

GIORGIO V. DAL PIAZ*, GIANFRANCO DI BATTISTINI**
GUIDO GOSSO***, GIAMPIERO VENTURELLI****

MICASCISTI GRANATIFERI A RELITTI DI OMFACITE E QUARZITI A GLAUCOFANE E GRANATO NELL'UNITÀ DI ZERMATT-SAAS DELLA FALDA OFIOLITICA PIEMON- TESE TRA ST. JACQUES ED IL BREUIL*****

RIASSUNTO. — L'unità inferiore o di Zermatt-Saas della falda piemontese dei calcescisti con pietre verdi è costituita, tra St. Jacques e la conca del Breuil (Valle d'Aosta), da prevalenti metaofioliti ad affinità oceanica con peridotiti tettonitiche serpentizzate, metagabbri e metavulcaniti basaltiche di vario tipo. Vi si associano sequenze sedimentario-metamorfiche da sin- a postvulcaniche che comprendono micascisti granatiferi $\pm$ a carbonato, scisti quarzitici talora manganesiferi, calcescisti s.s. e locali marmi. La sezione ofiolitica mostra un'impronta metamorfica di alta pressione e bassa temperatura, con acme eclogitico di età eoalpina e diffuse associazioni decompressionali, seguite da una riequilibrio in facies scisti verdi di età lepontina, da incipiente a progredita. La presenza di relitti di omfacite parzialmente uralizzata in micascisti granatiferi mesozoici e la definizione della composizione delle loro principali fasi mineralogiche consente di ricostruire, per le sequenze di copertura, un'evoluzione metamorfica analoga a quella delle associate metabasiti, anche se in genere assai meno completa. Essa comprende un'associazione iniziale di tipo eclogitico a quarzo, granato ed omfacite (rari relitti) $\pm$ zoisite e fengite I e prosegue con lo sviluppo di anfiboli sodici e cloritoide, seguiti dalla blastesi di anfiboli calcici, epidoto, clorite, albite, paragonite $\pm$ biotite oliva.

ABSTRACT. — The structurally lower Zermatt-Saas unit of the Piemonte Ophiolite nappes occurring in the Aosta valley, Italian Western Alps, consists of a thick section of metamorphic ophiolites (largely serpentized peridotite tectonites, metagabbros and basaltic metabasites) and of a Mesozoic syn- and postvolcanic sedimentary sequence including predominantly garnetiferous mica schists, with associated calc schists, marbles and ($\pm$ Mn-rich) quartzites. The metaophiolites retain abundant relics of early-Alpine eclogitic to blueschist assemblages, more or less pervasively overprinted by the lepontine greenschist-facies recrystallization. The associated mica schists, although more pervasively retrogressed, still preserve an early eclogite assemblage (garnet-quartz-omphacite $\pm$ zoisite) which is followed by the growth of Na-amphiboles and chloritoid. Microprobe analyses of the main mineral phases from two garnetiferous schists occurring in the Breuil-St. Jacques area have been performed. The average composition of 8 omphacites

* Istituto di Geologia dell'Università, via Giotto 1, Padova. ** Istituto di Petrografia e Giacimenti Minerari dell'Università, via Gramsci 9, Parma. *** Istituto di Petrografia dell'Università, via San Massimo 24, Torino. **** Istituto di Mineralogia dell'Università, via Gramsci 9, Parma. ***** Lavoro eseguito con il contributo del C.N.R. (Contratto n. 78.00809.89 e Centro di studio sui problemi dell'Orogeno delle Alpi occidentali). Progetto Finalizzato « Geodinamica », pubblicazione n. 229. Le analisi chimiche dei minerali sono state eseguite alla microsonda elettronica installata dal C.N.R. presso l'Istituto di Mineralogia dell'Università di Modena, diretto dal Prof. G. Gottardi.

($\text{Jd}_{41.3}\text{Ac}_{10.1}(\text{Di}+\text{Hd})_{48.6}$) is close similar to the average of sodic pyroxenes from the associated metabasalts and metagabbros. Garnet is almandine-rich and appears to be commonly zoned, with a calcium+manganese-rich core and an iron+magnesium-rich rim, as in other relatively low-temperature eclogitic assemblages of the surrounding metaophiolites.

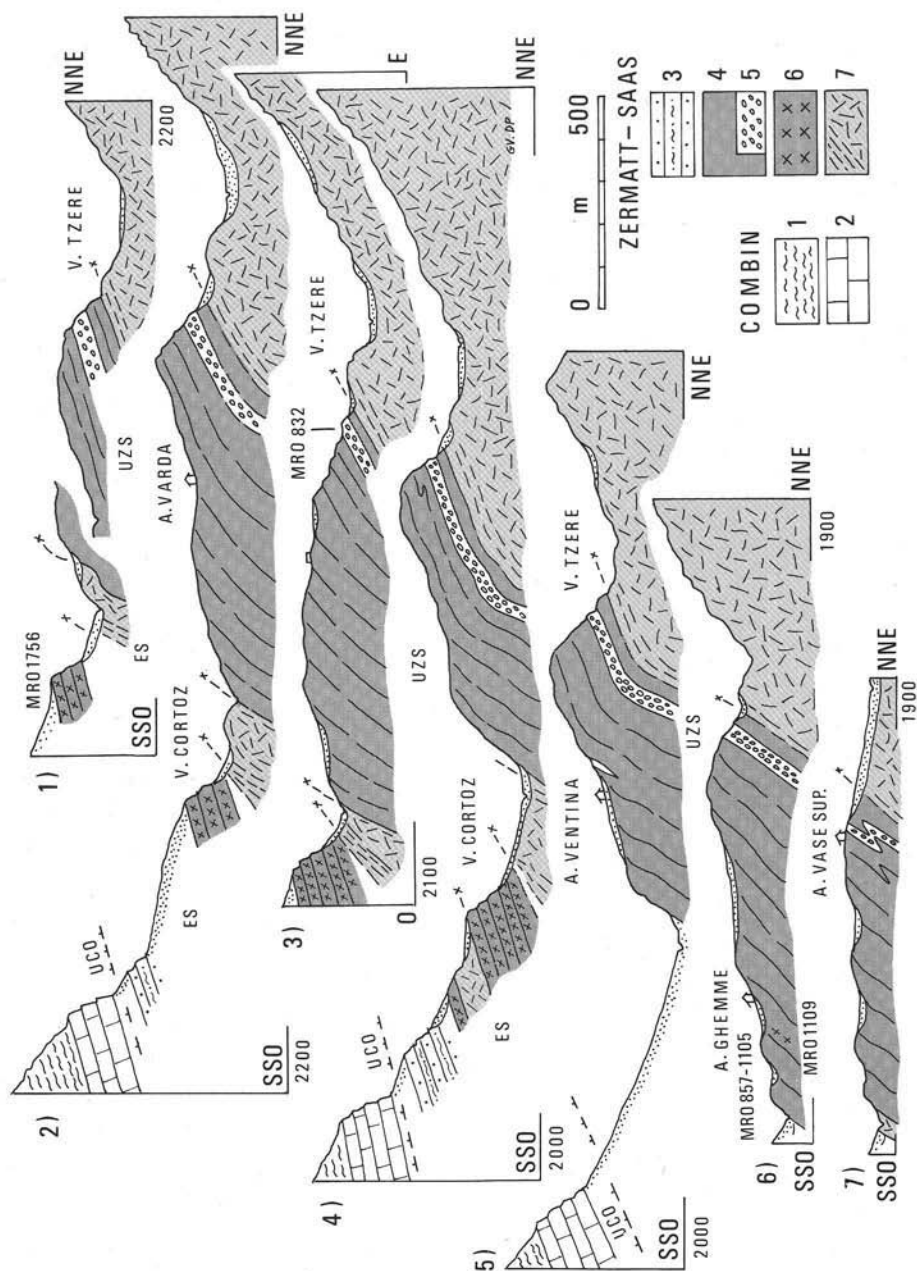
Introduzione

È noto che in Valle d'Aosta (DAL PIAZ, 1965, 1976; ELTER, 1971; KIENAST, 1973; DAL PIAZ e ERNST, 1978) e nel Vallese (BEARTH, 1967, 1973, 1976) la falda ofiolitica piemontese si suddivide in due principali elementi tettonici: l'unità inferiore, o di Zermatt-Saas, e quella superiore, o del Combin. La prima è costituita da potenti peridotiti tettonitiche serpentinnizzate, da discontinui metagabbri (con locali Fe-gabbri), da metavulcaniti basaltiche di vario tipo e da eterogenee sequenze mesozoiche di copertura. La seconda è formata invece da ripetute alternanze di prasiniti e di calcescisti *s.l.* con associate lenti di metagabbri e serpentiniti e da un complesso preofiolitico di base ad affinità continentale, di età triassico-liassica. Le differenze tra le due unità si accentuano qualora se ne consideri la sovraimpronta metamorfica alpina. L'unità di Zermatt-Saas è caratterizzata da diffuse associazioni di alta pressione e bassa temperatura (rari relitti preeclogitici, climax eclogitico di età coalpina, associazioni decompressionali polifasiche), preservate al di sotto di una parziale e discontinua riequilibrio in facies scisti verdi (BEARTH, 1967, 1973; DAL PIAZ e ERNST, 1978; ERNST e DAL PIAZ, 1978, con rif. bibl.). L'unità del Combin mostra invece una generale ed omogenea impronta metamorfica in facies scisti verdi di età lepontina, pur non mancando locali relitti di granato almandino e di anfibolo sodico che sembrano circoscritti ad un subelemento tettonico sommitale (DAL PIAZ et al., in preparazione).

Il metamorfismo di alta pressione e bassa temperatura dell'unità di Zermatt-Saas trova le migliori esposizioni in corrispondenza di metabasiti di vario tipo, trasformate in eclogiti *s.s.*, eclogiti glaucofaniche e glaucofaniti granatifere $\pm$ a pirosseno sodico. Si tratta di originarie vulcaniti basaltiche (lave massicce, pillow lave, ialoclastiti e/o tufti ialoclastitiche con alterazione oceanica più o meno accentuata), gabbri, Fe-gabbri e letti melanocratici in complessi gabbri stratificati.

Fig. 1. — Profili seriatati attraverso il medio e basso Vallone delle Cime Bianche (St. Jacques), percorso dai due torrenti subparalleli di Tzere e Cortoz (o Courtod). Falda piemontese dei calcescisti con pietre verdi: (a) unità superiore o del Combin (UCO): 1) calcescisti con locali intercalazioni prasinitiche, non distinte; 2) complesso pre-ofiolitico di base (quarziti e scisti quarzitici eotriassico-neopermiani; dolomie e marmi triassici $\pm$ marmi e breccie liassiche); (b) unità inferiore o di Zermatt-Saas (UZS): 3) alternanze sommitali di parascisti vari e metavulcaniti stratoidi; 4) metavulcaniti basaltiche con diffuse associazioni eclogitiche; 5) complesso del Rifelberg-Garten; 6) metagabbri di vario tipo; 7) serpentiniti antigoritiche (da peridotiti tettonitiche), laminate-fogliettate presso i contatti con le altre litologie, ricche di intercalazioni di gabbri rodingitici e di rodingiti a grana fine, non distinte. ES: subelemento tettonico sommitale dell'unità di Zermatt-Saas. La tavola riporta l'ubicazione del campione MRO 832 analizzato e quella di campioni di metabasiti descritte da DAL PIAZ e ERNST (1978) e da ERNST e DAL PIAZ (1978) (MRO 857-1105-1756).

La composizione chimica delle eclogiti e dei loro minerali significativi, indicatori di un metamorfismo di subduzione, è già definita tra la Valsesia e la Valtournanche (DAL PIAZ e ERNST, 1978; ERNST e DAL PIAZ, 1978) e nei dintorni di Zermatt (BEARTH, 1967, 1973). Poco si conosce invece sulle associazioni di alta pressione e bassa temperatura presenti nelle sequenze sedimentarie mesozoiche asso-

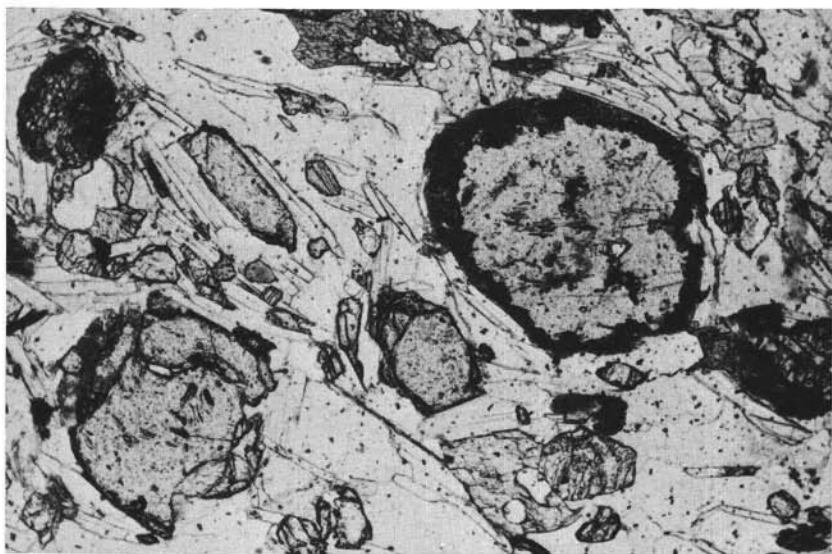


ciate alle metaofioliti dell'unità di Zermatt-Saas. I calcescisti s.l., pur manifestando una riequilibrio in facies scisti verdi più progredita e pervasiva delle metabasiti, conservano discrete testimonianze del precedente episodio metamorfico di alta pressione e bassa temperatura, per la presenza di granato zonato e mica bianca fengitica I (ubiquitari), ai quali si associano, saltuariamente, zoisite, anfiboli sodici e cloritoide, a volte centimetrico. In casi eccezionali si rinvencono relitti di pirosseno sodico parzialmente uralitizzato (DAL PIAZ, 1974).

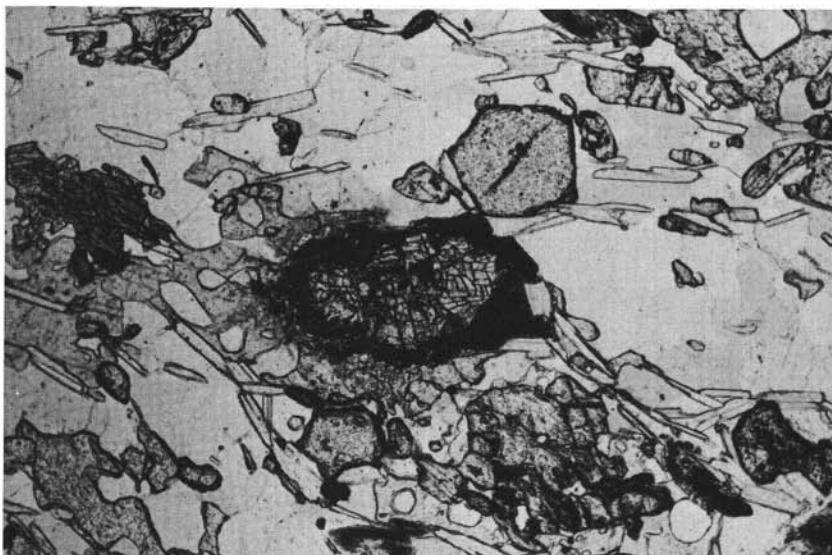
Questa nota è dedicata allo studio in microsonda elettronica delle principali fasi mineralogiche presenti in un micascisto carbonatico-granatifero a relitti di omfacite (MRO 832) e in una quarzite glaucofanico-granatifera (DBL 406) rinvenuti rispettivamente nella piana di Tzere (St. Jacques) e nella conca del Breuil (Cervinia). La regione è situata tra la testata della Valle d'Ayas e della Valtournanche (Valle d'Aosta) ed è compresa nel foglio geologico 29, Monte Rosa. Notizie dettagliate sull'assetto geologico, strutturale e metamorfico della regione sono esposte in DAL PIAZ (1965, 1976), BEARTH (1967), KIENAST (1973), DAL PIAZ e ERNST (1978), ERNST e DAL PIAZ (1978), DAL PIAZ et al. (1979), GOSSO et al. (1979).

I parascisti dell'Unità di Zermatt-Saas nell'area Breuil-St. Jacques

Alla testata della Valle d'Ayas (St. Jacques) e nella conca del Breuil le sequenze sedimentarie mesozoiche, che si associano alla potente sezione di metaofioliti ad affinità oceanica dell'unità piemontese inferiore, sono molto eterogenee e, nella maggioranza dei casi, dissimili dalle litologie del layer 1 della crosta oceanica attuale e dalle similari coperture ad affinità liguride, localmente presenti in Valle d'Aosta (ELTER, 1971) e nel Vallese (BEARTH, 1976). Lo si può affermare anche se le deformazioni polifasiche alpine hanno probabilmente ricostituito, con cospicue trasposizioni, le originarie successioni litologiche dell'unità di Zermatt-Saas (GRUPPO OFIOLITI, 1977; GOSSO et al., 1979), rendendo moltlo difficile, se non aleatoria, la possibilità di ricostruirne l'assetto stratigrafico. Non vi è dubbio comunque che molte sequenze di copertura palesino caratteristiche di tipo vulcano-sedimentario (alternanze ripetute di calcescisti s.l. e di metavulcaniti stratoidi di composizione basaltica $\pm$ lenti di metagabbri e serpentine) che ricordano da vicino, spessore e metamorfismo a parte, le classiche successioni ofiolitifere della sovrastante unità del Combin. Queste successioni sono ben esposte lungo il vallone delle Cime Bianche e, con minore continuità, nella conca del Breuil: esse affiorano nel settore sommitale dell'unità di Zermatt-Saas, subito al di sotto della banda triassica che segna l'inizio della sovrastante unità del Combin, e costituiscono con ogni probabilità una subfalda indipendente dell'unità di Zermatt-Saas (fig. 1), assieme ad una estesa barra di metagabbri a granato ed a un rosario di lenti basali di serpentine milonitica (DAL PIAZ, 1965; DAL PIAZ e ERNST, 1978). Tra i parascisti di queste sequenze sommitali prevalgono calcescisti banali e micascisti granatiferi a carbonato $\pm$ albite, cui si associano quarziti micaceo-granatifere $\pm$ a clorite e subordinati marmi impuri.



a)



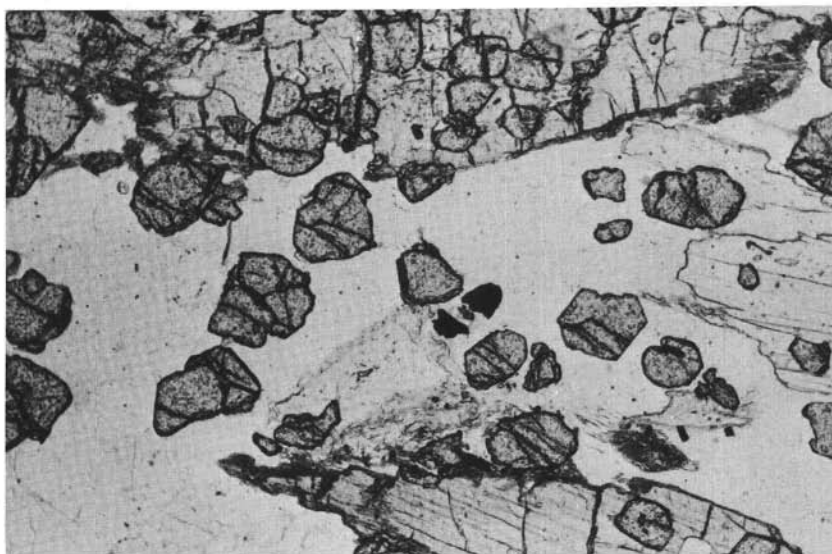
b)

Fig. 2. — Relitti di omfacite con orlo uralitico pseudoopaco nel micascisto carbonatico-granatifero ad anfibolo verde ed epidoto della Piana di Tzere, St. Jacques (MRO 832). (Solo Pol., 90 x).

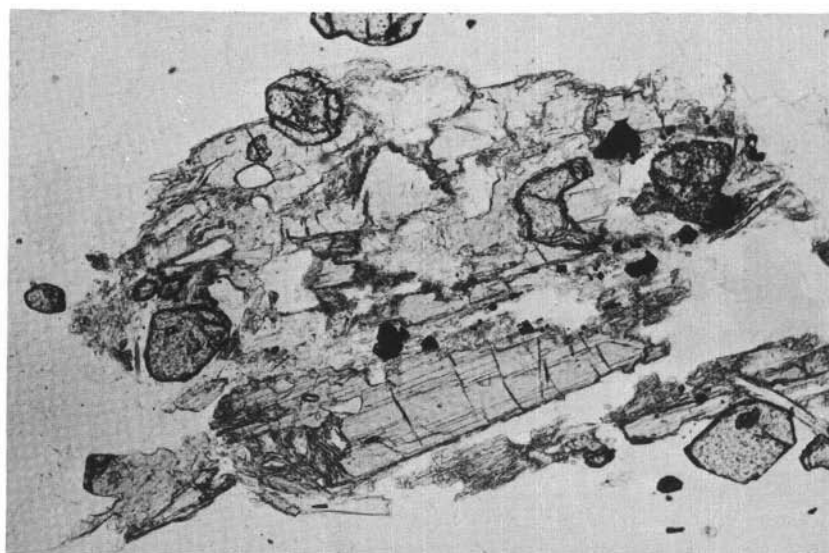
Ulteriori sezioni di parascisti mesozoici compaiono a livelli strutturali più bassi dell'unità Zermatt-Saas. Sono situate a tetto ed all'interno del potente complesso di metavulcaniti basaltiche (eclogiti, glaucofaniti granatifere, Ab-anfiboliti; DAL PIAZ e ERNST, 1978; ERNST e DAL PIAZ, 1978) che a loro volta ricoprono, con mar-

cato contatto tettonico, il complesso basale di peridotiti tettonitiche serpentinite che si estende, con spessore chilometrico, dal Monte Rosso di Verra, al Breithorn ed alla Conca del Breuil, con limitate e discontinue scaglie basali di metabasiti (DAL PIAZ, 1965). I parascisti situati a tetto delle metavulcaniti basaltiche formano successioni sottili, discontinue e fortemente disarticolate di prevalenti micascisti granatiferi a carbonato con associati calcescisti s.s., marmi e quarziti micacee basali, a luoghi mangesifere (sequenze ad affinità ligure). I parascisti affioranti all'interno della sezione di metavulcaniti basaltiche formano un orizzonte di spessore modesto (1-10 m), ma assai regolare, che si estende con continuità per oltre 7 km dal Palon di Resy (St. Jacques) alla conca del Breuil, attraverso il lato sinistro del vallone delle Cime Bianche (fig. 1). È costituito da micascisti granatiferi argentei con elementi millimetrici (clasti?) di carbonato con minuta pigmentazione di opachi, da locali livelli metrico-decimetrici di marmi farinosi a patina giallastra e da quarziti e scisti micaceo-granatiferi $\pm$ a clorite di colore grigio-verdognolo. A distinguere in modo peculiare l'orizzonte di micascisti granatiferi è la presenza, in definiti livelli metrici, di inclusi di metavulcaniti eclogitiche $\pm$ a mica bianca; hanno forma da subsferica ad ellissoidica, contorno talvolta vagamente poligonale, dimensioni in gran prevalenza tra 1 e 5 cm (con massimo di qualche dm) e frequenze dell'ordine di 10-20 elementi per metro quadrato di superficie. Non mancano, ma a livelli stratigrafici diversi, inclusi di dimensioni maggiori (da decimetrici a plurimetrici) di metabasiti eclogitiche più o meno retrocesse, lenticolari o più raramente di forma irregolare (DAL PIAZ, 1965). L'insieme è noto come complesso del Rifelberg-Garten, definito da BEARTH (1953, 1967) nella contigua area di Zermatt. Nel settore italiano esso comprende due membri principali: l'orizzonte ad inclusi piccoli ed arrotondati, di possibile natura flussoturbiditica e quello a lenti maggiori che corrisponde verosimilmente ad un livello di boundinage e melange tettonico di originarie metavulcaniti stratoidi intercalate nei parascisti.

Nell'area Breuil-St. Jacques i parascisti dell'unità di Zermatt-Saas mostrano un quadro metamorfico polistadiale che ricorda da vicino, anche se in forma più discontinua e meno completa, quello rilevato nelle metabasiti circostanti e descritto in dettaglio da DAL PIAZ e ERNST (1978) e ERNST e DAL PIAZ (1978) (per le analoghe litologie del vicino Vallese si vedano i lavori di BEARTH, 1967, 1973). La differente composizione chimica, il diverso assetto tessiturale e la maggiore reattività agli effetti delle deformazioni penetrative del ciclo alpino hanno un palese riflesso sullo sviluppo delle associazioni di alta pressione e bassa temperatura nei parascisti mesozoici, sull'abbondanza dei minerali indice e sul grado di retrocessione metamorfica, rispetto a quanto osservato nelle metabasiti. Le associazioni mineralogiche più significative sono conservate di norma nei micascisti $\pm$ carbonatici e nelle quarziti scistose che comprendono granato e fengite I, abbondanti ed ubiquitari, anfiboli sodici, zoisite e cloritoide con discreta frequenza e rari relitti di omfacite. Anche nei livelli carbonatici, caratterizzati di solito da associazioni banali, non mancano testimonianze dell'evento di alta pressione e bassa temperatura, fornite da granato e/o zoisite.



a)



b)

Fig. 3. — La quarzite glaucofanico-granatifera ad anfibolo verde-azzurro, aggregati diablastici di albite + anfibolo calcico e clorite raccolta lungo il torrente Marmore, conca del Breudil (DBL 406). *a*) Porfiroblasti pecilitici di glaucofane che includono piccoli granati stabili; *b*) avanzato stadio di trasformazione di un porfiroblasto pecilitico di anfibolo sodico in un aggregato pseudomorfo di clorite e subordinata albite. (Solo Pol., 90 x).

Nella maggioranza dei casi le fasi mineralogiche più significative non risultano a diretto contatto, ma si trovano isolate nella matrice quarzoso-micaceo-carbonatica.

Non si può quindi stabilire con evidenza diretta se esse appartengano ad una singola associazione in equilibrio o se rientrino in gruppi paragenetici distinti. La seconda ipotesi è suggerita da alcuni indizi e dal confronto con l'evoluzione metamorfica delle metabasiti associate. Il problema più importante è quello di stabilire nei micascisti la posizione del pirosseno sodico in rapporto al granato ed alle altre fasi mineralogiche. La si può desumere indirettamente dall'osservazione di campioni distinti nei quali si rileva che il pirosseno è già parzialmente alterato (orlo di uralite torbida; fig. 2) prima che inizi la destabilizzazione del glaucofane e quella, ancora successiva, del granato; quest'ultimo è a sua volta frequentemente incluso nei porfiroblasti pecilitici di anfibolo sodico e quindi ne predata la blastesi (fig. 3).

Ci sembra quindi lecito presupporre che pirosseno sodico e granato, anche se non sono stati rinvenuti a diretto contatto, costituiscano la testimonianza di una associazione (od evento polifasico) di tipo eclogitico, nella quale erano verosimilmente coesistenti anche fengite I e zoisite. Glaucofane e cloritoide potrebbero invece appartenere ad una o più tappe dell'evoluzione metamorfica decompressionale del climax eclogitico.

I parascisti dell'unità di Zermatt-Saas mostrano infine, in modo più accentuato delle metabasiti, gli effetti della sovraimpronta polifasica finale in facies scisti verdi. Essa è contraddistinta dalla graduale destabilizzazione dell'anfibolo sodico ($\rightarrow$ simplectiti di albite ed anfibolo calcico; clorite; biotite oliva), di cloritoide ($\rightarrow$ paragonite + clorite) e granato ($\rightarrow$ clorite, biotite $\pm$ epidoto) e dalla comparsa, come fasi apparentemente indipendenti, di clorite, epidoti ferriferi, mica bianca II, albite $\pm$ biotite. Lo sviluppo porfiroblastico dell'albite e la discontinua comparsa di scarsa biotite costituiscono l'ultima tappa della blastesi lepontina, cui fanno seguito le associazioni polifasiche di litoclase ad albite, quarzo, carbonato, clorite, ecc.

Composizione di alcune fasi mineralogiche

Sono state analizzate in microsonda elettronica ARL le principali fasi mineralogiche di un micascisto carbonatico-granatifero ad anfibolo verde, epidoto e relitti di omfacite parzialmente uralitizzata (MRO 832) e di una quarzite glaucofanico-granatifera ad anfibolo verde-azzurro, aggregati diablastici di albite + anfibolo calcico e clorite (DBL 406). Il primo campione fa parte del complesso del Rifelberg-Garten ed è stato raccolto nei pressi della Piana di Tzere, a NW di St. Jacques, Valle d'Ayas (fig. 1, profilo 3). Il secondo proviene invece dalle ridotte sequenze di copertura della principale sezione di metavulcaniti eclogitiche che affiorano nella conca del Breuil lungo l'alveo del torrente Marmore, 600 m circa a ENE della stazione delle funivie di Cervinia. I due parascisti mostrano un quadro metamorfico polistadiale, con associazioni iniziali di alta pressione e bassa temperatura (granato ed omfacite in MRO 832; granato e glaucofane in DBL 406), seguite da parziale evoluzione verso la facies scisti verdi, incipiente nel primo campione, ben sviluppata nel secondo. Quest'ultimo mostra inoltre una bella sequenza di zonature in evoluzione decompressionale nell'anfibolo.

Ulteriori precisazioni sull'ubicazione dei campioni e sulle loro caratteristiche mineralogico-strutturali sono esposte in appendice.

Nelle Tabelle 1-4 sono riportate 11 analisi di granato, 8 di omfacite, 7 di anfibolo sodico e calcico, 3 di mica bianca e di 3 di epidoto. Le relative formule chimiche sono state ottenute secondo le modalità indicate di volta in volta.

Granato

Tutti i granati analizzati nei campioni MRO 832 e DBL 406 (Tabella 1) corrispondono a termini ricchi di almandino e sono nettamente zonati, con forte incremento di Mn e corrispondente diminuzione di Mg dalla periferia al nucleo. Le

TABELLA 1

Analisi in microsonda di granati dei parascisti mesozoici dell'area Breuil-St. Jacques

	MRO 832								DBL 406			
	1-1A r	1-1B	1-1C e	4-2A r	4-2B	4-3B	4-3C c		5-1A r	5-1B c	6-1A r	6-1B c
SiO ₂	38.5	38.3	38.0	37.9	37.8	37.9	37.7		37.7	37.7	38.3	37.9
TiO ₂	-	0.09	0.13	-	0.11	0.08	0.10		0.03	0.05	0.07	0.04
Al ₂ O ₃	21.2	20.8	20.8	20.9	21.6	21.2	21.0		21.7	21.4	21.6	21.2
FeO tot.	29.3	30.5	29.3	32.1	29.4	29.6	28.6		30.0	27.0	29.4	25.5
MnO	1.51	2.09	2.31	0.78	2.08	3.84	6.44		1.53	3.18	1.58	4.80
MgO	1.37	1.73	1.53	1.88	1.62	1.10	0.92		5.13	3.59	4.26	2.96
CaO	9.74	8.08	8.67	8.15	8.91	8.55	7.20		4.51	7.69	6.06	8.74
Na ₂ O	0.05	0.03	-	-	0.15	0.05	0.03		-	0.04	-	0.05
Tot.	101.7	101.6	100.7	101.7	101.7	102.0	102.0		100.6	100.6	101.3	101.2
Si	3.024	3.023	3.020	2.997	2.977	2.993	2.993		2.964	2.973	2.991	2.982
Al ^{IV}	-	-	-	0.003	0.023	0.007	0.007		0.036	0.027	0.009	0.018
Al ^{VI}	1.963	1.935	1.949	1.945	1.982	1.967	1.958		1.975	1.962	1.980	1.948
Ti	-	0.005	0.008	-	0.007	0.005	0.006		0.002	0.003	0.004	0.002
Fe ²⁺	1.925	2.013	1.947	2.122	1.936	1.955	1.899		1.972	1.780	1.920	1.678
Mn	0.100	0.160	0.156	0.052	0.139	0.233	0.433		0.102	0.212	0.105	0.320
Mg	0.160	0.203	0.181	0.222	0.190	0.129	0.109		0.601	0.422	0.496	0.347
Ca	0.820	0.683	0.738	0.690	0.752	0.724	0.612		0.380	0.650	0.507	0.737
Na	0.008	0.005	-	-	0.023	0.008	0.005		-	0.006	-	0.008

formule sono state calcolate considerando tutto il ferro come bivalente. La somma dei cationi oscilla tra 7,999 e 8,039, valori prossimi a quello teorico di 8. I valori stechiometrici di Al^{VI} sono sempre lievemente inferiori a 2 e ciò suggerisce la presenza di piccole quantità di Fe³⁺. Il chimismo dei granati è rappresentato schematicamente in fig. 4 e confrontato con i dati relativi ai granati delle metabasiti eclogitiche affioranti nell'area Breuil-St. Jacques, tratti da ERNST e DAL PIAZ (1978). I granati del micascisto carbonatico a relitti di omfacite (MRO 832) sono i più vicini a quelli delle metabasiti, mentre i granati della quarzite glaucofanica (DBL 406) risultano decisamente più ricchi in Mg, circostanza che probabilmente dipende dalla composizione della roccia ospite.

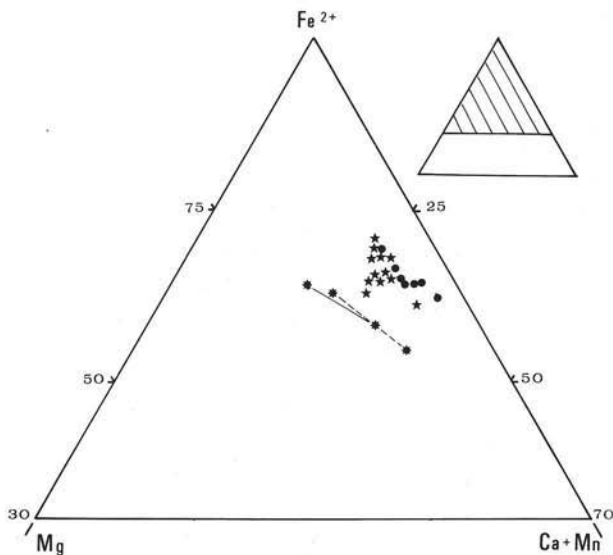


Fig. 4. — Rappresentazione schematica della composizione dei granati nei parascisti mesozoici MRO 832 (●) e DBL 406 (*) e confronto con i granati delle contigue metaofioliti eclogitiche (★), analizzate da ERNST e DAL PIAZ (1978).

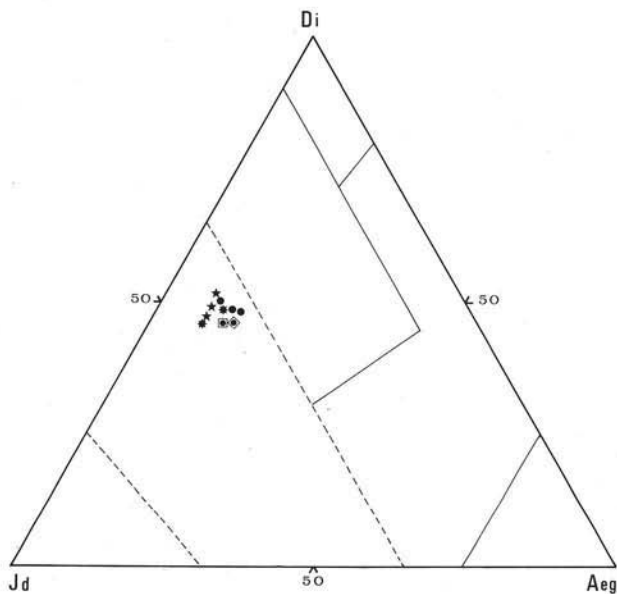


Fig. 5. — Rappresentazione schematica della composizione del pirosseno sodico del campione MRO 832; ●, ★ ed * corrispondono rispettivamente alle analisi di punti distinti dei cristalli n. 7, 8 e 9 (cfr. Tab. 2). Per confronto sono riportate le medie di 11 omfaciti appartenenti alle metabasiti eclogitiche dell'area Breuil-St. Jacques (quadrato centrato) tratte da ERNST e DAL PIAZ (1978), e di 5 omfaciti dei dintorni di Zermatt (losanga centrata; analisi di BEARTH, 1973). Di = diopside + hedembegite; Jd = giadeite; Aeg = egirina.

TABELLA 2

Analisi in microsonda di pirosseni sodici dei micascisti della Piana di Tzere, St. Jacques (Valle di Ayas)

MRO 832

	7-1A	7-1B	7-1C	8-1A	8-1B	8-1C	9-1A	9-1B
SiO ₂	56.0	56.5	56.2	55.1	54.9	54.4	56.4	54.9
TiO ₂	—	0.05	0.05	—	0.05	0.04	0.04	0.06
Al ₂ O ₃	9.99	10.5	9.60	11.0	11.6	10.4	11.7	11.0
FeO tot.	8.36	6.48	8.61	6.39	6.18	6.62	6.52	7.58
MnO	—	—	—	—	0.08	—	0.07	—
MgO	6.69	7.48	6.70	7.20	6.91	7.21	6.34	6.67
CaO	12.4	12.8	12.4	12.6	12.1	12.9	11.7	12.3
Na ₂ O	7.36	6.92	7.35	7.26	7.55	6.89	7.67	7.51
Tot.	100.8	100.7	100.9	99.6	99.4	98.5	100.4	100.0
Si	1.996	2.007	2.002	1.973	1.965	1.975	2.004	1.962
Al ^{IV}	0.004	—	—	0.027	0.035	0.025	—	0.038
Al ^{VI}	0.415	0.439	0.404	0.437	0.455	0.420	0.490	0.426
Ti	—	0.001	0.001	—	0.001	0.001	0.001	0.002
Fe tot.	0.249	0.193	0.257	0.191	0.185	0.201	0.194	0.226
Mn	—	—	—	—	0.002	—	0.002	—
Mg	0.355	0.396	0.356	0.384	0.369	0.390	0.336	0.355
Ca	0.473	0.488	0.472	0.484	0.464	0.503	0.444	0.471
Na	0.508	0.476	0.508	0.504	0.524	0.485	0.529	0.520
Jd	39.4	40.1	38.4	42.2	44.1	40.5	46.0	41.6
Aeg	12.4	9.2	13.4	8.8	8.9	8.5	8.3	10.8
Di+Hd	48.2	50.7	48.2	49.0	47.0	51.0	45.7	47.6

Omfacite

Le 8 analisi di pirosseno sodico sono state eseguite su punti diversi di tre cristalli del campione MRO 832. I dati sono riportati in Tabella 2, assieme alle formule chimiche ottenute ponendo la somma dei cationi eguale a 4. Al tot. varia da un valore minimo di 0,404 ad un massimo di 0,490 ed i coefficienti stechiometrici di Al^{IV} sono sempre estremamente bassi. Non vi è traccia di K e Cr, mentre Ti e Mn sono sempre molto scarsi o assenti. La somma di Ca + Na varia tra 0,964 e 0,991. Le proporzioni tra la molecola giadeitica (Jd), egrinica (Aeg) e diopsidico-hedembergitica (Di + Hd), riportate in Tabella 2, sono state calcolate mediante la formula di BANNO (1959), ponendo $\text{Fe}^{2+} = \text{Ca} - \text{Mg} - \text{Mn}$. Si tratta di omfaciti con discrete variazioni composizionali attorno al valore medio di $\text{Jd}_{41,3}\text{Aeg}_{10,1}(\text{Di} + \text{Hd})_{48,6}$. I dati ottenuti sono rappresentati nel diagramma ternario di fig. 5, assieme alla composizione media di omfaciti appartenenti alle associate metabasiti eclogitiche (area Breuil -St. Jacques; ERNST e DAL PIAZ, 1978) ed a quelle del vicino Vallese (BEARTH, 1973). La figura mostra chiaramente che i relitti di omfacite nel micascisto MRO 832 hanno composizione molto prossima

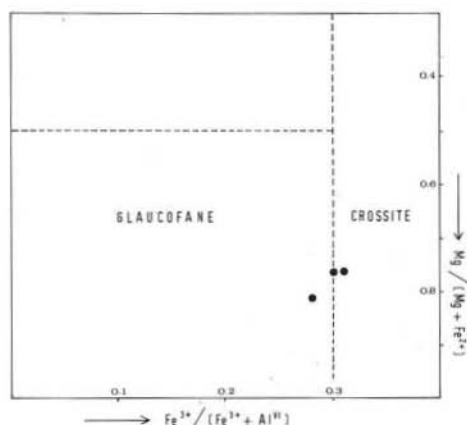


Fig. 6. — Gli anfiboli sodici della quarzite granatiferà del torrente Marmore, conca del Breuil (DBL 406).

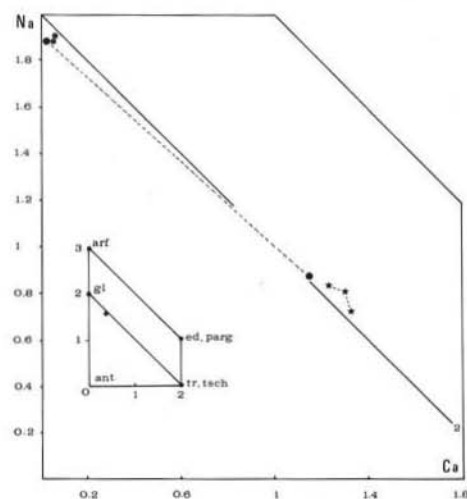


Fig. 7. — Rappresentazione schematica delle variazioni di composizione in alcuni anfiboli sodici analizzati. *: anfiboli sodici del campione DBL 406; •: porfiroblasto zonato con nucleo glaucofanico (analisi 12-1A in Tab. 3) e periferia di orneblenda magnesifera (12-1B) nel campione DBL 406; ★: anfibolo calcico del campione MRO 832.

TABELLA 3
Analisi in microsonda di anfiboli
dei micascisti dell'area di St. Jacques-Breuil

	MRO 832			DBL 406			
	10-1A	10-1B	10-1C	11-1A	11-1B	12-1A	12-1B
SiO ₂	48.7	48.5	48.2	57.0	58.2	c 56.9	r 46.5
TiO ₂	0.12	0.21	0.18	0.13	0.05	-	0.10
Al ₂ O ₃	10.1	11.3	10.7	11.1	11.0	11.0	7.90
Cr ₂ O ₃	-	-	-	0.08	0.06	0.08	-
FeO tot.	12.4	12.9	12.8	12.0	10.9	11.7	19.1
MnO	0.07	0.08	0.08	-	-	-	0.66
MgO	13.1	12.5	12.7	10.4	11.0	10.1	11.5
CaO	8.60	8.09	8.46	0.38	0.36	0.20	7.22
Na ₂ O	2.63	3.03	2.92	7.12	7.29	7.10	3.05
K ₂ O	0.15	0.15	0.17	-	-	-	0.04
Tot.	95.9	96.8	96.2	95.2	98.9	97.1	96.1
Si	7.008	6.921	6.931	7.746	7.817	7.805	6.880
Al ^{IV}	0.992	1.079	1.069	0.254	0.183	0.195	1.120
Al ^{VI}	0.721	0.822	0.745	1.524	1.559	1.584	0.258
Cr	-	-	-	0.009	0.006	0.009	-
Ti	0.013	0.023	0.019	0.013	0.005	-	0.011
Fe ³⁺	0.747	0.771	0.769	0.682	0.613	0.669	1.180
Mg	2.809	2.653	2.722	2.106	2.202	2.065	2.536
Fe ²⁺	0.710	0.731	0.745	0.666	0.515	0.670	1.015
Fe ²⁺	0.037	0.040	0.025	0.017	-	-	0.165
Mn	0.009	0.010	0.010	-	-	-	0.083
Ca	1.326	1.237	1.303	0.055	0.052	0.029	1.145
Na	0.628	0.713	0.662	1.876	1.899	1.888	0.607
Na	0.106	0.125	0.152	-	-	-	0.268
K	0.028	0.027	0.031	-	-	-	0.008

TABELLA 3.1
Variazione composizionale in un cristallo di
anfibolo procedendo dal nucleo (c) glaucofanico
al bordo (r) barroisitico (campione DBL 406)

	(c)		(r)
FeOtot.	13.9	14.6	16.5
CaO	0.47	1.33	2.32
Na ₂ O	6.37	5.90	5.79
			2.78

a quella dei pirosseni sodici analizzati dagli autori citati nelle metaofoliti dell'unità di Zermatt-Saas.

Anfiboli

Sono stati analizzati 7 anfiboli dei campioni MRO 832 e DBL 406. I dati sono riportati nella Tabella 3. Quattro analisi parziali di un anfibolo zonato sono espote

in Tabella 3.1. Le formule chimiche sono state ottenute assumendo arbitrariamente, e con ogni probabilità erroneamente (UNGARETTI et al., *com. pers.*), $Fe^{3+}/Fe^{2+} = 1$. Seguendo la classificazione di LEAKE (1978), gli anfiboli variano da glaucofane-crossite a barroisite-orneblenda magnesifera. Alcuni dati sono riportati nei diagrammi di figg. 6 e 7. L'anfibolo del micascisto carbonatico-granatifero ad omfacite è una Mg-orneblenda; i porfiroblasti zonati della quarzite granatifera DBL 406 passano da un nucleo a composizione glaucofanica verso una periferia di orneblenda magnesifera, talora attraverso una zona intermedia barroisitica (cfr. le analisi 12-1A e 12-1B della Tabella 3 e quelle parziali della Tabella 3-1). Gli anfiboli sodico-calcici e calcici dei parascisti mesozoici dell'area Breuil-St. Jacques rappresentano, come per le contigue metaofoliti, un prodotto metamorfico evolutivo al progressivo diminuire della pressione.

La somma dei cationi negli anfiboli analizzati è compresa tra 15,18 e 14,91. Nei termini glaucofanico-crossitici (DBL 406) Ca, presente in proporzione molto ridotta, non supera il 3 % delle posizioni M 4 occupate. Il contenuto in Ca degli anfiboli sodici nei parascisti è decisamente più basso di quello dei glaucofani presenti nelle metabasiti circostanti (ERNST e DAL PIAZ, 1978). A differenza dei

termini glaucofanici che ne sono privi, gli anfiboli barroisitico-orneblendici contengono modeste quantità di K (da 0,031 a 0,008 nella formula chimica).

TABELLA 4

Analisi in microsonda di mica ed epidoto dei micascisti della Piana di Tzere, St. Jacques (Valle di Ayas)

	Mica MRO 832			Epidoto		
	1-1	1-2	1-3	2-1	2-2	2-3
SiO ₂	49.4	47.0	48.9	39.2	38.8	39.0
TiO ₂	0.16	0.18	0.19	0.14	0.10	0.13
Al ₂ O ₃	28.5	29.7	29.3	28.4	28.7	28.1
FeO tot.	2.03	1.96	2.05	6.42	6.08	6.41
MnO	-	-	-	0.07	0.06	0.07
MgO	2.98	3.25	3.31	0.07	0.05	0.12
CaO	0.17	0.23	0.22	23.8	24.0	23.4
Na ₂ O	0.59	0.76	0.62	-	-	-
K ₂ O	9.72	9.46	9.88	-	-	-
Tot.	93.6	92.5	94.5	98.8	98.5	97.9
Si	3.344	3.226	3.288	6.030	5.990	6.048
Al ^{IV}	0.656	0.774	0.712	-	0.010	-
Al ^{VI}	1.618	1.629	1.608	5.150	5.213	5.137
Fe ³⁺	-	-	-	0.825	0.764	0.831
Ti	0.008	0.009	0.010	0.016	0.012	0.009
Fe ²⁺	0.115	0.113	0.115	-	-	-
Mn	-	-	-	0.009	0.008	0.009
Mg	0.301	0.332	0.331	0.016	0.012	0.028
Ca	0.012	0.017	0.016	3.923	3.970	3.888
Na	0.077	0.101	0.081	-	-	-
K	0.839	0.828	0.847	-	-	-

Mica bianca

In Tabella 4 sono riportate 3 analisi di fengite del micascisto MRO 832, minerale che qui è riferibile probabilmente all'evento di alta pressione. La somma dei cationi è compresa tra 6,971 e 7,030, del tutto prossima al valore teorico di 7. Il contenuto in Ca, probabilmente presente in coordinazione 12, è nettamente più elevato di quello delle fengiti che compaiono in quantità da subordinata ad accessoria nelle metaofoliti eclogitiche della regione (Ca = 0,012-0,017 contro 0,002), analizzate da ERNST e DAL PIAZ (1978). La posizione ottaedrica ha sempre un lieve eccesso di cationi (2,042-2,083) rispetto al valore teorico delle miche diottaedriche.

Epidoti

Sono stati analizzati tre epidoti del micascisto a relitti di omfacite MRO 832,

riferibili alla sovraimpronta in facies scisti verdi. Le analisi, riportate in Tabella 4, sono del tutto confrontabili tra loro. Il rapporto $\text{Fe}^{3+}/(\text{Fe}^{3+} + \text{Al}^{\text{vi}})$ è intorno a 0,136 e la somma dei cationi praticamente coincide con il valore teorico (16.000).

Considerazioni conclusive

Lo scopo principale del lavoro è stato quello di verificare la composizione chimica dei relitti di clinopirosseno parzialmente uralitizzato presente occasionalmente nei micascisti carbonatico-graniferi mesozoici dell'unità piemontese inferiore, o di Zermatt-Saas, da tempo segnalati (DAL PIAZ, 1974). Se ne è stabilita la natura omfacitica ed una composizione assai vicina a quella dei pirosseni sodici diffusi nelle metabasiti eclogitiche dell'area Breuil-St. Jacques (ERNST e DAL PIAZ, 1978) e nel contiguo Vallese (BEARTH, 1973). Non vi sono elementi per documentare l'origine di questa omfacite, ma è verosimile che essa si sia formata a spese di una modesta frazione di detrito ofiolitico (clasti di clinopirosseno magmatico?) associato al sedimento normale. I relitti di omfacite sono sparsi nella matrice quarzoso-carbonatica, sono avvolti da un continuo orlo di fine uralite torbidiccia e non sono mai a contatto diretto con il granato (termini ricchi in almandino), che è ubiquitario ed abbondante nei parascisti della regione. In teoria mancherebbe quindi l'evidenza che omfacite ed almandino siano coesistiti in equilibrio, assieme a quarzo, per formare nei parascisti un'originaria associazione eclogitica. Si tratta tuttavia di un'ipotesi del tutto verosimile, tenuto conto che: granato e pirosseno predatano chiaramente lo sviluppo degli anfiboli sodici; il granato è talvolta incluso nei porfiroblasti pecilitici di glaucofane; l'omfacite mostra tracce cospicue di destabilizzazione (orlo uralitico) prima che compaiano nell'anfibolo sodico i primi sintomi di alterazione.

Confrontando la composizione di omfacite e granato nei parascisti (MRO 832, DBL 406) e nelle associate metaofioliti eclogitiche della regione, si nota una generale concordanza di valori, stretta per il pirosseno sodico, un po' meno per il granato (periferia).

Non vi sono elementi per verificare se l'associazione eclogitica nei parascisti dell'unità Zermatt-Saas avesse in origine la stessa diffusione regionale che si riscontra nelle ofioliti o se fosse limitata a particolari situazioni locali. Si deve tener conto della composizione chimica poco favorevole alla produzione di omfacite in calcescisti, micascisti e quarziti e dell'eventualità che il pirosseno sia geneticamente legato all'esistenza di clasti ofiolitici nella frazione detritica dell'originario sedimento. Non bisogna dimenticare d'altra parte che le associazioni eclogitiche dei parascisti erano, rispetto a quelle delle metabasiti, assai più sensibili agli effetti destabilizzanti dell'evoluzione decompressionale e della sovraimpronta finale in facies scisti verdi per la presenza di abbondante ed ubiquitaria silice espressa e per il carattere penetrativo che la deformazione polifasica alpina assume comunemente in queste litologie, favorendo una maggiore e più omogenea circolazione dei fluidi.

Le condizioni fisiche della fase di massima pressione dell'evento coalpino nella regione sono state già valutate usando la coppia granato-omfacite in equilibrio nelle metafoliti eclogitiche ben preservate (ERNST e DAL PIAZ, 1978), con valori minimi di $470^\circ \pm 50$ e 10 ± 2 kb. A conferma che la coppia granato (periferia)-omfacite dei parascisti nell'area Breuil-St. Jacques riflette effettivamente condizioni eclogitiche, compatibili con quelle indicate dalle metafoliti associate, si segnala che i valori di $K_D = (Fe^{2+}/Mg)_{\text{granato}} / (Fe^{2+}/Mg)_{\text{pirosseno sodico}}$ rientrano grosso modo nel campo di variazione calcolato da ERNST e DAL PIAZ (1978) per le metabasiti. Le deviazioni sono imputabili essenzialmente al granato la cui composizione risente senza dubbio della natura della roccia ospite.

Appendice

(I campioni analizzati)

(1) MRO 832: *micascisto carbonatico-granatifero ad anfibolo verde, epidoto e relitti di omfacite*

Il campione proviene dal complesso del Rifelberg-Garten che affiora entro le metavulcaniti eclogitiche più o meno retrocesse dell'unità di Zermatt-Saas lungo il lato sinistro del Vallone delle Cime Bianche (St. Jacques), percorso dal torrente Tzere (fig. 1). È stato raccolto a q. 2250 circa, sui dossi a SW della Piana di Tzere, un centinaio di metri a nord del valloncetto che risale ai ruderi dell'Alpe Varda (Foglio 29, M. Rosa; tavoletta St. Jacques, coord. 8205-0070). Si tratta di un piccolo affioramento isolato nel detrito, interposto tra il tetto della grande massa di serpentine antigoritiche e la sovrastante barra di metavulcaniti basaltiche (anfiboliti albitico-granatiferi $\pm$ epidotiche, con locali livelli preservati di eclogiti). Il complesso del Rifelberg-Garten è qui costituito da micascisti carbonatico-granatiferi di colore grigio-biancastro, massicci o localmente scistosi e friabili, con prismetti lineati di anfibolo verde. I micascisti contengono numerosi « ciottolotti » $\pm$ arrotondati di metabasiti a grana fine (diametro compreso in genere tra 0,5 e 2 cm, con alcune eccezioni di 5-10 cm; frequenza: 10-15 elementi per m²). I micascisti ad inclusi del Rifelberg-Garten ricompaiono a NNW e SSE dell'affioramento isolato e formano un orizzonte regolare e continuo (spessore 1-3 m) entro la barra di metavulcaniti basaltiche, poco lontano dal loro contatto tettonico, o tettonizzato, con le serpentiniti sottostanti (fig. 1).

Al microscopio il campione MRO 832 ha grana media e struttura da massiccia a moderatamente scistosa. La matrice è costituita da abbondante quarzo, con calcite limpida a sviluppo interstiziale, fengite e, in quantità subordinata, epidoto ed orneblenda magnesifera lineata. Su tale matrice spiccano numerosi porfiroblasti subrotondeggianti od eudrali di granato (diametro 0,1-0,5 mm) e frequenti lenticelle (clasti?) mono- e policristalline di carbonato pigmentato da fini dispersioni di minerali opachi. Vi si aggiungono individui ovoidali di omfacite relitta (0,1-0,3 mm), contornati da un orletto continuo di uralite molto fine e torbida (fig. 2). Componenti accessori: titanite abbondante, minerali opachi e tormalina.

I piccoli « ciottoli » sparsi nel micascisto corrispondono ad eclogiti massicce a mica bianca, integre o parzialmente retrocesse.

(2) DBL 406: *quarzite glaucofanico-granatifera ad anfibolo verde-azzurro, aggregati diablastici di albite + anfibolo calcico e clorite*

Affiora lungo l'alveo del torrente Marmore, 600 m circa a ENE della stazione delle funivie di Cervinia (conca del Breuil), 100-150 m a sud dell'Alpe La Vieille e 350 m a NE dell'Alpe Bardoney (Foglio 29, M. Rosa; tavoletta M. Cervino, coord. 9475-8808). La quarzite forma sottili intercalazioni entro un orizzonte di alcuni metri di micascisti granatiferi a carbonato che avvolgono una grande piega di anfiboliti albitico-epidotiche $\pm$ a granato; queste ultime passano verso sud alle eclogiti massicce ed alle eclogiti glaucofaniche di Bardoney (cfr. DAL PIAZ e ERNST, 1978;

ERNST e DAL PIAZ, 1978: MRO 1609, 1611, 1624). La roccia è costituita da un aggregato poligonale di quarzo che si suddivide in due classi dimensionali (0,8-1 mm e 0,2-0,3 mm). Vi si associano granato, anfibolo sodico, anfibolo verde-azzurro (orneblenda magnesifera e barroisite), attinoto, clorite ed albite. Il granato è subrotondeggiante, fratturato e con limitata alterazione cloritica. I grandi porfiroblasti di anfibolo sodico (0,3-2 mm) sono pecilitici ed includono abbondanti individui stabili di granato; hanno marcato pleocroismo, locali nuclei più pallidi e sottile periferia di anfibolo verde-bluastro. In rari casi il glaucofane è sostituito a fiamme da anfibolo barroisitico. Più comunemente esso risulta alterato in aggregati diablastici medio-fini di anfibolo verdolino e subordinata albite $\pm$ biotite olivastro e clorite. In qualche caso la sostituzione si estende all'intero nucleo sodico dei porfiroblasti, arrestandosi in corrispondenza dell'orlo bluastro; i prodotti di trasformazione pseudomorfa sono: clorite-albite; anfibolo azzurro-biotite $\pm$ albite $\pm$ calcite, che attestano il grado progredito di evoluzione metamorfica del campione. Componenti accessori: grandi lamelle deformate di mica bianca, biotite, minerali opachi e calcite interstiziale.

BIBLIOGRAFIA

- BANNO S. (1959) - *Aegirineaugites from crystalline schists in Sikoku*. Geol. Soc. Japan Journ., 65, 652-657.
- BEARTH P. (1953) - *Geologischer Atlas der Schweiz 1: 25.0000, Blatt Zermatt, mit Erläuterungen*. Schweiz. Geol. Komm. Bern.
- BEARTH P. (1967) - *Die Ophiolite der Zone von Zermatt-Saas Fee*. Beitr. Geol. Karte Schweiz, 132, 1-130.
- BEARTH P. (1973) - *Gesteins- und Mineralparagenese aus den Ophioliten von Zermatt*. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 53, 299-334.
- BEARTH P. (1976) - *Zur Gliederung der Bündnerschiefer in der region von Zermatt*. Eclogae Geol. Helv., 69, 149-161.
- DAL PIAZ G. V. (1965) - *La formazione mesozoica dei calcescisti con pietre verdi fra la Valsesia e la Valtournanche ed i suoi rapporti strutturali con il ricoprimento Monte Rosa e con la Zona Sesia-Lanzo*. Boll. Soc. Geol. It., 84, 67-104.
- DAL PIAZ G. V. (1974) - *Le métamorphisme de haute pression et basse température dans l'évolution structurale du bassin ophiolitique alpine-apenninique*. Parte I: Boll. Soc. Geol. It., 93, 437-468; Parte II: Schweiz. Min. Petr. Mitt., 54, 399-424.
- DAL PIAZ G. V. (1976) - *Il lembo di ricoprimento del Pillonet, falda della Dent Blanche nelle Alpi occidentali*. Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, 31, 1-60.
- DAL PIAZ G. V., ERNST W. G. (1978) - *Areal geology and petrology of eclogites and associated metabasites of the Piemonte ophiolite nappe, Breuil-St. Jacques area, Italian Western Alps*. Tectonophysics, 51, 99-126.
- DAL PIAZ G. V., DI BATTISTINI G., KIENAST J.-R., VENTURELLI G. (1979) - *Manganiferous quartzitic schists of the Piemonte ophiolite nappe, Valsesia-Valtournanche area, Italian Western Alps*. Mem. Sc. Geol., 32, 1-24.
- ELTER G. I. (1971) - *Schistes lustrés et ophiolites de la zone piémontaise entre Orco et Doire Baltée (Alpes Graies)*. Hypothèses sur l'origine des ophiolites. Geol. Alpine, 47, 147-169.
- ERNST W. G., DAL PIAZ G. V. (1978) - *Mineral parageneses of eclogitic rocks and related mafic schists of the Piemonte ophiolite nappe, Breuil-St. Jacques area, Italian Western Alps*. Am. Mineralogist, 63, 621-640.
- GOSSO G., DAL PIAZ G. V., PIOVANO V., POLINO R. (1979) - *High pressure emplacement of early-alpine nappes, postnappe deformations and structural levels (Internal Northwestern Alps)*. Mem. Sc. Geol., 32, 1-15.
- GRUPPO OFIOLITI (1977) - *Escursione ad alcuni giacimenti a Cu-Fe e Mn della falda piemontese, Alpi occidentali: 10-13 ottobre 1977*. Ofioliti, 2, 241-263.
- KIENAST J.-R. (1973) - *Sur l'existence de deux séries différents au sein de l'ensemble « schistes lustrés-ophiolites » du Val d'Aoste, quelques arguments fondés sur l'étude des roches métamorphiques*. C.R. Acad. Sci. Paris, 276, 2621-2624.
- LEAKE B. E. (1978) - *Nomenclature of amphiboles*. Min. Petr. Acta, 22, 195-224.