

# Ankerite, dolomite e siderite provenienti da diverse gallerie della Leventina (alpi centrali, Ticino)

Autor(en): **Antognini, Marco / Meisser, Nicolas**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bollettino della Società ticinese di scienze naturali**

Band (Jahr): **105 (2017)**

PDF erstellt am: **11.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-1003048>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Ankerite, dolomite e siderite provenienti da diverse gallerie della Leventina (Alpi Centrali, Ticino)

Marco Antognini<sup>1</sup> & Nicolas Meisser<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Museo cantonale di storia naturale, Viale Cattaneo 4, 6900 Lugano, Svizzera (marco.antognini@ti.ch)

<sup>2</sup> Musée cantonal de géologie, UNIL, Anthropole, 1015 Lausanne, Svizzera

marco.antognini@ti.ch

**Riassunto:** Vengono presentati i risultati di analisi chimiche quantitative alla microsonda su cristalli di ankerite, dolomite e siderite provenienti da fessure alpine scoperte durante la realizzazione di gallerie negli gneiss della falda Leventina. L'ankerite è la fase minerale più diffusa, il contenuto di ferro varia tra 20.86 e 30.30 atomi percentuali. Due campioni hanno fornito valori di 15.66 e 18.24 e sono quindi determinati come dolomite. Sia l'ankerite che la dolomite presentano gruppi di romboedri dalle facce incurvate (forma "selliforme") di colore bianco fino a giallastro bruno. La siderite forma romboedri traslucidi giallo miele dall'elevato contenuto di ferro (76.75%) o cristalli discoidali brunicci con contenuti di ferro inferiore (60.57%).

**Parole chiave:** ankerite, dolomite, siderite, mineralogia regionale, Cantone Ticino

**Ankerite, dolomite and siderite from various Leventina valley tunnels (Central Alps, Ticino)**

**Abstract:** Microprobe analysis of ankerites, dolomites and siderites crystals from alpine fissure veins crossed by various tunnels excavated in the gneiss of the Leventina nappe are presented. Ankerite is by far the most common mineral phase, Fe-contents spans from 20.86 to 30.30 atoms percent. Two samples yielded values of 15.66 and 18.24 and are thus classified as dolomite. Both species exhibits curved rhombohedral crystal faces ("saddle-shaped"), the colour is white to yellowish brown. Siderite occurs in single well-formed translucent brown rhombohedrons (with Fe-contents of 76.75%) or in discoidal opaque pale brownish crystals with a low Fe-contents (60.57%).

**Key words:** ankerite, dolomite, siderite, regional mineralogy, Ticino

## INTRODUZIONE

La realizzazione di gallerie rappresenta un'occasione unica per quanto riguarda l'acquisizione di informazioni scientifiche riguardanti la geologia della regione interessata dallo scavo. Accanto a fattori di primaria importanza dal punto di vista ingegneristico (tipo di roccia, presenza di faglie, acque sotterranee), vi sono altri aspetti da considerare quali il rinvenimento di minerali o fossili a dipendenza delle unità rocciose attraversate. Nell'ambito delle Alpi Centrali svizzere vi è una lunga tradizione di ritrovamenti di minerali di fessura ben cristallizzati rinvenuti durante i lavori di scavo di importanti opere sotterranee. Classici esempi sono quelli dei tunnel ferroviari del Sempione (Meisser, 2005) e della Furka (Kipfer, 1979), del tunnel autostradale del San Gottardo (Stalder et al., 1980) o, in tempi più recenti, i ritrovamenti avvenuti durante la realizzazione delle nuove trasversali ferroviarie alpine Alp Transit (Bolli, 2010; Amacher & Schüpbach, 2011). In profondità i minerali sono meno esposti all'alterazione dovuta all'aria e alle acque superficiali e i campioni si conservano meglio. Tra le varie specie mineralogiche più facilmente alterabili vi sono quelle appartenenti al gruppo dei carbonati e i ritrovamenti effettuati in galle-

ria costituiscono spesso l'unica occasione di osservare reperti perfettamente cristallizzati e privi di alterazione. Nel presente articolo sono riportati i risultati delle osservazioni e delle analisi chimiche quantitative di tre specie di carbonati: ankerite, dolomite e siderite. I campioni sono stati recuperati nell'ambito dei lavori di scavo di gallerie nella regione di Faido (Val Leventina) in un arco temporale di 81 anni (dal 1928 al 2009). Tutti i reperti provengono dalle collezioni mineralogiche del Museo cantonale di storia naturale di Lugano.

## Contesto geologico

La media Leventina è caratterizzata dalla presenza di rocce cristalline appartenenti alle falde di ricoprimento Leventina, Lucomagno e Simano (Fig. 1). La prima è costituita dal cosiddetto *Gneiss granitico Leventina* che è interpretato come un complesso granitico (un antico plutone) metamorfizzato (Casasopra, 1939; Ruetti et al., 2005; Bianconi & Strasky, 2015). La falda Lucomagno è costituita in prevalenza da paragneiss biotitici con lenti anfibolitiche (Böhm, 1996) ed è stata anche interpretata come involucro sedimentario del nucleo orto rappresentato dalla falda Leventina. La falda di ricoprimento Simano si compone in prevalenza di scisti e gneiss di origine sedimentaria (paragneiss a grana-

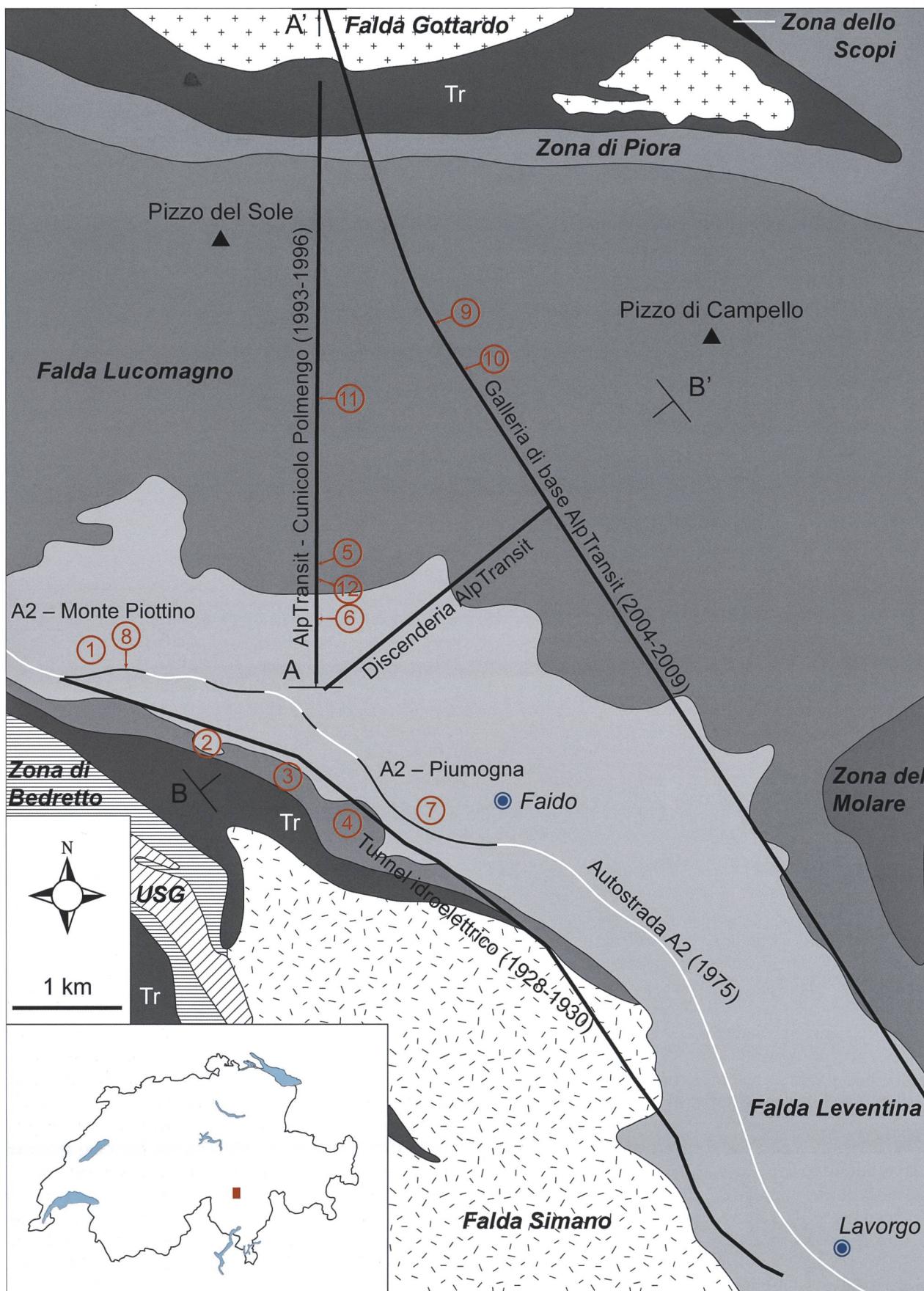


Figura 1: Carta tettonica semplificata della media Leventina e localizzazione delle gallerie dalle quali provengono i campioni analizzati (numeri da 1 a 12). Sono pure indicate le tracce delle due sezioni di figura 2 (A-A' e B-B'). Abbreviazioni: Tr, metasedimenti triassici (appartenenti a diverse unità); USG, Unità San Giorgio. Carta tettonica ridisegnata e semplificata in base a Bianconi et al. (2014).

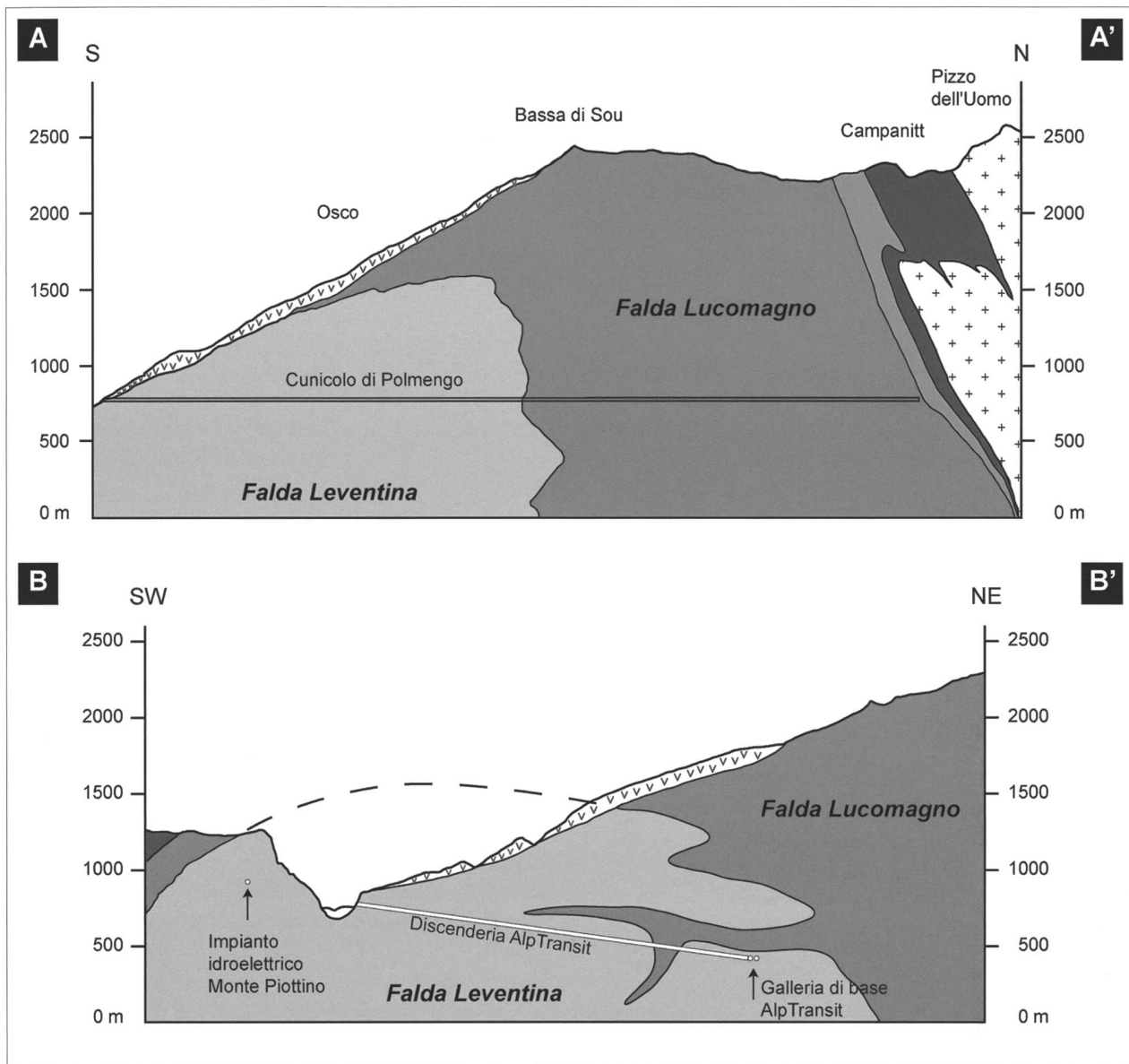


Figura 2: Sezioni geologiche della media Val Leventina. Da Schneider (1999) e Bianconi & Strasky (2015), ridisegnato e semplificato.

to e micascisti). Le falde Lucomagno e Simano sono sormontate da metasedimenti triassici (essenzialmente marmi dolomitici) che danno origine ad affioramenti spettacolari nelle regioni di Piora e del Campolungo. L'abbondanza di minerali carbonatici nelle fessure alpine della falda Leventina-Lucomagno è con ogni probabilità legata alla presenza di questi metasedimenti triassici che avvolgono la massa cristallina (Fig. 1 e 2). I reperti analizzati nel presente studio provengono da diverse fessure alpine che sono state incontrate durante i lavori di scavo di gallerie all'interno delle falde Leventina (10 campioni) e Lucomagno (2 campioni). Informazioni sui ritrovamenti mineralogici in queste unità geologiche sono presenti in Casasopra (1939), Niggli et al. (1940) e Parker (1954), mentre i dettagli per ogni singola galleria sono descritti nel capitolo seguente.

## MATERIALI E METODI

La distinzione tra ankerite e dolomite è problematica anche in presenza di campioni ben cristallizzati tipici delle fessure alpine. Le caratteristiche morfologiche dell'ankerite e della dolomite così come la colorazione sono infatti molto simili (Gramaccioli, 1975). In entrambi i casi, i cristalli romboedrici bianco avorio hanno una forma incurvata che sviluppa veri e propri ammassi "selliformi" (Fig. 3). Chimicamente, i due minerali formano una miscela parziale isomorfa determinata dalle percentuali dei cationi del ferro ( $Fe^{2+}$ ) e del magnesio ( $Mg^{2+}$ ) che possono occupare i medesimi siti nella struttura cristallina. La soluzione solida tra dolomite ( $CaMg(CO_3)_2$ ) e ankerite ( $CaFe(CO_3)_2$ ) non è completa in quanto non sono mai stati misurati tenori di Fe superiori al 70% (Fig. 4; Chai & Navrotsky, 1996). Dal punto di vista composizionale, la distinzione tra dolomite e ankerite equivale al limite del 20% di sostituzione di Mg con Fe (Goldsmith, 1959).

Nel contesto alpino, analisi chimiche di dettaglio di carbonati sono state fatte da Weibel (1964), Weibel

Tabella 1: Elenco dei campioni analizzati e loro principali caratteristiche. N° Cat. è il numero di catalogo con il quale sono registrati nella banca dati del Museo cantonale di storia naturale.

N°	N° Cat	Minerale	Galleria	Tipologia	Paragenesi
1	6400	Ankerite-Dolomite	A2 – Monte Piottino	Gruppo	Quarzo, muscovite, rutilo
2	1130	Ankerite-Dolomite	Impianto Monte Piottino	Cristalli su matrice	Quarzo, siderite
3	1118	Ankerite-Dolomite	Impianto Monte Piottino	Gruppo su matrice	Muscovite, siderite
4	1111	Ankerite-Dolomite	Impianto Monte Piottino	Gruppo su matrice	Muscovite
5	12091	Siderite	Cunicolo Polmengo	Gruppo su matrice	Ankerite, rutilo
6	12081	Ankerite-Dolomite	Cunicolo Polmengo	Gruppo	Rutilo
7	6850	Ankerite-Dolomite	A2 – Piumogna	Gruppo	Muscovite, calcite
8	6661	Ankerite-Dolomite	A2 – Monte Piottino	Gruppo	Muscovite
9	19690	Ankerite-Dolomite	AlpTransit San Gottardo	Gruppo	Quarzo, siderite, clorite
10	19609	Siderite	AlpTransit San Gottardo	Cristallo singolo	
11	12285	Ankerite-Dolomite	Cunicolo Polmengo	Cristalli su matrice	Muscovite, calcite
12	12185	Ankerite-Dolomite	Cunicolo Polmengo	Gruppo su matrice	Siderite

(1974), Stalder (1998), Stalder et al. (1980) e Stalder et al. (1998).

Un altro carbonato analizzato in questo lavoro è la siderite ( $\text{FeCO}_3$ ) che forma una soluzione solida completa con la più rara magnesite ( $\text{MgCO}_3$ ; Fig. 4). Dal punto di vista morfologico, la siderite si presenta nelle collezioni esaminate con due tipologie ben distinte. Essa può formare romboedri traslucidi giallo miele di dimensioni pluricentriche o, più frequentemente, cristalli discoidali brunicci che raggiungono al massimo 1 cm.

### Campionamento

I reperti presi in considerazione nel presente studio fanno parte delle collezioni mineralogiche del Museo cantonale di storia naturale di Lugano (MCSN). Esiste una collezione specifica per ogni galleria, ma vi sono



Figura 3: Campione rappresentativo di ankerite-dolomite costituito da un gruppo di romboedri distorti, larghezza del campo inquadrato 6 cm (#12336).

anche alcuni campioni che a suo tempo sono stati inseriti nella collezione “sistemica minerali ticinesi”. I reperti analizzati chimicamente sono elencati nella tabella 1.

Le opere in sotterraneo considerate sono le seguenti (Fig. 1 e 2):

### Impianto idroelettrico Monte Piottino (1928-1930)

La galleria di adduzione che dalla presa di Rodi porta le acque alla condotta forzata e quindi alla centrale di Lavorgo è lunga 9 chilometri. Il tracciato attraversa sia lo gneiss granitico a tessitura scistoso laminare che i paragneiss (scisti a due miche e granato) dell'Intercalazione centrale di Chironico-Faido-Piottino (Casasopra, 1939; Bianconi & Strasky, 2015). Questa galleria è ben documentata (Parker, 1930; Taddei, 1930; Gruetter,

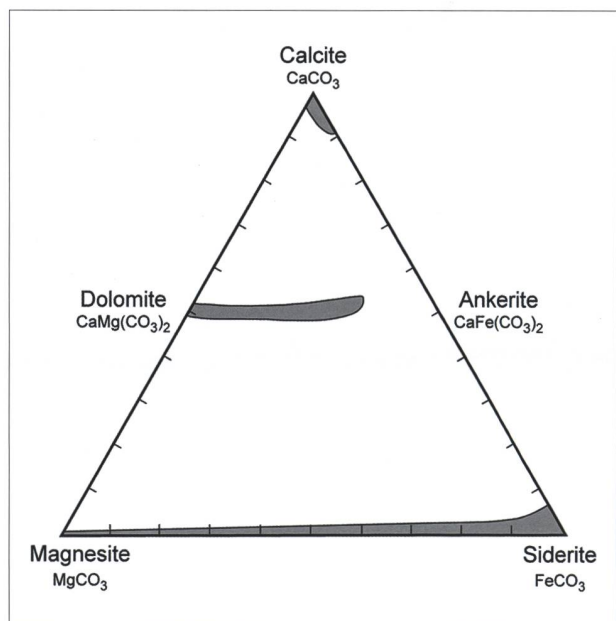


Figura 4: Diagramma delle soluzioni solide (in grigio) dei carbonati nel sistema  $\text{CaCO}_3\text{-MgCO}_3\text{-FeCO}_3$  ottenuto tramite analisi chimiche in rocce metamorfiche a 400 °C. Ridisegnato e adattato in base a Anovitz & Essene (1987).

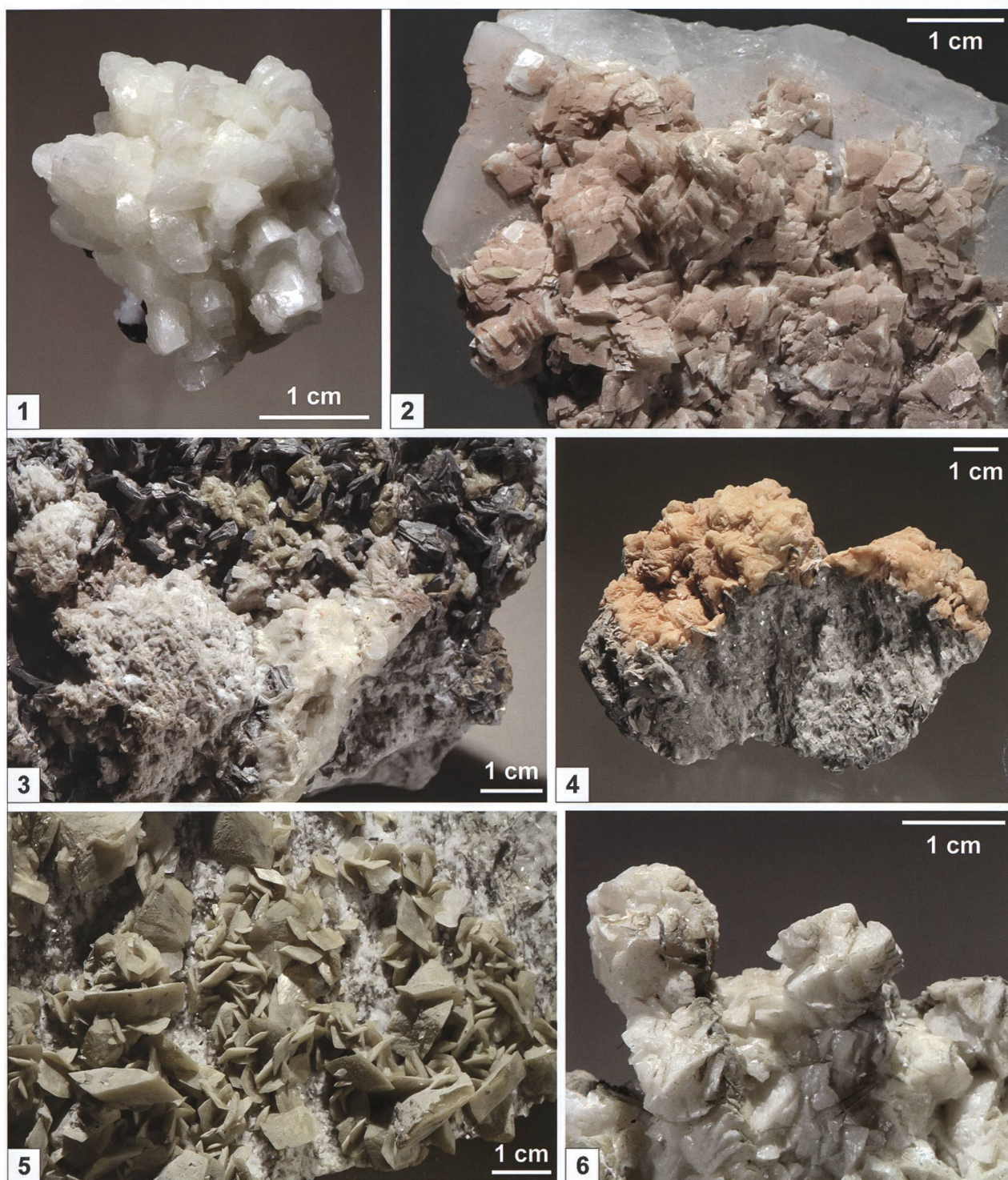


Figura 5: Foto dei campioni analizzati, la numerazione segue quella della Tabella 1. 1) Gruppo di cristalli di ankerite. 2) Ankerite (con patina rosacea) e siderite (beige chiaro) su quarzo. 3) Ankerite, siderite (beige chiaro) e muscovite su matrice. 4) Ankerite (con patina arancione) su matrice. 5) Cristalli di siderite su matrice. 6) Gruppo di cristalli di ankerite con finissimi aghi di rutilo.

1931) ma mancano le progressive chilometriche dei ritrovamenti mineralogici.

Gruetter (1931) riporta la seguente paragenesi: dolomite, siderite, calcite, muscovite, gesso, quarzo, pirite, rutilo (sagenite), tormalina e clorite. Secondo Taddei (1930) i migliori ritrovamenti si situano nella porzione nord occidentale del tunnel (per circa 4 km dal portale nord) all'interno della quale prevalgono gli ortogneiss. La collezione MCSN "Motor-Columbus" consta di 28 campioni, le specie più frequenti sono: calcite, ankerite-dolomite, muscovite, pirite, gesso, quarzo e siderite.

Da questa collezione sono stati scelti per l'analisi chimica i seguenti campioni (Fig. 5: 2, 3 e 4): [2] Gruppo di cristalli di ankerite-dolomite dalla classica forma a romboedro incurvato con spigoli di 3 mm (Fig. 6). La colorazione particolare è data dalla presenza di una patina superficiale rosacea, l'interno dei cristalli è bianco. Il gruppo si trova su di un cristallo di quarzo, completano la paragenesi piccoli individui di siderite discoidale beige chiaro. [3] Ankerite-dolomite in una massa bianca con romboedri non ben sviluppati di 2 mm. Il campione comprende anche siderite (beige chiaro) e

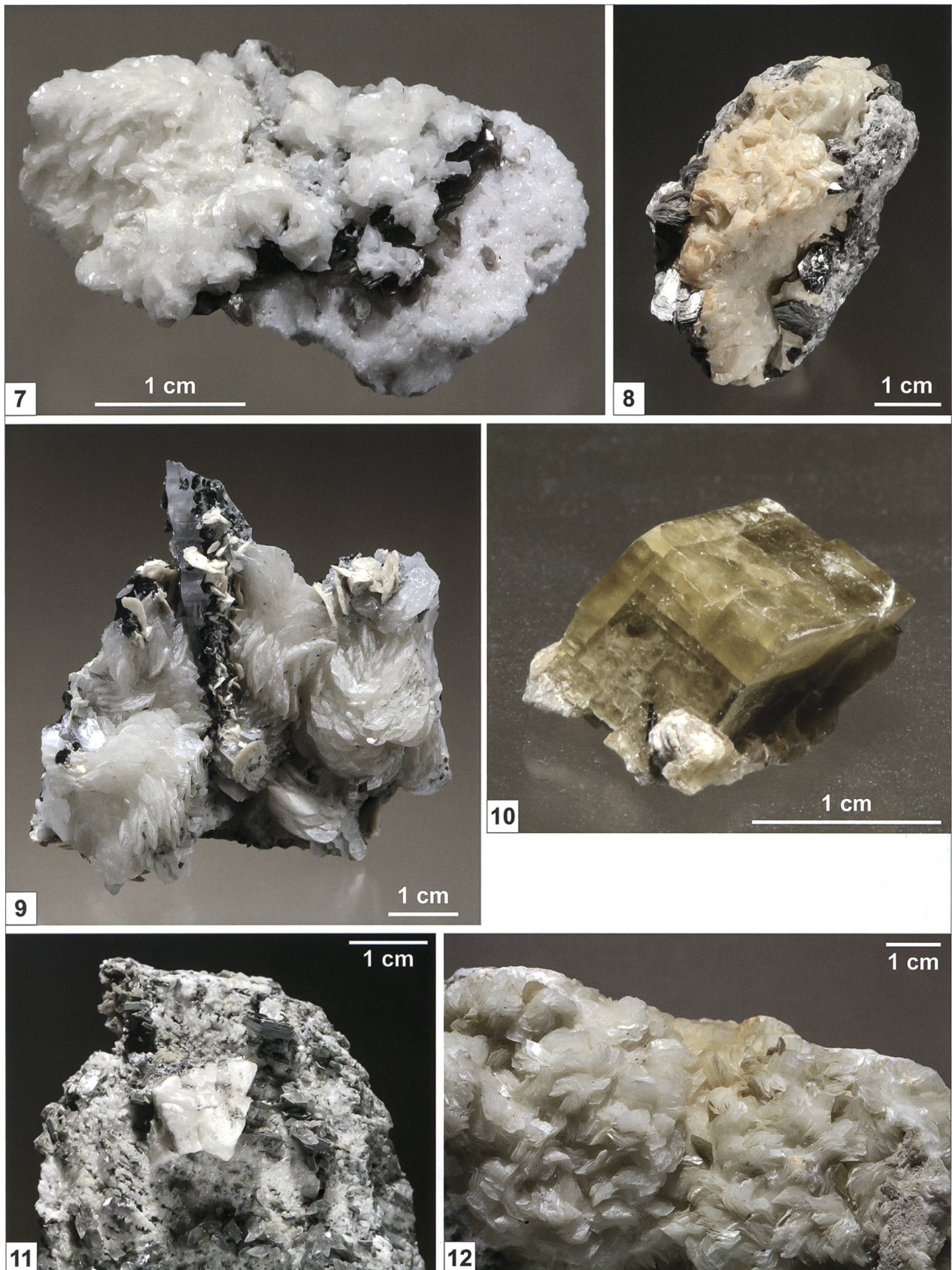


Figura 5bis: 7) Gruppo di cristalli di ankerite e muscovite su matrice. 8) Gruppo di cristalli di ankerite giallognola e grosse lamelle di muscovite su matrice. 9) Dolomite, siderite (lamelle discoidali bianco crema) con quarzo e clorite. 10) Cristallo singolo di siderite. 11) Dolomite su matrice con muscovite e calcite scalenoedrica. 12) Gruppo di cristalli di ankerite con siderite giallo miele (in alto a sinistra) su matrice.

muscovite su matrice (gneiss). [4] Gruppo su matrice di piccoli (2 mm) romboedri distorti di ankerite-dolomite (con patina arancione).

*Gallerie autostradali A2 Monte Piottino e Piumogna (1975)*

In base alla carta di Bianconi et al. (2014) la galleria Monte Piottino è scavata interamente nello gneiss granitico a tessitura scistoso laminare mentre la galleria Piumogna attraversa pure i paragneiss dell'Intercalazione centrale di Chironico-Faido-Piottino.

Le relative collezioni MCSN includono 76 reperti (Monte Piottino; paragenesi a muscovite, calcite, ankerite-dolomite, pirite e quarzo) e 203 reperti per la galleria Piumogna (paragenesi a quarzo, calcite, muscovite, pirite, ankerite-dolomite).

I reperti scelti per l'analisi sono (Monte Piottino, Fig. 5: 1 e 8): [1] Gruppo di cristalli bianchi molto lucenti dalla forma di romboedri distorti di ~3 mm di spigolo. [8] Ankerite-dolomite con romboedri non ben sviluppati di 2 mm di colorazione variabile (da bianca a giallognola) e grosse lamelle di muscovite su matrice.

(Piumogna, Fig. 5: 7): [7] Ankerite-dolomite a formare una massa bianca con spigoli di 2 mm e muscovite su matrice.

*Cunicolo di sondaggio Alp Transit di Polmengo (1993-1996)*

Questo cunicolo, lungo 5.5 chilometri è stato realizzato per verificare le condizioni geologiche della zona di Piora in profondità. Esso si sviluppa per più di metà tracciato all'interno dello gneiss granitico a tessitura

Tabella 2: Parametri analitici utilizzati.

Dimensione superficie analizzata	1 mm <sup>2</sup>	
Tensione di accelerazione	20 kV	
Corrente di emissione	108 mA	
Tempo di analisi	60 sec.	
Spessore del carbonio	15 nm	
Elemento	Linea	Standard
Ca	Serie-K	Wollastonite
Mg	Serie-K	MgO
Fe	Serie-K	Fe metallico
Mn	Serie-K	Mn metallico
Sr	Serie-L	SrF <sub>2</sub>
Microscopio SEM CamScan MV 2300		
Detettore EDS INCAx-sight		

scistoso laminare e dello gneiss porfiroide della falda Leventina, in seguito attraversa gli gneiss biotitici e orneblenditici con passaggi di anfibolite della falda Lucomagno (Schneider, 1999).

I minerali rinvenuti provengono per la maggior parte da 5 fessure, la collezione MCSN comprende 225 reperti e la paragenesi rispecchia quella tipica della regione e cioè: muscovite, ankerite-dolomite, quarzo, calcite e siderite.

Le analisi hanno riguardato i seguenti campioni (Fig. 5: 5, 6, 11 e 12): [5] Grosso campione di gneiss (29 x 23 cm) parzialmente ricoperto da bei cristalli di siderite

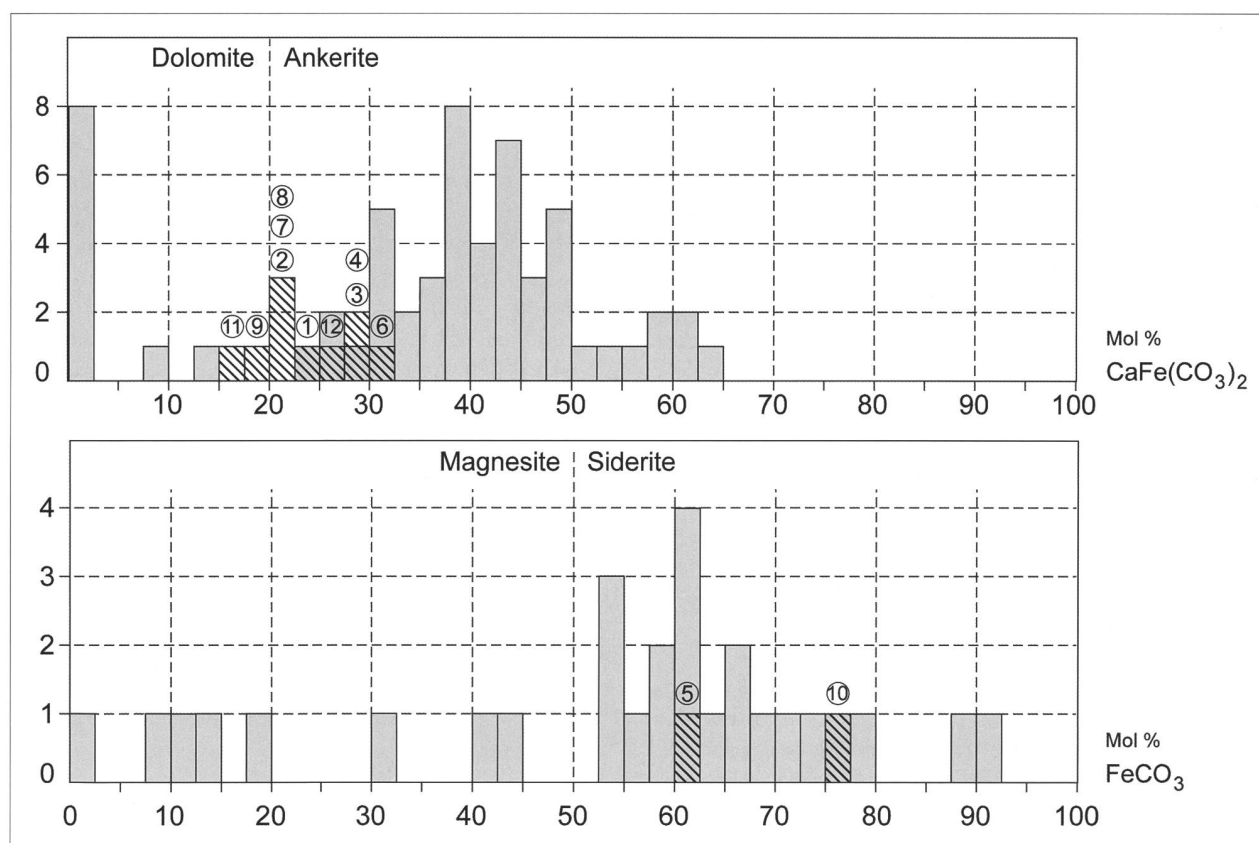


Figura 6: Rappresentazione dei risultati ottenuti in questo studio (colonne con barre diagonali) inseriti all'interno del grafico presentato da Stalder et al. (1998). I valori analitici presentati nella tabella 3 sono stati normati ponendo Ca = 50%.



Tabella 3: Risultati ottenuti con l'analisi alla microsonda (A, B, C e D sono i campioni utilizzati come standard di calibrazione). Valori in atomi-%.

ID	N° Cat	Minerale	Località/Galleria	Ca	Mg	Fe	Mn	Sr	Totale
A	5144	Calcite	Helgustadir, Islanda	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>
B	3025	Rodocrosite	John Reed Mine (CO), USA	0.00	3.12	0.82	96.06	0.00	<b>100.00</b>
C	2695	Dolomite	Brosso, Italia	49.12	37.46	12.76	0.66	0.00	<b>100.00</b>
D	711	Siderite	Ivigut, Groenlandia	0.00	0.00	95.12	4.88	0.00	<b>100.00</b>
1	6400	Ankerite	A2 – Monte Piottino	49.50	23.81	25.09	1.60	0.00	<b>100.00</b>
2	1130	Ankerite	Impianto Monte Piottino	48.43	28.69	20.86	2.02	0.00	<b>100.00</b>
3	1118	Ankerite	Impianto Monte Piottino	48.33	19.83	30.30	1.14	0.40	<b>100.00</b>
4	1111	Ankerite	Impianto Monte Piottino	51.02	20.40	27.61	0.97	0.00	<b>100.00</b>
5	12091	Siderite	Cunicolo Polmengo	1.14	37.33	60.57	0.96	0.00	<b>100.00</b>
6	12081	Ankerite	Cunicolo Polmengo	50.53	18.34	29.90	1.23	0.00	<b>100.00</b>
7	6850	Ankerite	A2 – Piumogna	51.36	24.93	22.44	1.27	0.00	<b>100.00</b>
8	6661	Ankerite	A2 – Monte Piottino	50.62	25.62	21.99	1.77	0.00	<b>100.00</b>
9	19690	Dolomite	AlpTransit San Gottardo	49.03	32.17	18.24	0.56	0.00	<b>100.00</b>
10	19609	Siderite	AlpTransit San Gottardo	0.89	21.38	76.75	0.98	0.00	<b>100.00</b>
11	12285	Dolomite	Cunicolo Polmengo	51.17	31.45	15.66	1.72	0.00	<b>100.00</b>
12	12185	Ankerite	Cunicolo Polmengo	48.65	24.33	25.75	1.27	0.00	<b>100.00</b>

di un centimetro di spigolo e gruppi di romboedri di ankerite-dolomite bianchi. [6] Gruppo di cristalli di ankerite-dolomite dalla caratteristica forma di romboedri incurvati con spigoli di 3 mm e finissimi aghi di rutilo. [11] Cristalli isolati di 1 cm bianchi di ankerite-dolomite su matrice con muscovite e calcite scalenoedrica. [12] Grosso gruppo di romboedri appiattiti impilati di ankerite-dolomite (spigoli fino a 4 mm) con rara siderite giallo miele su matrice.

#### *Galleria di base AlpTransit (2004-2009)*

Considerando l'enorme lunghezza della galleria (57 km) sono stati presi in considerazione unicamente i ritrovamenti mineralogici nel tratto compreso tra la stazione multifunzione di Faido (che si trova nella zona di contatto tra le falde Leventina e Lucomagno; Guntli et al., 2016) e la zona della Piora. Tra i 292 reperti presenti in collezione le specie più frequenti sono: quarzo, calcite, ankerite-dolomite, siderite, pirite e muscovite. I reperti selezionati per le analisi sono (Fig. 5: 9 e 10): [9] Gruppi di romboedri appiattiti impilati bianchi di ankerite-dolomite (spigoli di 5 mm) con associate lamelle discoidali bianco crema di siderite, su quarzo e clorite. [10] Cristallo singolo romboedrico di colore giallo miele translucido, lo spigolo maggiore misura 11 mm.

#### **Analisi**

Da ogni campione è stato asportato un frammento di ~2 mm<sup>3</sup> di volume. I frammenti sono poi stati immersi in una resina epossidica e lucidati prima di venir ricoperti da uno strato di carbonio (metallizzazione) per rendere conduttiva la superficie.

Le analisi chimiche dei minerali sono state realizzate con la microsonda elettronica con rilevatore a disper-

sione di energia (EDS) dell'Istituto di Scienze della Terra dell'Università di Losanna (modello CamScan MV2300). I parametri analitici sono riassunti nella tabella 2.

## **RISULTATI**

I valori ottenuti con l'analisi alla microsonda sono riportati nella tabella 3. La maggior parte dei campioni analizzati è risultata essere ankerite (8 casi su 10). I tenori di ferro variano tra 20.86 e 30.30 atomi percentuali e sono più contenuti rispetto a quelli forniti da Stalder et al. (1998) e qui riprodotti nella figura 6. Questa variabilità si ritrova anche in campioni prelevati dalla medesima galleria e non è riscontrabile una zonazione con settori più o meno ricchi di ferro. Tuttavia, i due campioni di dolomite sono anche quelli spazialmente più vicini agli importanti affioramenti di marmi dolomitici della Val Piora (zona di Piora e copertura della falda Gottardo, Fig. 1).

I due campioni di siderite analizzati hanno un contenuto di ferro ben distinto che probabilmente riflette la marcata differenza nella morfologia dei cristalli, i romboedri traslucidi giallo miele più ricchi in ferro (76.75%) rispetto ai cristalli discoidali brucici (60.57%). Quest'ultimo valore è molto simile a quello ottenuto da Weibel (1964) su un campione proveniente dalla galleria dell'impianto idroelettrico del Monte Piottino: MgCO<sub>3</sub>(36.5%), FeCO<sub>3</sub>(60.4%).

## DISCUSSIONE

Il presente lavoro conferma quanto già osservato da altri autori in studi precedenti a proposito dei carbonati della serie ankerite dolomite. I punti salienti sono i seguenti:

- Come già evidenziato da Stalder et al. (1998), l'ankerite sembra essere più diffusa della dolomite. Buona parte dei reperti attualmente catalogati come "dolomite" sono probabilmente "ankerite". A titolo di esempio, anche nel caso del tunnel del Sempione, il 63% dei carbonati romboedrici della collezione vodese analizzati si sono rivelati essere ankerite (Meisser, 2005). Le due specie sono indistinguibili all'aspetto esteriore e l'identificazione necessita di un'analisi chimica quantitativa.
- La colorazione dei minerali non è indicativa, il colore bianco non implica assenza di ferro, si confrontino ad esempio le due fotografie (Fig. 5, 7 e 8) per le quali l'ankerite con il minor contenuto in ferro è giallognola e quella più ricca è bianca.
- Il termine puro della dolomite non è stato rilevato, a conferma che la sua occorrenza nelle Alpi Centrali è limitata ai marmi dolomitici all'interno dei quali forma romboedri trasparenti (Stalder, 1998).

## BIBLIOGRAFIA

- Amacher P. & Schüpbach T. 2011. NEAT - Mineralien. Kristall-Schätze tief im Berg. GEO-Uri GmbH, Amsteg, 233 pp.
- Anovitz L.M. & Essene E.J. 1987. Phase equilibria in the system  $\text{CaCO}_3\text{-MgCO}_3\text{-FeCO}_3$ . *Journal of Petrology*, 28: 389-415.
- Bianconi F., Beffa F.A., Steiger R.H., Günthert A., Hasler P., Baumer A. & Huber C.W. 2014. Foglio 1252 Ambri-Piotta. - Atlante geologico della Svizzera 1:25'000, Carta 138. Ufficio federale di topografia, Wabern.
- Bianconi F. & Strasky S. 2015. Foglio 1252 Ambri-Piotta. - Atlante geologico della Svizzera 1:25'000, Note esplicative. Ufficio federale di topografia, Wabern, 212 pp.
- Böhm C.O. 1996. Provenance and pre-mesozoic evolution of the Lucomagno Unit (Central Swiss Alps): a geochemical, isotopic and geochronological approach. - Diss. ETH No.11773, Zurigo, 143 pp.
- Bolli T. 2010. "Das waren alles Notbergungen". *Schweizer Strahler* (44)/4: 2-11.
- Casasopra S. 1939. Studio petrografico dello Gneiss granitico Leventina (Valle Riviera e Valle Leventina, Canton Ticino). *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, 19: 449-709.
- Chai L. & Navrotsky A. 1996. Synthesis, characterization, and energetics of solid solution along the dolomite-ankerite join, and implications for the stability of ordered  $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$ . *American Mineralogist*, Volume 81, 1141-1147.
- Goldsmith J.R. 1959. Some aspects of the geochemistry of carbonates. In Abelson P.H.(ed). *Researches in geochemistry*. New York, John Wiley & Sons, Inc: pp. 336-358.
- Gramaccioli C.M. 1975. Minerali alpini e prealpini. Istituto Italiano Edizioni Atlas, Bergamo, 473 pp.
- Gruetter O. 1931. Ueber einige Ergebnisse der geologischen Untersuchung der Kraftwerkanlage Monte Piottino (Tessin). *Eclogae geologicae Helvetiae*, 24(1): 1-21.
- Guntli P., Keller F., Lucchini R. & Rust S. 2016. Gotthard-Basistunnel: Geologie, Geotechnik, Hydrogeologie - zusammenfassender Schlussbericht. *Berichte der Landesgeologie* 7, 180 pp.
- Kipfer A. 1979. Mineralien aus dem Rotondogranit. Die Mineral-Paragenesen im Stollenprofil des Furkabisistunnels, Fenster Bedretto (Ronco, TI). *Schweizer Strahler* 13(2): 45-81.
- Meisser N. 2005. Minéralogie du tunnel du Simplon. In AA.VV. (eds). *Simplon - Histoire, géologie, minéralogie*. Fondation Bernard et Suzanne Tissières, Martigny, pp. 61-83.
- Niggli P., Koenigsberger J. & Parker R.L. 1940. Die Mineralien der Schweizeralpen. Basel, Wepf & Co., Band I+II, 661 pp.
- Parker R.L. 1930. Bemerkungen über einige Mineralien des Piottinostollens (Tessin). *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, 10: 363-366.
- Parker R.L. 1954. Die Mineralfunde der Schweizer Alpen. Wepf & Co., Basel, 311 pp.
- Ruetti R., Maxelon M. & Mancktelow N.S. 2005. Structure and kinematics of the northern Simano Nappe, Central Alps, Switzerland. *Eclogae geologicae Helvetiae*, 98(1): 63-81.
- Schneider T.R. 1999. Gotthard-Basistunnel: Strategie der geologischen Untersuchungen. In Löw & Wyss (hrsg), *Vorerkundung und Prognose der Basistunnels am Gotthard und am Lötschberg*, Rotterdam: pp. 59-72.
- Stalder H.A. 1998. Die unbeständigen Mineralien der Calcit- und Dolomitgruppe, Beispiele aus den Mineralzerrklüften der Schweizeralpen. *Schweizer Strahler*, 11(7): 273-282.
- Stalder H.A., Sicher V. & Lussmann L. 1980. Die Mineralien des Gotthardbahntunnels und des Gotthardstrassentunnels N2. Repof AG, Gurtellen, 161 pp.
- Stalder H.A., Wagner A., Graeser S. & Stuker P. 1998. Mineralienlexikon der Schweiz. Verlag Wepf & Co. Basel, 580 pp.
- Taddei C. 1930. Galleria Monte Piottino Faido (Ticino). *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, 10: 367-372.
- Weibel M. 1964. Chemische Untersuchungen an alpinen Kluftkarbonaten. *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, 44: 489-498.
- Weibel M. 1974. Karbonatparagenesen von Obergesteln (Oberwallis). *Schweizer Strahler*, 3(5): 201-204.

