

STUDIO MINERALOGICO-PETROGRAFICO DEI LITOTIPI DELL'OFIOLITE DI SERRA DEL ZANCHETTO (BOLOGNA)

NORIS MORANDI, GIANLUIGI FELICE, GIAN CARLO GRILLINI, GIAN ANDREA PINI

Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università di Bologna

RIASSUNTO. — Viene affrontato lo studio mineralogico (con analisi chimiche, diffrattometriche, termiche e IR) e petrografico del gabbro, dei sedimenti e della serpentinite compresi nel corpo ofiolitico di Serra del Zanchetto (BO). Lo studio prende in considerazione i seguenti litotipi: *a*) gabbro milonitizzato, rinvenuto in corrispondenza del contatto gabbro-serpentinite e contenente brandelli a serpentino; la composizione a clinopirosseno diopsidico di neoformazione, a clinopirosseno augitico e a clorite, unitamente a tipici aspetti tessiturali risultano testimoni di fenomeni di scorrimento successivi al processo di serpentinizzazione; *b*) gabbro eufotide trasformato e facente parte di corpi lenticolari, inglobati nella serpentinite; in esso i clinopirosseni appaiono totalmente sostituiti da clorite e i plagioclasti da prehnite microcristallina; sono forniti l'intervallo di composizione ricavato da otto frazioni separate di clorite e i dati chimici, ottici, IR, di comportamento termico e le costanti reticolari della prehnite; *c*) brandelli di sedimenti rinvenuti a contatto sia con i gabbri che con la serpentinite; quelli a contatto col gabbro hanno composizione e dati tessiturali che fanno pensare ad arcose, sottoposte a marcati effetti diagenetici o anche epimetamorfici; i brandelli di sedimenti fogliettati che sono in vicinanza o a contatto con la serpentinite presentano analoghi caratteri tessiturali con i feldspati interamente sostituiti da un interlaminato ordinato clorite-saponite e la biotite totalmente sostituita da clorite.

Viene discusso il significato che, nell'ofiolite di Serra del Zanchetto, ha la presenza di brandelli di arcose che, assieme a parte dei gabbri, hanno registrato gli effetti metasomatizzanti legati al processo di serpentinizzazione.

ABSTRACT. — Mineralogical and petrographic studies of gabbros, sediments, and serpentinites from an ophiolitic body at Serra del Zanchetto (Bologna), are reported. The study considers: *a*) a mylonitized gabbro, near gabbro-serpentinite contact, which contains serpentinite fragments, newly-formed diopsidic clinopyroxene, augite and chlorite, and shows textural characteristics which suggest strong tectonic movements following the serpentinization process; *b*) a transformed coarse grained gabbro, included in the serpentinite which contains prehnite (after plagioclases) and chlorite (after clinopyroxenes); the chemical formula of both minerals and the optical, IR

and thermal behaviours of prehnite are provided; *c*) fragments of sediment outcropping close to both gabbros and serpentinites. The mineral composition (quartz, feldspars and micas) and the textural features of a first type seem to be either a diagenized or weakly metamorphosed arkose. A second type shows similar textures but the biotite is chloritized and the feldspars are replaced with a regularly interstratified chlorite-saponite.

The significance of the metasomatic effects of the serpentinization on gabbro xenoliths and arcose sediments are discussed.

Introduzione

In località Serra del Zanchetto (Bologna) (F. 98, tav. IGM III NE) è riportato dalla carta geologica un consistente affioramento di rocce ofiolitiche immerse nelle « argille scagliose ». Esso risulta allungato in direzione NO-SE e si estende, vicino alla S.S. 65, per una lunghezza di circa 300 m.

I tipi litologici riconosciuti sono schematicamente: serpentinite, gabbro, idrotermalite-listvenite e materiali sedimentari (fig. 1).

Il quadro geologico in cui si inserisce questo affioramento ofiolitico e le sue caratteristiche petrografiche sono vicine a quelle descritte per l'ofiolite di Sasso della Mantecsa (MORANDI et al., 1978) e di Ponte di Veruno (FELICE et al., 1979), ambedue nell'Appennino emiliano. Nei litotipi affioranti a Serra del Zanchetto sono stati individuati, però, schemi di trasformazione delle fasi mineralogiche principali e rapporti di giacitura che appaiono nuovi per le ofioliti appenniniche, e utili per ricostruire i meccanismi della loro risalita nelle porzioni alte della crosta e di messa in posto nel bacino oceanico. A questo scopo sono stati eseguiti la campionatura e lo studio minero-petrografico della serpentinite, dei vari tipi di gabbro



Fig. 1. — Rappresentazione schematica dei rapporti giacimentari dei vari litotipi affioranti a Serra del Zanchetto: 1 = gabbro eufotide; 2 = serpentinite; 3 = gabbro a prehnite e clorite; 4 = idrottermalite-listvenite; 5 = brandelli di sedimenti; 6 = « argille scagliose »; 7 = calcare alberese (eoc. inf. - paleoc. sup.).

affioranti e di alcuni brandelli di sedimenti fogliettati che risultano a contatto sia con i gabbri che con la serpentinite.

Metodi di studio

Tutti i litotipi campionati sono stati studiati in sezione sottile e con diffrattometrie (diffrattometro Philips, $\text{CuK}\alpha$) del « tout venant ».

La definizione delle fasi del serpentino presenti nella serpentinite è stata effettuata ricorrendo ai metodi riportati in MORANDI e FELICE (1979). Dai gabbri e dai sedimenti sono state separate porzioni con arricchimenti monomineralici di prehnite, di clorite, di interlaminato clorite-saponite e di biotite, sottoposti a vari tipi di indagine mineralogica e cristallografica.

Il chimismo della prehnite è stato ottenuto attraverso analisi in XRF e in A.A.; le sue costanti reticolari dalle diffrattometrie.

Quando le diffrattometrie venivano utilizzate per il calcolo di costanti reticolari o per ricostruzioni cristallografiche, nei preparati si introduceva Si come standard interno.

L'intervallo di composizione di otto frazioni separate di clorite è stato ricavato se-

guendo le indicazioni riportate in BRINDLEY and GILLERY (1956), in BRINDLEY (1961) e in MEZZADRI (1967). I dati utili per il calcolo sono stati ottenuti da diffrattometrie eseguite su campioni isorientati, disorientati, naturali e gicolati.

Le analisi termiche (TG e DTG con apparecchiatura Du Pont) e di spettroscopia di assorbimento IR (apparecchiatura Perkin Elmer mod. 467) sono servite a completare la caratterizzazione della prehnite e della clorite interlaminata con saponite.

Descrizione dei litotipi

SERPENTINITE

È presente in prevalenza nella porzione occidentale dell'affioramento. Si presenta di colore verde molto scuro, con una caratteristica fratturabilità a blocchi. Su una matrice omogenea costituita da una massa criptocristallina di colore quasi nero, spiccano grosse (anche oltre al cm) masse pseudocristalline a sfaldabilità accentuata. Dalle osservazioni petrografiche si è potuto stabilire che originariamente si trattava di una roccia a olivina, serpentinitizzata, secondo lo schema proposto da PRICHARD (1979), senza conservare pseudomorfi del clinocristotilo e lizardite sui cristalli originari, contribuendo a determinare l'aspetto di matrice omogenea. In quantità subordinata all'olivina doveva essere presente in questa roccia primaria ortopirosseno in individui ben sviluppati. La loro trasformazione in serpentino (talvolta è presente anche clorite) è avvenuta mantenendo inalterati i contorni e la caratteristica sfaldabilità. Se a questi componenti principali si aggiungono rari clinopirosseni cloritizzati e spinello bruno si deduce che la roccia originaria doveva essere di tipo harzburgitico.

Nei vari punti di affioramento la serpentinite mantiene inalterato il suo aspetto generale, registrando però qualche variazione nel rapporto quantitativo tra i due componenti primari (olivina e ortopirosseno).

Il grado di serpentinitizzazione è totale. I minerali secondari presenti (lizardite, clinocristotilo, interlaminato talco-saponite e rara clorite) sono stati caratterizzati con le metodologie descritte in FELICE et al. (1979) per una serpentinite nell'ofiolite di Ponte di Ver-

zuno. Anche la loro distribuzione all'interno dei singoli campioni appare molto simile a quella riportata per lo stesso tipo litologico.

LISTVENITE

Affiora in prevalenza nella porzione occidentale del corpo ofiolitico e costituisce, col suo spessore attuale di circa 15 m, una pellicola di copertura, molto discontinua, della serpentinite. Questo litotipo rappresenta una variazione composizionale e tessiturale della serpentinite come risulta confermato da PELLIZZER (1961), BERTOLANI e CAPEDE (1966) e BOCCHI et al. (1976). Spesso sono stati identificati passaggi sfumati tra i due tipi litologici registrando nella listvenite un graduale aumento della rete di vene a quarzo e/o calcite, accompagnato dalla riduzione del numero e delle dimensioni dei relitti serpentinitici. Grosse vene o lenti (5-10 cm di spessore) di talco attraversano talvolta la massa listvenitica ed interessano anche la porzione più trasformata della serpentinite.

La composizione mineralogica della listvenite non è facilmente quantificabile data la sua estrema eterogeneità dal punto di vista tessiturale. È stato però possibile attraverso numerose diffrattometrie riconoscere che le mineralizzazioni in vene sono principalmente a clinocrisotilo + lizardite poligonale (MORANDI e FELICE, 1979), calcite e quarzo. Nella massa che contiene relitti serpentinitici sono individuabili tutte le specie mineralogiche ricordate prima con l'aggiunta di lizardite, magnetite, solfuri (di Ni e di Fe) e talvolta clorite. Occasionalmente nella massa di serpentinite e, in prevalenza, nella listvenite si rinvengono interessanti mineralizzazioni a datolite. La distribuzione di questo minerale in vene, intersecanti le mineralizzazioni descritte, starebbe a dimostrare la fase tardiva della sua formazione.

GABBRIO

Costituisce il litotipo più rappresentato nella porzione orientale dell'affioramento ofiolitico di Serra del Zanchetto. Il suo aspetto più comune è quello di un gabbro a grana grossa (« eufotide » di altri AA.). Le dimensioni dei granuli variano da 0,5 cm ad alcuni cm. Caratteristica comune è la presenza di grosse lamine di diallagio (di colore verde scuro con riflessi metallici) associate a plagioclasti biancastri. Al microscopio, sui campioni non tra-

sformati, si è verificato che i plagioclasti hanno una composizione mediamente labradoritica e i clinopirosseni augitica. Sono presenti talvolta mineralizzazioni, in vene, di calcite, prehnite, datolite, clorite, serpentino, quarzo e solfuri.

Nelle aree di affioramento prossime alle serpentinite e per degli spessori massimi di circa 2-3 m il gabbro risulta profondamente trasformato. Analogo grado di trasformazione è presente in tre corpi lentiformi (circa 2×10 m in affioramento) di gabbro disposti ad andamento subparallelo all'interno della serpentinite, in vicinanza di un contatto di tipo tettonico tra la serpentinite stessa e il gabbro eufotide (fig. 1). In questi casi i plagioclasti sono totalmente trasformati in prehnite microcristallina, tendenzialmente isoorientata sulle superfici di sfaldatura o anche di geminazione del cristallo primario. I clinopirosseni sono parzialmente trasformati in clorite, visibile come aggregati criptocristallini, disposti a sandwich tra i vari piani di sfaldatura. In quantità limitata, ma con distribuzione regolare, la clorite si trova associata anche alla prehnite e va a riempire piccoli spazi intergranulari degli ex-plagioclasti.

La prehnite e la clorite sono state separate da otto campioni di gabbro trasformato e successivamente analizzate con varie metodologie per ricavare informazioni di carattere cristallografico.

TABELLA 1

Prehnite nei gabbri: formula, costanti reticolari e dati ottici

Si	6.04		
Al ^{IV}	1.96	8.00	
Al ^{VI}	2.03		$a_0 = 4.620 \pm 0.004 \text{ \AA}$
Mg	0.04		$b_0 = 5.479 \pm 0.004 \text{ \AA}$
Fe ^{III}	0.02	2.12	$c_0 = 18.45 \pm 0.01 \text{ \AA}$
Mn	0.02		
Ti	0.01		$n_\alpha = 1.614 \pm 0.001$
Ca	3.74		$n_\beta = 1.624 \pm 0.001$
Na	0.05	3.79	$n_\gamma = 1.642 \pm 0.001$
OH	4.07		$2V_z = 68^\circ \pm 2^\circ$

Prehnite

Il suo chimismo è espresso in tabella 1 dove sono riportati i dati della formula ottenuta elaborando i risultati dell'analisi chimica sulla base della formula teorica $\text{Ca}_4\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{20}(\text{OH})_4]$ proposta da DEER

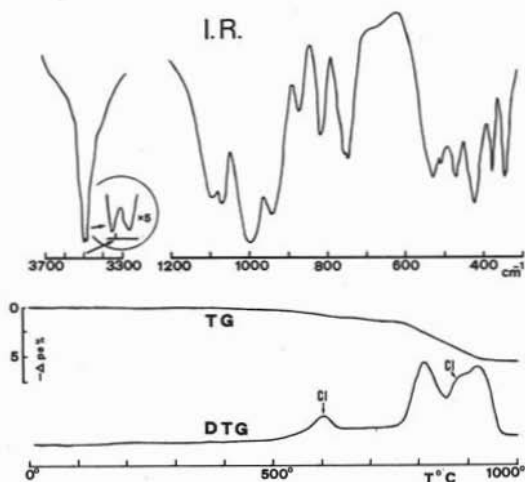
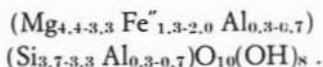


Fig. 2. — Spettro IR e curva TG e DTG di prehnite separata dal gabbro trasformato. Alcuni flessi in DTG sono attribuibili a impurezze di clorite (Cl).

et al. (1962) e raddoppiata rispetto a quella ottenuta da PAPIKE and ZOLTAI (1967) e da CONTI et al. (1974). Tale chimismo risulta coerente con la composizione teorica. Le piccole quantità di Mg della formula sono imputabili a impurezze (non determinabili) di clorite. Le costanti reticolari e i dati ottici (tab. 1) sono molto simili a quelli riportati nella bibliografia recente. Spettro IR e curve TG e DTG sono riportate (fig. 2) allo scopo di fornire dati di caratterizzazione utili per il confronto con materiali simili. La curva DTG mostra due reazioni endotermiche a 810°C e a 910°C, corrispondenti a due successive fasi di deossidrilazione. Lo spettro IR è di difficile interpretazione ma sembra molto utile dal punto di vista diagnostico per alcuni massimi di assorbimento che appaiono peculiari.

Clorite

Mediante l'elaborazione dei dati diffrattometrici si sono ottenute indicazioni sul chimismo, espresse dal seguente intervallo compositivo:



Sono cloriti scarsamente Al sostituite e con contenuto in ferro che le porta leggermente fuori del campo della pennina (secondo la classificazione proposta da FOSTER, 1962).

In fig. 1 è indicato un contatto netto tra serpentinite e gabbro. Però solo in due punti è stato possibile verificare l'esistenza di una netta superficie di contatto caratterizzata da un gabbro ad aspetto atipico: presenta segni di brecciatura, di deformazione, di fluitazione e un colore d'insieme bianco verdolino. Al microscopio è stato possibile verificare che si trattava di una roccia originariamente gabbbrica in cui i clinopirosseni, di natura diopsidica, risultavano fortemente deformati e immersi in una pasta criptocristallina di clorite. Alcune porzioni più scure all'interno di questo gabbro corrispondono a brandelli di serpentinite inglobata. L'aspetto strutturale e la composizione di questi campioni indicano la derivazione da deformazione e milonisi di una porzione di roccia, prevalentemente gabbbrica, posta in corrispondenza di un limite gabbro-serpentinite.

SEDIMENTI

Nella zona orientale dell'affioramento ofiolitico, a contatto con serpentinite, sono stati individuati tre piccoli brandelli (fig. 1, n. 1, 2 e 3) di roccia a grana molto minuta, di colore grigio scuro, compatta e caratterizzata da superfici di fogliettamento che risultano evidenziate da concentrazioni di minerali lamellari, grigio-madreperlacei, isorientati. Un quarto brandello (n. 4 in fig. 1), con uno sviluppo maggiore in affioramento, è stato trovato a contatto con i gabbri non trasformati della porzione occidentale della ofiolite. In quest'ultimo caso il colore è grigio giallo, la granulometria un poco più sviluppata (raggiunge quella di una arenaria fine) e le laminette grigio lucenti più abbondanti. Al microscopio è apparso un sedimento di tipo arcocoso con una composizione mineralogica principale costituita da quarzo, biotite (parzialmente cloritizzata), plagioclasti tendenzialmente acidi, muscovite e subordinato k-feldspato. Le miche sono idiomorfe e fortemente isorientate, talvolta addensate in livelli specifici. Il quarzo e, subordinatamente, i feldspati hanno contorni frastagliati (fig. 3), dimostrando di essere concresciuti per rideposizione in seguito a processi diagenetici o addirittura epimetamorfici. I brandelli di sedimenti rinvenuti a contatto con la serpentinite presentano caratteri strutturali analoghi a quelli riportati per il tipo già descritto. Li differenziano alcune



Fig. 3. — Arcosa di Serra del Zanchetto. Sono visibili cristalli di quarzo e feldspati a contorni seghettati e lamine di biotite isoorientate (in diagonale) - Nicols incrociati; 120 x.



Fig. 4. — Arcosa trasformata di Serra del Zanchetto. Si osservano cristalli di quarzo, lamine isoorientate di biotite cloritizzata (in diagonale) e aggregati criptocristallini di clorite-saponite - Nicols incrociati; 240 x.

particolarità compositive: la biotite è completamente cloritizzata e i feldspati sono interamente sostituiti da aggregati micro- e criptocristallini, non pseudomorfi (fig. 4), di un minerale che in diffrattometria corrisponde ad un interlaminato ordinato. Le caratteristiche di questo interlaminato, approfondite ricorrendo ai vari trattamenti (glicolazione, scambio ionico, riscaldamento contemporaneo alla diffrazione X), indicano una composizione corrispondente a quella dei termini clorite-saponite descritti da ALIETTI (1959) e MONGIORGI e MORANDI (1970) e segnalati in materiali giacituralemente legati a rocce serpentinosi.

Questo ritrovamento di sedimenti arcosisi trasformati, può essere correlato con le segnalazioni di « sedimenti fogliettati », e di « impasti argillosi » riportate da FELICE et al. (1979) e rispettivamente da ALIETTI (1959): la composizione mineralogica dei materiali risulta analoga, la giacitura quasi sovrapponibile. A Serra del Zanchetto è stato possibile

classificare il sedimento sulla base di dati mineralogici e tessiturali facilmente individuabili grazie anche alla presenza di un brandello di sedimento simile, ma non trasformato: tali condizioni favorevoli non erano mai apparse in segnalazioni precedenti.

Discussione e conclusioni

L'affioramento di rocce ofiolitiche di Serra del Zanchetto risulta significativo soprattutto per la varietà di litotipi che sono rappresentati e per le singolari paragenesi mineralogiche che compaiono in un così limitato spazio. Questa ofiolite rappresenta una sezione di mantello profondamente impoverito per avanzate fusioni parziali: harzburgite residuale a diretto contatto con intrusioni gabbriiche.

Questa associazione peridotite-gabbro, soggetta a movimenti verso livelli alti della crosta, viene a contatto con quantità sempre mag-

giori di acqua che penetra facilmente nella massa rocciosa molto fratturata per le deformazioni subite e combina la sua azione a quella del calore proprio della massa non ancora emersa e delle pressioni unidirezionali e/o idrostatiche cui la roccia è inevitabilmente sottoposta durante la risalita. I fluidi così originati hanno una forte mobilità e capacità di interazione e possono produrre una intensa azione metasomatizzante che si prolunga nel tempo e che si realizza con:

a) la serpentizzazione completa della peridotite con formazione di fluidi arricchiti in Mg e Ca, secondo i meccanismi proposti da FELICE et al. (1979);

b) la prehnitizzazione e la cloritizzazione del gabbro a diretto contatto con la peridotite;

c) la trasformazione dei feldspati e della biotite di sedimenti arcsosici venuti a contatto con la peridotite;

d) la formazione di paragenesi tardive, tipicamente idrotermali — lizardite rimobilizzata, clorite, talco, smectite, quarzo, calcite, solfuri di Fe, Ni, Cu (per indicare solo i principali), datolite e prehnite — distribuite principalmente nella serpentinite e subordinatamente nei sedimenti fogliettati e nei gabbri.

Le ricerche condotte nel presente lavoro permettono di approfondire i punti b) e c); quelli a) e d) erano già stati affrontati, proponendo meccanismi specifici, nello studio dell'ofiolite di Ponte di Verzano (FELICE et al., 1979).

Studiando i gabbri prehnitizzati si è visto che il plagioclasio primario, di natura labradoritica, è stato completamente trasformato in prehnite e una simile trasformazione presuppone un apporto di Ca oltre che di H₂O. Inoltre la cloritizzazione dei clinopirosseni

degli stessi gabbri presuppone, dato l'intervallo compositivo rilevato nelle cloriti, una assunzione di Mg, Fe²⁺ e acqua e una totale mobilitazione di Ca. Gli elementi chimici coinvolti in queste trasformazioni sono gli stessi che risultano mobilitati in seguito al processo di serpentizzazione della peridotite. Se a questo si aggiunge che la prehnitizzazione + cloritizzazione dei gabbri è presente solo in vicinanza della serpentinite, si deduce che la trasformazione stessa dei gabbri è non solo concomitante ma provocata dal processo di serpentizzazione.

I sedimenti del tipo arcose risultano trasformati solo se sono a diretto contatto con la serpentinite. In essi la trasformazione della biotite in clorite, dei feldspati in un interlaminato clorite-saponite e la presenza di depositi idrotermali in vene presuppongono:

1) l'assunzione di Mg, derivato dalla sua mobilitazione durante la fase di serpentizzazione della massa ultrafemica a cui i sedimenti risultano appoggiati;

2) un coinvolgimento da parte dell'attività idrotermale che caratterizza i complessi ofiolitici nella fase di emersione.

È evidente però che il contatto tra la peridotite in via di serpentizzazione e i sedimenti di tipo arcsosico è avvenuto in condizioni termodinamiche di pressione e temperatura ridotte se si è potuto nucleare un reticolo espandibile come quello saponitico, anche se interstratificato ordinatamente con la clorite. Simili condizioni si potevano determinare solo durante la fase di emersione del complesso serpentinite-gabbro in un bacino che, in una certa fase evolutiva aveva raccolto materiale di disfacimento a composizione prevalentemente acida.

Lavoro eseguito con il contributo finanziario del C.N.R. (CT 80.02606.05).

BIBLIOGRAFIA

- ALIETTI A. (1959) - *Diffusione e significato dei minerali a strati misti delle serpentinite mineralizzate a talco dell'Appennino Parmense*. Per. di Miner., 27, 65-110.
- BERTOLANI M., CAPEDEI S. (1966) - *Le ofioliti nelle province di Modena e Reggio Emilia*. Att. Soc. Nat. Mat. Modena, XCVII, 1-52.
- BOCCHI G., CALANCI N., DAL RIO G., VIANELLO G. (1976) - *Studio chimico-petrografico delle ofioliti comprese tra le Valli del T. Sillarro e del F. Panaro (Appennino Bolognese-Modenese)*. Atti Acc. Sc. Ist. Bologna, Cl. Sc. Fis., Rend., ser. 13, 3 (1), 165-200.
- BRINDLEY G.W. and GILLERY F.H. (1956) - *X-ray*

- identification of chlorite species. *Am. Min.*, 41, 169-186.
- BRINDLEY G.W. (1961) - *The X-ray identification and crystal structures of clay minerals*. Ed. Brown G., Min. Soc., London, 242.
- CONTI L., GUIDI G. e LORETO L. (1974) - *Sui minerali presenti nel cristallino dell'Arcipelago della Maddalena VII: La Prehnite di Cala Francese*. *Periodico di Mineralogia*, 43, 339-349.
- DEER W.A., HOWIE R.A., ZUSSMAN J.A. (1962) - *Rock forming minerals*. Longmans, London, 3.
- FELICE G., MONTANARI G., MORANDI N. (1979) - *Serpentinite, gabbro cloritizzato, listvenite e sedimenti fogliettati nell'ofiolite di Ponte di Verzuno (Bologna)*. *Miner. Petrogr. Acta*, 23, 111-130.
- FOSTER M.D. (1962) - *Interpretation of the composition and a classification of the chlorites*. *Geol. Surv. Prof. Pap.*, 414-A.
- MEZZADRI G. (1967) - *Sulla determinazione delle cloriti coi raggi X (Metodo di Brindley e Gillery, 1956)*. *L'Ateneo Parmense, Acta Naturalia*, III (2).
- MONGIORGI R. e MORANDI N. (1970) - *Al saponite e strati misti clorite-Al saponite nelle idrotermaliti di una breccia a contatto coi diabasi di Rossena nell'Appennino reggiano*. *Miner. Petrogr. Acta*, 16, 139-154.
- MORANDI N., POPPI L., FELICE G. (1978) - *Le serpentiniti di Sasso della Mantasca e di S. Zanobi (Appennino Emiliano)*. *Rend. Soc. It. Min. Petr.*, 34, 101-113.
- MORANDI N. e FELICE G. (1979) - *Serpentine minerals from veins in serpentinite rocks*. *Miner. Mag.*, 43, 135-140.
- PAPIKE J.I. and ZOLTAI T. (1967) - *Ordering of Tetrahedral Aluminium in prehnite, $Ca_2Al_2Fe^{2+}[Si_2AlO_{10}](OH)_2$* . *Am. Min.*, 52, 974-984.
- PELLIZZER R. (1961) - *Le ofioliti nell'Appennino Emiliano*. *Atti Acc. Sc. Ist. Bologna, Cl. Sc. Fis. Memorie*, ser. 1, n. 8, 5-183.
- PRICHARD H.M. (1979) - *A petrographic study of the process of serpentinisation in ophiolites and the ocean crust*. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 68, 231-241.