



Giorgio M. Bortolozzi
Monica Pondrelli
Luigi Vidus

I MINERALI DELLA CRETA DI TIMAU (LAGO AVOSTANIS, PALUZZA, UDINE): RISCOPERTA DI UN'ANTICA LOCALITÀ MINERARIA

MINERALS FROM THE CRETA DI TIMAU
(AVOSTANIS LAKE, PALUZZA, UDINE, NE ITALY):
REDISCOVERY OF AN ANCIENT MINING LOCALITY

Riassunto breve - Gli affioramenti presenti nei pressi del Lago Avostanis costituiscono un ottimo esempio di continuità con i giacimenti ben più importanti del Monte Avanza e di Comeglians. Lo studio geologico di dettaglio dell'area ha permesso di rilevare strutture, associabili a faglie o a paleocarsismo, formatesi a seguito di esposizioni subaeree, al cui interno sono stati rinvenuti affioramenti in tracce di azzurrite e malachite. La ricerca accurata dei minerali, nella pietraia sottostante la Creta di Timau, ha consentito il riconoscimento di oltre 40 specie, tra le quali: beaverite-(Cu), beudantite, camerolaite, carminite, cinabro, cuproroméite, dickite, eritrite, duftite, jarosite, langite, linarite, mimetite, olivenite, plumbojarosite, scorodite, segnitite e zincolivenite.

Parole chiave: Minerali, paleocarsismo, Devoniano, Carbonifero, Alpi Carniche.

Abstract - *The porous, mineral-bearing, chert outcrops located in the surroundings of the Avostanis Lake represent a nice example of lateral continuity with the better known and larger deposits of Mount Avanza and Comeglians. The detailed geological analysis of the studied area allowed to recognize and map these deposits which include traces of malachite and azurite minerals, which formation might be related either to paleokarst or syndimentary faulting geological contexts. The detailed sampling and analysis of the minerals along the base of the Creta di Timau eastern cliff, allowed to recognize more than 40 mineral species, including beaverite-(Cu), beudantite, camerolaite, carminite, cinnabar, cuproroméite, dickite, erythrite, duftite, jarosite, langite, linarite, mimetite, olivenite, plumbojarosite, scorodite, seignitite and zincolivenite.*

Key words: Minerals, paleokarst, Devonian, Carboniferous, Carnic Alps.

Introduzione e cenni storici

Le Alpi Carniche (Friuli, NE Italia) rappresentano la parte da non a poco metamorfica del substrato delle Alpi Meridionali (VAI 1976; BRIME et al. 2008). La successione stratigrafica qui presente è quella meglio preservata di tutto il settore alpino, così da rendere le Alpi Carniche un'area strategica per le ricostruzioni paleoambientali e paleogeografiche a scala sovragionale (CORRADINI & SUTTNER 2015).

Ad interessarsi degli aspetti più prettamente mineralogici dell'area carnica è stato, recentemente, ZUCCHINI (1998) che riporta anche alcuni cenni storici per il settore di Timau, oggetto della presente nota, che vengono di seguito riportati.

È probabile che, fin dai tempi antichi, venissero sfruttati i minerali di rame e argento nelle montagne nei dintorni di Timau, anche se i primi scritti a testimonianza di questi lavori risalgono al 21 gennaio 1489. Altri

documenti confermano uno sfruttamento continuato nel tempo in molte zone limitrofe all'abitato di Timau tra il 1490 e il 1578.

Paolo Santonino, nel suo "Itinerarium", descrive le visite pastorali del vescovo di Caorle Pietro Carlo in queste regioni negli anni 1485-1487: "Postmodum circa horam XXII^m applicuit ad locum Timavi et ibi ea nocte remansit ubi est fons Timavi et nova fodina argenti, in qua tunc primun argentarius folles ceperat agitare pro argento ex vene lapidibus excutiendo". Altre notizie risalgono al 29 giugno 1489 quando il governatore del patriarcato Buzio de Palmulis scrisse al prete Giovanni beneficiato in Paluzza "[...] Ville Timavi, que existit filialis ecclesie de Palucia cure tue, effossoribus minere argenti [...]".

Dopo accurati sopralluoghi, Lazzarini nel 1903 aveva ben intuito l'opera dell'uomo in tutta l'area di Timau: "Che le grotte di Timau siano state intaccate dalla mano dell'uomo, che questi vi abbia lavorato, tracce troppo

palesi vi si scorgono tutt'ora, specialmente nella parte inferiore, per dubitarne [...]. A destra ed a sinistra, nella viva roccia, si scorgono delle poderose intaccature, degli incavi di due per parte, a fronte, in cui, ben si comprende, dovette esserci un tempo, saldamente fissata una spranga, un travicello, od altro di simile [...].

Purtroppo questi segni antropici sono oggi di difficile interpretazione, sia per le enormi modificazioni operate durante il primo periodo bellico, sia per la costante percolazione d'acqua che ha ulteriormente celato tutti i segni di lavorazione rivestendo i cunicoli d'incrostazioni calcaree.

La località "Schmelzhütte" (fornace fusoria), indica un'area dove il materiale estratto era lavorato e nella quale Giuseppe Girardi (1841) osservò i resti di forni fusori: "A Timau esistono gli avanzi dei Forni di nobile metallo da me osservati nel 1808 [...]". Nell'area furono rinvenute notevoli quantità di scorie, fatte successivamente esaminare da Angelo Coppadoro al prof. Senofonte Squinabol dell'Università di Padova. Tali scorie rivelarono un'alta percentuale d'ossidi di Ca, Fe e Si che furono messi in relazione al trattamento cui era sottoposto il minerale al fine di estrarne il rame.

Sono ormai passati alcuni anni da quando i collaboratori del Museo Friulano di Storia Naturale ostinatamente ricercavano affioramenti di minerali sulle Alpi Carniche, cercando di individuare anche le correlazioni mineralogiche tra le differenti località regionali. Negli anni novanta lo stesso Museo fece intraprendere uno studio sistematico sulle miniere e le mineralizzazioni in Friuli. Questo impegno si

concluse con la raccolta, pressoché completa, della documentazione storica esistente e con l'inserimento, nelle collezioni museali di numerosi e significativi campioni provenienti da molte località della provincia di Udine (ZUCCHINI 1998).

Da allora i lavori sul campo sono stati portati avanti da collezionisti e appassionati, che negli anni hanno affinato le tecniche di ricerca ottenendo risultati significativi, in particolare con lo studio dei *micromount*. È proprio da questa attività che, recentemente, si è giunti ad uno studio particolareggiato della paragenesi del giacimento del Monte Avanza (BORTOLOZZI et al. 2015) e di San Giorgio di Comeglians (CIRIOTTI et al. 2006), lavori significativi anche dal punto di vista scientifico. Dal 2014 è iniziata una proficua collaborazione tra diverse università, il Museo Friulano di Storia Naturale di Udine e alcuni appassionati, per lo studio dettagliato di alcune località mineralogiche regionali, interessando siti quali quello del Lago Avostanis e del ben più noto San Giorgio di Comeglians.

Le mineralizzazioni nella Provincia di Udine, infatti, seppure citate in varie pubblicazioni, non sono ancora state cartografate in dettaglio lungo tutta la catena e, in generale, mancano di uno studio sistematico.

Inquadramento geologico

L'area adiacente al Lago Avostanis è caratterizzata dalla transizione fra i depositi carbonatici, che sono prevalenti nella successione del bacino carnico fra il

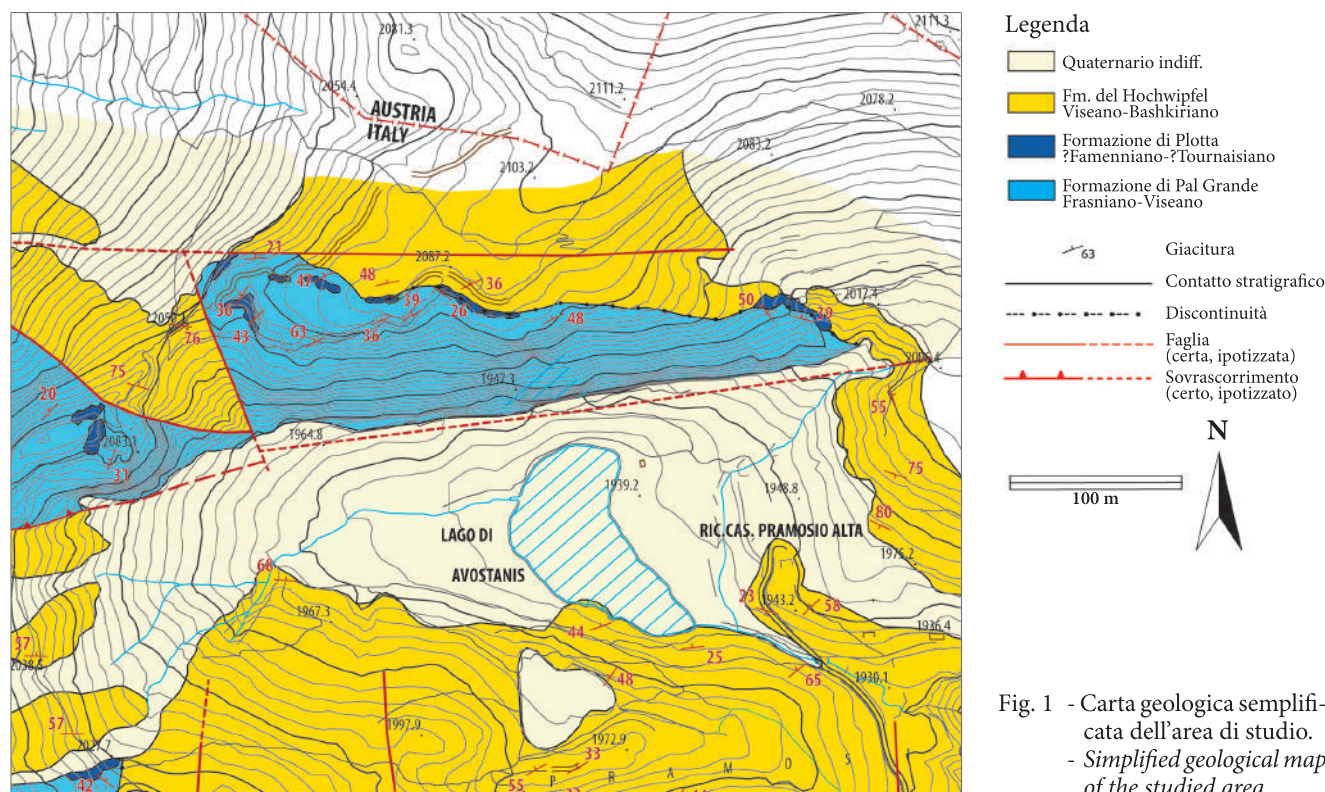


Fig. 1 - Carta geologica semplificata dell'area di studio.
- Simplified geological map of the studied area.

Siluriano e la parte più bassa del Carbonifero Inferiore, e i depositi silicoclastici della Formazione del Hochwipfel (fig. 1).

La successione è inclinata verso NNE (fig. 2) e rappresenta il fianco settentrionale di una anticlinale, a scala pluri-chilometrica, originatasi per trascinamento lungo un sovrascorrimento orientato N120°E sud-vergente (VENTURINI 1990).

I depositi carbonatici sono rappresentati dalla parte alta della Formazione di Pal Grande (SPALLETTA et al. 2015a). Questa unità è costituita da *mudstone* e *wackestone* di colore grigio medio. La stratificazione originaria è generalmente cancellata da frequenti strutture da pressione-soluzione che forniscono a queste rocce il caratteristico aspetto pseudo-nodulare. Il contenuto fossilifero è rappresentato da brachiopodi, climenidi e crinoidi. L'ambiente di deposizione di questa parte dell'unità è stato interpretato, da SPALLETTA et al. (2015a), come di bacino aperto in condizioni pelagiche. La distribuzione stratigrafica della formazione va dal Frasniano al Viseano (Devoniano Superiore - Carbonifero Inferiore) nell'intera catena, mentre è limitata, nell'area oggetto di studio, al Famenniano (PERRI & SPALLETTA 1998).

La Formazione di Pal Grande è localmente coperta in discontinuità da affioramenti lentiformi di depositi selciferi porosi di colore da grigio a nero, che corrispondono alla Formazione di Plotta (SPALLETTA et al. 2015b). Questa unità è stata interpretata come formata in condizioni paleocarsiche a seguito di esposizione subaerea (SCHÖNLAUB et al. 1991; SPALLETTA et al. 2015b). L'età è stata stimata come possibilmente compresa fra la parte superiore del Famenniano e il Tournaisiano da SPALLETTA et al. (2015b).

La Formazione del Hochwipfel (SPALLETTA et al. 1980, 2015c) giace in discontinuità sopra la Formazione di Pal Grande o la Formazione di Plotta. Nell'area di studio, consiste di quarzoareniti, arenarie litiche, siltiti e peliti in strati spessi da pochi fino a circa 30 cm che mostrano i caratteri tipici delle torbiditi. L'ambiente deposizionale di questa unità è stato interpretato come legato a fenomeni di deposizione gravitativa, principalmente torbiditica, in ambiente pelagico (SPALLETTA et al. 2015c).

Localmente l'evoluzione complessiva registra quindi almeno un possibile episodio di emersione precedente a un rapido approfondimento associato ad un controllo tettonico (SPALLETTA & VENTURINI 1995; VENTURINI & SPALLETTA 1998; PONDRELLI et al. 2015).



Fig. 2 - Lago Avostanis. Sulla sfondo la Creta di Timau (Alpi Carniche). L'asterisco indica il ghiaione oggetto di ricerca.
- Avostanis lake; on the background the Creta di Timau (Carnic Alps). The asterisk indicates the investigated area.

La zona di ricerca

L'area oggetto del presente studio si trova nell'alta Valle del Bût, a NE di Timau in prossimità del confine italo-austriaco. Provenendo da Paluzza si prosegue per qualche chilometro fino all'abitato di Laipacco, dal quale inizia la salita fino alla Casera Pramosio Bassa (1521 m). Lasciata la macchina si segue l'agevole stradina che porta al pascolo di Casera Malpasso, per poi proseguire fino a raggiungere la conca del Lago Avostanis (1936 m; fig. 2), un magnifico esempio di bacino di origine



Fig. 3 - La Creta di Timau.
- *The Creta di Timau.*



Fig. 4 - La ricerca di minerali nella pietraia ai piedi della Creta di Timau.
- *Looking for minerals in the stony ground at the foot of Creta di Timau.*

glaciale, tanto da essere stato inserito tra i geositi più importanti del Friuli Venezia Giulia (CUCCHI et al. 2009).

La mineralizzazione è ben evidente rovistando nella pietraia a ridosso della parete calcarea della Creta di Timau (2219 m; figg. 3 e 4), dalla quale si suppone provengano i massi con i campioni descritti nella presente pubblicazione. Altre manifestazioni in affioramento sono state individuate nella parte sommitale della parete di roccia del Monte Avostanis.

Studi geologici dell'intera area (SCHÖNLAUB et al. 1991; SPALLETTA et al. 2015b) hanno evidenziato la possibilità di emersioni ripetute nel tempo, con la conseguente formazione di strutture carsiche. Ricercando questo tipo di morfologie, si è individuata una possibile superficie paleocarsica con incrostazioni di minerale al contatto tra il calcare ed il materiale di riempimento. Altri piccoli affioramenti si possono individuare seguendo lo strapiombo del Monte Avostanis, senza però che questi interessino particolari strutture paleocarsiche.

I minerali

Tutta l'area sovrastante il Lago Avostanis, e anche quella sottostante dove è presente la cava di marmo attualmente ancora attiva, vicina alla Casera Pramosio Bassa, sono ricche di tetraedrite ed azzurrite, al punto che la roccia blu ("blaustein") attirava l'attenzione di molti minatori fin dal Medioevo e - come riportato precedentemente - furono scavate numerose gallerie, in seguito trasformate in rifugi o depositi durante la Prima Guerra Mondiale.

La nostra prima ricerca sistematica di minerali nella pietraia sottostante la Creta di Timau, è stata effettuata nell'estate del 2013 ed ha portato al riconoscimento di

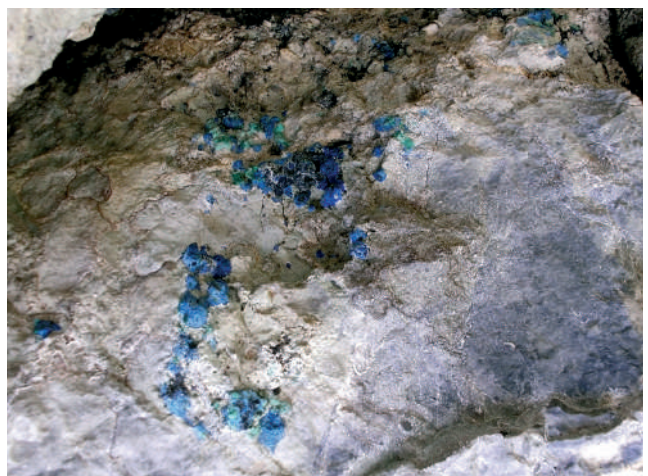


Fig. 5 - Estese spalmature di azzurrite ("blaustein") nelle rocce di Cima Avostanis.
- *Extended coatings of azurite ("blaustein") in the rocks of Cima Avostanis.*

oltre 30 specie, alcune di facile diagnosi microscopica e altre da identificare con certezza mediante analisi strumentali. Nell'anno seguente siamo ritornati ancora una volta nella località e la fortuna ci ha fatto trovare due nuovi massi estesamente mineralizzati, di circa 25x20 cm, non individuati nella precedente escursione (fig. 5). Il fatto che il materiale provenisse - con buona probabilità - da frammenti di roccia staccatisi dalla parete, fa sì che i campioni mineralizzati non siano di facile reperimento, dato anche il fatto che probabilmente, nel corso di vari anni, gli escursionisti hanno raccolto i pezzi esteticamente più evidenti, costituiti in prevalenza da azzurrite. Risalendo il sentiero, che porta alla Cima Avostanis, dietro la Creta di Timau, si può osservare che un'enorme fetta di roccia è in parte staccata dalla parete e corrisponde alla parte centrale della "Creta", a forma di rombo verticale.

Il nuovo ritrovamento ci ha consentito di incrementare le conoscenze relative ai campioni in nostro possesso e di aumentare ulteriormente il numero delle specie presenti, da cui la decisione di scrivere un articolo per descrivere l'interessante varietà mineralogica del sito, in passato appena accennata nelle precedenti pubblicazioni.

Quasi sempre i campioni risentono della lunga esposizione agli agenti atmosferici e pertanto è necessario rompere i pezzi, per recuperare materiale fresco ed eventuali specie cristallizzate.

I minerali più comuni non sono stati analizzati, ma riconosciuti visivamente o tramite prova microchimica. Per altre specie si è invece resa necessaria l'analisi chimica e, a tale scopo, è stata stipulata una convenzione tra il Museo Friulano di Storia Naturale di Udine e l'Università di Torino, dove sono stati inviati 32 campioni.

Le determinazioni analitiche sono state effettuate presso il Laboratorio del Dipartimento di Scienze della Terra, da parte del dr. Emanuele Costa. A parte qualche iniziale tentativo con strumentazione microRaman, tutte le analisi sono state eseguite a mezzo microsonda elettronica a dispersione di energia (EDS) Oxford Inca Energy 200 EDS, dotata di detector PentaFET (SATW). L'utilizzo solo di questa metodica e la particolare commistione dei minerali non ha consentito, tuttavia, di giungere sempre ad una diagnosi certa, per cui queste specie saranno riportate in corsivo nella descrizione che segue. I campioni analizzati e le foto sono di Giorgio Bortolozzi.

ANGLESITE [PbSO₄ - figg. 7 e 31]

Abbastanza diffusa. Si presenta prevalentemente sotto forma di tavolette biancastre malformate, con dimensioni da qualche decimo a 2-3 mm, spesso confluenti tra loro; a volte si osservano piccoli cristalli prismatici lanceolati limpidi sub millimetrici, spesso abbondanti. Molto rari i tipici cristalli bianco opaco piramidali, presenti in qualche piccolo geode. Si associa ad az-

zurrite, malachite, linarite. Diagnosi microscopica e microchimica.

ARSENOPIRITE [ARSENOPYRITE; FeAsS - fig. 9]

Riscontrata in rari campioni, sotto forma di cristalli grigio metallici prismatico-aciculari, disposti tipicamente a croce. Diagnosi microscopica.

AURICALCITE [AURICALCITE; (Zn,Cu)₅(CO₃)₂(OH)₆]

Rare patine microcristalline azzurro chiaro o bianco, associate ad emimorfite. Non analizzata.

AZZURRITE [AZURITE; Cu₃(CO₃)₂(OH)₂ - figg. 5, 10, 25, 37, 40, 42, 43, 45, 53 e 55]

Abbondante, rappresenta il minerale macroscopicamente più evidente. È presente sia in spalmature azzurro chiaro che in cristalli ben definiti, seppure abbastanza piccoli, a volte riuniti in gruppetti estetici, in associazione soprattutto con malachite. Non analizzata.

BARITE [BaSO₄ - fig. 11]

Abbondante come minerale di ganga, si può osservare raramente sotto forma di piccoli cristalli tabulari a sciame o isolati, bianco brillante, quasi trasparenti, di dimensioni inferiori al mm. Non analizzata.

BEAVERITE-(Cu) [Pb(FeCu²⁺)(SO₄)₂(OH)₆ - fig. 12]

Si tratta del quinto ritrovamento in territorio italiano e il secondo nel Nord-Est. Questo solfato, poco comune, si presenta in croste giallastre microcristalline. Analisi EDS.

BEUDANTITE [PbFe³⁺(As_{0,5}S_{0,5}O₄)(OH)₆ - figg. 13 e 44]

Abbastanza rara in cristalli evidenti, più spesso sotto forma di incrostazioni giallastre microcristalline. Il riconoscimento, tramite analisi EDS, è avvenuto tramite un cristallo rossastro, associato ad altri di colore giallo vitreo.

BROCHANTITE [Cu₄(SO₄)(OH)₆ - figg. 14 e 43]

Non rara, in aggregati micro-mammellonari di piccoli cristalli verde scuro brillante, associata ad azzurrite, malachite e linarite. Riconoscimento visivo e microchimico.

CALCITE [CaCO₃]

Minerale di ganga, non cristallizzata. Osservata raramente in croste superficiali bianche (analisi EDS).

CALCOPIRITE [CHALCOPYRITE; CuFeS₂ - fig. 15]

Abbastanza comune, male cristallizzata, associata ad altri minerali secondari. Non analizzata.

CAMEROLAITE [Cu₄Al₂[HSbO₄SO₄](OH)₁₀(CO₃)*2(H₂O) - figg. 16 e 17]



Fig. 6 - Misto di solfati, carbonati e arseniati (0,8x). Parte di uno dei due blocchi ritrovati nel settembre 2014.
- A mix of sulphate, carbonates and arsenates (0.8x). Part of one of the two blocks found in September 2014.

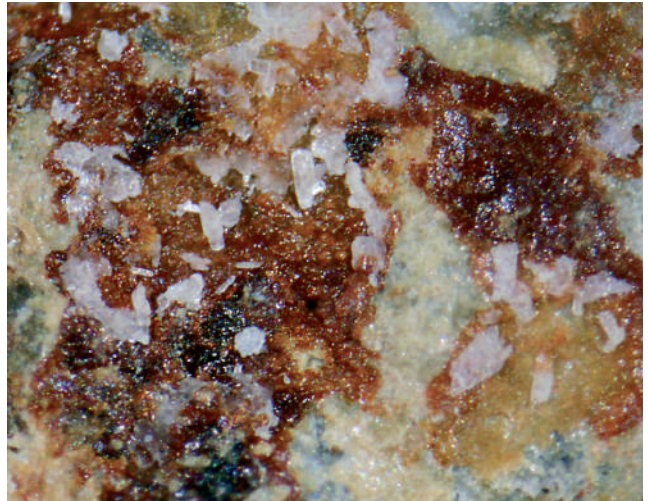


Fig. 7 - Anglesite (28x).
- Anglesite (28x).



Fig. 8 - Tavolozza di colori, con arseniati, carbonati e solfati (10x).
- Color palette, with arsenates, carbonates and sulphates (10x).



Fig. 9 - Arsenopirite (34x).
- Arsenopyrite (34x).

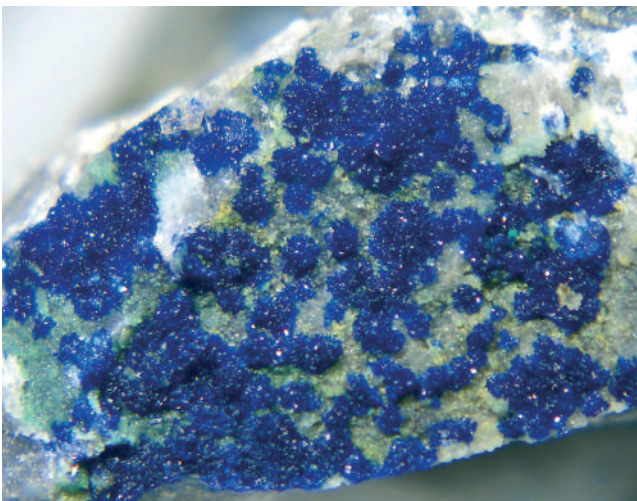


Fig. 10 - Azzurrite e zincolivenite (40x).
- Azurite and zincolivenite (40x).

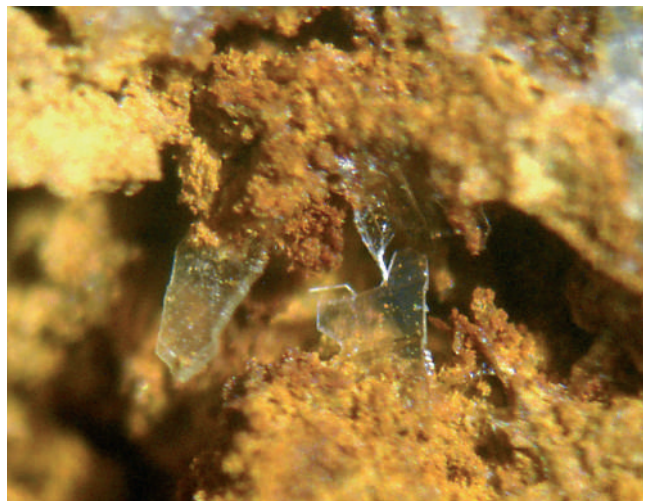


Fig. 11 - Barite (43x).
- Barite (43x).

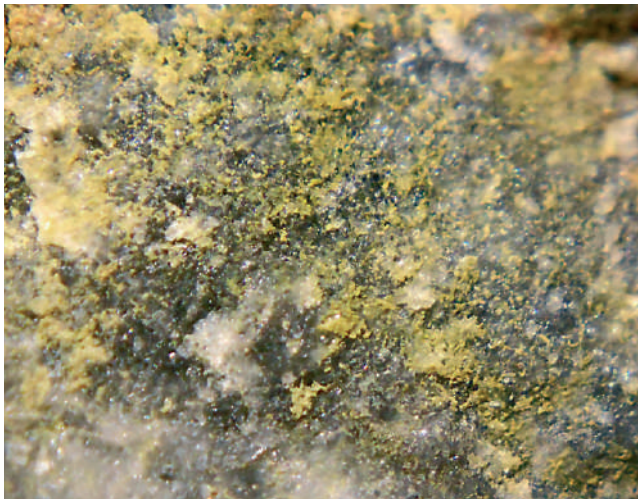


Fig. 12 - Beaverite-(Cu) (22x).
- *Cu-Beaverite* (22x).

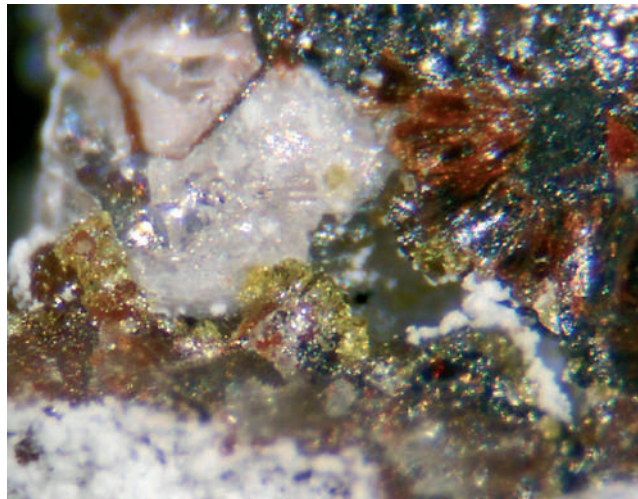


Fig. 13 - Beudantite rossa e gialla (34x).
- *Red and yellow Beudantite* (34x).

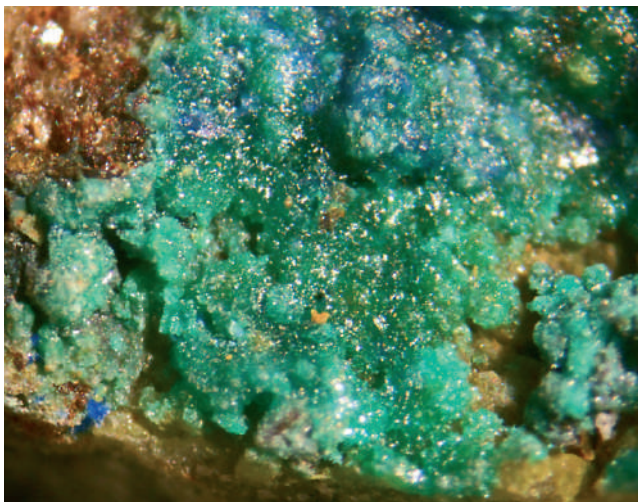


Fig. 14 - Brochantite (16x).
- *Brochantite* (16x).



Fig. 15 - Calcopirite (16x).
- *Chalcopyrite* (16x).

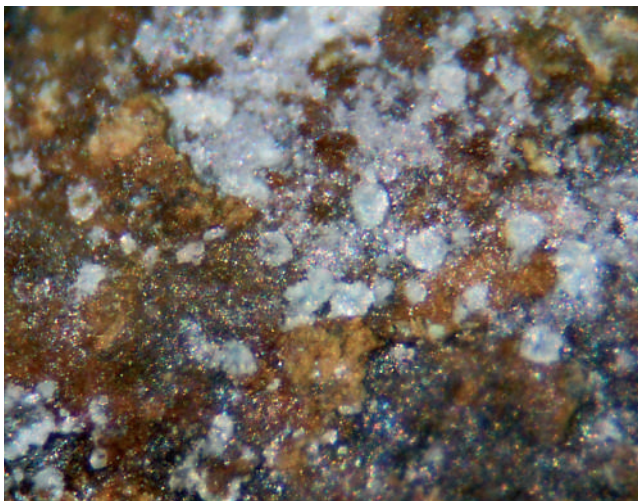


Fig. 16 - Camerolaite (48x).
- *Camerolaite* (48x).

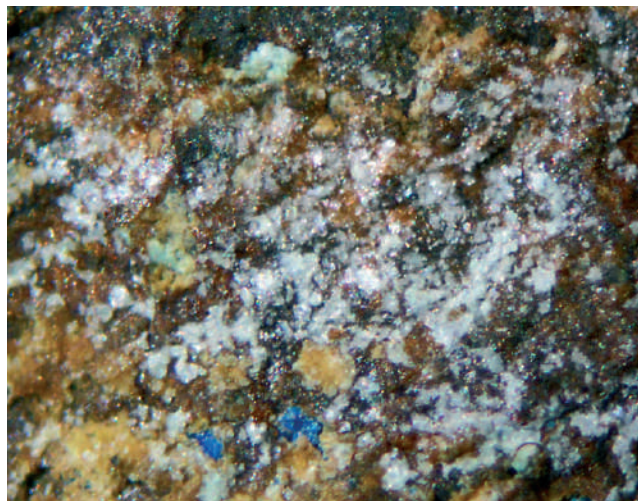


Fig. 17 - Camerolaite (24x).
- *Camerolaite* (24x).



Fig. 18 - Carbone (20x).
- Coal (20x).

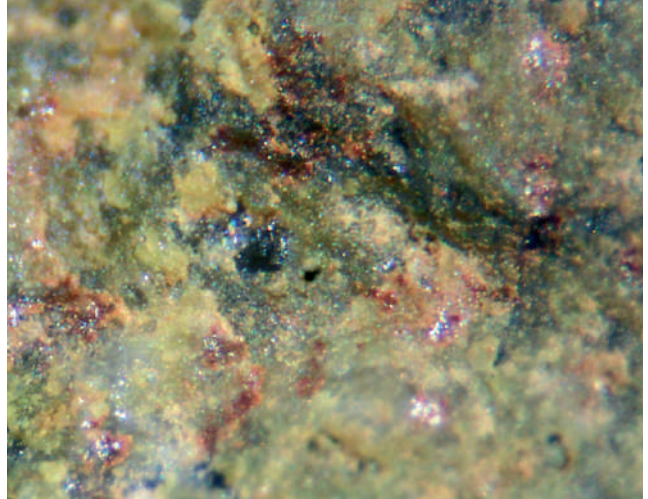


Fig. 19 - Carminite (35x).
- Carminite (35x).

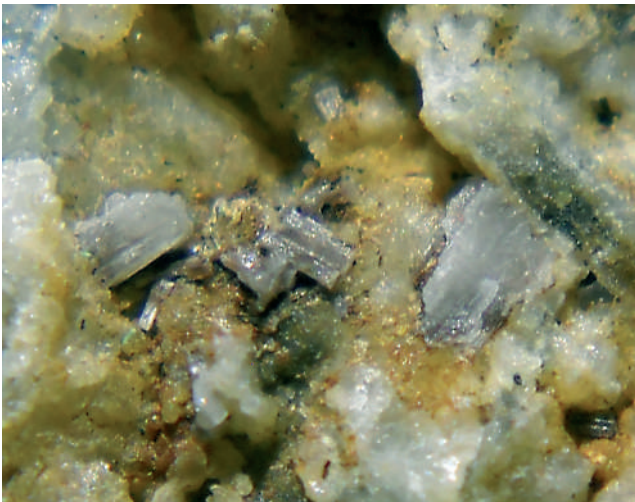


Fig. 20 - Cerussite (16x).
- Cerussite (16x).

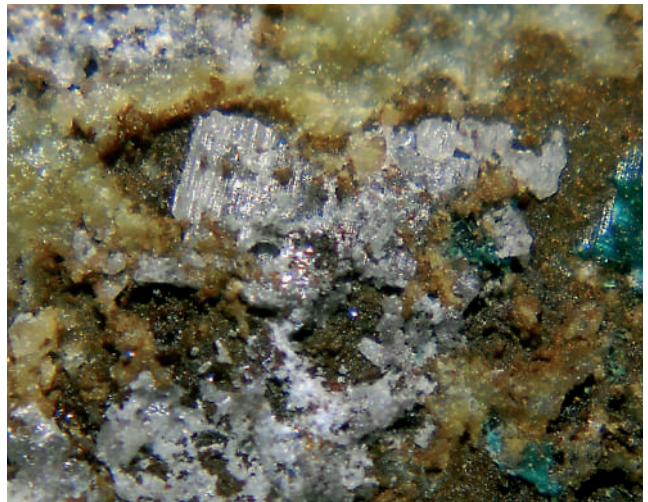


Fig. 21 - Cerussite e malachite (17x).
- Cerussite and malachite (17x).

Rara: si tratta del secondo ritrovamento italiano, dopo quello della vicina miniera di Monte Avanza. Si presenta sotto forma di minuti cristalli pseudomicacei celeste chiaro, talvolta disposti a formare aggregati tondeggianti (analisi EDS).

CARBONE [COAL - fig. 18]

Si presenta sotto forma di diffuse inclusioni nere opache o brillanti, non cristallizzate, di varie dimensioni. L'analisi EDS dimostra la presenza di C e O, con appena qualche traccia di Ca, Cu e S, senza poter definirne la varietà.

CARMINITE [PbFe³⁺2(AsO₄)₂(OH)₂ - figg. 19 e 48]

Abbastanza rara, frammista ad arseniati e antimoniati, mai in cristalli evidenti, ma sotto forma di inclusioni rosso vivo, disperse nella matrice o in piccoli ammassi rosso scuro. Analisi EDS.

CELADONITE [K(Mg,Fe²⁺)(Fe³⁺,Al)[Si₄O₁₀](OH)₂]

Rare inclusioni verde scuro in goethite. Non analizzata.

CERUSSITE [PbCO₃ - figg. 20 e 21]

Relativamente comune, in cristalli alterati biancastri tabulari o allungati o in minuscoli cristalli sparsi sulla matrice, associata a malachite, azzurrite e anglesite. Diagnosi microscopica e microchimica.

CINABRO [CINNABAR; HgS - figg. 22 e 23]

L'analisi EDS ha dimostrato la sua rara presenza in piccole inclusioni rosso vivo, che spesso rivestono piccoli geodi.

CRISOCOLLA [CHRYSOCOLLA; (Cu,Al)₂H₂Si₂O₅(OH)₄*n(H₂O) - fig. 24]

Non rara, si presenta in croste azzurro intenso o verde

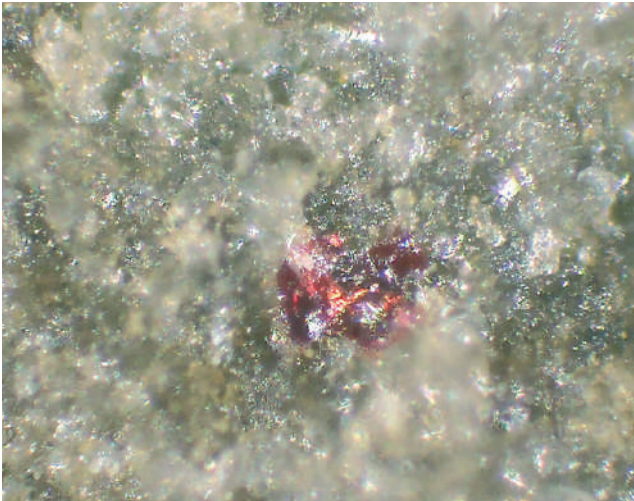


Fig. 22 - Cinabro (400x).
- *Cinnabar* (400x).

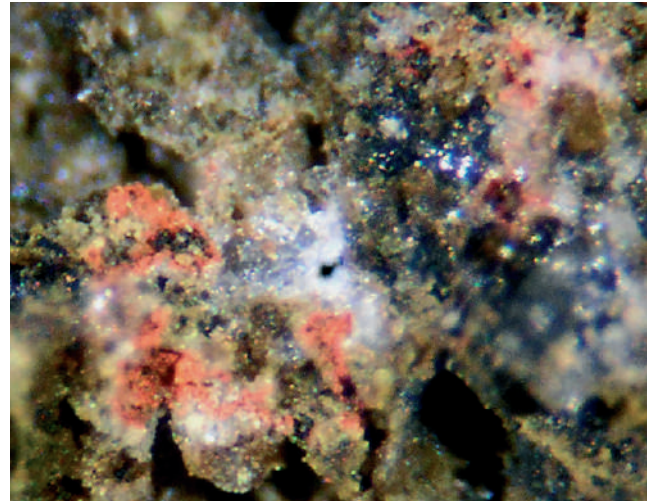


Fig. 23 - Cinabro (55x).
- *Cinnabar* (55x).

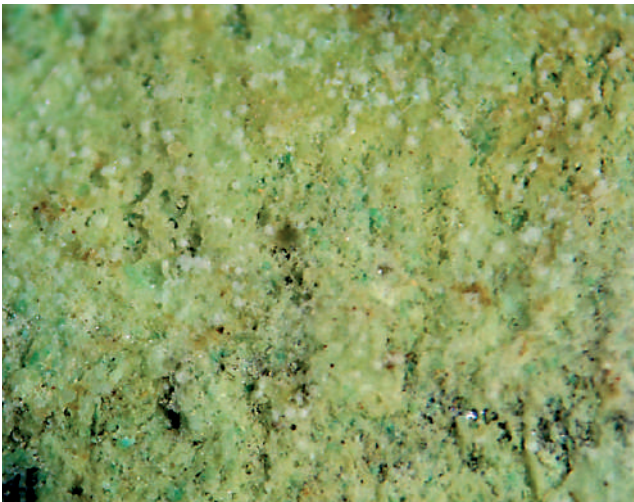


Fig. 24 - Crisocolla giallastra (20x).
- *Yellowish chrysocolla* (20x).

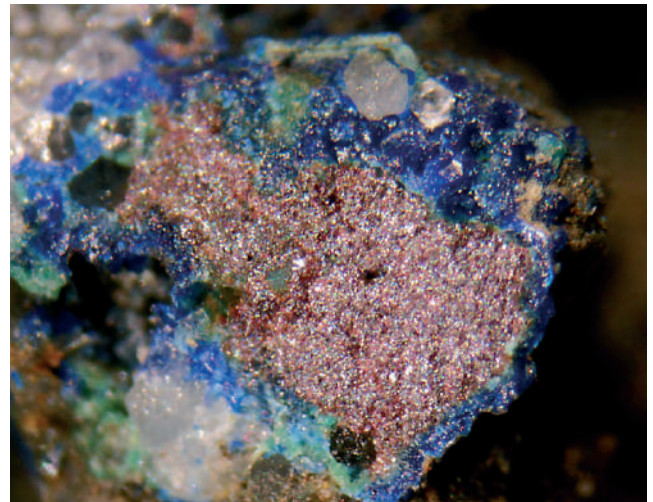


Fig. 25 - Cuprite in azzurrite (10x).
- *Cuprite in azurite* (10x).

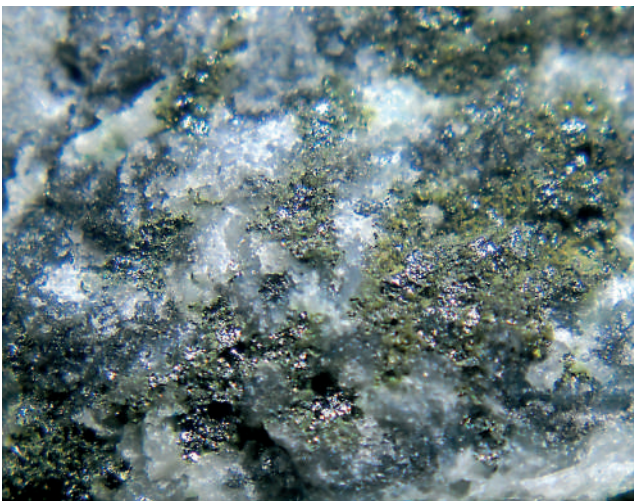


Fig. 26 - Cuproroméite e tetraedrite su quarzo (17x).
- *Cuproroméite and tetraedrite on quartz* (17x).

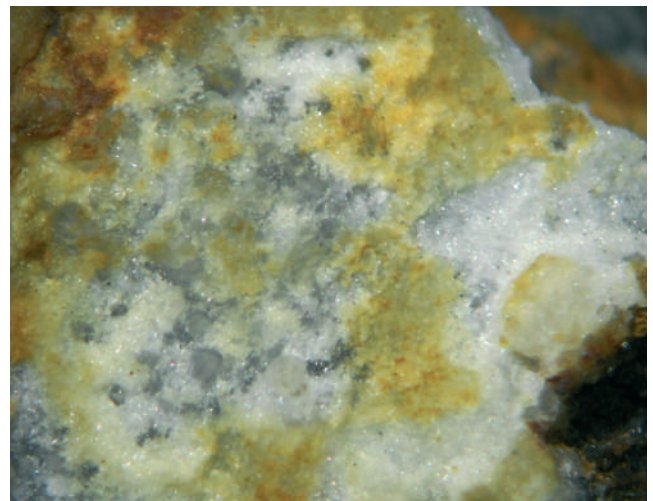


Fig. 27 - Dickite (20x).
- *Dickite* (20x).

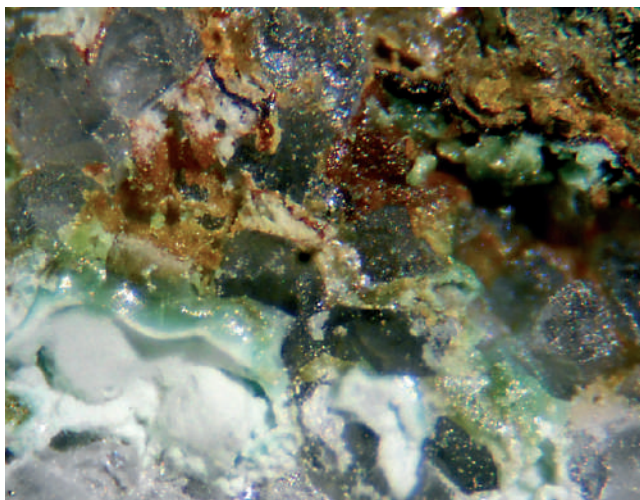


Fig. 28 - Duftite (verde) e mimetite (bianca) (28x).
- *Duftite (green) and mimetite (white) (28x).*

azzurro, ma anche con aspetto granulare giallo-verdastro (analisi EDS).

CUPRITE [Cu₂O - fig. 25]

Abbastanza rara. Si presenta in noduli rosso scuro microcristallini, associata ad azzurrite. Diagnosi microscopica.

CUPROROMÉITE [Cu₂Sb₂(O,OH)₇ - figg. 26 e 51]

Abbastanza diffusa, come alterazione della tetraedrite, in croste verdastre, di varia tonalità (analisi EDS).

DICKITE [Al₂Si₂O₅(OH)₄ - fig. 27]

L'analisi EDS, che riporta la presenza di Al, Si e O, non fornisce la certezza assoluta che si tratti di questa specie, in alternativa a caolinite o nacrite. Tuttavia, l'aspetto micaceo al microscopio, simile a quello di altre località del Nord-Est, depone a favore di questa ipotesi. Si associa a pirite e quarzo.

DUFTITE [PbCu(AsO₄)(OH) - figg. 28 e 39]

Associata ad olivenite, nell'analisi EDS è stata ipotizzata la presenza di questa specie, il cui aspetto al microscopio, color verde mela, è molto simile a quello della duftite analizzata nella vicina miniera di Monte Avanza (BORTOLOZZI et al. 2015). Tipica può essere considerata l'associazione con la mimetite, come a Comeglians.

EMIMORFITE [HEMIMORPHITE; 4Si₂O₇(OH)₂*(H₂O)]

La sua presenza è stata accertata in un unico campione, in tipici cristalli tabulari raggiati sub millimetrici bianco-giallastri, in associazione con probabile auricalcite, azzurrite, malachite e zolfo. Diagnosi microscopica

ERITRITE [ERYTHRITE; Co₃(AsO₄)₂*8(H₂O) - fig. 29]

Anche questa specie è stata trovata in un unico cam-

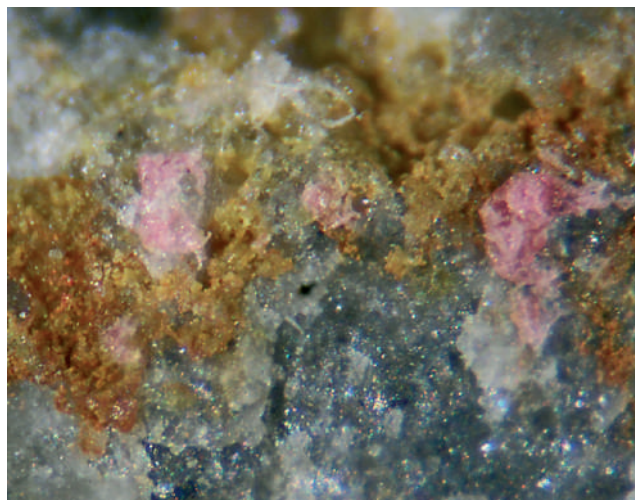


Fig. 29 - Eritrite (34x).
- *Erythrite (34x).*

pione, in masserelle rosa intenso, associata a fluorite e beaverite-(Cu). Diagnosi microscopica.

FLUORITE [CaF₂]

Poco comune, si presenta sotto forma di cristalli dai contorni arrotondati biancastri vitrei, associata a beaverite-(Cu). Diagnosi microscopica.

GALENA [PbS]

Relativamente rara, male cristallizzata, associata a calcopirite. Non analizzata.

GESSO [GYPSUM; CaSO₄*2(H₂O) - fig. 30]

Rinvenuto in rari cristalli aciculari o prismatici submillimetrici, in parte ricoperti da goethite. Diagnosi microscopica.

GOETHITE [Fe³⁺O(OH) - figg. 30 e 31]

Si presenta sotto forma di croste mammellonari rosso cupo-nerastre o in piccole sferule lisce o costituite da piccoli cristalli aciculari bruno marron, associata a gesso, azzurrite, jarosite e malachite. Non analizzata.

JAROSITE [KFe³⁺₃(SO₄)₂(OH)₆ - fig. 32]

Abbastanza rara, sotto forma di croste giallo-brunastre microcristalline granulari. Analisi EDS.

LANGITE [Cu₄(SO₄)(OH)₆*2(H₂O) - figg. 33 e 34]

Rara. Si presenta in croste azzurro cielo o in tipici cristalli aciculari, associata a malachite e crisocolla. L'analisi EDS non la conferma in modo assoluto, ma l'aspetto al microscopio, simile a quello di Monte Avanza e Comeglians, ne autorizza la diagnosi.

LIMONITE [FeO(OH)*nH₂O]

Comune, la si ritrova frammista ad altre specie secondarie.

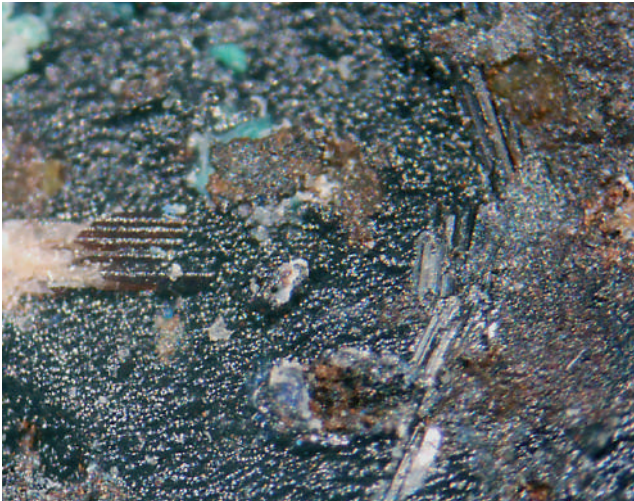


Fig. 30 - Gesso su goethite (20x).
- *Gypsum on goethite (20x).*

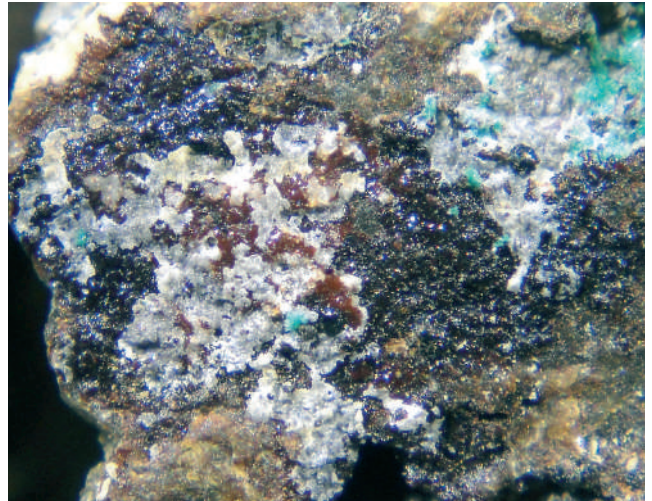


Fig. 31 - Goethite, anglesite e malachite (15x).
- *Goethite, anglesite and malachite (15x).*

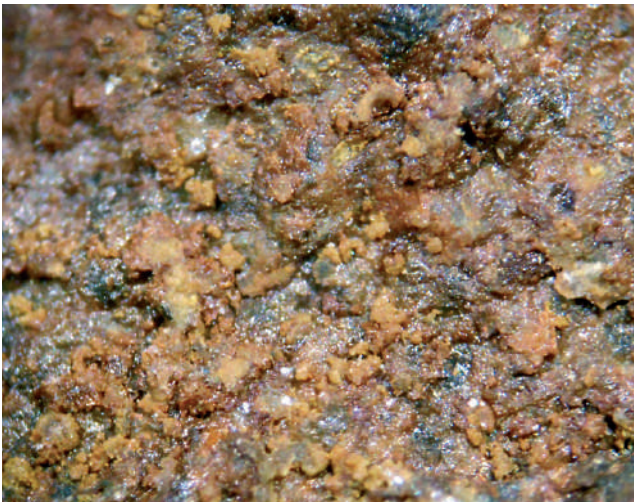


Fig. 32 - Jarosite (25x).
- *Jarosite (25x).*

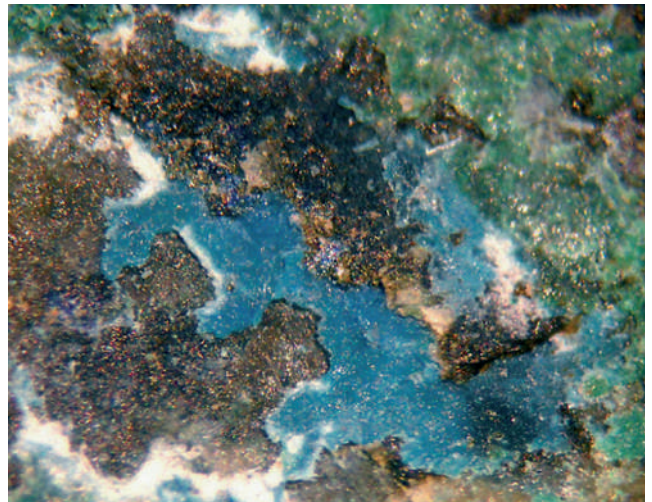


Fig. 33 - Langite (20x).
- *Langite (20x).*



Fig. 34 - Langite e malachite (20x).
- *Langite and malachite (20x).*

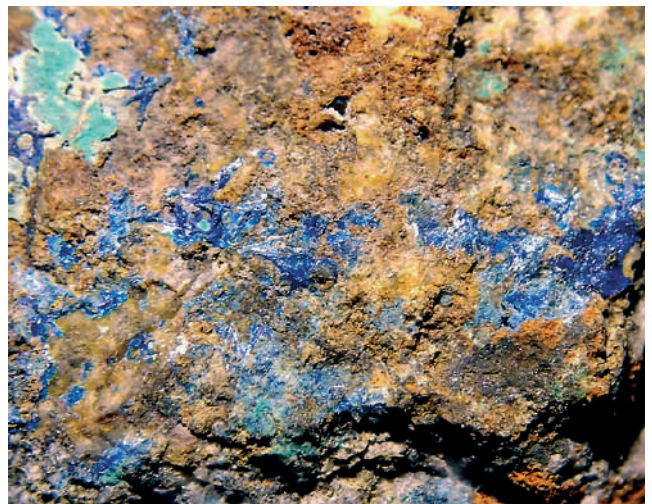


Fig. 35 - Linarite (4x).
- *Linarite (4x).*

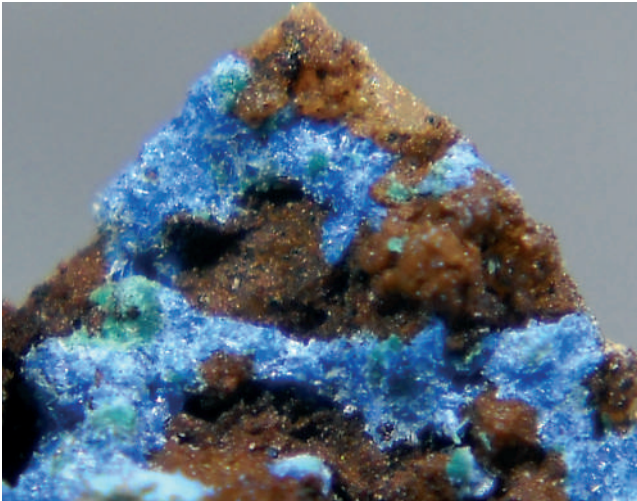


Fig. 36 - Linarite (15x).
- Linarite (15x).

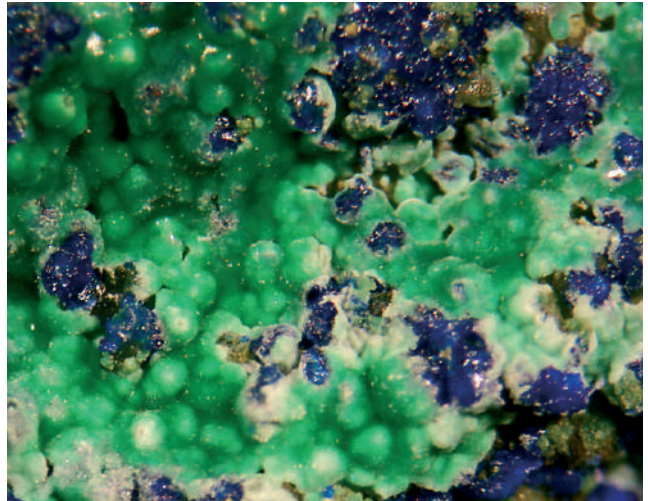


Fig. 37 - Malachite e azzurrite (20x).
- Malachite and azurite (20x).

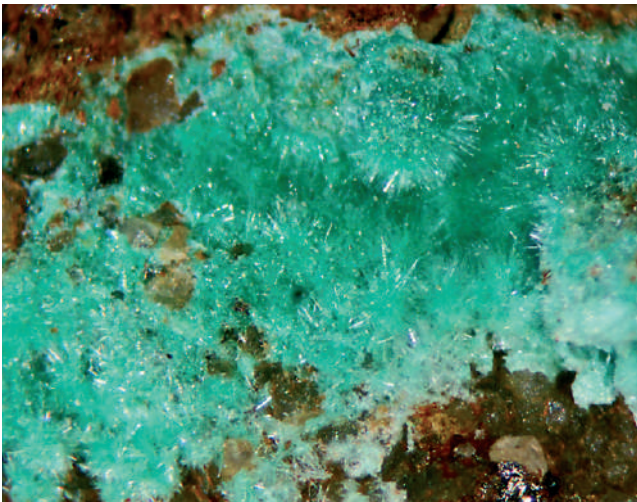


Fig. 38 - Malachite (28x).
- Malachite (28x).



Fig. 39 - Mimetite (bianca) con duftite (verde) (34x).
- Mimetite (white) with duftite (green) (34x).

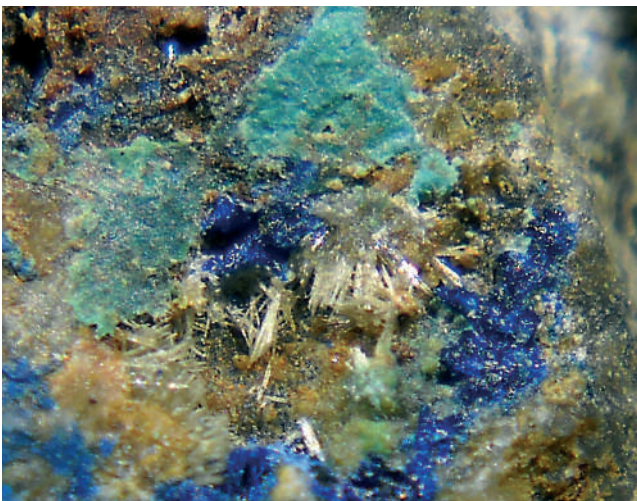


Fig. 40 - Mimetite e azzurrite (20x).
- Mimetite and azurite (20x).

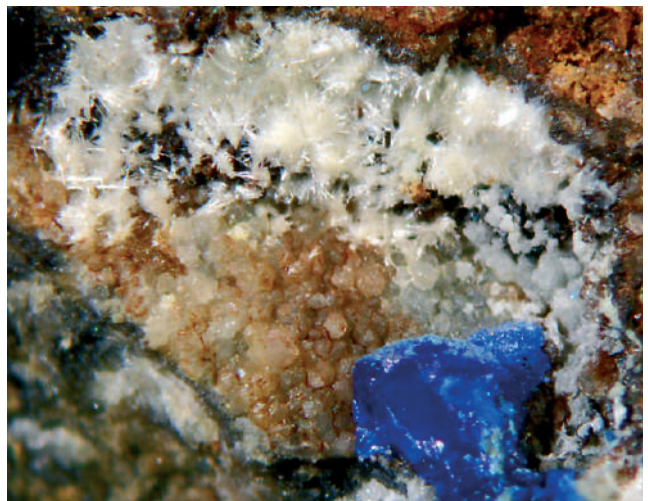


Fig. 41 - Mimetite e linarite (34x).
- Mimetite and linarite (34x).

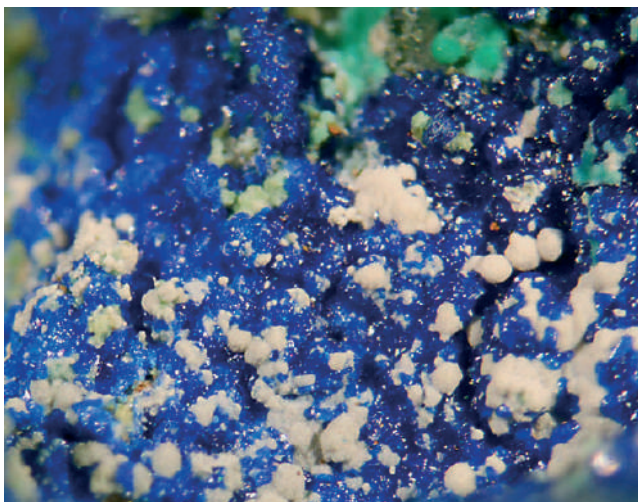


Fig. 42 - Mimetite criptocristallina su azzurrite (40x).
- *Cryptocrystalline mimetite on azurite (40x).*

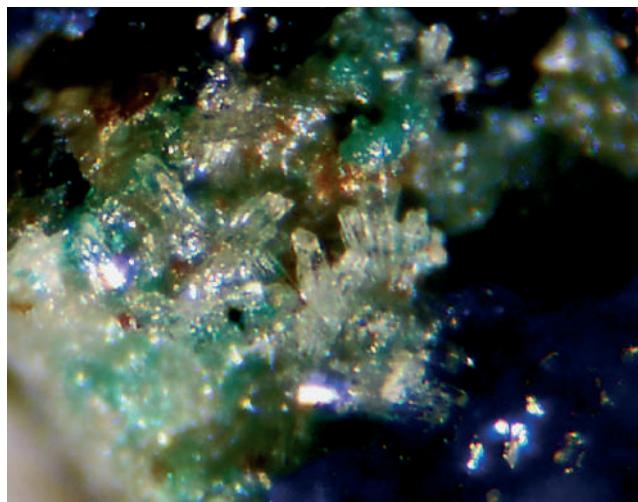


Fig. 43 - Olivenite con brochantite e azzurrite (40x).
- *Olivenite with brochantite and azurite (40x).*

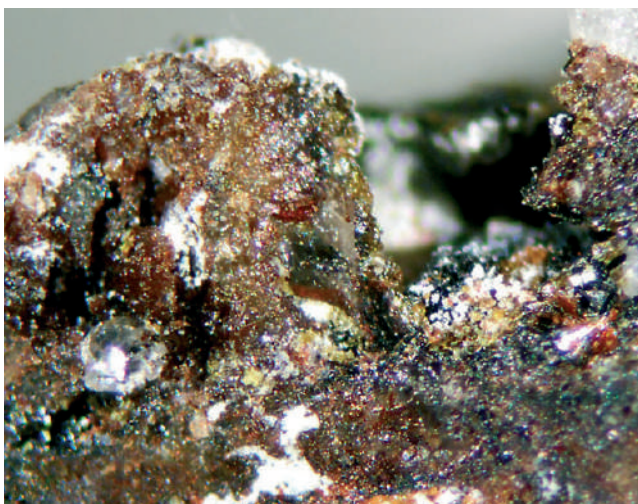


Fig. 44 - Plumbojarosite (marron) con beudantite rossa e gialla e mimetite bianca (15x).
- *Plumbojarosite (brown) with beudantite red and yellow and white mimetite (15x).*

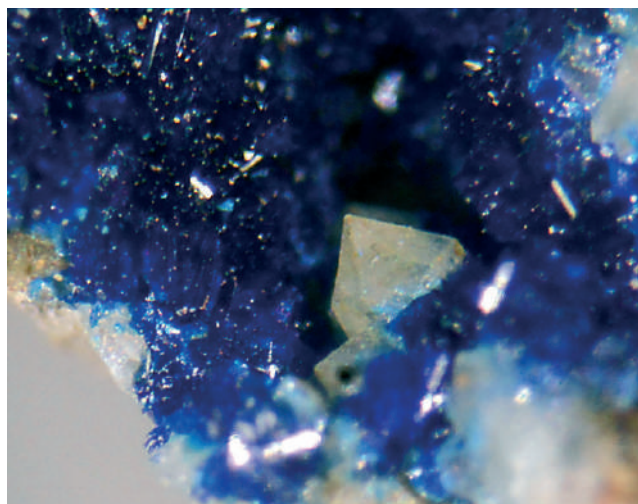


Fig. 45 - Quarzo in azzurrite (40x).
- *Quartz in azurite (40x).*

LINARITE [PbCu(SO₄)(OH)₂ - figg. 35, 36 e 41]

Relativamente comune. Si presenta sotto forma di esili cristalli sub-millimetrici azzurro-blu, raggruppati tra loro, o in cristalli tabulari superiori al mm, associata a brochantite, malachite, anglesite e mimetite. Diagnosi visiva e microchimica.

MALACHITE [Cu₂(CO₃)(OH)₂ - figg. 21, 31, 34, 37 e 38]

Dopo l'azzurrite, la malachite è il minerale secondario più abbondante, sia in cristalli aciculari che in piccole sferule verde mela, in associazione con varie specie.

MANGANESE OSSIDI [MANGANESE OXIDES; Mn₃O₄]

Abbastanza diffusi, spesso misti ad altre specie secondarie. L'analisi EDS non consente di effettuare una diagnosi precisa.

MIMETITE [Pb₅(AsO₄)₃Cl - figg. 28, 39, 40, 41, 42 e 44]

Abbastanza diffusa, con vario aspetto, il più delle volte in tipici cristalli aciculari sub-millimetrici, bianchi, gialli o giallo-verdastri, a volte riuniti in ciuffetti microscopicamente estetici. In particolare, l'analisi EDS ne ha dimostrato la presenza sotto forma di croste bianche, apparentemente amorfe, o in piccole sferule bianche "cripto cristalline". Si associa ad azzurrite, malachite, linarite, duftite.

OLIVENITE [Cu₂AsO₄(OH) - fig. 43]

L'analisi EDS ne sospetta la presenza, sia pure con varia impurità, in un campione con associata la duftite.

PIRITE [PYRITE; FeS₂]

Più rara della calcopirite, quasi sempre alterata, si presenta sotto forma di piccoli cristalli dispersi nella

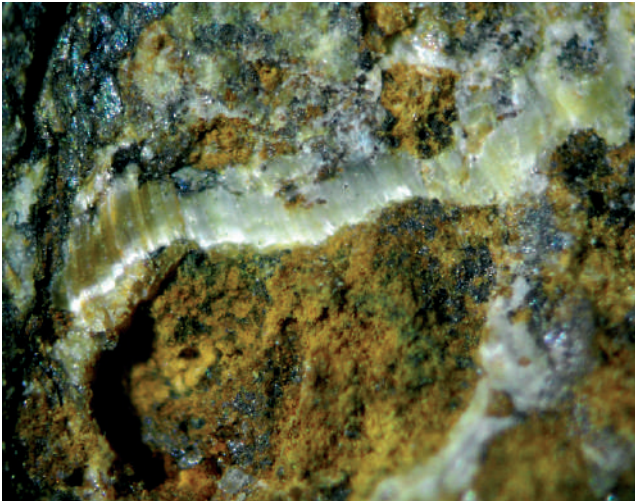


Fig. 46 - Quarzo fibroso (24x).
- *Fibrous quartz* (24x).

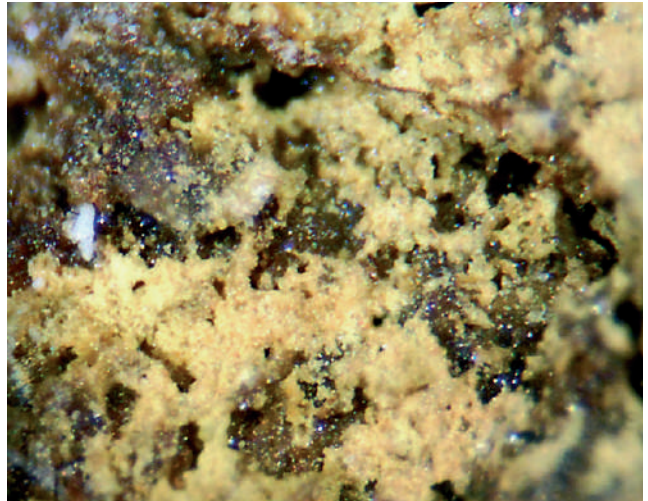


Fig. 47 - Scorodite bruno-marron (40x).
- *Reddish-brown scorodite* (40x).

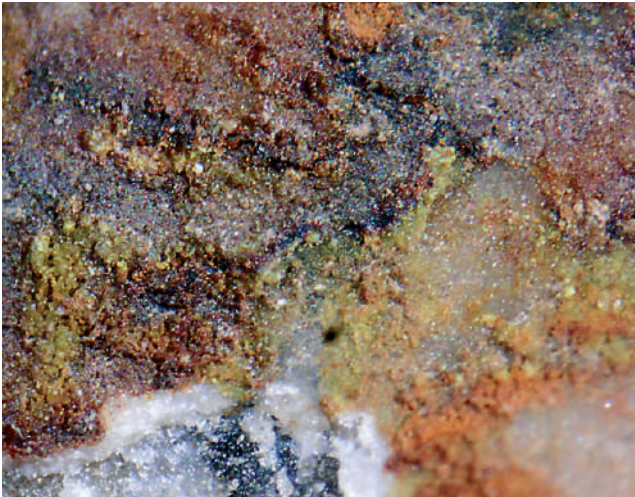


Fig. 48 - Segnitite con carminite (30x).
- *Segnitite with carminite* (30x).

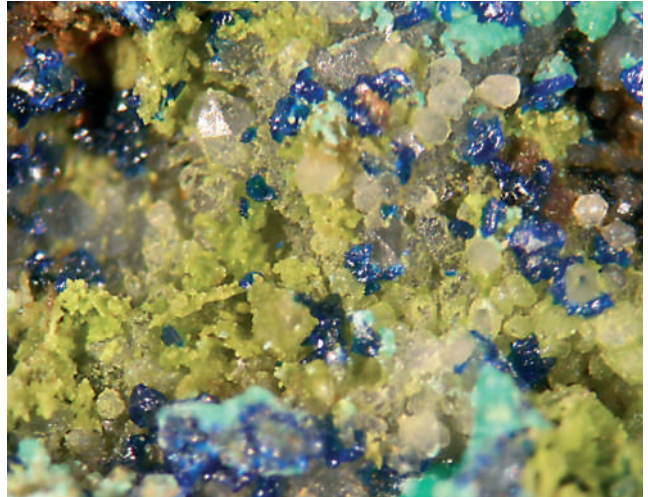


Fig. 49 - Segnitite verde-giallastra (34x).
- *Yellowish-green segnitite* (34x).

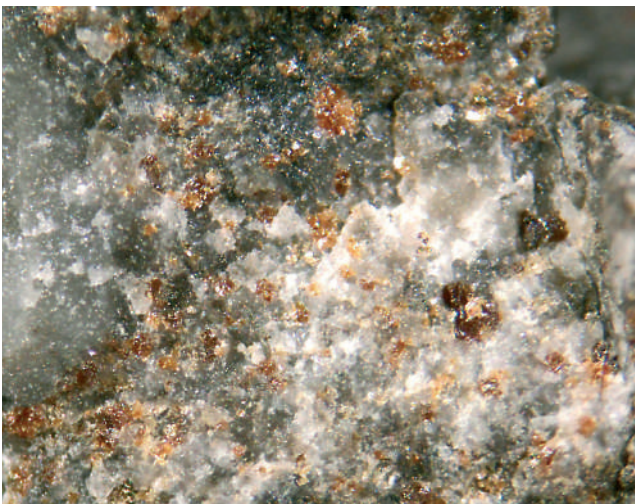


Fig. 50 - Sfalerite (24x).
- *Sphalerite* (24x).

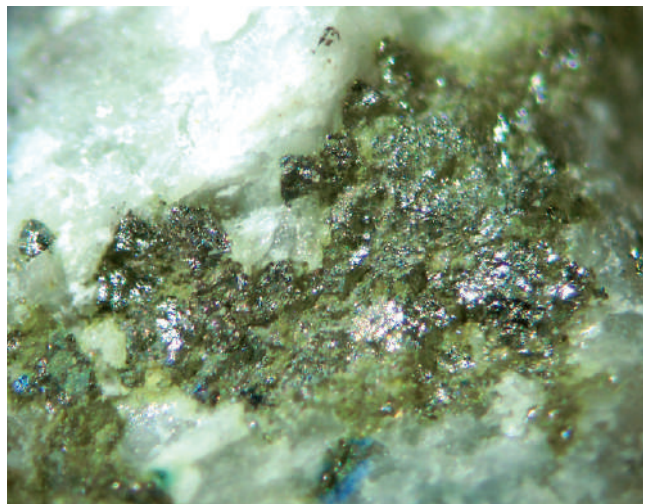


Fig. 51 - Tetrahedrite con cuproroméite (20x).
- *Tetrahedrite with cuproroméite* (20x).

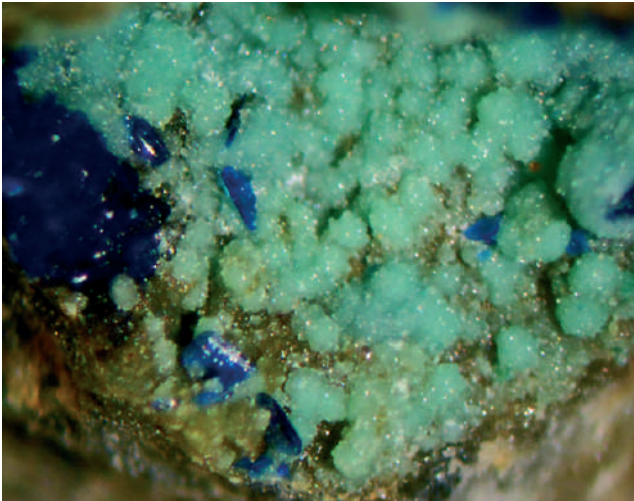


Fig. 52 - Zincolivenite (34x).
- *Zincolivenite (34x)*.

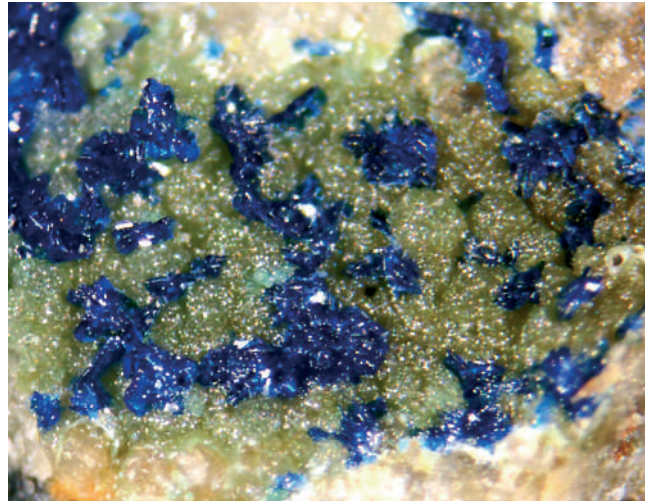


Fig. 53 - Zincolivenite e azurite (34x).
- *Zincolivenite and azurite (34x)*.

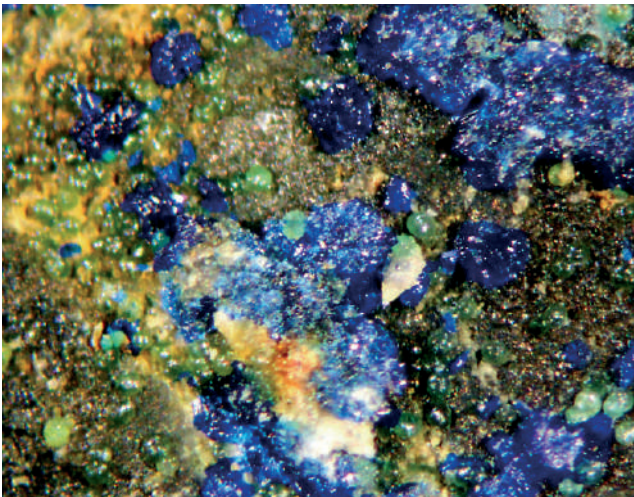


Fig. 54 - Zincolivenite (24x).
- *Zincolivenite (24x)*.

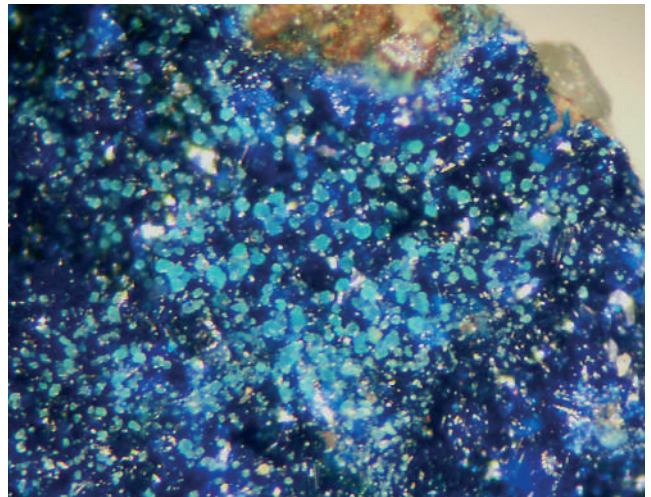


Fig. 55 - UK1: probabile wroewolfeite o langite su azurite (50x).
- *UK1: probable wroewolfeite or langite on azurite (50x)*.

matrice o in cristalli prismatici di 2-3 mm. Non analizzata.

PLUMBOJAROSITE [$\text{Pb}_{0,5}\text{Fe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ - fig. 44]

Se ne sospetta la rara presenza, frammista a beudantite, in cristallini marrone scuro. Analisi EDS.

QUARZO [QUARTZ; SiO_2 - fig. 26, 45 e 46]

Diffuso, quasi sempre in piccoli cristalli millimetrici opachi, spesso all'interno di piccoli geodi.

Particolarmente interessanti alcuni aspetti di tipo fibroso, in forma di vene incluse nella matrice, in cui l'EDS ha dimostrato la presenza di soli Si e O, per cui conferma trattarsi di una forma di silice, probabilmente idrata.

SCORODITE [$\text{Fe}^{3+}\text{AsO}_4 \times 2(\text{H}_2\text{O})$ - fig. 47]

Rara, si presenta in cristallini bruno-rossiccio o

bruno-giallastro, associata a probabile beaverite-(Cu) giallastro. L'analisi EDS presume che si tratti di scorodite molto impura, data la frammistione con altre specie nel campione analizzato.

SEGNITITE [$\text{PbFe}_3(\text{AsO}_{3,5}(\text{OH}_{0,5})_2(\text{OH})_6$ - figg. 48 e 49]

Rara, si trova in piccoli cristalli giallastri, associata a carminite e ad altre fasi, comunque impura (analisi EDS).

SFALERITE [SPHALERITE; $(\text{Zn},\text{Fe})\text{S}$ - fig. 50]

Relativamente comune, inglobata nella matrice o in cristallini submillimetrici rotondeggianti malformati, di colore bruno-giallastri o rossastri. Non analizzata.

TETRAEDRITE [TETRAHEDRITE; Cu_3SbS_3 - figg. 26 e 51]

Molto diffusa, quasi sempre alterata, raramente cri-

stallizzata, di colore grigio-nerastro, spesso trasformata in probabile cuproroméite verde. Non analizzata.

ZINCOLIVENITE [CuZn(AsO₄)(OH) - figg. 10, 52, 53 e 54]

Si tratta del secondo ritrovamento italiano, dopo quello di Rio Ricet in Valsugana (GASPARETTO et al. 2014). Non rara, si presenta in piccole sferule submillimetriche, verde mela o verde scuro, associata prevalentemente ad azzurrite. Analisi EDS.

ZOLFO [SULPHUR; S]

Rarissimi cristalli giallo pallido, nel campione con emimorfite. Diagnosi microscopica.

UK1 [fig. 55]

Cristallini rotondeggianti azzurro chiaro su azzurrite. L'analisi EDS depone per un solfato di Cu, tipo langite o wroewolfeite.

Oltre alle specie riconosciute o dubbie, l'analisi EDS, in alcuni casi, ha potuto constatare soltanto la presenza di arseniati di Cu, ossidi misti o solfati misti di Fe e Cu.

Conclusioni

La paragenesi si può in parte assimilare a quella di altre più ricche località friulane come Monte Avanza (BORTOLOZZI et al. 2015; CIRIOTTI et al. 2006) e Comeglians (CIRIOTTI et al. 2006), per le quali, da alcuni anni, sono in corso studi approfonditi.

La presenza di abbondante tetraedrite, come avviene nelle due località precedenti, porta a tutta una serie di minerali secondari, in particolare antimoniati e arseniati - oltre a vari carbonati e solfati - riconoscibili in parte già al microscopio.

Per la prima volta è stata effettuata una ricostruzione dettagliata della paragenesi dei minerali presenti in questa parte della successione delle Alpi Carniche. Questa paragenesi di per sé non permette automaticamente di dedurre il contesto geologico e distinguere fra le ipotesi di formazione presentate in letteratura, cioè un contesto di paleocarsismo o di tettonica sinsedimentaria.

Sebbene forme e strutture paleocarsiche come quelle descritte potrebbero essere imputate anche a carsismo sottermarino (Paolo Forti, com. pers.), la cui azione è stata riconosciuta negli ultimi decenni come possibile causa di strutture carsiche in carbonati, l'area esaminata è però caratterizzata non solo dalla presenza di strutture paleocarsiche ma anche da una marcata lacuna stratigrafica per erosione.

Questo lavoro rappresenta, comunque, una base di partenza di un progetto più ampio, volto a individuare e localizzare le specie minerali nel loro contesto geologico e stratigrafico alla scala regionale.

La ricostruzione delle geometrie deposizionali, del contesto stratigrafico oltre che delle paragenesi alla scala dell'intera catena rappresenta, infatti, l'unico strumento per inferire il processo di formazione di questi minerali.

Manoscritto pervenuto il 16.VI.2016 e approvato il 22.VII.2016.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Servizio UK dell'Associazione Micromineralogica Italiana (AMI) che ha cortesemente effettuato le analisi della camerolaite, della cuproroméite e del campione UK1.

Le altre determinazioni analitiche, finanziate dal Museo Friulano di Storia Naturale di Udine, sono state effettuate presso il Laboratorio del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino.

Bibliografia

- BORTOLOZZI, G., M.E. CIRIOTTI, E. BITTARELLO & S. MÖCKEL. 2015. Monte Avanza, Forni Avoltri, Carnia (Udine, Friuli-Venezia Giulia): conferme e nuovi ritrovamenti. *Micro* 1-2015: 2-39.
- BRIGO, L., & D. DI COLBERTALDO. 1972. Un nuovo orizzonte metallifero nel Paleozoico delle Alpi Orientali. *Proc. 2nd Intern. Symp. on the Mineral Deposits of the Alps, Ljubljana*: 109-24.
- BRIME, C., M.C. PERRI, M. PONDRELLI, C. SPALLETTA & C. VENTURINI. 2008. Polyphase metamorphism in the eastern Carnic Alps (N-Italy, S-Austria): Clay minerals and conodont Colour Alteration Index evidence. *Int. J. Earth Sci.* 97 (6): 1213-29.
- CIRIOTTI, M.E., S. MÖCKEL, G. BLASS & G. BORTOLOZZI. 2006. Cualstibite: ritrovamenti italiani. *Micro (UK report)* 1/2006: 19-24.
- COPPADORO, A. 1902. Su le antiche miniere di Timau. *In Alto. Cronaca bimestrale della Società Alpina Friulana* 5: 51-3.
- CORRADINI, C., & T.J. SUTTNER, cur. 2015. The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy). *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt* 69: 1-158.
- CUCCHI, F., F. FINOCCHIARO & G. MUSCIO, cur. 2009. *Geositi del Friuli Venezia Giulia*, 42-43. Udine: Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia.
- DI COLBERTALDO, D., & G.B. FERUGLIO. 1964. Le manifestazioni metallifere di Comeglians nella media Val Degano (Alpi Carniche). *Atti della Società Italiana di Scienze naturali e del Museo Civico di Storia Naturale in Milano* 103 (2): 165-96.
- DONDI, M., A. PALENZONA & G. PUGGIOLI. 1995. La miniera di Monte Avanza, Forni Avoltri (Udine). *Rivista Mineralogica Italiana* 2: 125-36.
- GIRARDI, G. 1841. *Storia fisica del Friuli*. San Vito al Tagl.: tip. Pascatti, 3 voll.
- GASPARETTO, P., E. BITTARELLO, A. CANAL, L. CASAGRANDE, M.E. CIRIOTTI, B. FASSINA, P. FERRETTI, S. PEGORARO, F. TOSATO & P. ZAMMATTEO. 2014. I lavori minerari del Rio Ricet, Vignola, Falesina, Trento. *Micro* 12-2004: 50-123.

- FERUGLIO, G.B. 1966. Il giacimento cuprifero del monte Avanza in Carnia. *Atti I Simp. Int. Giacimenti Minerari delle Alpi, Trento* 4: 97-118.
- PERRI, M., & C. SPALLETTA. 1998. Updating of the conodont biostratigraphy in the Carnic Alps (Italy). *Proceedings Southern Alps Field Trip Guidebook. Seventh International Conodont Symposium held in Europe. Giorn. Geol.* 60 (Sp. Issue): 116-9.
- PONDRELLI, M., C. CORRADINI, M.G. CORRIGA, E. KIDO, L. SIMONETTO, C. SPALLETTA, T.J. SUTTNER & N. CARTA. 2015. Depositional evolution of a lower Paleozoic portion of the Southalpine domain: the Mt. Pizzul area (Carnic Alps, Italy). *Int. J. Earth Sci. (Geol. Rundsch.)* 104: 147-78.
- SPALLETTA, C., & C. VENTURINI. 1995. Late Devonian-Early Carboniferous synsedimentary tectonic evolution of the Palaeocarnic domain (Southern Alps, Italy). *Giornale di Geologia* 56 (2): 211-22.
- SCHÖNLAUB, H.P., P. KLEIN, M. MAGARITZ, G. RANTITSCH & S. SCHARBERT. 1991. Lower Carboniferous paleokarst in the Carnic Alps (Austria, Italy). *Facies* 25 (1): 91-117.
- SPALLETTA, C., G.B. VAI & C. VENTURINI. 1980. Il flysch ercinico nella geologia dei Monti Paularo e Dimon (Alpi Carniche). *Mem. Soc. Geol. It.* 20: 143-265.
- SPALLETTA, C., M.C. PERRI, M. PONDRELLI, C. CORRADINI, A. MOSSONI & H.P. SCHÖNLAUB. 2015a. Pal Grande Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. CORRADINI & T.J. SUTTNER, 137-40. *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt* 69.
- SPALLETTA, C., H.P. SCHÖNLAUB, M. PONDRELLI, C. CORRADINI & L. SIMONETTO. 2015b. Plotta Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. CORRADINI & T.J. SUTTNER, 145-7. *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt* 69.
- SPALLETTA, C., C. VENTURINI, H.P. SCHÖNLAUB & M. PONDRELLI. 2015c. Hochwipfel Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. CORRADINI & T.J. SUTTNER, 151-4. *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt* 69.
- VAI, G.B. 1976. Stratigrafia e paleogeografia ercinica delle Alpi. *Mem. Soc. Geol. It.* 13 (1): 7-37.
- VENTURINI, C. 1990. *Geologia delle Alpi Carniche centro-orientali*. Udine: Pubblicazioni del Museo Friulano di Storia Naturale 36: 1-220.
- VENTURINI, C., & C. SPALLETTA. 1998. Remarks on the Lower Palaeozoic stratigraphy and the Hercynian tectonics of the Palaeocarnic Chain. In *Southern Alps Field Trip Guidebook, ECOS VII*, cur. M.C. PERRI & C. SPALLETTA, 69-88. *Giornale di Geologia* 60, Spec. Issue.
- ZUCCHINI, R. 1998. *Miniere e mineralizzazioni nella Provincia di Udine. Aspetti storici e mineralogici*. Udine: Pubblicazioni del Museo Friulano di Storia Naturale 40: 1-148.
- ZUCCHINI, R. 2002. Mineralizzazioni e miniere nelle Alpi Orientali. *Atti del Convegno Mineralogia e Ricerca mineraria dal Quattrocento ad oggi*: 69-80.

Authors' addresses - Indirizzi degli Autori:

- Giorgio M. BORTOLOZZI
via Dogali 20, I-31100 TREVISO
e-mail: gmbortolozzi@alice.it
- Monica PONDRELLI
Università D'Annunzio
viale Pindaro 42, I-65127 PESCARA
e-mail: monica@irsps.unich.it
- Luigi VIDUS
viale Bernardino da Morcote 13, I-33100 UDINE
e-mail: luigividus@alice.it