

**A T T I**  
**DELLA**  
**SOCIETÀ TOSCANA**  
**DI**  
**SCIENZE NATURALI**  
**RESIDENTE IN PISA**

**MEMORIE - SERIE A**  
**VOL. LXXXV - ANNO 1978**

## INDICE

CRIBARI E., FONTANA V., SCARTONI V., MORELLI I., MARSILI A. - Composti eterociclici azotati. Nota 8. Sintesi e proprietà di alcuni derivati isoindolonici idrogenati <i>Nitrogen heterocycles. Part 8. Synthesis and properties of some hydrogenated isoindolones</i> . . . . .	Pag. 1
LANDINI W., MENESINI E., SALVATORINI G. - Studi sulle Ittiofaune messiniane. I. Revisione delle collezioni « Capellini » e « De Bosniaski ». Studio di una nuova ittiofauna del « Tripoli » del Gabbro. (Nota preliminare) <i>Studies on the Messinian Ichthyofaunas. I.</i> . . . . .	» 11
GIACOMELLI G. P., SABA A., LARDICCI L. - Coupling of optically active organoboranes: alkanes containing two chiral centres <i>Boro alchili otticamente attivi: sintesi di alcani con due centri chirali</i> . . . . .	» 39
SIMONETTA A., DELLE CAVE L. - Notes on new and strange Burgess Shale fossils (Middle Cambrian of British Columbia) <i>Su due nuove specie di fossili del Cambriano Medio della Burgess Shale (Columbia Britannica)</i> . . . . .	» 49
FEDERICI P. R. - Una possibile copertura terziaria dell'unità Toscana delle Panie (A proposito di una morena di « macigno » nelle Alpi Apuane) <i>A possible tertiary covering of the Tuscan tectonic Unit of Panie (with reference to a « macigno » moraine in the Alpi Apuane)</i> . . . . .	» 51
SARTORI F. - Studi sedimentologici e mineralogici delle alluvioni recenti della pianura pisana. I sedimenti del sondaggio della Bigattiera, presso S. Piero a Grado (Pisa) <i>Sedimentological and mineralogical studies of the Pisan Plain Recent sediments: The sediments from La Bigattiera well, S. Piero a Grado (Pisa)</i> . . . . .	» 61
RISTORI G. G., CECCONI S., DANIELE E. - Indagini sulle caratteristiche delle smectiti presenti in alcuni suoli italiani <i>Studies on characteristics of smectites of some italian soils</i> . . . . .	» 95
ZAMMIT-MAEMPEL G. - <i>Laganum depressum</i> AGASSIZ (Echinoidea, Laganidae), a new record from the Maltese Tertiary <i>Prima segnalazione di Laganum depressum AGASSIZ nel Terziario dell'isola di Malta</i> . . . . .	» 103
DUCHI V. - Estrazione di mercurio da soluzioni acquose naturali e suo dosaggio mediante AAS <i>Mercury extraction from natural aqueous solutions and its determination through AAS</i> . . . . .	» 117
DUCHI V. - Determinazione di mercurio in fasi gassose naturali: dosaggio in fumarole dell'isola di Vulcano <i>Mercury determination in natural gaseous phases: Hg-content in the fumaroles of Vulcano Island</i> . . . . .	» 127
BENCINI R., CRISCUOLO A., FRANZINI M., LEONI L. - Cavità orientate nei pillows della formazione dei diabasi dell'Appennino centro-settentrionale <i>Orientated cavities in the pillow-lavas from Diabase formation of the Ligurian Ophiolitic series</i> . . . . .	» 135

BATTAGLIA S., FRANZINI M., LEONI L. - Preferred orientation effects in the calcite and dolomite quantitative x-Ray diffraction analysis <i>Effetti di orientazione nella analisi quantitativa della calcite e della dolomite in diffrattometria di polveri a raggi-X . . . . .</i>	» 147
DE POMPEIS C. - Resti di un villaggio della cultura di Ripoli a Città Sant'Angelo (Abruzzo) <i>Remains of a neolithic village belonging to the Ripoli culture found near Città S. Angelo (Abruzzo) . . . . .</i>	» 161
PENNACCHIONI M. - Ritrovamenti preistorici di superficie nel Comune di Scanno (Abruzzo) <i>Surface Prehistoric Findings in the Scanno Territory (Abruzzo, Italy) . . . . .</i>	» 171
RADMILLI A. M., MALLEGNI F., FORNACIARI G. - Recenti scavi nella Grotta dei Piccioni di Bolognano (Pescaro) e riesame dei resti scheletrici umani provenienti dai circoli <i>Recent excavation in the « Grotta dei Piccioni » near Bolognano (Pescara, Abruzzo) and reexamination of the human skeletal remains coming from the circle . . . . .</i>	» 175
BENCINI R., CRISCUOLO A., LEONI L. - La serie sedimentaria sovrastante la formazione dei diabasi a Pàstina (Pisa) <i>The sedimentary series overlying the diabase formation at Pastina (Pisa, Italy) . . . . .</i>	» 199
BRACCI G., DALENA D., ORLANDI P. - I geodi del marmo di Carrara <i>Geodes of Carrara marble . . . . .</i>	» 221
BRACCI G., DALENA D., ORLANDI P. - Associazione blenda-wurtzite nei geodi del marmo di Carrara <i>A Sphalerite- Wurtzite paragenesis in Carrara marble geodes . . . . .</i>	» 243
GRIFONI CREMONESI R., MALLEGNI F. - Testimonianze di un culto ad incinerazione nel livello a ceramica impressa della grotta riparo Continenza di Trasacco (L'Aquila) e studio dei resti umani cremati <i>Evidences of a cultural pattern with incineration rites in the « impresso » pottery level found in the « Continenza » cave near Trasacco (L'Aquila) and anthropological analysis of the buried remains . . . . .</i>	» 253
VANNUCCI S. - Applicazione della microscopia elettronica alle indagini mineralogiche: identificazione della nordstrandite <i>Application of the electron microscopy to the mineralogical investigations: identification of the nordstrandite . . . . .</i>	» 281
DALLAN NARDI L. & NARDI R. - Il quadro paleotettonico dell'Appennino settentrionale: un'ipotesi alternativa <i>Paleotectonic picture of the Northern Apennines: an alternative hypothesis . . . . .</i>	» 289
BALDI F., BARGAGLI R. - Analisi sedimentologica e distribuzione di metalli in tracce nei sedimenti marini recenti davanti al parco della Maremma (Tirreno sett.) <i>Sedimentological analysis and trace metals distribution in the recent near shore sediments of Maremma Park (Tuscany) . . . . .</i>	» 299
<i>Guido Tavani (1913-1978). Necrologio . . . . .</i>	» 315
<i>Notiziario della Società . . . . .</i>	» 329
<i>Elenco dei Soci per l'anno 1978 . . . . .</i>	» 331
<i>Statuto . . . . .</i>	» 343
<i>Regolamento . . . . .</i>	» 349

R. BENCINI (\*), A. CRISCUOLO (\*), L. LEONI (\*)

## LA SERIE SEDIMENTARIA SOVRASTANTE LA FORMAZIONE DEI DIABASI A PASTINA (PISA)(\*\*)

**Riassunto** — Vengono riportati e discussi i dati mineralogici, petrografici e chimici relativi ad una serie sedimentaria compresa tra i metabasalti ed i calcari a Calpionelle dell'Unità del Bracco affioranti nei pressi di Pastina (PISA).

L'insieme dei dati raccolti ha permesso di stabilire che i litotipi costituenti la serie di Pastina sono formati prevalentemente da una frazione fillosilicatica proveniente dalle ofioliti e da una frazione calcarea di origine biogenica deposta con il meccanismo di onda torbida; sono presenti in quantità minore una componente silicea (quarzo) derivante dall'accumulo di radiolari ed una componente di precipitazione chimica (idrossidi di ferro e manganese).

Per spiegare la scarsità della componente silicea e quindi la mancanza dei litotipi caratteristici della formazione dei Diaspri viene proposto un modello paleogeografico nel quale la sedimentazione avveniva sopra un fondo oceanico più o meno accidentato, in presenza di correnti di fondo.

**Abstract** — *The sedimentary series overlying the diabase formation at Pastina (Pisa, Italy).* A sedimentary suite from Apennine ophiolite belonging to the Bracco Unit, cropping out near Pastina (Pisa, Italy), have been studied. This series, included between metabasalts and Calpionella limestone, is mainly constituted by siliceous shales and marls with thin calcareous turbiditic layers. Detailed mineralogical, petrographical and chemical data on this series are reported and discussed.

The studied lithotypes are constituted by phyllosilicates resulting from submarine ophiolitic abrasion and /or transformation and by biogenetic calcium carbonate resedimented as turbiditic layers; minor amount of biogenetic quartz (from radiolarian deposition) and of chemically precipitated Fe-Mn oxides are also present.

An hypothesis is foreworded to explicate the silica scantness and therefore the lack of cherts: deep streams rowing over a rugged oceanic bottom may have locally influenced the normal sedimentation, washing away the radiolarian sediment from the heights.

---

(\*) Istituto di Mineralogia e Petrografia, Università di Pisa.

(\*\*) Lavoro eseguito nell'ambito del Centro di Studio per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino (C.N.R.) Pisa.

## PREMESSA

Presso l'Istituto di Mineralogia e Petrografia di Pisa è in corso una serie di ricerche sulle formazioni sedimentarie sovrastanti le Ofioliti allo scopo di portare un contributo alla ricostruzione paleogeografica del loro ambiente di formazione. Di particolare interesse in questo tipo di ricerca sono le relazioni esistenti tra formazioni sedimentarie e rocce ofiolitiche che, come noto, costituiscono frammenti di una antica crosta oceanica sovrascorsa sul continente. Nell'ambito di queste ricerche è stato affrontato lo studio della serie di « Pàstina » (PI) (E. GIANNINI, 1962).

Nei pressi del paese di Pàstina (Santa Luce, Pisa) l'Unità del Bracco (F. A. DECANDIA & P. ELTER, 1972) forma localmente una grande piega rovesciata a vergenza appenninica (sovrascorsa sul *flysch* del M. Caio in sinclinale), della quale affiora il fianco inverso. La formazione dei Diabasi<sup>(1)</sup> giace geometricamente sopra i Calcari a Calpionelle, separata da essi da pochi metri di un sedimento rosso argilloscistoso, che sostituisce localmente la formazione dei Diaspri, presente già a pochi chilometri di distanza (vedasi anche R. BENCINI, tesi di laurea, 1978).

Scopo di questa nota è lo studio particolareggiato di tale serie, e specificatamente della porzione compresa fra Diabasi e Calcari a Calpionelle.

*La serie studiata*

Lungo la strada Pàstina-Pomaia, a circa 1 Km SSE dalla chiesa di Pàstina, in corrispondenza del ponte che attraversa il Botro Gozzo Fondo, sulla sponda destra del torrentello (foglio 112, III N.O. della carta d'Italia), affiorano, a partire da una faglia N-S che delimita la serie a ovest: 20 m di breccia ad elementi di gabbro e flaser-gabbro, seguiti da una breccia ad elementi di *pillow-lavas* (4 m), metabasalto massiccio (30 m) e metabasalto a *pillows* (40 m). Sul fronte di una cava abbandonata posta più a est sul lato destro del Botro Gozzo Fondo si osservano al di sopra del contatto con i *pillow-lavas*: 1 metro di microbreccia a matrice illitica di colore grigio, un banco di microbreccia a matrice quarzoso-ematitica di colore rosso (80 cm), argilloscisti rossi (30 cm), uno straterello

---

(1) In questo lavoro il termine Diabasi è stato usato come nome della formazione geologica, mentre per i litotipi appartenenti alla formazione stessa è stata preferita la moderna nomenclatura petrologica.

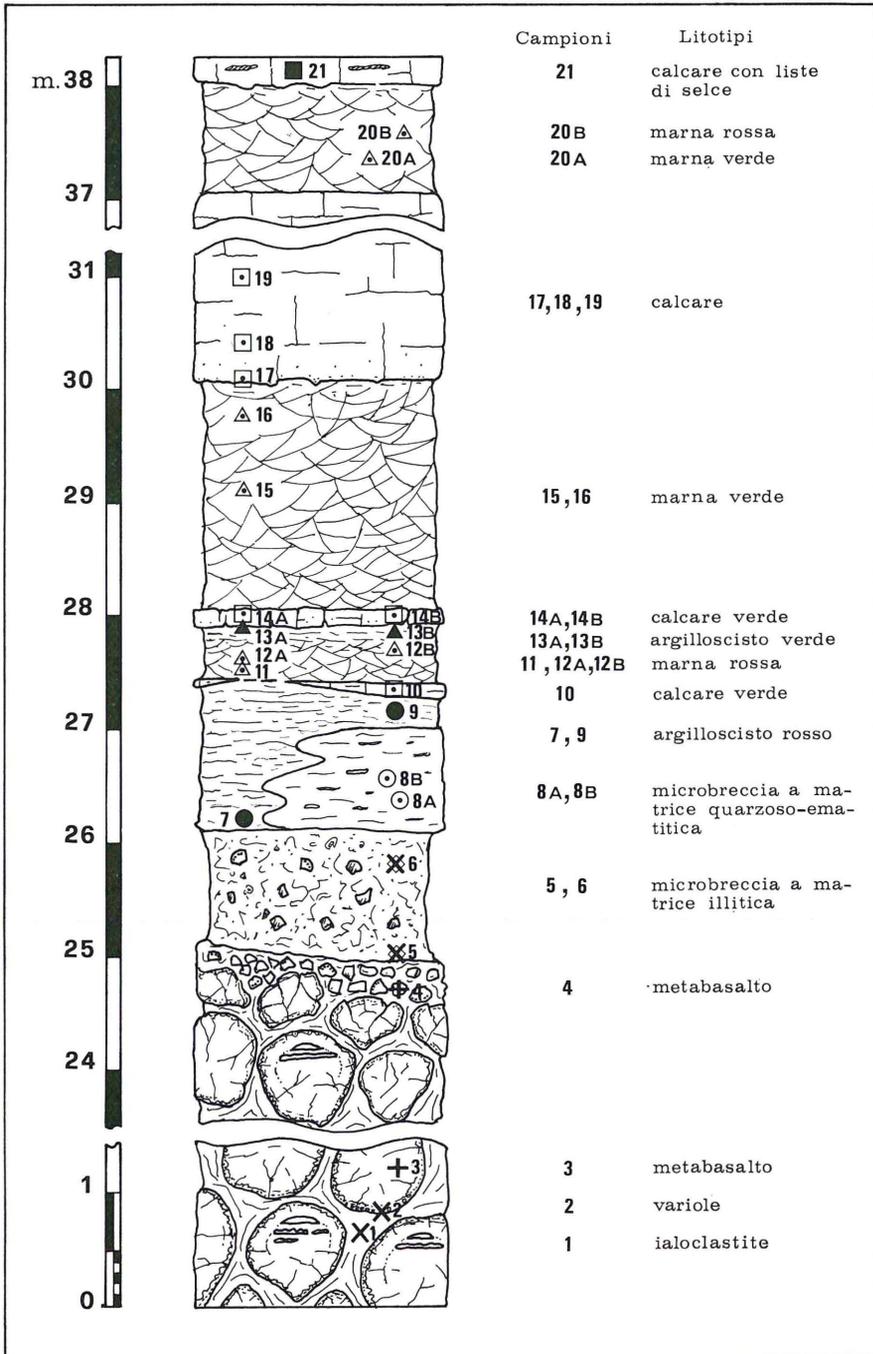


Fig. 1 - Colonna stratigrafica e posizione dei campioni nella serie. I simboli sono quelli usati nei diagrammi di figg. 3, 4 e 5. Nei *pillows* sono state raffigurate le tipiche cavità orientate.

calcareao verde (10 cm), marne rosse (30 cm), argilloscisti verdi (20 cm), un altro straterello calcareao verde (7 cm), marne verdi (2 m), ed infine le grosse bancate di calcare a Calpionelle. Nella formazione calcarea sono presenti sporadici livelli argillosi potenti fino ad un metro.

La colonna stratigrafica (con la posizione dei campioni) è illustrata in figura 1. La campionatura è stata effettuata principalmente lungo due trasversali distanti circa 15 m l'una dall'altra. La numerazione dei campioni segue la successione stratigrafica letto-tetto.

### *Metodi di studio*

Sono stati esaminati complessivamente 26 campioni, dei quali i primi 6 appartenenti alla formazione dei Diabasi. Di ogni campione è stata determinata la quantità di quarzo, ematite e calcite con il metodo proposto da S. BATTAGLIA & L. LEONI (1977). Lo studio dei minerali argillosi con tecniche diffrattometriche ai raggi X è stato limitato alla loro identificazione qualitativa. Le analisi chimiche sono state condotte in fluorescenza X (M. FRANZINI *et Al.*, 1975), sia per gli elementi maggiori che per alcuni elementi in tracce (Ni, Cr, V, Ba, La, Ce, Zr, Cu, Zn) (L. LEONI & M. SAITTA, 1976). Lo studio petrografico è stato eseguito in sezione sottile.

### I DATI RACCOLTI

Sulla base delle caratteristiche petrografiche e delle osservazioni di campagna, i campioni sono stati così classificati:

#### camp. Pa 1 - ialoclastite

materiale molto friabile, verde scuro, costituito in gran parte da clorite. Riempe gli spazi subtriangolari (in sezione) lasciati dalla giustapposizione di pillows sferoidali.

#### camp. Pa 2, Pa 3, Pa 4 - metabasalto

i campioni rappresentano parti diverse di alcuni *pillows*. Sono state riconosciute le strutture tipiche della successione centro-crosta di un *pillow*: intersertale ofitica (parte centrale, Pa 4), divergente arborescente (parte intermedia, Pa 3) e

variolitica (crosta, Pa 2). E' stata riconosciuta la facies metamorfica di basso grado a prehnite e pumpellyite, con la presenza, oltre a questi due minerali di albite, titanite ed epidoto. In altri *pillows* sono state riconosciute le cavità orientate studiate da R. BENCINI *et Al.*, (1978).

camp. Pa 5, e Pa 6 - microbreccia a matrice illitica

materiale di colore grigio scuro, con aspetto terroso, costituito da pezzi fortemente alterati di basalto a *pillow* (con le caratteristiche variole) immersi in un'abbondantissima matrice a composizione illitica. La matrice è costituita da elementi anche ad angoli acuti (dim. max. 1 cm) cementati fra loro e dotati di una struttura interna a bande concentriche chiare e scure.

camp. Pa 7, Pa 9 - argiloscisto siliceo rosso

è caratterizzato dall'abbondanza di materiale argilloso, dalla costante presenza di quarzo ed ematite, e dalla completa assenza di calcite. Rappresenta il tipo litologico che più si avvicina al corrispondente della formazione dei Diaspri.

camp. Pa 8 A, Pa 8 B - microbreccia a matrice quarzoso-ematitica

sono presenti diversi tipi di clasti, sostanzialmente frammenti della trilogia ofiolitica (serpentina, basalto e gabbro, in ordine di abbondanza), fortemente alterati e cloritizzati, schegge di vetro ialoclastitico allungate o ondulate completamente trasformate in clorite microcristallina, non pleocroica, a birifrazione medio bassa, clasti mono o poliminerali di quarzo, clorite, calcite ed albite, ed infine clasti di clorite fibrosa incolora con colori di interferenza anomali di cui, una volta separata dal resto della roccia, è stato possibile fare una analisi chimica. Inoltre l'analisi diffrattometrica e spettrografica ai raggi X dei minerali pesanti separati dal resto della roccia ha permesso di identificare ematite, magnetite e uno spinello le cui caratteristiche mineralogiche e chimiche sono riportate in tabella 5. La magnetite è risultata in sezione sottile essere inclusa in frammenti di serpentina alterata riconoscibile dalla residua struttura a maglie. Lo spinello, sempre contornato da un bordo di alterazione, è spesso incluso nella clorite a colori di interferenza anomali. Nella microbreccia sono stati trovati anche resti organici: due diversi microforaminiferi (non meglio identificabili), e alcuni denti di pesci teleostei.

camp. Pa 10, Pa 14 A, Pa 14 B - micrite argillosa fossilifera

sono due straterelli calcarei intercalati nella serie argillosa. Contengono sia microfossili (Calpionelle e Radiolari), sia

schegge ad angoli acuti di vetro ialoclastitico alterato in clorite. La tessitura è microcristallina, nettamente planare.

camp. Pa 11, Pa 12 A, Pa 12 B - marna rossa

roccia argillosa a struttura planare caratterizzata da letticelli orientati ricchi in resti fossili. I tre campioni contengono quantità di calcite che decrescono allontanandosi dallo straterello calcareo sottostante (camp. Pa 10).

camp. Pa 13 A, Pa 13 B - argilloscisto siliceo verde

è un litotipo simile a quello dei campioni Pa 7 e Pa 9, ma non contiene ematite. La quantità di calcite (minima) decresce ulteriormente fino a ridursi a zero in relazione con la distanza dallo strato calcareo sottostante, analogamente a quanto accade nei campioni Pa 11, Pa 12 A e Pa 12 B stratigraficamente sottostanti.

camp. Pa 15, Pa 16, Pa 20 A, Pa 20 B - marna

roccia macroscopicamente assai omogenea con incipiente struttura planare.

camp. Pa 17, Pa 18, Pa 19, Pa 21 - biomicrite a Calpionelle e subordinatamente Radiolari

si tratta delle prime bancate della formazione dei Calcari a Calpionelle. Pa 17 macroscopicamente è classificabile come calcarenite molto fine, mentre Pa 18 e Pa 19 sono calcilutiti. Pa 21 contiene una lista di selce nella quale sono visibili cristalli carbonatici ben idiomorfi. La struttura planare è data da allineamenti di frammenti vetrosi cloritizzati e resti organici. Lo studio micropaleontologico di dettaglio della serie carbonatica di questa località è stato compiuto da L. DALLAN *et Al.* (1968), che ne hanno determinato l'età (Berriasiano - Valanginiano).

Nella tabella 1 vengono riportati per ogni campione il nome del tipo litologico e i dati relativi alle analisi mineralogiche.

Nella tabella 2 sono riportate le analisi chimiche.

Nella tabella 3 sono infine elencati i valori dei coefficienti di correlazione lineare tra ogni coppia di elementi, calcolati per i campioni della serie sedimentaria.

TABELLA 1 - DATI MINERALOGICI

Camp.	tipo litologico	Q%	calc.%	em.%	clor.	ill.	plag.	pump.	altri minerali
		$\pm 2.0\%$	$\pm 0.7\%$	$\pm 0.8\%$					
Pa 1	Ialoclastite	-	-	-	++	-	tr.	tr.	
Pa 2	Variole (in matrice cloritica)	-	-	tr.	++	-	+	tr.	
Pa 3	Metabasalto	-	-	2.1	tr.	-	++	tr.	titanite epidoto
Pa 4	Metabasalto	-	-	0.2	+	+	++	ott.	titanite epidoto
Pa 5	Microbreccia (matrice illitica)	-	-	2.8	-	++	tr.	-	
Pa 6	Microbreccia (matrice illitica)	1.9	-	3.1	+	++	-	-	
Pa 7	Argilloscisto siliceo (rosso)	16.6	-	7.4	+	+	tr.	-	
Pa 8A	Microbreccia (matrice quarzoso ematitica)	17.9	2.1	9.5	+	tr.	tr.	tr.	magnetite spinello
Pa 8B	Microbreccia (matrice quarzoso ematitica)	10.5	4.7	7.5	+	+	tr.	-	magnetite spinello
Pa 9	Argilloscisto (rosso)	8.1	-	5.5	+	+	+	-	
Pa 10	Micrite argillosa	10.6	74.0	-	-	tr.	tr.	-	titanite
Pa 11	Marna (grigia)	16.2	47.2	2.1	+	+	tr.	-	
Pa 12A	Marna (rossa)	19.4	31.0	2.0	+	+	tr.	-	
Pa 12B	Marna (rossa)	22.7	24.6	2.0	+	+	tr.	-	
Pa 13A	Argilloscisto siliceo (verde)	19.7	0.4	-	+	+	+	-	
Pa 13B	Argilloscisto (verde)	9.7	3.1	-	++	+	tr.	-	
Pa 14A	Micrite argillosa fossilifera	6.3	48.9	-	+	-	-	-	
Pa 14B	Micrite argillosa fossilifera	6.0	74.6	-	+	-	-	-	
Pa 15	Marna (verde)	11.0	28.3	-	+	+	tr.	-	
Pa 16	Marna (verde)	17.9	16.4	-	+	+	tr.	-	
Pa 17	Biomicrite	11.5	71.4	-	tr.	tr.	tr.	-	
Pa 18	Biomicrite	7.7	81.0	-	-	-	tr.	-	
Pa 19	Micrite	6.3	88.6	-	-	-	tr.	-	
Pa 20A	Marna (verde)	27.3	27.9	-	+	+	tr.	-	
Pa 20B	Marna (rossa)	24.5	24.8	1.4	+	+	-	-	
Pa 21	Biomicrite (con liste di selce)	56.9	35.4	-	tr.	-	-	-	

++ abbondante; + presente; tr. tracce; - assente; ott. riconoscimento ottico al microscopio  
 Q quarzo; calc. calcite; em. ematite; clor. clorite; ill. illite; plag. plagioclasio; pump. pumpellyite

## DISCUSSIONE DEI DATI

### *I dati mineralogici*

L'esame della tabella 1 permette di fare alcune osservazioni sulla distribuzione dei minerali nella serie studiata.

*Calcite* - E' in media il minerale più abbondante nella serie, seb-

TABELLA 2 - ANALISI CHIMICHE

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P.C.	Ni	Cr	V	Ba	La	Ce	Zr	Cu	Zn
Pa 1	35.69	17.92	2.24	14.21	0.30	10.97	10.91	0.21	0.47	0.06	7.02	178	407	309	64	10	27	210	116	107
Pa 2	37.26	17.05	1.79	15*23	0.43	14.97	4.13	0.87	0.49	0.19	7.57	196	410	167	63	5	28	211	139	153
Pa 3	53.66	16.83	1.46	9.28	0.10	3.37	5.75	6.79	0.15	0.20	2.42	130	249	236	53	7	213	150	33	66
Pa 4	55.42	18.95	1.78	8.41	0.19	4.27	2.41	6.20	0.83	0.22	1.33	102	186	154	96	8	141	188	74	93
Pa 5	47.53	21.30	2.50	11.16	0.06	3.71	0.88	0.25	6.79	0.02	5.80	92	314	96	162	7	23	232	24	76
Pa 6	47.96	20.33	2.05	10.30	0.11	3.92	1.37	0.32	5.60	0.03	8.02	126	255	97	139	7	27	213	27	116
Pa 7	55.84	15.19	0.77	14.03	0.08	4.27	1.11	0.52	3.91	0.24	4.04	382	895	150	202	45	112	137	66	196
Pa 8A	44.94	13.89	0.49	18.32	0.37	9.66	2.76	0.34	2.45	0.25	6.53	1096	4192	170	125	37	94	105	74	353
Pa 8B	47.90	12.94	0.48	15.23	0.34	8.55	4.12	0.42	2.41	0.29	7.32	989	3125	139	146	40	109	99	73	234
Pa 9	58.42	15.91	0.67	10.93	0.08	3.37	1.16	0.69	4.35	0.25	4.18	278	216	195	216	38	88	138	73	108
Pa 10	15.97	3.45	0.17	1.58	0.57	1.34	42.28	0.29	0.69	0.06	33.61	86	96	31	60	18	36	32	62	32
Pa 11	43.80	13.13	0.66	7.85	0.08	3.27	18.50	0.27	3.82	0.34	8.26	237	509	140	179	43	119	126	80	116
Pa 12A	41.32	10.06	0.42	6.04	0.31	2.60	18.96	0.72	2.38	0.24	16.95	174	106	81	225	52	116	80	64	95
Pa 12B	45.21	10.92	0.47	7.49	0.25	3.18	14.82	0.65	2.37	0.28	14.36	202	121	80	127	43	101	96	100	101
Pa 13A	58.05	17.48	0.92	6.64	0.07	3.60	2.02	0.57	4.69	0.08	5.88	150	104	130	230	16	42	170	201	103
Pa 13B	55.78	17.26	0.86	8.29	0.15	4.33	2.39	0.52	4.06	0.11	6.23	243	158	130	197	24	72	174	290	127
Pa 14A	15.36	5.12	0.17	6.09	0.46	3.31	37.19	0.01	0.45	0.09	31.76	189	80	37	52	39	76	37	84	116
Pa 14B	10.17	2.60	0.06	3.83	0.57	2.33	44.38	0.01	0.10	0.04	35.92	113	15	18	22	34	82	16	70	77
Pa 15	40.48	12.40	0.64	5.51	0.18	2.60	17.79	0.52	2.68	0.06	17.15	47	72	101	173	29	72	108	37	77
Pa 16	50.16	13.46	0.67	5.34	0.10	2.57	11.39	0.42	3.10	0.06	12.72	56	77	105	181	29	48	115	39	78
Pa 17	14.59	2.75	0.11	3.09	0.23	1.19	43.32	0.01	0.30	0.15	34.26	39	27	25	43	32	55	23	39	50
Pa 18	10.75	2.10	0.11	0.92	0.21	0.67	48.94	0.01	0.46	0.09	35.75	26	21	20	46	19	16	21	38	22
Pa 19	7.41	1.11	0.05	0.67	0.16	0.57	50.49	0.01	0.21	0.03	39.30	20	12	10	36	10	8	9	33	17
Pa 20A	47.83	10.94	0.48	6.88	0.06	2.44	14.25	0.09	2.03	0.07	14.92	112	73	80	143	31	66	88	47	91
Pa 20B	44.75	11.15	0.50	8.58	0.06	2.52	14.97	0.07	2.16	0.08	15.15	95	79	75	151	28	92	92	45	92
Pa 21	53.20	1.10	0.04	1.58	0.09	0.58	27.26	0.01	0.08	0.02	16.06	37	20	9	21	6	19	9	37	31

TABELLA 3 - COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE LINEARE

	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ni	Cr	V	Ba	La	Ce	Zr	Cu	
MgO	0.03																		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.35	0.60																	
SiO <sub>2</sub>	0.33	0.43	0.83																
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.31	0.57	0.47	0.36															
K <sub>2</sub> O	0.45	0.45	0.96	0.81	0.48														
CaO	-0.31	-0.66	-0.94	-0.94	-0.47	-0.88													
TiO <sub>2</sub>	0.32	0.44	0.97	0.81	0.37	0.98	-0.88												
MnO	0.06	0.15	-0.44	-0.61	-0.07	-0.53	0.46	-0.53											
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.03	0.92	0.72	0.59	0.67	0.60	-0.79	0.58	-0.07										
Ni	0.00	0.96	0.42	0.31	0.60	0.28	-0.52	0.24	0.21	0.87									
Cr	-0.11	0.91	0.31	0.22	0.50	0.16	-0.42	0.14	0.21	0.79	0.97								
V	0.33	0.71	0.93	0.76	0.64	0.90	-0.90	0.85	-0.36	0.83	0.60	0.51							
Ba	0.54	0.39	0.93	0.79	0.45	0.94	-0.85	0.93	-0.50	0.54	0.22	0.11	0.83						
La	0.33	0.47	0.42	0.20	0.76	0.35	-0.38	0.31	0.16	0.59	0.41	0.29	0.48	0.45					
Ce	0.16	0.59	0.57	0.41	0.77	0.50	-0.57	0.46	0.05	0.72	0.51	0.38	0.61	0.55	0.91				
Zr	0.36	0.51	0.99	0.82	0.43	0.98	-0.91	0.99	-0.48	0.62	0.32	0.20	0.89	0.92	0.33	0.50			
Cu	0.31	0.28	0.53	0.38	0.07	0.53	-0.44	0.56	-0.07	0.20	0.12	-0.01	0.37	0.42	-0.05	0.11	0.62		
Zn	-0.00	0.97	0.58	0.53	0.59	0.43	-0.65	0.42	0.10	0.95	0.94	0.90	0.71	0.37	0.51	0.62	0.48	0.20	

bene nei campioni stratigraficamente più bassi sia completamente assente. La distribuzione della calcite nella serie è riportata nel grafico di figura 2. In esso si nota il regolare ripetersi di improvvisi aumenti della percentuale di carbonato, seguiti da diminuzioni graduali, indice inequivocabile di un processo sedimentario ritmico e dotato di polarità. Nei litotipi calcarei sono presenti frammenti ialoclastitici a spigoli vivi: la loro presenza ad alcuni metri dal contatto Diabasi-sedimentario implica che si siano depositi lontano da dove si sono originati, mentre il fatto che siano ad angoli acuti implica un trasporto in sospensione senza rotolamento.

I fenomeni osservati trovano giustificazione ammettendo che l'origine dei livelli calcarei sia riconducibile a meccanismi di onda torbida, in accordo con quanto osservato da E. ANDRI & F. FANUCCI (1975) per la formazione dei Calcari a Calpionelle dell'Appennino settentrionale.

*Quarzo* - La quantità di questo minerale, genericamente scarsa, segue in generale un andamento opposto a quello della calcite. Il quarzo, presumibilmente di origine biogenica, risulta arricchito nei livelli sedimentari che si sono depositi tra due onde torbide successive, e nei sedimenti argillosi rossi stratigraficamente più bassi, di aspetto simile agli argilloscisti della formazione dei Diaspri.

*Ematite* - La percentuale di ematite è massima nel primo livello sedimentario, e decresce gradualmente lungo la serie sedimentaria allontanandosi dal contatto col materiale vulcanico. La sua distribuzione non è collegata a quella degli altri minerali. L'origine dell'ematite sembra quindi legata a fenomeni diversi da quelli che hanno presieduto alla sedimentazione del quarzo e della calcite.

*Plagioclasio* - E' abbondantissimo nei basalti, ed è rilevabile sia pure in piccole quantità anche in tutti i campioni della serie sedimentaria, testimoniando un apporto di materiale detritico di natura ofiolitica.

*Minerali argillosi* - Sono risultati appartenere principalmente alle famiglie della clorite e dell'illite, con una certa varietà di tipi strutturali. In particolare il picco a 14 Å presente nei campioni basaltici (Pa 1) è stato attribuito sia a clorite *sensu strictu*, sia ad un minerale a strati misti clorite-vermiculite, riconosciuto dal caratteristico picco basale di secondo ordine a circa 12 Å evidenziatosi dopo riscaldamento a 550° C. Il picco a circa 14Å riscontrato nei

Serie di Pastina

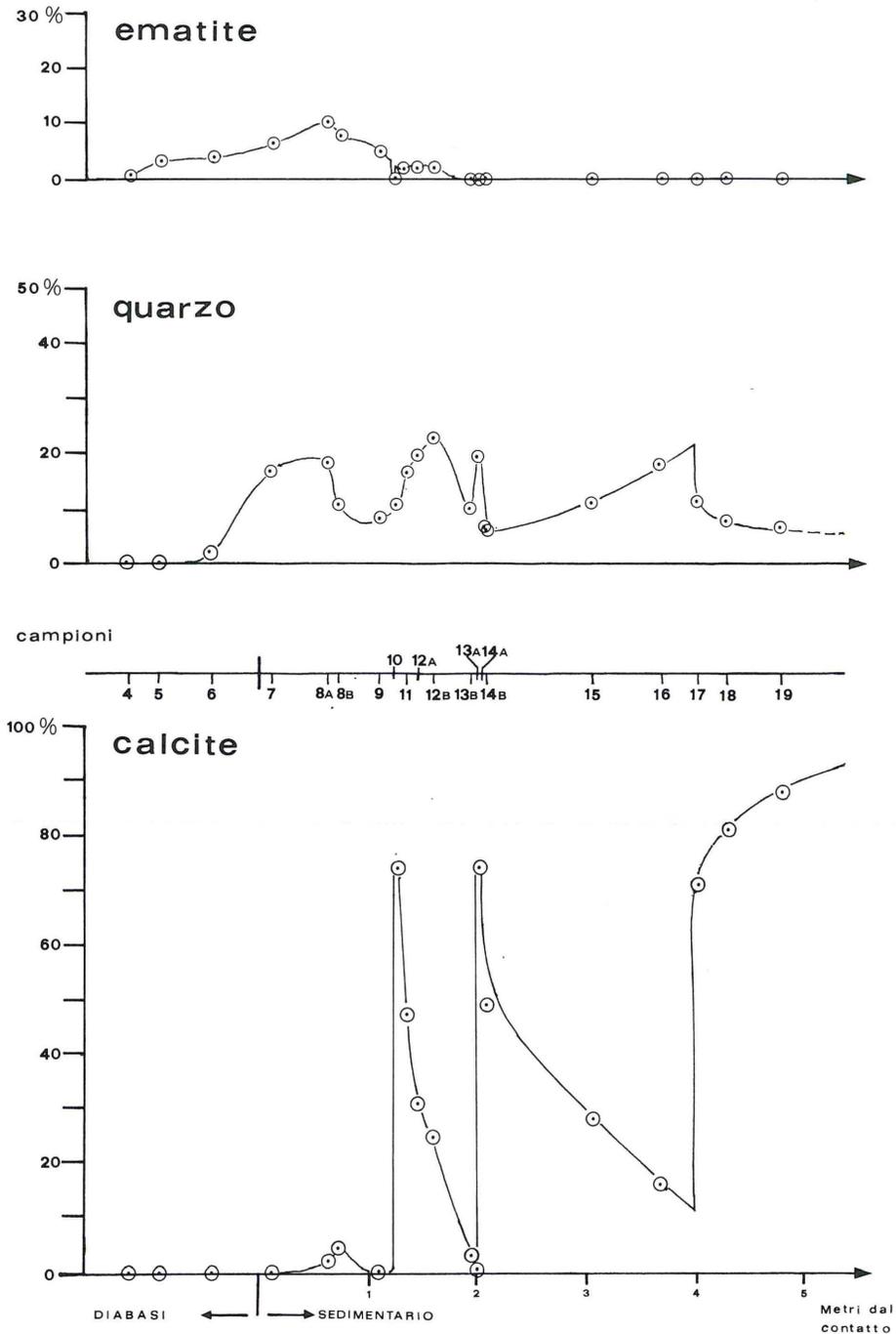


Fig. 2 - Andamento delle quantità di ematite, quarzo e calcite lungo la serie. Specialmente per la calcite si notano la ritmicità e la polarità delle variazioni.

campioni della serie sedimentaria (camp. Pa 8, Pa 13 A e Pa 20 B) è sempre attribuibile a questi due minerali. Per la clorite del campione Pa 8 (A e B) è stato possibile eseguire una analisi chimica in fluorescenza X su un separato puro: la sua composizione e la formula strutturale sono riportate in tabella 4.

TABELLA 4 - Dati sulla clorite del campione Pa 8.

---

analisi chimica:

SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	P.C.
34.59	0.28	16.99	6.60	1.62	26.80	13.13

formula:

$$(\text{Mg}_{3.77}\text{Fe}^{2+}_{0.52}\text{Al}_{1.16}\text{Ca}_{0.16}\text{Ti}_{0.02})(\text{Si}_{3.27}\text{Al}_{0.73})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$$


---

Il picco a 10 Å presente nel campione Pa 5 è risultato appartenente ad illite s.s. e ad un minerale a strati misti illite-montmorillonite. L'identificazione si è basata sui dati ricavati dai diffrattogrammi ai raggi X ottenuti con un preparato disorientato, e con preparati orientati naturali, trattati con glicerina, riscaldati a 350° C e a 550° C. Nei campioni appartenenti alla serie sedimentaria (Pa 8, Pa 13 A, Pa 20 B) il picco a 10 Å è riferibile ad un tipo di illite progressivamente sempre più degradato (*stripped*).

*Altri minerali* - Il tentativo di spiegare l'eccesso di cromo del campione Pa 8 (vedi tab. 2) ha motivato una ricerca più particolareggiata sulla mineralogia della roccia, in seguito alla quale è stato possibile identificare tra i minerali accessori magnetite e uno spinello cromifero. La magnetite è risultata un termine puro dal parametro di 8,39 Å. Per lo spinello invece l'analisi chimica, compiuta su un separato purissimo, la misura della densità e quella del parametro della cella elementare concordano nel riferire il minerale ad un termine di formula generale del tipo  $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}) (\text{Al}, \text{Cr}, \text{Fe}^{3+})_2 \text{O}_4$ .

I dati riguardanti lo spinello sono riportati in tabella 5. Gli altri minerali riportati in tabella 1 sono caratteristici della facies metamorfica a prehnite e pumpellyite che ha interessato i basalti prima della loro alterazione sottomarina.

TABELLA 5 - Dati sullo spinello del campione Pa 8.

analisi chimica:

	nucleo	crosta d'alterazione
MgO	15.67	20.14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	43.88	48.06
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.90	11.67
FeO *	22.53	20.13
P.C.	0.0	N.D.

formula:  $(Mg_{0.66}Fe^{2+}_{0.34})(Al_{1.47}Cr_{0.40}Fe^{3+}_{0.19})O_4$ parametro di cella  $a_0$ :

naturale	8.16
riscaldato per 2 h a 950°C	8.12
densità media:	4.08

\* tutto il ferro è stato calcolato come FeO.

*I dati chimici*

I dati chimici consentono di precisare i meccanismi che hanno presieduto alla formazione dei diversi litotipi individuati sulla base dei dati mineralogici, petrografici e di campagna.

L'analisi delle tabelle 1, 2 e 3 mostra che i vari litotipi della serie studiata possono essere interpretati come formati dalla mescolanza di due componenti principali: una calcarea e una fillosilicatica.

Alla frazione calcarea è legato il CaO, mentre a quella fillosilicatica, costituita da minerali del gruppo delle illiti e delle cloriti, sono legati Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, TiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O e gran parte di SiO<sub>2</sub> e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. A queste due frazioni si aggiungono in quantità piuttosto modeste una componente silicea (quarzo) di origine organogena e una componente di precipitazione chimica costituita da idrossidi di ferro (ematite) e forse da piccole quantità di idrossido di manganese. La presenza di ematite, soprattutto nei livelli più vicini al contatto con i metabasalti, suggerisce una precipitazione di idrossidi di ferro legata alla presenza di sorgenti idrotermali sottomarine, in accordo con quanto proposto da E. BONATTI & O. JOENSUU (1966) per le zone di ridge oceanico attuale.

I dati mineralogici e chimici raccolti hanno permesso di cal-

colare una composizione chimica media del materiale fillosilicatico associato alle rocce esaminate del tipo<sup>(2)</sup>:

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P.C.
51.5	21.8	1.04	9.9	0.21	5.2	0.75	5.3	4.4

Tenuto conto della quantità di ematite presente in alcuni campioni, i diagrammi di correlazione Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e MgO/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (figg. 3 e 4) mostrano in prima approssimazione che il tipo di materiale fillosilicatico doveva mantenersi piuttosto costante durante la sedimentazione dei diversi litotipi.

Il rapporto Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, se si escludono alcuni valori più elevati osservati in due campioni calcarei (Pa 17 e Pa 21, con 1.12 e 1.43

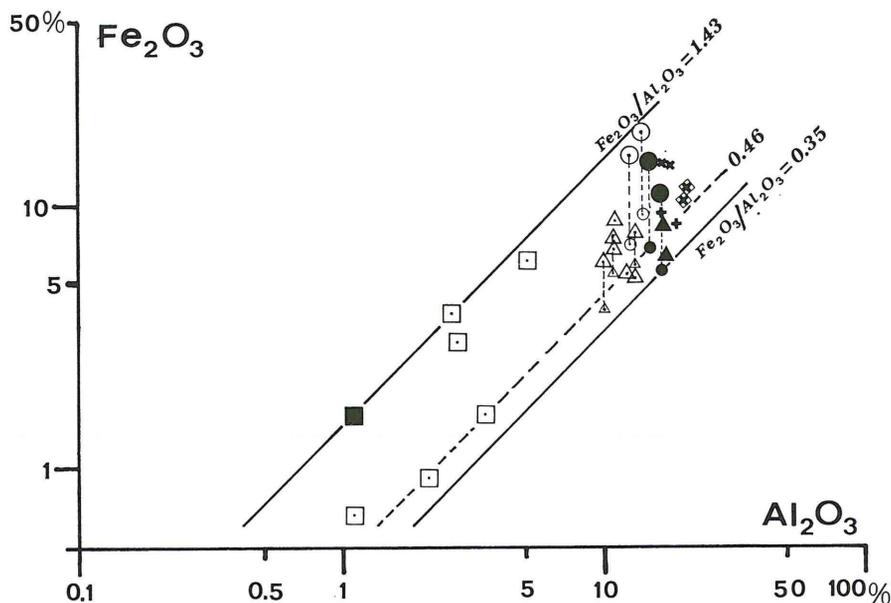


Fig. 3 - I simboli usati per rappresentare i vari campioni sono come in fig. 1. I simboli più piccoli rappresentano, privati della quantità di ematite, gli stessi campioni ai quali sono uniti dalla linea sottile tratteggiata.

(2) Tale composizione è stata calcolata dalla media delle analisi chimiche dei campioni argillosi (esclusi i camp. Pa 8 A e Pa 8 B) sottraendo da essa la quantità media di quarzo, ematite e calcite (CaO+CO<sub>2</sub>, considerando la CO<sub>2</sub> come parte della perdita alla calcinazione) e riportando a 100.

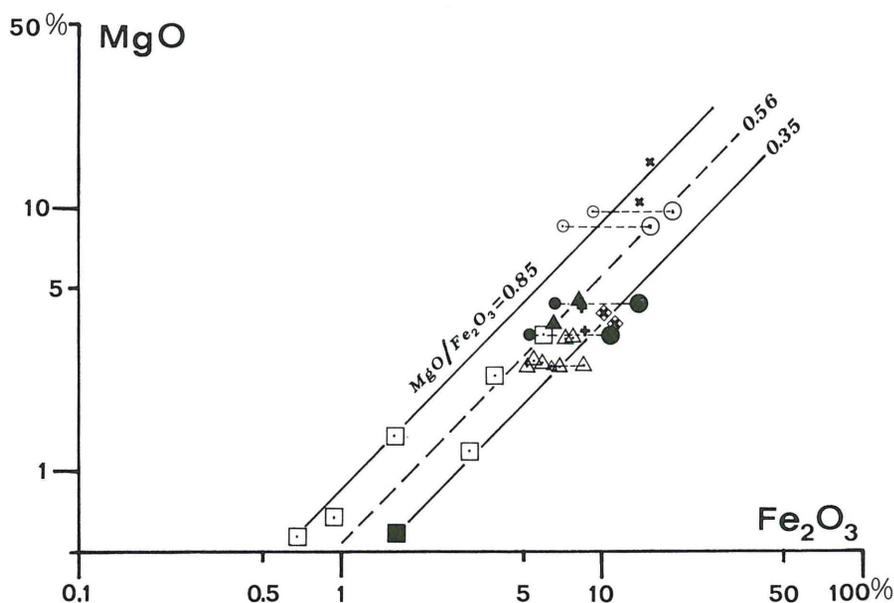


Fig. 4 - I simboli sono come in fig. 1; quelli più piccoli rappresentano, privati della quantità di ematite, gli stessi campioni ai quali sono uniti dalla linea sottile tratteggiata.

rispettivamente), e se si tiene conto della quantità di ematite presente in alcuni campioni, rimane piuttosto costante (intervallo di variazione 0.35-0.60) con valore medio di 0.46, molto vicino a quello calcolato da E. R. CRESMANN (1962) e da M. G. AUDLEY-CHARLES (1965) per i sedimenti silicei a radiolari, e da L. LEONI (1974) per i Diaspri dell'Appennino settentrionale.

Il rapporto  $MgO/Fe_2O_3$ , a differenza di quello di  $Fe_2O_3/Al_2O_3$ , oscilla in un intervallo più ampio, tra 0.35 e 0.85, con un valore medio di 0.56. Tale rapporto è di 0.44 per il campione Pa 5 (costituito interamente da illite), di 0.79 e 0.98 rispettivamente per il campione Pa 1 (ialoclastite costituita prevalentemente da clorite) ed il campione Pa 2 (variole costituite da plagioclasio e clorite) ed infine di circa 1.1 per i campioni Pa 8 A e Pa 8 B contenenti materiale di sicura provenienza dalle serpentine. La variabilità del rapporto  $MgO/Fe_2O_3$  dovrebbe pertanto essere imputabile soprattutto ad un differente rapporto tra le quantità di materiali provenienti dai metabasalti e dalle serpentine, anche se non si può escludere totalmente la presenza di fillosilicati di provenienza non ofiolitica.

I rapporti  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  nei campioni privi di calcite e contenenti quarzo e fillosilicati, analogamente ai litotipi più argillosi della formazione dei Diaspri, cadono ad un estremo della curva  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{SiO}_2$  proposta da E. R. CRESMANN (1962) come rappresentativa dei sedimenti silicei non detritici.

Il manganese merita un'attenzione particolare in quanto rivela un comportamento assai diverso da tutti gli elementi fin qui considerati. I valori dei coefficienti di correlazione lineare di questo elemento con gli altri sono sempre molto bassi, e solo quello  $\text{MnO}/\text{CaO}$  assume un valore positivo e un po' più elevato (+ 0.46), essendo i tenori di  $\text{MnO}$  più alti nei campioni calcarei. Per questi campioni si calcola infatti un tenore medio di  $\text{MnO}$  di 0.33% contro quello di 0.13% negli argilloscisti.

In figura 5 è riportato il diagramma  $\text{Fe}/\text{Mn}$ ; il rapporto  $\text{Fe}/\text{Mn}$  oscilla circa tra 15 e 150 negli argilloscisti, mentre per i campioni calcarei tra 2.5 e 9. Tali valori sono comparabili a quelli osservati

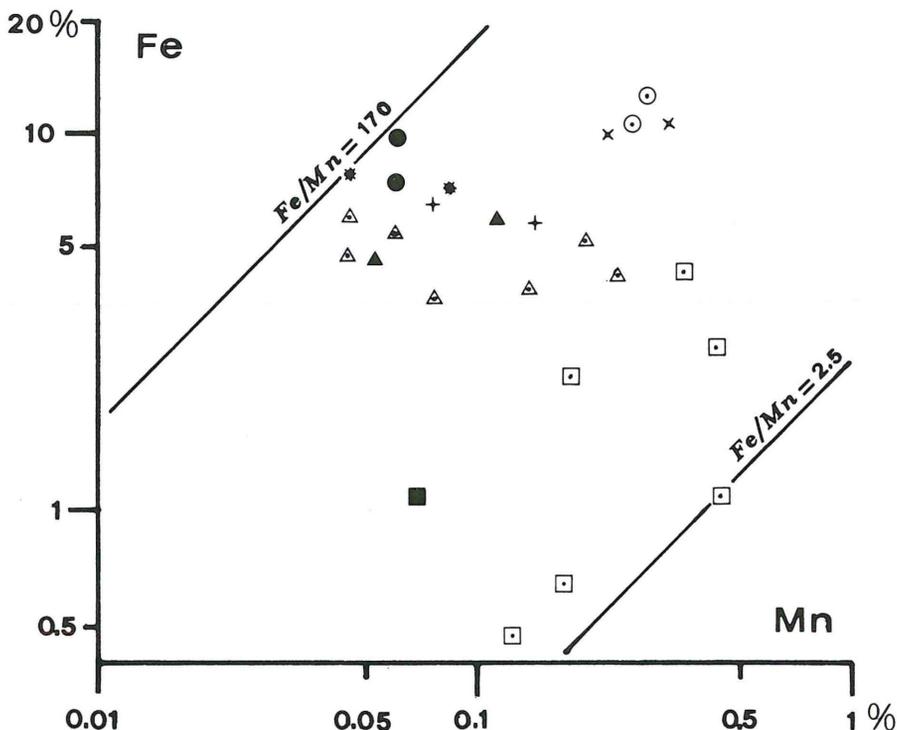


Fig. 5 - I simboli sono come in fig. 1.

da M. FRANZINI *et Al.* (1968) e da L. LEONI (1974) in alcune serie di Diaspri liguri dell'Appennino settentrionale e ai valori riportati da E. R. CRESMANN (1962) per i sedimenti silicei non detritici a radiolari.

L'ampia variabilità dei rapporti Fe/Mn e la generica mancanza di qualsiasi relazione geochemica con gli altri elementi indicano che l'origine del manganese è assai complessa e legata, almeno in parte, ad una lenta ed irregolare precipitazione di questo elemento dall'acqua marina sotto forma di idrossido. L'arricchimento poi del manganese nei campioni calcarei è quantomai problematico. Occorre tuttavia ricordare che il materiale calcareo (ridepositatosi a Pàstina con il meccanismo di onda torbida) si è originariamente depositato in un ambiente diverso da quello delle frazioni argillosa e silicea; è probabile quindi che meccanismi e fattori diversi abbiano condizionato la geochemica di questo elemento. Il comportamento del manganese nei calcari potrà essere compreso meglio solo studiando la formazione dei Calcari a Calpionelle, della quale i litotipi calcarei di Pàstina rappresentano la base stratigrafica.

#### *Elementi in tracce*

Nichel, cromo e zinco, ed in particolare Ni e Cr, sono caratterizzati da una grande variabilità delle loro concentrazioni. In generale mostrano una buona correlazione positiva con gli elementi della frazione fillosilicatica, e soprattutto con gli elementi contenuti nel materiale di tipo cloritico, come mostrato dagli alti valori dei coefficienti di correlazione lineare calcolati rispetto a MgO e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Mediamente Ni, Cr e Zn sono presenti in quantità più elevate nei campioni sedimentari più vicini al contatto con i metabasalti. Nei campioni Pa 8 A e Pa 8 B, e in modo meno vistoso nei campioni Pa 7 e Pa 11, i tenori più elevati di Ni e Cr sono legati quasi sicuramente a materiale proveniente dalle serpentine (spinello cromifero). Probabilmente tale materiale è presente, sia pure in misura minima, anche in altri campioni della serie. Infatti il contenuto medio di Ni e Cr negli argilloscisti è rispettivamente 293 e 356 ppm, assai più elevato di quello calcolato da L. LEONI (1974) per il materiale fillosilicatico associato ai Diaspri liguri (170 ppm di Ni e 250 di Cr).

Il vanadio presenta valori dei coefficienti di correlazione piuttosto alti e positivi con gli elementi della frazione di tipo illitico (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>) e leggermente più bassi con quelli della frazione di tipo cloritico (MgO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Il rame presenta una scarsa correlazione con tutti gli elementi. I coefficienti di correlazione più alti (e positivi) si riferiscono agli elementi della frazione fillosilicatica.

Zirconio e bario sono legati alla frazione argillosa di tipo illitico, come indicano gli alti valori dei coefficienti di correlazione lineare calcolati rispetto ad  $Al_2O_3$ ,  $K_2O$  e  $TiO_2$ . Il contenuto medio di Zr nel materiale fillosilicatico è di circa 195 ppm, molto simile ai valori medi (220 e 180 ppm) calcolati da L. LEONI (1974) per il materiale fillosilicatico associato ad alcune serie di Diaspri liguri.

## CONCLUSIONI

E' stato possibile stabilire che tutti i sedimenti studiati sono costituiti da materiali geneticamente diversi, dalla cui mescolanza in varie proporzioni derivano i litotipi osservati:

- a) frazione detritica di provenienza ofiolitica:  
consiste di vari tipi di minerali ed anche di frammenti di rocce ofiolitiche più o meno grossi e metamorfosati. I minerali sono principalmente clorite, un minerale a strati misti clorite-vermiculite, illite, un minerale a strati misti illite-montmorillonite e subordinatamente plagioclasio, titanite ed anche per alcuni campioni pumpellyite, magnetite e spinello cromifero. Questa frazione, responsabile spesso della maggior parte della roccia totale, deriva dall'erosione, alterazione e trasporto sottomarini di vetri ialoclastitici, di metabasalti e probabilmente di gabbri e serpentine.
- b) frazione carbonatica di origine biogenica:  
costituisce gli strati calcarei presenti nella serie, e si è deposta col meccanismo di onda torbida.
- c) frazione a composizione silicea:  
è responsabile della presenza di quarzo libero nella serie sedimentaria. Probabilmente ha origine dall'accumulo di gusci e di Radiolari costituiti da opale, successivamente cristallizzato in quarzo.
- d) frazione di precipitazione chimica di ferro e manganese:  
è significativamente presente solo nei livelli sedimentari più vicini al contatto con i Diabasi.

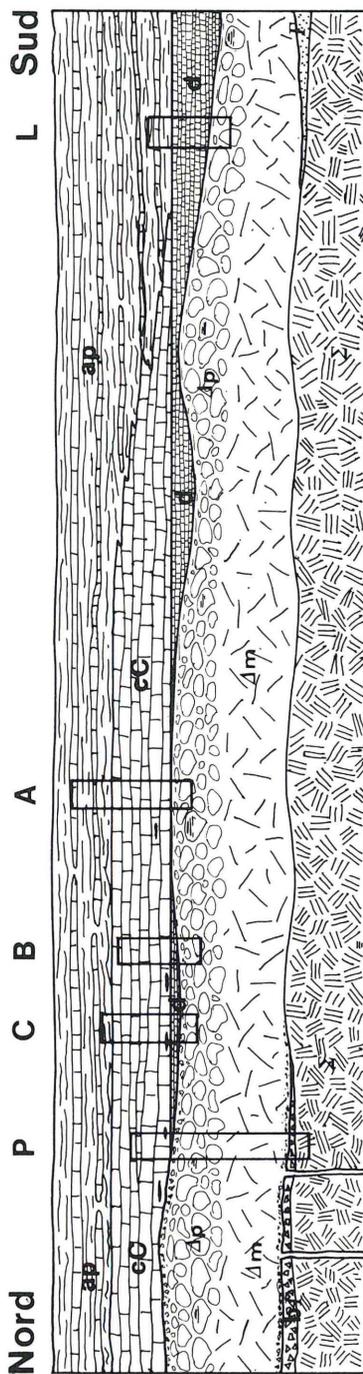


Fig. 6 - Sezione paleogeografica interpretativa da Pàstina a Castellina Marittima (Prov. di Pisa).  
 Σ serpentine; Γ gabbri; bΓ breccie ad elementi di gabbro; Δ basalti (Δm massici, Δp a pillows); d diaspri; cC calcari a Calpionelle; ap argille a palombini. P sezione di Pàstina; A, B, C sezioni studiate da L. DALLAN *et AL.* (1968); L sezione studiata da L. LEONI (1974).  
 La figura non rispecchia proporzioni reali (scala verticale esagerata rispetto a quella orizzontale).

Se si esclude la frazione carbonatica, le rimanenti frazioni sono analoghe, anche se presenti in proporzioni diverse, a quelle dei litotipi che costituiscono la formazione dei Diaspri.

Sulla base dei dati raccolti è possibile trarre alcune considerazioni di carattere paleogeografico circa l'ambiente di sedimentazione della serie di Pàstina.

La serie studiata è nella stessa posizione stratigrafica dei Diaspri liguri, che tuttavia sono assenti, e sicuramente non per laminazione tettonica.

La base della formazione dei Calcari a Calpionelle è da porsi a livello del campione Pa 10, che rappresenta il primo evento turbiditico.

La mancanza di un sedimento interamente radiolaritico rimane però un fenomeno locale, in quanto a pochi Km di distanza la formazione dei Diaspri è spesso almeno 10 metri e possiede tutti i suoi litotipi caratteristici, e a circa 15 Km a sud di Pàstina è presente la serie dei diaspri di Castellina Marittima, studiata da L. LEONI (1974).

La sedimentazione della serie di Pàstina doveva quindi aver luogo in una zona di fondo oceanico leggermente ondulato, dove i primi sedimenti (fanghi silicei), per la presenza di correnti di fondo, venivano asportati e depositati prevalentemente nelle depressioni, lasciando qua e là rialzi sottomarini costituiti da basalti, metabasalti, serpentine e subordinatamente gabbri.

In figura 6 è stata rappresentata la sezione schematica interpretativa della serie di Pàstina, che utilizza anche dati stratigrafici di L. DALLAN *et Al.* (1968) e L. LEONI (1974).

La presenza nei livelli calcarei più bassi di frammenti ialoclastici ad angoli acuti consente inoltre di ipotizzare attività vulcanica contemporanea alle prime onde torbide apportatrici del materiale calcareo.

#### BIBLIOGRAFIA

- ANDRI E. & FANUCCI F. (1975) - La risedimentazione dei Calcari a Calpionelle liguri. *Boll. Soc. Geol. It.*, **94**, 915-925.
- AUDLEY-CHARLES M. G. (1965) - Some aspects of chemistry of Cretaceous siliceous sedimentary rocks from Eastern Timor. *Geoch. et Cosmoch. Acta*, **29**, 1175-1192.
- BATTAGLIA S. & LEONI L. (1977) - Experimentally measured mass absorption coefficients in quantitative X-ray diffraction analysis. *Analytical Chemistry*, **49**, 1168-1169.

- BENCINI R. (1978) - Studio mineralogico, petrografico e chimico delle formazioni diasprigne al contatto con i Diabasi nelle località di Pàstina (PI) e M. Pu (GE). *Tesi di laurea, Fac. Sc. Mat. Fis. Nat., Università di Pisa*.
- BENCINI R., CRISCUOLO A., FRANZINI M. & LEONI L. (1978) - Cavità orientate nei *pillows* della formazione dei Diabasi dell'Appennino centro-settentrionale. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., ser. A*, **85** (in corso di stampa).
- BONATTI E. & JOENSUU O. (1966) - Deep-sea iron deposit from the South-Pacific. *Science*, **154**, 643-645.
- CRESMANN E. R. (1962) - Non detrital siliceous sediments. *U.S. Geol. Survey, Prof. Paper*, **440** (7), 1-22.
- DALLAN L., GIANNINI E., SQUARCI P. & TAFFI L. (1968) - Calcare a Calpionelle ligure *Studi illustrativi della Carta geologica d'Italia, Formazioni*. **1**, 131-144.
- DECANDIA F. A. & ELTER P. (1972) - La zona ofiolitifera del Bracco nel settore compreso fra Levante e la Val Graveglia (Appennino ligure). *Mem. Soc. Geol. It.*, **11**, 503-530.
- FRANZINI M., GRATZIU C. & SCHIAFFINO L. (1968) - I sedimenti silicei non detritici dell'Appennino centro settentrionale. 1. La formazione dei Diaspri di Reppia (Genova). *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., ser. A*, **75**, 154-203.
- FRANZINI M., LEONI L. & SAITTA M. (1975) - Revisione di una metodologia analitica per fluorescenza-X, basata sulla correzione completa degli effetti di matrice. *Rend. Soc. It. Miner. e Petrol.*, **31** (2), 365-378.
- GIANNINI E. (1962) - Geologia del bacino della Fine (Province di Pisa e Livorno). *Boll. Soc. Geol. It.*, **81** (2), 99-224.
- LEONI L. (1974) - Le rocce silicee non detritiche dell'Appennino centro-settentrionale. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., ser. A*, **81**, 187-221.
- LEONI L. & SAITTA M. (1976) - X-Ray fluorescence analysis of 29 trace elements in rock and mineral standards. *Rend. Soc. It. Miner. Petrol.*, **32** (2), 497-510.

(*ms. pres. il 19 dicembre 1978; ult. bozze il 9 febbraio 1979*).