

# CHUKHROVITE-(Ca)

## Una nuova specie mineralogica dalla miniera di Val Cavallizza, Cuasso al Monte (VA)

**Pietro Vignola**, CNR - Istituto per la dinamica dei processi ambientali – via Botticelli 23 – 20133 Milano  
*pietro.vignola@idpa.cnr.it*

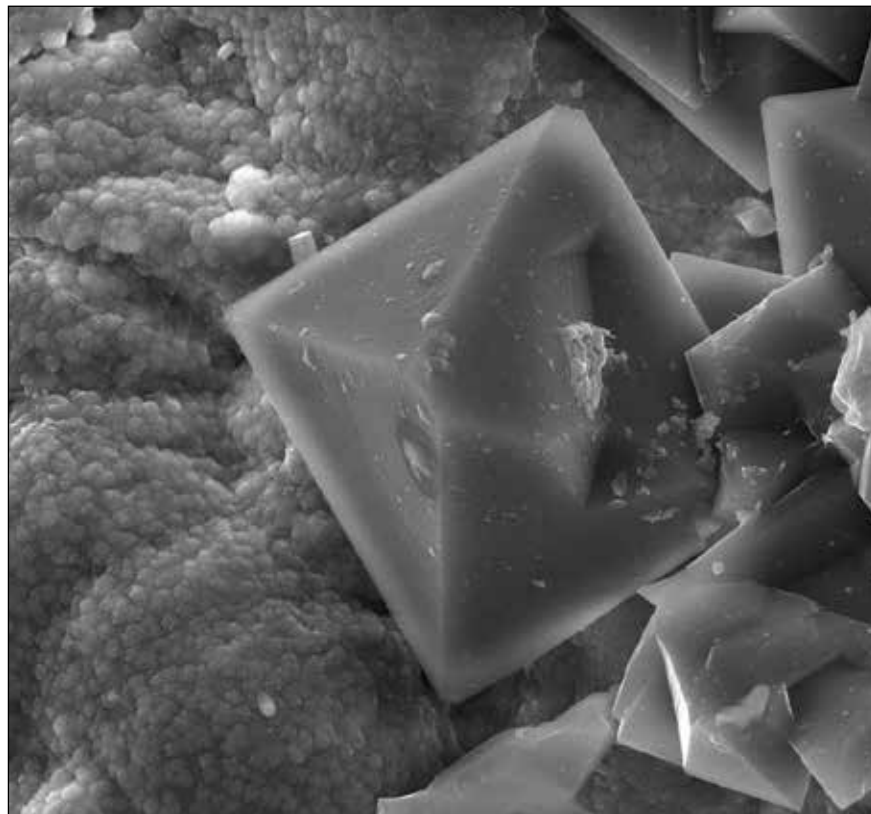
**Paolo Gentile**, Dipartimento di Scienze Geologiche e Geotecnologie, Università di Milano-Bicocca  
Piazza della Scienza 4, U4 – 20100 Milano  
*paolo.gentile@unimib.it*

**Frédéric Hatert**, Laboratoire de Minéralogie, Département de Géologie, Université de Liège,  
Bâtiment B18, Sart Tilman, B-4000 Liège, Belgique

**Pierluigi Pisoni**, via Manzoni 10, 20020 - Arconate (MI)

**Andrea Risplendente**, Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio", Università degli Studi di Milano  
via Botticelli 23 – 20133 Milano

*La miniera Cavallizza è un antico sito minerario situato nella omonima piccola valle nel territorio comunale di Cuasso al Monte (frazione Cavagnano) in provincia di Varese. Questa zona, già area estrattiva del ben noto "porfido rosso" o "porfido di Cuasso", è nota ai collezionisti per i minerali delle cavità miarolitiche, spesso alquanto rari; diventa ora località tipo per una nuova rara specie minerale: la chukhrovite-(Ca).*



### INTRODUZIONE

Questo articolo descrive una nuova specie mineralogica, appartenente al gruppo della chukhrovite, la chukhrovite-(Ca),  $\text{Ca}_{4.5}\text{Al}_2(\text{SO}_4)\text{F}_{13} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , scoperta nelle gallerie della miniera di Val Cavallizza. Con questa scoperta il gruppo della chukhrovite ora comprende ben cinque specie mineralogiche, tutte estremamente rare, ma identificabili dal punto di vista cristallografico come aluminofluoruri di calcio o di Terre Rare, aventi gruppo spaziale  $Fd\bar{3}$  e parametri di cella elementare assai simili fra loro (tabella 4 a pag. 196). Come già accennato al gruppo appartengono altre quattro specie.

Chukhrovite-(Ca):  
cristalli ottaedrici fino a 0,08 mm.  
Immagine SEM in elettroni secondari.  
Coll. e foto SEM P. Gentile.



Antichi scavi nei pressi  
della miniera Cavallizza.  
Foto. L. Pisoni.



Il rio Cavallizza nei pressi  
dell'imbocco della miniera.  
Foto P. Gentile.

La chukhrovite-(Y),  $\text{Ca}_3(\text{Y,Ce})\text{Al}_2(\text{SO}_4)\text{F}_{13} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , scoperta nel 1950 all'interno del cappellaccio di ossidazione della miniera di Kara-Oba nel Kazakistan sotto forma di cristalli cubottaedrici incolori o biancastri fino a 1 cm di spigolo associati a halloysite, gaerksutite, fluorite, creedite, anglesite e idrossidi di ferro (Ermilova *et al.*, 1960; Pekov, 1998).

La chukhrovite-(Ce),  $\text{Ca}_3(\text{Ce,Y})\text{Al}_2(\text{SO}_4)\text{F}_{13} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , scoperta nel 1973 nel giacimento di stagno di Yaroslavskoye (Territorio di Primorsk, Russia) in cubottaedri biancastri fino a 1,5 mm di spigolo associati a fluorite, tormalina, ralstonite, yaroslavite, muscovite e jarosite (Novikova, 1973; Pekov, 1998).

La menjailovite,  $\text{Ca}_4\text{AlSi}(\text{SO}_4)\text{F}_{13} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , è l'equivalente privo di Terre Rare della chukhrovite-(REE); rinvenuta nel 2004 in cristalli ottaedrici e

patine biancastre o debolmente gialle come prodotto di fumarola del vulcano Tolbachik in Kamchatka (Vergasova *et al.*, 2004).

La chukhrovite-(Nd),  $\text{Ca}_3(\text{Nd,Y})\text{Al}_2(\text{SO}_4)\text{F}_{13} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , rappresenta l'ultima specie descritta per questo gruppo; essa fu rinvenuta nel 2005, a Kara-Oba, nella stessa associazione della chukhrovite-(Ce), in cristallini incolori o bianchi di 0,05 - 0,4 mm associata a chukhrovite-(Y) (Pautov *et al.*, 2005).

### LA MINIERA DI VAL CAVALLIZZA

La ricerca mineraria è ubicata in comune di Cuasso al Monte, a ovest della frazione Cavagnano, in Val Cavallizza. Così scriveva Viviani (1873): "tra i contrafforti del "Sasso delle Corna" si stende una serie di crepacci i quali, correndo da NNO a SSE, con leggera deviazione dalla verticale verso ovest, tagliano il massivo di quarzo porfirico rosso, specie di roccia eruttiva che si estende a sud





Ubicazione del sito minerario sullo stralcio della CTR 1:10000 della Regione Lombardia. Le aree colorate indicano le zone di affioramento e subaffioramento dei granofiri.

Nell'immagine da satellite (fonte Google Earth) vengono evidenziate la direzione della galleria di traverso banco (in giallo) e direzione del filone (in rosso).



del Lago di Lugano, dopo Maroggia e Bissone fin quasi al lago Maggiore. Questi crepacci sono pieni di porfirio decomposto, generalmente trasformato in caolino bianco verdastro, di pirite gialla contenente dell'oro e finalmente di galena caratterizzata dal suo fortissimo contenuto in argento".

La mineralizzazione fu individuata sulla destra di un affluente del rio Cavallizza e precisamente al n. 4078 della mappa del comune di Cuasso al Monte (VA) (Broggi, 1957). I primi assaggi furono effettuati negli anni '70 del XIX secolo ad opera di Pietro Barboglio, già concessionario delle miniere di Vassera e Cuseglio (Viviani, 1873). La miniera venne dichiarata scoperta nel 1896: si trattava di un filone che si estendeva per una lunghezza di circa 450 metri e affiorante in una delle incisioni del rilievo al di sotto di una zona di ossidazione costituita da "materie preziose" (Viviani, 1873).

I primi scavi (Broggi, 1957; Candela, 2008) effettuati lo stesso anno, portarono alla realizzazione di un pozzo, detto pozzo n. 1, che seguì il filone per una profondità di 22 metri. La potenza massima misurata fu di 80 cm. Lateralmente venne scavata una galleria, detta Vittoria, della lunghezza di metri 20 che seguiva pure essa il filone; sulla riva sinistra del torrente e 75 m più a nord seguendo l'affioramento di un'altra mineralizzazione, venne scavato un secondo pozzo, Carlo, profondo circa 30 metri. Quest'ultimo seguì il filone che da 50 cm di larghezza raggiunse uno spessore di 1,60 m. A nord, sul

fianco di un altro piccolo torrente, venne rinvenuto un altro affioramento mineralizzato il quale dimostrò che questi filoni avevano una lunghezza complessiva maggiore di 500 metri. Tra i numerosi problemi incontrati durante i lavori minerari, il maggiore era rappresentato dalle venute d'acqua e dalle notevoli spese per la loro educazione. All'ing. George Dolin, capo del sindacato di partecipazione della miniera di Cavagnano, venne l'idea di realizzare, perpendicolarmente o quasi al filone, una galleria leggermente ascendente, iniziando da un livello molto più basso, così da "incontrare e tagliare i filoni noti ed affioranti e quelli che eventualmente avrebbero potuto mostrarsi" (Broggi, 1957) e al tempo stesso questa galleria sarebbe servita da comodissimo canale di scolo dell'acqua. I lavori in tal senso vennero iniziati il 1° aprile 1904: lo scavo raggiunse i 350 m di lunghezza con una sezione di avanzamento di

circa 4 m<sup>2</sup>. Il piano della galleria era inclinato dello 0,5% in modo tale che i vagoncini, carichi di materiale, potessero scendere da soli verso l'uscita. Al fianco della galleria fu scavato una canalina per lo scarico delle acque. Krahnmann di Berlino (Ravizza, 1944), illustre ingegnere minerario, nel suo rapporto sulla miniera di Cavallizza del 1902 scrisse: "Se le vene di galena qui sopramenzionate saranno messe a nudo dalla galleria traverso banco a cioè 50/60 metri più in basso del livello dei pozzi (e quindi con un maggiore spessore dei giacimenti continui del minerale) e si stabilirà per mezzo di un traverso-banco verso l'alto il raccordo dei giacimenti, si sarà ampiamente dimostrata l'esistenza di una ricca quantità di minerale assai remuneratore".

A quanto pare i lavori eseguiti gli diedero ragione, dato che le analisi effettuate sul minerale estratto rivelarono un elevato tenore in argento nella galena.

**Tabella 1. Rendita dei prodotti estratti dalla miniera di Val Cavallizza**

Voce di spesa/resa	Quantità estratta (kg)	Valore (Lire/kg)	Ricavo (Lire)
<b>Piombo</b>	600	0.32	192
<b>Argento</b>	2	95	190
<b>somma</b>			<b>382</b>

La giornata di lavoro era così organizzata: una squadra di minatori composta da due mazze coppia e una mazzetta, lavorava dalle 6 del mattino alle 14, caricando e facendo esplodere le proprie mine; in secondo turno lavorava un'altra squadra dalle 14 alle 22 per essere sostituiti da una terza che lavorava dalle 22 alle 6 del mattino. La baracca di legno che inizialmente era presente all'imbocco della galleria, ove venivano custoditi gli attrezzi, fu più tardi sostituita da un fabbricato in pietra con un'apposita fucina per il fabbro, un grande magazzino di utensili, un locale per ufficio e un locale per l'assistente ai lavori.

Circa 30.000 m<sup>2</sup> di terreno furono acquistati dal sindacato per la costruzione dei fabbricati per la macinazione e il lavaggio del minerale, dei forni per la fusione e di una piccola centrale elettrica che avrebbe dovuto utilizzare l'acqua del torrente Cavallizza per fornire l'energia.

La concessione della miniera si estendeva così su 200 ettari che comprendevano i due pozzi, il tunnel Vittoria, la galleria traverso banco, il deposito della dinamite (tutto foderato in rame con chiave di rame), i fabbricati, i magazzini e altri due affioramenti (S. Giorgio e S. Francesco).

Secondo la relazione presentata dall'ing. Riccardo Bozzoli (1905), la resa ed i costi previsti erano quelli indicati nelle tabelle.

Calcolando 300 giornate lavorative, in un anno si sarebbe dovuto ricavare un profitto di 576.000 lire, ossia circa il 5% del capitale investito di 12.000.000 lire. Purtroppo il crollo del prezzo del

Minatori al lavoro durante la realizzazione della galleria di traverso banco avvenuta nel 1903 (da Broggi, 1957)

**Tabella 2. Costi massimi (in lire) di estrazione per ton. di minerale grezzo**

Estrazione, macinazione e lavaggio	100
Tassa del Governo Italiano	5
Fusione presso fonderia	70
Spese generali	15
<b>Somma</b>	<b>190</b>
Ricavo lordo per tonnellata	382
Spesa massima per tonnellata	190
<b>Ricavo netto per tonnellata (somma)</b>	<b>192</b>
Ricavo giornaliero (su 10 tonnellate estratte)	1920

piombo a seguito della scoperta e dello sfruttamento di enormi e ricchissimi giacimenti in Tunisia e Algeria, nonché qualche manovra economica poco indovinata da parte della direzione della miniera, e comunque anche la ridotta dimensione del giacimento causarono la chiusura della miniera nel 1905 e lo scioglimento del gruppo minerario Franco-Svizzero.

La mineralizzazione venne in seguito esplorata dalla Società MI.RI.VA. nel

1951 con la riapertura di una tratto di galleria di 30 m e il campionamento di 2 t di minerale. L'anno successivo, nella stessa galleria, vennero scavati due pozzetti nel minerale per una profondità di 15 m e vennero effettuati lavori di ripristino nella galleria di traverso banco e nelle quattro gallerie in direzione delle mineralizzazioni. Nel 1953 i lavori vennero definitivamente abbandonati (Relazione Servizio Minerario, 1951, 1952, 1953).







### RECENTI ESPLORAZIONI

Il Gruppo Grotte CAI Gallarate, su nostra richiesta e nell'ambito del programma di esplorazioni di cavità artificiali del Varesotto, negli anni 2010-2011 ha di nuovo preso in considerazione la miniera di Val Cavallizza: il sito era già stato esplorato in via preliminare alla fine degli anni '90 e durante il decennio successivo. La lunga galleria di traverso banco rappresenta oggi l'unico modo per accedere alle parti sotterranee della miniera. La galleria principale, dopo i rilievi effettuati, è risultata essere lunga 381 m, perfettamente rettilinea in direzione 235° N, con diverse ma brevi diramazioni laterali quasi tutte di scarso interesse.

È interessante constatare che la galleria, a cui si accede comodamente stando in piedi, si abbassa gradualmente man mano che si avvanza a causa dell'innalzamento del suolo: questo risulta ingombrato da massi di diversa natura litologica e con dimensioni progressivamente crescenti man mano che ci si avvicina al fondo del tunnel, arrotondati spesso dal trasporto fluviale. L'ipotesi più probabile è che questi massi siano stati trasportati dalle acque provenienti dai livelli superiori soprattutto in occasione di eventi meteorologici importati; non si può escludere che ci fossero altre entrate, ad oggi non individuate, dalle quali il torrente Cavallizza potrebbe essere entrato e aver trasportato il materiale suddetto.

Al fondo del tunnel è presente una frana di fango e sassi proveniente dal collasso dei resti del filone mineralizzato; poco prima, vi è una diramazione allagata sulla sinistra che conduce alla base di un pozzo. Da esso scende una cascata di acqua gelida che anche nei periodi di siccità non diminuisce in portata e che è stata stimata essere dell'ordine delle decine di litri al secondo. Il camino, alto 16 m, è stato risalito ed

In alto. Fase preparatoria durante una delle uscite esplorative e di scavo organizzate con la collaborazione del Gruppo Grotte CAI di Gallarate. Foto L. Pisoni.

Nelle due immagini sotto, le fasi di risalita del 1° pozzo situato sulla diramazione sinistra della galleria di traverso banco. Foto L. Pisoni.



Ricerca verso il fondo della galleria di traverso banco. Foto L. Pisoni.

Al centro. Attività di ricerca in corrispondenza del 2° livello della miniera. Foto L. Pisoni.  
In basso. Ricerca della chukrovite-(Ca) in un filoncello mineralizzato a marcasite. Foto L. Pisoni.

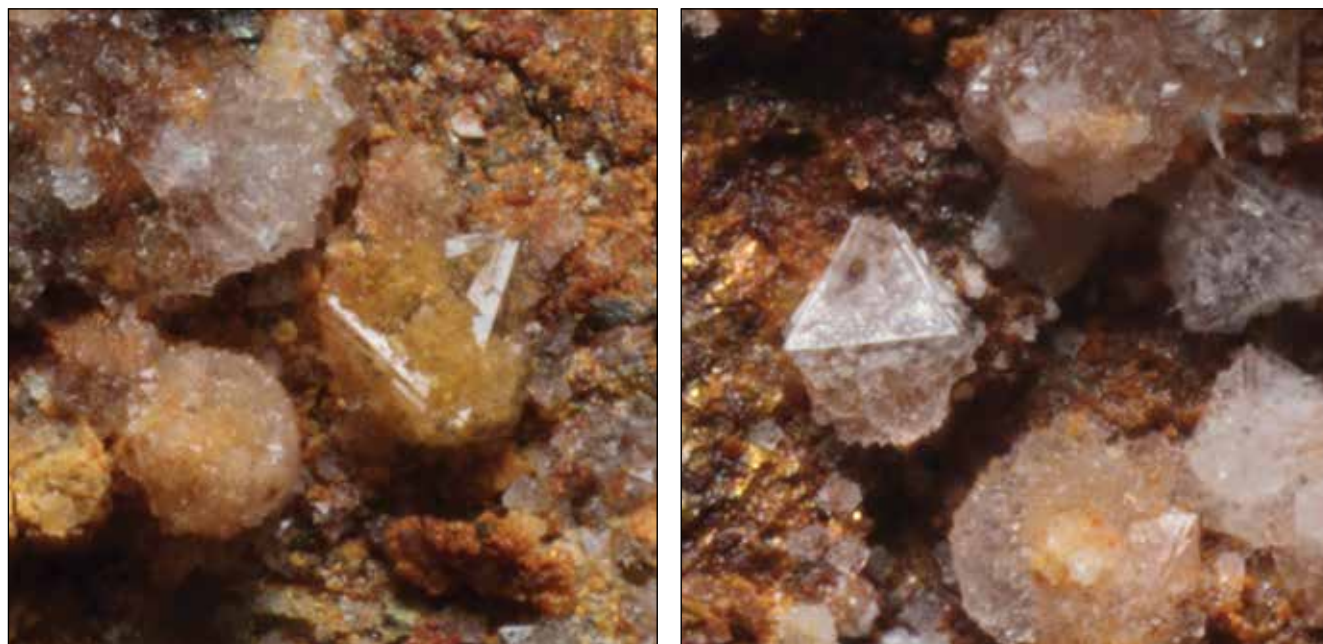
esplorato dagli speleologi del Gruppo CAI di Gallarate utilizzando tecniche speleologiche di risalita artificiale.

Il livello superiore (2° livello) è costituito da una galleria pianeggiante di circa 35 m di lunghezza e direzione 190° N chiusa da un lato da una frana e terminante dall'altro da un altro pozzo gronante d'acqua alto circa 8 m. Una galleria inclinata completamente occlusa (3° livello) da massi enormi ha segnato la fine delle esplorazioni.

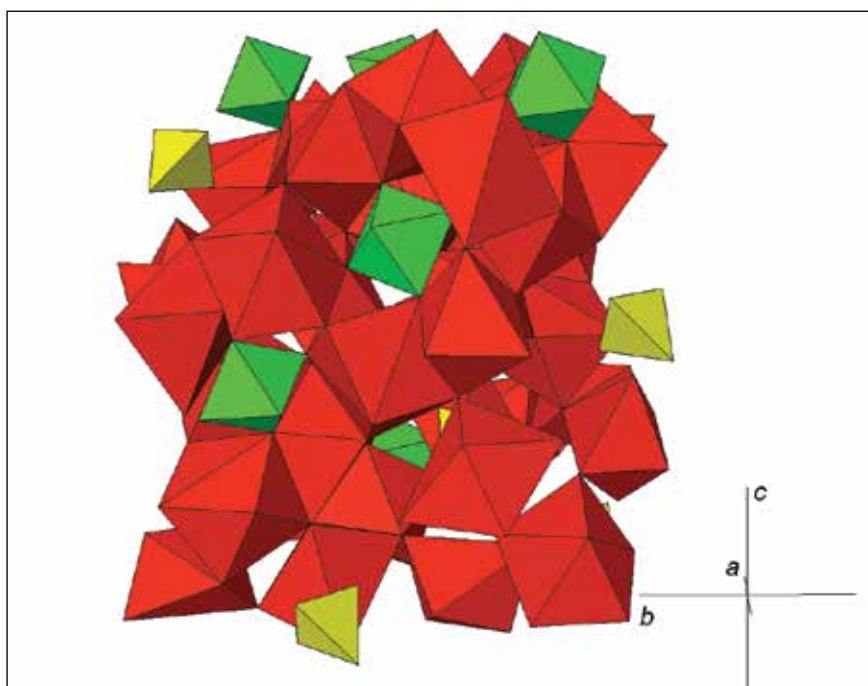
Tra le altre nostre curiosità vi era quella di verificare l'effettiva lunghezza della galleria di traverso banco che, secondo il progetto iniziale, avrebbe dovuto raggiungere la lunghezza di 400 m. Si è così proceduto al faticoso lavoro di scavo nel materiale della frana che ha consentito l'apertura di una "camera" di circa 7 m di lunghezza e 1-2 m di larghezza, perpendicolare alla galleria, costituita da un "residuo" di quello che doveva essere un filone mineralizzato; è stato quindi scavato un passaggio strettissimo largo circa 70 cm e lungo alcuni metri che ha permesso l'accesso all'ultimo tratto allagato di galleria, lungo circa 15 m.





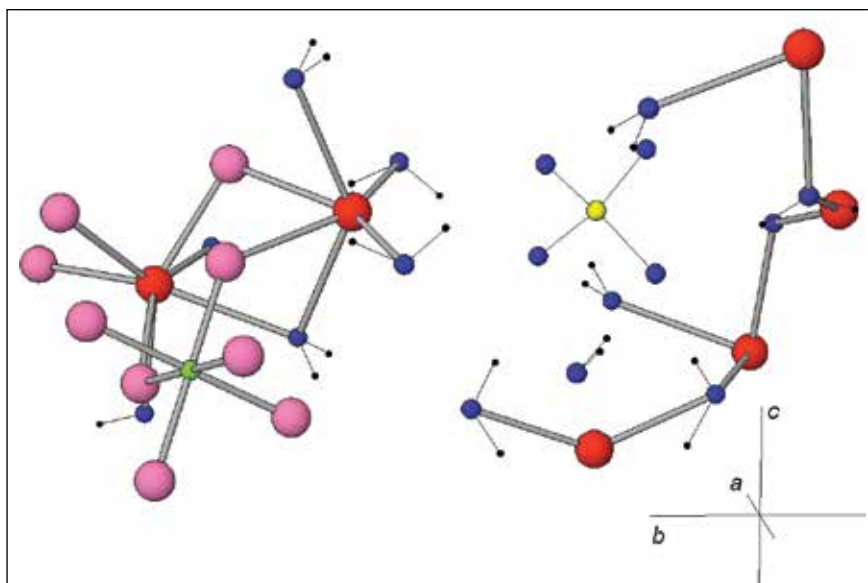


Chukhrovite-(Ca): cristalli ottaedrici singoli e aggregati fino a 0,5 mm su marcasite. A sinistra, coll. P. Gentile, foto R. Appiani. A destra, coll. E. Ronchi, foto R. Appiani.



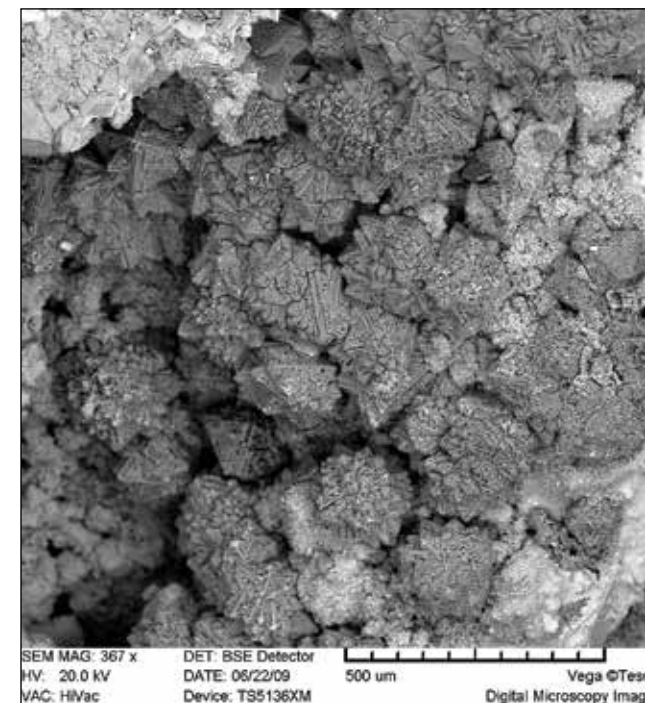
Al centro. La struttura cristallina della chukhrovite-(Ca) da Vignola *et al.*, 2012 modificato; rosso = ottaedri distorti ospitanti il Ca; verde = ottaedri regolari ospitanti Al; giallo = tetraedri ospitanti il S.

In basso. Schema delle posizioni dei singoli atomi nel reticolo cristallino della chukhrovite-(Ca) da Vignola *et al.*, 2012 modificato; rosso = Ca  
violetto = F  
giallo = S  
blu = O  
nero = H

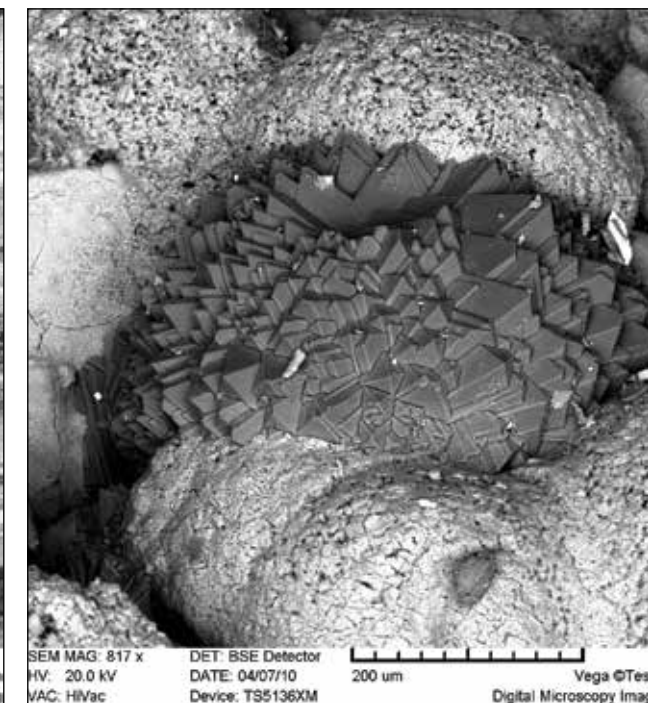


### LA SCOPERTA DI UN NUOVO MINERALE

Nel 1993, durante una campagna di esplorazione delle mineralizzazioni a piombo e argento incassate nei granofiri della piattaforma Luganese, due degli scrittori (P.V. e P.G.), hanno rinvenuto nella miniera di Val Cavallizza (Cuasso al Monte, Varese) alcuni campioni contenenti minuti cristalli ottaedrici incolori o biancastri di circa 0,1 mm che rivestivano le pareti di



Chukhrovite-(Ca): aggregati di cristalli ottaedrici su idrossidi di ferro. Immagine SEM in elettroni retrodiffusi. Coll. e foto SEM P. Gentile.



Chukhrovite-(Ca): aggregato di cristalli ottaedrici plurigeminati su idrossidi di ferro. Immagine SEM in elettroni retrodiffusi. Coll. e foto SEM P. Gentile.

sottili fratture intersecanti un filone di marcasite con ganga fluoritica.

Le analisi condotte su questi cristalli hanno mostrato che essi corrispondono a un aluminofluoruro di calcio, privo di Terre Rare e silicio, appartenente al gruppo della chukhrovite.

Per il nuovo minerale è stato di conseguenza proposto all'IMA il nome di chukhrovite-(Ca), dato che esso corrisponde all'equivalente di calcio della chukhrovite-(REE) (REE = Ce, Nd, Y) in cui le Terre Rare sono sostituite interamente dal calcio. L'assenza di silicio, inoltre, esclude la meniaylovite tra le possibili composizioni chimiche dei cristalli di Val Cavallizza. Sia il nuovo minerale che il suo nome (IMA # 2010-081) sono stati approvati dalla Commission on New Minerals, Nomenclature and Classification dell'IMA (Vignola *et al.*, 2011; Vignola *et al.*, 2012). Tutte le analisi necessarie alla descrizione di questo minerale sono state condotte su due campioni (cotipi) provenienti dallo stesso campione raccolto sul terreno nel 1993 e attualmente conservati presso il Museo di Storia Naturale di Milano (catalogo M37901) e presso la collezione mineralogica del Laboratoire de Minéralogie dell'Università di Liegi in Belgio (catalogo 20383).

### DESCRIZIONE, COMPOSIZIONE CHIMICA E DATI CRISTALLOGRAFICI

La chukhrovite-(Ca) forma netti cristalli ottaedrici singoli o in fitti raggruppamenti con aspetto semisferico, da incolori a biancastri, trasparenti o traslucidi, di 100-500  $\mu\text{m}$ ; i cristalli si rinvencono di solito all'interno di microfratture della marcasite o dell'incassante, adagiati su un letto di "limonite"

e associati talora a gesso e anglesite. Più raramente il minerale è stato osservato nelle piccole cavità cristallizzate della marcasite in nitidi cristallini ottaedrici o sferule traslucide. In questo caso vi si associa anche siderite, barite e fluorite in piccoli cristalli cubici. La chukhrovite-(Ca) forma spesso geminati a rosa di ferro o, più raramente, secondo la legge dello spinello. La sua lucentezza è vitrea, non mostra fluorescenza ai raggi

Tabella 3. Analisi in microsonda elettronica della chukhrovite-(Ca) di Val Cavallizza.

	Peso %	Atomi per unità formula	
SiO <sub>2</sub>	0.03	Si	0.003
SO <sub>3</sub>	10.64	S	0.924
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.72	Al	2.142
FeO	0.34	Fe	0.033
CaO	35.74	Ca	4.428
Na <sub>2</sub> O	0.49	Na	0.110
F	36.61	F	13.388
H <sub>2</sub> O*	15.84	H <sub>2</sub> O	6.110
O=F	-15.42		
<b>Totale</b>	<b>100.00</b>		



Tabella 4, comparativa delle proprietà fisiche dei minerali del gruppo della chukhrovite.

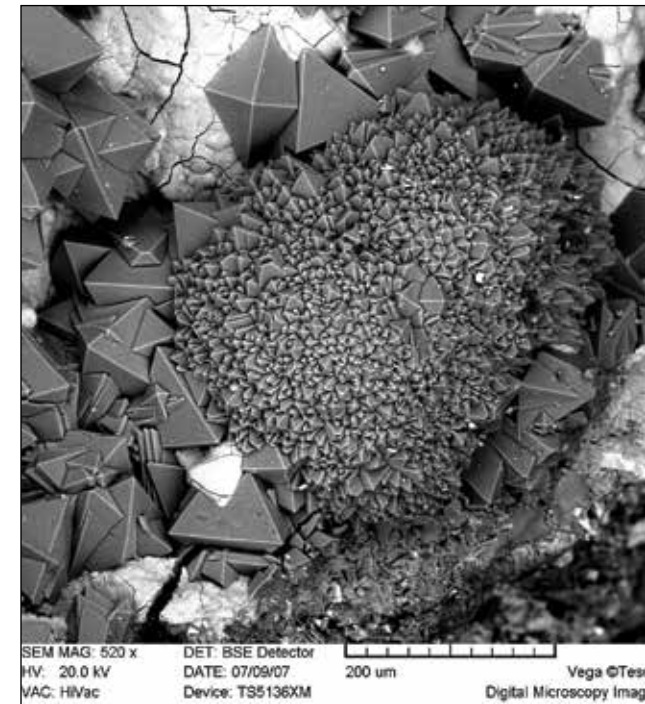
Minerale	Chukhrovite-(Ca)	Chukhrovite-(Y)	Chukhrovite-(Ce)	Chukhrovite-(Nd)	Menyailovite
Riferimenti	[1]	[2, 3]	[4, 5]	[6]	[7]
Formula	$\text{Ca}_{4.5}\text{Al}_2(\text{SO}_4)\text{F}_{13}\cdot 12\text{H}_2\text{O}$	$\text{Ca}_3\text{YAl}_2(\text{SO}_4)\text{F}_{13}\cdot 12\text{H}_2\text{O}$	$\text{Ca}_3\text{CeAl}_2(\text{SO}_4)\text{F}_{13}\cdot 12\text{H}_2\text{O}$	$\text{Ca}_3\text{NdAl}_2(\text{SO}_4)\text{F}_{13}\cdot 12\text{H}_2\text{O}$	$\text{Ca}_4\text{AlSi}(\text{SO}_4)\text{F}_{13}\cdot 12\text{H}_2\text{O}$
Gruppo spaziale	$Fd\bar{3}$	$Fd\bar{3}$	$Fd\bar{3}$	$Fd\bar{3}$	$Fd\bar{3}$
a (Å)	16.749(1)	16.800(5)	16.800 (5)	16.759(3)	16.722(2)
Z	8	8	8	8	8
Linee più intense sullo spettro di diffrazione da polveri	9.665 (100)	-	9.75 (100)	9.7 (100)	9.63 (100)
	5.921 (31)	-	5.93 (80)	5.92 (70)	5.91 (70)
	5.053 (16)	-	-	-	-
	4.190 (10)	4.256 (70)	4.20 (50)	-	4.173 (40)
	3.226 (15)	3.261 (90)	3.22 (70)	3.22 (80)	3.219 (70)
	2.831 (4)	2.843 (80)	-	-	-
	2.650 (7)	2.664 (70)	-	-	-
	2.556 (10)	2.572 (90)	2.56 (60)	2.555 (70)	2.551 (70)
	2.240 (7)	-	2.24 (50)	2.240 (50)	2.235 (50)
	2.182 (12)	2.193 (100)	2.17 (60)	2.180 (60)	2.178 (80)
	1.915 (17)	-	-	-	-
	1.829 (6)	1.834 (100)	1.824 (50)	1.827 (50)	1.824 (50)
-	1.684 (80)	-	-	-	
Densità	2.25 (calc.)	2.34(7)	-	2.42(3)	2.25
Indice di rifrazione	1.432(1)	1.43(1)	1.443(2)	1.443(2)	1.430
Durezza	3.5(5)	3	-	3.5-4	-
Colore	Incolore	Incolore, bianco, lilla	Bianco	Incolore, bianco	-
Forme	{111}	{100}{111}	-	{100}{111}	-

[1] Vignola *et al.* (2012), [2] Ermilova *et al.* (1960), [3] Fleischer (1960), [4] Walenta (1979), [5] Fleischer *et al.* (1980), [6] Pautov *et al.* (2005), [7] Vergasova *et al.* (2004).

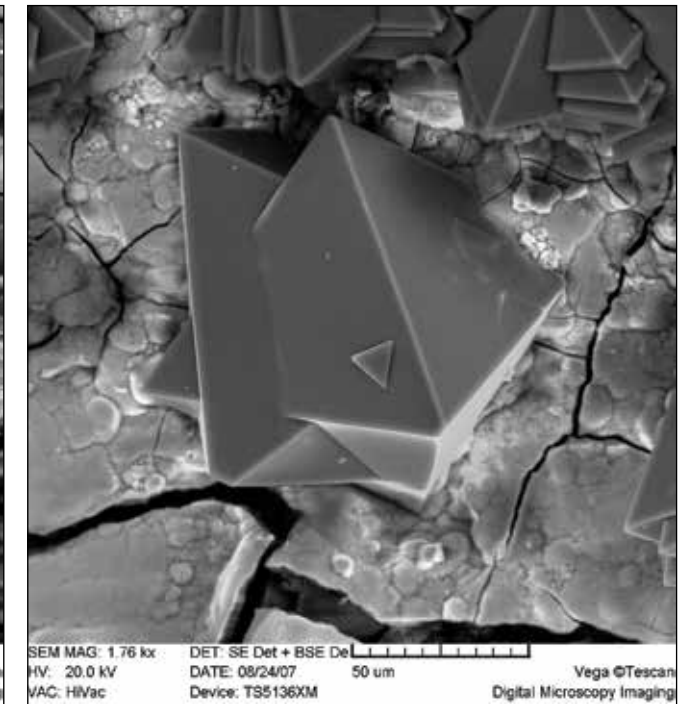
ultravioletti (254 e 366 nm), lo striscio è bianco ed è molto fragile con una durezza Mohs di 3,5. La densità, calcolata dai dati strutturali è di 2,5 g/cm<sup>3</sup>. La composizione chimica della chukhrovite-(Ca), riportata nella tabella 3, è stata ottenuta tramite microsonda elettronica a dispersione di lunghezza d'onda (WDS) presso il

Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Milano (DST-MI). La formula empirica è stata calcolata considerando 21 cariche positive per unità formula, mentre l'H<sub>2</sub>O non è stata misurata direttamente a causa dell'esiguo materiale a disposizione e, quindi, calcolata come differenza al 100%. Dalle analisi chimiche si è

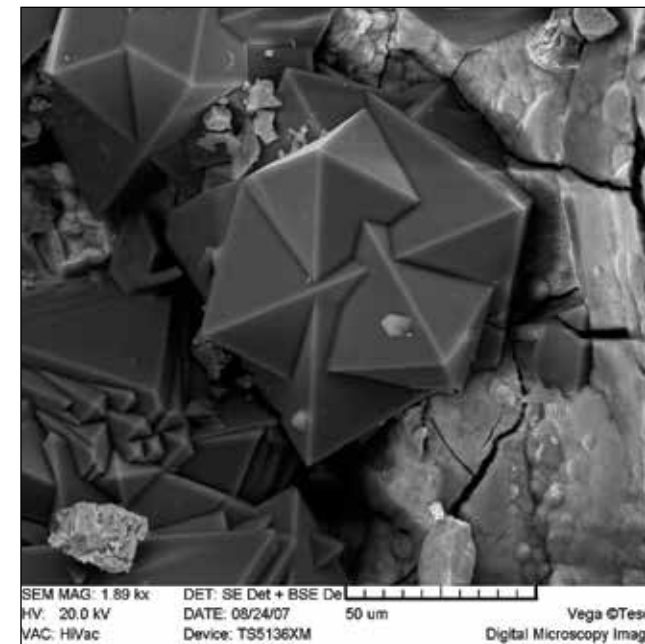
ottenuta la seguente formula empirica:  $(\text{Ca}_{4.43}\text{Na}_{0.11}\text{Fe}_{0.03})_{\Sigma 4.57}\text{Al}_{2.14}(\text{S}_{0.92}\text{O}_{3.79})\text{F}_{13.39}\cdot 6.11\text{H}_2\text{O}$  da cui la formula ideale  $\text{Ca}_{4.5}\text{Al}_2(\text{SO}_4)\text{F}_{13}\cdot 12\text{H}_2\text{O}$ . Il diffrattogramma su polveri cristalline è stato eseguito presso il Dipartimento di Scienze Geologiche e Geotecnologie dell'Università di Milano-Bicocca (DST-MIB). Questa tecnica analitica



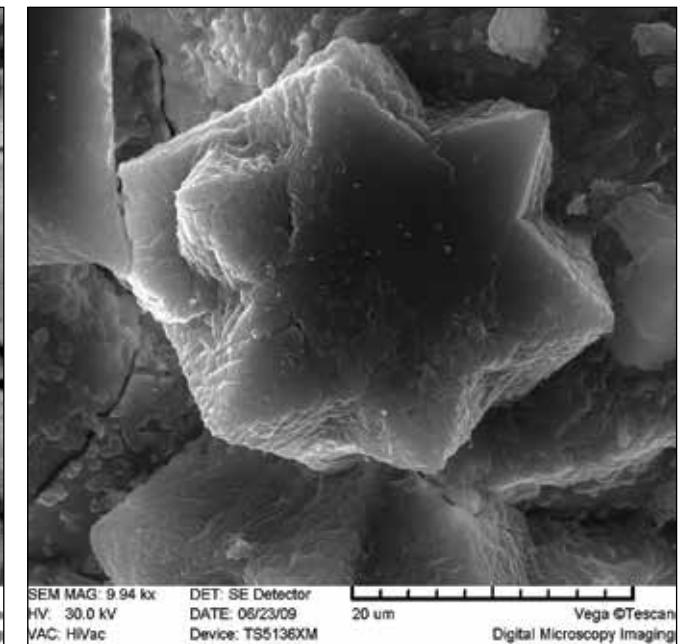
Chukhrovite-(Ca): aggregati di cristalli ottaedrici e cristalli singoli su idrossidi di ferro. Immagine SEM in elettroni retrodiffusi. Coll. e foto SEM P. Gentile.



Chukhrovite-(Ca): cristalli ottaedrici geminati secondo la legge dello spinello su idrossidi di ferro. Immagine SEM in elettroni retrodiffusi. Coll. e foto SEM P. Gentile.



Chukhrovite-(Ca): cristalli ottaedrici geminati a croce di ferro su idrossidi di ferro. Immagine SEM in elettroni retrodiffusi. Coll. e foto SEM P. Gentile.



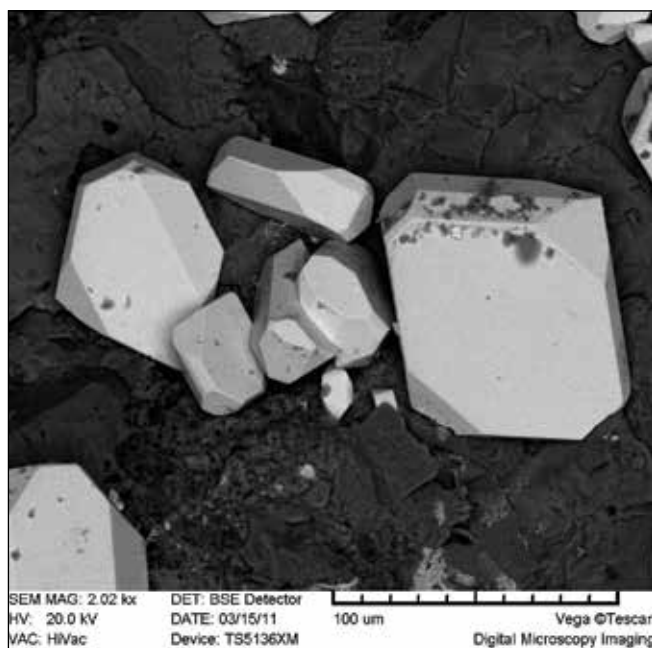
Chukhrovite-(Ca): raro poligeminato per compenetrazione su idrossidi di ferro. Immagine SEM in elettroni retrodiffusi. Coll. e foto SEM P. Gentile.

ha permesso di identificare, per la prima volta, l'appartenenza del minerale proveniente dalla miniera di Val Cavallizza al gruppo della chukhrovite. Dalla diffrazione di polveri è stato ricavato il seguente parametro di cella elementare  $a = 16.736(7) \text{ \AA}$ ,  $V = 4687.6(3) \text{ \AA}^3$ . I dati da diffrazione su cristallo singolo, necessari alla risoluzione della struttura cristallina della chukhrovite-(Ca), sono

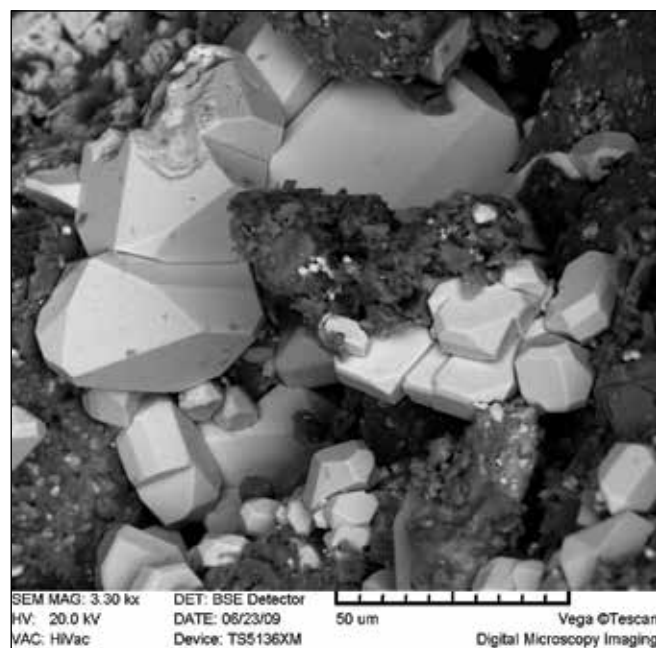
stati raccolti presso il Dipartimento di Chimica dell'Università di Namur (Belgio). Sono stati raccolti 1064 riflessi di cui 365 unici; da cui sono stati calcolati i seguenti parametri di cella elementare  $a = 16.749(1) \text{ \AA}$  e  $V = 4698.6(1) \text{ \AA}^3$ , in buon accordo con quelli misurati tramite diffrazione su polveri. La risoluzione della struttura, partendo dai dati dell'analogo sintetico (Mathew

*et al.*, 1981), è stata raffinata fino a ottenere un valore di  $R_1 = 0.047$ . Essa può essere descritta come un impacchettamento compatto di ottaedri  $\text{AlF}_6$ , tetraedri  $\text{SO}_4$  e grossi ottaedri e bipiramidi pentagonali distorte ospitanti il Ca. La chukhrovite-(Ca) appartiene al gruppo della chukhrovite e rientra nel tipo 12.01.05 della classificazione di Dana: alogenuri (alogenuri

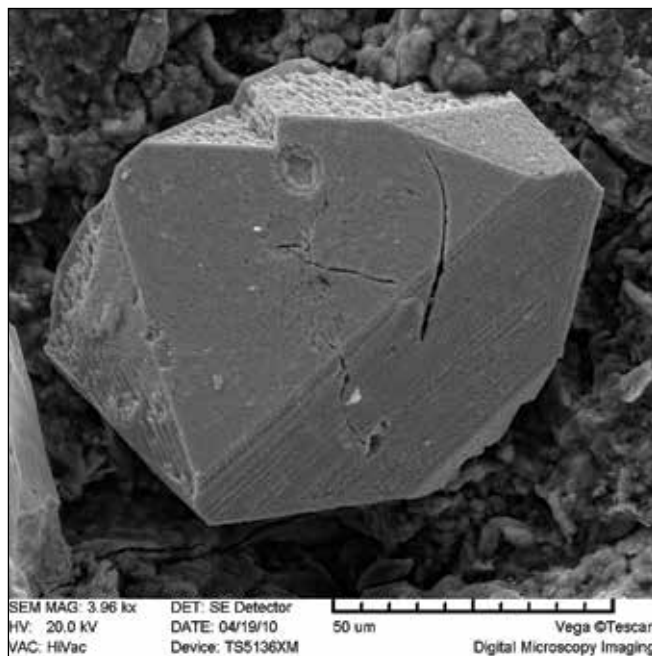




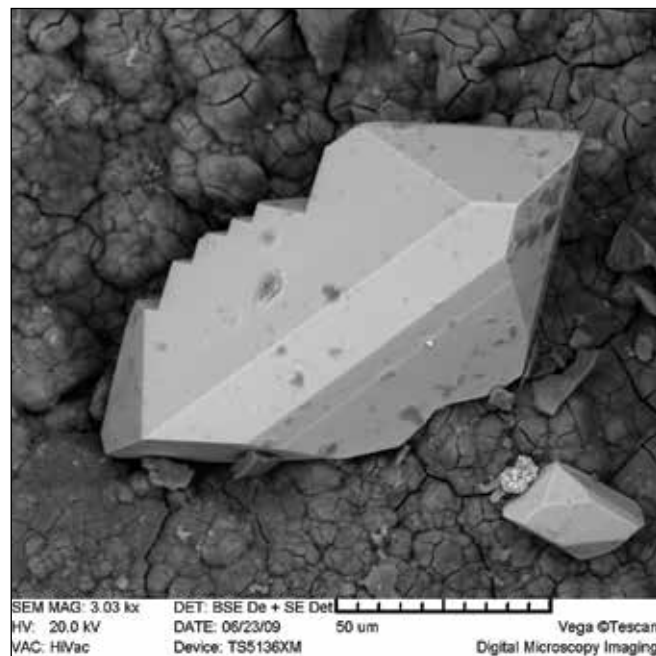
Anglesite: cristalli su marcasite. Immagine SEM in elettroni retrodiffusi. Coll. e foto SEM P. Gentile.



Anglesite: cristalli complessi su marcasite. Immagine SEM in elettroni retrodiffusi. Coll. e foto SEM P. Gentile.



Anglesite: cristallo prismatico con figure di corrosione. Immagine SEM in elettroni retrodiffusi. Coll. e foto SEM P. Gentile.



Anglesite: accrescimento di cristalli prismatici su goethite. Immagine SEM in elettroni retrodiffusi. Coll. e foto SEM P. Gentile.

compositi con anioni misti – gruppo della chukhrovite) oppure nel tipo 03.CG.10 della classificazione di Strunz (alogenuri – alogenuri complessi – aluminofluoruri contenenti  $\text{CO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{PO}_4$ ).

#### ALTRI MINERALI ASSOCIATI

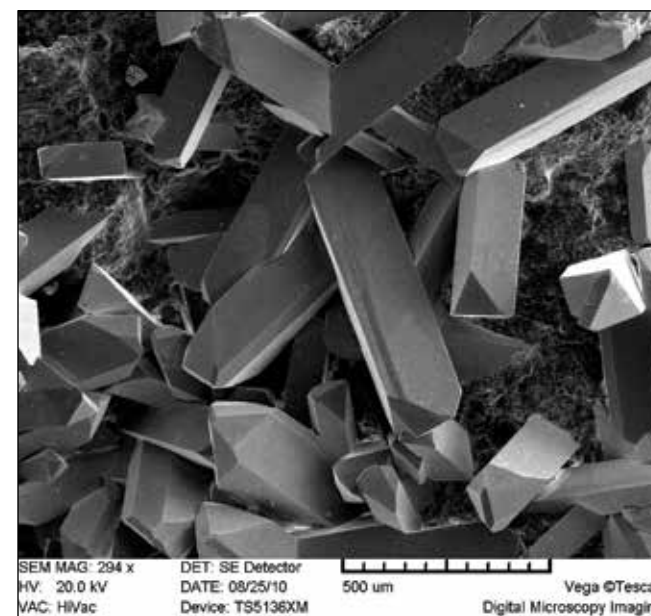
Tra le specie mineralogiche associate alla chukhrovite-(Ca) sono presenti sia minerali che costituiscono la mineralizzazione principale quali mar-

casite, sfalerite, galena e fluorite, sia minerali che derivano da processi di alterazione (ossidazione) dei minerali primari quali gesso, anglesite jarosite e zolfo e minerali che potrebbero essersi formati in fase idrotermale assieme alla chukhrovite-(Ca) quali la barite, che è stata rinvenuta sulle pareti di una grossa fessura, sotto forma di cristalli prismatici incolori, fino a 1 cm di lunghezza. Questi minerali si sarebbero formati

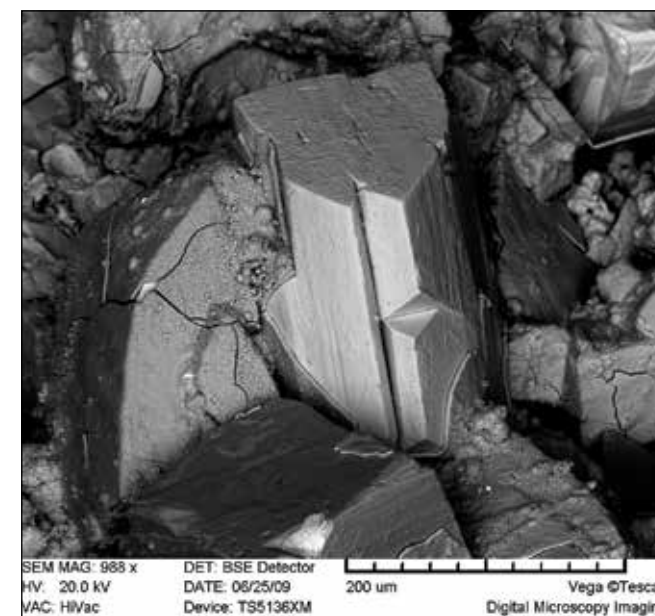
durante gli stadi finali di raffreddamento del laccolite granofirico in concomitanza con la formazione di fratture dovute alla contrazione del laccolite stesso che hanno permesso il passaggio dei fluidi idrotermali.

#### Anglesite $\text{PbSO}_4$

Rinvenuta in piccoli cristalli submillimetrici prismatici incolori molto lucenti a tappezzare le superfici di frattura della mineralizzazione a marcasite.



A sinistra. Barite: cristalli prismatici allungati rinvenuti al fondo della galleria di traverso banco. Immagine SEM in elettroni retrodiffusi. Coll. e foto SEM P. Gentile. A destra. Cristalli di marcasite. Immagine SEM in elettroni retrodiffusi. Coll. e foto SEM P. Gentile.



Zolfo: cristallo bipiramidale associato ad un solfato di ferro non ancora identificato. Immagine SEM in elettroni retrodiffusi. Coll. e foto SEM P. Gentile.

#### Barite $\text{BaSO}_4$

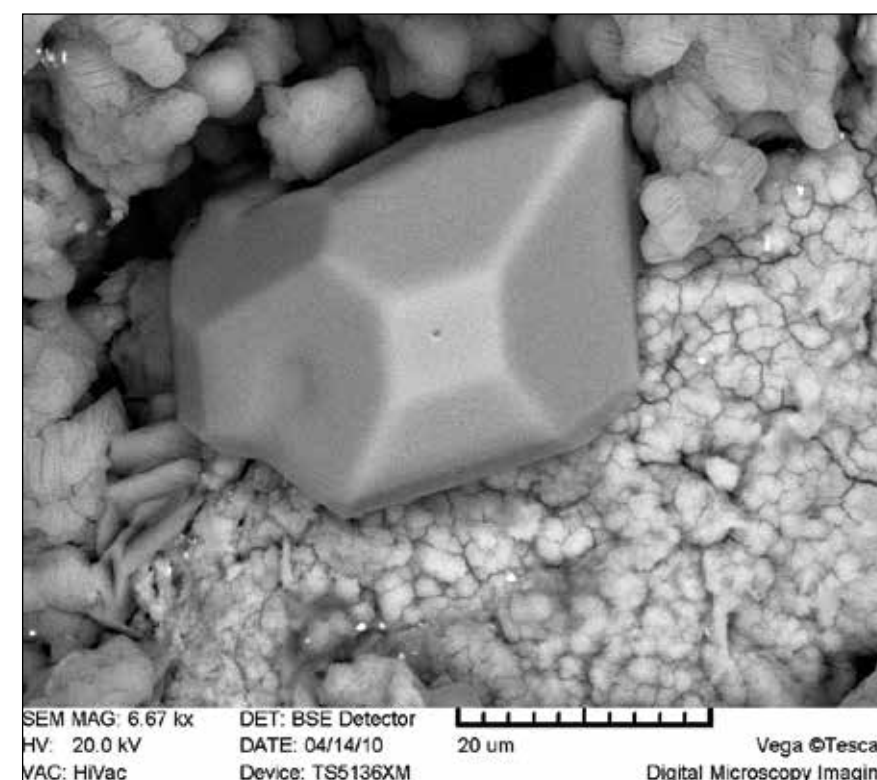
Si trova in cristallini tabulari incolori nelle piccole cavità cristallizzate della marcasite associata anche a fluorite a chukhrovite-(Ca). In corrispondenza del filone mineralizzato oggetto di coltivazione fu rinvenuta in cristalli prismatici incolori lunghi fino a 1 cm a rivestire fratture del granofiro.

#### Fluorite $\text{CaF}_2$

È parte della mineralizzazione, sotto forma di masse spatiche biancastre; tuttavia si rinviene anche in piccoli cristalli cubici incolori o grigi nelle cavità della marcasite.

#### Galena $\text{PbS}$

Nonostante fosse il minerale oggetto di coltivazione, l'abbiamo rinvenuta sporadicamente come granulazione nelle porzioni fluoritiche della mineralizzazione a marcasite. Rari i cristalli sempre millimetrici.



#### Gesso $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Frequente sia in ciuffetti di cristalli aciculari incolori o bianchi che in distinti cristalli prismatici incolori grandi fino a 1 cm, a ricoprire le superfici di frattura della marcasite e dell'incassante.

#### Jarosite $\text{K}_2\text{Fe}^{3+}_6(\text{SO}_4)_4(\text{OH})_{12}$

Forma microcristalli bruni di circa 100  $\mu\text{m}$  o piccolissime sfere giallo-brunastre sulle superfici di frattura della marcasite.

#### Marcasite $\text{FeS}_2$

È comune in filoncelli di spessore irre-

golare da 1 a 10 cm, sempre microcristallina e associata a rara galena, sfalerite e pirite nonché a minerali di ganga come fluorite, barite e siderite. Si rinviene anche in piccoli cristalli millimetrici nelle cavità della mineralizzazione ed è talvolta associata a chukhrovite-(Ca). Il colore è giallo pallido tendente a bianco argenteo tanto che fu confusa inizialmente con l'arsenopirite.

#### Sfalerite $\text{ZnS}$

Poco frequente come minerale accessorio della mineralizzazione a marcasite. Forma microcristalli inclusi di 1-2 mm,



