



Università degli Studi di Ferrara

Corso di Laurea Magistrale  
in Scienze Geologiche,  
Georisorse e Territorio

Provincia Autonoma  
di Trento

Servizio Minerario



**Analisi chimiche e geominerarie  
delle ex aree minerarie  
“S. Colomba” e “Le Grave”  
(Monte Calisio - Trento)**  
*considerazioni e comparazione  
di risultati storici ed attuali*

**Tirocinio formativo**

Periodo: settembre – novembre 2017

Tirocinante: **Marianna Casagranda**

Tutor aziendale: dott. Flavio Ferrari, Servizio Minerario P.A.T.

Tutor accademico: prof. dott. Gianluca Bianchini, Università degli Studi di Ferrara



*“Bella e forte è la materia delle pietre,  
ma ancora più bello e con un potere assai maggiore  
è il mistero che emana da loro.”*

*Li Po, poeta cinese*

*“Le persone felici non sono necessariamente  
coloro che hanno il meglio di tutto,  
ma coloro che traggono il meglio da ciò che fanno.”*

*Gibran*

## SOMMARIO

SOMMARIO .....	
1. INTRODUZIONE E MOTIVAZIONI DELLA SCELTA DEL TIROCINIO .....	1
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO – GEOLOGICO – GIACIMENTOLOGICO DELL’AREA.....	2
2.1 L’Altopiano del Monte Calisio .....	2
2.2 L’ex area mineraria “Le Grave” .....	6
2.2.1 Paragenesi dei minerali e classificazione del giacimento.....	8
2.3 L’ex area mineraria “S. Colomba” .....	9
3. MATERIALI E METODI .....	10
3.1 Materiale documentale ed analisi storiche.....	10
3.2 Georeferenziazione dei dati e programma <i>QGIS</i> .....	10
3.3 Campionamenti in situ .....	12
3.4 Analisi mineralogiche .....	14
3.4.1 SEM, Microscopio a Scansione Elettronica .....	14
3.4.2 Spettroscopia RAMAN.....	16
4. RISULTATI .....	20
4.1 Analisi del contesto storico minerario.....	20
4.1.1 L’attività mineraria nei primi secoli del Principato vescovile di Trento (XI-XVI secolo).....	20
4.1.2 Lo sviluppo della legislazione mineraria dal Medioevo ad oggi per l’antico territorio Trentino-Tirolese in estratto semplificato.....	24
4.1.3 Analisi chimiche storiche in epoca industriale.....	25
4.2 Cartografia e georeferenziazione delle aree analizzate su <i>QGIS</i> .....	26
4.2.1 Area “Le Grave” .....	26
4.2.2 Area di Santa Colomba .....	28
4.3 Analisi mineralogiche .....	31
4.3.1 S.E.M. Microscopio a scansione elettronica .....	31
4.3.2 Spettroscopia Raman .....	41
5. DISCUSSIONE DEI DATI .....	44
6. CONCLUSIONI.....	46
7. APPENDICI E SCHEDE .....	48
7.1 Appendice 1 – Riassunto delle analisi chimiche storiche ed attuali .....	48
7.2 Appendice 2 – Quadro sinottico delle analisi storiche, attuali e delle “coperture minerarie”	49

7.3 Appendice 3 – Schede di documenti originali.....	50
7.3.1 Scheda 1 – Analisi chimiche storiche - Perini e W. Dewar Londra - anno 1852 e 1912 .....	50
7.3.2 Scheda 2 - Analisi chimiche storiche - H. Oemiche - anno 1904.....	51
7.3.3 Scheda 3 – Analisi chimiche storiche - G. B. Trener - anno 1921 .....	52
7.3.4 Scheda 4 - Analisi chimiche storiche – L. Roccabruna - anno 1951.....	53
.....	53
7.3.5 Scheda 5 – Analisi chimiche storiche - S. Zink - anno 1958.....	54
7.3.6 Scheda 6 – Analisi chimiche storiche - G. Dessau e G. Perna - anno 1968.....	55
7.3.7 Scheda 7 – Analisi chimiche storiche - G. Spat - anno 1980 .....	56
7.3.8 Scheda 8 – Analisi chimiche su scorie - C. C. Tizzoni - anno 1990 .....	57
7.3.9 Scheda 9 – Analisi chimiche dei suoli - Comune di Trento - anno 2012.....	58
7.4 Appendice 4 – Ingressi ai siti di campionamento .....	59
7.5 Appendice 5 – Fotografie dei campioni a mano e microscopici .....	60
7.6 Appendice 6 – Disegno della ricerca .....	61
8. BIBLIOGRAFIA.....	62
9. RINGRAZIAMENTI.....	64



## 1. INTRODUZIONE E MOTIVAZIONI DELLA SCELTA DEL TIROCINIO

Il Monte Calisio (situato ad est della città di Trento) è stato uno dei più importanti bacini argentiferi di galena dell'Europa Medievale e successivamente, da fine 1800 fino alla metà del 1900, una buona area mineraria di estrazione della barite (molteplici sono le pubblicazioni che ne danno menzione).

In quel periodo esso ha garantito un importante riferimento per l'economia locale e attualmente vari sono gli interventi di studio e valorizzazione del patrimonio minerario dismesso (vedi Ecomuseo dell'Argentario).

Tali interventi di "riuso" del territorio necessitano una sicura base storica associata soprattutto all'acquisizione di dati, anche in termini di analisi chimiche e geominerarie che, con le tecnologie attuali, permettono osservazioni e considerazioni di maggior dettaglio per la comprensione delle vicende storiche.

Un valido punto di partenza per questo lavoro è rappresentato dalla relazione finale del recente tirocinio post – universitario d'eccellenza di durata semestrale (dicembre 2016 – giugno 2017 – P.A.T./Servizio Minerario, UniTN) dal titolo *"Considerazioni e rilettura dell'attività mineraria moderna del territorio trentino attraverso titoli minerari, regimi giuridici, autorità pubbliche e organizzazioni minerarie; un caso studio: l'ex zona mineraria di Santa Colomba"*. Si è trattato di una ricerca storica, condotta su documentazione di tipo istituzionale (titoli minerari), prodotta dalle amministrazioni minerarie che si sono succedute dagli inizi del XIX secolo in poi e acquisita dai vari enti conservatori locali (Arch. Di Stato di Trento, Archivi storici provinciale, del Comune di Trento e altri).

Le motivazioni che mi hanno spinto ad affrontare questo tirocinio formativo, le posso riassumere in tre punti:

- Il forte interesse maturato durante il percorso universitario nei confronti della mineralogia e dei giacimenti minerari;
- L'opportunità di studiare una zona di indiscussa valenza mineraria situata proprio nella mia regione di appartenenza, il Trentino Alto-Adige, ed in particolare poco distante dal mio paese di residenza;
- La possibilità di sperimentare direttamente l'utilizzo di alcune apparecchiature scientifiche (finora studiate solo teoricamente all'Università) per l'analisi dei campioni raccolti.

## 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO – GEOLOGICO – GIACIMENTOLOGICO DELL'AREA<sup>1</sup>

### 2.1 L'Altopiano del Monte Calisio

L'Altopiano del Calisio si trova nella Provincia di Trento, sito a Nord Est della città. Si tratta di un altopiano ondulato compreso tra gli 800 e i 900 m di quota, che raggiunge la massima elevazione alla sommità del Monte Calisio (1096 m).

Esso è delimitato a sud dal crinale del monte omonimo, a nord dal solco erosivo del Torrente Avisio, a ovest dalla Valle dell'Adige, a est dal Rio Silla e dall'incisione occupata dal Lago di Lases.



Figura 1. Mappa della città di Trento, dove ad est della città si può vedere il Monte Calisio, evidenziato con l'ovale rosso.

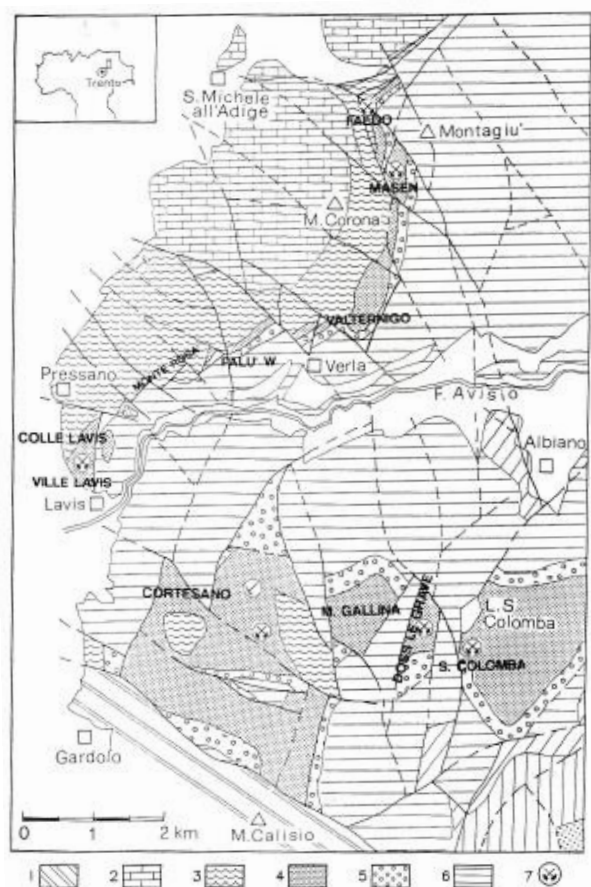


Figura 2. Schema geologico dell'area delle miniere del Monte Calisio. 1 Rosso Ammonitico (Giurassico), 2 Formazioni carbonatiche (Trias Medio), 3 Formazione di Werfen: membri superiori (Trias Inferiore), 4 Formazione di Werfen: membro di Tesero (Trias Inferiore), 5 Calcari a Bellerophon e Arenarie di Val Gardena (Permiano Superiore), 6 Vulcaniti Atesine (Permiano Inferiore), 7 Mineralizzazioni a Ag-Pb-Zn.

<sup>1</sup> Apsat 2. Paesaggi d'altura del Trentino. Evoluzione naturale ed aspetti culturali. Angelucci, Casagrande, Colecchia, Rottoli, 2013.



In quest'area affiorano le vulcaniti permiane del Gruppo Vulcanico Atesino sovrastate da una copertura sedimentaria di età permo - scitica (Arenarie della Val Gardena, Formazione a Bellerophon e Formazione di Werfen) con spessore massimo di alcune decine di metri.

Il limite geografico dell'Altipiano coincide verso sud e verso est con due importanti strutture tettoniche: la Linea del Calisio e la Linea di Pinè.

La *Linea del Calisio* rappresenta la prosecuzione nord - occidentale della Linea della Valsugana; essa porta i terreni permo - scitici dell'altopiano a sovrascorrere sulla successione compresa tra la Dolomia Principale, che costituisce la dorsale del Monte Calisio, e il Calcare di Nago, che affiora sul Dos Calmuz, al nucleo della sinclinale asimmetrica che occupa il versante meridionale del Calisio stesso.

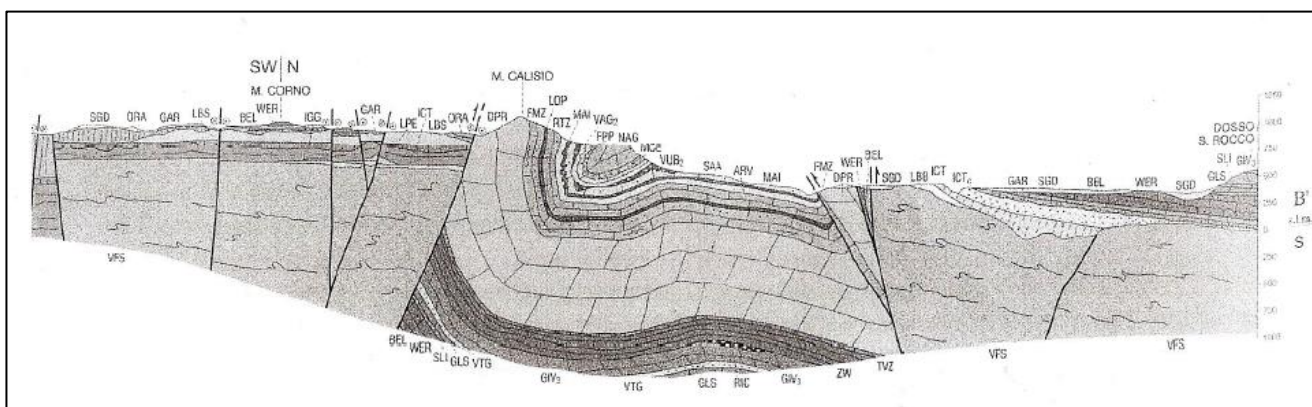


Figura 3. Sezione geologica del Monte Calisio e delle sue propaggini, nelle quali si trovano le mineralizzazioni a galena argentifera (Carta Geologica d'Italia 1:50.000, foglio 60 - Trento).

La *Linea di Pinè* presenta un rigetto verticale di oltre 1000 m e termina contro la Linea del Calisio presso Civezzano. Da qui si sviluppa verso nord - est, passando lungo il versante destro della valle del Rio Silla fino a raggiungere Brusago, attraverso i laghi della Serraia e delle Piazze.

In quest'ultimo settore, la faglia presenta il massimo rigetto sollevando le lave andesitiche di Cembra e portandole a contatto con la Formazione di Ora, mentre verso Civezzano le lave andesitiche di Buss sovrascorrono le andesiti di Cembra.

Entrambe queste strutture rappresentano faglie normali permiane ereditate nel Neogene.

La *Linea del Calisio*, in particolare, rappresentava una faglia normale listrica est - vergente che apriva il bacino vulcanico atesino, come un semigraben<sup>2</sup> controllato dalla migrazione nel tempo di faglie antitetiche ovest - vergenti fino alla Linea del Passo Rolle.

Verso sud - ovest costituiva una barriera morfologica mantenendo una zona di alto strutturale con deposizione di scarsissimi depositi vulcanici.

Nell'area a nord dell'Avisio, affiorano le vulcaniti permiane e una copertura sedimentaria di età permio - triassica. Rispetto all'Altopiano del Calisio, l'area si distingue per la presenza di una profonda lacuna stratigrafica (nel settore tra il Monte Rosà e il Dosso dei Furlì) che interessa i terreni del Permiano superiore (Arenaria di Val Gardena e Formazione a Bellerophon). Avvicinandosi al Monte Rosà, la superficie erosiva elide anche la parte inferiore della Formazione di Werfen (membro di Tesero, membro di Mazzin, orizzonte di Andraz), arrestandosi solo al livello stratigrafico del membro di Siusi, qui caratterizzato da una facies conglomeratica a clasti ignimbrici provenienti dalla Formazione di Ora. Anche le unità della Formazione di Werfen, inferiori al membro di Siusi, sono fortemente inquinate da apporti arenacei e conglomeratici, suggerendo una provenienza dall'alto strutturale posizionato in corrispondenza dell'attuale Monte Rosà.

Come testimoniato dai frammenti di vulcaniti nella Formazione a Bellerophon affiorante a est di Palù di Giovo, questo paleo alto vulcanico sembra aver esercitato un importante controllo sulle facies sedimentarie sia in termini di abbondanza della frazione terrigena nei carbonati, proveniente dall'erosione in atto sulle aree emerse, sia di energia e ossigenazione dell'ambiente deposizionale. Gli horst<sup>3</sup> erano probabilmente delimitati da ripide scarpate di faglia, evidenziate sia dalle rapide variazioni laterali di spessore delle successioni sedimentarie, sia dalle presenza di conglomerati contenenti blocchi di parecchi m<sup>3</sup> di volume.

La mineralizzazione piombo - argentifera oggetto delle coltivazioni medievali del Monte Calisio affiora su un'area di circa 100 km<sup>2</sup> che si estende tra Faedo e Lavis. In seguito alla revisione degli anni '70 - '80 sul limite permio - triassico, la posizione stratigrafica dell'orizzonte mineralizzato principale non viene più fatta coincidere con la porzione sommitale della Formazione a Bellerophon ma con la base della Formazione di Werfen (membro di Tesero). Tale unità stratigrafica è costituita da calcareniti oolitiche di colore chiaro alla base e tendenti al rosso verso la parte alta, spesso

---

<sup>2</sup> Per semigraben s'intende una depressione strutturale asimmetrica, costituita da blocchi ruotati da faglie listriche, che si origina a seguito di un processo distensivo. A differenza della fossa tettonica (o graben), l'azione tettonica è concentrata su uno dei due margini della struttura, mentre sul lato opposto non sono presenti faglie legate alla genesi della struttura stessa.

<sup>3</sup> Per horst s'intende un lembo di crosta terrestre compreso tra due sistemi paralleli di faglie, in modo da costituire un massiccio sollevato rispetto alle regioni circostanti.

caratterizzate da laminazioni incrociate e dolomie oolitiche in banchi a grana grossolana, di colore grigio giallastro.

La geometria dei corpi mineralizzati è di tipo stratiforme e discontinua (per quanto riguarda la concentrazione dei metalli utili – Pb, Ag - ).

Dal punto di vista genetico, esistono due ipotesi contrastanti sul tipo di ambiente formazionale del giacimento del Monte Calisio: la prima sostiene una formazione epigenetica magmatico - idrotermale di bassa temperatura con fenomeni di impregnazione e metasomatismo; la seconda, una formazione sedimentaria e/o esalativo - sedimentaria.

La nuova ricostruzione paleogeografica dell'area del Monte Calisio e la distribuzione zonata degli elementi principali, confermano la natura sedimentaria della mineralizzazione, controllata dalle diverse condizioni chimico - fisiche dell'ambiente di formazione.

La paragenesi è rappresentata da galena prevalente con sfalerite, calcopirite, tetraedrite, arsenopirite, pirite e marcasite, in associazione con minerali di ganga tra cui, molto comune, la barite, quindi ankerite, quarzo e gesso. I solfuri formano plaghe di diverse dimensioni (galena) o si presentano in piccoli cristalli (marcasite). I solfuri occupano gli spazi interstiziali tra le ooliti o, soprattutto la galena, ne sostituiscono gli involucri corticali carbonatici; talora il contorno delle ooliti presenta una crescita di piccoli cristalli idiomorfi di quarzo. Tale struttura, insieme alla sostituzione delle ooliti da parte dei solfuri e la concentrazione di questi ultimi (soprattutto la galena) in plaghe lenticolari schiacciate secondo la stratificazione della roccia incassante, sono caratteristiche espressioni di processi diagenetici.

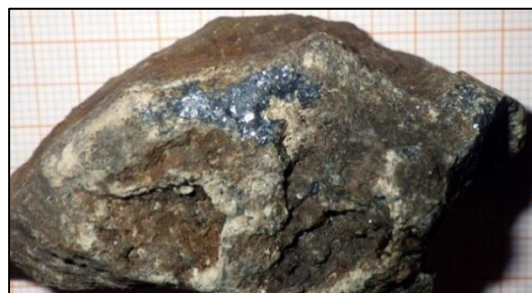


Figura 4. Campione di calcare della Formazione di Werfen con un'impregnazione di galena.

I tenori di Pb e soprattutto di Ag sono relativamente variabili nelle aree di affioramento. Il contenuto di Ag è estremamente elevato (anche oltre 7 kg per tonnellate di Pb) in prossimità delle paleo aree emerse del Monte Rosà, a nord del Torrente Avisio, riducendosi fino a circa 1 kg/t nelle aree circostanti.

## 2.2 L'ex area mineraria "Le Grave"<sup>4</sup>

Le manifestazioni piombifere de "Le Grave" si trovano a N - E del M. Calisio, nella parte orientale dell'Altopiano omonimo, ben conosciuto, soprattutto in passato, come un importante distretto metallifero a Pb – Ag.

Nella regione che circonda il Doss le Grave affiorano le seguenti formazioni, dall'alto al basso:

- Quaternario: detriti, morene e terreni torbosi;
- Trias inferiore: Fm di Werfen: marne, argiloscisti, calcari oolitici;
- Permiano superiore: Fm a Bellerophon: marne, calcari marnosi, oolitici, arenacei e dolomitici, arenarie;
- Permiano inferiore: arenarie della Val Gardena;
- Permiano inferiore: vulcaniti (porfidi quarziferi del Lagorai).

Negli anni '60 – '70 si pensava che a Doss le Grave fosse la formazione a Bellerophon ad ospitare i giacimenti di piombo ed argento, la quale poteva essere suddivisa in due piani: inferiore, prevalentemente marnoso, e superiore, molto più calcareo e arenaceo.

Recenti studi hanno dimostrato, contrariamente, che l'orizzonte mineralizzato si trova nella formazione di Werfen, più precisamente nel membro di Tesero.

L'area mineraria del Doss le Grave occupa una superficie mineralizzata di 320.000 m<sup>2</sup>.

---

<sup>4</sup> *L'industria mineraria nel Trentino – Alto Adige* (volume I – III). G. Perna (1964), Arti grafiche saturnia, Trento.

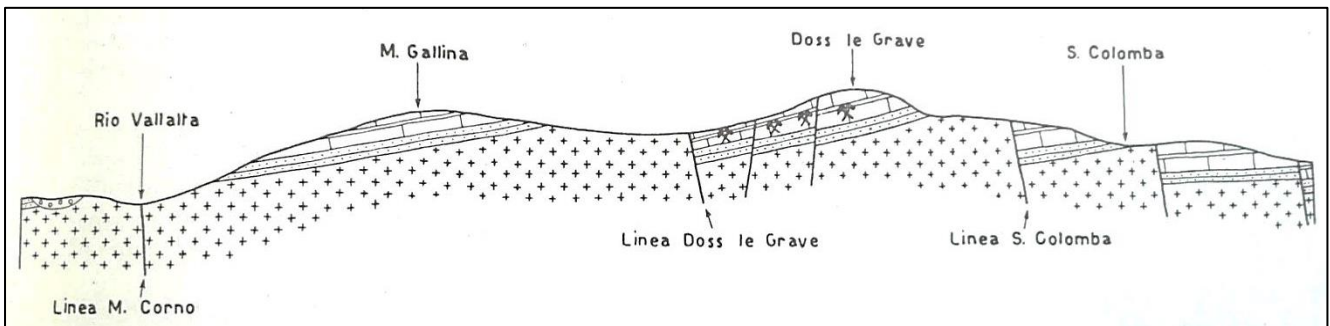
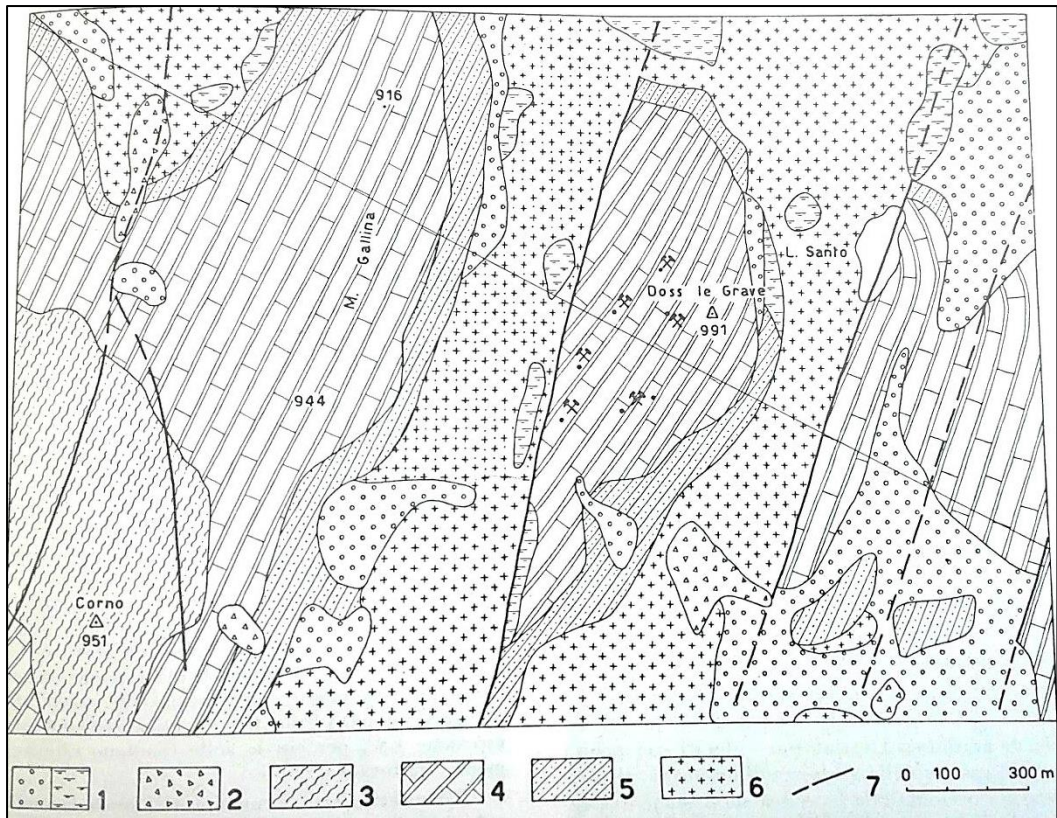


Figura 5. Antico schizzo geologico e profilo NW - SE della zona *Le Grave*. Spiegazione dei segni: 1. Quaternario, morene e terreni torbosi; 2, Quaternario, brecce interglaciali; 3, Werfeniano, marne argillose e calcari oolitici; 4, Permiano superiore, formazione a Bellerophon; 5, Permiano inferiore, arenarie di Val Gardena; 6, Permiano inferiore, vulcaniti (porfidi quarziferi del Lagorai); 7, faglie.

Tratto da *L'industria mineraria nel Trentino - Alto Adige* (volume I). G. Perna (1964), Arti grafiche saturnia, Trento.

### 2.2.1 Paragenesi dei minerali e classificazione del giacimento

Il motivo mineralogico è molto ripetitivo: galena come minerale fondamentale seguita da piccole quantità o addirittura tracce di calcopirite, blenda e tetraedrite. È difficile stabilire un ordine paragenetico preciso. Sembra comunque che l'andamento della deposizione sia il seguente:

calcopirite -> blenda -> tetraedrite -> galena.

La calcopirite e la blenda di tipo marmatitico deporrebbero per una separazione in ambiente mesotermale<sup>5</sup>; la galena con accrescimento a zone è tipica di depositi epitermali. Gli elementi a disposizione per definire la termalità del deposito sono insufficienti; dal quadro d'insieme si reputa comunque che si tratti di un ambiente soprattutto epitermale.

La forma della mineralizzazione è di impregnazione e di sostituzione, spesso selettiva. Si possono così classificare le manifestazioni metallifere de "Le Grave" come epitermali di impregnazione e sostituzione.

---

<sup>5</sup> In petrografia, relativo ai fenomeni connessi alla fase finale del processo di consolidamento magmatico, detta appunto fase idrotermale, che inizia quando il magma residuo ha raggiunto la temperatura critica dell'acqua (374 °C). Durante questa fase il magma residuo è composto da gas disciolti, principalmente CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, da acqua e sali (essenzialmente cloruri, fluoruri, solfati, solfuri, silicati alcalini). In seguito al progressivo abbassamento della temperatura, i sali raggiungono man mano il loro limite di saturazione e danno luogo a giacimenti idrotermali; quando il raffreddamento è lento, singoli minerali cristallizzando determinano la formazione di giacimenti poco estesi, ma ad alto tenore. Soluzioni idrotermali possono sciogliere sostanze presenti in rocce incassanti modificandone la composizione. La fase idrotermale viene suddivisa in quattro sotto fasi: catatermale (370-300 °C), mesotermale (300-200 °C), epitermale (200-90 °C) e teletermale (sotto i 90 °C).



### 2.3 L'ex area mineraria "S. Colomba"

L'area presenta una superficie mineralizzata di circa 194.000 m<sup>2</sup> e consiste sostanzialmente in galena disseminata in strati di dolomia oolitica della formazione di Werfen. Gli spessori degli orizzonti mineralizzati variano da 5 a 25 m. Lo strato di dolomia oolitica che ospita le mineralizzazioni è inclinato da 10 a 25 gradi. Le ooliti sono cementate con calcite e dolomia. La galena argentifera talvolta è ossidata in cerussite.

G.B. Trener<sup>6</sup> stimò che durante il periodo medievale sono stati estratti circa 7 milioni di tonnellate di piombo e 4 – 5 kg di argento per tonnellata.

In linea generale, il contenuto di argento è direttamente proporzionale al contenuto in piombo. Come una regola, analizzando la dolomia, circa l'1% di Pb porta con sé in maniera invariata circa 1 oz di Ag<sup>7</sup>.

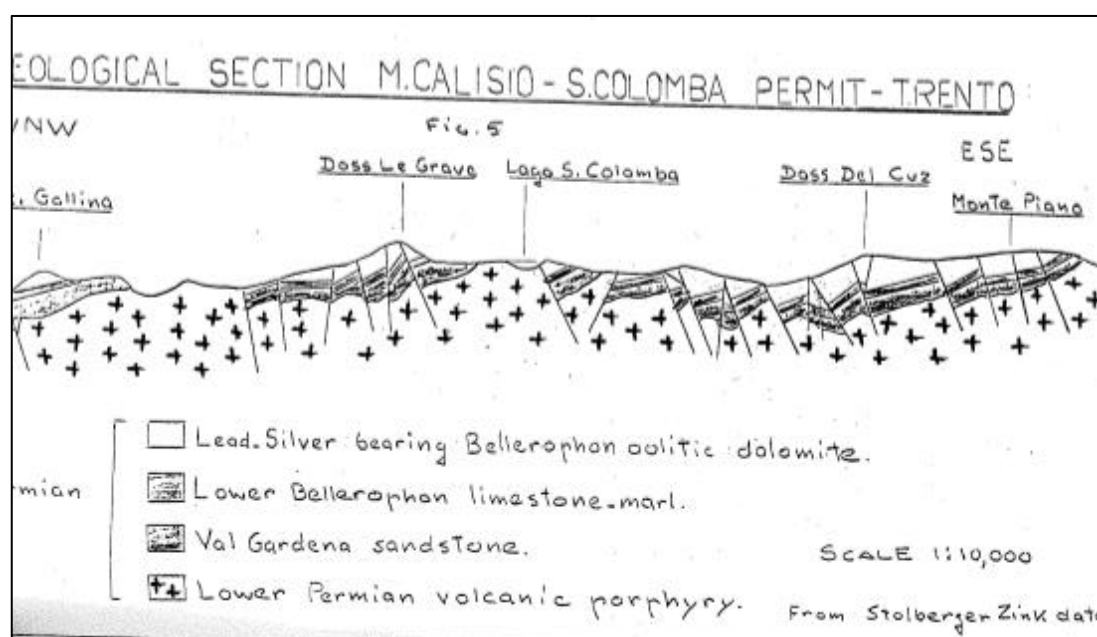


Figura 6. Sezione geologica del permesso esplorativo dell'area del M. Calisio - S. Colomba. Questa sezione risale al 1980, prodotta da Stolberger Zink.

<sup>6</sup> Giovanni Battista Trener (1877-1954) fu dopo la guerra insigne geologo e fondatore del Museo Tridentino di scienze naturali.

<sup>7</sup> *The silver – lead exploration permits of M. Corona and M. Calisio – S. Colomba in the Province of Trento and the Nalles permit in the Province of Bolzano, South Tyrol, Italy.* 1980, A. G. Spat.

### 3. MATERIALI E METODI

Il tirocinio è stato articolato in diverse fasi. Come prima cosa, è stato effettuato un lavoro documentale e storico, relativo a testi del XIX secolo e ad analisi chimiche dell'intero '900. In un secondo momento, è stata realizzata un'attività di cartografia e georeferenziazione dei dati dell'area del M. Calisio, attraverso il programma *QGIS*. Dopo le parti più teoriche, siamo passati ad un lavoro più pratico, mediante il campionamento dei minerali in situ e le analisi mineralogiche attraverso il Microscopio a Scansione Elettronica (S.E.M.) e la spettroscopia Raman.

#### 3.1 Materiale documentale ed analisi storiche

Durante la prima settimana del tirocinio formativo, svolto presso il Servizio Minerario della Provincia Autonoma di Trento, è stata eseguita un'analisi documentale dei testi e delle analisi chimiche, recuperate nell'Archivio Storico Provinciale. Il lavoro è stato quello di tradurre (dalla lingua inglese e tedesca alla lingua italiana) e comprendere i documenti risalenti all'intero '900. Per quanto riguarda le analisi chimiche storiche, ne sono state trovate dieci, risalenti al 1852, 1904, 1912, 1921, 1951, 1958, 1968, 1980, 1990 e 2012, nelle zone del M. Calisio, "S. Colomba" e "Le Grave", in cui sono evidenziate le percentuali degli elementi (maggiori ed in traccia) presenti in queste zone minerarie. Nei capitoli successivi, sono spiegate le elaborazioni dei dati relativi alle analisi chimiche e il successivo confronto tra le analisi antiche e quelle odierne.

#### 3.2 Georeferenziazione dei dati e programma *QGIS*

La georeferenziazione è la tecnica che permette di associare ad un dato, in formato digitale, delle coordinate che ne fissano la posizione sulla superficie terrestre.

A titolo di esempio, un sistema in cui gli elementi vengono georeferenziati è *Google Maps*, in cui è possibile cercare località di interesse delle quali viene fornita, oltre alle tipiche informazioni ricavabili da un motore di ricerca, la posizione geografica sulla mappa, etc.

La georeferenziazione di una mappa: si tratta sostanzialmente di fare in modo che ad ogni punto di un'immagine corrisponda una precisa coordinata geografica.

L'immagine di partenza può essere di qualunque natura: una foto aerea o satellitare, una scansione di una comune mappa stradale o di una mappa topografica, o ancora una mappa topografica già fornita in formato digitale.



Il GIS: nella terminologia più semplice, l'acronimo GIS<sup>8</sup> considera la fusione di cartografia, l'analisi statistica e la tecnologia di base di dati. Viene definito "sistema" in quanto costituito da un insieme di componenti, hardware, software ed umane, che interagiscono tra loro. L'elemento chiave di un sistema GIS è la capacità di gestire dati geografici, o geo – referenziati, ossia dati relativi ad elementi oppure oggetti delle superficie terrestre.<sup>9</sup> Un software che permette di utilizzare la georeferenziazione è QGIS.

Quantum GIS (QGIS) è un GIS Desktop open-source per la gestione, visualizzazione, modifica, analisi di dati geografici.

QGIS è mantenuto da un gruppo di sviluppatori volontari che pubblicano una nuova versione ogni 4 mesi circa. L'interfaccia è tradotta in numerose lingue.

QGIS permette di far confluire dati provenienti da diverse fonti in un unico progetto di analisi territoriale. I dati, divisi in Layers, possono essere analizzati e da essi viene creata l'immagine mappa con il graficismo che può essere personalizzato dall'utente ed eventualmente rispondere alle analisi tipiche del GIS - gradazione di colori, sfumatura di colore, valore unico. La mappa può essere arricchita da icone e da etichette dipendenti dagli attributi degli elementi cartografici. Un sistema di scripting può essere invocato per gestire operazioni ripetitive sui dati. Se installato il supporto GRASS, i Tools di GRASS sono richiamabili da QGIS per essere applicati sui dati del progetto. I dati possono essere riproiettati dinamicamente.

Il programma QGIS ha permesso, per questo scritto, l'elaborazione di varie cartografie personalizzate, ad esempio per l'indicazione oggettiva dei punti di campionamento.

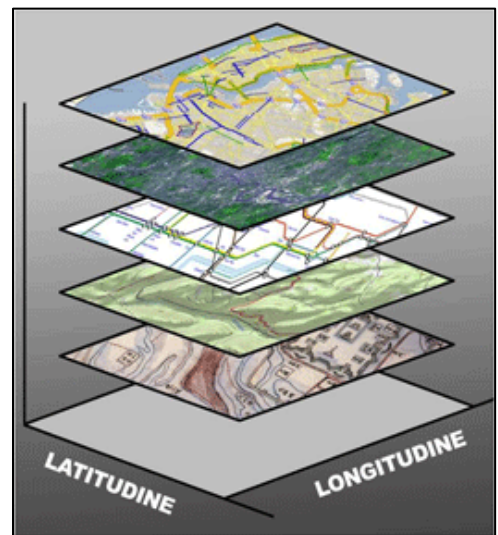


Figura 7. Disposizione dei diversi layers che si possono sovrapporre tramite il programma QGIS.

<sup>8</sup> Nel 1960 in Ontario, Canada, si sviluppò il primo GIS in funzione true del mondo, esso fu chiamato con l'acronimo CGIS (Canada Geographic Information System) e fu utilizzato per immagazzinare, analizzare e rielaborare dati raccolti per il Canada Land Inventory (CLI). Il concetto di GIS nasce negli anni sessanta come sviluppo delle applicazioni informatiche ai problemi di gestione e analisi del territorio: in sostanza, un Sistema Informativo Geografico, GIS (acronimo di Geographic Information System), cioè un sistema progettato per prendere, immagazzinare, manipolare, analizzare, dirigere e visualizzare tutti i tipi di dati geografici.

<sup>9</sup> Tratto da *L'attività mineraria trentina fra XIX e XX secolo: rilettura storico documentale intorno ai titoli minerari. Un caso di studio: l'ex area mineraria di S. Colomba (M. Calisio)*. F. dell'Amore, L. Concini (2017).

### 3.3 Campionamenti in situ

Durante l'attività di tirocinio sono stati effettuati dei sopralluoghi nelle due ex aree minerarie oggetto di studio: "Le Grave" e "Santa Colomba". I campionamenti sono stati effettuati sia in sotterraneo (all'interno delle canope), sia in superficie (prevalentemente nelle discariche).

La prima uscita in situ ha avuto luogo nel biotopo "Le Grave"<sup>10</sup>. Il biotopo "Le Grave" occupa una superficie di 20,5 ettari nel territorio comunale di Civezzano, sull'Argentario (M. Calisio), a circa 900 m di quota. Esso comprende una zona umida e una zona arida, dislocate rispettivamente ai piedi e sui fianchi di un piccolo rilievo denominato "Doss le Grave". Il toponimo dialettale "grave" indica un ghiaione. La porzione del "Doss le Grave" inclusa nel biotopo si presenta proprio costituita da una grande quantità di ghiaia di porfido che conferisce al territorio un aspetto brullo molto suggestivo. L'origine di questo particolare ambiente è legato all'attività antropica: l'imponente accumulo di ghiaia e rocce è infatti costituito da materiale di scarto derivante dall'estrazione dell'argento, e successivamente della barite, che ha interessato tutto l'Altopiano del M. Calisio. Di questa antica operosità rimangono oggi i numerosi pozzi verticali detti "cadini", le gallerie orizzontali dette "canope" e appunto gli ammassi detritici ("grave"). In contrapposizione, ma a stretto contatto con la zona arida, nel centro del biotopo è presente una vasta depressione occupata da una torbiera originatasi per colmamento di un bacino palustre preesistente.

L'ambiente de "Le Grave" presenta spiccate condizioni di aridità del terreno concentrazioni elevate di metalli, quali il piombo, e ciò influenza strettamente la vita delle piante. In questa zona crescono poche specie di alberi e arbusti che assumono forme contorte e raggiungono dimensioni ridotte (sembrando quasi dei bonsai), creando un paesaggio di grande suggestione visiva.

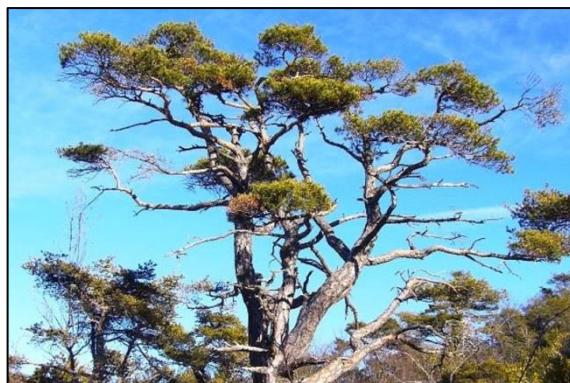


Figura 8. Pino silvestre cresciuto nell'area del Doss le Grave. Si possono osservare le sue dimensioni ridotte e la forma contorta.

In questa area sono stati raccolti 26 campioni, 9 dei quali provenienti da una canopa, 17 recuperati dalla discarica adiacente la canopa<sup>11</sup>.

<sup>10</sup> Biotopo istituito con deliberazione della Giunta Provinciale del 5 agosto 1988, nr. 9064.

<sup>11</sup> I punti di campionamento si possono vedere al *Cap. 4.2.1*.

La seconda uscita in situ si è svolta presso l'ex area mineraria "Santa Colomba". Partendo dal lago di S. Colomba, inizia un sentiero, lungo circa 3 km, chiamato "Sentiero delle Canope", che si sviluppa sui dossi boscosi ad est del lago. Durante il tragitto, si incontrano canope e cadini, comprese le tre canope dalle quali sono stati raccolti i campioni per questo lavoro di tirocinio: la "Canopa del Lago", la "Canopa dell'Uccello" e la "Canopa delle Acque"<sup>12</sup>. Uno specifico campionamento è stato effettuato a circa 7 m ad est del lago di Santa Colomba, poiché un documento storico risalente al 1980 contiene una cartina della zona, con i punti di campionamento proprio a circa 7 metri dal lago.



Figura 9. Indicazioni dei cartelli indicanti il Sentiero delle Canope, località Santa Colomba.

In *Appendice 4* si possono osservare le foto di alcuni campioni contenenti mineralizzazioni a barite e galena prelevati dalle due ex aree estrattive prese in esame e le entrate delle canope visitate dal gruppo.

---

<sup>12</sup> Vedi la cartina al *Cap 4.2.2 – Area di Santa Colomba*.

## 3.4 Analisi mineralogiche

### 3.4.1 SEM, Microscopio a Scansione Elettronica

La Microscopia Elettronica a Scansione (SEM) non sfrutta i fotoni della luce come la microscopia ottica ma un fascio di elettroni che colpisce il campione. Grazie alla lunghezza d'onda degli elettroni di molto inferiore rispetto a quella dei fotoni il potere di risoluzione di un microscopio elettronico a scansione è nettamente superiore rispetto a quella di un microscopio ottico. Inoltre anche la profondità di campo di un SEM è molto più elevata consentendo immagini perfette anche per campioni tridimensionali (con uno spessore elevato).

La sorgente di elettroni di un microscopio elettronico a scansione può essere un filamento di tungsteno, oppure nei SEM più sensibili e performanti un filamento di esaboruro di Lantanio o di Cerio. Il campione viene mantenuto sotto vuoto per evitare che l'aria disturbi la creazione del fascio di elettroni. Il campione deve essere conduttivo, altrimenti produrrebbe cariche elettrostatiche che disturberebbero la rivelazione del segnale. Nel caso di campioni non conduttivi, essi possono essere metallizzati con degli apparecchi specifici (Sputter Coater) o più semplicemente, nei microscopi elettronici SEM che lo consentano, analizzati in basso vuoto con dei porta campioni adatti, con il metodo chiamato "charge reduction".

In un microscopio elettronico a scansione SEM il campione viene sottoposto ad una scansione riga per riga con il fascio di elettroni su un'area specifica. In risposta vengono riemessi dal campione diversi segnali: elettroni di backscattering, elettroni secondari, raggi X, etc. Il campione viene mantenuto sottovuoto per evitare interferenze. A parità di voltaggio di accelerazione, la penetrazione del fascio di elettroni varia in funzione del numero atomico dell'elemento, o meglio è maggiore in materiali più leggeri e minore in materiali più pesanti. Di conseguenza anche la quantità di elettroni di backscattering riemessi dal campione, e rilevati da uno specifico detector, sarà proporzionale alla densità del materiale stesso. Per questa ragione le immagini ottenute al SEM con un detector di backscattering mostrano una scala di grigi che può essere connessa alla tipologia di materiale in questo modo:

- materiali leggeri forniscono immagini più scure (gli elettroni penetrano di più e quindi ne vengono riemessi pochi);
- materiali pesanti forniscono immagini più chiare (gli elettroni penetrano meno e quindi ne vengono riemessi molti).

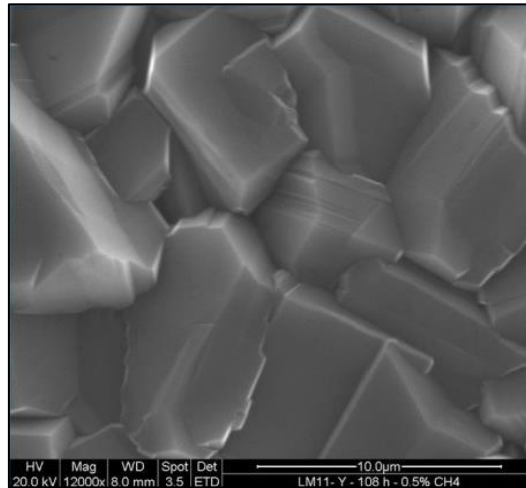


Figura 10. Esempio di un'immagine restituita dal S.E.M. Il S.E.M. restituisce immagini in toni di grigio che non corrispondono al colore reale del campione, ma che rendono conto della morfologia superficiale e delle sue proprietà atomiche locali. Questo minerale è un diamante.

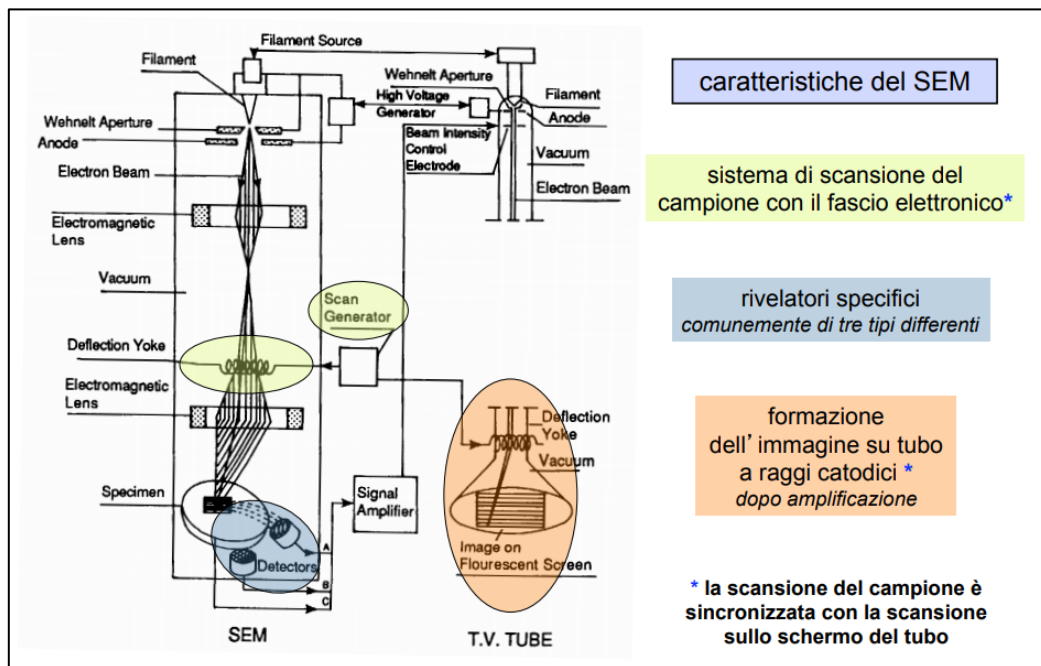


Figura 11. Schema del funzionamento del microscopio a scansione elettronica (SEM).

Alcuni microscopi elettronici a scansione SEM possono essere equipaggiati con detector per microanalisi EDX (Energy Dispersive X-ray microanalysis, detta anche EDS) in grado di rilevare i raggi X riemessi dal campione e di fornire l'analisi elementare dei campioni. La combinazione dell'analisi elementare X-ray EDX con quella d'immagine del microscopio elettronico a scansione SEM forniscono uno strumento molto potente per la comprensione della composizione della struttura dei materiali.

### 3.4.2 Spettroscopia RAMAN

La spettroscopia Raman è probabilmente la tecnica di analisi molecolare più potente tra quelle attualmente disponibili per le analisi riguardanti la composizione molecolare, i legami, gli ambienti chimici, la fase e la struttura cristallina dei campioni in esame. È una tecnica adatta all'analisi di materiali in più forme: gas, liquidi e solidi amorfi o cristallini.

La tecnica sfrutta un fenomeno fisico scoperto nel 1928 dal fisico indiano C. V. Raman, che gli valse il premio Nobel nel 1931. Egli scoprì che una piccola frazione della radiazione diffusa da certe molecole aveva energia diversa da quella della radiazione incidente, e che la differenza di energia era legata alla struttura chimica delle molecole responsabili della diffusione: *l'effetto Raman*, appunto.

Il principio su cui si basa la tecnica Raman è la diffusione di una radiazione monocromatica incidente sul campione. Le informazioni ottenibili derivano dal modo con cui questo fenomeno avviene. Quando una radiazione monocromatica incide sulla superficie di un oggetto, la radiazione può essere:

- *Assorbita*, se ha energia pari ad una possibile transizione ad un livello energetico superiore (es: IR);
- *Riflessa*, se non interagisce con la materia;
- *Diffusa*, se interagisce senza causare transizioni energetiche.

Considerando l'interazione luce – materia in termini di particelle, possiamo immaginarla come una collisione tra i fotoni e le particelle che formano il campione irraggiato. I fotoni che interagiscono con le particelle del campione e vengono retrodiffusi possono essere di due tipi:

1. Se la diffusione avviene per interazione *elastica*, cioè senza trasferimento netto di energia, i fotoni (ovvero la radiazione diffusa) hanno la stessa energia di quelli incidenti: questo fenomeno è noto come *diffusione Rayleigh* e costituisce l'evento più frequente;
2. Se la diffusione è conseguenza di un'interazione *anelastica*, cioè con trasferimento di energia dal fotone ad una particella o viceversa, il fotone diffuso ha energia rispettivamente minore o maggiore di quello incidente: questa è la *diffusione Raman* o *effetto Raman*, che avviene su un numero assai limitati di eventi, circa 1 su  $10^6$ .

Sia nelle interazioni elastiche, che generano la diffusione Rayleigh (a), sia in quelle anelastiche (b, c), possiamo immaginare che le molecole colpite passino ad uno stato energetico virtuale  $h\nu_0$  non quantizzato, da cui decadono emettendo fotoni. L'interazione anelastica ha due possibilità:

- La molecola decade ad uno stato vibrazionale eccitato  $h\nu_0 - h\nu_1$ , emettendo un fotone ad energia minore di quello incidente (b);
- La molecola già presente in uno stato vibrazionale eccitato  $h\nu_1$  decade dallo stato virtuale allo stato fondamentale emettendo un fotone ad energia  $h\nu_0 + h\nu_1$ , maggiore di quella incidente (c).

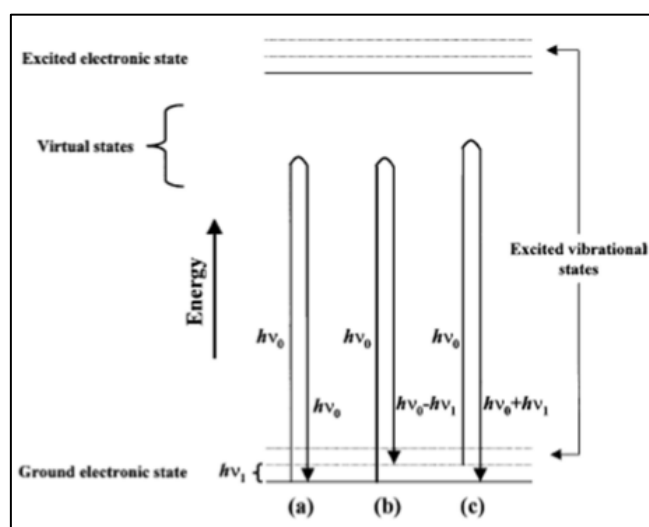


Figura 12. Diagramma dei livelli energetici che mostra il fenomeno combinato di eccitazione - riposo responsabile della diffusione Rayleigh (a), Stokes (b) e anti - Stokes (c).

Lo spettro Raman che deriva da una molecola irraggiata, è caratterizzato da tre tipi di segnale:

1. La radiazione Rayleigh, nettamente più intensa dello spettro, avente la stessa lunghezza d'onda della radiazione incidente ed energia  $h\nu_0$ ;
2. I segnali corrispondenti alle interazioni anelastiche in cui sono emessi fotoni ad energia minore di quelli incidenti: le cosiddette *linee di Stokes*, con energia  $h\nu_0 - h\nu_1$ ;
3. I segnali corrispondenti alle interazioni anelastiche in cui sono emessi fotoni ad energia maggiore di quelli incidenti: le cosiddette *linee di anti - Stokes*, con energia  $h\nu_0 + h\nu_1$ .

A temperatura ambiente, il livello vibrazionale fondamentale è più popolato, quindi le linee Stokes sono più intense delle anti - Stokes. Inoltre, le linee Stokes e quelle anti - Stokes sono simmetriche rispetto alla linea di Rayleigh (differiscono entrambe di  $h\nu_1$  rispetto alla linea Rayleigh).

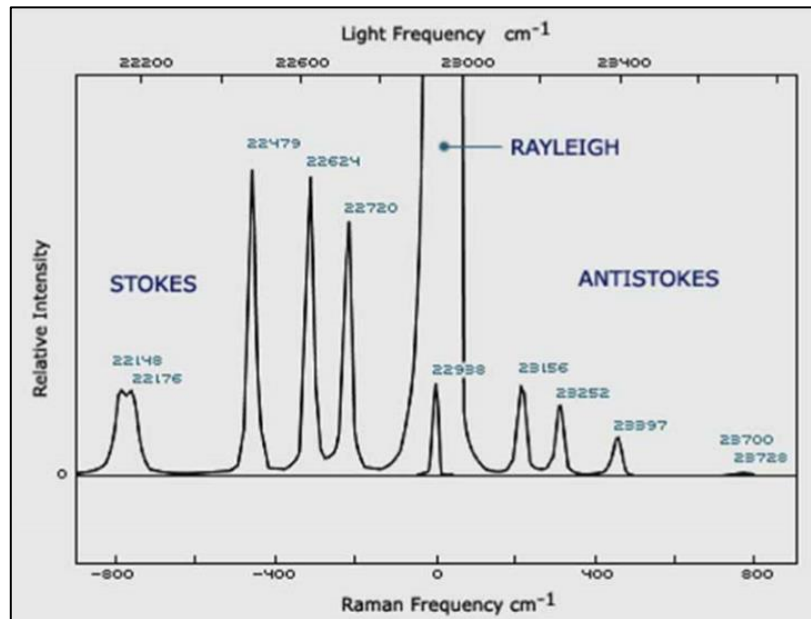


Figura 13. Esempio di uno spettro Raman dove sono evidenziate le righe Stokes, Rayleigh e anti - Stokes.

Le informazioni che lo spettro Raman di una molecola può dare discendono quasi esclusivamente dalle righe Stokes. La radiazione Rayleigh non fornisce alcuna informazione in quanto ha la stessa energia in ogni campione; le righe anti - Stokes sono generalmente di intensità troppo bassa per essere rivelate e possono essere sfruttate soltanto per indicare la temperatura del campione in base al rapporto con l'intensità delle righe Stokes. Le righe Stokes, invece, sono legate ai gruppi funzionali delle molecole del campione e ai loro modi di vibrazione, in maniera analoga alla spettroscopia infrarossa (pur con meccanismi diversi), e sono quindi sfruttate a scopo diagnostico per identificare qualitativamente i composti presenti nel campione; anche nella spettroscopia Raman l'aspetto quantitativo è scarsamente preso in considerazione in quanto la disomogeneità della superficie analizzata può inficiare la riproducibilità di una misura.

Nello spettro Raman si ha in ordinata l'intensità di emissione luminosa e in ascissa la frequenza assoluta in  $\text{cm}^{-1}$  oppure, più comunemente, lo *spostamento Raman* o *Raman shift*, cioè la differenza, in numeri d'onda, tra la radiazione osservata e la radiazione incidente:

$$D_s = (S_{oss} - S_{inc}) \text{ cm}^{-1}$$

Normalmente la parte dello spettro con i segnali Stokes, quella più informativa, è indicata per semplicità in  $\text{cm}^{-1}$  positivi, benchè si tratti in realtà di differenze negative.



Per ottenere lo spettro Raman di un campione si utilizza una sorgente monocromatica con lunghezza d'onda nel vicino UV, nel visibile o nel vicino infrarosso (NIR). Attualmente sono impiegate sorgenti laser; alcuni esempi sono i seguenti:

- Laser UV, 244 o 325 nm;
- Laser ad Argon, 488 o 514 nm;
- Laser a He – Ne, 632 nm;
- Laser a rubino, 694 nm;
- Laser Nd – YAG (ittrio – alluminio – granato drogato con neodimio), 1064 nm.

La radiazione laser è focalizzata sul campione; le radiazioni diffuse dalla superficie sono raccolte, rilevate dal detector e mostrate sotto forma di spettro.

Dal punto di vista della profondità di campionamento, l'analisi effettuata con uno spettrometro Raman è di tipo superficiale: le informazioni provengono da uno strato spesso alcuni  $\mu\text{m}$  posto sulla superficie. Da ciò è facile capire che le applicazioni più utili della spettroscopia Raman sono quelle in cui si è interessati a caratterizzare le proprietà superficiali di un campione.

Per la spettroscopia Raman sono utilizzati due tipi di strumenti: quelli dispersivi, in cui la radiazione diffusa dal campione viene dispersa sequenzialmente con un sistema monocromatore; e quelli a Trasformata di Fourier, in cui lo spettro Raman è raccolto contemporaneamente in tutto l'intervallo di interesse utilizzando l'algoritmo matematico omonimo.



Figura 14. Spettrometro Raman utilizzato per le analisi sui campioni oggetto del tirocinio formativo. (di I. Rocchetti, Volta Mantovana).

## 4. RISULTATI

### 4.1 Analisi del contesto storico minerario

#### 4.1.1 L'attività mineraria nei primi secoli del Principato vescovile di Trento (XI-XVI secolo)<sup>13</sup>

Una premessa importante che in verità esula dai documenti visionati per il presente scritto. La stratificazione mineraria, intesa come la coltivazione nei secoli, che ha caratterizzato il Monte Calisio, risale a vari secoli precedenti alla documentazione oggetto della presente ricerca. Gran parte delle successive coltivazioni di epoca industriale hanno proseguito lo sviluppo dei filoni originali.

Non si sa quando l'attività mineraria sul Monte Calisio abbia avuto inizio. Alcuni studi sostengono che sulla base di vari toponimi della zona (Faver, Casa delle Fucine o Fornace) l'area del Monte Calisio fu scavata ancora in età romana. Il toponimo Fornace ad esempio sembra che derivi da "forno da calce" o da "fornas", cioè forno fusorio per l'industria mineraria. Si tratta solo di ipotesi perché non ci sono documenti che attestano una lavorazione mineraria prima dell'Alto Medioevo.

La storia delle miniere trentine è intrinsecamente legata alle vicende che tra l'XI e il XVI secolo caratterizzarono il Principato vescovile di Trento<sup>14</sup>, durato ben 8 secoli.

Quello che ha caratterizzato in maniera predominante lo sviluppo del Principato vescovile, e quindi della città di Trento in età medievale, oltre sicuramente ad una posizione strategica di "città di confine" (intesa sia come via di comunicazione tra nord e sud d'Europa, sia come spartiacque tra cultura mediterranea e di stampo nordico), sono state indubbiamente le ricchezze del sottosuolo sul Monte Calisio, in passato indicato come Monte Argentario. L'estensione del giacimento raggiunge i 12 kmq di cui 8,6 sull'Altipiano del Calisio ed è stimata in circa 20 - 30.000 il numero complessivo di imbrocchi presenti, quindi in media uno ogni 300 - 400 mq di superficie<sup>15</sup> (di tale affermazione si può prendere atto con la visione delle mappe DTM<sup>16</sup> e dell'ex area mineraria).

---

<sup>13</sup> *L'industria mineraria nel Trentino-Alto Adige*, Arti grafiche "Saturnia"-Trento. *Silbilarii Montis Aręentarie*, Ecomuseo dell'Argentario.

<sup>14</sup> Storicamente la nascita del Principato vescovile risale all'anno 1027, a due diplomi imperiali concessi dall'Imperatore Corrado II di Franconia il 31 maggio e il 1 giugno 1027. Con il primo, il sovrano donava a Udalrico II vescovo, il *Comitatum Tridentinum*; con il secondo, aggiungeva le contee della Venosta e di Bolzano.

<sup>15</sup> *Trento e il "suo" Calisio. Fatti e focus socialmente significativi tra Ottocento e Novecento*. Flavio Ferrari, Università degli Studi di Trento.

<sup>16</sup> DTM: Digital Terrain Model, indica, oltre alla quota della superficie del terreno, anche altre informazioni come pendenza ed esposizione.

L'inizio dell'attività mineraria del territorio tridentino si colloca tra il 1180 e il 1205<sup>17</sup>. I principi vescovi sin dall'XI secolo avevano un grande interesse nei confronti dell'attività mineraria, che rappresentava una delle principali entrate del Principato.

Uno dei documenti più importanti in ambito minerario fu certamente il diploma imperiale del 1189 con il quale l'imperatore Federico I investì il vescovo Corrado (1188 - 1205) del diritto di sovranità sui giacimenti di argento, rame e ferro. Il diploma imperiale regolamentava una situazione che già esisteva, in base alla quale il vescovo poteva imporre dei tributi fissi e regolari ai minatori o alle corporazioni che si erano costituite.

Soprattutto sul Monte Calisio gruppi di minatori<sup>18</sup> provenienti dalla Germania avevano cominciato a scavare la montagna alla ricerca di argento. Già nel 1185 il vescovo di Trento Alberto sosteneva il diritto all'uso comune del Monte Calisio.



Figura 15. Canopi al lavoro: cercatori di filoni argentiferi con la verga magica. Tavola tratta da "De Re Metallica", Georg Agricola, 1556, Basilea.

Precedentemente nel 1182, l'Imperatore Federico I aveva concesso alla città di Trento il diritto di battere moneta propria e aveva investito il vescovo dei diritti regi sulla moneta. Questo diritto si collegava e rappresentava una conseguenza della notevole quantità di argento che si estraeva in particolare dal *Mons Argentarium*, o Monte Calisio.

---

<sup>17</sup> Il primo documento in cui si parla di miniere risale al 31 maggio 1181, in cui Federico ed Enrico d'Appiano vendono al vescovo di Trento Salomone i loro diritti sulle miniere d'oro di Tassullo.

<sup>18</sup> In tedesco *Knappen*, da qui il termine di *Canopi*.

La zecca trentina esisteva già nell’XI secolo. Raggiunse il suo maggior sviluppo nel XIII secolo nell’età del principe vescovo Federico Wanga<sup>19</sup>, figura chiave per il Principato vescovile di Trento. Egli fu eletto il 9 agosto 1207 e s’impegnò per la riorganizzazione del Principato. Ebbe un ruolo fondamentale nella storia mineraria: individuò nelle miniere una delle risorse economiche più sicure per rinvigorire la cassa vescovile. A tale scopo regolamentò attraverso il *Liber de postis montis Aręentarie* i rapporti tra il principato e i sodalizi minerari.

Quest’ultimo si trova all’interno del *Codex Wangianus*<sup>20</sup>. Il Codice Vanga è stato redatto a partire dal 1208 ed è considerato il primo statuto minerario d’Europa. Nel testo si fa esplicito riferimento alle miniere del Monte Argentario.

La maggior parte della documentazione contenuta nel *Codex Wangianus*, dà informazioni sul Monte Calisio: questo porta a ritenere che le miniere del Monte Calisio nei secoli XII e XIII fossero le più importanti di tutto il territorio tridentino.

La situazione cambiò notevolmente nel XIV secolo, quando l’attività mineraria iniziò a spostarsi nella zona di Pergine. Furono scoperte numerose miniere di argento e di rame, che assunsero una grande importanza, al punto tale che nel 1350 a Pergine venne istituita una fonderia e in seguito il paese divenne sede del tribunale minerario.

---

<sup>19</sup> Federico Wanga apparteneva ad una famiglia nobile, forse discendente dai conti di Appiano. Non si sa nulla della sua formazione, che probabilmente avvenne in un monastero. Il termine Wanga si riferisce ad una località a nord di Bolzano, vicino all’altopiano del Renon e forse venne assunto dal padre nel XII secolo quando spostò i propri interessi in quell’area. La prima notizia che lo riguarda risale al 1197, quando era canonico di Augusta. Poi fu decano di Bressanone. Il 9 agosto del 1207 il Capitolo della Cattedrale di Trento lo elegge vescovo. Nel 1210 affrontò, avendo la meglio, i cittadini di Trento che si erano ribellati. Nel 1215 a Roma partecipò al IV Concilio lateranense. Nel 1218 partecipò alla quinta crociata in Terrasanta, dove morì nel 1218 ad Accon in Siria.

<sup>20</sup> *Codex Wangianus*: un cartulario, ossia una raccolta selettiva della documentazione utile per la certificazione dei beni e dei diritti di un ente, redatta da un professionista della scrittura, il notaio, che conferisce valore pubblico ai valori in esso contenuti. Il codice diventa così uno strumento di legittimazione dell’istituzione che lo produce e con una valenza di calcolo tributario: in questo caso l’episcopato, che a Trento aveva un significato sia religioso, sia politico. Tratto da // *Codice Vanga – Un principe vescovo e il suo governo* - Provincia Autonoma di Trento, Soprintendenza per i Beni Storico-artistici.

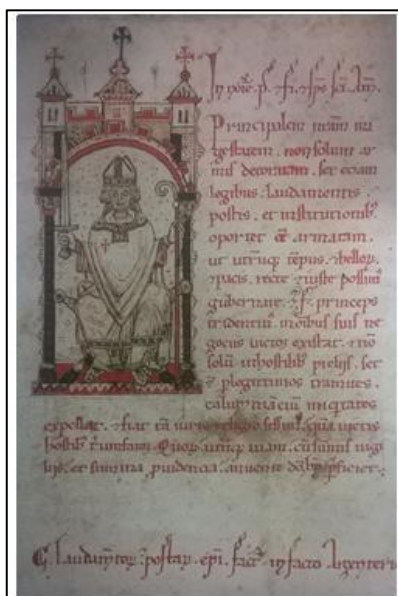


Figura 16. Miniatura di Federico Vanga in apertura della sezione del *Codex Wangianus* dedicata alle norme sull'attività mineraria.

L'importanza delle miniere del Monte Calisio diminuì drasticamente durante il XV secolo. Tra i motivi della decadenza, il Trener riporta semplicemente l'esaurimento dei filoni minerari. È probabile che la il calo<sup>21</sup> dell'attività del Monte Calisio sia avvenuta agli inizi del XVI secolo.

Le miniere rimasero sempre sotto il controllo del Principe Vescovo. Dopo Federico Wanga, fu il vescovo Bernardo Clesio (1485 - 1539)<sup>22</sup> che riorganizzò il *Codex Wangianus*, dopo circa tre secoli dalla prima redazione.

Nel 1531 firmò un accordo con l'imperatore Ferdinando I per riservarsi la metà dei proventi delle miniere. Questo testimonia la volontà del Principe Vescovo di mantenere il controllo sull'attività mineraria che già da tempo stava passando nelle mani dei conti del Tirolo.

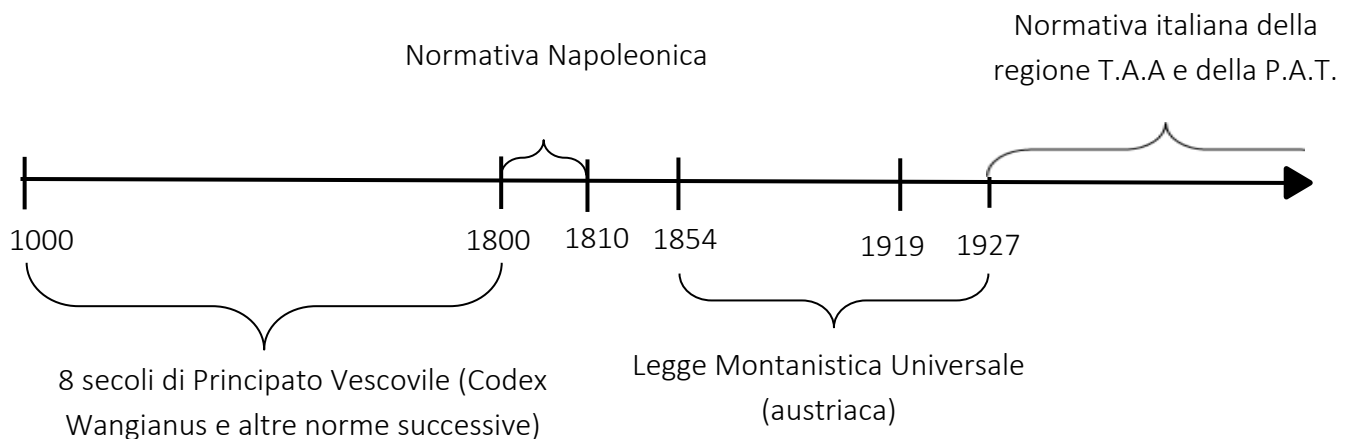
Dal punto di vista di interesse di questo scritto non sono presenti documenti rilevanti relativi ad analisi chimiche e geominerarie, se non solo varie indicazioni e descrizioni della ricchezza dei giacimenti, la loro estrazione e dati relativi alla produzione per lo più di Ag (*A. Stella*, vol I e II) pur ufficiali (magari ottenuti dalla documentazione tenuta dai giudici minerari).

<sup>21</sup> Non è una cessazione definitiva, l'attività proseguì con alti e bassi fino ai giorni nostri.

<sup>22</sup> Bernardo Clesio (Cles, 12 marzo 1485 – Bressanone, 30 luglio 1539) venne eletto vescovo di Trento il 12 giugno 1514. Nello stesso anno l'imperatore Massimiliano lo investì del potere temporale e lo nominò lungo tenente a Verona. Per lui svolse varie missioni diplomatiche. Dal 1528 al 1539 fu cancelliere supremo di Carlo V. partecipò a diverse Diete Imperiali tra cui Augusta, Francoforte, Worms., Ratisbona e Spira. Ebbe grande influenza sul governo di Vienna e ricoprì varie cariche molto importanti. Nel 1530 fu eletto cardinale e negli ultimi anni della sua vita lavorò per la preparazione del Concilio di Trento.

#### 4.1.2 Lo sviluppo della legislazione mineraria dal Medioevo ad oggi per l'antico territorio Trentino-Tirolese in estratto semplificato

È ritenuto opportuno fornire una sintesi schematica e una breve descrizione della legislazione mineraria storica di riferimento ai documenti analizzati.



In seguito agli otto secoli di Principato Vescovile, agli inizi nel 1800 venne applicato al Trentino il Codice Napoleonico, il quale interessava sia l'amministrazione mineraria intesa come apparato centrale e pubblico, che l'industria mineraria in genere. In esso *"la miniera è data in concessione dall'Autorità statale e costituisce una proprietà nuova e diversa da quella del suolo. È una proprietà negoziata o meno, cioè, se non c'è accordo con il proprietario è possibile un indennizzo verso il proprietario del suolo per l'utilizzo del sottosuolo. Si tratta di proprietà "perpetua", liberamente disponibile e trasmissibile. Prima della loro scoperta, le miniere sono di proprietà dell'Impero"*<sup>23</sup>.

Alla fine del primo decennio del XIX secolo vi furono passaggi di potere tra Napoleone e l'Impero Austro - Ungarico e ciò ebbe come conseguenza l'instaurarsi di una normativa frammentata che prevedeva un'importante diminuzione dell'attività mineraria.

Il 23 maggio 1854 entrò in vigore nell'Impero Austro - Ungarico la legge montanistica austriaca, secondo la quale *"la disponibilità delle miniere spetta allo Stato che ne fa concessione allo scopritore, o, in sua vece, a chi abbia i mezzi tecnici e finanziari adeguati (ma con salvaguardia anche dei diritti minerari preesistenti alla Legge Montanistica)"*<sup>23</sup>.

La normativa appena descritta, molto strutturata e per certi aspetti unica nel suo genere (con evidenza di un'ottica industriale ancorché mantenesse un "potere imperiale"), rimase tale anche

<sup>23</sup> Tratto da *La legislazione mineraria italo-tirolese, "sconosciuta" fonte di interesse*, Flavio Ferrari, Università degli Studi di Trento.

dopo l'annessione del Trentino Alto-Adige al territorio italiano nel 1919<sup>24</sup>. Il regio decreto del 29 luglio 1927 (tutt'ora vigente all'art. 826 comma 2 del Codice Civile) stabilì la demanialità delle miniere: "lo Stato dispone dei giacimenti minerari e dà concessioni temporanee a chi ne fa domanda"<sup>23</sup>. Le documentazioni analizzate (titoli minerari e relative analisi) derivano sia dalla Legge Montanistica del 1854, sia dal Regio Decreto italico del 1927.

#### 4.1.3 Analisi chimiche storiche in epoca industriale

Durante la prima parte di tirocinio, sono state raccolte e rielaborate in un unico progetto tutte le analisi storiche effettuate sul M. Calisio nell'arco dell'intero 1900. Diversi sono gli autori che hanno compiuto tali analisi: da G. B. Trener, a A. G. Spat, a Stolberger Zink. In *Appendice 1* è riportata la tabella con le analisi originali e quelle rielaborate e normalizzate per la comparazione.

In arancione è riportata la percentuale di piombo, in verde i grammi di argento /tonnellata, in grigio i dati mancanti. Il piombo, nelle analisi originali, era già riportato in percentuale, tranne per le analisi chimiche del 2012, compiute dal Comune di Trento, che era espresso in ppm. Al contrario, gran parte dell'argento analizzato non era espresso direttamente in grammi/tonnellata. Ho così eseguito un processo di trasformazione delle unità di misura: da ppm a % per il Pb; da Kg Ag/t Pb, oppure ppm, o ancora Oz Ag/t, in gr Ag/t.

In *Appendice 2* è riportata una linea del tempo, dove nella parte superiore sono state riportate le "coperture minerarie" (esercente con titoli minerari), con il periodo di coltivazione e/o ricerca, gli esercenti, la tipologia del titolo minerario e le norme di riferimento. Al di sotto della linea del tempo, sono state riportate le analisi chimiche storiche ed attuali, con l'anno in cui sono state eseguite, i referenti di esse, la localizzazione, gli elementi analizzati ed il numero di campionamenti.

Tutti questi dati ed informazioni sono stati raccolti presso l'archivio storico del Servizio Minerario P.A.T. e presso l'archivio provinciale. Nelle *Schede nr 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9* sono riportati stralci dei documenti originali che attestano dell'esecuzione delle analisi storiche relative ai minerali presenti nelle zone de "Le Grave" e di "S. Colomba".

---

<sup>24</sup> Vedi *Trattato di Saint – Germain – en – Laye*, stipulato il 10 settembre 1919; il confine tra Italia ed Austria viene stabilito al Brennero e con Legge 26 settembre 1920, n. 1322 viene proclamata l'annessione delle Province Redente.



## 4.2 Cartografia e georeferenziazione delle aree analizzate su QGIS

### 4.2.1 Area "Le Grave"

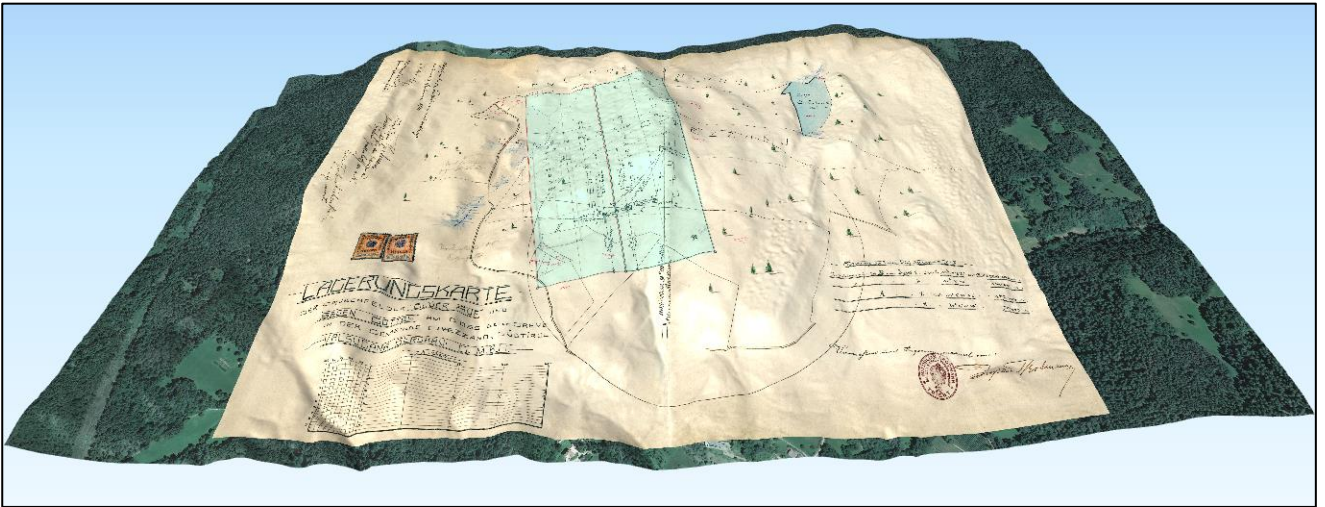


Figura 17. Cartografia 3D dei 2 campi minerari richiesti nel 1914 dalla Società delle Miniere della Valsugana nella zona de "Le Grave" (cons.: archivio storico Servizio Minerario P.A.T.), posizionata al di sopra dell'orto foto dell'area tramite il programma QGIS.

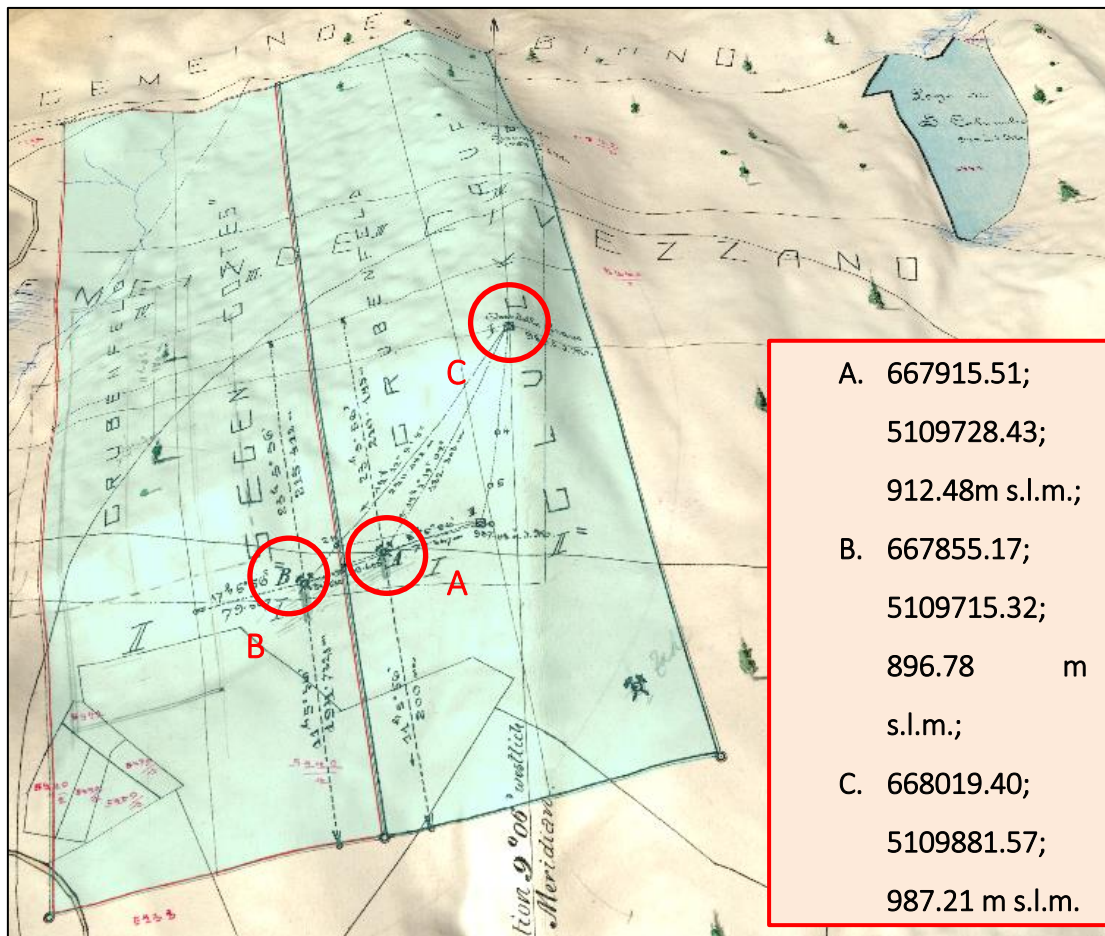


Figura 18. Ingrandimento della zona "Le Grave" e dei campi minerari. Con il cerchietto rosso, sono evidenziati i tre punti dove è stato effettuato il campionamento. A destra dell'immagine, le coordinate geografiche dei punti di prelievo dei campioni.





Figura 19. Mappa originale dell'interno della "Canopa Grande" delle Grave. (Archivio storico Comunale di Trento).

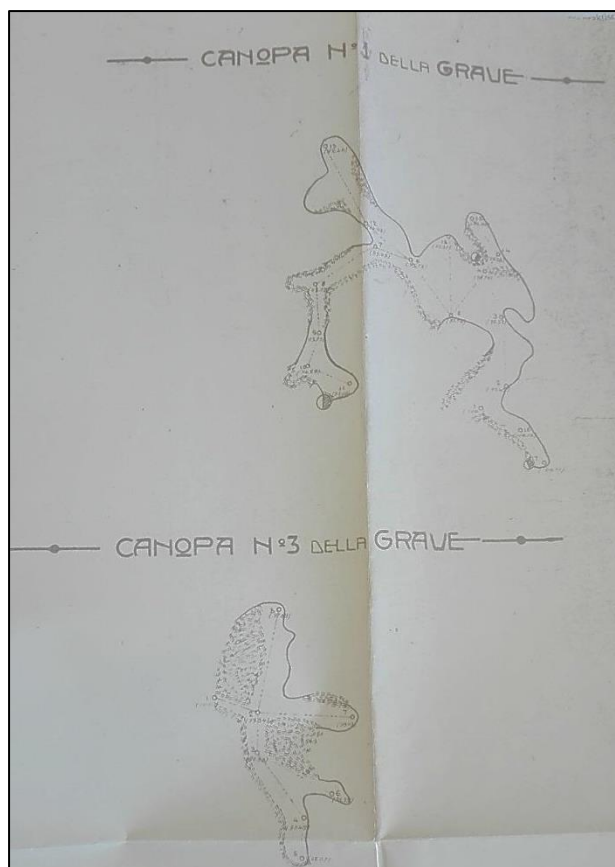


Figura 20. Mappe originali delle Canope "N° 1 e N° 3" delle Grave. (Archivio storico Comunale di Trento).

## 4.2.2 Area di Santa Colomba



Figura 21. Cartografia 3D dei 4 campi minerari richiesti nel 1913 dalla Società delle Miniere della Valsugana nella zona "S. Colomba" (cons.: archivio storico Servizio Minerario P.A.T.), posizionata al di sopra dell'orto foto dell'area tramite il programma QGIS.

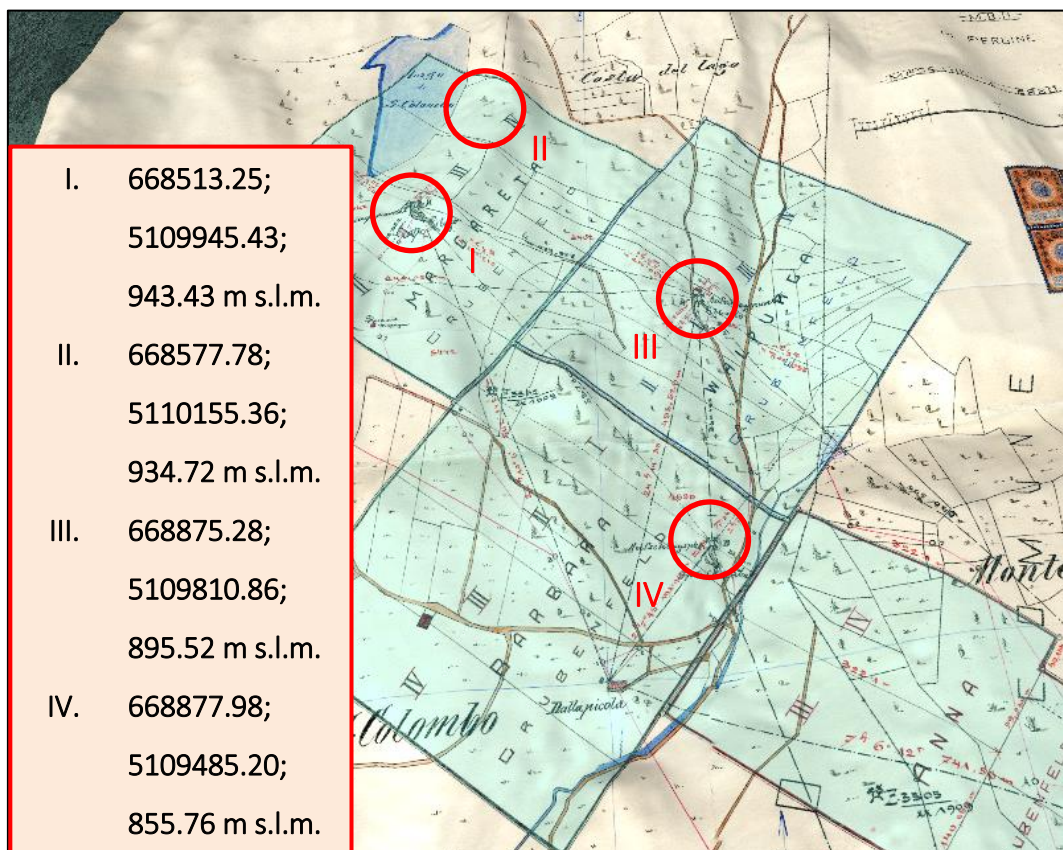


Figura 22. Ingrandimento della zona "S. Colomba" e dei campi minerari. Con il cerchietto rosso, sono evidenziati i quattro punti dove è stato effettuato il campionamento. A sinistra dell'immagine, le coordinate geografiche dei punti di prelievo dei campioni.





Figura 23. Mappa originale della Canopa delle Acque, luogo di campionamenti nella zona di Santa Colomba. (Archivio storico Comunale di Trento).

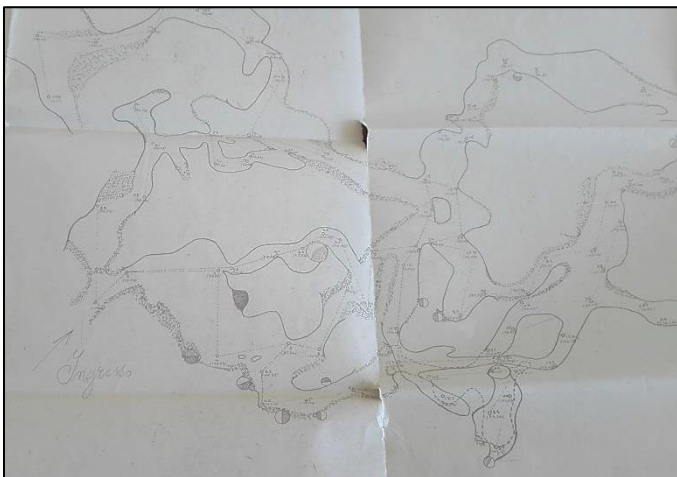


Figura 24. Ingrandimento dell'ingresso e della prima parte della Canopa delle Acque. (Archivio storico Comunale di Trento).

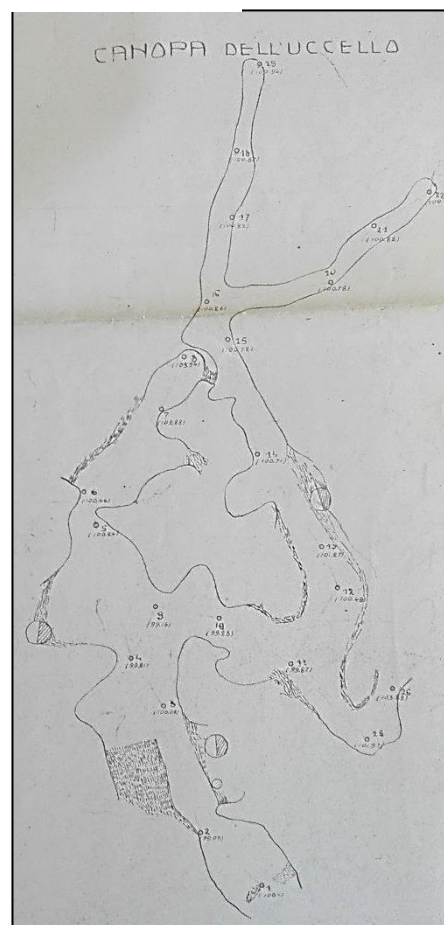


Figura 25. Mappa originale della Canopa dell'Uccello, area di campionamento del presente tirocinio. (Archivio storico Comunale di Trento).

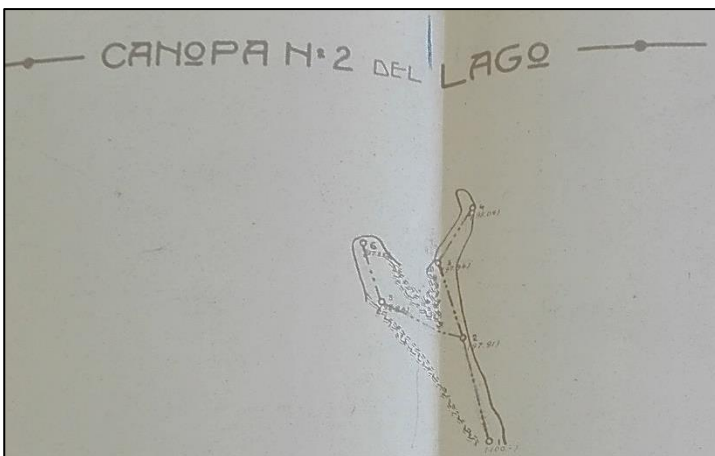


Figura 26. Mappa originale della Canopa N° 2 del Lago. (Archivio storico Comunale di Trento).

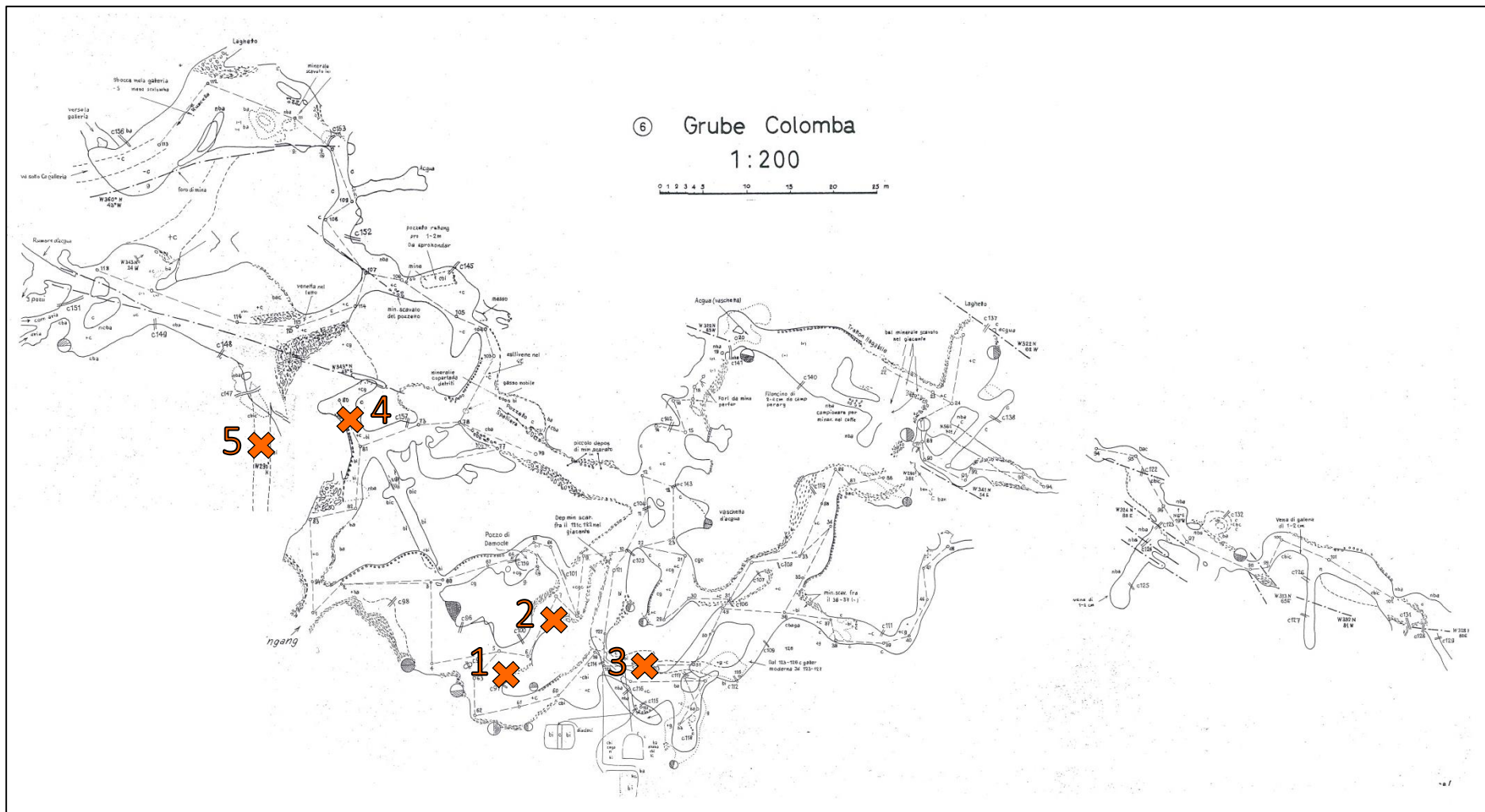


Figura 27. Cartina della Canopa delle Acque con i punti di campionamento. Per ogni punto sono stati prelevati 3 campioni.

## 4.3 Analisi mineralogiche

### 4.3.1 S.E.M. Microscopio a scansione elettronica

Di seguito sono riportate le analisi eseguite al Microscopio a scansione elettronica. Sono state realizzate nove analisi su campioni contenenti cristalli di galena, azzurrite, cerussite e calcite provenienti dal Monte Calisio. Infatti, oltre ai campioni prelevati dalle ex aree minerarie “Santa Colomba” e “Le Grave”, sono stati presi in considerazione anche campioni provenienti da altre tre zone del Monte Calisio (*Doss del Brusadi, Furlì e Slacche*), che si trovano rispettivamente a nord - est del lago di Santa Colomba; sul versante sinistro della valle dell’Adige presso l’abitato di Lavis, a circa 10 km da Trento, corrispondente al margine settentrionale dell’area mineraria dell’Altopiano del Calisio e a sud dell’abitato di Civezzano. La decisione di analizzare campioni provenienti da queste aree è supportata dal fatto che solo in queste zone si trova la grande quantità di minerali secondari e non nel resto dell’Altopiano del Calisio. Ciò è dovuto agli aspetti giacimentologici che caratterizzano la zona, in particolare al paleo alto di M. Rosà nei pressi del quale, oltre a maggiori tenori di Ag, c’è anche una presenza più diffusa di solfuri di Zn e Cu. Tali campioni sono stati raccolti dal dott. Paolo Ferretti, con il quale ho eseguito le analisi al S.E.M.

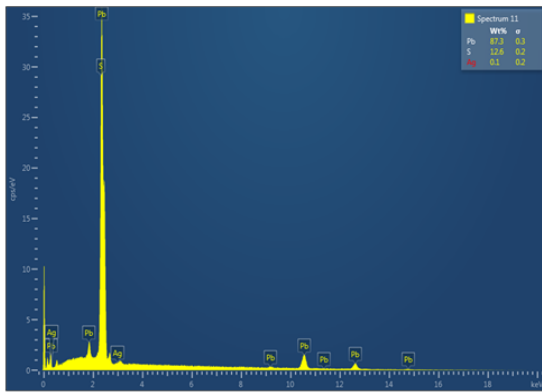
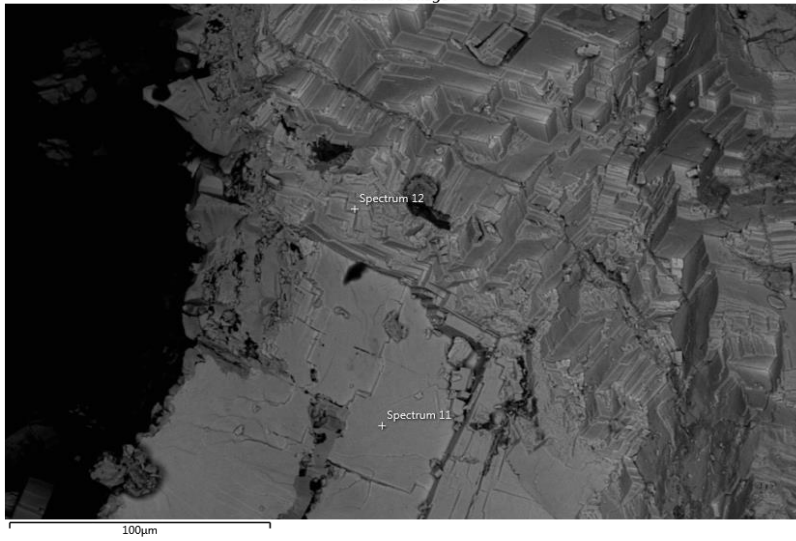
Sono stati messi a confronto i cristalli di galena provenienti dalla Canopa delle Acque, Doss dei Brusadi, Furlì di Lavis, Le Grave, Canopa dell’Uccello e Canopa delle Acque, per vedere e confrontare il contenuto di argento nella galena. Sono state eseguite poi analisi su cristalli di azzurrite e cerussite provenienti dal Doss dei Brusadi; analisi di cristalli di calcite provenienti dalle Grave.



Figura 28. Fotografia del porta campioni, pronto per essere inserito nel microscopio a scansione elettronica.

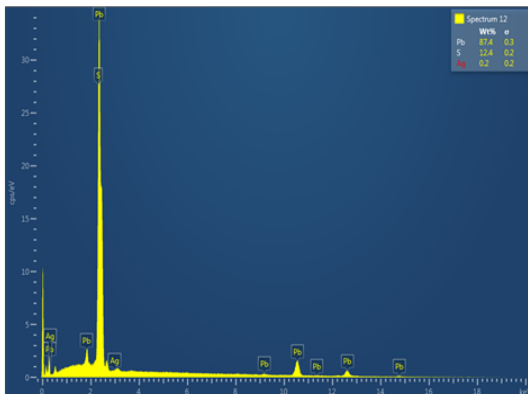
# Galena\_Canopa delle Acque

Electron Image 7



Spectrum	Line	Type	Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Oxide	Oxide %	Oxide % Sigma	Standard Label	Standard	Factory Standard	Calibration
m 11	S	K series	8,93	0,07697	12,61	0,23				FeS2	Yes		
	Ag	L series	0,04	0,00037	0,1	0,24				Ag	Yes		
	Pb	M	56,73	0,52794	87,29	0,31				PbTe	Yes		
Total					100								

Spectrum	Line	Type	Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Oxide	Oxide %	Oxide % Sigma	Standard Label	Standard	Factory Standard	Calibration
m 11	C	K series	1,74	0,01737	6,87	0,33	CO2	25,19	1,22	C Vit	Yes		
	O				33,53								
	S	K series	8,93	0,07697	7,48	0,14	SO3	18,67	0,36	FeS2	Yes		
	Ag	L series	0,04	0,00037	0,05	0,12	Ag2O	0,05	0,13	Ag	Yes		
	Pb	M	56,73	0,52794	52,07	0,46	PbO	56,09	0,5	PbTe	Yes		
Total					100			100					



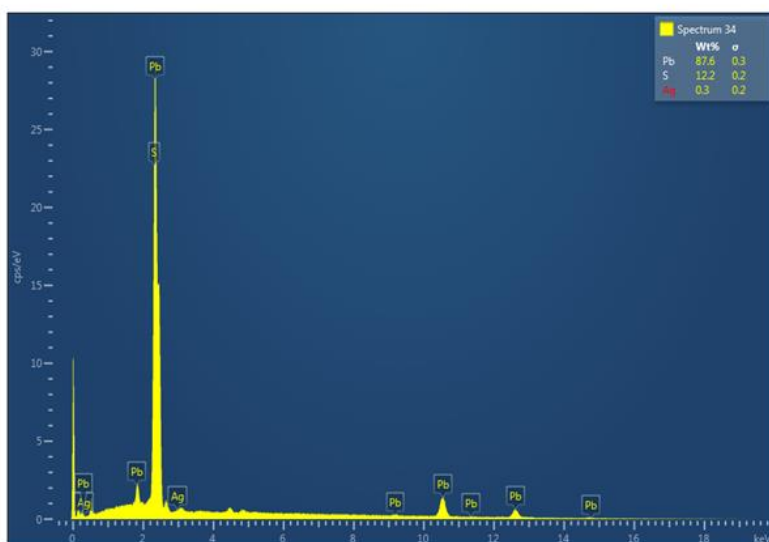
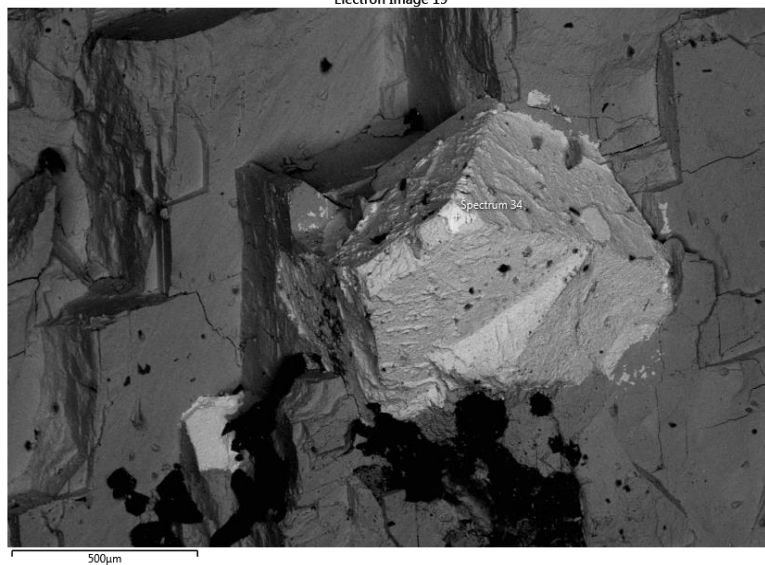
Spectrum	Line	Type	Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Oxide	Oxide %	Oxide % Sigma	Standard Label	Standard	Factory Standard	Calibration
m 12	S	K series	8,53	0,07349	12,4	0,23				FeS2	Yes		
	Ag	L series	0,08	0,00075	0,2	0,23				Ag	Yes		
	Pb	M	55,18	0,51351	87,4	0,31				PbTe	Yes		
Total					100								

Spectrum	Line	Type	Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Oxide	Oxide %	Oxide % Sigma	Standard Label	Standard	Factory Standard	Calibration
m 12	C	K series	2,12	0,02118	7,94	0,32	CO2	29,1	1,17	C Vit	Yes		
	O				35,44								
	S	K series	8,53	0,07349	6,98	0,13	SO3	17,43	0,33	FeS2	Yes		
	Ag	L series	0,08	0,00075	0,1	0,11	Ag2O	0,1	0,12	Ag	Yes		
	Pb	M	55,18	0,51351	49,54	0,44	PbO	53,37	0,47	PbTe	Yes		
Total					100			100					



# Galena\_Doss dei Brusadi

Electron Image 19

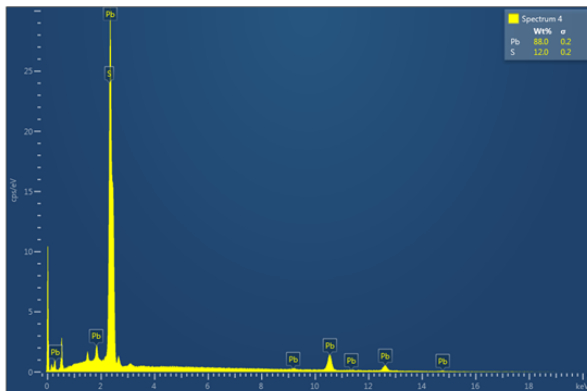
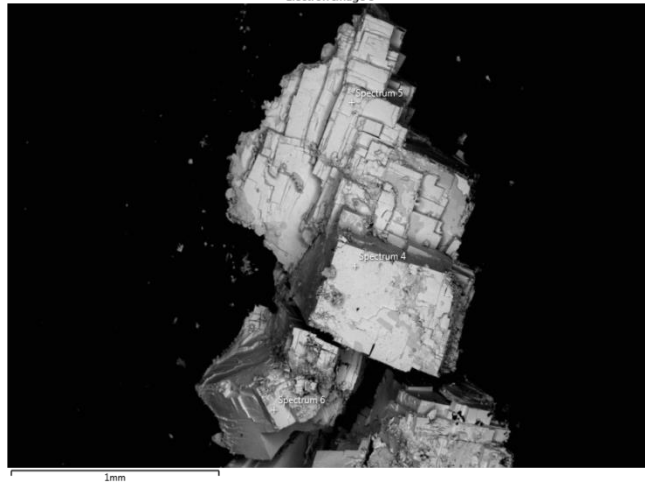


Spectru	Line	Concent	Appare	Wt%	Oxide	Oxide %	Standar	Standar	Standar
m 34	Type	ration	k Ratio	Wt%	Sigma	Oxide	Label	Factory	Calibrat
S	K series	6,95	0,05988	12,19	0,23		FeS2	Yes	
Ag	L series	0,08	0,00079	0,26	0,24		Ag	Yes	
Pb	M	45,81	0,42634	87,56	0,31		PbTe	Yes	
Total				100					

Spectru	Line	Concent	Appare	Wt%	Oxide	Oxide %	Standar	Standar	Standar
m 34	Type	ration	k Ratio	Wt%	Sigma	Oxide	Label	Factory	Calibrat
C	K series	0,49	0,00489	3,04	0,31	CO2	11,14	1,14	C Vit
O				25,67					
S	K series	6,95	0,05988	8,45	0,17	SO3	21,1	0,42	FeS2
Ag	L series	0,08	0,00079	0,16	0,14	Ag2O	0,17	0,15	Ag
Ba	L series	1,04	0,00977	1,73	0,18	BaO	1,93	0,2	BaF2
Pb	M	45,81	0,42634	60,96	0,51	PbO	65,66	0,55	PbTe
Total				100			100		

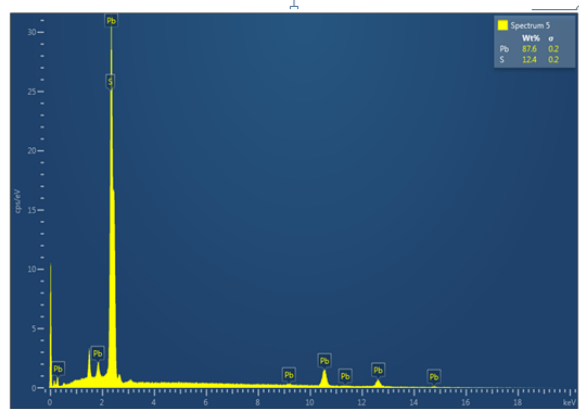
# Galena\_Furli

Electron Image 5



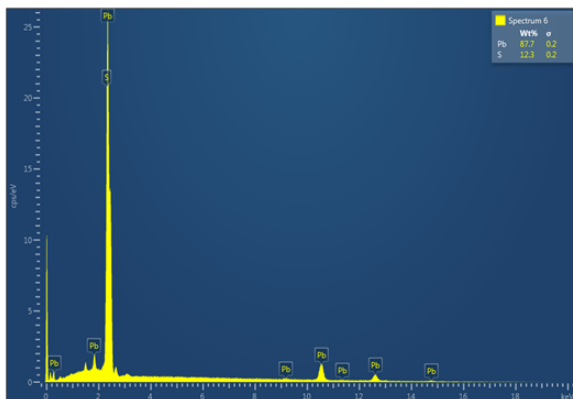
Spectrum	Line	Type	Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Oxide	Oxide %	Oxide % Sigma	Standard Label	Standard	Factory Standard	Calibration
m 6	S	K series	6,31	0,05432	12,31	0,23				FeS2	Yes		
Pb	M		41,23	0,38365	87,69	0,23				PbTe	Yes		
Total					100								

Spectrum	Line	Type	Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Oxide	Oxide %	Oxide % Sigma	Standard Label	Standard	Factory Standard	Calibration
m 6	C	K series	0,83	0,00833	5,13	0,31	CO2	18,78	1,13	CVit	Yes		
O					30,17								
Al	K series		0,29	0,00209	0,45	0,18	Al2O3	0,84	0,34	Al2O3	Yes		
S	K series		6,31	0,05432	7,86	0,16	SO3	19,63	0,39	FeS2	Yes		
Br	L series		0,05	0,00045	0,09	0,37		0	0,37	KBr	Yes		
Ag	L series		0	0,00002	0	0	Ag2O	0	0,13	Ag	Yes		
Pb	M		41,22	0,38364	56,31	0,53	PbO	60,66	0,57	PbTe	Yes		
Total					100			99,91					



Spectrum	Line	Type	Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Oxide	Oxide %	Oxide % Sigma	Standard Label	Standard	Factory Standard	Calibration
m 4	S	K series	7,12	0,06132	12,01	0,23				FeS2	Yes		
Pb	M		47,83	0,44515	87,99	0,23				PbTe	Yes		
Total					100								

Spectrum	Line	Type	Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Oxide	Oxide %	Oxide % Sigma	Standard Label	Standard	Factory Standard	Calibration
m 4	C	K series	0,98	0,00975	5,16	0,32	CO2	18,9	1,17	CVit	Yes		
O					30,11								
Al	K series		0,44	0,00315	0,58	0,05	Al2O3	1,1	0,09	Al2O3	Yes		
S	K series		7,12	0,06132	7,67	0,15	SO3	19,16	0,38	FeS2	Yes		
Ag	L series		0	0	0	0	Ag2O	0	0	Ag	Yes		
Pb	M		47,83	0,44508	56,48	0,47	PbO	60,84	0,51	PbTe	Yes		
Total					100			100					



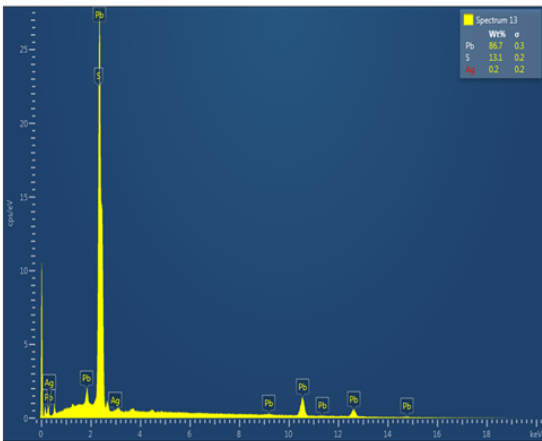
Spectrum	Line	Type	Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Oxide	Oxide %	Oxide % Sigma	Standard Label	Standard	Factory Standard	Calibration
m 5	S	K series	7,63	0,06575	12,43	0,23				FeS2	Yes		
Pb	M		49,35	0,45923	87,57	0,23				PbTe	Yes		
Total					100								

Spectrum	Line	Type	Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Oxide	Oxide %	Oxide % Sigma	Standard Label	Standard	Factory Standard	Calibration
m 5	C	K series	0,97	0,00972	4,93	0,3	CO2	18,05	1,1	CVit	Yes		
O					30,5								
Al	K series		1,32	0,00949	1,64	0,06	Al2O3	3,1	0,11	Al2O3	Yes		
S	K series		7,63	0,06576	7,79	0,15	SO3	19,45	0,37	FeS2	Yes		
Ag	L series		0	0	0	0	Ag2O	0	0	Ag	Yes		
Pb	M		49,34	0,45916	55,15	0,45	PbO	59,41	0,48	PbTe	Yes		
Total					100			100					



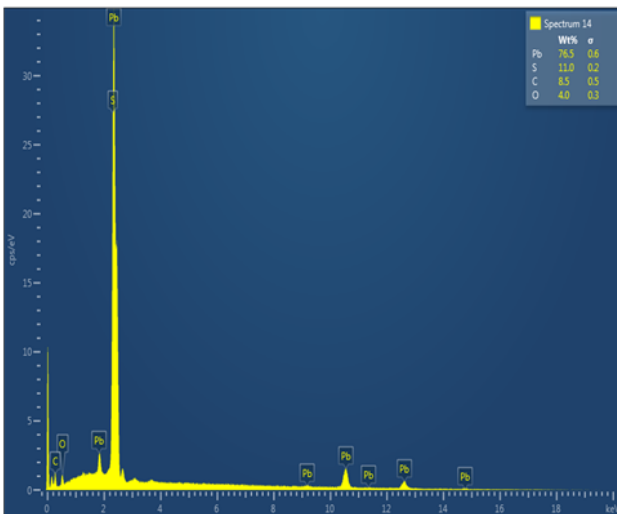
# Galena\_Le Grave

Electron Image 8



Spectru	Line	Concent	Apparen	Wt%	Wt%	Oxide	Oxide %	Standar	Standar	Standar
m 13	Type	ration	t	ration	Concent	Sigma	Sigma	d Label	d	Calibrat
			k Ratio							ion
S	K series	7,14	0,0615	13,14		0,24		FeS2	Yes	
Ag	L series	0,05	0,00047	0,16		0,24		Ag	Yes	
Pb	M	43,21	0,40212	86,7		0,31		PbTe	Yes	
Total				100						

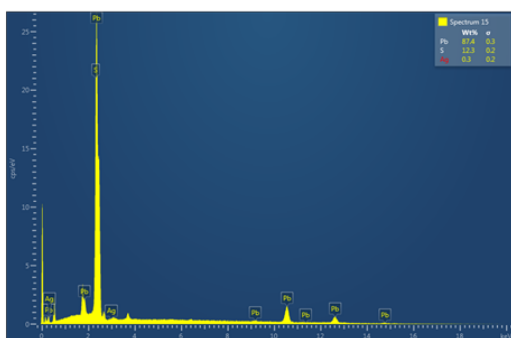
Spectru	Line	Concent	Apparen	Wt%	Wt%	Oxide	Oxide %	Standar	Standar	Standar	
m 13	Type	ration	t	ration	Concent	Sigma	Sigma	d Label	d	Calibrat	
			k Ratio							ion	
C	K series	0,78	0,00783	4,66		0,33	CO2	17,06	1,19	C Vit	Yes
O				29,65							
Mg	K series	0,12	0,00078	0,2		0,05	MgO	0,33	0,09	MgO	Yes
S	K series	7,14	0,0615	8,47		0,16	SO3	21,14	0,4	FeS2	Yes
Ag	L series	0,05	0,00047	0,09		0,13	Ag2O	0,09	0,14	Ag	Yes
Ba	L series	0,49	0,00462	0,8		0,16	BaO	0,89	0,18	BaF2	Yes
Pb	M	43,21	0,40212	56,14		0,5	PbO	60,48	0,53	PbTe	Yes
Total				100				100			



Spectru	Line	Concent	Apparen	Wt%	Wt%	Oxide	Oxide %	Standar	Standar	Standar
m 14	Type	ration	t	ration	Concent	Sigma	Sigma	d Label	d	Calibrat
			k Ratio							ion
S	K series	8,54	0,0736	12,58		0,23	FeS2	Yes		
Ag	L series	0,05	0,00051	0,14		0,24	Ag	Yes		
Pb	M	54,36	0,50583	87,28		0,31	PbTe	Yes		
Total				100						

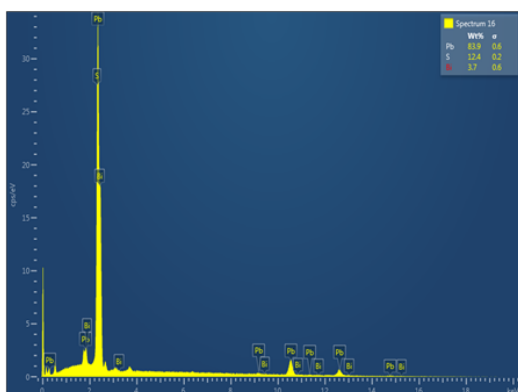
Spectru	Line	Concent	Apparen	Wt%	Wt%	Oxide	Oxide %	Standar	Standar	Standar
m 14	Type	ration	t	ration	Concent	Sigma	Sigma	d Label	d	Calibrat
			k Ratio							ion
C	K series	1,1	0,01099	8,45		0,52	C Vit	Yes		
O	K series	1,61	0,00542	4,02		0,31	SiO2	Yes		
S	K series	8,54	0,0736	10,99		0,21	FeS2	Yes		
Ag	L series	0,05	0,00051	0,12		0,2	Ag	Yes		
Pb	M	54,36	0,50583	76,43		0,57	PbTe	Yes		
Total				100						

# Galena\_Canopa dell'Uccello

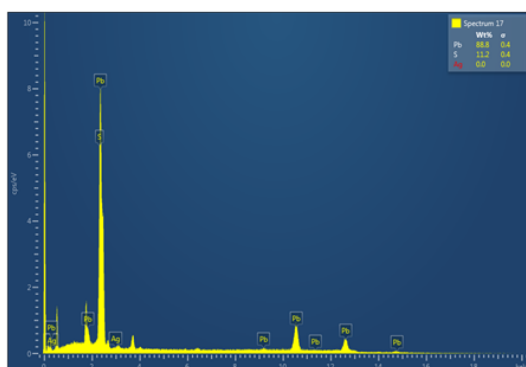


Spectrum	Line	Type	Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Standard Label	Standard	Factory d	Standard Calibration
m 15	S	K series	6,36	0,05477	12,28	0,24	FeS2	Yes		
	Ag	L series	0,09	0,00093	0,33	0,23	Ag	Yes		
	Pb	M	41,49	0,38614	87,39	0,31	PbTe	Yes		
Total					100					

Spectrum	Line	Type	Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Standard Label	Standard	Factory d	Standard Calibration
m 15	C	K series	0,54	0,00544	4,71	0,53	C Vit	Yes		
	O	K series	4,28	0,01441	11,39	0,34	SiO2	Yes		
	Si	K series	1,39	0,01098	2,2	0,1	SiO2	Yes		
	S	K series	6,27	0,05398	9,46	0,2	FeS2	Yes		
Wollast										
	Ca	K series	0,52	0,00465	0,99	0,08	onite	Yes		
	Fe	K series	0,28	0,00276	0,46	0,11	Fe	Yes		
	Ag	L series	0,1	0,00098	0,25	0,16	Ag	Yes		
	Ta	L series	0,08	0,00084	0,16	0,41	Ta	Yes		
	Pb	M	42,64	0,39685	70,37	0,63	PbTe	Yes		
Total					100					



Spectrum	Line	Type	Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Standard Label	Standard	Factory d	Standard Calibration
m 16	C	K series	0,74	0,00741	5,48	0,57	C Vit	Yes		
	O	K series	2,46	0,00829	5,76	0,31	SiO2	Yes		
	Si	K series	0,73	0,00582	0,97	0,06	SiO2	Yes		
	S	K series	8,57	0,07381	10,57	0,22	FeS2	Yes		
Wollast										
	Ca	K series	0,38	0,00337	0,61	0,08	onite	Yes		
	Ag	L series	0	0	0	0	Ag	Yes		
	Pb	M	54,38	0,50605	73,29	0,7	PbTe	Yes		
	Bi	M	2,34	0,02342	3,33	0,54	Bi	Yes		
Total					100					

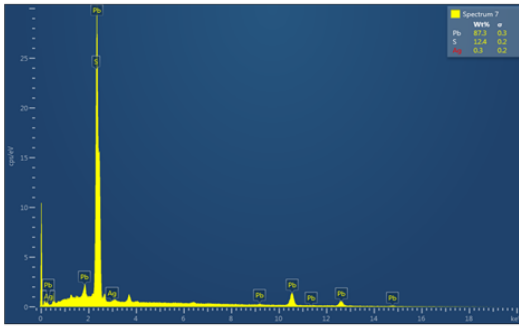
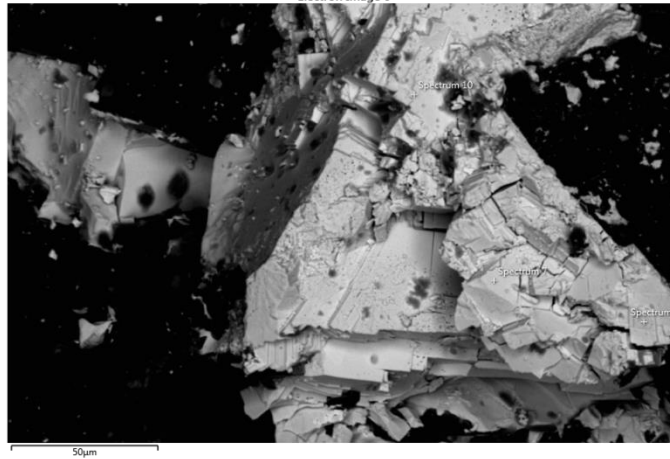


Spectrum	Line	Type	Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Standard Label	Standard	Factory d	Standard Calibration
m 17	S	K series	1,77	0,01529	11,21	0,36	FeS2	Yes		
	Ag	L series	0	0	0	0	Ag	Yes		
	Pb	M	12,9	0,12009	88,79	0,36	PbTe	Yes		
Total					100					

Spectrum	Line	Type	Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Standard Label	Standard	Factory d	Standard Calibration
m 17	C	K series	0,48	0,0048	9,78	0,84	C Vit	Yes		
	O	K series	2,56	0,00863	17,28	0,56	SiO2	Yes		
	Si	K series	0,71	0,0056	2,97	0,15	SiO2	Yes		
	S	K series	1,74	0,01499	7,06	0,24	FeS2	Yes		
Wollast										
	Ca	K series	0,45	0,00406	2,22	0,12	onite	Yes		
	Fe	K series	0,15	0,00154	0,69	0,15	Fe	Yes		
	Ag	L series	0	0	0	0	Ag	Yes		
	Ta	L series	0,15	0,00155	0,82	0,63	Ta	Yes		
	Pb	M	13,34	0,12413	59,19	0,87	PbTe	Yes		
Total					100					

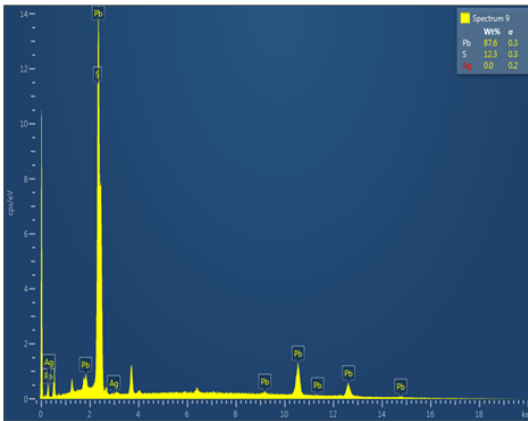
# Galena\_Canopa del Lago

Electron Image 6



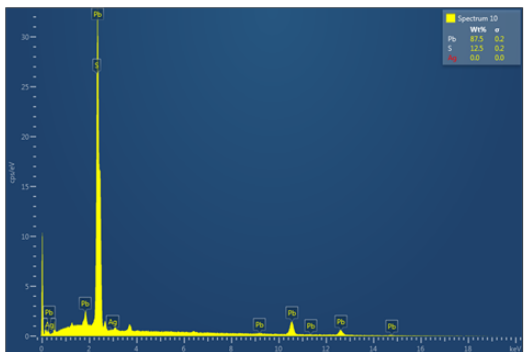
Spectru	Line	Type	Concent	Apparen t	Ratio	Wt%	Wt%	Oxide	Oxide %	Standar d	Standar d	Standar d	Standar d
m 7				ration	k	Ratio	Wt%			Label	Label	Label	Label
S	K series		7,32	0,0631		12,4	0,24			FeS2	Yes	Yes	Yes
Ag	L series		0,1	0,00103		0,32	0,24			Ag	Yes	Yes	Yes
Pb	M		47,32	0,44031		87,28	0,31			PbTe	Yes	Yes	Yes
Total						100							

Spectru	Line	Type	Concent	Apparen t	Ratio	Wt%	Wt%	Oxide	Oxide %	Standar d	Standar d	Standar d	Standar d
m 7				ration	k	Ratio	Wt%			Label	Label	Label	Label
C	K series		0,62	0,00618		3,58	0,41	CO2	13,12	1,52	C Vit	Yes	Yes
O						27,19							
S	K series		7,32	0,0631		8,36	0,17	SO3	20,88	0,42	FeS2	Yes	Yes
											Wollast		
Ca	K series		0,77	0,0069		1,08	0,07	CaO	1,51	0,1	onite	Yes	Yes
Fe	K series		0,33	0,00328		0,42	0,1	FeO	0,54	0,12	Fe	Yes	Yes
Ag	L series		0,11	0,00105		0,19	0,14	Ag2O	0,21	0,15	Ag	Yes	Yes
Pb	M		47,32	0,44032		59,17	0,59	PbO	63,74	0,64	PbTe	Yes	Yes
Total						100			100				



Spectru	Line	Type	Concent	Apparen t	Ratio	Wt%	Wt%	Oxide	Oxide %	Standar d	Standar d	Standar d	Standar d
m 9				ration	k	Ratio	Wt%			Label	Label	Label	Label
S	K series		3,42	0,02948		12,33	0,27			FeS2	Yes	Yes	Yes
Ag	L series		0,01	0,00008		0,05	0,23			Ag	Yes	Yes	Yes
Pb	M		22,31	0,20762		87,62	0,34			PbTe	Yes	Yes	Yes
Total						100							

Spectru	Line	Type	Concent	Apparen t	Ratio	Wt%	Wt%	Oxide	Oxide %	Standar d	Standar d	Standar d	Standar d
m 9				ration	k	Ratio	Wt%			Label	Label	Label	Label
C	K series		0,49	0,00491		5,02	0,4	CO2	18,41	1,46	C Vit	Yes	Yes
O						30,43							
Mg	K series		0,27	0,00179		0,83	0,06	MgO	1,37	0,09	MgO	Yes	Yes
S	K series		3,42	0,02948		7,32	0,17	SO3	18,29	0,42	FeS2	Yes	Yes
											Wollast		
Ca	K series		1,18	0,01051		3	0,09	CaO	4,2	0,12	onite	Yes	Yes
Fe	K series		0,42	0,0042		1,02	0,12	FeO	1,31	0,16	Fe	Yes	Yes
Ag	L series		0,01	0,0001		0,03	0,12	Ag2O	0,03	0,13	Ag	Yes	Yes
Pb	M		22,31	0,20762		52,35	0,55	PbO	56,39	0,6	PbTe	Yes	Yes
Total						100			100				

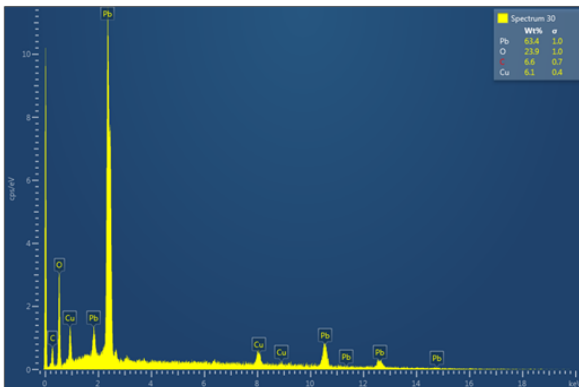


Spectru	Line	Type	Concent	Apparen t	Ratio	Wt%	Wt%	Oxide	Oxide %	Standar d	Standar d	Standar d	Standar d
m 10				ration	k	Ratio	Wt%			Label	Label	Label	Label
S	K series		8	0,06893		12,49	0,23			FeS2	Yes	Yes	Yes
Ag	L series		0	0		0	0			Ag	Yes	Yes	Yes
Pb	M		51,42	0,47855		87,51	0,23			PbTe	Yes	Yes	Yes
Total						100							

Spectru	Line	Type	Concent	Apparen t	Ratio	Wt%	Wt%	Oxide	Oxide %	Standar d	Standar d	Standar d	Standar d
m 10				ration	k	Ratio	Wt%			Label	Label	Label	Label
C	K series		0,6	0,00599		3,27	0,42	CO2	12	1,53	C Vit	Yes	Yes
O						26,75							
Mg	K series		0,2	0,00134		0,31	0,06	MgO	0,51	0,1	MgO	Yes	Yes
S	K series		8	0,06893		8,51	0,17	SO3	21,25	0,43	FeS2	Yes	Yes
											Wollast		
Ca	K series		0,69	0,0062		0,91	0,07	CaO	1,27	0,09	onite	Yes	Yes
Fe	K series		0,29	0,00292		0,35	0,09	FeO	0,45	0,12	Fe	Yes	Yes
Ag	L series		0	0		0	0	Ag2O	0	0	Ag	Yes	Yes
Pb	M		51,42	0,47855		59,9	0,59	PbO	64,52	0,64	PbTe	Yes	Yes
Total						100			100				

# Cerussite, Azzurrite, Malachite\_Doss dei Brusadi

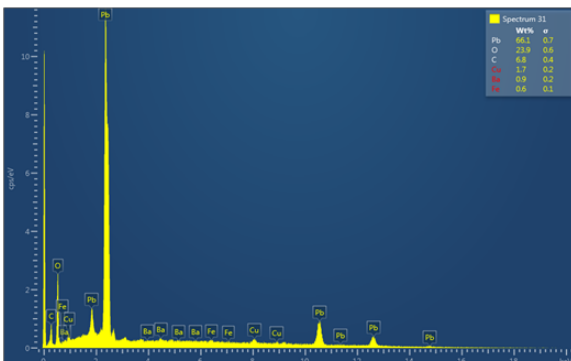
Electron Image 15



Spectru	Line	Type	Concent	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Oxide	Oxide %	Oxide % Sigma	Standar Label	Standar	Factory d	Standar Calibrat
m 30	C	Kseries	0,68	0,0068	6,58	0,67	CO2	24,1	2,44	C Vit	Yes		
	O				23,95								
	Cu	Kseries	2,31	0,02309	6,05	0,44	CuO	7,58	0,54	Cu	Yes		
	Pb	M	23,35	0,21727	63,42	1,03	PbO	68,32	1,11	PbTe	Yes		
Total					100			100					

Spectru	Line	Type	Concent	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Oxide	Oxide %	Oxide % Sigma	Standar Label	Standar	Factory d	Standar Calibrat
m 30	C	Kseries	0,68	0,00683	7,05	0,71	CO2	25,82	2,59	C Vit	Yes		
	O				24,09								
	Pb	M	23,34	0,21718	68,86	1,09	PbO	74,18	1,17	PbTe	Yes		
Total					100			100					

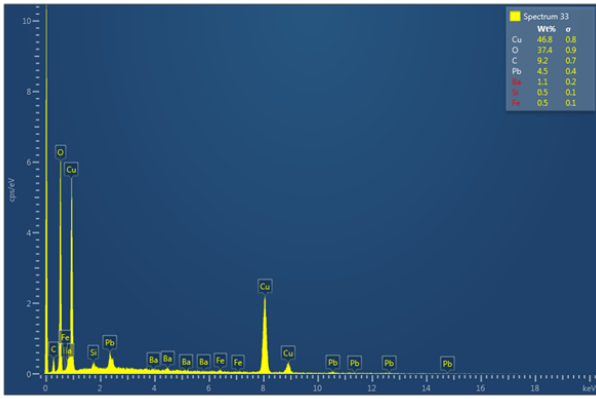
CERUSSITE



Spectru	Line	Type	Concent	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Oxide	Oxide %	Oxide % Sigma	Standar Label	Standar	Factory d	Standar Calibrat
m 31	C	Kseries	0,71	0,00712	6,79	0,42	CO2	24,89	1,54	C Vit	Yes		
	O				23,89								
	Fe	Kseries	0,21	0,00206	0,56	0,13	FeO	0,72	0,17	Fe	Yes		
	Cu	Kseries	0,64	0,0064	1,7	0,22	CuO	2,13	0,28	Cu	Yes		
	Ba	Lseries	0,27	0,00254	0,91	0,23	BaO	1,01	0,25	BaF2	Yes		
	Pb	M	24,28	0,22591	66,15	0,67	PbO	71,25	0,73	PbTe	Yes		
Total					100			100					

Spectru	Line	Type	Concent	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Oxide	Oxide %	Oxide % Sigma	Standar Label	Standar	Factory d	Standar Calibrat
m 31	C	Kseries	0,71	0,00712	7,06	0,44	CO2	25,88	1,59	C Vit	Yes		
	O				24,13								
	Pb	M	24,28	0,22591	68,81	0,67	PbO	74,12	0,72	PbTe	Yes		
Total					100			100					

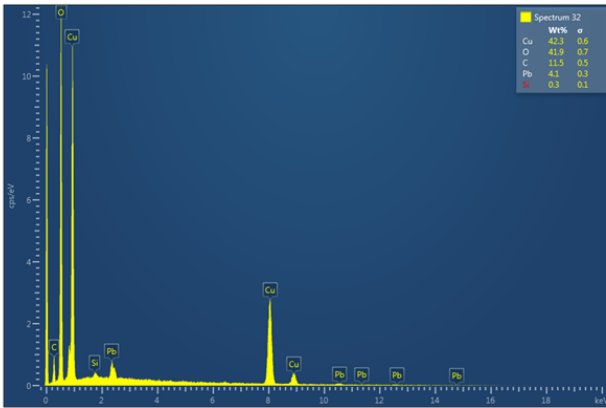
CERUSSITE



Spectrum	Line Type	Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Oxide	Oxide %	Oxide % Sigma	Standard Label	Standard	Factory d	Standard
m 33	C	0,46	0,00458	9,16	0,68	CO2	33,57	2,5	C Vit	Yes		
	O			37,42								
	Si	0,09	0,00069	0,54	0,09	SiO2	1,15	0,2	SiO2	Yes		
	Fe	0,13	0,00125	0,49	0,12	FeO	0,63	0,16	Fe	Yes		
	Cu	10,26	0,10255	46,81	0,83	CuO	58,6	1,04	Cu	Yes		
	Ba	0,23	0,00212	1,05	0,23	BaO	1,17	0,26	BaF2	Yes		
	Pb	0,88	0,00821	4,54	0,43	PbO	4,89	0,46	PbTe	Yes		
Total				100			100					

Spectrum	Line Type	Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Oxide	Oxide %	Oxide % Sigma	Standard Label	Standard	Factory d	Standard
m 33	C	0,45	0,00455	9,98	0,74	CO2	36,57	2,71	C Vit	Yes		
	O			39,35								
	Cu	10,25	0,10254	50,67	0,9	CuO	63,43	1,12	Cu	Yes		
Total				100			100					

MALACHITE



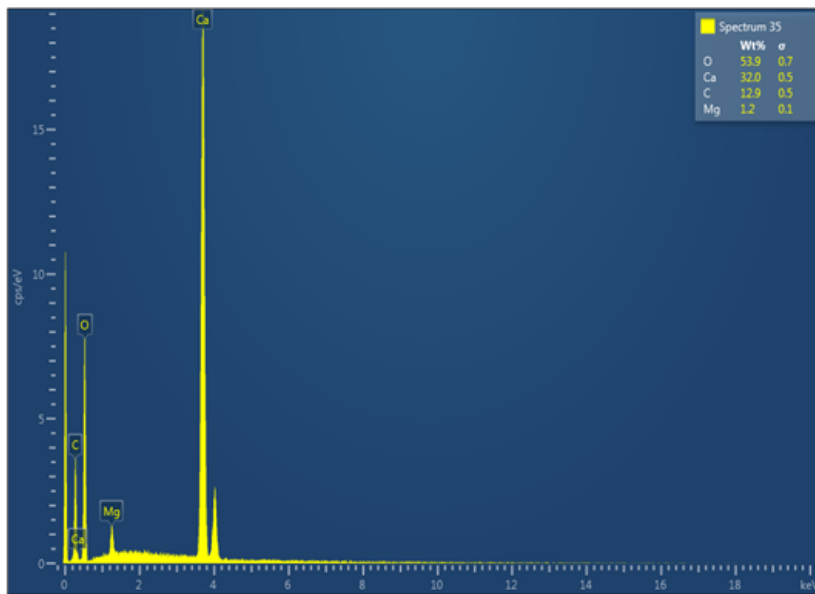
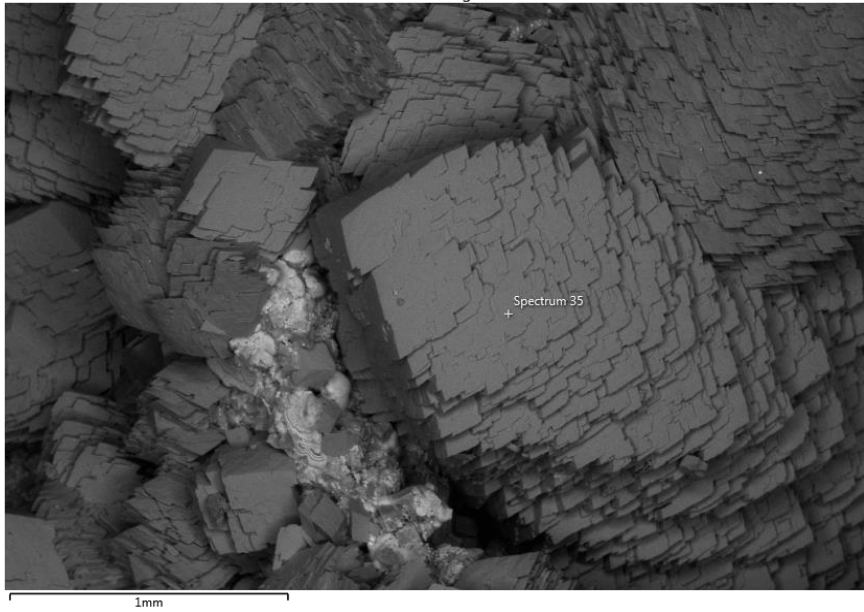
Spectrum	Line Type	Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Oxide	Oxide %	Oxide % Sigma	Standard Label	Standard	Factory d	Standard
m 32	C	0,89	0,00887	11,48	0,54	CO2	42,06	1,98	C Vit	Yes		
	O			41,88								
	Si	0,07	0,00056	0,29	0,07	SiO2	0,62	0,14	SiO2	Yes		
	Cu	13,33	0,13326	42,3	0,59	CuO	52,95	0,74	Cu	Yes		
	Pb	1,17	0,01087	4,05	0,3	PbO	4,36	0,33	PbTe	Yes		
Total				100			100					

Spectrum	Line Type	Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Oxide	Oxide %	Oxide % Sigma	Standard Label	Standard	Factory d	Standard
m 32	C	0,88	0,00881	12,07	0,57	CO2	44,23	2,08	C Vit	Yes		
	O			43,38								
	Cu	13,32	0,13325	44,55	0,63	CuO	55,77	0,79	Cu	Yes		
Total				100			100					

AZZURRITE

# Calcite\_Le Grave

Electron Image 20

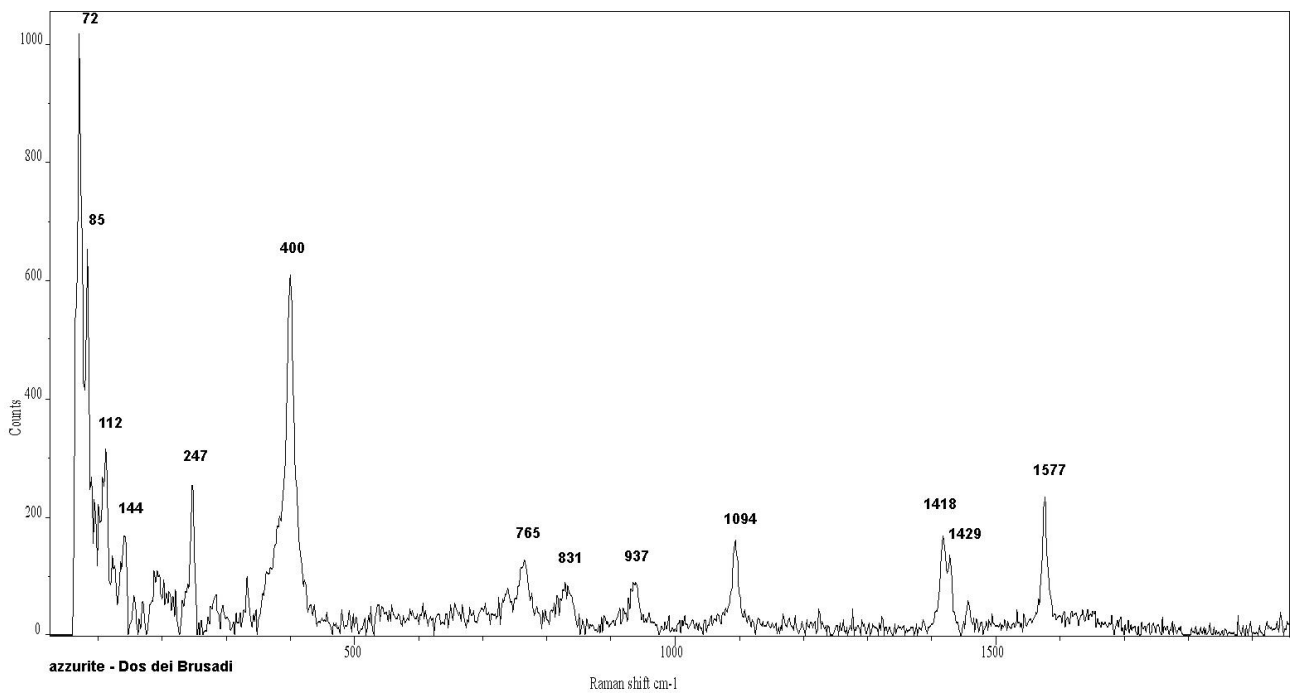
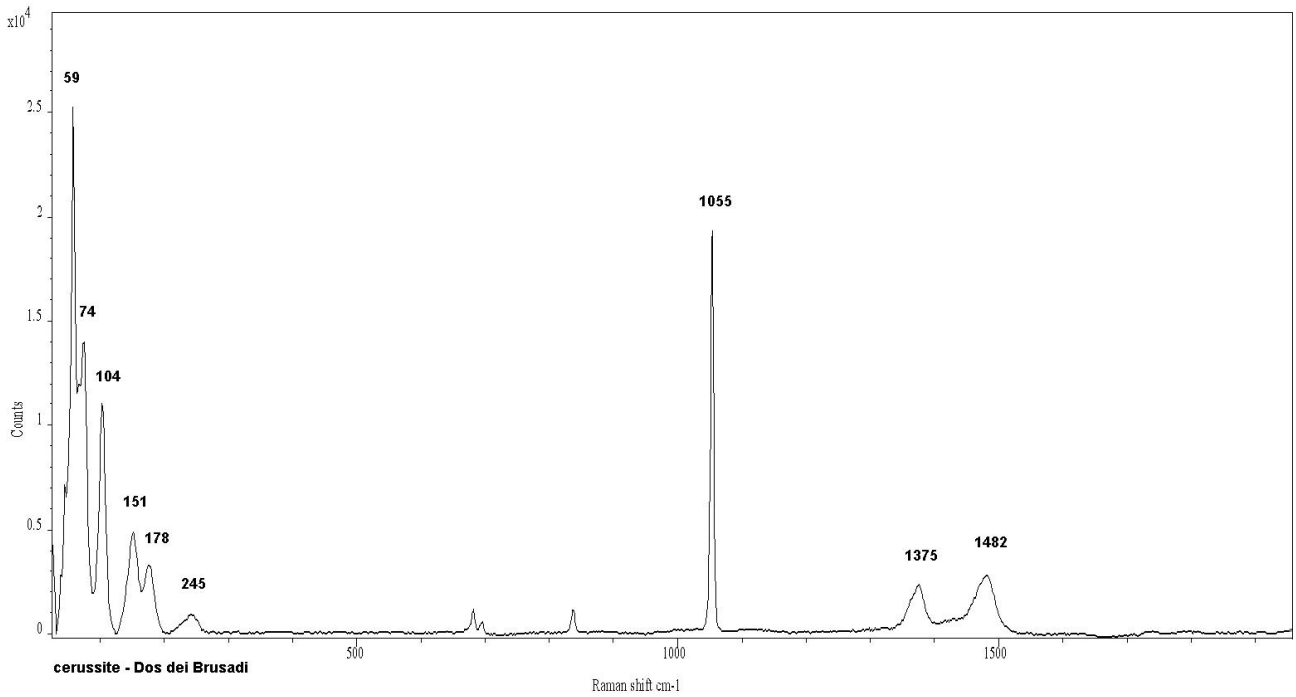


Spectru	Line	Apparent Concentration	Wt%	Wt%	Wt%	Oxide %	Oxide %	Standard	Standard	Standard
m 35	Type	ration	k Ratio	Wt%	Sigma	Oxide	Oxide %	Label	Factory	Calibration
C	K series	3,55	0,03547	12,89	0,54			C Vit	Yes	
O	K series	15,75	0,05301	53,89	0,7			SiO2	Yes	
Mg	K series	0,53	0,00355	1,23	0,11			MgO	Yes	
Ca	K series	21,43	0,19151	31,99	0,51			Wollastonite	Yes	
Total				100						

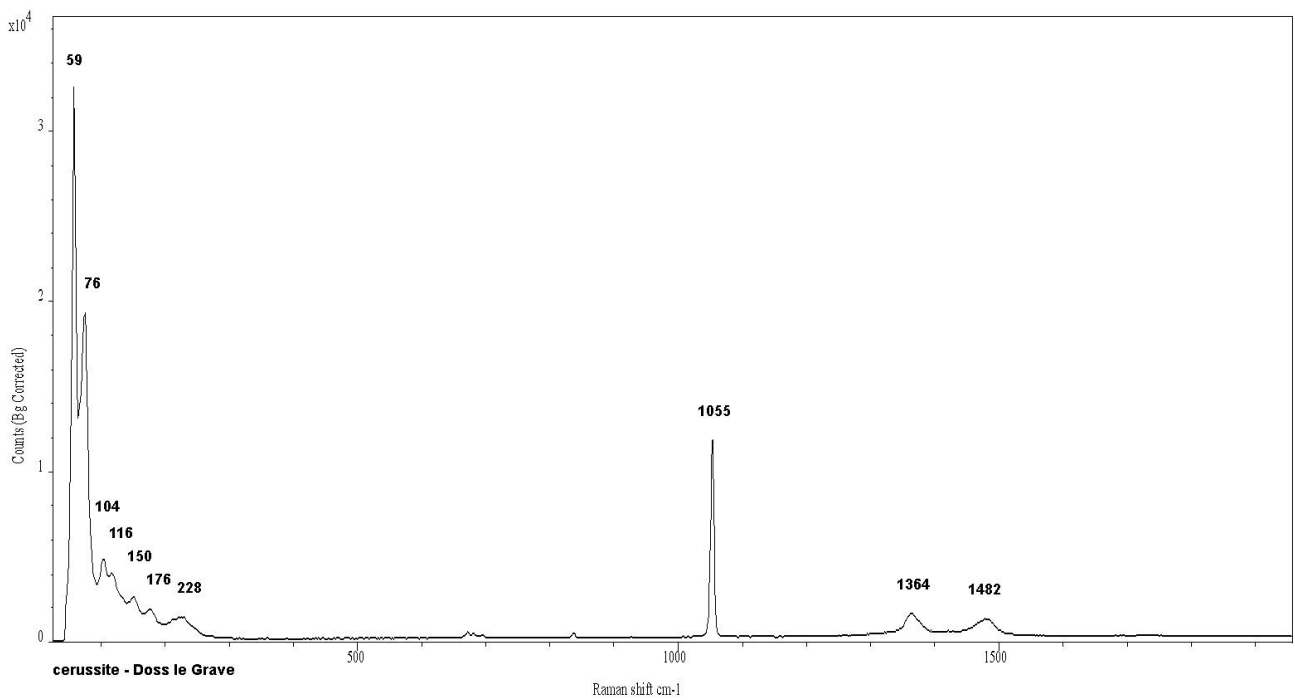
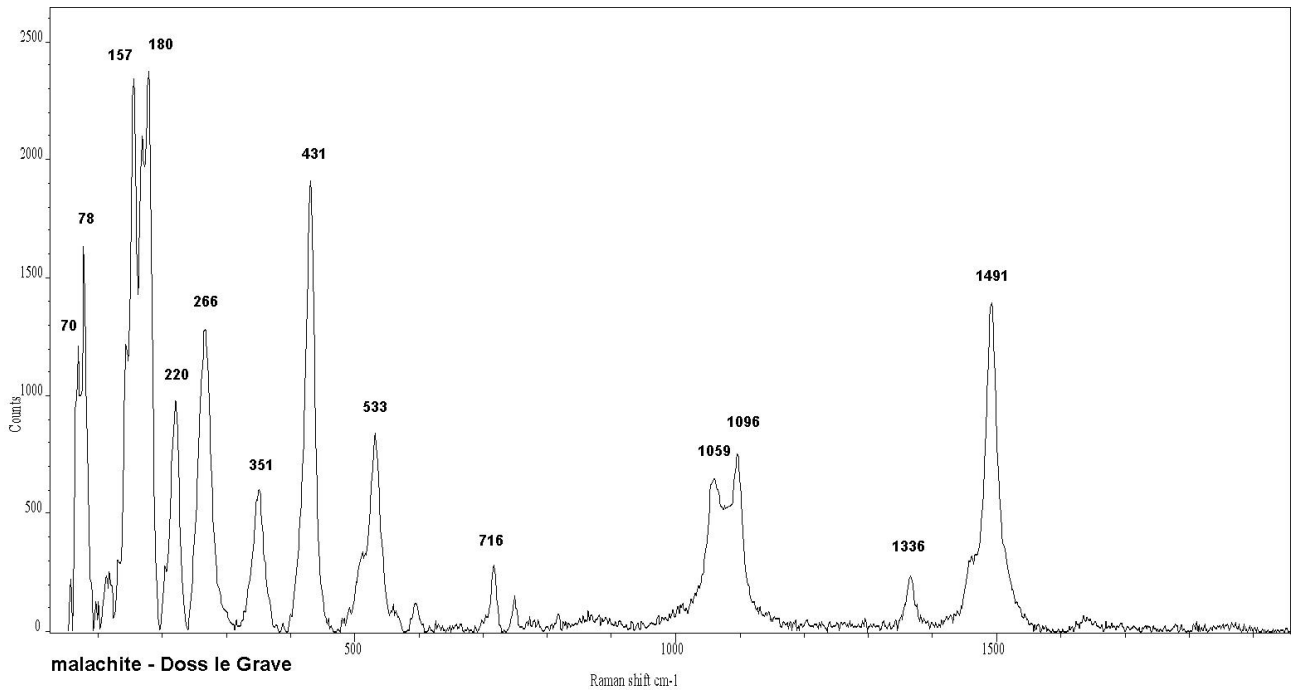


### 4.3.2 Spettroscopia Raman

Attraverso lo spettroscopio Raman, sono state eseguite le analisi mineralogiche dei campioni di cerussite, malachite ed azzurrite provenienti dal Doss dei Brusadi e dalle Grave. Di seguito, sono riportati i vari spettri Raman.







Ogni composto chimico e quindi ogni minerale fornisce uno spettro Raman tipico che permette di riconoscerlo. Gli spettri dei minerali dipendono dalla specie a cui appartengono. Per la stessa natura dell'effetto Raman accade che identici anioni che fanno parte della molecola manifestino identici segnali (picchi). Questo significa che, ad esempio, gli spettri di tutti i carbonati sicuramente manifesteranno uno o più picchi nel medesimo intervallo, e analogamente, se nello spettro appare un picco nell'intervallo caratteristico dell'anione  $\text{CO}_3^{2-}$ , allora la specie è un carbonato.

Di seguito una tabella riassuntiva dei valori di Raman shift dei principali anioni (*l. Rocchetti*).

Frequency (cm <sup>-1</sup> )	Chemical ion	
432 - 467	thiosulfate	S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
568 - 576	tatraborate	B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup>
678 - 698	mataphosphate	[(PO <sub>3</sub> ) <sub>n</sub> ] <sup>n-</sup>
683 - 817	iodate	IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
710 - 745	nitrate	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
776 - 817	bromate	BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
770 - 910	arseniate	AsO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
806 - 855	persulfate	S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> <sup>-</sup>
869	molibdate	MoO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
880 - 920	wolframate	WO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
913 - 988	phosphate	PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
914 - 943	chlorate	ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
933 - 952	perchlorate	ClO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
956 - 1040	sulfate	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
962 - 990	sulfite	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
1028 - 1045	bicarbonate	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
1029 - 1069	nitrate	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
1051 - 1089	carbonate	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
1073 - 1090	Persulfate	S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> <sup>-</sup>
1151 - 1246	metaphosphate	[(PO <sub>3</sub> ) <sub>n</sub> ] <sup>n-</sup>
1320 - 1322	nitrite	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
1650 - 1708	ammonium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
2033 - 2162	thiocyanate	SCN <sup>-</sup>
2044 - 2071	ferrocyanide	Fe(CN) <sub>6</sub> <sup>4-</sup>
2070 - 2215	cyanide	CN <sup>-</sup>
2102 - 2109	ferrocyanide	Fe(CN) <sub>6</sub> <sup>4-</sup>
3045 - 3120	ammonium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
3115 - 3220	ammonium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
683 - 692	v <sub>S</sub>	Si-O-Si
1044 - 1105	v <sub>AS</sub>	Si-O-Si
375 - 389		SiO <sub>4</sub>

## 5. DISCUSSIONE DEI DATI

La valenza geologica e la ricchezza mineraria dell'Altopiano del Calisio, anche detto "Monte Argentario"<sup>25</sup> è conosciuta fin dall'antichità dai suoi abitanti e dai signori della vicina Trento.

La formazione di Werfen, che caratterizza l'intero Altopiano del Calisio, infatti, custodisce giacimenti di galena argentifera, un solfuro di piombo contenente una piccola parte di argento. L'argento fu esaurito in pochi secoli a causa di una attività particolarmente predatoria, tanto che già nel 1637 lo storico Michelangelo Mariani riferisce che delle miniere non rimanevano che "antiche vestigia".

I tentativi di riapertura delle coltivazioni nel secolo scorso non andarono a buon fine (anche perché spesso erano promossi in coincidenza con i periodi bellici), ma i rilievi e le analisi di tipo chimico e mineralogico dei geologi impegnati in quegli anni (primo fra tutti Giovanni Battista Trener) ci forniscono numerosi dati sul giacimento e sullo sviluppo delle gallerie, che sono la base per le ricerche attuali.

Durante l'attività di tirocinio sono state raccolte gran parte delle analisi chimiche risalenti all'intero 1900, il cui confronto si è rivelato relativamente semplice. Infatti, tutte le analisi chimiche forniscono valori di piombo che sono direttamente proporzionali alla percentuale di argento: maggiore è la quantità di piombo, maggiore è il contenuto di argento. Il contenuto di argento è estremamente elevato (anche oltre 7 kg per tonnellata di Pb) in prossimità delle paleoaree emerse del Monte Rosà<sup>26</sup>, riducendosi fino a circa 1 kg/t di Pb nelle aree circostanti (*Brusca & Perna, 1997*), comprese le due ex aree minerarie prese in considerazione per questo lavoro, "Le Grave" e "Santa Colomba".

---

<sup>25</sup> Il nome stesso deriva dai giacimenti di argento coltivati nel Medioevo da minatori di origine germanica, i canopi (dal tedesco *knappen*), che estraevano il prezioso metallo per conto del Principe Vescovo: con l'argento del Calisio si coniava allora la moneta di Trento. Al loro lavoro dobbiamo il paesaggio lunare che caratterizza l'area centrale dell'Altopiano, crivellato da migliaia di pozzi verticali (cadini) e chilometri di stretti e labirintici cunicoli scavati a mano (canope). Dal Calisio proviene anche il Rosso Ammonitico, la roccia utilizzata per costruire la città di Trento fin dall'Età Romana. I famosi cubetti di porfido con cui sono lastricate strade e piazze provengono dal lembo settentrionale del Calisio, nel territorio di Albiano e Fornace.

<sup>26</sup> Vedi capitolo 2.1 *L'Altopiano del Monte Calisio* (inquadramento geologico dell'area).

Le analisi mineralogiche attuali effettuate attraverso il microscopio a scansione elettronica S.E.M. e lo spettrometro Raman hanno confermato quanto descritto in precedenza: c'è un'evidente correlazione tra il contenuto di piombo e di argento nei giacimenti del Monte Calisio. Più precisamente, il contenuto di argento all'interno della galena derivante dalle analisi al S.E.M., passa da 0,33 %wt nella Canopa dell'Uccello, fino a 0,00 %wt in località Furli di Lavis. Anche il contenuto di piombo varia rispettivamente da 87,4 %wt a 55,3 %wt.

Le analisi effettuate tramite spettroscopia Raman e SEM – EDS hanno identificato le specie mineralogiche secondarie presenti sul Monte Calisio: cerussite, malachite ed azzurrite.

## 6. CONCLUSIONI

La ricerca promossa con il tirocinio formativo era stata inizialmente pensata come semplice “esercizio applicato di stile” che in verità non doveva e voleva dimostrare granché se non, a livello storico, il riassunto dei trascorsi minerari della zona di S. Colomba – Le Grave (con particolare riguardo alle analisi attivate in fase di ricerca mineraria) e, a livello tecnico, un’applicazione operativa di concetti studiati durante il percorso accademico.

Quanto sopra, soprattutto tenuto conto che sul territorio sono presenti ora solamente tracce dell’importante attività mineraria storica, ormai inesistente.

Dal punto di vista storico, partendo dalla documentazione, si è potuto rendere quindi una visione diacronica oggettiva e comparabile delle analisi chimiche e geominerarie fatte ad oltre un secolo di distanza, evidenziando anche le “coperture” di esercizio mineraria. Tale attività non era mai stata oggetto di studio specifico e complessivo per il periodo industriale.

Ma via via, le osservazioni si sono ampliate fino alla vera e propria lettura del paesaggio, con sopralluoghi (in sotterraneo e in superficie) per la raccolta di campioni minerali da comparare con quelli descritti in documenti storici, ma anche per rilevamenti di imbocchi di antiche e moderne canalizzazioni.

Indirettamente però si è anche osservato che l’interesse minerario sulla zona, inizialmente formulato per esigenze produttive di pochi esercenti, ora è ancora presente, ma trasformato e maturato verso una “mission” conservativa, a valorizzazione delle tracce rimaste, soprattutto anche in forma partecipata da più soggetti, enti e comunità locali.

Ciò potrebbe addirittura indurre ad ipotizzare un avvicinamento identitario attuale verso quell’attività trascorsa che fra l’altro ha anche profondamente trasformato il territorio... ma qui ci si addentrerebbe in argomenti pur interessanti ma che esulano dall’obiettivo di questo scritto.

Il disegno della ricerca<sup>27</sup> redatto originariamente per meri aspetti organizzativi e di sintesi delle fasi del tirocinio, ha quindi consentito anche di mappare le predette “osservazioni aggiuntive”.

Passando ai risultati più oggettivi di questo studio, cioè quello che scaturisce dalle analisi chimiche e mineralogiche, nonché dalle attività a loro correlate, ritengo opportuno esporre le seguenti considerazioni:

- Si può confermare che il Monte Calisio, nelle ex aree estrattive di Santa Colomba e Le Grave (come in altre), presenta ancora un’evidente ricchezza minerale. Per sincerità intellettuale

---

<sup>27</sup> Vedi Appendice 5 – Disegno della ricerca.

occorre subito precisare anche che, a prescindere dal tenore rilevato, il potenziale sfruttamento industriale (in ogni caso valutazione esterna alla mission di questo scritto) presenta notevoli problematiche di altra natura, socio – economica in primis, difficilmente associabili alla redditività minima di giacimento, richiesta attualmente dal mercato. La peculiarità di questo risultato però è data soprattutto dal fatto di aver raccolto in un unico quadro complessivo le analisi chimiche e geominerarie espletate in oltre un secolo, sia in epoca di esercizio minerario industriale che in periodo di “pace”, vocato ad altro uso delle aree minerarie dismesse. Particolarmente complesse anche la normalizzazione dei relativi dati per consentire la possibile comparazione e la scelta delle modalità e località di campionamento attuale (cercando di ripercorrere quelle storiche);

- Ho potuto mettere a frutto le nozioni teoriche apprese durante il percorso accademico. In particolare ho sperimentato l'utilizzo di varie attrezzature e tecniche di analisi disponibili presso enti che hanno collaborato alla realizzazione del tirocinio;
- In accordo con i referenti dei vari enti ho potuto sperimentare realmente tutte le fasi di una vera e propria ricerca: dalla stesura del “disegno” (pianificazione delle attività e definizione della mission), studio della documentazione già disponibile, campionamento operativo sul campo, preparazione dei campioni, programmazione ed organizzazione delle analisi, valutazione e discussione dei risultati, redazione di un documento finale per la sintesi divulgativa.

L'ultima – ma non meno importante – considerazione che può essere ritenuta quasi il “valore aggiunto” della mia esperienza di tirocinio. La collaborazione in sinergia e in team con altre realtà, professionalità e competenze diverse, ha consentito una sorta di sperimentazione di quello che può risultare il mondo del lavoro, con i suoi orari, esigenze, problematiche oggettive e/o soggettive comprese. Esperienza questa importante e strategica per il mio futuro.



## 7. APPENDICI E SCHEDE

### 7.1 Appendice 1 – Riassunto delle analisi chimiche storiche ed attuali

Year	Location	%Pb	%Zn	%Cu	Kg Ag / t Pb	gr Ag / t	
1852	MONTE CALISIO	52,5			9,7	5092	
1904	SANTA COLOMBA	7,7			300	300	
	DOSS LE GRAVE	7,7			400	400	
1912	VECCHIE MINIERE DI CIVEZZANO	5,5			7,08	389	
1921	SANTA COLOMBA	2,5			15	15	
1951	DOSS LE GRAVE	0,2			3	3	min in superficie
		16,9			492	492	max
		2,33			73,07	73,0714	media
		0,92			21	21	min in trincea
		2,66			76	76	max
		1,79			48,5	48,5	media
		0,24			4	4	min in discarica
		1,8			40	40	max
		0,85			14,43	14,4286	media
1958	SANTA COLOMBA	27,67	0,12				
	SANTA COLOMBA	43,17	0,2	0,2	703,5	703,5	
	DOSS LE GRAVE	13,15	0,5	0,15	226	226	
	DOSS LE GRAVE	13,5	0,5		226	226	Shaft 30
	DOSS LE GRAVE	2,5	0,16		80	80	Shaft 9
	DOSS LE GRAVE	11,67	0,24		356	356	Shaft 14
	DOSS LE GRAVE	20,95	0,1		668	668	Shaft 11
	DOSS LE GRAVE	17,7			288	288	Shaft (?)
	DOSS LE GRAVE	11,7	0,16		255	255	Adit 7
1968	SANTA COLOMBA	% Pb tot	% Zn tot	% Cu	PPM Ag	gr Ag/t	
	SANTA COLOMBA	14,1	2,45	0,0300	300	300	118 X A
	SANTA COLOMBA				300	300	118 A
	SANTA COLOMBA				650	650	118 bis A
	SANTA COLOMBA				300	300	171 A
	DOSS LE GRAVE	16,7	< 0,100	0,300	500	500	119 A
	DOSS LE GRAVE	22,5	< 0,100	0,400	850	850	120 A
DOSS LE GRAVE				1000	1000	189 A	
1980	SANTA COLOMBA	%Pb	%Zn	%Cu	Oz Ag / t	gr Ag / t	
	SANTA COLOMBA	4,3	0,02	0,05	2,1	60	max
	SANTA COLOMBA	0,02	0,02	0,02	0,02	0,57	min
	SANTA COLOMBA	1,06	0,04	0,02	0,45	13	media
	DOSS LE GRAVE	9,4	0,92	0,03	3,94	112	max
	DOSS LE GRAVE	0,02	0,02	0,02	0,04	1,1	min
DOSS LE GRAVE	1,67	0,04	0,03	1,04	29	media	
1990	DOSS LE GRAVE	%PbO	%Zn	%CuO	%Ag <sub>2</sub> O	gr Ag/t	
		2,56		0,013	0,00085		
2012	MONTE CALISIO	PPM Pb	PPM Zn	PPM Cu	PPM Ag	gr Ag / t	
		342	94	25	4,7	4,7	
		%Pb	%Zn	%Cu	%Ag		
		0,034	0,0094	0,0025	0,00047		

## 7.2 Appendice 2 – Quadro sinottico delle analisi storiche, attuali e delle “coperture minerarie”

<b>Norme di riferimento</b>	Legge Montanistica		Legge Montanistica/ Regio Decreto		Regio Decreto		Regio Decreto		Regio Decreto		Regio Decreto	
<b>Tipologia titolo minerario</b>	Investitura Mineraria		Permesso di Ricerca		Permesso di Ricerca		Permessi di Ricerca vari e una Concessione Mineraria		Permesso di Ricerca		Permesso di Ricerca	
<b>Esercenti</b>	Valsugana Bergbaugesellschaft		Società delle Miniere di Trento		Montecatini – Soc. Generale per l’Industria Mineraria e Chimica		- Montecelva Soc. Mineraria S.p.A. - Somiren S.p.A. - S.A. Mineraria e Metallurgica Pertusola - Monte Calisio Soc. Mineraria a r.l. - S.A. Manganisifera Italiana (M.I.S.A.)		- Ammi S.p.A - Società Mineraria Atesina		Giuseppe Spat	
<b>Periodo di “copertura” mineraria</b>	1913 - 1914		1925 - 1928		1939 - 1940		1944 - 1964		1967 - 1971		1980 - 1986	
<b>Anno analisi</b>	1852	1904	1912	1921	1951	1958	1968	1980	1990	2012	2017	
<b>Referenti analisi</b>	Perini	H. Oemiche	Dewar Londra	G. B. Trener	L. Roccabruna	S. Zink	Perna - Dessau	G. Spat	C. C. Tizzoni	Comune di TN	Tirocinio S051	
<b>Localizzazione</b>	M. Calisio	S. Colomba, Le Grave	Vecchie miniere di Civezzano	S. Colomba	Le Grave	S. Colomba, Le Grave	S. Colomba, Le Grave	S. Colomba, Le Grave	Le Grave (scorie)	M. Calisio (suolo)	S. Colomba, Le Grave	
<b>Elementi analizzati</b>	Pb, Ag	Pb, Ag	Pb, Ag	Pb, Ag	Pb, Ag	Pb, Zn, Cu, As, , S, Ag, Au, Ossidi di Fe, Al, Mn, Mg, Si	Ba, Fe, Co, Ni, Cu, Ag, Zn, Sn, As, Sb	Pb, Zn, Cu, Ag	Ossidi di Pb, S, Si, Cu, Ag, Fe, As, Mn, Ca, Mg, K, Na, P	Ag, As, Cr, Mn, Pb, Cu, Sn, Zn, Ba	Pb, Ag	
<b>Nr. Campioni</b>	N.D.	40	N. D.	< 10	123	9	7	97	N.D.	110	55	

### 7.3 Appendice 3 – Schede di documenti originali

#### 7.3.1 Scheda 1 – Analisi chimiche storiche - Perini e W. Dewar Londra - anno 1852 e 1912

TABELLA DELLE ANALISI CHIMICHE

N.º	Località	Autore o laboratorio	Data	% piombo nel minerale	kg d'argento per tonn. piombo d'opera
1	Cava Fedrigoni	I. Trinker	1845	—	7.20
2	Calisio	Perini	1852	52.5	9.70
3	Pomar	Trener	1896	81.6	11.25
4	Roncogno	K. K. G. Probiramt Vienna	1895	4.0	3.60
5	Valcada-gallerie	K. K. Probiramt Brixlegg	1906	14.5	3.40
6	Miniera Facchini	K. K. Geolog. R. A. Vienna	1908	—	5.—
7	Monte Gallina I.	" "	"	—	2.56
8	Monte Gallina II.	" "	"	—	2.30
9	Vigo Meano I.	" "	"	—	3.60
10	Vigo Meano II.	" "	"	—	3.50
11	Valcalda I.	K. K. Probiramt Brixlegg	10/9/1911	71.6	4.98
12	Valcalda II.	" "	16/9/1911	51.6	3.40
13	Valcalda III.	S. Hel. Smelt. C. L. Londra	30/9/1911	56.8	5.50
14	Monte Vacino (fornaci)	K. K. Probiramt Brixlegg	13/1/1912	72.1	4.40
15	Vecchie gallerie Pralongò	W. Dewar Londra	1912	17.-	14.68
16	Monte Gallina III.	" "	"	14.5	5.85
17	Vigo Meano III.	" "	"	13.6	13.01
18	Vigo Meano IV.	" "	"	6.8	7.47
19	Vigo Meano alle coste	" "	"	4.0	19.—
20	Monte Gallina IV.	" "	"	13.6	6.84
21	Vecchie miniere Civezzano	" "	"	5.5	7.08
22	Masi Saracini	" "	"	11.2	7.14
23	Lavis vecchie miniere	K. K. Probiramt Brixlegg	1913	22.56	2.80
24	Lavis trincea	" "	"	43.25	3.10

DESCRIZIONE: La tabella sopra riportata contiene “24 analisi chimiche antiche eseguite tra il 1843 e il 1913 su campioni diversi, raccolti in diverse località e staccati dalle pareti delle gallerie antiche o da affioramenti, ad eccezione di due che furono formate con pezzi di minerale trovato scavando presso un antico forno di fusione”. Si nota anche che “parecchi di questi campioni furono presi da qualche quintale di minerale e non già da piccoli frammenti. Come risulta dalla tabella, il titolo di argento si mantiene in generale fra i 3 ed i 10 kg per tonnellata di piombo d’opera. La media estratta di tutte le 24 analisi ci dà precisamente 6.97 kg di argento per tonnellata di piombo”. Le analisi chimiche che hanno interessato questo studio sono quelle relative al M. Calisio e alle vecchie miniere di Civezzano (evidenziate con i rettangoli rossi, ovvero rispettivamente l’analisi nr 2 e nr 21), eseguite rispettivamente nel 1852 e 1912 da Perini e da W. Dewar Londra.

### 7.3.2 Scheda 2 - Analisi chimiche storiche - H. Oemiche - anno 1904

411 - 1904

Le Miniere argentifere di Trento dopo il 1914

L'opuscolo a stampa da notizia delle miniere fino al 1914. Durante la guerra i lavori furono interrotti, tanto da parte della società viennese "Valsugana" che della società trentina "Monte Argentario", i macchinari della quale ultima andarono distrutti. così che nemmeno nel dopo guerra riuscì a riprendere le ricerche. Successivamente si interessarono al Calisio tre gruppi: uno tedesco di Francoforte, facente capo alla Metallgesellschaft, incoraggiato da un professore di Freiberg; uno americano promosso dall'ing. Wright C. che fu poi direttore generale del servizio minerario in America sotto il pres. Hoover; ed uno francese e precisamente la società Fenarroya di Parigi. sopravvenuta la crisi in Germania, non presentò alcuna proposta concreta benché il suo interessamento fosse stato spontaneo.

Il gruppo americano fece uno studio accurato e molte campionature sulle vecchie miniere del Calisio, ma presentò le sue proposte solo dopo che la Fenarroya aveva già fondato la "Società delle Miniere di Trento con un capitale di tre milioni di L. aumentabili a venti.

La Fenarroya aveva concluso l'affare su parere favorevole di due suoi esperti che, separatamente studiarono il Calisio per un mese ciascuno.

Il programma di ricerche accettato dalla Fenarroya fu quello studiato e proposto nell'opuscolo a stampa e precisamente: traversobanco a Faedo e pozzo a Roncoigno.

Esattamente alla distanza prevista pel traversobanco ed alla profondità pel pozzo (m. 580 per la prima e m. 90 per la seconda) il facimento fu trovato, tagliato e seguito in direzione per alcune centinaia di m. lungo il banco mineralizzato.

A questo punto la Fenarroya, che nel frattempo aveva speso più quattro milioni, ebbe un'aggraviata crisi finanziaria (azioni svalutate del 50%), che ebbe eco sui grandi giornali e fu causata dal rapido declino dei prezzi dei metalli, per cui decise di abbandonare varie miniere in Sardegna anche se in produzione e le ricerche erano erarie, fra le quali il Calisio, nel quale essa sarebbe stata legata ad aumentare il capitale a 20 milioni.

In base alle esperienze ed agli studi fatti nel dopo guerra ed i dati raggiunti colle ricerche, possiamo, in aggiunta a quanto è stato esposto nell'opuscolo a stampa, riferire quanto segue:

- 5 -

Anche il gruppo americano aveva eseguito una campionatura delle miniere: S. Colomba, Val Calda, Lago Santo e Boss dell'Uccello. Secondo le analisi eseguite dal Probieramt der Berg und Huttenverwaltung Brillegg (N° 1698/2957, 25/5 1921) si sono trovate le seguenti percentuali di piombo: 5,5 - 9,1 su 41 campioni di S. Colomba, 6,0 - 6,7 su 16 campioni di Val Calda, 5,0 e 5,6 su 10 campioni del Lago Santo, 5,1 e 8,6 su 8 campioni del Boss dell'Uccello con un tenore di argento di 1,2 onz. di Ag. per t di piombo d'opera per Val Calda ed 1,3 per le altre tre.

La percentuale di argento è dunque molto più bassa della media calcolata sulle N° 24 analisi dell'opuscolo (1904, 9) il che si può spiegare, almeno in parte, col fatto che le prove sono state eseguite su campioni di roccia ossidata, le seconde invece su legami di minerale concentrato non ossidato.

Dagli atti della Valsugana risulta inoltre che in un campione del Calisio, tolto da una località non precisata, sarebbe stato trovato un tenore di oro di 70 gr. per t di Pb, risultato però non confermato con ulteriori analisi.

5° - Programma della ripresa dei lavori.

Dal risultato delle ricerche sopra esposte si può suggerire il seguente programma di lavori.

1° - Rialzo della galleria di Faedo crollata verso l'imbocco. Continuazione del tracciamento dei bacini mineralizzati in direzione, ed in profondità con discederie. Esperimenti di flottazione con minerali di vario tipo e varia ricchezza. Prove di abbattimento di zone povere e di zone ricche.

2° - Roncoigno - Riapertura del pozzo (a m. 40 vena d'acqua, ma già di direzione sul fondo asciutta perfettamente) - Continuazione del tracciamento del banco mineralizzato. - Prove di flottazione.

411 - 1904

Le campionature delle vecchie miniere del Calisio

1° - Campionatura della Soc. Viennese in "Valsugana" dal 24 giugno 1904 l'ing. Hans Oemiche assistito dal signor Munioz, eseguita per conto della Metallbank di Francoforte a.M. su campionatura generale del Doss delle Grave, S. Colomba, miniera dell'Uccello, Lago e Val Calda. La media di 40 campioni diede il 7,7% di Pb con 300-400 gr di Ag. per t di minerale grezzo. Il tonnellaggio del minerale in vista è stato calcolato in 70 mila t di concentrati al 60%.

Altre campionature avevano dato: miniere del Lago 6,1 di Pb. Contorno del Doss delle Grave 2,38 Pb di cui 1,27 di carbonato e 1,5 di scelfuro. Furono inoltre raccolti mediante perforazioni la roccia superficiale per la profondità di circa 10 cm. che diedero una media di 4,30 Pb, con carbonato e scelfuro.

2° - Campionatura degli americani.

Una campionatura limitata di 4-5 m. degli strati più ricchi diede i seguenti risultati: analisi del Probieramt der Berg und Huttenverwaltung di Brillegg):

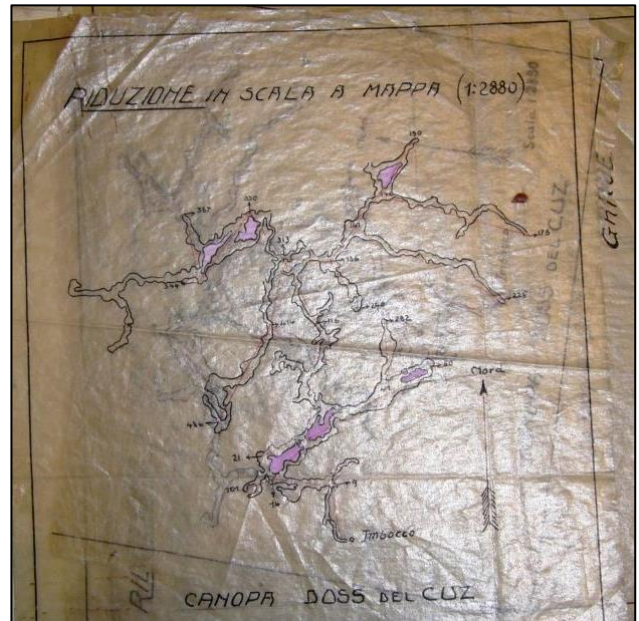
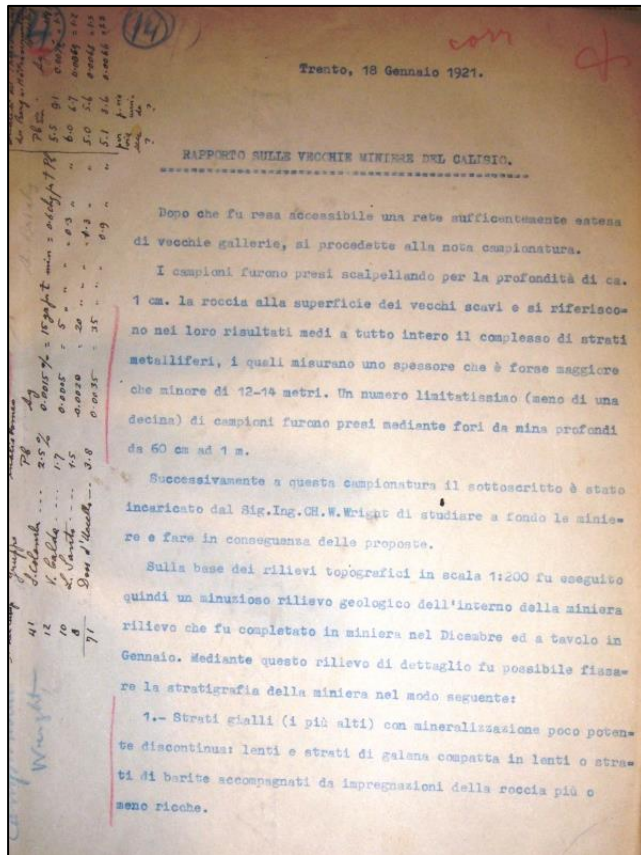
Media di 41 campioni di S. Colomba	5,5-9,1	di Pb.
" 12 "	Val Calda	6,0-6,7 "
" 10 "	L. Santo	5,0-5,6 "
" 8 "	Boss Uccello	5,1-8,6 "

La campionatura fatta sull'intero complesso degli strati aveva dato fra il 2 e il 11%.

DESCRIZIONE: Le analisi chimiche sopra riportate sono state eseguite dal 4 al 24 giugno 1904, ad opera dell'ingegnere Hans Oemiche, "assistito dal Signor Munioz. Egli eseguì per conto della Metallbank di Francoforte una campionatura generale del Doss le Grave, S. Colomba, la miniera dell'Uccello, Lago e Val Calda. La media dei 40 campioni diede il 7.7% di Pb, con 300 - 400 gr Ag /t di minerale grezzo". Gli elementi che sono stati analizzati sono piombo ed argento. Tali documenti sono stati trovati presso l'Archivio comunale di Trento.



7.3.3 Scheda 3 – Analisi chimiche storiche - G. B. Trener - anno 1921



DESCRIZIONE: Le analisi chimiche sopra riportate sono state eseguite il 18 gennaio 1921, ad opera del geologo G. B. Trener. "I campioni furono presi scalpellando per la profondità di ca. 1 cm. la roccia alla superficie dei vecchi scavi e si riferiscono ai loro risultati medi a tutto intero il complesso di strati metalliferi, i quali misurano uno spessore che è forse maggiore che minore di 12 – 14 metri. Un numero limitatissimo (meno di una decina) di campioni furono presi mediante fori da mina profondi da 60 cm a 1 m." Gli elementi che sono stati analizzati sono piombo ed argento. Sopra è riportata una cartina originale disegnata da G. B. Trener di una delle canope presenti sul M. Calisio.

7.3.4 Scheda 4 - Analisi chimiche storiche – L. Roccabruna - anno 1951

**CANTIERE DOSS LE GRAVE - S. AGNESE**  
 (Imp. fu L. Roccabruna - Fornace - Ricerche e campionature :  
 Maggio - Dicembre 1950 - Aprile- Ottobre 1951)

**CAMPIONATURE VECCHIE DISCARICHE**  
**PERMESSO S. COLOMBA**  
**Novembre 1951**

32)

Analisi campionature in superficie, con approfondimenti mediante pozzezzetti risultati analizzati negli elenchi:

N.	Pb. %	Ag. %	S. %	T. M.	OSSEVAZIONI
C 1 a	1,26	2,36	70	-	2,36 70 da 115 mt. parte unica
C 1 b	1,48	1,60	92	-	1,60 92 da 517 id. id.
C 1 bis R	1,16	1,23	62	14,20	1,60 92 da 517 id. id.
" S	0,20	0,20	7%	-	89,80 (0,34 9 id. id.
" R	9,00	8,28	175	0,91	-
" S	0,36	0,16	25	-	99,09 (0,22 26 id. id.
C 2 R	17,75	18,10	288	1,12	-
" S	β	β	β	-	98,88 (0,20 3 id. id.
C 2 bis R	10,10	9,90	180	-	-
" S	0,47	0,51	tr.	-	50 % ( 5,20 50 id. id.
C 2 bis R	4,05	4,09	60	0,50	-
" S	tr.	β	tr.	-	99,99 (0,20 3 id. id.
C 3	β	β	β	-	-
C 4	β	β	β	-	-
C 5	β	β	β	-	-
C 6	β	β	β	-	-
C 7	0,70	0,49	8	-	0,49 8 id. id.
C 8	β	β	β	-	-
C 9	0,80	0,52	7	-	0,52 7 id. id.
C 9 bis R	β	β	β	1,42	-
" S	β	β	β	-	85,8 β β id. id.
C 10	β	β	β	-	-
C 11	2,70	2,28	68	-	2,28 68 id. id.
C 12	1,53	1,41	54	-	1,41 54 id. id.
C 13	2,70	2,66	92	-	2,66 92 id. id.
C 14	3,25	3,42	78	-	3,42 78 id. id.
C 14 bis	0,50	0,37	tr.	-	0,37 tr. id. id.
C 15 bis	13,55	14,31	492	-	14,31 492 id. id.
C 15 bis R	4,50	5,25	118	83,30	-
" S	0,35	0,20	tr.	-	16,70 ( 4,40 98 id. id.
C 16	2,70	2,74	74	-	2,74 74 parte unica di campi id. id.
C 17	1,71	1,02	28	-	1,02 28 id. id.
C 18	1,08	1,06	29	-	1,06 29 id. id.

33)

N.	Pb. %	Ag. %	S. %	T. M.	OSSEVAZIONI
C 19	1,17	1,24	47	-	1,24 47 Parte unica
C 20	2,05	1,80	144	-	1,80 144 " "
C 21	16,90	16,90	256	-	16,90 256 " "
C 22	0,90	0,56	26	-	0,56 26 " "
C 23	β	β	β	-	- " "
C 24	β	β	β	-	- " "
C 25	0,36	0,72	16	-	0,72 16 " "
C 26	1,13	1,14	30	-	1,14 30 " "
C 27	2,32	2,70	47	-	2,70 47 " "
C 28	β	β	β	-	- " "
C 28 bis R	0,09	0,12	tr.	40 %	-
" S	β	β	β	-	60 % ( β β id. id.
C 29	β	β	β	-	-
C 30	0,30	0,35	tr.	-	0,35 tr. " "
C 31	β	β	β	-	- " "
C 32	β	β	β	-	- " "
C 32 bis R	2,40	2,67	60	50 %	-
" S	0,55	0,50	37	-	50 % ( 1,58 47 id. id.
C 33	1,35	2,16	92	0,77	-
" S	β	β	β	-	99,99 ( β β " "
C 34	β	β	β	-	-
C 35	1,15	1,60	53	-	1,60 53 " "
C 36	3,24	3,24	168	-	3,24 168 " "
C 37	1,55	1,72	82	-	1,72 82 " "
C 38	3,87	4,20	170	-	4,20 170 " "
C 39 R	1,98	2,05	40	16,70	-
" S	0,20	0,37	22	-	83,30 (0,64 7 " "
C 40	0,40	tr.	tr.	-	-
C 44 R	1,72	1,96	37	33,30%	-
" S	0,20	0,28	22	-	66,67 (0,83 26 " "
C 48	β	β	β	-	-
C 49 R	2,80	2,96	68	75,00	-
" S	β	β	β	-	25,00 ( 2,22 51 " "
C 50 R	1,31	1,65	52	14,20	-
" S	0,20	0,12	19	-	85,80 (0,33 9 " "
C 51 R	0,90	1,20	66	0,83	-
" S	1,15	1,28	72	-	99,99 (1,27 77 " "
C 52 R	2,97	3,20	90	40,00	-
" S	0,40	0,68	22	-	60,00 (1,67 49 " "
C 53 R	1,98	2,30	102	33,33	-
" S	0,10	0,16	tr.	-	66,67 (0,87 34 " "

35)

N.	Pb. %	Ag. %	S. %	T. M.	OSSEVAZIONI
C 61 R	β	β	β	20,00	( β β -
" S	β	β	β	80,00	( β β -
C 62 R	4,24	5,15	90	50,00	( 2,74 48 -
" S	0,27	0,35	7	50,00	( β β -
C 63 R	3,45	3,83	105	50,00	( 2,39 76 -
" S	0,80	0,97	48	50,00	( β β -
C 64 R	5,22	5,25	165	50,00	( 3,19 109 -
" S	0,93	1,15	55	50,00	( β β -
C 65 R	2,70	2,88	82	33,00	( 1,50 32 -
" S	0,81	0,78	8	67,00	( β β -
C 66 R	3,25	5,77	104	20,00	( 1,51 23 -
" S	0,25	0,21	4	80,00	( β β -
C 67 R	0,63	0,75	30	30,00	( 0,20 9 -
" S	β	β	β	70,00	( β β -
C 68 R	2,16	2,59	80	40,00	( 1,31 45 -
" S	0,60	0,45	22	60,00	( β β -
C 69 R	8,10	9,32	194	57,00	( 5,20 233 -
" S	0,99	1,70	45	53,00	( β β -
C 70 R	4,32	4,05	140	88,50	( 2,24 79 -
" S	1,10	0,95	35	71,50	( β β -
C 71 R	3,15	3,25	115	33,00	( 2,13 71 -
" S	1,26	1,59	50	67,00	( β β -
C 72 R	5,50	5,34	124	16,50	( 0,98 20 -
" S	0,10	0,09	tr.	83,50	( β β -
" S	0,20	0,15	tr.	83,50	( β β -

C 41, 42, 43 non furono prelevati i campioni, perchè si decise d'iniziare i pozzezzetti in quella zona.  
 I tenori medi sono stati calcolati in % di Pb. ottenuto per via secca per uniformarsi ai risultati di tutte le analisi dei pozzezzetti eseguite con lo stesso metodo nell'anno dopo dal Laboratorio di S. Agnese.

Trincee versanti Ovest e Sud:

N.	Pb. %	Ag. %	S. %	T. M.	OSSEVAZIONI
a	β	β	β	-	β β β da 0,00:2,50 mt.
b	β	β	β	-	β β β " 2,50:7,00 "
1 bis R	3,24	3,32	80	16,70	( 0,92 21,- " "
" S	0,45	0,44	10	83,30	( β β " "
a R	4,68	4,93	106	50,00	( 2,65 76,- da 0,00:6,00 "
" S	0,50	0,40	46	50,00	( β β " "

DESCRIZIONE: Le analisi chimiche sopra riportate sono state eseguite da aprile ad ottobre 1951, ad opera di L. Roccabruna, presso i laboratori di ricerche di La Spezia. Esse sono state effettuate su 123 campioni di roccia, nella zona "Le Grave", di cui 83 raccolti in superficie, 2 in trincea ed i restanti 38 prelevati nella discarica, avente uno spessore di 2 metri. Gli elementi che sono stati analizzati sono piombo ed argento. Tali documenti sono stati trovati presso l'Archivio comunale di Trento.



### 7.3.5 Scheda 5 – Analisi chimiche storiche - S. Zink - anno 1958

Santa Colomba 7	
Straßenaufschluss	
146 g	
Pb %	27,67
Zn %	0,12

Santa Colomba 8	
Straßenaufschluss <i>Vicino alla strada</i>	
120 g	
Pb %	43,17
Zn %	0,20
Cu %	0,20
As %	Spur
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	3,63
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	0,10
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> %	0,39
CaO %	11,60
MgO %	5,36
S %	6,65
SiO <sub>2</sub>	13,10
Ag g/T	703,5 g
Au g/T	3,19
spez. Gew.	3,19

*D. H. Danicus*

**Stolberger Zink**  
Aktiengesellschaft für Bergbau und Hüttenbetrieb

*M. Perna* *H. Spat*

Le Grave 1	
pozzo 30 5 m Teufe	
210 g	
Pb %	13,15
Zn %	0,50
Cu %	0,15
As %	Spur <i>Trace</i>
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	5,26
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	0,33
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> %	0,60
CaO %	14,85
MgO %	6,96
S %	1,45
SiO <sub>2</sub> %	36,25
Ag g/T	226,0 g
Au g/T	0,1 g
Spez. Gew.	-----

	Le Grave 2	Le Grave 3	Le Grave 4	Le Grave 5	Le Grave 6
	Galerie 7	G 14	pozzo 9	pozzo 9	pozzo 11
	140 g	136 g	170 g	175 g	220 g
Pb %	11,71	11,67	40,85	2,50	20,95
Zn %	0,16	0,24	0,16	0,16	0,08
Ag g/T	255,5 g	356,5 g	1197,0 g	80,0 g	668,5 g
spez. Gew.		2,79			3,29

**Stolberger Zink**  
Aktiengesellschaft für Bergbau und Hüttenbetrieb

*M. Perna* *H. Spat* *D. H. Danicus*

DESCRIZIONE: Le analisi chimiche sopra riportate sono state eseguite il 29 settembre 1958, ad opera di Stolberger Zink, presso Abteilung Munsterbusch - Centrallaboratorium. Esse sono state effettuate su 9 campioni di roccia, 2 dei quali prelevati nella zona "S. Colomba", 7 raccolti nell'area "Le Grave". In particolare, sono stati analizzati: piombo, zinco, rame, arsenico, ossido di ferro trivalente, ossido di alluminio, ossido di manganese, ossido di calcio, ossido di magnesio, zolfo, ossido di silicio, argento e oro. In queste analisi sono riportati anche i pesi in grammi dei campioni sui quali sono state effettuate le analisi chimiche. I campioni provenienti da "S. Colomba" sono stati prelevati in superficie, quelli derivanti da "Le Grave" sono stati raccolti in sotterraneo (da pozzi e gallerie). Tali analisi sono citate anche nei documenti storici del 1968 (di Dessau e Perna) e del 1980 (di Spat).

7.3.6 Scheda 6 – Analisi chimiche storiche - G. Dessau e G. Perna - anno 1968

Campione e Località		ANALISI CHIMICHE																												Campione e Località				
Elementi		Analisi chimiche eseguite presso i laboratori dello														Stabilimento AMMI S.p.A. di Ponte Nossa (Bergamo)														Elementi				
		101 Colalunga	108 bis Annaberg	118 S. Colomba	119 S. Colomba	120 Doss de le Grave	122 Faedo	124 Agli Orti	127 V. di Perno	128 V. di Perno	129 V. di Perno	130 Roncogno	140 Agli Orti	141 Agli Orti	142 Agli Orti	153 Montagna	164 Fontanega	165 Lonergno	166 Quabate	167 Fregioso	168 Nogh	169 Fregioso	170 Fregioso	171 S. Colomba	182 Roncogno	184 Roncogno	185 Fregioso	189 Fregioso	200 Fregioso	201 bis Fregioso	Elementi			
Zn tot. %	<0,100	8,60	2,45	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	8,84	13,77	8,70	<0,100	1,40	<0,100	<0,100	1,45	<0,050	0,53	1,10	1,60	10,15	0,47	0,98	0,120	0,03	4,50	0,82	0,245	0,98	0,067	Zn tot. %				
Zn O								0,81	0,79	1,06																					Zn O			
Pb tot.	78,60	24,25	3,10	16,70	22,50	39,70	23,05	0,49	4,00	1,42	27,20	0,65	23,74	23,50	21,90	6,60	0,78	67,30	6,95	13,80	0,29	0,65	5,05	28,50	78,15	0,25	1,23	0,70		Pb tot.				
Pb O								0,043	0,364	0,138																					Pb O			
Cu	0,0035	0,132	0,0300	0,3000	0,400	0,0110	0,0120	0,067	0,072	0,036	0,0110	0,0130	0,0050	0,0060	4,60	0,0050	0,0028	0,184	0,0013	0,6600	0,0013	0,019	0,0030	0,0138	0,14	ass.	ass.	ass.	ass.	Cu				
Cd			0,0100					0,071	0,114	0,064			0,0120	0,0060	0,0100	0,0060	ass.			0,0610		0,020			ass.	0,043	ass.	ass.	ass.	Cd				
Ca	0,23							1,97	1,28	0,39																					Ca			
Mg	0,09							0,58	0,44	0,26																					Mg			
SiO <sub>2</sub>	43							34,47	40,00	53,30																					SiO <sub>2</sub>			
Fe	1,28	2,30	3,80			0,87		14,37	9,73	6,80			0,71	0,51	2,40	17,70	1,50			0,900	19,60	1,56	1,46	2,12	0,95	1,11	0,56	0,61	1,67		Fe			
As	0,0175	ass.	0,0120					0,0008	0,00006	0,0001					0,25	0,0012	0,0025			13,80	0,030					0,02	0,01	0,012	0,007		As			
Co	0,0010	ass.	0,0020					0,0075	0,0096	0,00145					0,0036	0,0010	0,0008			0,0020	0,001			0,0004	0,0008	0,0004	0,0006	0,0004	0,0004		Co			
Ge	0,0095												0,0021	0,0009	1,00175	0,0021	0,0025			0,0023	0,0015			0,0009	0,0110	0,0006	0,0001	0,0006	0,0016		Ge			
Mn	0,160	0,610						0,38	0,28	0,21			0,069	0,061	0,0200	1,92	0,815			0,124	0,19				0,15	0,085	0,13	0,11			Mn			
Ni	0,0005	0,0043	0,0016					0,022	0,010	0,0029			0,0010		0,0130		0,0010			0,0030		0,0027			0,0005		0,001	0,00115	0,0015		Ni			
Sb	0,050	0,112	1,30					0,0005	0,0005	0,0005			0,060	0,080	1,30	0,050								0,12	0,07	0,001					Sb			
Sn	0,0010		0,0110					0,0005	0,0005	0,0005						0,0050				0,0200				0,0025	0,040	0,001	0,002	0,0015	0,002		Sn			
Bi								ass.	ass.	ass.												0,0010			0,006		ass.	0,004	ass.	0,003		Bi		
Hg	ass.												ass.	ass.	0,032	ass.	ass.															Hg		
Tl	0,0003		0,0004										0,00025	0,0003	0,00105	0,0003	0,0002					0,0002	0,00102		0,00006	0,0002	0,00006	0,00005	0,00005	0,00014		Tl		
Ag	0,0260	0,0670	0,0230					0,0070	0,0083	0,0067			0,130	0,1110	0,0950	0,0370	0,0015					0,0115			0,049	0,1995						Ag		
S tot.	12,82	9,80	3,5					11,82	12,73	5,58			7,90	7,50	8,35	2,25															S tot.			
S in SO <sub>2</sub>	0,23		0,40										3,75	3,35	0,945	1,20															S in SO <sub>2</sub>			

Località		GALENE												
		Preparati	N° spettrogrammi	Ba	Fe	Co	Ni	Cu	Ag	Zn	Sn	As	Sb	Bi
VIII. Giacimenti di galena, barite, siderite														
a. ZONA DEL CALISIO														
1. Agli Orti	124 A	3	1000	+	—	—	—	tr.	300	—	—	3	3000	tr.
	125 A	3	> 1000	+	—	—	—	tr.	850	—	—	3	3000	—
	160 X A	3	—	+++	—	—	—	+	850	tr.	—	25	900	—
	160 A	3	—	+	—	—	—	+	850	tr.	—	9	3000	—
	161 X A	3	—	+++	—	—	—	tr.	650	tr.	—	tr.	2000	—
	161 A	3	—	++	—	—	3	tr.	850	tr.	—	70	4000	—
	175 A	3	—	+	—	—	—	+	1000	tr.	5	25	3000	—
2. S. Colomba	118 X A	3	—	+++	—	—	+	300	+	9	25	2000	tr.	
	118 A	3	300	++	—	—	+	300	+	—	100	3000	—	
	118 bis A	3	—	++	tr.	3	+	650	—	—	150	3000	—	
3. Doss de le Grave	171 A	3	< 1	+++	3	9	+	300	+	—	100	2500	—	
	119 A	3	100	++	—	1	+	500	+	2	300	3000	—	
	120 A	3	1000	++	—	—	+	850	tr.	9	900	> 3000	—	
	189 A	3	—	+	—	—	+	1000	—	—	20	3000	—	
4. Roncogno	130 A	3	40	++	—	—	+	300	tr.	—	3	2500	—	
	182 A	4	tr.	+	—	—	+	300	tr.	—	25	3000	—	
5. Faedo	123 A	3	300	++	—	tr.	tr.	850	tr.	tr.	350	3000	—	
	190 A I	6	—	++	11	5	+	850	tr.	—	250	3000	—	
	190 A II	3	—	+	—	—	+	850	tr.	tr.	300	3500	—	

DESCRIZIONE: Le analisi chimiche sopra riportate sono state eseguite nel 1986, ad opera di Gabor Dessau e Giuliano Perna, presso i laboratori dello stabilimento AMMI S.p.A. di Ponte Nossa (Bergamo). Esse sono state effettuate su 210 campioni di roccia totali, ed in particolare su 7 campioni provenienti dal M. Calisio. Sono stati analizzati i seguenti elementi: bario, piombo, ferro, cobalto, nichel, rame, argento, zinco, stagno, arsenico, bismuto ed antimonio. Nel documento originale "sono state riportate le analisi chimiche eseguite dall'AMMI: si tratta di analisi molto significative per il gran numero di elementi determinati. Vengono tuttavia riprodotte anche le analisi chimiche effettuate da Montecelva Soc. nel 1958, perché sono le uniche da cui si possa risalire al tenore di Ag, essendo poco attendibili gran parte dei vecchi dati riportati in bibliografia".

7.3.7 Scheda 7 – Analisi chimiche storiche - G. Spat - anno 1980

Vancouver, B.C. DATE ANALYSED Aug, 1980

ATTN: Tony Spat

SAMPLE NO.:	% Cu	oz/T Ag	% Zn	% Pb	
<b>S. COLOMBA ZONA</b>					
TSC 1	0.02	1.32	0.02	3.68	
2	0.03	0.88	0.02	1.92	
3	0.02	0.74	0.06	1.96	
4	0.02	0.44	0.06	1.16	
5	0.02	0.56	0.04	1.88	
6	0.03	0.84	0.06	1.52	
7	0.02	0.26	0.02	0.32	
60	0.02	0.03	0.02	0.02	
61	0.02	0.02	0.02	0.02	
62	0.02	0.04	0.02	0.02	
63	0.02	0.04	0.02	0.02	
64	0.02	0.04	0.02	0.02	
65	0.02	0.02	0.02	0.02	
66	0.02	0.02	0.04	0.02	
67	0.02	0.06	0.02	0.02	
68	0.02	0.12	0.12	0.50	
69	0.01	1.12	0.04	2.30	
70	0.03	0.58	0.02	2.32	
71	0.05	2.10	0.02	4.30	
72	0.02	1.38	0.02	3.54	
75	0.02	0.14	0.14	0.18	
76	0.02	0.16	0.04	0.10	
77	0.02	0.16	0.02	0.20	
78	0.02	0.10	0.04	0.14	
79	0.02	0.12	0.02	0.16	
<b>DOSS LE GRAVE</b>					
DG 10	0.05	0.60	0.02	0.42	
11	0.05	1.20	0.02	2.30	
12	0.03	2.86	0.02	1.64	
13	0.08	1.18	0.02	1.58	
14	0.05	1.24	0.02	1.36	
15	0.02	0.54	0.04	0.68	
16	0.01	0.20	0.02	0.24	
17	0.02	0.86	0.02	1.90	
18	0.04	1.06	0.02	2.24	
19	0.01	0.90	0.02	1.84	
20	0.02	0.16	0.02	0.20	
21	0.03	0.50	0.02	0.32	
22	0.01	0.08	0.04	0.06	
23	0.02	0.46	0.02	0.96	
DG 24	0.02	0.12	0.02	0.04	

Certified by *J. Rossbach*

SAMPLE NO.:	% Cu	oz/t Ag	% Zn	% Pb
DG 25	0.01	0.06	0.02	0.04
26	0.02	0.16	0.02	0.46
27	0.02	0.30	0.02	0.52
28	0.07	0.83	0.02	1.56
29	0.02	0.34	0.02	0.42
30	0.04	0.36	0.02	0.60
31	0.05	0.80	0.04	1.04
32	0.02	0.64	0.02	0.10
33	0.02	0.14	0.04	1.34
34	0.04	1.12	0.02	1.94
35	0.02	0.40	0.02	0.58
36	0.02	0.80	0.02	1.64
37	0.03	0.72	0.02	1.40
38	0.02	0.82	0.04	1.48
39	0.02	0.54	0.02	0.96
40	0.02	0.58	0.02	0.92
41	0.01	0.08	0.02	0.02
42	0.03	1.30	0.04	2.82
43	0.03	1.12	0.04	2.10
44	0.02	2.30	0.02	5.70
45	0.04	0.90	0.02	2.02
46	0.02	0.26	0.02	0.40
47	0.03	0.22	0.02	0.40
48	0.05	1.14	0.02	2.16
49	0.02	1.40	0.04	3.02
50	0.03	1.50	0.04	2.10
DG 110	0.02	1.56	0.06	3.00
111	0.03	3.94	0.92	9.40
112	0.02	0.76	0.04	1.38
113	0.03	1.10	2.42	2.30
114	0.02	0.10	0.06	0.16
115	0.02	0.44	0.06	0.84
116	0.02	0.04	0.02	0.06
117	0.02	0.58	0.02	1.06
118	0.02	0.04	0.02	0.02
119	0.02	0.24	0.02	0.66
120	0.02	1.14	0.02	1.82
121	0.02	0.14	0.02	0.34
122	0.14	2.60	0.02	4.14
123	0.02	0.50	0.02	1.18

Certified by *J. Rossbach*

ATTN: Tony Spat

SAMPLE NO.:	% Cu	oz/T Ag	% Zn	% Pb	
<b>DOSS DEL CUZ</b>					
DG 124	0.01	0.02	0.02	0.02	
125	0.02	0.02	0.02	0.04	
126	0.01	1.00	0.02	1.86	
127	0.01	2.54	0.02	6.00	
128	0.03	2.08	0.02	3.70	
129	0.03	1.60	0.02	3.24	
130	0.02	0.10	0.02	0.20	
131	0.01	0.34	0.02	0.92	
132	0.01	2.94	0.02	7.50	
133	0.02	2.40	0.02	5.30	
134	0.03	1.48	0.02	3.44	
135	0.02	1.18	0.02	2.74	
136	0.01	0.04	0.02	0.12	
137	0.02	0.90	0.02	1.74	
138	0.02	0.32	0.02	0.56	
139	0.09	3.90	0.02	3.90	
140	0.05	2.74	0.02	4.50	
<b>DOSS DEL CUZ</b>					
KC 90	0.01	0.06	0.02	0.56	
91	0.02	0.04	0.02	0.14	
92	0.02	0.02	0.02	0.06	
93	0.02	0.02	0.02	0.12	
94	0.02	0.02	0.02	0.06	
95	0.03	0.04	0.02	0.46	
96	0.02	0.08	0.02	0.24	
97	0.02	0.36	0.02	0.84	
98	0.02	0.74	0.02	2.06	
99	0.03	0.46	0.02	0.84	
100	0.07	4.00	0.02	7.70	
101	0.03	0.60	0.02	1.22	
<b>MONTAGIO</b>					
MO 102	0.01	0.26	0.02	0.74	
150	3.40	12.5	1.68	13.8	
151	0.18	1.44	0.02	3.48	
152	0.02	0.44	0.02	0.32	
<b>FAEDO</b>					
FA 160	0.04	0.80	0.02	1.14	
161	0.03	0.22	0.02	0.64	
162	0.04	0.20	0.02	0.24	
163	0.32	11.9	0.02	3.30	
164	0.03	5.80	0.02	10.4	
165	0.03	1.48	0.02	3.34	
166	0.03	0.10	0.02	0.40	

Certified by *J. Rossbach*

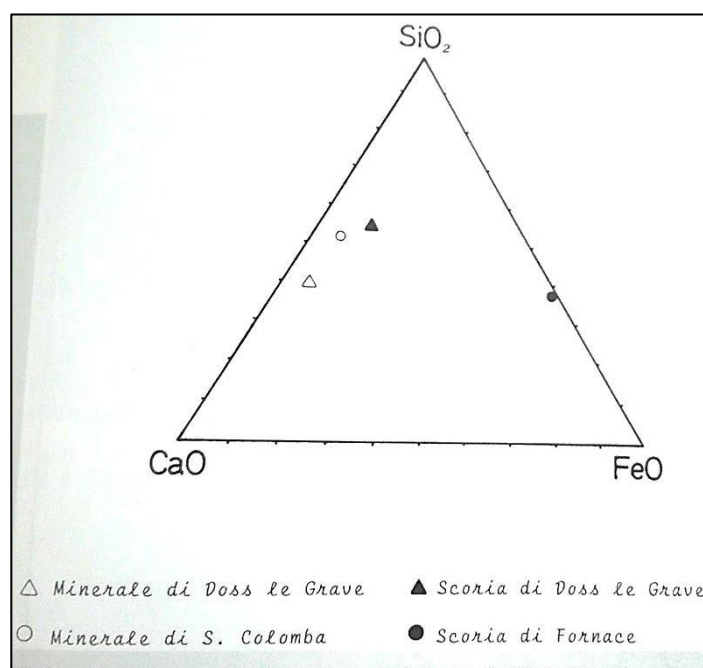
SAMPLE NO.:	% Cu	oz/t Ag	% Zn	% Pb
FA 167	0.03	0.02	0.02	0.04
FA 168	0.03	26.3	0.02	46.0
FA 169	0.03	0.08	0.02	0.02
FA 170	0.03	0.02	0.02	0.02
RONC - Y	1.36	7.70	0.16	12.8
FAE - T	0.05	25.5	0.02	0.02

Certified by *J. Rossbach*

DESCRIZIONE: Le analisi chimiche sopra riportate sono state eseguite nell'agosto 1980, ad opera di Giuseppe Spat, presso Rossbacher Laboratory Ltd. – Geochemical Analysis & Assayers. Esse sono state effettuate su 110 campioni di roccia prelevati nelle zone de "Le Grave", "S. Colomba", "Doss del Cuz", "Montagio" e "Faedo", zone localizzate sul M. Calisio. In particolare, sono stati analizzati quattro elementi (in % e Oz/t): piombo, zinco, rame ed argento.

### 7.3.8 Scheda 8 – Analisi chimiche su scorie - C. C. Tizzoni - anno 1990

%	DOSS LE GRAVE	FORNACE	BRANDES	PIANA DEL PONTE
PbO	2,56	<0,001	<0,001	1,968
SO <sub>3</sub>	1,366	0,044	0,189	1,99
SiO <sub>2</sub>	39,59	32,09	26,67	36,20
CuO	0,013	0,026	0,033	0,422
Ag <sub>2</sub> O	0,00085	0,0002	0,002	0,00074
FeO	8,31	50,64	56,35	44,67
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,0012	0,0049	0,0008	0,0055
MnO	1,50	0,076	0,19	0,098
CaO	24,62	1,197	3,39	3,147
MgO	7,12	2,43	0,573	3,56
K <sub>2</sub> O	3,85	6,19	8,35	6,02
Na <sub>2</sub> O	3,31	5,92	2,79	3,66
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,0025	0,068	0,032	0,0064
tot	92,24	98,68	98,56	101,75



DESCRIZIONE: Le analisi chimiche sopra riportate sono state eseguite su scorie provenienti dalle aree "Le Grave", "Fornace", "Brandes" e "Piana del Ponte", nel 1990, ad opera di Costanza Cucini Tizzoni. Nel documento, non è riportato il numero di campionamenti effettuati. Sono stati analizzati gli ossidi di: piombo, zolfo, silicio, rame, argento, ferro bivalente, arsenico, manganese, calcio, magnesio, potassio, sodio e fosforo. È stato poi creato un diagramma ternario di fase secondo il sistema CaO – FeO – SiO<sub>2</sub>. Si notino le diverse posizioni delle Scorie de "Le Grave" e di "Fornace".



### 7.3.9 Scheda 9 – Analisi chimiche dei suoli - Comune di Trento - anno 2012

**Tabella 10: Concentrazioni metalli nel suolo (mg/kg): area influenzata mineralizzazioni del Monte**

**Calisio**

	Sb	Ag	As	Ba	Bi	Cd	Co	Cr	Mn	Hg	Mo	Ni	Pb	Cu	Sn	V	Zn
Numero	47	18	91	7	4	92	92	92	92	84	2	92	92	92	84	92	92
Valore medio	1,8	4,7	6,6	1886	2,2	1,0	7	13	353	0,1	1,1	9	342	25	4	29	94
SD	1,8	5,0	3,5	1010	1,5	1,0	8	5	141	0,2	0,2	5	777	27	2	15	92
95°percentile	4,0	13,7	13,5	3057	3,9	2,6	18	23	599	0,4	1,2	18	1714	86	8	45	274
90°percentile	2,8	9,5	12,0	3054	3,6	1,7	13	21	529	0,3	1,2	16	607	55	6	38	147
Mediana	1,2	2,3	5,7	2120	1,9	0,7	5	13	327	0,1	1,1	8	80	14	4	30	65
Mass	12,5	20,8	20,0	3060	4,3	6,7	65	26	864	1,1	1,2	26	5150	155	11	112	669
Min	0,8	1,0	1,7	780	0,9	0,2	1	5	141	0,0	1,0	3	9	2	1	9	26

DESCRIZIONE: La tabella sopra riportata mette in evidenza le concentrazioni dei metalli del suolo, espressi in mg/kg, dell'area influenzata da mineralizzazione nel M. Calisio. Tali analisi chimiche sono state effettuate dal Comune di Trento, presso il Settore laboratorio e controllo APPA (P.A.T.) su 110 campioni di suolo, prelevati a mano nei primi dieci centimetri di terreno, e prelevati tramite microsondaggi. I campioni sono stati sottoposti ad analisi chimiche per i seguenti metalli: antimonio, argento, arsenico, bario, bismuto, cadmio, cobalto, cromo, manganese, mercurio, molibdeno, nichel, piombo, rame, selenio, stagno, vanadio e zinco. È stato effettuato questo tipo di studio per confermare il ritrovamento di valori anomali in piombo nei campionamenti di terreni effettuati nell'area di controllo di Trento Nord; e per avvalorare la constatazione che la città di Trento ricade in un territorio caratterizzato dalla presenza diffusa di mineralizzazioni.

## 7.4 Appendice 4 – Ingressi ai siti di campionamento



Figura 29. Ingresso della Canopa delle Acque.



Figura 30. Ingresso inferiore della Canopa dell'Uccello.



Figura 31. Ingresso superiore della Canopa dell'Uccello.



Figura 32. Ingresso della Canopa del Lago o di Santa Colomba.



Figura 33. Parte della discarica dell'area "Le Grave".



Figura 34. Ingresso Canopa delle Grave.



## 7.5 Appendice 5 – Fotografie dei campioni a mano e microscopici



Figura 35. Campione ricco in galena proveniente dalle Grave.



Figura 36. Campione di barite con cristalli di galena proveniente dalla discarica de "Le Grave". Ritrovamento di F. Ferrari.



Figura 37. Geode di aragonite proveniente dal Monte Calisio. Coll. G. Zampedri.



Figura 38. Cristalli di azzurrite provenienti dal Monte Calisio. Foto di L. Boselli.



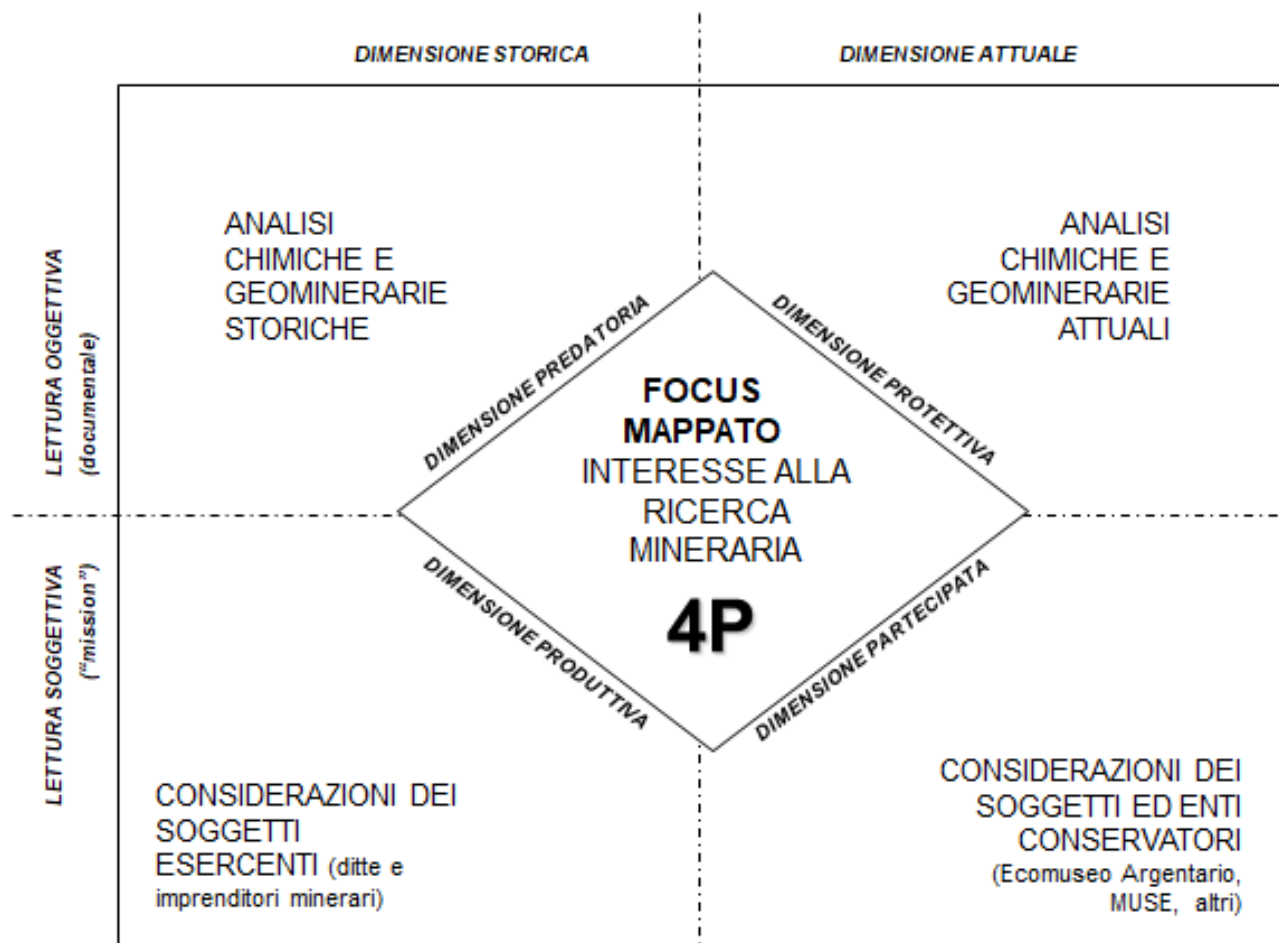
Figura 39. Cristallo di cerussite proveniente dal Monte Calisio. Foto di L. Boselli.



Figura 40. Cristalli di malachite e azzurrite provenienti dal Monte Calisio. Foto di L. Boselli.



## 7.6 Appendice 6 – Disegno della ricerca



## 8. BIBLIOGRAFIA

C. Andreatta (1949), *Origine dei giacimenti nel Permiano Superiore del Trentino e influenza del manganese sulla metallizzazione a galena argentifera*. Società Cooperativa Tipografica, Padova.

Angelucci, Casagrande, Colecchia, Rottoli (2013), *Apsat 2. Paesaggi d'altura del Trentino. Evoluzione naturale ed aspetti culturali*.

*Biografia di G. B. Trener*. Estratto documentale, Archivio storico Servizio Minerario P.A.T.

A. Cavinato (1964), *Giacimenti Minerari*. U.T.E.T. (Unione Tipografico – Editrice Torinese). Ordinario nel Politecnico di Torino.

D. di Colbertaldo (1967), *Giacimenti Minerari – Giacimentologia generale e giacimenti di Pb, Zn (e Ag) – Vol.I*. Edizioni Cedam, Padova.

E. Curzel (2007 - 2008), *Il Codice Vanga, un principe vescovo e il suo governo*. Provincia Autonoma di Trento, Soprintendenza per i Beni Storico-artistici.

F. Ferrari (Inedito Servizio Minerario), *La legislazione mineraria italo-tirolese, "sconosciuta" fonte di interesse*.

A cura di F. Ferrari (2008), *Silbrari Montis Arçentarie*. Ecomuseo dell'Argentario.

F. Ferrari (2010 – 2011), *Trento e il "suo" Calisio. Fatti e focus socialmente significativi tra Ottocento e Novecento*, corso di Storia Contemporanea, Università degli Studi di Trento, Sociologia.

F. Ferrari (2014), *Uominiere – osservazioni preliminari per lo studio dei sistemi di miniera*. Tesi di laurea in Sociologia, Università degli Studi di Trento.

F. dell'Amore, L. Concini (2017), *L'attività mineraria trentina fra XIX e XX secolo: rilettura storico documentale intorno ai titoli minerari. Un caso di studio: l'ex area mineraria di S. Colomba (M. Calisio)*.

G. Perna, G. Dessau (1968), *Le mineralizzazioni a galena e blenda del Trentino - Alto Adige e loro contenuto in elementi accessori*. Symposium internazionale sui giacimenti minerari delle alpi, Trento – Mendola 11 – 18 settembre 1966. Arti grafiche Saturnia, Trento.

G. Perna (1964), *L'industria mineraria nel Trentino – Alto Adige* (volume I – III). A.A.V.V. – estratto dall'Economia Trentina, edizioni C.C.I.A.A. di Trento, Arti grafiche Saturnia, Trento.

A.G. Spat (1980), *The silver – lead exploration permits of M. Corona e M. Calisio - S. Colomba in the Province of Trento and the Nalles permit in the Province of Bolzano – South Tyrol, Italy*. Archivio storico Servizio Minerario P.A.T.

A.G. Spat (1980), *Certificate of analysis, Rosbacher Laboratory Ltd, geochemical analysts and assayers*. Archivio storico Servizio Minerario P.A.T.

A. Stella (1953), *Studi e ricerche storiche sulla regione trentina*. Comitato economico – scientifico triveneto per studi, applicazioni e ricerche presso l'Università di Padova, Stediv – Padova.

G.B. Trener (1917), *Scritti Geografici e Geologici, Vol I. Le antiche miniere di Trento*. Mons Argentarius, società a g.l. in Trento. A. XXXIV – Studi trentini di scienze naturali – 1.1957 Museo di Storia naturale della Venezia Tridentina.

U. Toschi (1956), *L'economia industriale della Regione Trentino-Alto Adige*. Parte Prima: Fondamenti, vol.II. Arti grafiche "Saturnia".

## 9. RINGRAZIAMENTI

A conclusione del tirocinio svolto, vorrei porre i miei più sentiti ringraziamenti al Servizio Minerario della Provincia Autonoma di Trento, in particolare al Dirigente dott. Alessandro Tomasi, che mi ha offerto la possibilità di svolgere il tirocinio presso la loro struttura provinciale; al tutor aziendale dott. Flavio Ferrari, per la professionalità e l'approfondita conoscenza storico mineraria; nonché al prof. dott. Gianluca Bianchini, quale tutor accademico.

Sentiti ringraziamenti anche a: dott.ssa Lara Casagrande, Direttrice dell'Ecomuseo Argentario, per la disponibilità mostrata durante le uscite ed i sopralluoghi per i campionamenti dei minerali e per l'organizzazione del convegno; al dott. Paolo Ferretti, per la pazienza, il tempo e la disponibilità dedicatami durante i sopralluoghi e durante le analisi mineralogiche in spettroscopia Raman a Volta Mantovana (MN), e al microscopio a scansione elettronica presso il MUSE. Ringraziamenti doverosi anche ad Ivano Rocchetti, proprietario dello spettrometro Raman; e al giacimentologo Manuel Conedera, per i preziosi consigli durante i campionamenti.

Un grazie lo rivolgo anche a tutti i dipendenti del Servizio Minerario, in particolare all'ing. Eros Garniga, per il tempo e la pazienza offerta durante le spiegazioni del programma *QGIS*.





