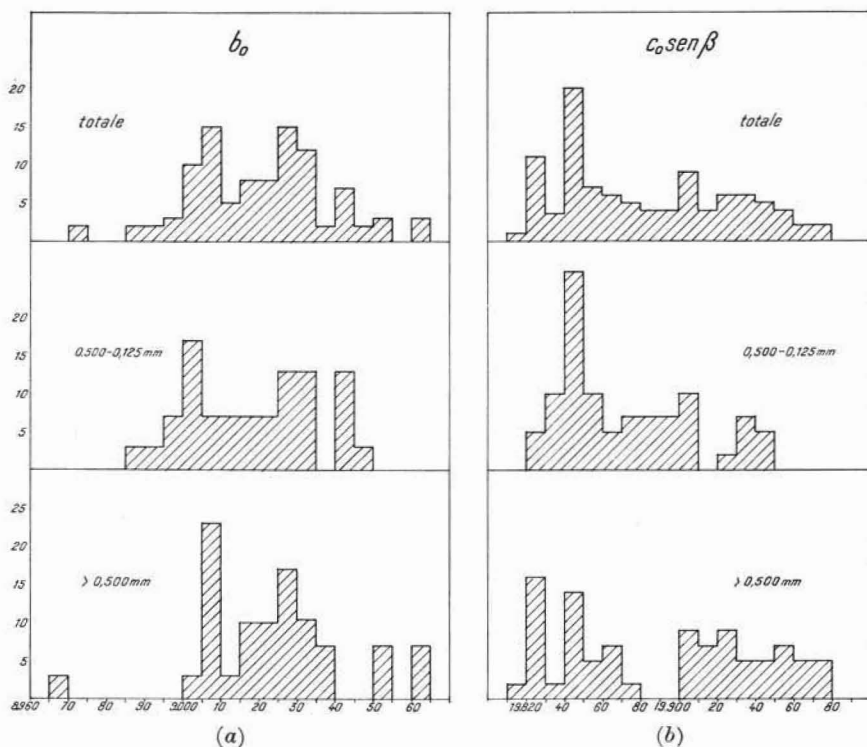


Fig. 2. — Distribuzioni di frequenza dei parametri reticolari b_0 e $c_0 \sin \beta$.

presenza non trascurabile di componenti femici. Infatti, è noto che questi componenti fanno aumentare il periodo basale per RM maggiore di 0,11, mentre per RM minore di 0,11 tale parametro viene diminuito (cfr. fig. 2, Cipriani et al., 1968).

c) Correlazioni fra parametri ottici e posizione stratigrafica.

Nelle Tabelle V e VI sono riportati, per le due frazioni granulometriche dei 10 campioni analizzati, i valori medi degli indici di rifrazione n_z e n_y , e dell'angolo degli assi ottici $2V$ con le relative deviazioni standard.

TABELLA V. — *Parametri ottici delle miche chiare*
(frazione granulometrica 0,125-0,500 mm).

Campione	n. lamelle	$\bar{n}_Z$	$\sigma_{nZ} 10^{-3}$	$\bar{n}_Y$	$\sigma_{nY} 10^{-3}$	$\bar{2V}$	σ_{2V}
AB ₁	9	1,6011	2,47	1,5952	1,73	38,83°	2,47°
AB ₂	9	1,6005	2,39	1,5950	1,82	37,27	2,09
AB ₅	10	1,6006	3,43	1,5955	2,72	37,25	1,64
AB ₆	9	1,5989	0,77	1,5937	0,95	37,76	2,67
AB ₇	11	1,6012	4,02	1,5959	3,56	37,00	2,04
AB ₈	10	1,5988	1,81	1,5944	1,45	37,64	2,28
AB ₉	9	1,5993	1,64	1,5943	1,18	38,88	2,83
AB ₁₀	8	1,6008	4,48	1,5956	3,29	37,82	1,88
AB ₁₁	9	1,6011	5,04	1,5955	3,86	37,44	2,12
AB ₁₂	11	1,6001	1,70	1,5957	1,48	37,39	2,08

TABELLA VI. — *Parametri ottici delle miche chiare*
(frazione granulometrica > 0,500 mm).

Campione	n. lamelle	$\bar{n}_Z$	$\sigma_{nZ} 10^{-3}$	$\bar{n}_Y$	$\sigma_{nY} 10^{-3}$	$\bar{2V}$	σ_{2V}
AB ₁	10	1,5992	1,22	1,5950	1,38	38,98°	1,59°
AB ₂	11	1,6002	1,61	1,5958	1,41	38,28	1,56
AB ₃	10	1,6002	5,23	1,5971	5,43	37,17	5,07
AB ₆	6	1,5984	2,28	1,5944	1,67	39,41	2,44
AB ₇	8	1,6029	3,87	1,5984	3,52	37,55	4,27
AB ₈	9	1,6028	4,10	1,5978	3,46	36,55	4,20
AB ₉	11	1,6022	2,59	1,5978	1,90	37,28	1,63
AB ₁₀	10	1,6076	4,23	1,6029	3,55	34,73	2,11
AB ₁₁	9	1,6015	4,71	1,5966	4,66	37,29	2,89
AB ₁₂	9	1,6014	5,88	1,5968	5,44	38,71	3,25

Il numero totale di miche esaminate è di 95 per la frazione tra 0,125-0,500 mm e di 93 per la frazione maggiore di 0,500 mm.

Nella Tabella VII sono riportati, infine, i valori dei coefficienti delle correlazioni fra alcuni parametri ottici e la posizione stratigrafica.

TABELLA VII. — *Coefficienti di correlazione (r) fra $\overline{2V}$ e $\overline{n_z}$, e posizione stratigrafica ($n = 10$).*

	Frazione granulometrica		Totale
	0,125-0,500 mm	> 0,500 mm	
$\overline{2V}$	$r = -0,17$	$r = -0,42$	$r = -0,47$
$\overline{n_z}$	$r = -0,15$	$r = +0,55$	$r = +0,43$

Le correlazioni non sono significative ma mostrano una generale tendenza alla diminuzione del $2V$ e all'aumento di n_z passando dal basso verso l'alto della formazione. Tale andamento è consistente con la supposizione di un leggero aumento in femici con la posizione stratigrafica, confermando quanto già osservato attraverso le correlazioni relative ai parametri reticolari.

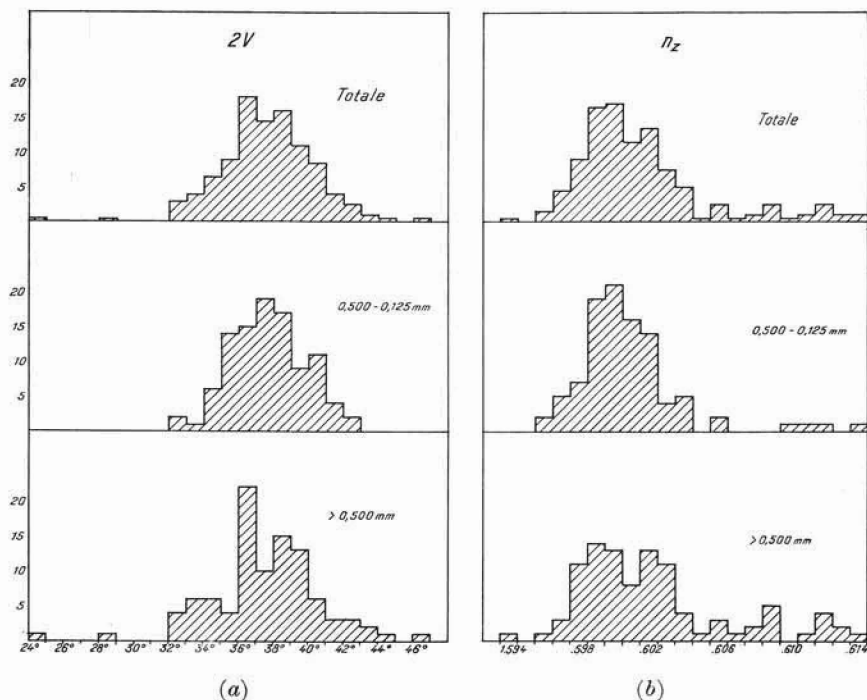


Fig. 3. — Distribuzioni di frequenza dei parametri ottici $2V$ e n_z .

Le distribuzioni di frequenza per il 2V (fig. 3 a) sono di tipo praticamente normale per il totale e per la frazione fine, mentre la frazione grossolana mostra una distribuzione abbastanza irregolare.

Nella fig. 3 b sono riportate le distribuzioni di frequenza dell'indice n_z : in tutti e tre i casi si tratta di distribuzioni unimodali con una maggiore o minore tendenza all'asimmetria positiva data da alcuni valori particolarmente elevati di n_z .

d) *Correlazioni tra 2V e n_z .*

I valori dei coefficienti di correlazione fra n_z e 2V per le singole frazioni granulometriche e per l'insieme dei campioni sono i seguenti:

Frazione 0,125-0,500 mm:	$r = -0,21$; $n = 95$
Frazione > 0,500 mm:	$r = -0,46$; $n = 93$
Totale	: $r = -0,37$; $n = 188$

Si nota una correlazione negativa molto significativa ($P = 0.99$) per la frazione più grossolana e leggermente più bassa per la frazione più fine ($P = 0.95$). Tale significatività conferma quanto già detto da vari autori circa gli effetti causati sui parametri ottici dalle sostituzioni in femici nello strato ottaedrico.

e) *Correlazioni tra parametri ottici e reticolari.*

Nella Tabella VIII sono riportati i coefficienti di correlazione ottenuti confrontando, per le due frazioni granulometriche, i valori medi ponderati delle costanti reticolari con i valori medi dei parametri ottici dei singoli campioni.

TABELLA VIII. — *Coefficienti di correlazione (r) tra parametri cristallografici e ottici ($n = 10$).*

	Frazione granulometrica	
	0,125-0,500 mm	> 0,500 mm
	r	r
$\bar{b}_0 - \bar{2V}$	-0,20	-0,56(*)
$\bar{b}_0 - \bar{n}_z$	-0,26	+0,40
$\bar{c}_0 \text{ sen } \beta - \bar{2V}$	+0,34	+0,52
$\bar{c}_0 \text{ sen } \beta - \bar{n}_z$	-0,71(*)	-0,61(*)

(*) Valori significativi a un livello di probabilità $P \geq 0,95$.

Si nota che correlazioni significative, o comunque molto prossime al limite di significatività, si riscontrano per i campioni della frazione grossolana. Per questa frazione la correlazione positiva fra $\bar{b}_0$ ed $\bar{n}_z$ e quella negativa fra $\bar{b}_0$ e $2\bar{V}$, è in buon accordo con le variazioni dei parametri reticolari e ottici in funzione del contenuto in femici (aumento degli indici di rifrazione, diminuzione del $2V$ e aumento del b_0). Per la stessa frazione si notano ancora una correlazione positiva fra $c_0 \sin \beta$ rispettivamente e $2\bar{V}$ e $\bar{n}_z$. Queste correlazioni confermano il carattere essenzialmente muscovitico a basso contenuto in femici dei campioni analizzati.

Considerazioni generali sui dati sperimentali.

Prima di passare alla discussione dei risultati sperimentali è opportuno ricapitolare brevemente gli effetti delle più importanti sostituzioni isomorfogene sui parametri ottici e reticolari.

Come già ricordato, il periodo basale diminuisce all'aumentare del contenuto in sodio nella posizione interstrato. Un simile effetto, anche se in misura minore, è provocato dall'aumento dei femici limitatamente, però, a concentrazioni piuttosto basse; per $RM > 0,11$ invece il $c_0 \sin \beta$ tende ad aumentare al crescere del contenuto in $Fe + Mg$, a parità di contenuto in Na .

I parametri ottici sono influenzati in maniera abbastanza sensibile da un gran numero di sostituzioni isomorfogene; in particolare è noto che gli indici di rifrazione sono abbassati dal fluoro e innalzati dal titanio e che quest'ultimo determina una diminuzione dell'angolo degli assi ottici (Emiliani, 1956). Tuttavia gli effetti più notevoli sono causati dal ferro e dal magnesio, data la loro presenza in forti quantità; solo il primo alza gli indici di rifrazione mentre entrambi determinano una diminuzione dell'angolo degli assi ottici.

Ciò premesso, dallo studio dei parametri ottici e reticolari sono emerse alcune variazioni sistematiche in relazione alla posizione stratigrafica dei campioni. Tutte queste variazioni concordano nell'indicare una generale tendenza all'aumento del contenuto in femici passando dai campioni stratigraficamente più bassi a quelli più alti nella formazione. Questo si può dedurre dall'aumento del b_0 ma anche dalla diminuzione del $c_0 \sin \beta$ con la posizione stratigrafica dato che la maggior parte dei campioni ($\sim 70\%$) hanno un b_0 minore di $9,030 \text{ \AA}$, limite fra le muscoviti e le fengiti. Si può anche affermare che la diminuzione

del c_0 sen β con la posizione stratigrafica non è imputabile solo all'aumento in femici ma anche, e soprattutto, all'aumento della frazione paragonitica, dato che quantitativamente la diminuzione del periodo basale è molto maggiore dell'aumento del b_0 che, come è noto, fornisce una indicazione quantitativa circa l'aumento dei femici.

La tendenza riscontrata nello studio dei parametri reticolari viene messa in evidenza anche dalla variazione dei parametri ottici con la posizione stratigrafica. Infatti la diminuzione del $2V$ e l'aumento di n_z confermano l'aumento in femici già riscontrato. E' da notare tuttavia che la variazione dei parametri ottici ha un valore puramente indicativo, dato che essi sono sensibilmente influenzati, come precedentemente ricordato, da altre sostituzioni isomorfogene.

Alcuni campioni di miche chiare presentano dei parametri reticolari i cui valori si discostano in maniera sensibile dalla media generale degli stessi. Tra i campioni «anomali» hanno particolare interesse quelli che presentano un alto contenuto in ferro (con b_0 molto alto) o in sodio (con c_0 sen β molto basso).

Infatti solo i campioni ad alto contenuto in Na e quelli molto fenitici sono attribuibili con precisione a determinate sub-facies; in particolare alle sub-facies a staurolite-almandino e alla facies degli scisti verdi (Cipriani et al., 1968).

Nell'ipotesi, sufficientemente valida, che le muscoviti, in un rapido processo sedimentario, non subiscano apprezzabili cambiamenti di composizione, è possibile risalire alla provenienza delle lamelle esaminate.

Nelle nostre miche si trovano otto valori di b_0 indicanti $RM \geq 0,15$ che denotano una provenienza o dalle sub-facies quarzo-albite-muscovite-clorite e quarzo-albite-epidoto-biotite della facies a scisti verdi o da metamorfiti a glaucofane. Sono state inoltre rinvenute miche che, avendo c_0 sen β compreso tra 19,815-19,877 Å, presentano un contenuto in frazione paragonitica compreso fra 0,21-0,30. Ciò denota una provenienza da sub-facies staurolite-almandino e cianite-almandino che sono le sole ad avere delle muscoviti con un contenuto in Na così alto.

Conclusioni.

La zona di provenienza del materiale detritico che ha originato il Macigno del Chianti è stata discussa da vari autori.

Secondo Merla (1951): «la zona costiera che alimentava la sedimentazione del macigno era precisamente ad occidente ed è quindi

regolare che verso occidente si possa avere una transizione a forma di deposito più costiero... » (pag. 197).

Ten Haaf (1958) basandosi sulle direzioni di corrente, che mostrano provenienza da NO, è portato ad affermare che « il faut plutôt que le sédiment elastique venait de la région ligure-piemontaise ».

Cipriani, Malesani e Manetti (1965) indicano come zona di partenza delle torbide del Macigno del Chianti, durante l'Oligocene, l'area piemontese ed affermano che il passaggio al Miocene avrebbe implicato un allargamento della piattaforma con provenienza del materiale detritico dall'area lombarda e veneta.

Elter G., Elter P., Sturani e Weidman (1966), nella loro ricostruzione tettonica e paleogeografica della zona ligure e piemontese, affermano come la Ruga Insubrica, da loro ipotizzata, « a pu alimenter le macigno oligocene ». Tale ruga è posta dagli autori fra la struttura della Spezia e il Massiccio di Voltri, a sud, e dovrebbe proseguire verso nord nel Piemonte e anche nelle Alpi. Gli autori ripropongono per il Macigno del Chianti un apporto laterale dalla parte meridionale della Ruga Insubrica.

Abbate (1969) respinge, in base a considerazioni tettoniche la possibilità di apporto laterale affermando che: « le torbide arenacee e talora gli apporti conglomeratici sarebbero partiti prevalentemente dalla parte occidentale della pianura padana ».

Secondo Sestini (1970) gli apporti principali provengono dalle Alpi centrali e dalla Zona e Ruga Insubrica; l'A. non esclude anche la possibilità di apporti laterali, soprattutto dal massiccio Corso-Sardo.

Appare perciò evidente il disaccordo esistente fra i vari autori sulla provenienza del materiale detritico del Macigno del Chianti. I dati raccolti sulle miche chiare non permettono di definire con certezza tali zone. Tuttavia la generale tendenza alla diminuzione del grado metamorfico degli apporti dal basso verso l'alto della serie può essere messo in relazione con quanto osservato da alcuni autori. Elter et al. (1966) mostrano per il « Tongriano » del Monferrato, coevo in parte con il Macigno del Chianti, come la maggior parte degli elementi che costituiscono i conglomerati (circa il 60-75%) appartengano a rocce pre-triassiche dello zoccolo insubrico e della zona Sesia. I conglomerati della « Gonfolite », affioranti nel Varesotto e nel Comasco, di età Oligocene medio-superiore, sono formati in prevalenza da materiale proveniente da rocce granitiche e, in via subordinata, da rocce dioritiche e dalle pietre verdi (Cita, 1957).

Il ritrovamento di numerose lamelle uniassiche (o comunque a piccolissimo valore di 2V), di muscoviti 3T nella parte inferiore e media della serie esaminata (AB₁-AB₇), potrebbe indicare un apporto dalla zona Sesia-Lanzo dove è stata segnalata la presenza di questo politipo (Fiorentini Potenza e Morelli, 1968; Fiorentini Potenza, 1969; Cipriani e Viterbo Bassani, ricerca inedita).

In conclusione il grado metamorfico più alto delle miche nella parte inferiore della serie esaminata è in accordo con la natura dei ciottoli delle formazioni del « Tongriano » e della « Gonfolite », che dovevano costituire i bordi laterali estremi del bacino da cui partivano le torbide che alimentavano la fossa del Macigno del Chianti.

I detriti sarebbero derivati in massima parte dalla zona insubrica e dalla zona Sesia-Lanzo che dovevano formare una struttura continua nell'Oligocene medio superiore. La mancanza o quasi di elementi filladici e l'abbondanza di frammenti di serpentine nel Macigno del Chianti (Malesani, 1966) ben si inquadra con quanto sopra detto.

La variazione del grado metamorfico delle miche chiare potrebbe essere in relazione sia col progressivo smantellamento di una stessa zona (prima la zona di radice e successivamente i terreni in falda) sia con la variazione areale della zona di alimentazione. Questo secondo caso ci sembra più probabile in quanto con il Miocene gli apporti dei Flysch, che sono in continuità con il Macigno del Chianti, cioè il Macigno del Mugello e la Marnoso-arenacea, indicano anche provenienze dalle Alpi centrali e, subordinatamente, dalle Alpi centro-orientali.

Firenze, Centro di studio per la Geochimica e Cristallografica dei minerali del C.N.R. presso l'Istituto di Mineralogia dell'Università, Maggio 1971.

OPERE CITATE

- ABBATE E., 1969 - *Geologia delle Cinque Terre e dell'entroterra di Levante (Liguria Orientale)*. Mem. Soc. Geol. It., 8 (4): 923-1014.
- BERNARDINI G. P., CIPRIANI C. & MANETTI P., 1967 - *Metodi di determinazione microscopiche su lamine sottili di miche*. Rend. Soc. Min. It., 23: 1-21.
- BURCKHARDT C. E., 1943 - *Zur Bestimmung der gesteinsbildenden Glimmer*. Schw. Miner. Petr. Mitt., 23: 467-474.
- BURNHAM C. W. & RADOSLOVICH E. W., 1964 - *Crystal structure of coexisting muscovite and paragonite*. Carnegie Inst. Washington, Ann. Report Dir. Geophys. Lab., 232-236.
- CIPRIANI C., 1961 - *Ricerche sulle arenarie: III) La composizione mineralogica di una serie di rocce della formazione del Macigno*. Period. Miner., 30 (1): 23-66.

- CIPRIANI C. & MALESANI P. G., 1963 - *Ricerche sulle arenarie: VIII) Determinazioni microscopiche sulle arenarie delle formazioni del Macigno e della Marnoso-arenacea*. Period. Miner., 32 (2-3): 343-385.
- CIPRIANI C., MALESANI P. G. & MANETTI P., 1965 - *Ricerche sulle arenarie: XII) Determinazioni microscopiche sulle arenarie della « Formazione del Mugello »*. Boll. Soc. Geol. It., 84 (4): 37-57.
- CIPRIANI C., SASSI P. F. & VITERBO BASSANI C., 1968 - *La composizione delle miche chiare in rapporto con le costanti reticolari e col grado metamorfico*. Rend. Soc. Miner. Petr. It., 24: 153-187.
- CITA M. B., 1957 - *Sintesi stratigrafica della « Gonfolite »*. Riv. It. Paleon. Strat., 63 (2): 79-117.
- DEER W. A., HOWIE R. A., ZUSSMAN J., 1962 - *Rock-Forming Minerals*. Vol. III, Longmans, London.
- ELTER G., ELTER P., STURANI C. & WEIDMAN M., 1966 - *Sur la prolongation du domaine ligure de l'Apennin dans le Monferrat et les Alpes et sur l'origine de la Nappe de la Simme s.l. des Préalpes romandes et chablaisiennes*. Arch. Sci., 19 (3): 279-377.
- EMILIANI F., 1956 - *Relazione tra composizione chimica e proprietà ottiche delle muscoviti*. Rend. Soc. Min. It., 12: 118-127.
- EVANS B. W. & GUIDOTTI C. V., 1966 - *The sillimanite-potash feldspar isograd in Western-Maine, U.S.A.* Contr. Miner. Petr., 12: 25-62.
- FIORENTINI POTENZA M., 1969 - *Ruolo della mica nel metamorfismo Sesia-Lanzo (Piemonte)*. Atti Soc. It. Sc. Nat. e Museo Civ. St. Nat. Milano, 109 (1): 55-86.
- FIORENTINI POTENZA M. & MORELLI G., 1968 - *Le paragenesi delle metamorfiti a fengite 3T e muscovite 2M₁ in Val Chiusella - Zona Sesia-Lanzo*. Soc. It. Sc. Nat., 57 (1): 1-36.
- GANDOLFI G. & GAZZI P., 1962 - *Sulla uniformità e sul significato della distribuzione dei minerali pesanti nel « macigno »*. Acta Geol. Alpina, 8: 433-442.
- GAZZI P., 1965 - *On the Heavy Mineral Zones in the Geosyncline Series. Recent studies in Northern Apennines, Italy*. Journ. Sed. Petrol., 35 (1): 109-115.
- MALESANI P. G., 1966 - *Ricerche sulle arenarie: XV) L'Arenaria Superiore*. Rend. Soc. Min. It., 22: 113-173.
- MERLA G., 1951 - *Geologia dell'Appennino Settentrionale*. Boll. Soc. Geol. It., 79 (1): 95-382.
- MERLA G., 1969 - *Macigno del Chianti - Formazioni geologiche, fasc. II*, Serv. Geol. It.: 65-77.
- NICOL A. W. & ROY R., 1965 - *Some observations on the system muscovite-paragonite*. Can. Journ. Earth Sc., 2: 401-405.
- RIMŠAITE J. H. Y., 1967 - *Studies of Rock-Forming Micas*. Geol. Survey Can. Bull., 149: 1-100.
- SESTINI G., 1970 - *Development of Northern Apennines geosyncline - The Miogeosynclinal sequences*. Sedim. Geol., 4: 428-435.
- TEN HAAR E., 1958 - *Les directions d'apport dans le flysch arénacé des Apennins*. Eclogae Geol. Helv., 51 (3): 977-980.
- WINCHELL A. N. & WINCHELL H., 1951 - *Elements of Optical Mineralogy*. Part II, IV Ed., John Wiley and Sons, New York.
- ZEN E. A. & ALBEE A. L., 1964 - *Coexistent muscovite and paragonite in pelitic schists*. Am. Miner., 49: 904-925.