



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Geoscienze
Direttore Prof. Fabrizio Nestola

TESI DI LAUREA TRIENNALE IN
SCIENZE GEOLOGICHE

**SCAPOLITIZZAZIONE DELLA "PHYSOPORELLA
PAUCIFORATA" RINVENUTA IN CALCARI
METAMORFOSATI DELL'ANISICO
(LAGO DI CAMPO, ADAMELLO)**

Relatore: Prof. Luciano Secco

Laureando: Anna Elisa Eugenia Medeossi

ANNO ACCADEMICO 2019 / 2020

Indice

Introduzione	3
1. <i>Physoporella pauciforata</i>	4
2. Lago di campo (Adamello)	6
2.1. Inquadramento geografico	6
2.2. Inquadramento geologico	7
3. Scapoliti	10
4. Analisi mediante SEM	11
5. Analisi mediante EMPA	14
6. Conclusioni	17
Ringraziamenti	19
Bibliografia	20
Sitografia	22

Introduzione

Durante il rilevamento geologico compiuto negli anni 1958-61 da parte del Prof. Iginio Dieni, nei pressi del Lago di Campo (Adamello) sono state rinvenute delle alghe fossili in calcari attribuiti alla formazione dei Calcari di Angolo dell'Anisico medio-inferiore. Una successiva analisi delle caratteristiche morfologiche del fossile ha permesso di stabilire che si tratta di *Physoporella pauciforata* (F. Barattolo, comunicazione personale al Prof. Dieni, 2016). Questo tipo di alga fossile è caratterizzata dalla seguente distribuzione: Anisico dell'Austria meridionale, della Pusteria, della Val di Fassa, Dolomia del Serla nel Cadore, della Bosnia, delle Alpi calcaree settentrionali, centrali e meridionali, delle Alpi Dinariche, del Carso Slovacco, del Pelsoniano-Illyrico inferiore, della Slovenia e della Croazia (Dieni e Spagnolo, 1964). Nei pressi del Lago di Campo, la formazione dei Calcari di Angolo ha subito processi di trasformazione metamorfica, in seguito all'intrusione da parte del plutone tonalitico del Monte Re di Castello, a sua volta intruso dal corpo tonalitico dell'Adamello (Dal Piaz et al., 2008); infatti gli affioramenti confermano la presenza di calcari ricristallizzati a rara flogopite, tremolite e scapolite, marmi bianco grigiastri, cornubianiti e calcefiri, varicolori a diopside, fassaite, granato, epidoto, talora vesuviana e wollastonite (Dieni 1961).

Sono state effettuate delle analisi mediante SEM (microscopio elettronico a scansione) per studiare la morfologia delle alghe fossili, e per stabilirne le fasi presenti. I risultati hanno permesso di stabilire che le alghe fossili hanno subito una parziale sostituzione della calcite da parte della scapolite. Sono quindi state effettuate delle analisi chimiche EMPA (microsonda elettronica), le quali hanno permesso di stabilire la mineralogia delle alghe fossili. Si tratta di una miscela tra i due termini estremi (Marialite e Meionite) del gruppo delle scapoliti, con una percentuale maggiore di Meionite (termine a Ca).

1. *Physoporella pauciforata*

È stato preso in esame un campione raccolto dal Prof. Dieni presso il Lago di Campo, Adamello. Da un'osservazione macroscopica della roccia, si nota la presenza di ricristallizzazione (prevalentemente calcite) tale da presupporre un fenomeno di metamorfismo termico. Si può osservare chiaramente la presenza di un accumulo di fossili di forma subcilindrica su un piano di stratificazione originaria del campione (Fig.1), con lunghezza massima di circa 3 mm.



Fig. 1. Campione preso in esame

Le Figg 2 e 3 evidenziano l'assenza di ornamentazione esterna, la presenza di tracce di pori solo lungo la superficie interna del cilindro e scanalature verticali nella cavità centrale, imputabili a fattori di fossilizzazione secondaria. Lo stato di preservazione è buono, ma non consente alcuna determinazione tassonomica (Barattolo, comunicazione personale al Prof. Dieni). Queste caratteristiche e le dimensioni dei cilindri hanno permesso di stabilire che si tratta di dasicladali del tipo *Physoporella pauciforata*. (Barattolo, comunicazione personale al Prof. Dieni).



Figg. 2 e 3 Ingrandimenti fotografici delle alghe fossili (*Physoporella pauciforata*).

Sono noti, e considerati rari, i ritrovamenti di fossili in ambienti soggetti a metamorfismo associabile ad eventi eruttivi o a metamorfismo di carattere regionale. È considerata rara anche la conservazione di fossili in rocce che hanno subito metamorfismo di contatto. (Calvino, 1956)

2. Lago di campo (Adamello)

2.1. Inquadramento geografico

Il campione in studio è stato rinvenuto presso il lago di Campo (1944 m slm), Adamello. Il Lago di Campo è situato in Val di Daone, vallata alpina del Trentino, percorsa dal fiume Chiese. Si sviluppa per circa 30 chilometri, con un dislivello di quasi 2500 metri, incuneandosi all'interno del massiccio montuoso dell'Adamello di cui rappresenta una delle valli principali (Fig. 4).



Fig. 4. Google Earth, con indicato il Lago di Campo.

2.2. Inquadramento geologico

Sul lato S-E del Lago di Campo affiorano i Calcari di Angolo (Figg. 5 e 6), una successione dell'Anisico medio-inferiore. Superiormente sono presenti calcari, nerastri finemente stratificati, talora nodulari, in fittissima alternanza con sottili letti argilloso-marnosi, ed inferiormente si trovano calcari in grossi banchi con locali intercalazioni di strati sottili, talora ad entrochi (Dieni, 1961). Le facies metamorfiche di contatto sono caratterizzate dalla presenza di calcari ricristallizzati a rara flogopite, tremolite e scapolite, marmi bianco grigiastri, cornubianiti e calcefiri, variamente colorati a diopside, fassaite, granato, epidoto, talora vesuviana e wollastonite (Dieni, 1961). Inoltre è riscontrata la presenza di fossili, tra cui la *Physoporella pauciforata* (Callegari et al., 1998).



Fig. 5. Dettaglio della Carta Geologica del gruppo Adamello–Presanella. Scala 1: 50 000 (Callegari et al., 1998, modificato)



Fig. 6. Dettaglio della Carta Geologica del gruppo Adamello–Presanella. Scala 1: 50 000 (Callegari et al., 1998)

Si evidenzia che i Calcari di Angolo sono eteropici con i terreni triassici affioranti del gruppo Monte Corona-Dosso dei Morti nell' Adamello sud-orientale, tra la Valbona di Daone e la valle di Bondone, in cui è stata rilevata la presenza di foraminiferi, gasteropodi e alghe calcaree con *Physoporella pauciforata* (Dieni & Spagnulo, 1964). Il tipo litologico predominante è costituito da, calcari che presentano caratteri macro- e microscopici piuttosto variabili, ciò dovuto a diversità tessiturali, strutturali e da fenomeni di ricristallizzazione metamorfica dovuta alla presenza della massa granodioritica-tonalitica dell'Adamello (Dieni e Spagnulo, 1964).

Inoltre presso il Lago di campo, i Calcari di Angolo sono intrusi dal plutone tonalitico del Monte Re di Castello (Fig. 7), che a sua volta è intruso dal corpo tonalitico dell'Adamello (Dal Piaz et al., 2008). Il batolite dell'Adamello è la più importante manifestazione intrusiva del magmatismo collisionale alpino, di età Eocenica-Oligocenica. La Tonalite del Monte Re di Castello (Eocene Medio) è caratterizzata dalla presenza di granodioriti, leucotonaliti, a biotite e tonaliti biotitico-anfibolitiche a grana minuta, talora con tessitura orientata (Dieni, 1961).

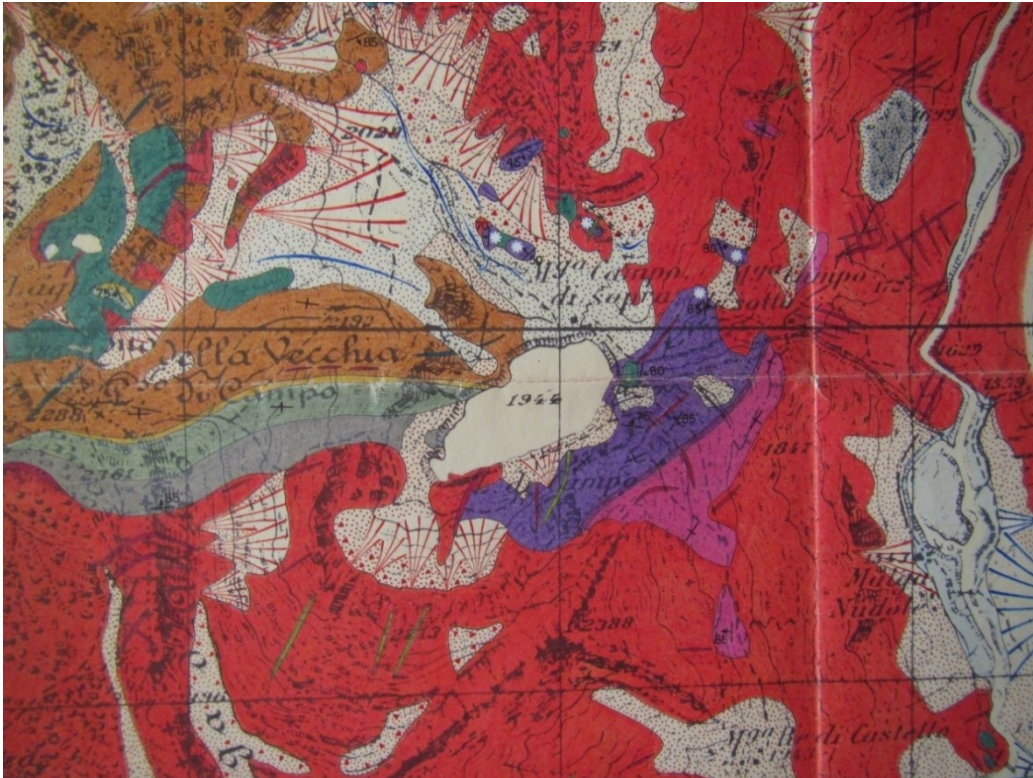


Fig. 7. Dettaglio della Carta Geologica del settore meridionale dell'Adamello compreso tra le alte valli di Daone e di Savoie. Scala 1: 10 000 (Dieni, 1961)

3. Scapoliti

Le scapoliti sono un gruppo di alluminosilicati naturali che costituiscono ampi intervalli di soluzioni solide. La miscibilità allo stato solido delle scapoliti coinvolge infatti vari termini estremi: Marialite, ($\text{Na}_4\text{Al}_3\text{Si}_9\text{O}_{24} \text{Cl}$), termine estremo ricco in Na e $[\text{Cl}]^-$; Meionite, ($\text{Ca}_4\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24} \text{CO}_3$), termine estremo ricco in Ca e $[\text{CO}_3]^{2-}$; Silvialite ($\text{Ca}_4\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24} \text{SO}_4$), termine ricco in Ca e $[\text{SO}_4]^{2-}$, che può ospitare quantità variabili di Na e $[\text{CO}_3]^{2-}$. La Mizzonite identifica una composizione a prevalente Ca e $[\text{CO}_3]^{2-}$ della serie Marialite-Meionite; tale termine è stato discredito dall'IMA e i termini estremi della soluzione solida riconosciuti sono Marialite ($\text{Na}_4\text{Al}_3\text{Si}_9\text{O}_{24} \text{Cl}$) e Meionite ($\text{Ca}_4\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24} \text{CO}_3$), con piccole quantità di $[\text{SO}_4]^{2-}$. I termini estremi sono raramente rinvenuti in natura (Kaléo et al., 2019).

La formula generale è definita come $^{\text{VIII}}[\text{M}]_4 \text{ } ^{\text{IV}}[\text{T}]_{12} \text{O}_{24} \text{A}$ in cui $\text{M}=\text{Na}, \text{Ca}$, $\text{T}=\text{Si}, \text{Al}$, $\text{A}=[\text{Cl}]^-, [\text{CO}_3]^{2-}$ e $[\text{SO}_4]^{2-}$ e cristallizzano nel sistema tetragonale, in due possibili gruppi spaziali, a seconda del grado di ordinamento di Si e Al nei tetraedri T: $\text{I } 4/m$ e $\text{P}4_2/m$ (Sokolova e Hawthorne, 2008).

Da un punto di vista genetico, la scapolite è legata al plagioclasio e alla calcite mediante una reazione continua: $\text{plagioclasio} + \text{calcite} \rightleftharpoons \text{scapolite}$ (Oterdoom et al., 1983).

Le scapoliti sono presenti e relativamente abbondanti in rocce metamorfiche, ignee alterate e idrotermali; questo evidenzia l'ampio campo di stabilità P-T di questo gruppo di minerali. In ambiente igneo si rinvengono in graniti e sieniti nefeliniche e nelle pegmatiti associate, raramente in alcune trachiti. Sono relativamente comuni anche in zone vulcaniche in cui si ha emissione di CO_2 e SO_2 ; in queste zone si rinvengono come minerali pneumatolitici di contatto o come prodotto dell'alterazione dei plagioclasii. In ambiente metamorfico si rinvengono in calcari silicei o in rocce sottoposte a metamorfismo regionale come scisti, gneiss o marmi. Si rinvengono anche in rocce ignee metamorfosate come gabbri e basalti, come alterazione parziale o completa (pseudomorfofosi), dei plagioclasii.

4. Analisi mediante SEM

La Microscopia elettronica a scansione (SEM) con microanalisi (spettrometria EDS) permette l'osservazione ad elevatissimi ingrandimenti di singoli cristalli mediante elettroni secondari e retrodiffusi. Simultaneamente, la microanalisi EDS (Energy-Dispersive X-Ray Spectroscopy) permette di verificare la composizione chimica di ciascun cristallo, avendo una risoluzione spaziale dell'ordine del micron.

Il SEM è costituito, schematicamente, dalle seguenti componenti: all'interno di una colonna sottovuoto, la sorgente, costituita da un filamento di esaboruro di lantanio, per effetto termoionico produce un fascio di elettroni accelerati che colpiscono il campione in esame. All'interno della colonna sono presenti delle fenditure che fanno convergere il fascio, focalizzandolo verso il campione; bobine elettromagnetiche permettono al fascio di muoversi scansionando quindi la porzione del campione in esame. Sono presenti rivelatori che acquisiscono i diversi segnali generati dall'interazione fascio-campione e li trasferiscono agli elaboratori; infine su vari monitor viene ricostruita l'immagine prodotta dal segnale.

Sono stati analizzati alcuni punti di interesse delle scapoliti e sono state acquisite immagini BSE. I Backscattered Electrons (BSE) sono elettroni appartenenti al fascio incidente, che penetrano nel campione (profondità di qualche micron) e riemergono dopo una o più collisioni. Gli elettroni retrodiffusi sono molto più energetici degli elettroni secondari e la loro energia dipende dal peso atomico medio del materiale che costituisce il campione. In particolare le deflessioni all'interno del campione sono maggiori per composti con numero atomico medio superiore. Quindi, le porzioni costituite da un materiale di peso atomico medio più elevato appaiono più chiare rispetto alle parti a peso atomico medio inferiore.

Lo strumento usato per le analisi è il SEM Cam Scan MX3000 del Dipartimento di Geoscienze di Padova, la sorgente utilizzata è un filamento LaB6 (esaboruro di lantanio). Le analisi sono state effettuate utilizzando il rilevatore di elettroni retrodiffusi (Backscattered Electrons, BS) per ottenere contrasti composizionali ed un sistema di microranalisi spettroscopiche EDAX (EDS) senza standardizzazione.

Per eseguire tali analisi le sezioni hanno prima subito un processo di lucidatura e di grafitizzazione per renderle conduttive. Analizzando la sezione presa in esame sono state

individuare le seguenti fasi: anfibolo, feldspato potassico, calcite, ossidi di ferro, scapolite (Fig. 8).

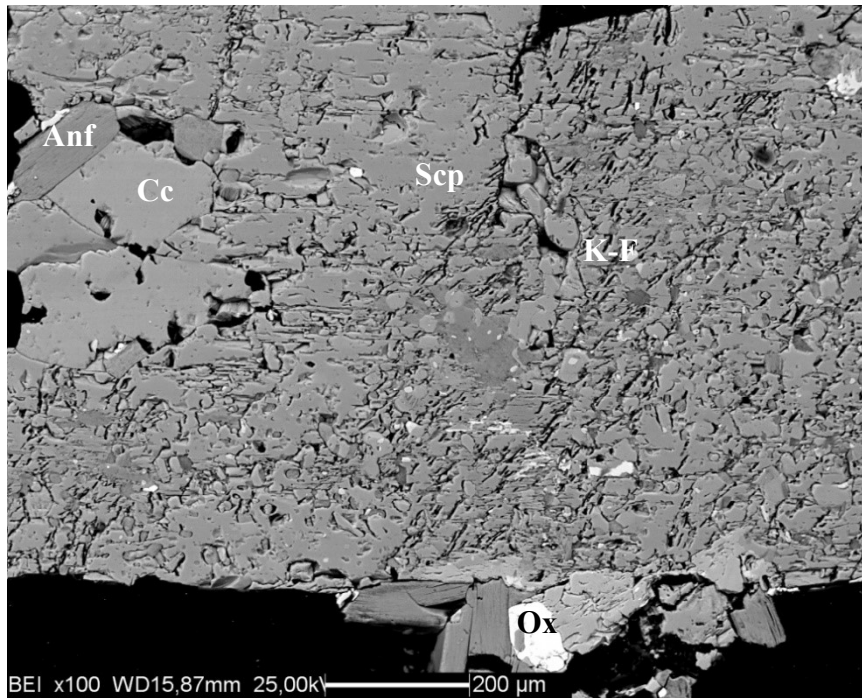


Fig. 8. Fotografia al SEM di porzione di physoporella con evidenziati cristalli di varie fasi mineralogiche: Anf=anfibolo, Cc= calcite, Scp=scapolite, Ox=ossidi di ferro, K-F=feldspato potassico.

È stata osservata una struttura generalmente porosa, ma sono presenti anche porzioni con un maggiore grado di compattezza, come evidenziato dalla Fig. 9.

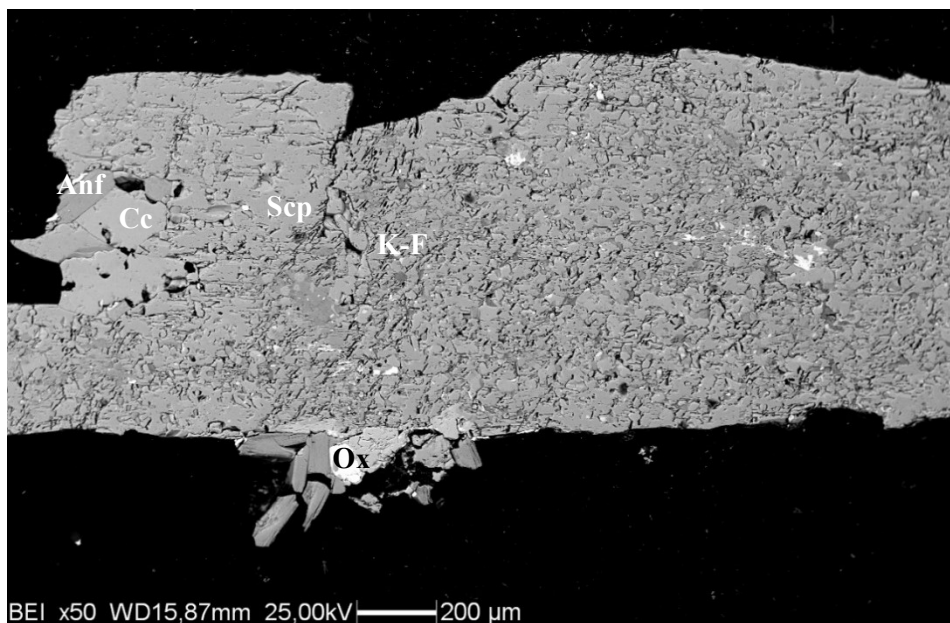


Fig. 9. Immagine al SEM della stessa porzione di physoporella della Fig. 8; si noti la parte più porosa, disseminata da ossidi di ferro, e la parte più compatta ad anfibolo e calcite: abbreviazioni come in Fig. 8.

5. Analisi mediante EMPA

La Microsonda elettronica (EMPA-“Electron Microprobe Analysis”) è l'apparecchiatura utilizzata per la determinazione della composizione chimica dei minerali. Permette di effettuare analisi puntuali ottenendo delle mappe della distribuzione degli elementi (mappe X) in modo da evidenziare eventuali variazioni composizionali all'interno di un minerale (zonature).

In un tubo sottovuoto, per effetto termoionico, da un filamento di tungsteno viene prodotto un fascio elettronico ad alta energia e focalizzato, tramite una serie di lenti elettromagnetiche in una colonna sottovuoto. Il fascio di elettroni colpisce il campione (preparato in sezioni lucide) che emette raggi X aventi lunghezza d'onda caratteristica degli elementi presenti nel campione in analisi; la radiazione X viene captata da un cristallo analizzatore che disperde le lunghezze d'onda tramite diffrazione (legge di Bragg); i rilevatori misurano le intensità relative a ciascuna radiazione X monocromatica diffratta dal cristallo analizzatore. Quindi i dati vengono elaborati tramite software di analisi per l'acquisizione e la correzione dei dati sperimentali.

Le composizioni chimiche dei minerali, ottenute dalla tecnica analitica EMPA sono espresse in percentuale in peso degli ossidi degli elementi. La composizione di un minerale espressa in termini di percentuale in peso non è conveniente per valutare la qualità del dato analitico prodotto. Quindi sono state determinate le proporzioni atomiche partendo dai dati analitici ottenuti. È stato eseguito un ricalcolo sulla base degli ossigeni nell'unità di formula di ciascun minerale per ricavare sia gli anioni, che i cationi (atomi per unità di formula).

È stato utilizzato il seguente procedimento di calcolo, a partire dai dati espressi in percentuale in peso degli ossidi degli elementi:

- 1) Sono state determinate le moli (frazioni molari) dei singoli ossidi. La % in peso dell'ossido è stata divisa per il corrispondente peso molecolare; $\text{moli ossido} = \% \text{ in peso Ossido} / \text{peso mol. Ossido}$.
- 2) Sono state determinate le moli (frazioni molari) di ossigeno. Il numero di moli dell'ossido è stato moltiplicato per il numero di ossigeni presenti nell'ossido; moli di O

= moli ossido * numero di ossigeni nell'ossido). In seguito è stata calcolata la sommatoria di tutte le moli (frazioni molari) di ossigeno pertinenti agli ossidi presenti.

3) Sono state determinate le frazioni molari dei singoli cationi. Il numero di moli dell'ossido è stato moltiplicato per il numero di cationi presenti nell'ossido; moli di cationi = moli di ossido * numero di cationi nell'ossido.

4) Sono stati determinati anioni e cationi (atomi per unità di formula) tramite una normalizzazione rispetto al numero di ossigeni della fase cristallina: si è calcolato il fattore K di "normalizzazione", dato dal rapporto tra il numero di ossigeni nella formula unitaria del minerale e la somma delle moli di ossigeno: Anioni = moli O * K Cationi = moli cationi * K.

Per la presenza di Cl che si comporta come anione, è stato tolto dalla somma dei vari ossidi che formano il composto il peso degli ossigeni equivalenti a Cl. $O \equiv Cl = \% Cl * (P. \text{ atomico } O / (2 * P. \text{ atomico } Cl))$.

Inoltre, per risalire agli a.f.u. sono state tolte dalla sommatoria delle moli di ossigeno la metà delle moli relative a F e Cl; $\Sigma \text{ moli } O = \Sigma \text{ moli } O - \text{moli } (F + Cl) / 2$. (Deer et al. 1966.)

% peso	A								mean
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Na ₂ O	3.65	3.13	2.63	3.35	3.52	3.22	3.19	3.77	3.31
MgO	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.33	0.00	0.17
Al ₂ O ₃	26.83	27.77	28.15	27.52	26.88	27.74	26.60	26.74	27.28
SiO ₂	47.41	46.09	45.05	46.41	47.27	46.38	46.70	47.18	46.56
SO ₃	0.73	1.18	1.25	0.89	0.71	0.95	0.76	0.82	0.91
K ₂ O	1.01	0.56	0.55	0.79	1.09	0.73	1.39	1.10	0.90
CaO	15.80	16.52	17.41	16.49	15.43	16.61	15.23	15.61	16.14
MnO	0.03	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01
FeO _{tot}	0.03	0.07	0.01	0.03	0.00	0.00	0.14	0.01	0.04
CO ₂	3.31	3.99	4.42	3.56	3.94	3.53	3.84	3.57	3.77
Cl	1.19	0.66	0.53	0.96	1.15	0.83	0.82	1.20	0.92
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
a.f.u.									
Na	1.091	0.928	0.779	1.000	1.047	0.960	0.950	1.126	0.985
Mg	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.305	0.000	0.038
Al	4.876	5.005	5.068	4.992	4.859	5.025	4.818	4.853	4.937
Si	7.309	7.048	6.881	7.142	7.250	7.128	7.176	7.265	7.149
S	0.084	0.135	0.143	0.103	0.082	0.110	0.088	0.095	0.105
K	0.199	0.109	0.107	0.155	0.213	0.143	0.272	0.216	0.177
Ca	2.610	2.707	2.849	2.719	2.536	2.735	2.507	2.576	2.655
Mn	0.004	0.004	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001
Fe ²⁺	0.004	0.009	0.001	0.004	0.000	0.000	0.018	0.001	0.005
C	0.697	0.833	0.922	0.748	0.825	0.741	0.806	0.751	0.790
Cl	0.311	0.171	0.137	0.250	0.299	0.216	0.214	0.313	0.239
somma	17.187	16.950	16.888	17.112	17.112	17.059	17.153	17.196	17.082

Tab. 1 Percentuali in peso degli ossidi e atomi per formula unitaria del campione A

	B							
% peso	9	10	11	12	13	14	15	mean
Na ₂ O	3.44	3.74	3.22	2.76	2.97	2.62	3.13	3.13
MgO	0.04	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
Al ₂ O ₃	27.58	27.23	27.60	28.19	27.53	28.20	27.90	27.75
SiO ₂	46.83	47.89	45.98	45.80	46.17	45.74	45.94	46.34
SO ₃	0.87	0.83	1.08	1.27	0.93	1.17	1.17	1.05
K ₂ O	0.84	1.11	0.61	0.49	0.68	0.57	0.52	0.69
CaO	16.30	15.25	16.85	17.15	16.94	17.30	17.03	16.69
MnO	0.00	0.04	0.01	0.00	0.02	0.06	0.03	0.02
FeOtot	0.04	0.03	0.04	0.04	0.01	0.06	0.00	0.03
CO ₂	3.21	2.71	3.80	3.77	4.01	3.75	3.59	3.55
Cl	0.85	1.16	0.81	0.53	0.73	0.53	0.69	0.76
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
a.f.u.								
Na	1.027	1.119	0.959	0.819	0.883	0.778	0.932	0.931
Mg	0.009	0.002	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.002
Al	5.007	4.954	4.995	5.085	4.973	5.093	5.049	5.022
Si	7.213	7.392	7.059	7.009	7.076	7.009	7.053	7.115
S	0.101	0.096	0.124	0.146	0.107	0.135	0.135	0.121
K	0.165	0.219	0.119	0.096	0.133	0.111	0.102	0.135
Ca	2.690	2.522	2.772	2.812	2.782	2.840	2.801	2.746
Mn	0.000	0.005	0.001	0.000	0.003	0.008	0.004	0.003
Fe ²⁺	0.005	0.004	0.005	0.005	0.001	0.008	0.000	0.004
C	0.675	0.571	0.797	0.788	0.839	0.785	0.753	0.744
Cl	0.222	0.303	0.211	0.137	0.190	0.138	0.180	0.197
somma	17.114	17.188	17.042	16.896	16.988	16.905	17.007	17.020

Tab. 2 Percentuali in peso degli ossidi e atomi per formula unitaria del campione B

Le percentuali in ossido sono state ricalcolate in modo che la somma dei cationi e il Cl chiudessero a 100. Non si notano notevoli variazioni compositive; si tratta di una miscela tra Marialite e Meionite. Si può osservare che i termini sono prevalentemente a Ca, infatti è presente un rapporto 2,5: 1,1 tra Ca e Na, quindi la miscela è maggiormente spostata verso la Meionite (circa 70%). Da notare che è presente sempre una apprezzabile quantità di [SO₃]²⁻ (molecola silvialitica).

6. Conclusioni

Dalle analisi effettuate è stato possibile stabilire che il campione di alghe fossili preso in esame ha subito processi di trasformazione metamorfica con una parziale sostituzione di calcite → scapolite. Le analisi effettuate al SEM (microscopio elettronico a scansione) hanno permesso di osservare la morfologia delle alghe fossili e stabilire che sono presenti più fasi cristalline. Le analisi chimiche effettuate mediante EMPA (microsonda elettronica) indicano che le scapoliti costituiscono un termine intermedio fra Marialite (3%) e Meionite (70%).

La cospicua abbondanza di Na potrebbe essere legata alla circolazione di fusi silicatici associati a presenza di marne o materiale argilloso, questo è confermato dalle analisi effettuate al SEM che hanno permesso di individuare la presenza di feldspati.

Sarebbe interessante proseguire le indagini, del campione di alga fossile, mettendo in luce le cause della parziale scapolitizzazione e definendo nel dettaglio tutte le fasi mineralogiche coesistenti, con particolare riferimento agli abbondanti ossidi di ferro rinvenuti nelle indagini al SEM.

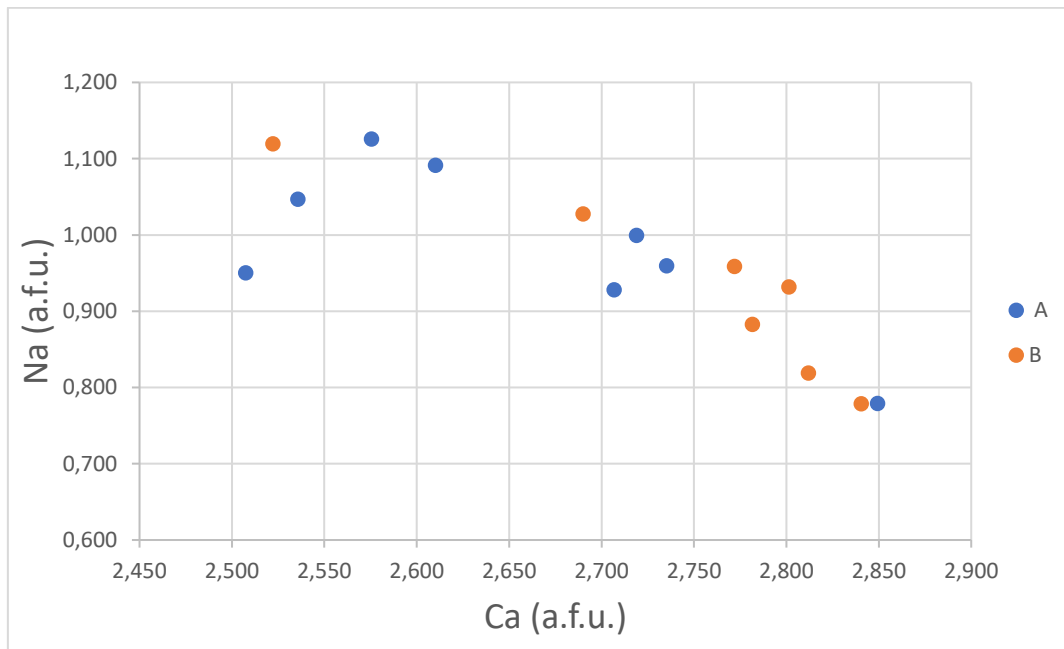


Fig 10. Diagramma Ca-Na (a.f.u.) dei due cristalli analizzati.

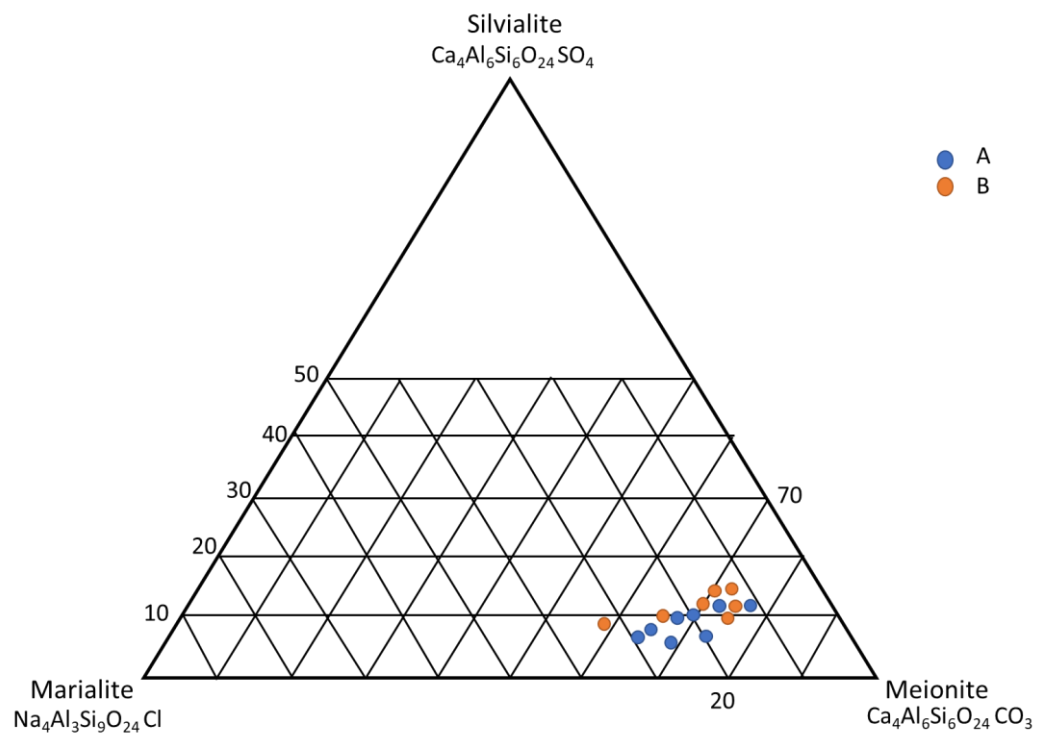


Fig. 11 Diagramma ternario Marialite-Meionite-Silvialite dei due campioni analizzati. Simboli come in figura 10.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Prof. Iginio Dieni per aver messo a disposizione i campioni per questa tesi, il Dott. Alessandro Guastoni per le analisi in microsonda, il Sig. Leonardo Tauro per le analisi al SEM.

Bibliografia

Almeida Kaléo M.F. , Jenkins David M. (2019) A comparison between the stability fields of a Cl-rich scapolite and the end-member marialite. *American Mineralogist*, 104 (12), 1788–1799.

Barattolo F. (2016), comunicazione personale a Dieni I.

Callegari E., Dal Piaz Gb., Gatto G.O. (1998) Carta Geologica del gruppo Adamello–Presanella alla scala 1: 50 000.

Calvino F. (1956) Fossili anfibolizzati in arenaria metamorfica. *La ricerca scientifica*, 8.

Deer W. A., Howie R. A. , Zussman J. (1966) *An Introduction to the rock forming minerals*. Longmans.

Dieni I. (1961) Carta Geologica del settore meridionale dell’Adamello compreso tra le alte valli di Daone e di Saviore alla scala 1: 10 000.

Dieni I., Spagnulo G. (1964) Alghe calcaree nell’Anisico del Dosso dei Morti (Adamello sud-orientale). Centro nazionale per lo studio geologico e petrografico delle alpi. (1-13).

Dal Piaz G. V., Brack P., Baroni C., Carton A., Nardin M., Pellegrini G. B., Pennacchioni G., Bollettinari G., Brigo L., De Longo M., Lanaro A., Leso M., Marcato E., Monopoli B., Montresor L., Rigatti G., Veronese L. (2008) Note illustrative della carta geologica d’Italia alla scala 1:50 000 foglio 058 Monte Adamello.

Oterdoom W.H., Wenk H.-R. (1983) Ordering and Composition of Scapolite: Field Observations and Structural Interpretations. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 83, 330-341.

Sokolova E., Hawthorne F.C. (2008) The crystal chemistry of the Scapolite-group minerals. I Crystal structure and long-range order. *Canadian Mineralogist*, 46, 1527-1554.

Sitografia

<https://www.google.it/intl/it/earth/>