

MMT2017

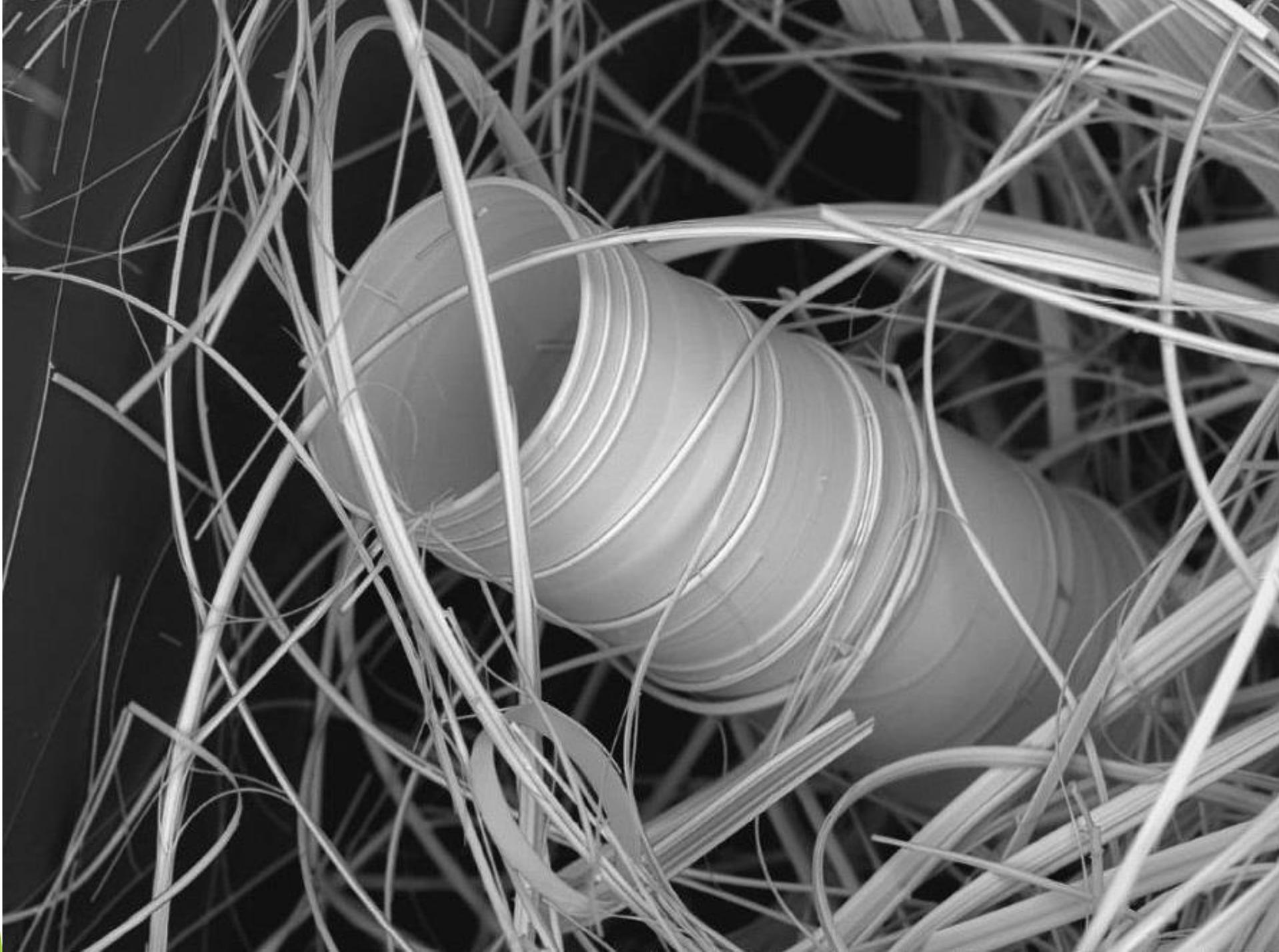


# Tavagnasco: Miniere e Minerali

*Anteprima di un libro*



T  
a  
v  
a  
i  
g  
n  
a  
c  
o  
i  
t  
e



Cirriottite

# Sezioni del libro

➔ Storia mineraria: le attività estrattive

➔ Geologia e minerogenesi

➔ Topologia: le gallerie

➔ Mineralogia dei filoni

➔ Ringraziamenti

➔ Bibliografia

# «Quadri» interni

- ➔ *L'Ing. Alcide Froment e i tentativi di industrializzazione delle miniere*
- ➔ *Tavagnasco e Borgofranco d'Ivrea: un parallelo*
- ➔ *Minerali-tipo: tavagnascoite e ciriottiite (updating ITM 355; 3° posto)*
- ➔ *Campioni tavagnaschesi nei Musei*
- ➔ *DVD: le gallerie e i minerali del Monte Gregorio*

# Mineralogia dei filoni

## Nozioni generali

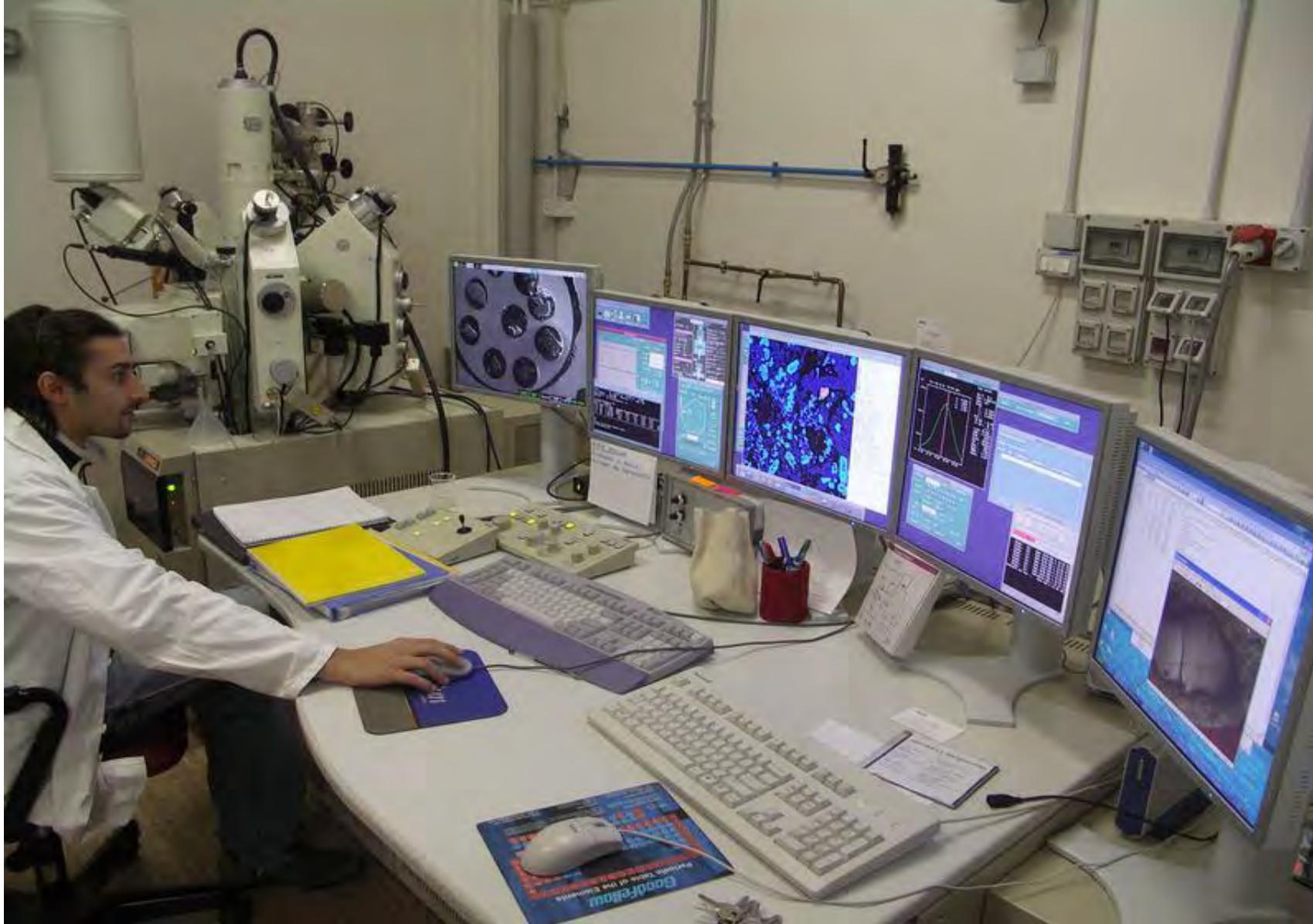
- ▶ Mineralogicamente, tra scienza e filosofia
  - ▶ Ecologia ed evoluzione minerale
  - ▶ Diversità mineralogica
  - ▶ Rarità mineralogica: concetto e tassonomia
  - ▶ Minerali meteoritici
  - ▶ *Reliable benchmark*: affidabilità vs. validità
- ▶ Introduzione alla mineralogia dei filoni metalliferi di Tavagnasco
  - ▶ Gli elementi che costituiscono la materia
  - ▶ Minerale in senso lato (*l.s.*)
  - ▶ Proprietà fisiche di un minerale
  - ▶ Stato di aggregazione di un minerale
  - ▶ Abito cristallino
  - ▶ Dimensione dei cristalli
  - ▶ Definizione di specie minerale (*s.s.*)
  - ▶ Caratterizzazione e divulgazione di specie minerale nuova

# Mineralogia dei filoni

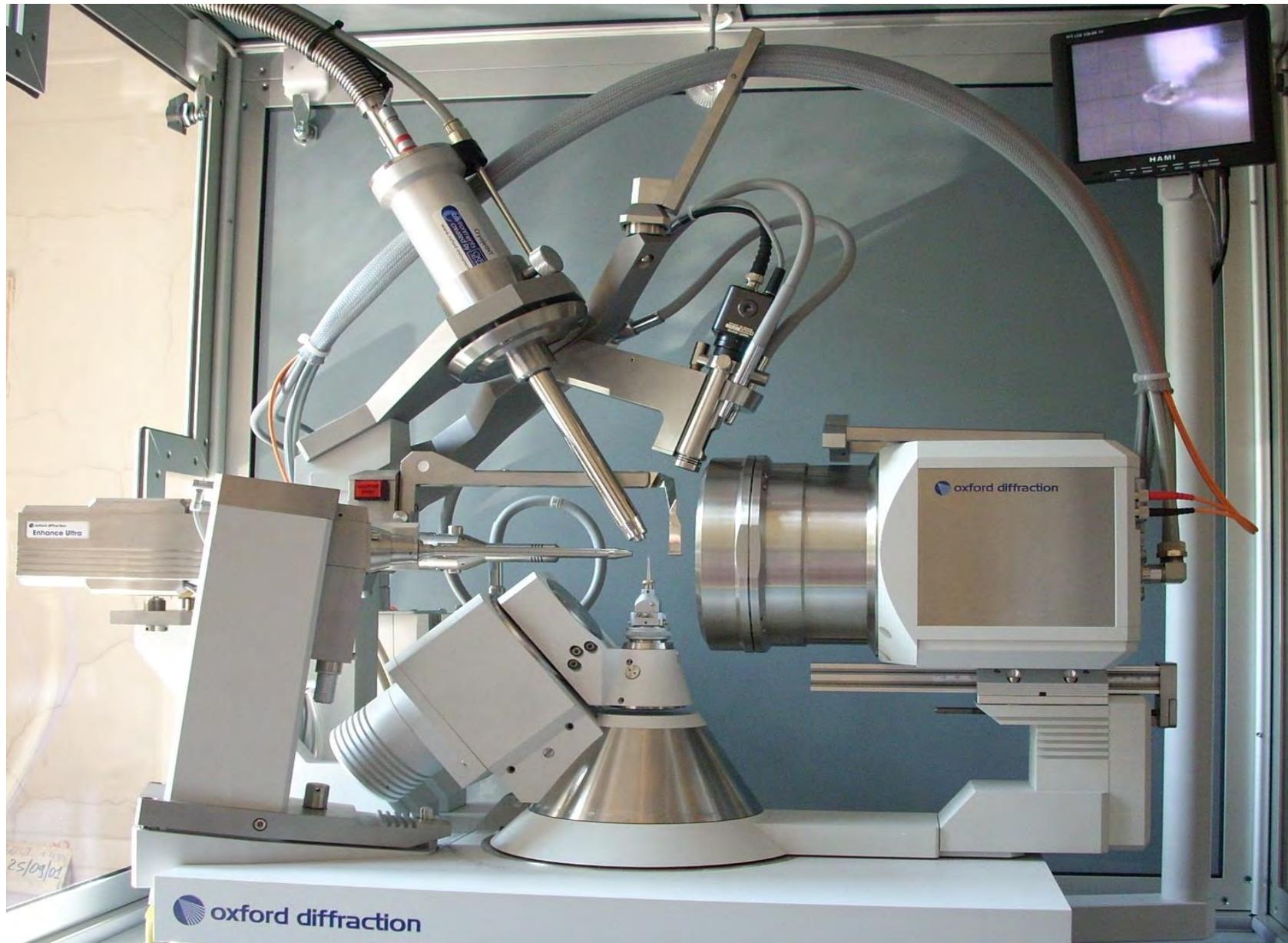
- ▶ Classificazione per composizione chimica delle specie minerali
- ▶ Elementi reali di un cristallo
- ▶ Assi cristallografici
- ▶ Faccia fondamentale (indici di Miller)
- ▶ Classificazione delle specie minerali per elementi di simmetria e valore dei parametri della faccia fondamentale

## Minerali e loro caratterizzazione

- ▶ Rilevazioni statistiche
- ▶ Caratterizzazione chimica (EDS-WDS)
- ▶ Spettroscopia microRaman
- ▶ Diffrazione a cristallo singolo di raggi X (SC-XRD)
- ▶ Località-tipo di una specie minerale e campione olotipo (materiale-tipo)
- ▶ Modalità operative per gli accertamenti delle specie minerali di Tavagnasco



Microsonda elettronica WDS in dotazione al  
Dipartimento di **Scienze della Terra dell'Università di Milano**



Diffrattometro in dotazione al CrisDi - Centro Interdipartimentale per lo Sviluppo della Cristallografia Diffrattometrica - **dell'Università di Torino**

# Mineralogia dei filoni

- ▶ Per ognuna delle 70 specie minerali di Tavagnasco
- ▶ (identificazioni alla data odierna)

## **Acantite (acanthite)**

$\text{Ag}_2\text{S}$

solfuro; monocino,  $P2_1/n$ ;  $a$  4.229,  $b$  6.931,  $c$  7.862 Å,  $\beta$  99.61°;  $V$  227.21 Å<sup>3</sup>;  $Z$  4

Identificazione: SEM-EDS (analista Massimo Taronna; campione di Bruno Martini)

*Ritrovamento: Filone Briasse (discarica presso Rio Piovano)*

## Specie minerali di Tavagnasco

- ▶ *Nomen omen*
- ▶ Descrizione-tipo e località-tipo
- ▶ Peculiarità morfologiche
- ▶ Rappresentazione grafica ideale dei cristalli
- ▶ Classificazione (criterio IMA CNMNC)
- ▶ Struttura cristallina
- ▶ Altri studi e applicazioni
- ▶ Come la specie di Tavagnasco è stata identificata
- ▶ **e...** come si presenta nelle diverse gallerie: descrizione e foto

GEORGII AGRICOLAE  
KEMPNICENSIS MEDICI AC  
FRIDERICI MARII

# DE RE METALLICA

## LIBRI XII

QUIBUS OFFICIA, INSTRUMENTA,  
MACHINÆ, AC OMNIA DENIQUE AD METAL-  
LICAM SPECTANTIA, NON MODO LUCULENTISSIME  
describuntur sed et per effigies, sua loca infirma, atque in Lusacia,  
Germaniaque appellatibus, ita ut videri possint, ut  
vixisse tradit non potest.

*Item expressit in istius officio, Prætorum quosdam argu-  
entia, ut videri possint, ut vixisse tradit non potest.*

De Animantibus Subterra- neis. Lib. I.	De Natura Fossilium. Lib. X.
De Origine & Causis Subterra- neorum. Lib. V.	De Vitræ & Novis Me- tallis. Lib. II.
De Natura eorum quæ efflu- unt ex Terra. Lib. IV.	De Romanorum sive de Re Metal- lica, Dialogus. Lib. I.

*Con indicibus d'v'is, præcipua in opere avulsa  
sunt et . . . pulvis d'v'is.*



BASILEÆ,  
Impensis & Typis EMANUELIS KÖNIG,  
ANNO MDCCLXII

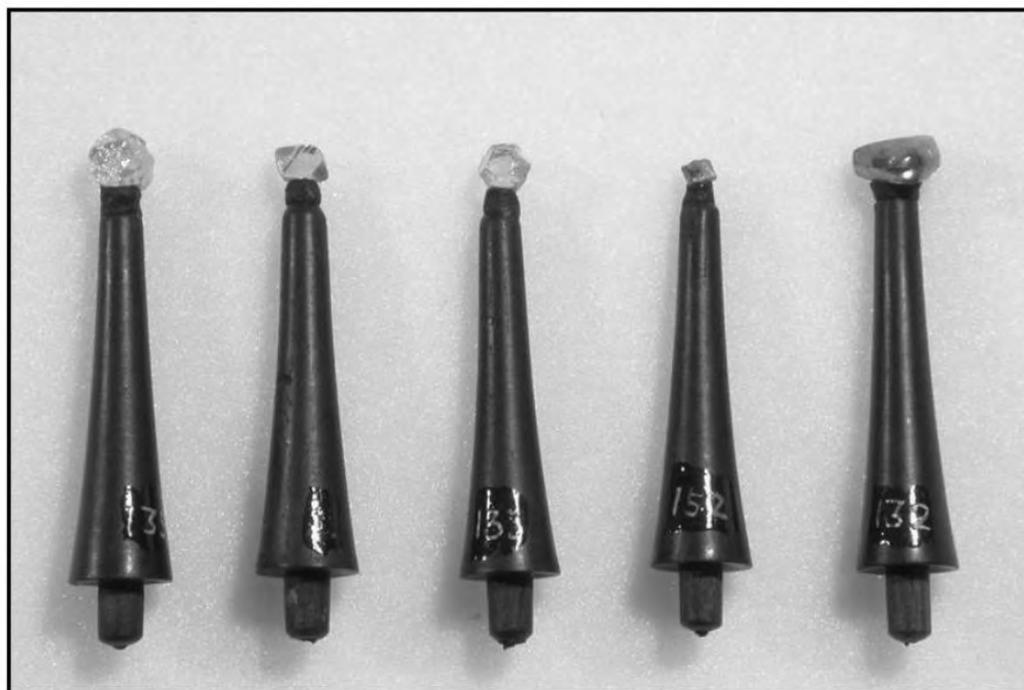


A—WOOD. B—BRICKS. C—PANS. D—FURNACE. E—CRUCIBLE. F—PIPE.  
G—DIPPING-POT.

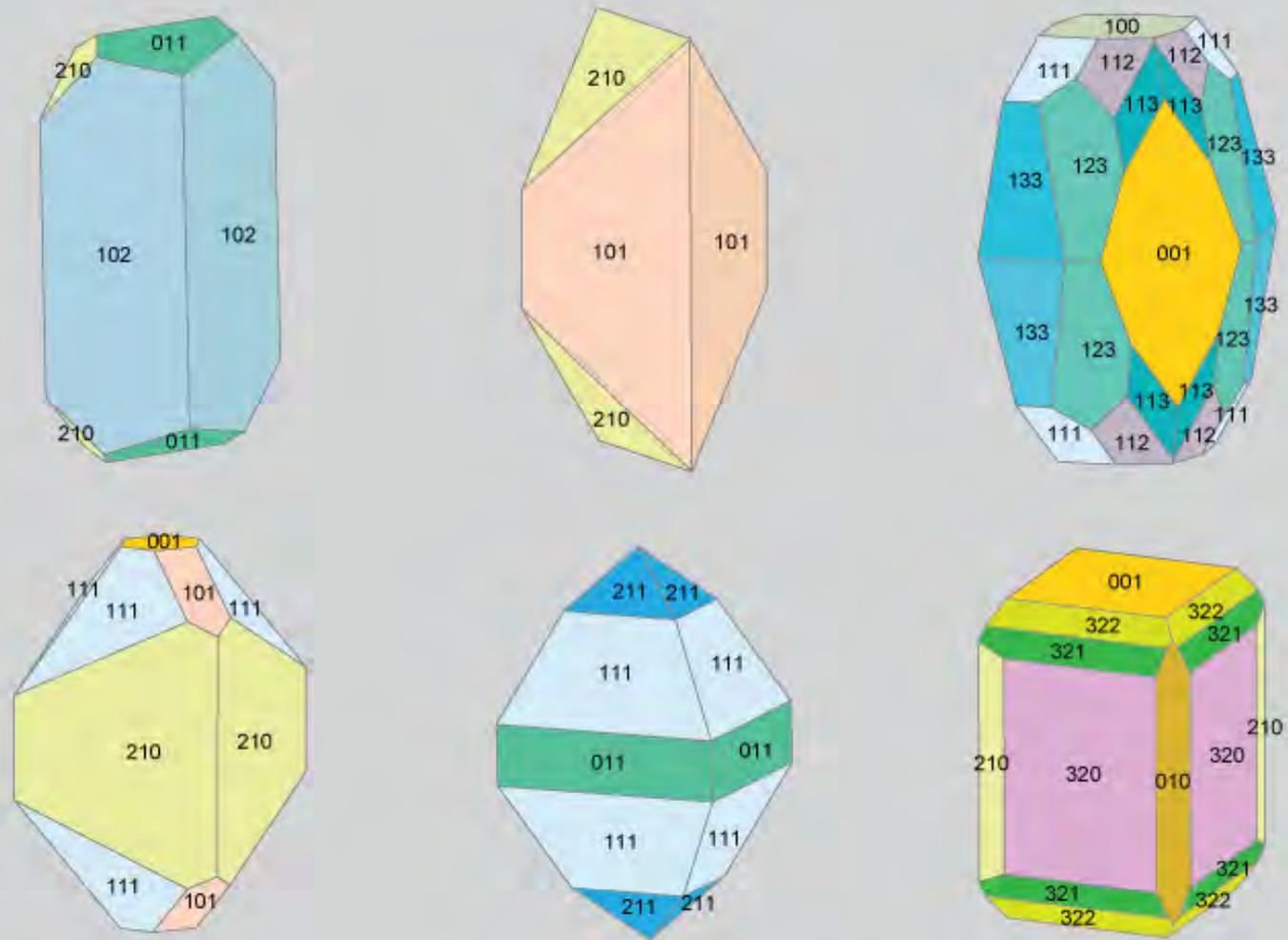
Frontespizio del celeberrimo *De Re Metallica* di Giorgio Agricola (Georg Bauer) e una delle molteplici illustrazioni in esso contenute



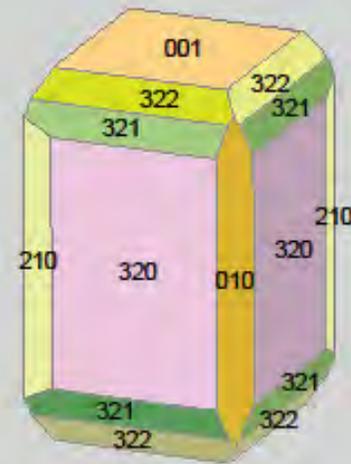
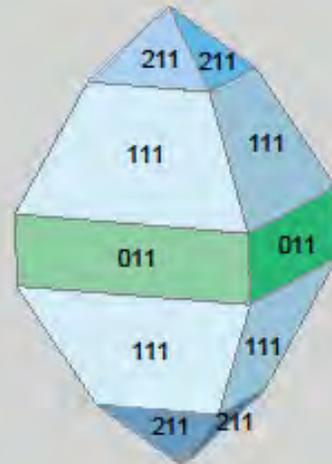
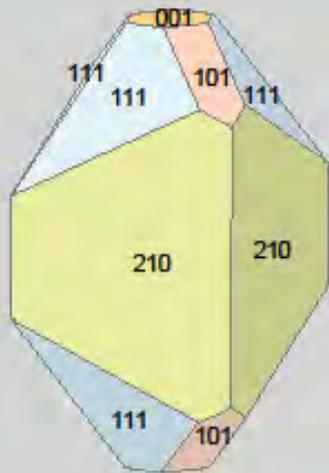
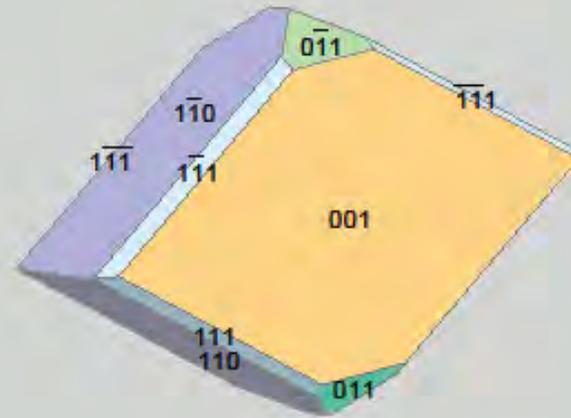
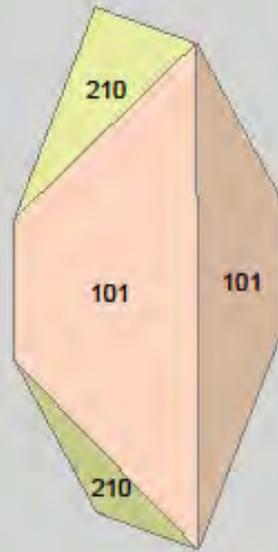
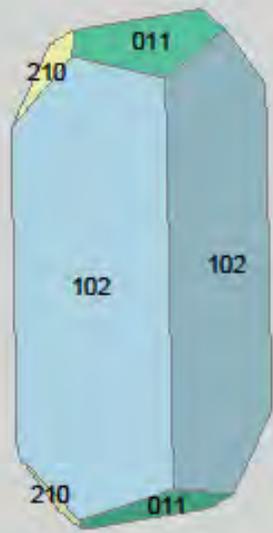
Jacques-Louis Conte di Bournon (1751-1825)



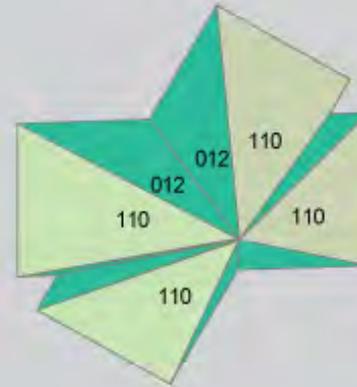
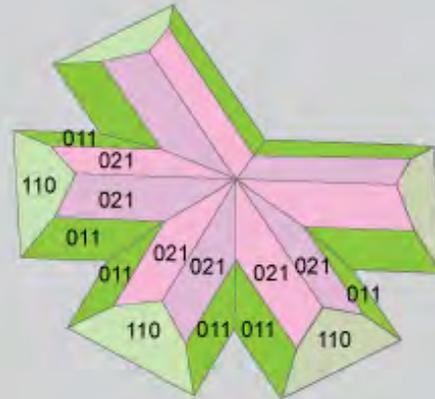
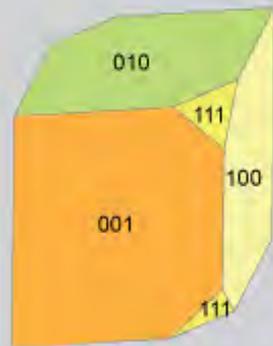
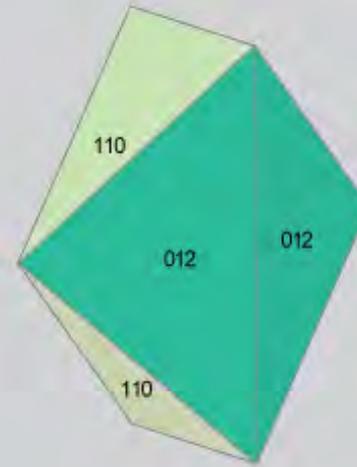
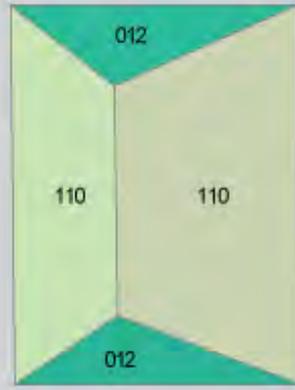
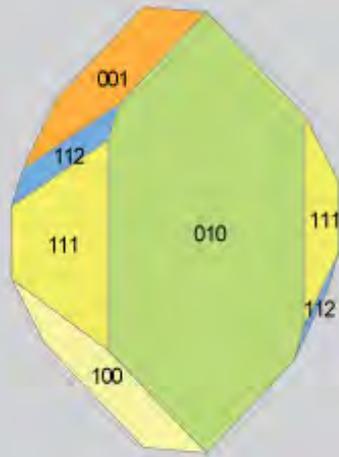
Catalogazione dei diamanti della collezione di Sir John St. Aubyn effettuata da Jacques-Louis Conte di Bournon. Esempio di alcuni cristalli montati su appositi insoliti pioli oggi presenti nel Plymouth City Museum (Shepherd, 2009)



Rappresentazione grafica ideale di diversi abiti di cristalli di anglesite con la notazione degli indici di Miller



Rappresentazione grafica ideale di diversi abiti di cristalli di anglesite con la notazione degli indici di Miller

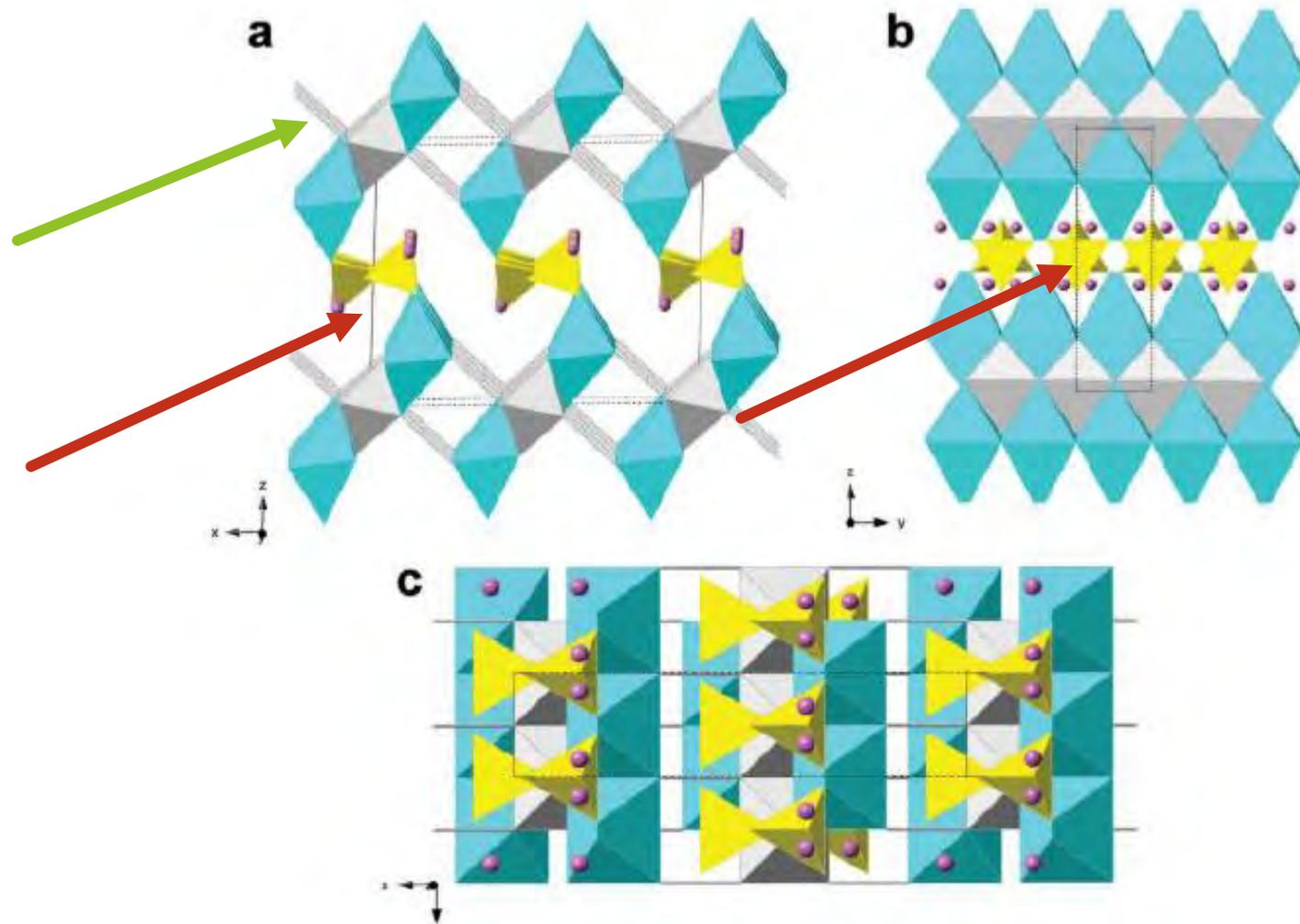


Rappresentazione grafica ideale di diversi abiti di cristalli pseudorombici e geminati di arsenopirite con la notazione degli indici di Miller

**Tav ... Famiglia merotipica<sup>(1)</sup> della cianotrichite (*cyanotrichite merotype family*)**

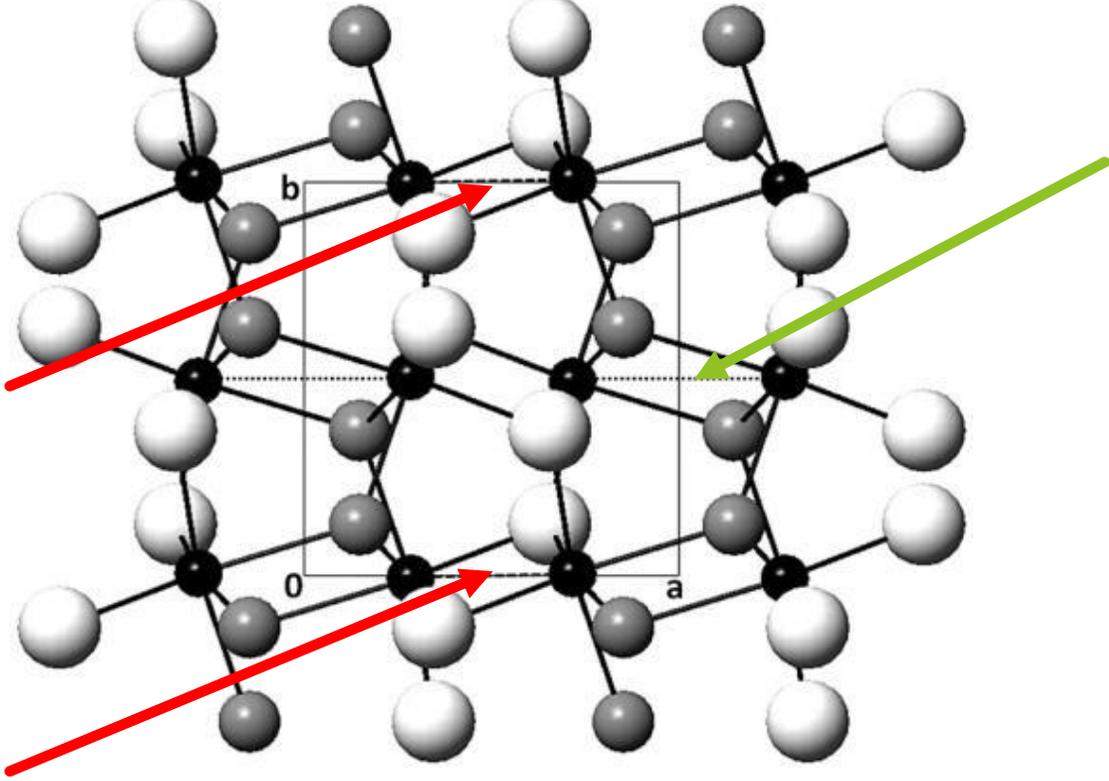
<i>Specie minerale</i>	<i>Formula generale</i>	<i>Unità composizionali</i>
Camérolaite	$\text{Cu}_6\text{Al}_3\text{Sb}(\text{OH})_6(\text{SO}_4)(\text{OH})_{18} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$3[\text{Cu}_2\text{Al}(\text{OH})_6]^+ + [\text{Sb}(\text{OH})_6]^- + [\text{SO}_4]^{2-} + 2(\text{H}_2\text{O})$
Carbonatecyanotrichite	$\text{Cu}_4\text{Al}_2(\text{CO}_3, \text{SO}_4)(\text{OH})_{12} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$2[\text{Cu}_2\text{Al}(\text{OH})_6]^+ + [\text{CO}_3]^{2-} + 2(\text{H}_2\text{O})$
Cyanotrichite	$\text{Cu}_4\text{Al}_2(\text{SO}_4)(\text{OH})_{12} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$2[\text{Cu}_2\text{Al}(\text{OH})_6]^+ + [\text{SO}_4]^{2-} + 2(\text{H}_2\text{O})$
Khaidarkanite	$\text{Cu}_4\text{Al}_3(\text{OH})_{14}\text{F}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$4[\text{Cu}_2\text{Al}(\text{OH})_6]^+ + [\text{Al}_2\text{F}_6(\text{H}_2\text{O})_4]^0 + 4(\text{OH})^-$

Rif<sup>(1)</sup>: mero = parte (Ferraris *et al.*, 2008).

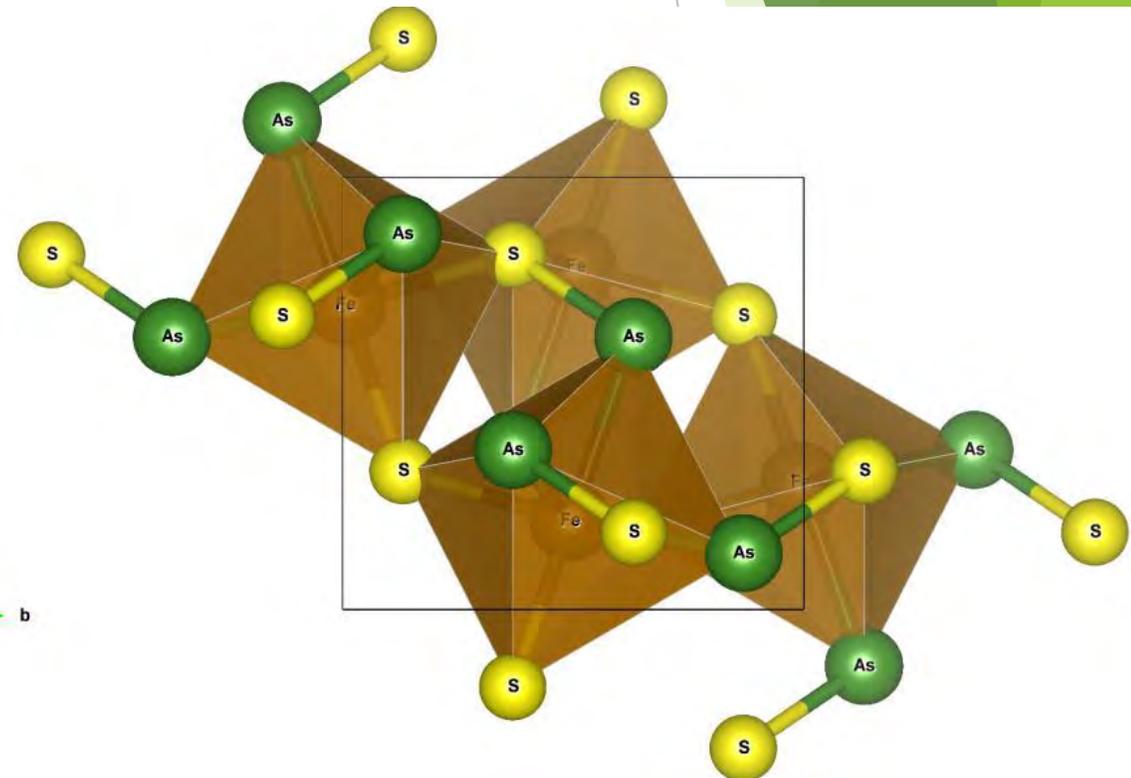


Struttura mediata della cianotrichite: i poliedri Al — O sono di colore grigio; i poliedri Cu — O color ciano; i tetraedri  $\text{SO}_4$ , occupati al 25%, giallo; i siti O7 (acqua), occupati al 25%, sono sfere di colore rosa scuro; i legami idrogeno sono mostrati in forma di bastoncini grigi; la cella unitaria è indicata da una linea tratteggiata nera.

**[a]** Struttura vista approssimativamente lungo l'asse  $b$ ;  
**[b]** lungo l'asse  $a$ ; **[c]** lungo l'asse  $c$  (Mills *et al.*, 2015a)

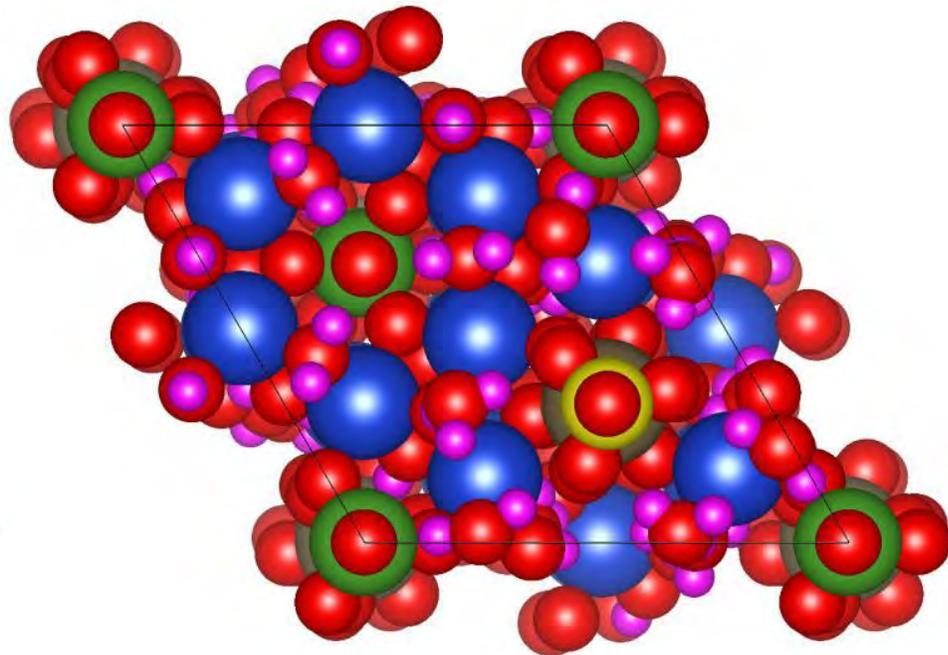
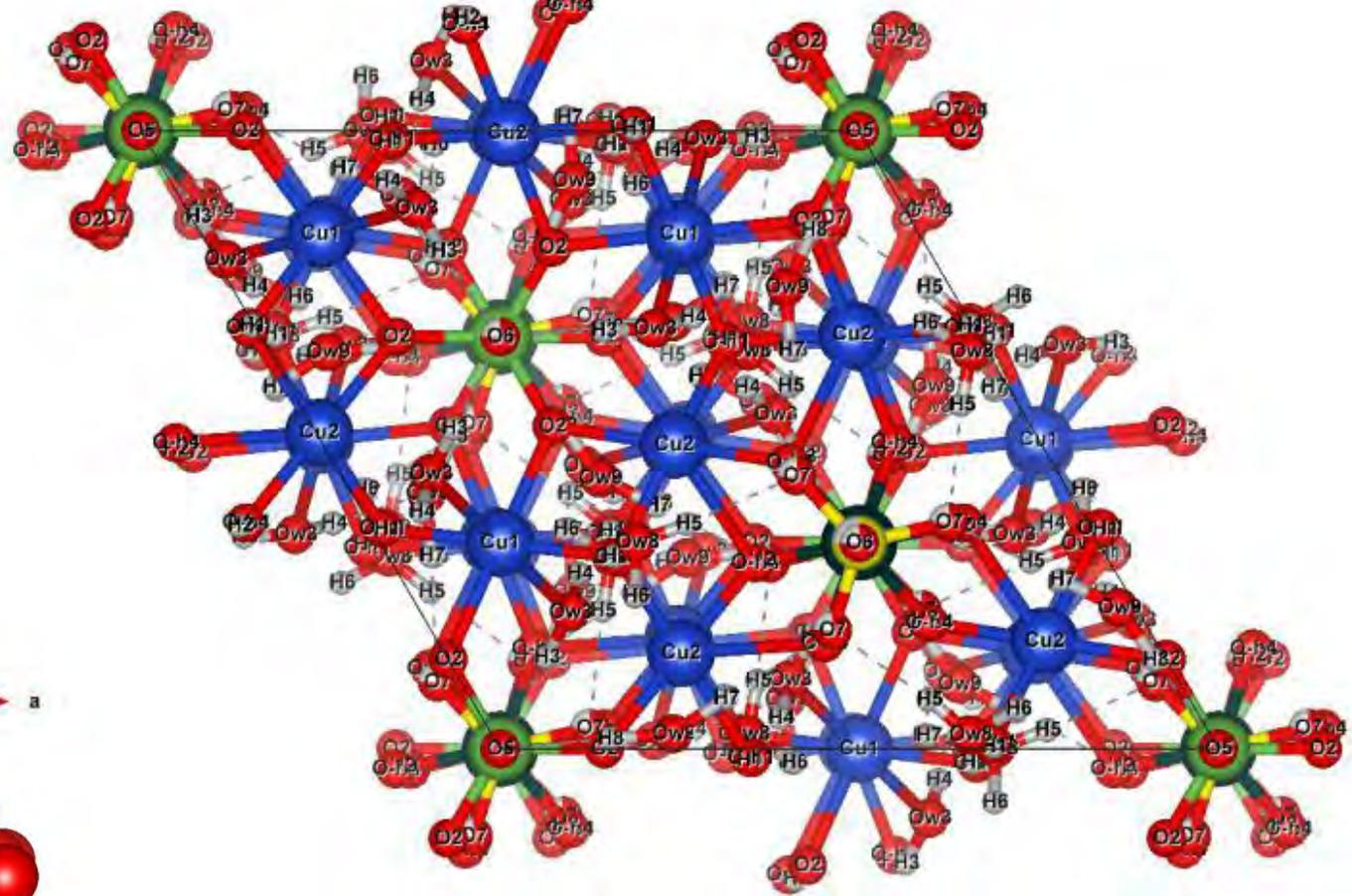
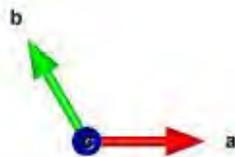


**Struttura cristallina dell'arsenopirite**  
 (Bindi *et al.*, 2012) **proiettata lungo l'asse c.**  
 Fe nero, As grigio, S bianco.  
 Le linee punteggiate e tratteggiate  
 rappresentano i legami Fe-Fe rispettivamente  
 brevi e lunghi  
 (per gentile concessione del *Canadian  
 Mineralogist*)



Rappresentazione della struttura cristallina  
**dell'arsenopirite** lungo a

Rappresentazione  
della struttura  
cristallina della  
calcofillite lungo  
l'asse *c*: Cu in blu,  
Al in marrone scuro,  
As in verde,  
S in giallo,  
O in rosso,  
H in viola



## Dati analitici dell'acantite del filone Briasse (SIUK 975)

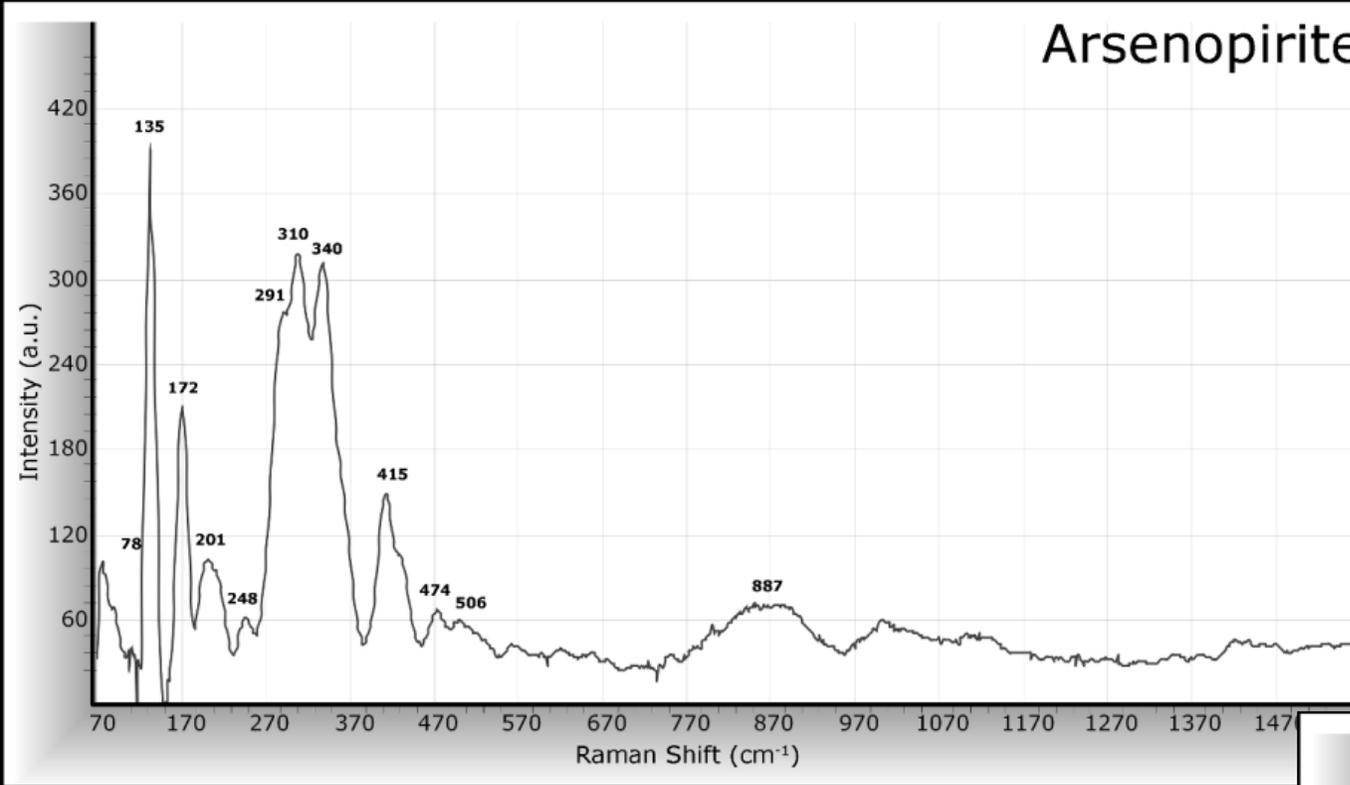
La media di tre punti analisi ha evidenziato il risultato seguente:



Elementi	Media wt%	Min-max	Deviazione standard	Standard
Ag	84.28	84.00-84.75	0.40	Argento sintetico
Cd	2.30	1.99-2.59	0.30	Cadmio sintetico
Te	0.55	0.31-0.68	0.21	HgTe sintetico
S	12.86	11.99-13.36	0.75	Anidrite
<i>Totale</i>	<i>100.00</i>			

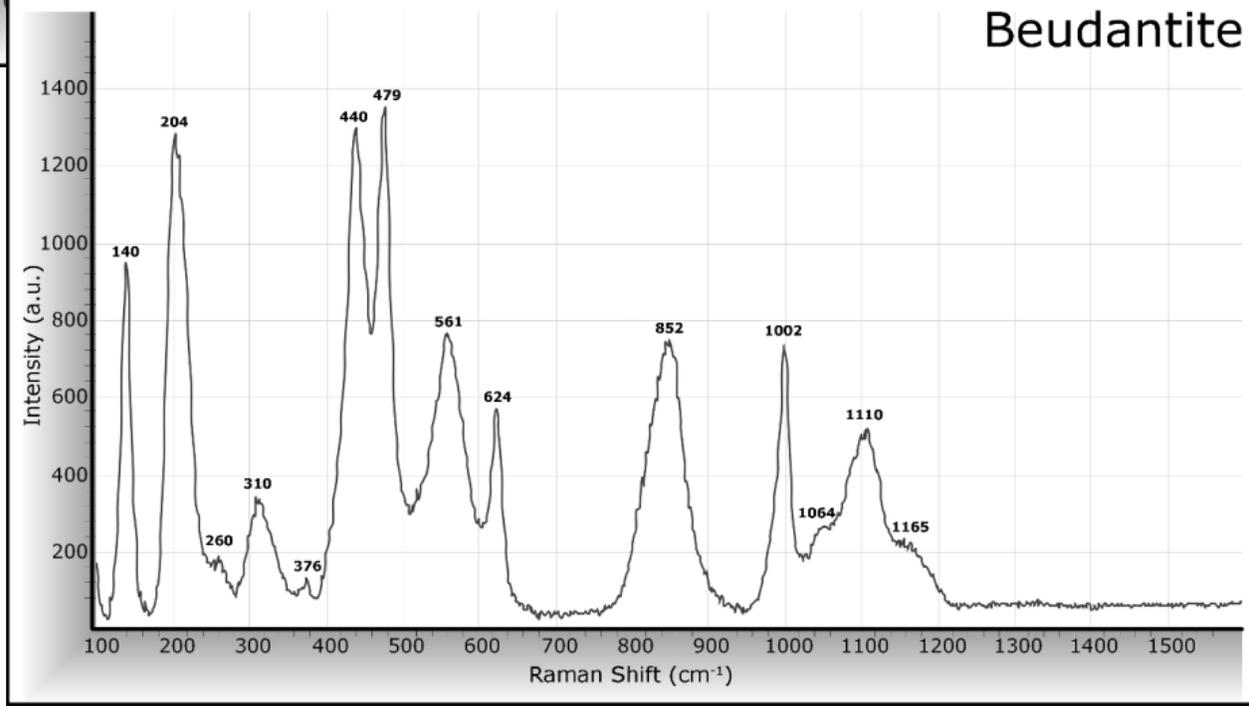
rilevando piccole quantità di cadmio e tellurio a vicariare **l'argento** (Ag+Cd+Te) = 87.13. Il risultato è perfettamente in linea con le quantità ideali di Ag (totale) e solfo **dell'acantite**: Ag 87.06%, S 12.94%.

# Arsenopirite



Spettro Raman di  
arsenopirite del filone  
Espérance

# Beudantite



Spettro Raman di  
beudantite del filone  
Rosa

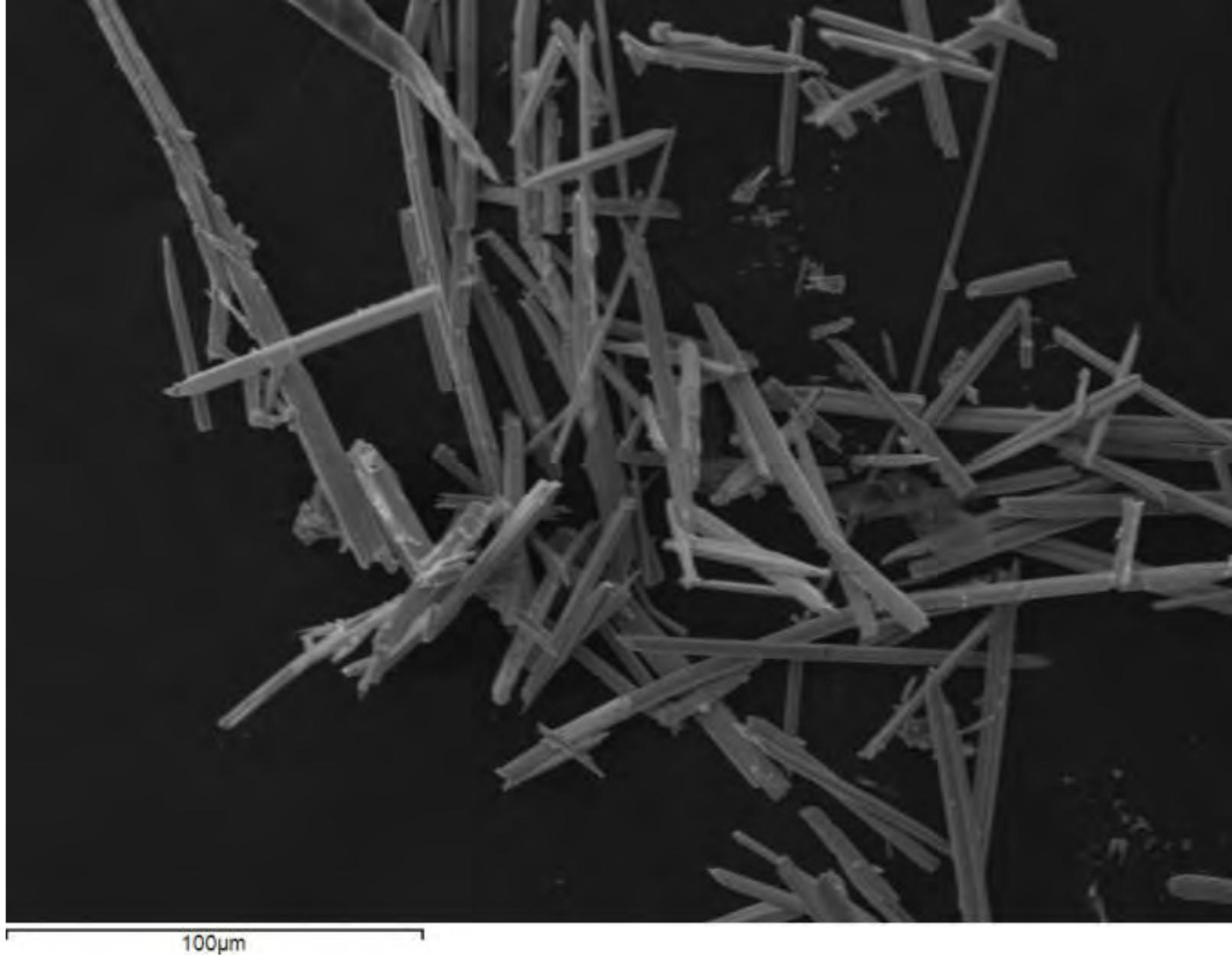


Foto SEM dei cristalli di boulangerite del filone Briasse  
(ex collezione Gianni Pramaggiore)

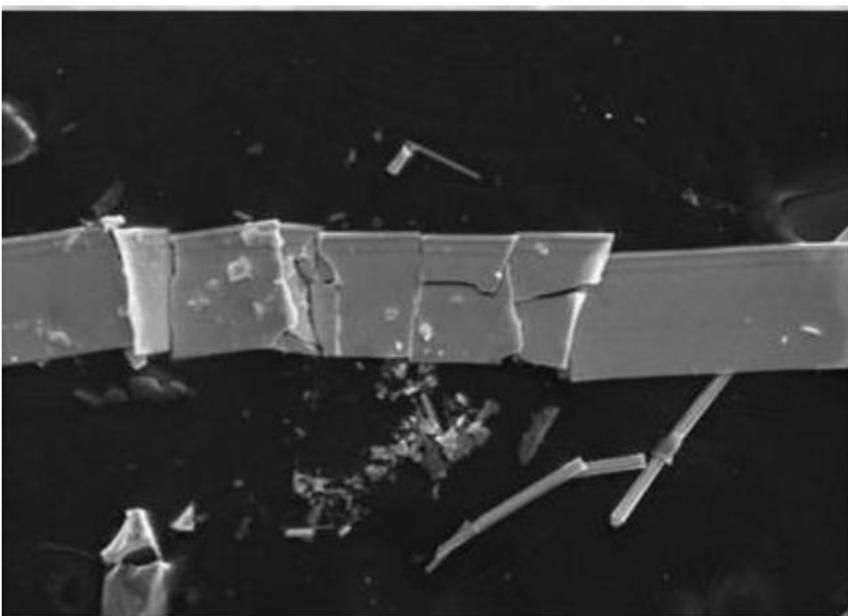
*Campione di  
boulangerite  
del filone  
Briasse  
Wt%*

*Composizione  
ideale della  
boulangerite  
Wt%*

Pb	56.75	54.88
Sb	26.12	26.44
S	17.13	18.68
Totale	100.00	100.00

Elementi	Campione di covellite della galleria Rosa Wt%	Composizione ideale della covellite Wt%
Cu	65.28	66.46
Fe <sup>2+</sup>	2.26	-----
Σ (Cu+Fe <sup>2+</sup> )	67.54	66.46
S	32.46	33.54
<i>Totale</i>	<i>100.00</i>	<i>100.00</i>

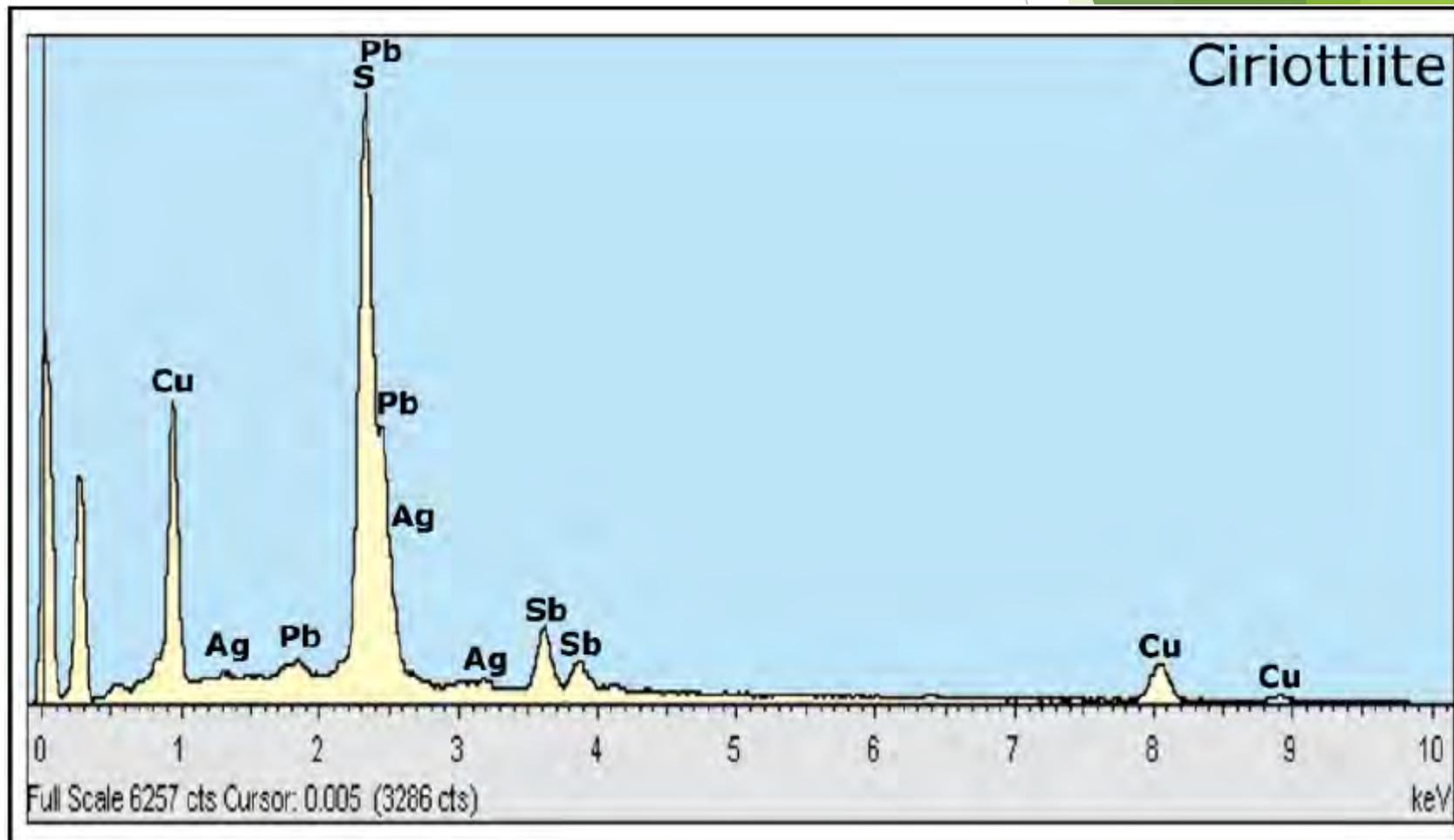
**Risultanze EDS del campione di covellite di Tavagnasco comparate con la composizione ideale della specie minerale**



80µm

Immagine SEM di un tubicino di cirtiottiite  
**aperto e ridotto a “nastro” per l’analisi EDS**

Spettro EDS INCA del  
**tubicino ridotto a “nastro”**





Bel gruppo di cristalli perlacei di colore verde-bluastro con abito esagonale.  
Campo 1.4 mm. Galleria Rosa. Collezione Bruno Martini, foto Pierluigi Ambrino



Splendente gruppo di cristalli verde smeraldo di calcofillite.  
FOV (*field of view*, campo) 1.80 mm. Galleria Rosa.  
Collezione Bruno Martini, foto Giuseppe Finello



Eccezionale  
campione  
storico di  
calcopirite  
su quarzo  
ialino (13.5 ×  
10.5 cm) con  
nove grandi  
cristalli (5 di  
1.8 cm e 4 di  
2.3 cm di  
spigolo) e 30  
piccoli  
cristalli (0.5  
cm) ialino.  
Anno 2013.  
Filone  
Briasse.  
Collezione  
Gianni  
Pramaggiore,  
foto F.lli  
China

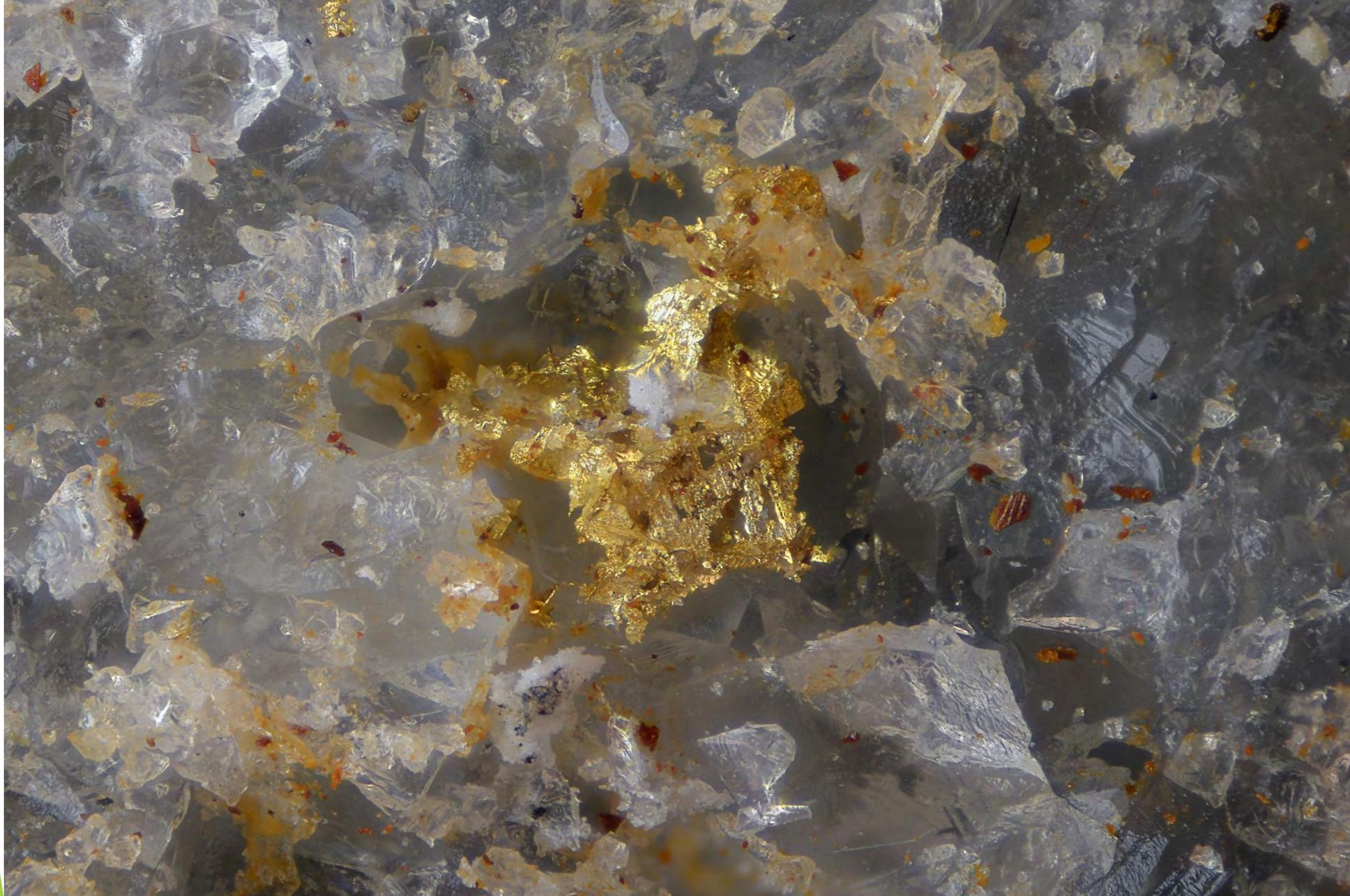


Carminite in globuli e microcristalli rosso carminio associati a mimetite.  
Galleria Parella.

Campo 1.77 mm. Collezione Bruno Martini, foto Giuseppe Finello



Splendido cristallo dipiramidale trasparente e incolore di cerussite della galleria Aquila.  
Campo 1.8 mm. Collezione Giovanni Dalla Fontana, foto Giuseppe Finello



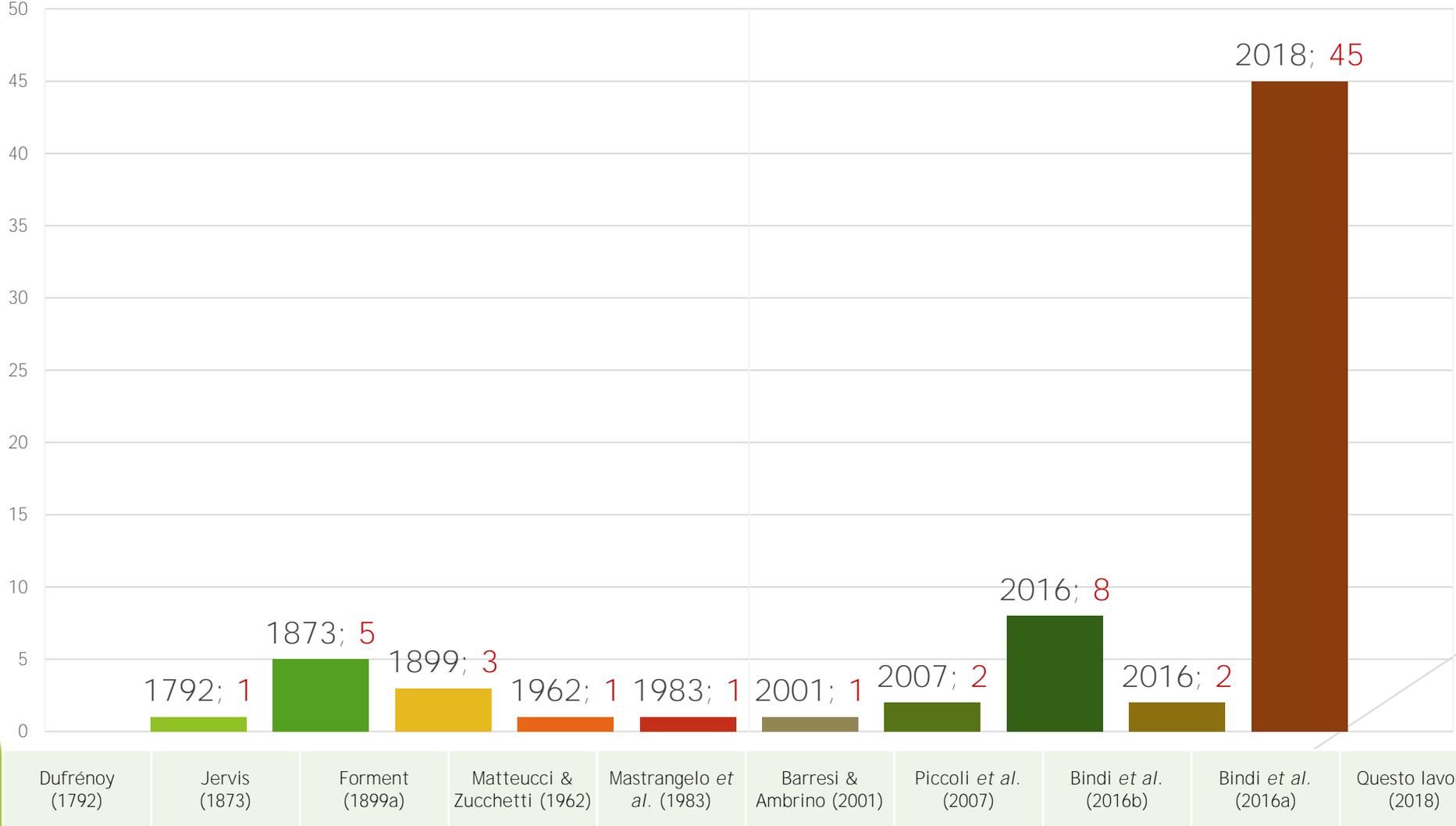
Aggregato cristallino di oro della galleria Espérance. Campo 1.43 mm.  
Collezione Bruno Martini, foto Giuseppe Finello



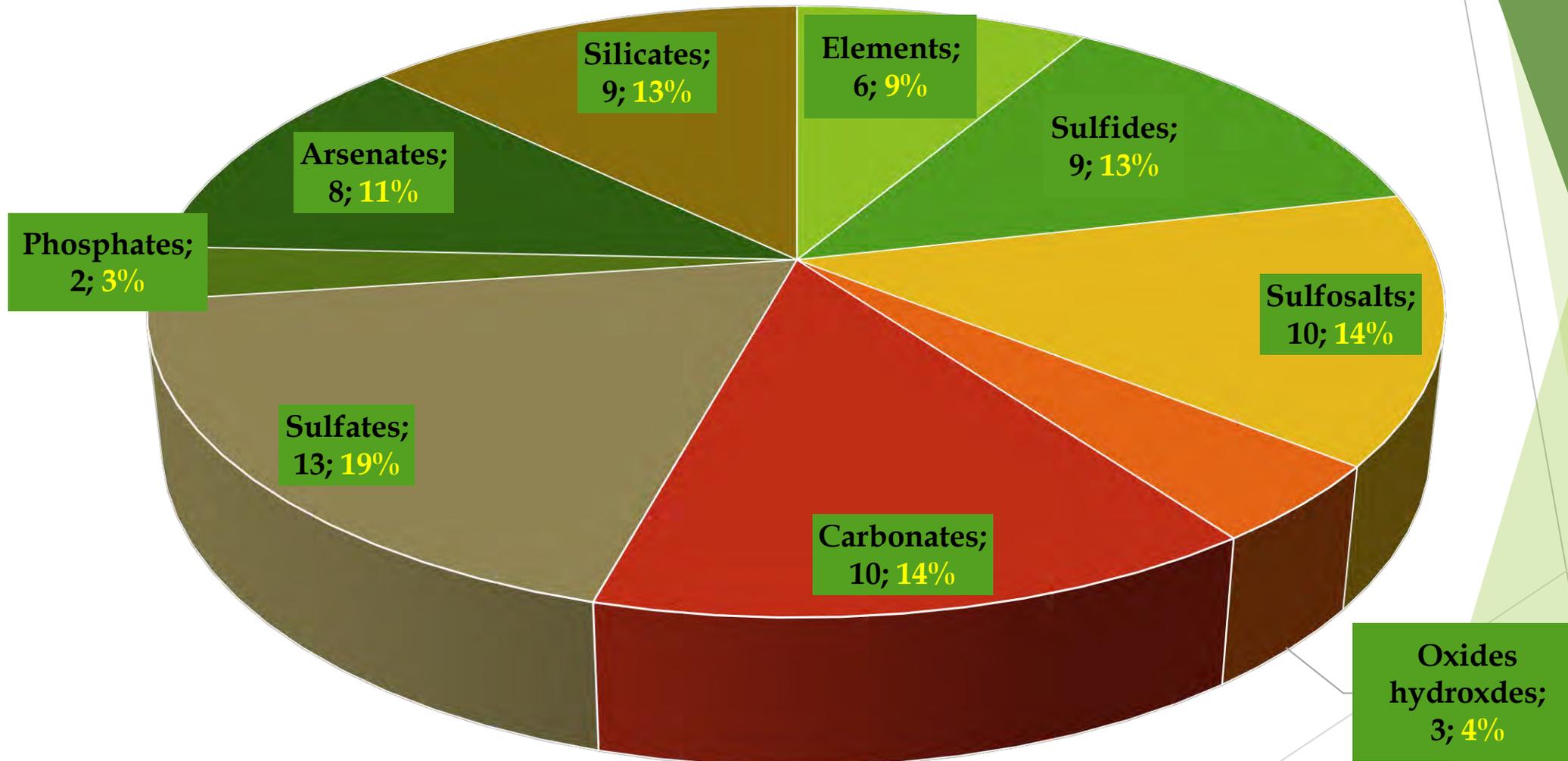
Aggregati raggiati divergenti di cristalli aciculari di serpierite della galleria .....  
Campo 1.68 mm. Collezione Gianni Pramaggiore, foto Giuseppe Finello

# Tavagnasco: time stats

(total number of valid mineral species: 70)



# TAVAGNASCO: CLASS MINERALS





**L'attivo e attento gruppo di ricerca** che ha rinvenuto il maggior numero delle specie che figureranno nel libro, incluso i due minerali-tipo.  
Da sinistra a destra: Bruno Martini, Adrio Salvetti e Giovanni Dalla Fontana



Luca Bindi e Cristian Biagioni alla ricerca di minerali

UK - Collezione Gianni Pramaggiore, foto Giuseppe Finello



UK - Collezione Bruno Martini, foto Giuseppe Finello



# Grazie per l'attenzione!

