

# **APSAT 2. PAESAGGI D'ALTURA DEL TRENTINO. EVOLUZIONE NATURALE E ASPETTI CULTURALI**

a cura di

**Diego E. Angelucci**

**Lara Casagrande**

**Annalisa Colecchia**

**Mauro Rottoli**

**PROGETTI DI ARCHEOLOGIA**

**SAP**  
Società  
Archeologica

**PROGETTO APSAT**

"Ambiente e Paesaggi dei Siti d'Altura Trentini"

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

bando "Grandi progetti 2006" delibera G.P. 2790/2006

Partner: Università degli Studi di Trento  
Dipartimento dei Beni Culturali dell'Università degli Studi di Padova  
Università IUAV di Venezia  
Fondazione Bruno Kessler  
Castello del Buonconsiglio, monumenti e collezioni provinciali  
Museo degli Usi e Costumi della Gente Trentina

Responsabile scientifico: prof. **Gian Pietro Brogiolo**  
Coordinamento scientifico: dott.ssa **Elisa Possenti**

I risultati del progetto, compresi i diritti di proprietà intellettuali e le relative possibilità di utilizzazione economica, appartengono alla Provincia autonoma di Trento.

Il volume è stato pubblicato grazie al finanziamento della Provincia autonoma di Trento, nell'ambito del progetto "APSAT" "Ambienti e Paesaggi dei Siti d'Altura Trentini" - Bando "Grandi Progetti 2006" delibera G.P. 2790/2006.

In copertina: Visione panoramica del complesso strutturale  
MZ005S (Ortisé, Mezzana, Trento).

Curatela redazionale: **Carmen Calovi**

Design: **Paolo Vedovetto**

Composizione: **SAP Società Archeologica s.r.l.**

Stampa: **Tecnografica Rossi, Arsiero (VI)**

© 2013 **SAP Società Archeologica s.r.l.**

Viale Risorgimento 14, Mantova

[www.archeologica.it](http://www.archeologica.it)

ISBN 978-88-87115-73-4

# INDICE

<b>Gian Pietro Brogiolo</b>	Introduzione	<b>5</b>
-----------------------------	--------------	----------

## PARTE I. ARCHEOLOGIA IN AREE D'ALTURA: ASPETTI METODOLOGICI

<b>Fabio Cavulli, Annaluisa Pedrotti</b>	A.I.S., <i>Archaeological Information System</i> . Un WebGIS come strumento di lavoro del progetto APSAT: la struttura dei dati	<b>11</b>
<b>Annalisa Colecchia, Paolo Forlin</b>	Visibilità e interpretazione del record archeologico in aree d'altura. Le potenzialità dell'analisi del LiDAR DTM	<b>41</b>
<b>Giorgio Baratti</b>	Rappresentare le trasformazioni della Valle dell'Adige a Trento attraverso scenari tridimensionali	<b>61</b>

## PARTE II. IL PAESAGGIO: INTERAZIONI TRA FATTORI NATURALI E CULTURALI

<b>Stefano Grimaldi</b>	Il territorio dei cacciatori raccoglitori in Trentino durante il Paleolitico e il Mesolitico	<b>75</b>
<b>Mauro Rottoli</b>	La Valle dell'Adige tra Trento e Rovereto: modificazioni naturali e sfruttamento antropico della vegetazione forestale dal Tardoglaciale all'età del Bronzo	<b>91</b>
<b>Riccardo Tomasoni, Diego E. Angelucci, Annaluisa Pedrotti</b>	Il contesto geologico e geomorfologico del Riparo Gaban (Trento) nel quadro dell'evoluzione morfologica quaternaria della Valle dell'Adige	<b>109</b>
<b>Francesco Carrer, Diego E. Angelucci, Annaluisa Pedrotti</b>	Montagna e pastorizia: stato dell'arte e prospettive di ricerca	<b>125</b>
<b>Diego E. Angelucci, Francesco Carrer, Fabio Cavulli, Alberto Delpero, Giulia Foradori, Teresa Medici, Annaluisa Pedrotti, Denis Pisoni, Mauro Rottoli</b>	Primi dati archeologici da una struttura pastorale d'alta quota in Val di Sole: il sito MZ005S (Mezzana, Trento)	<b>141</b>
<b>Katia Lenzi</b>	Paesaggi rurali nel Trentino occidentale tra medioevo ed età moderna: il caso della Val di Non	<b>163</b>

## PARTE III. PAESAGGI MINERARI DEL TRENTINO

<b>Lara Casagrande, con contributi di Nicola Battelli, Paolo Ferretti, Pietro Frizzo</b>	Paesaggi minerari del Trentino	<b>177</b>
--	--------------------------------	------------



#### PARTE IV. PAESAGGI TARENTINI: CASI-STUDIO

<b>Annalisa Colecchia, Diego E. Angelucci, Mauro Rottoli</b>	Introduzione	<b>309</b>
<b>Katia Lenzi</b>	Val di Non. Il territorio di Livo	<b>315</b>
<b>Katia Lenzi</b>	Val di Non. Il territorio di Romeno	<b>318</b>
<b>Katia Lenzi</b>	Val di Non. Il territorio di Tassullo	<b>321</b>
<b>Katia Lenzi</b>	Val di Non. Il territorio di Ton	<b>324</b>
<b>Annalisa Colecchia</b>	Giudicarie Interiori. Da Breguzzo a Tione	<b>327</b>
<b>Matteo Rapanà</b>	Giudicarie Esteriori. La conca di Fiavé	<b>333</b>
<b>Costanza Miotello</b>	Giudicarie Interiori. Da Roncone a Storo: paesaggi di versante	<b>337</b>
<b>Costanza Miotello</b>	Giudicarie Interiori. Da Roncone a Storo: il fondovalle	<b>342</b>
<b>Costanza Miotello</b>	Giudicarie Interiori. Da Roncone a Storo: la pianura	<b>345</b>
<b>Costanza Miotello</b>	Giudicarie Interiori. Da Roncone a Storo: paesaggi di castelli	<b>348</b>
<b>Paolo Forlin</b>	Valsugana. Spagolle di Castelnuovo	<b>352</b>
<b>Marco Girardi</b>	Valsugana. Dall'altopiano di Tesino al comune di Grigno	<b>356</b>
<b>Alessandro Boselli</b>	La Bassa Vallagarina e il territorio di Avio	<b>360</b>

# PAESAGGI MINERARI DEL TRENTINO

Lara Casagrande<sup>^</sup>

con contributi di **Nicola Battelli\***, **Paolo Ferretti\*\***, **Pietro Frizzo<sup>°1</sup>**

## Abstract

Mining industry was very important for the economic development of Trentino, from prehistory to the last century. This activity strongly models the landscape, leaving traces often visible from remote sensing: however, being these archaeological evidences the result of many exploitation phases, it's really difficult to date them.

The main aims of the mining landscapes study in the APSAT project were to map the extractive areas (layer 'Miniere' in the project WebGIS) and to collect information as much as possible complete about the history of this activity during the centuries. These data will be useful to direct researches in specific areas or historical periods and to attempt a definition of the different traces this industry leaves, with relation to geological, technological and chronological factors.

To test the research potential on this particular landscapes, two study cases were analysed: for them an in-depth examination of the historical aspects, a survey and an accurate remote sensing observation were conducted. Hillshaded LiDAR DTM revealed itself an essential instrument.

**Keywords:** Trentino, mining archaeology, landscape archaeology, LiDAR DTM, Pejo, Calisio.

## 1. Paesaggi minerari del Trentino: un "tematismo" del progetto APSAT

Fattore determinante per l'economia di molte aree montane nel corso dei secoli, l'attività estrattiva è stata spesso un elemento generatore di paesaggi originali che hanno lasciato tracce di sé piuttosto evidenti, ma estremamente stratificate e di difficile collocazione cronologica.

Per questo motivo nel progetto APSAT è stata prevista un'analisi dei contesti minerari trentini, con particolare attenzione alle aree per le quali la documentazione storica o archeologica testimonia la coltivazione dei giacimenti in epoche remote.

Il primo obiettivo di questa ricerca sui "paesaggi minerari" è stato una mappatura delle aree estrattive documentate, che costituisse la base per la creazione di carte tematiche attraverso gli strumenti di analisi GIS e per un tentativo di definizione delle diverse tracce archeologiche dell'attività estrattiva, in relazione a fattori geologici, tecnologici e cronologici.

Le informazioni raccolte attraverso lo spoglio della bibliografia edita, il *remote sensing* (in particolare su dati LiDAR), l'analisi della cartografia geografica e geologica (attuale e storica) e ricognizioni dirette in aree campione, sono state organizzate in un *tematismo* all'interno del WebGIS realizzato in seno al progetto, ovvero un livello di lavoro nel quale le zone estrattive georeferenziate possono essere visualizzate e analizzate in relazione alla loro posizione geografica e al rapporto con altri tematismi e le cui informazioni geologiche, storiche ed archeologiche sono organizzate in un database appositamente costruito.

Il "paesaggio minerario" è stato definito nelle *Linee Guida per la tutela, gestione*

<sup>^</sup> Borsista APSAT, Dipartimento dei Beni Culturali, Università degli Studi di Padova. [casagrande.lara@gmail.com](mailto:casagrande.lara@gmail.com)

\* Dipartimento Tempo, Spazio, Immagine, Società, Facoltà di Lettere e Filosofia, Università di Verona.

\*\* Sezione di Geologia del Museo delle Scienze di Trento.

<sup>°</sup> Dipartimento di Geoscienze, Università degli Studi di Padova.

<sup>1</sup> Laddove non vengano esplicitamente indicati gli autori, i contributi si intendono a cura di Lara Casagrande.

e valorizzazione di miniere e parchi geominerari come “un territorio fortemente caratterizzato dalla presenza di giacimenti il cui sfruttamento ha influenzato l'economia e la dinamica di insediamento (Guideri 2008, p. 33)”.

Lo studio delle attività estrattive all'interno di un progetto di archeologia dei paesaggi dovrebbe quindi mirare a comprendere come e quanto queste ultime abbiano influito su un territorio ricco di risorse minerarie nel corso del tempo e quali fattori siano stati determinanti nelle trasformazioni avvenute: dai caratteri prettamente geologici (tipo di minerale estratto, roccia incassante, condizioni geomorfologiche del territorio) a quelli tecnologici (metodologia di scavo del minerale e successive lavorazioni per l'estrazione del materiale utile), questi ultimi strettamente legati al contesto storico in cui l'attività mineraria si è svolta, nel quale oltre alle conoscenze geologiche pesano le specifiche condizioni economiche e politiche dell'epoca (fig. 1).

## 2. Materiali e metodi per lo studio di un contesto minerario

Prima di intraprendere una ricerca sulla storia dell'attività estrattiva di un territorio è utile dare una definizione precisa di quale sia l'oggetto dell'indagine: si definisce 'miniera' “il complesso delle opere e delle attrezzature per lo sfruttamento di un giacimento, laddove per giacimento minerario si intende un accumulo di minerali potenzialmente utilizzabili per qualche attività umana, ovvero tali da poter costituire materiale per un'attività economicamente produttiva” (Andreatta 1957, pp. 50-51; Di Colbertaldo 1957, pp. 1-5).

In Italia la definizione è complicata dalla differenziazione rispetto al termine 'cava'. I primi criteri distintivi sono stati stabiliti dalla Legge mineraria del 29 luglio 1927 (R.D. n. 1443, art. 2) e classificano le sostanze minerali ricercate in due categorie: la prima, costituita dalle miniere, comprende sostanzialmente tutti i minerali utili ad eccezione delle torbe e dei materiali per le costruzioni edilizie e stradali (escluse le rocce asfaltiche e bituminose e le marne da cemento), questi ultimi rientranti invece nella seconda categoria delle cave. Nel 1941 (L. 7, n. 1360) la classificazione è stata aggiornata includendo tra le cave anche terre coloranti, quarzo e sabbie silicee<sup>2</sup>.

Queste distinzioni non tengono conto né della tipologia geologica del giacimento né della tecnica di scavo (a cielo aperto o in galleria) ma solo dei diversi utilizzi dei materiali estratti, essendo derivate da ragioni economiche legate al momento storico in cui le leggi sono state promulgate: mentre infatti le miniere erano sotto il controllo diretto dello Stato, le cave, per il loro minor pregio e la maggiore disponibilità dei materiali, potevano anche essere privatizzate (Federici 2003; Mancini 2003).

Applicare questa classificazione in un'indagine di tipo archeologico non ha quindi molto senso: nel caso specifico del Trentino si è deciso di considerare miniere tutte le aree estrattive escluse quelle da cui si ricavano materiali per l'edilizia, peraltro pressoché le uniche ad essere ancora in attività ai nostri giorni.

### 2.1. L'archeologia mineraria: stato degli studi e metodi

I primi esempi di ricerche sulle aree estrattive risalgono all'800, condotte per lo più nell'ambito di studi storico-geologici che miravano alla documentazione delle tracce di sfruttamento antiche nella prospettiva della ripresa dell'attività mineraria; analisi di tipo più strettamente archeologico sono state invece effettuate dalla seconda metà del secolo scorso (cfr. Francovich, Manacorda 2000, p. 188; Giardino 1998, p. 44; Guideri 2008, p. 33 e bibliografia citata).

Negli ultimi vent'anni la disciplina ha avuto un notevole sviluppo, parallelamente alle ricerche sui cicli produttivi (metallurgici in particolare) (Guideri 2008, p. 34; es. di studi generali sull'arte mineraria antica in Domergue 1990 e 2008; Healy 1993; Craddock

<sup>2</sup> Cfr. Inventario dell'Archivio del Servizio Minerario della Provincia autonoma di Trento, conservato presso l'Archivio Provinciale, nota 1 ([http://www.trentinocultura.net/doc/catalogo/cat\\_fondi\\_arch/Miniere/Arch1\\_h.asp](http://www.trentinocultura.net/doc/catalogo/cat_fondi_arch/Miniere/Arch1_h.asp)).

1995; Ford, Willies 1994) e recentemente all'interno di progetti di archeologia dei paesaggi: gli studi più approfonditi sono stati condotti nel nord della Germania (cfr. Bartels 2008, pp. 205-218 e altre pubblicazioni curate dal *Deutsches Bergbau Museum* di Bochum; progetto Archaeomontan del Landesamt für Archäologie della Sassonia, Archaeomontan 2011; Atti dei convegni dell' Institute Europa Subterranea, IES 2008-2012), in Spagna (Orejas, Sánchez-Palencia, Ruiz Del Arbol 2008; Merideth 1998), in Francia (cfr. vari contributi in Bailly-Maitre, Jourdain-Annequin, Clermont-Joly 2008; inoltre cfr. Ancel 1997 e 2008 e altre pubblicazioni curate dallo stesso autore), nelle Isole Britanniche (Giardino 1998, p. 44; Craddock 1995; Bayley, Crossley, Ponting 2008; Rippon, Claughton, Smart 2009); un progetto interdisciplinare sulle aree minerarie del Tirolo è in corso presso l'Università di Innsbruck (Progetto HIMAT, HIMAT 2010).

In Italia oltre al progetto Colline Metallifere coordinato dall'Università di Siena (cfr. Dallai, Fineschi, Ponta 2009 e Bianchi, Dallai, Guideri 2009, cui si rimanda per i riferimenti bibliografici alle pubblicazioni precedenti), alcune ricerche sono state sviluppate da Marco Tizzoni nelle valli lombarde (Cucini Tizzoni 1994, Tizzoni 1999, Cucini, Tizzoni 1999, Cucini, Tizzoni 2001, Cucini, Tizzoni 2004) e da Giorgio Di Gangi in Piemonte (Di Gangi 1997 e 2001); presso il Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova è inoltre in corso un progetto finalizzato alla creazione di un database dei giacimenti cupriferi alpini (coordinato da Gilberto Artioli), grazie al quale sarà possibile determinare la provenienza del rame lavorato nei molti siti fusori rinvenuti anche in Trentino (cfr. Giussani *et alii* 2007, Artioli *et alii* 2008a, Artioli *et alii* 2008b; Artioli *et alii* 2010).

Riccardo Francovich nel suo Dizionario di Archeologia, descriveva l'archeologia mineraria come una disciplina che "ha l'obiettivo di ricostruire nel tempo i processi di ricerca e di sfruttamento dei giacimenti minerari e più in generale le trasformazioni dei paesaggi nelle aree di estrazione (Francovich, Manacorda 2000, pp. 186-191)". Per sua natura questo settore dell'archeologia deve quindi avvalersi di conoscenze di tipo scientifico, ma allo stesso tempo impone una forte attenzione al contesto geografico, storico e sociale del territorio in cui lo "spazio di lavoro" costituito dall'area mineraria si inserisce (Martin Civantos 2006, pp. 4-5).

Le informazioni storiche e geografiche *in primis* permettono di contestualizzare l'area in esame, definendo almeno a grandi linee i diversi periodi di sfruttamento e aiutando a ricostruire i regimi di proprietà da cui dipendono le modalità di concessione di scavo, che a loro volta, assieme alle conoscenze geologiche ed ai mezzi di prospezione disponibili, condizionano le modalità di estrazione e la localizzazione degli imbocchi in una determinata epoca (cfr. fig. 1<sup>3</sup>). Questi dati possono essere ottenuti grazie alla bibliografia e allo spoglio degli Archivi, comunali o vescovili per i periodi più antichi, regionali e provinciali<sup>4</sup> o relativi alle imprese minerarie per le fasi di sfruttamento più recenti. Una particolare fonte di informazione sono poi i complessi di leggi minerarie, in cui le modalità di gestione dell'attività estrattiva sono esplicitamente descritti e contestualizzati cronologicamente.

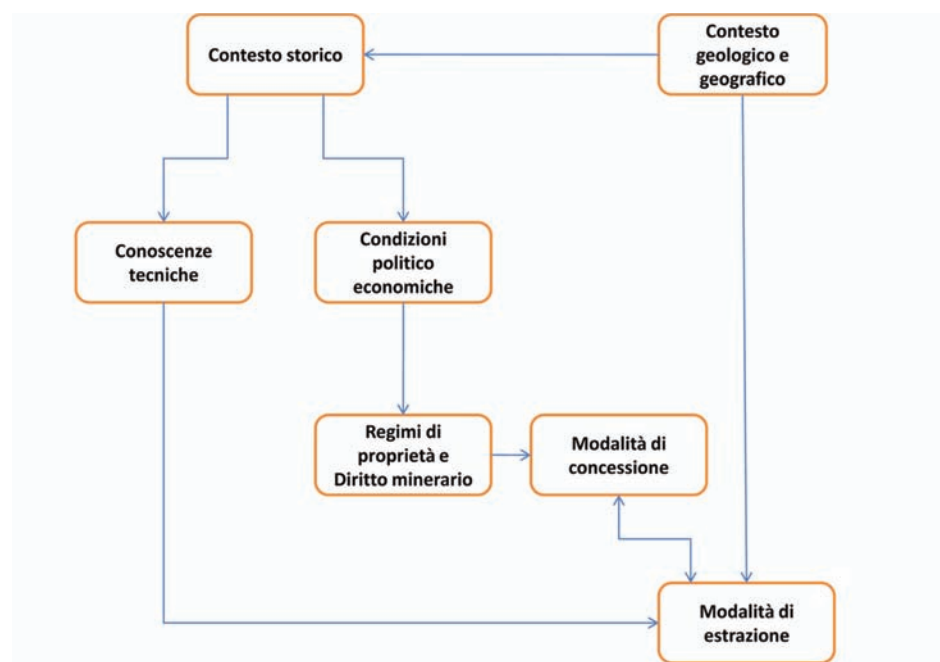
Una volta definito l'ambito geografico e storico di indagine è necessario comprendere la natura geologica della risorsa, che costituisce il vero elemento generatore di un paesaggio minerario: la carta geologica, oltre al tipo di minerale estratto, permette di conoscere la morfologia e l'andamento del giacimento, il tipo di roccia incassante, fornisce la base per la localizzazione degli imbocchi (che seguono i filoni o le masse mineralizzate) e per capire i fattori che hanno condizionato la tecnica di scavo.

Le attività estrattive modellano il paesaggio anche indirettamente, generando una serie di impianti produttivi per la trasformazione del minerale, collegati attraverso vie di comunicazione apposite, sia con i singoli imbocchi sia con i centri di insediamento in cui i semilavorati e i prodotti finiti vengono utilizzati e commerciati. Queste dinamiche possono essere comprese attraverso i metodi dell'archeologia della produzione, definendo il ciclo di lavorazione di cui ciascun minerale necessitava

<sup>3</sup> Laddove non diversamente specificato, fotografie, schemi ed elaborazioni di immagini sono da intendersi a cura di Lara Casagrande.

<sup>4</sup> Regioni e Province sono depositarie delle funzioni dell'ex Servizio Minerario: nella Provincia autonoma di Trento l'Archivio del Servizio Minerario è conservato presso l'Archivio Provinciale.

Fig. 1. Schema dei fattori che condizionano l'attività estrattiva.



e ricostruendo attraverso analisi archeometriche le tecniche produttive, il livello tecnologico raggiunto e in alcuni casi l'esatta provenienza del minerale.

Informazioni sul paleoambiente in cui il paesaggio minerario si inserisce possono essere acquisite attraverso studi palinologici ed antracologici (rispettivamente analisi sui pollini e sui carboni rinvenuti nel corso di un'indagine archeologica) che permettono di individuare le specie utilizzate per la costruzione delle armature di sostegno nei cunicoli, per l'indebolimento della roccia attraverso il *firesetting* o nei processi di trasformazione del minerale, nonché di ricostruire i fenomeni di deforestazione nel corso del tempo.

Per una datazione assoluta delle fasi di sfruttamento minerario possono essere effettuate analisi del  $^{14}\text{C}$  su carboni (ad esempio sui residui del combustibile utilizzato per le lampade) o indagini dendrocronologiche, soprattutto nel caso in cui si disponga di parti conservate delle armature lignee.

Se collocati geograficamente nel territorio in esame (come avviene in un GIS) i dati forniti da tutte queste discipline concorrono alla ricostruzione del paesaggio minerario, nelle sue manifestazioni materiali e socio-economiche.

### 2.1.1. Valorizzazione del paesaggio minerario

Uno degli scopi dell'archeologia mineraria è la conservazione e la valorizzazione della memoria dell'attività estrattiva e del patrimonio culturale e ambientale che ne deriva.

Dopo la dismissione, e in mancanza di manutenzione continua, pozzi e gallerie subiscono un degrado piuttosto rapido diventando inaccessibili o pericolosi: per la riconversione di un contesto minerario a scopo scientifico e didattico è quindi in primo luogo necessario mettere in sicurezza gli imbocchi ancora aperti e segnalare quelli instabili per evitare il rischio di incidenti, opera che di per sé richiede molte risorse, nonché una normativa apposita (cfr. Busino 2008, pp. 69-77; Savoca 2008a, pp. 78-87).

L'attuale Codice dei Beni culturali e del Paesaggio che fa rientrare nella categoria dei beni culturali anche "i siti minerari di interesse storico od etnoantropologico"<sup>5</sup>, sta favorendo i progetti di ricerca e valorizzazione nelle aree estrattive. La normativa al riguardo è però ancora piuttosto lacunosa: sono ancora pochi i siti per i quali è stato riconosciuto un vincolo di tutela e soprattutto manca una disciplina specifica

<sup>5</sup> DL 22 gennaio 2004, n. 42 Art. 10 comma 4.



per la salvaguardia di interi paesaggi minerari, non esplicitamente inclusi nella Parte Terza del Codice in cui si prevede la realizzazione di “Piani paesaggistici” elaborati dalle Regioni<sup>6</sup>; manca inoltre la definizione precisa di strumenti di tutela e di gestione dei parchi minerari.

Recentemente, è stato pubblicato il volume *“Linee Guida per la tutela, gestione e valorizzazione di miniere e parchi geominerari”* (*Linee Guida 2008*): nella Parte III vengono discussi i possibili strumenti di tutela e le proposte per la definizione di una legislazione apposita, che preveda innanzitutto l’inserimento di un preciso riferimento ai parchi minerari nel Codice e ne regoli la gestione da parte di enti qualificati; una volta dichiarato dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali l’interesse storico od etnoantropologico spetterebbe alle Regioni, in quanto depositarie dei ruoli dell’ex Corpo delle miniere e dei Distretti Minerari, il compito di definire la disciplina concessionaria e le norme di sicurezza per garantire l’accessibilità al pubblico, inserendo inoltre le aree minerarie nei piani paesaggistici (*ibidem*, pp. 115-122; Borgognoni 2008, pp. 65-66; Savoca 2008b, p. 90).

I mezzi utilizzati per la valorizzazione di un’area estrattiva spaziano da una semplice serie di pannelli esplicativi all’interno di un itinerario storico-naturalistico o di un eco-museo, alla vera e propria musealizzazione di pozzi e gallerie meglio conservati, sicuri, e significativi per la loro storia o per la particolarità del giacimento; laddove siano presenti sufficienti risorse e un complesso minerario di rilievo si può considerare la creazione di un vero e proprio parco, in cui vengano messi in evidenza tutti gli aspetti del paesaggio segnato dallo sfruttamento del sottosuolo e dalle connesse attività produttive e insediative. Alcuni esempi in Italia sono il Parco Nazionale Tecnologico Archeologico delle Colline Metallifere Grossetane (in Toscana sono presenti anche il Parco Archeominerario di San Silvestro (cfr. Guideri 2008b), e il Parco minerario dell’Elba), il Parco Geominerario della Sardegna, il Parco minerario dell’Alta Val Trompia, il complesso del Museo Provinciale delle Miniere in Alto Adige (per altri esempi di valorizzazione del patrimonio minerario cfr. Zucconi, Borgognoni 2008, pp. 92-104).

In Trentino alcune esperienze significative sono il “Sentiero delle Canope” all’interno dell’Ecomuseo Argentario sul Monte Calisio, la Miniera Museo “Grua va Hardömb” in Val dei Mòcheni, il Parco Minerario di Calceranica in Valsugana; sentieri di visita sono presenti anche presso l’area mineraria di Sagrón Mis (Associazione laboratorio di Sagrón Mis) e presso gli impianti di Prestavel a Tesero (Val di Fiemme, Fondazione Stava 1985). Recentemente si stanno recuperando e valorizzando le gallerie, gli impianti di lavorazione del minerale e gli edifici di servizio rimasti a Darzo (Valle del Chiese), ultima miniera del Trentino attiva fino al 2009 (Associazione “La Miniera”).

Affinché questo patrimonio non venga banalizzato e le evidenze di coltivazione antiche non vengano obliterate, a causa di restauri non ponderati e del degrado provocato da un’eccessiva frequentazione, una preliminare analisi scientifica del contesto storico-archeologico diventa sempre più importante (cfr. Jacquemot 2008, pp. 24-25).

## 2.2. Le tecniche estrattive e la loro evoluzione nei secoli

La ricerca di mineralizzazioni nell’antichità e nel Medioevo, in assenza di conoscenze geologiche e mezzi tecnici di prospezione, era necessariamente legata ad una profonda ed empirica, conoscenza del territorio, basata sulle evidenze che i minerali metallici lasciano sulla sua superficie.

I primi minerali utilizzati furono quelli disponibili allo stato nativo, come l’oro, il rame e probabilmente il ferro meteorico o il cosiddetto “ferro delle paludi”<sup>7</sup>; un caso particolare è costituito dalla selce, che veniva già estratta nel neolitico da vere e proprie miniere, nelle quali si sperimentarono per la prima volta le tecniche di scavo perfezionate nelle età dei metalli (cfr. Giardino 1998, p. 43 e bibliografia citata).

<sup>6</sup> DL 22 gennaio 2004, n. 42, Art. 143.

<sup>7</sup> I depositi definiti “bog iron” si formano in zone paludose per ossidazione biochimica del ferro contenuto nelle acque stagnanti.

In seguito vennero sfruttati altri minerali affioranti che presentavano somiglianze fisiche con quelli nativi, in particolare le zone di alterazione superficiale (il cosiddetto 'cappellaccio di ossidazione' o *gossan*) e i depositi sottostanti di ossidi e carbonati della cosiddetta 'zona di cementazione', formatisi a causa della deposizione di minerali metallici contenuti nelle acque percolanti (cuprite, malachite, azzurrite, limonite) (Giardino 1998, p. 42; Tanelli, Benvenuti, Mascaro 1993, pp. 268-270; Craddock 1995, p. 11).

La colorazione delle rocce contenenti minerali di rame o di ferro era facilmente riconoscibile: la cuprite ( $\text{CuO}$ ) ha un colore rosso vivo così come l'ematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - ocra rossa), la limonite ( $\text{FeO}(\text{OH})$ ) è gialla (ocra gialla), alcuni ossidi di rame sono verdi (malachite) o azzurri (azzurrite); tali risorse erano per altro già conosciute in epoca preistorica per il loro utilizzo come terre coloranti. Un altro elemento discriminante per i minerali metallici è il peso elevato, che poteva indurre a sospettare la presenza di un giacimento laddove si trovassero frammenti di roccia mineralizzata trasportati da una frana, o da un fiume, nel qual caso anche la colorazione dell'acqua poteva essere d'aiuto (Giardino 1998, p. 44; Craddock 1995, p. 30).

Come ricordato anche nel *De Re Metallica* di Georgius Agricola (1556) la vegetazione scura e opaca o la presenza di specifiche piante (dette 'metallofite') potevano essere un altro indicatore importante della presenza di determinati composti nel terreno, rilasciati dalle rocce mineralizzate o da antiche discariche di minerale o di scorie di lavorazione (ad es. *silene rupestris* per il rame: Šebesta 1992, pp. 7-8; Craddock 1993, pp. 310-311; Craddock 1995, pp. 30-31).

Nel corso del Medioevo e dell'Età moderna (ma anche nel secolo scorso) sarà stato inoltre fondamentale il rinvenimento di tracce di lavori estrattivi più antichi.

Una volta individuato il giacimento si procedeva sostanzialmente seguendo la mineralizzazione prima in superficie, limitandosi dove possibile ad uno scavo a cielo aperto, poi in sotterranea, motivo per cui le gallerie antiche sono spesso molto tortuose (Cascone, Casini 1997, p. 22; Francovich, Manacorda 2000, p. 189).

### 2.2.1. Fattori che condizionano l'attività estrattiva (cfr. fig. 1)

Nella sua sintesi degli studi condotti in diverse aree minerarie europee, Fluck propone tre fattori che condizionano la vita di un'attività estrattiva (Fluck 1992, pp. 35-53; Fluck, Fluzin, Florsch 1993, pp. 204-210):

- *La geografia fisica, politica e umana dell'area*, ovvero il rapporto del giacimento con la forma del rilievo, le vie di comunicazione, le risorse energetiche (acqua, legna), gli insediamenti; il diritto minerario vigente; le condizioni economiche dell'epoca;
- *La storia della tecnica*, ovvero le conoscenze e i mezzi tecnici a disposizione in una determinata epoca e in una determinata regione;
- *I fattori naturali*, ovvero la morfologia e la posizione geografica del giacimento, la natura del minerale e della roccia incassante<sup>8</sup>.

Erano *in primis* le caratteristiche dei giacimenti, che dipendevano dalla genesi, dal tipo di roccia incassante e dalle trasformazioni geologiche successive alla formazione (Craddock 1995, pp. 23-26), ad imporre una particolare strategia estrattiva.

Fluck definisce una tipologia delle diverse strategie di scavo, determinate dai fattori naturali e dalle norme del diritto minerario (da Fluck, Fluzin, Florsch 1993) (fig. 2):

*Giacimenti filoniani sub verticali* - il filone si forma quando una frattura della crosta terrestre viene riempita da fluidi mineralizzati legati ad una massa magmatica, i quali possono dare origine a diversi tipi di giacimenti. Laddove fosse tendenzialmente verticale e perpendicolare alla direzione dominante del sistema oro-idrogeografico (cre-

<sup>8</sup> Roccia entro la quale il filone o la massa di minerale utile si sono formati.

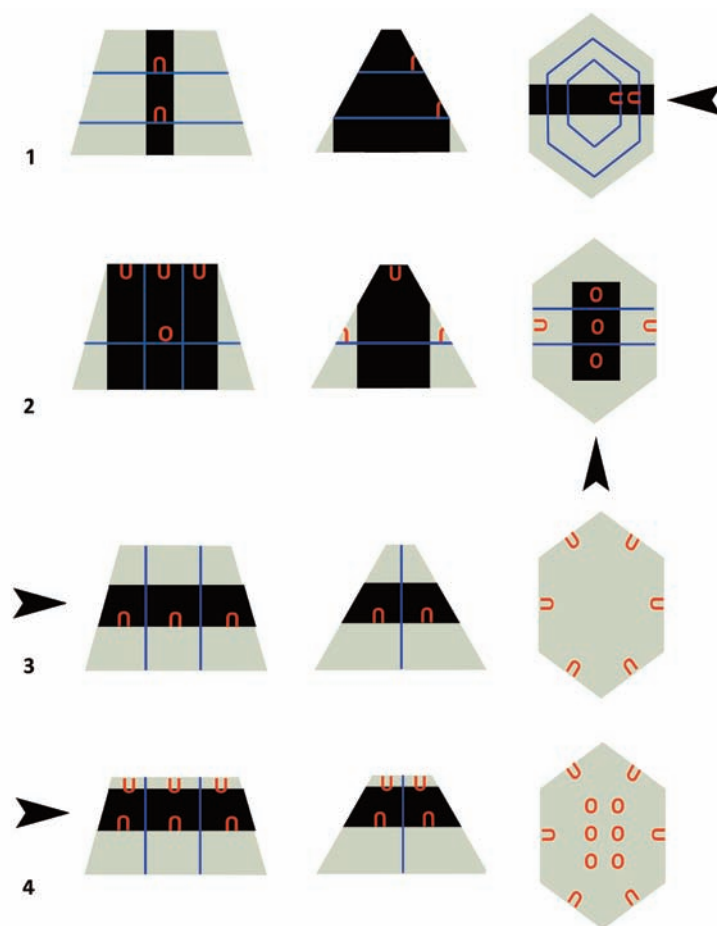


Fig. 2. Schema delle diverse modalità di coltivazione a seconda della morfologia del giacimento minerario e della sua direzione rispetto al sistema oro-idrogeografico (creste e valli) [a cura dell'autrice sulla base di Fluck, Fluzin, Florsch 1993].

ste e valli) il filone veniva sfruttato attraverso delle gallerie che si inoltravano nella montagna seguendolo<sup>9</sup> (fig. 2, n. 1); in un secondo momento potevano essere scavati dei pozzi per esplorare il filone dall'alto o dal basso, mentre le gallerie in traversobanco, che si inoltravano nello sterile intercettando perpendicolarmente la massa mineralizzata, erano poco utilizzate se non per necessità di drenaggio dell'acqua o areazione.

Se invece il filone verticale era tendenzialmente parallelo alla direzione dominante del sistema oro-idrogeografico, si procedeva allo scavo per pozzi verticali che andavano a "svuotare" la massa mineralizzata; potevano essere realizzate anche delle gallerie in traversobanco (in particolare in presenza di forti pendenze che rendevano più difficoltosa l'apertura di pozzi) utili soprattutto per collegare con l'esterno la zona mineralizzata facilitando lo scolo dell'acqua, l'aerazione e il trasporto del minerale (fig. 2, n. 2). Sembra che quest'ultimo sistema fosse il più utilizzato durante l'alto Medioevo nella regione renana (*ibidem*; Bailly-Maitre 1993, p. 375)<sup>10</sup>.

Il giacimento di magnetite coltivato in Val di Pejo (*caso di studio 1*) può essere fatto rientrare in entrambe queste tipologie, dato che le vene si trovano circa parallele alla direzione del sistema orografico sul Costone di Staviòn e perpendicolari nell'area ai piedi del monte Mason: vi si trovano infatti gallerie in traversobanco, gallerie che seguono il giacimento e pozzi verticali.

*Filoni "piatti"* (con inclinazione<sup>11</sup> inferiore ai 45°) - venivano esplorati con gallerie che seguivano il filone o in traversobanco, sfruttandone la pendenza naturale per stoccare sul fondo il materiale sterile o al contrario per trasportare all'esterno il minerale (fig. 2, n. 3).

<sup>9</sup> Questo tipo di coltivazione nel diritto minerario germanico è detto *Stollrecht*: le concessioni che da esso derivavano erano assimilabili a dei tranci orizzontali del filone sovrapposti nei quali ciascun minatore poteva scavare la sua galleria (Fluck, Fluzin, Florsch 1993, pp. 205 ss.).

<sup>10</sup> Nel diritto minerario germanico è detto *Schachtrecht* e le concessioni erano tranci verticali del filone all'interno dei quali si poteva proseguire lo scavo a qualsiasi profondità; nel caso dello scavo per gallerie in traversobanco c'era spesso il rischio di invadere la concessione di un altro minatore (cfr. nota precedente).

<sup>11</sup> In geologia per inclinazione si intende l'angolo compreso tra il piano orizzontale e l'asse di un filone o la superficie limite di uno strato.

Il caso di studio del Calisio presentato in questa sede (cfr. *caso di studio 2*) corrisponde all'incirca a questo tipo di giacimento, ma essendo gli strati suborizzontali prossimi alla superficie, la mineralizzazione è stata coltivata principalmente attraverso una serie di piccoli pozzi ravvicinati (fig. 2, n. 4).

*Stockwerks* - filoni multipli tra loro intrecciati esplorati seguendo individualmente le singole vene con gallerie e pozzi, dando vita ad un intricato labirinto di condotti; sono frequenti nel caso di una genesi pneumatolitica o idrotermale. I giacimenti di questo tipo venivano esplorati soprattutto attraverso scavi a cielo aperto o numerosi piccoli pozzi ravvicinati.

*Masse mineralizzate* - venivano sfruttate attraverso lo scavo di gallerie che a seconda della dimensione e la morfologia del giacimento potevano assumere diverse conformazioni e allargarsi in camere interne sostenute da pilastri di roccia.

*Zone di ossidazione e cementazione* - la parte più superficiale dei giacimenti, intaccata dagli agenti atmosferici; è stata la prima ad essere esplorata, già nella preistoria, per lo più con scavi a cielo aperto o piccoli pozzi ravvicinati.

*Giacimenti compositi* - strutture complesse formate da filoni e masse di diversa forma esplorate con diversi sistemi di scavo a seconda delle necessità.

*Giacimenti all'interno di formazioni carsiche* - la cavità naturale veniva per quanto possibile sfruttata per penetrare nella massa mineralizzata (esempi in Trentino sono il "Covel" di Faedo e la Grotta-miniera "El Buss" presso Stenico - cfr. Tab. 2).

L'intervento umano nel caso dell'attività mineraria era quindi fortemente condizionato dalle caratteristiche del territorio e la sua libertà d'azione era relativamente limitata. Per questo motivo conoscere la geologia delle aree estrattive è molto importante nel corso di un progetto di archeologia mineraria.

Analizzando contesti estrattivi preindustriali bisogna anche considerare che la mancanza di precise conoscenze geologiche e mezzi di prospezione limitava molto la conoscenza della direzione e della morfologia dei giacimenti. Inoltre non sono infrequenti casi di disseminazione del minerale utile all'interno delle rocce incassanti in masserelle di piccole dimensioni con andamento irregolare (come nel caso del giacimento di magnetite della Val di Pejo, oggetto di approfondimento nel *caso di studio 1*); per questo venivano sempre effettuati dei saggi preliminari, che potevano anche non andare a buon fine o interessare la sola superficie del giacimento con uno scavo a cielo aperto.

La strategia d'intervento e gli strumenti utilizzati dovevano essere calibrati anche rispetto alla natura della roccia incassante, sfruttando per quanto possibile i punti di debolezza di quest'ultima, come le fratture e i piani di discontinuità fra strati geologici (soprattutto nel caso di gallerie in traversobanco); lo stesso minerale veniva attaccato preferibilmente nelle sue parti più ossidate, oltre che per la loro facile reperibilità (data la vicinanza alla superficie e la colorazione spesso vivace) anche per la minore durezza (Cascone, Casini 1997, p. 22).

### 2.2.2. Pre-protostoria

L'introduzione delle tecniche di estrazione e lavorazione della pietra e dei diversi metalli vengono convenzionalmente utilizzate per definire le "età" della pre-protostoria, a testimonianza della rivoluzione apportata da queste conquiste tecnologiche: l'attività mineraria è quindi un aspetto fondamentale della storia delle più antiche comunità umane.

Come già accennato le prime sperimentazioni in campo estrattivo riguardano la selce e altri materiali lapidei utilizzati per la produzione di utensili (cfr Giardino 1998, p. 43 e bibliografia citata). Molto antica è anche la scoperta delle terre coloranti, con cui vennero realizzate le prime manifestazioni pittoriche sulle pareti delle grotte (e su alcuni manufatti<sup>12</sup>): si tratta del primo approccio dell'uomo con alcuni minerali metallici, come gli ossidi di ferro e rame.

Probabilmente i primi uomini che riconobbero le proprietà dei metalli avevano a disposizione i minerali allo stato nativo; in seguito, per analogia tra essi e gli altri minerali metallici, gli antichi prospettori devono aver imparato a riconoscere questi ultimi e i segni che lasciavano nel paesaggio (colorazione, tipo di vegetazione, tracce nell'acqua e nelle rocce franate...). Una volta individuato il giacimento laddove affiorava in superficie, si limitavano spesso a scavi a cielo aperto o, laddove possibile, rimuovevano completamente la massa mineralizzata senza particolari strategie d'intervento, seguendo semplicemente la forma del deposito utile fino a che non subentravano eccessive difficoltà tecniche (in particolare per l'aerazione e il drenaggio) (Craddock 1993, p. 311). Queste ultime furono già in parte risolte durante l'Età del Ferro, per esempio accendendo dei fuochi alla base dei pozzi in modo che l'aria calda (che essendo più leggera tende a salire verso l'alto) favorisse la formazione di correnti, o realizzando le gallerie in pendenza per favorire il deflusso dell'acqua (Craddock 1995, pp. 75-77).

Per lo scavo si utilizzavano soprattutto martelli in pietra con manico di legno associati a cunei (in metallo ma anche in legno indurito dal fuoco), utilizzati soprattutto nella fase iniziale per facilitare il distacco dei blocchi (Cucini Tizzoni 2001, p. 46). Una tecnica molto usata, che si protrasse almeno fino al tardo medioevo e in alcuni casi anche in età moderna (cfr. Vergani 2003, p. 122), prevedeva l'utilizzo del fuoco per sfruttare i diversi indici di dilatazione termica delle rocce e provocarne la spaccatura, rendendo molto più agevole l'apertura di un varco nella massa mineralizzata e l'estrazione del materiale utile (*firesetting*); per potenziare l'effetto di questa procedura il fuoco poteva essere spento repentinamente con acqua (o, secondo Plinio, con aceto) (Cascone, Casini 1997, p. 22; Francovich, Manacorda 2000, p. 189).

Le gallerie in cui è stata utilizzata questa tecnica presentano spesso un profilo caratteristico molto "levigato", privo di spigoli e con poche tracce di lavorazione; spesso il soffitto è ancora annerito e sono presenti depositi di cenere, carbone e frammenti di roccia combusta sul pavimento (Craddock 1993, p. 315; Craddock 1995, p. 37).

Nelle miniere più avanzate pozzi e gallerie potevano già essere rinforzati da armature lignee o da muri a secco realizzati con il materiale di scarto, a volte disposti in modo tale da canalizzare l'aria o il fumo derivato dall'utilizzo del fuoco (Craddock 1995, p. 8); pare che in alcuni casi già nell'Età del Bronzo il minerale fosse portato all'esterno attraverso delle carrucole, anche se il metodo più frequente prevedeva l'utilizzo di ceste (trasportate su scale nel caso di pozzi verticali), slitte o "vaschette" piatte che venivano trascinate sul fondo della galleria (Craddock 1993, p. 335; Craddock 1995, p. 81).

### 2.2.3. Età romana

I romani avevano alle spalle una lunga tradizione mineraria perpetuata durante l'Età del Bronzo e del Ferro dalle diverse popolazioni dell'Impero di cui raccolsero l'eredità tecnica di prospettori e minatori, sintetizzata anche da Plinio nella *Naturalis Historia* (Craddock 1993, p. 331).

Vennero generalizzati mezzi precedentemente utilizzati solo in alcuni cantieri, come gli attrezzi in ferro e le carrucole per il minerale, ma le novità introdotte furono soprattutto di carattere organizzativo: i pozzi e le gallerie spesso non attaccavano più direttamente il filone ma venivano scavati a una certa distanza da esso laddove

<sup>12</sup> Cfr. le pietre dipinte del Riparo Dalmeri in Trentino, v. *infra*.

la roccia era più debole e più stabile (in *traversobanco*), per garantire maggiori condizioni di sicurezza e facilitare la circolazione di acqua (gallerie di eduazione), aria e minatori (*Ibidem*, pp. 335-338, Domergue 1993).

Un altro importante miglioramento tecnico venne dall'utilizzo molto più frequente e consapevole di alcune macchine già sporadicamente introdotte in epoche precedenti, come la vite di Archimede, la noria e la rota, impiegate per estrarre l'acqua dal fondo delle cavità soprattutto nelle zone di intensa esplorazione (ad es. nelle miniere d'argento del sud della Spagna) (Craddock 1993, pp. 338-344; Craddock 1995, pp. 78-80). In generale Roma puntava all'ottimizzazione dell'attività mineraria per ottenere più minerale possibile in tempi brevi ed evitando incidenti; una tale organizzazione del lavoro era pensabile soltanto in presenza di ingegneri specializzati e sotto stretto controllo statale, motivo per cui l'Impero concentrò la sua attenzione su pochi ricchi distretti minerari, abbandonando invece (almeno apparentemente) la maggior parte dei piccoli giacimenti, tra cui anche quelli delle Alpi italiane: secondo Plinio l'attività estrattiva in Italia era addirittura proibita per legge<sup>13</sup> (Salerno 2003, p. 7; cfr. però Farinelli, Francovich 1994, pp. 445-446 e Segard 2009, pp. 146-149; Casini, Francovich 1992, p. 253; Bailly-Maitre 1993, p. 379)<sup>14</sup>.

#### 2.2.4. Medioevo

La mancanza del controllo statale nei secoli successivi alla caduta dell'Impero romano portò alla decadenza delle forme di organizzazione del lavoro minerario nei grandi giacimenti (Francovich, Manacorda 2000, p. 191; cfr. però La Salvia 1995, p. 263)<sup>15</sup>. Contemporaneamente ripresero le attività estrattive in aree trascurate fin dalla protostoria, presso le quali in questo periodo è documentata anche una maggiore vivacità insediativa.

Le tecniche di scavo erano molto simili a quelle utilizzate in epoca preromana, anche se sono noti esempi di articolazioni minerarie molto complesse con camere a pilastri, pozzi che attaccano il giacimento dal basso riempiendosi man mano che si prosegue lungo il filone o gallerie che si incuneano a gradoni nella massa mineralizzata (Bailly-Maitre 1993, pp. 359-362).

Nella maggior parte dei casi l'esplorazione seguiva semplicemente la forma del giacimento, senza una pianificazione razionale che semplificasse le operazioni di risalita dei minatori e del minerale; larghezza e altezza delle gallerie superavano raramente il metro se non in corrispondenza di masse mineralizzate molto estese, ed anche l'utilizzo delle armature lignee era limitato ai tratti che presentavano maggiori problemi strutturali o alle impalcature per la circolazione attraverso i pozzi. Gli approfonditi studi in area francese sembrano indicare che le prime gallerie in *traversobanco* pensate appositamente per la circolazione di uomini, minerale, acqua e aria, non siano state introdotte prima del XV secolo (*ibidem*, p. 362). Un tentativo di organizzazione in questo senso è documentato in Toscana, nell'area estrattiva di Campiglia Marittima (datata ad età medievale in base alla ceramica rinvenuta nelle discariche), in cui sono documentati pozzi verticali scavati in parallelo e comunicanti fra loro, di cui uno più largo e agibile e due molto più stretti, questi ultimi probabilmente utilizzati per portare all'esterno il minerale senza intralciare i lavori estrattivi (Casini, Francovich 1992, p. 262; Cascone, Casini 1997, pp. 22-23, Cucini, Tizzoni 2001, p. 43).

Per limitare il trasporto della roccia sterile all'esterno si realizzavano spesso "ripiene" che occludevano le sezioni di galleria abbandonate e muretti a secco che potevano anche avere funzione statica (Cascone, Casini 1997, pp. 22-23; Cucini Tizzoni 2001, p. 43)<sup>16</sup>. Per l'illuminazione si utilizzavano torce in legno (Cucini Tizzoni 2001, p. 43)<sup>17</sup>, lucerne in terracotta o lumini scavati nella pietra che venivano posizionati in punti strategici della miniera<sup>18</sup>.

Gli strumenti utilizzati erano in prevalenza punteruoli in ferro di diverse forme e

<sup>13</sup> N.H. III.20.138 "*metallorum omnium fertilitate nullis cedit terris, sed interdictum id vetere consulto patrum Italiae parci iubentium*"; e XXXIII.21.78: "*Italiae parci vetere interdicto patrum diximus; alioqui nulla fecundior metallo rum quoque erat tellus*".

<sup>14</sup> Un'attività estrattiva di una certa rilevanza sembra comunque essere proseguita in alcuni distretti particolarmente ricchi come la Sardegna, l'Elba e le Coline Metallifere, forse la Sicilia e nei depositi alluvionali auriferi presso La Bessa, nelle Alpi Biellesi.

<sup>15</sup> Un'eccezione sembra essere costituita dai ricchi giacimenti feriferi del Norico.

<sup>16</sup> L'autrice riporta una credenza diffusa secondo cui il minerale abbandonato nei cunicoli dismessi aveva anche lo scopo di favorire la "ricrescita" del minerale; le ripiene sono frequenti anche nelle gallerie dell'Altipiano del Monte Calisio, in Trentino (cfr. *caso di studio 2*).

<sup>17</sup> In particolare listelli di abete bianco.

<sup>18</sup> Lumini simili sono stati rinvenuti anche di recente nel corso delle esplorazioni nelle gallerie dell'altopiano del Monte Calisio (cfr. *caso di studio 2*).



dimensioni (ad estremità appuntita o piatta, ad una o due punte), che venivano immanicati perpendicolarmente al lato lungo e battuti con delle mazze; le tracce di lavorazione che ne derivano sono di solito ben identificabili. Essendo utensili piuttosto rudimentali rispetto alla difficoltà del lavoro era molto importante la qualità del metallo e la possibilità di riparazione in loco: per questo motivo all'imboccatura delle miniere veniva spesso allestita una piccola forgia (Bailly-Maitre 1993, pp. 362, 366-371).

Lo scavo si iniziava laddove il giacimento fosse più visibile e la roccia facilmente fratturabile, spesso utilizzando la tecnica del *firesetting*, molto comune almeno fino all'introduzione della polvere da sparo e illustrata anche nel *De Re Metallica* (il cui autore pone l'attenzione sui problemi di aerazione provocati da questa tecnica una volta inoltratisi nei cunicoli, suggerendo di sventolare dei drappi o utilizzare dei mantici per allontanare il fumo dopo aver spento il fuoco). Se ci si voleva inoltrare nella roccia per distanze notevoli era necessario realizzare pozzi e gallerie di servizio che collegassero in più punti il cunicolo principale con la superficie per garantire l'aerazione; per questo motivo molti cunicoli venivano abbandonati prima di raggiungere profondità critiche (*ibidem*, pp. 364-365, 371).

Il problema principale delle miniere anche in questo periodo sembra essere stato l'acqua; quest'ultima poteva essere raccolta dai minatori in dei recipienti e scaricata all'esterno come il minerale, o convogliata verso la superficie o verso altri pozzi e gallerie mediante lo scavo di canalizzazioni sul fondo roccioso della cavità. Le gallerie di eduazione erano situate alla base della mineralizzazione e la loro pendenza doveva essere sufficiente a far fuoriuscire lungo il versante montano tutta l'acqua accumulata nei cunicoli superiori. Il minerale poteva essere caricato sulle spalle, trascinato su vaschette lignee o, più tardi, trasportato con dei carrelli montati su rotaie lignee (chiamati in area francese *chiens de mine*, "cani della miniera"), innovazione quest'ultima dovuta probabilmente a minatori di origine germanica (*ibidem*, pp. 372-378).

Una maggiore attenzione all'architettura mineraria riguardava i grandi giacimenti di metalli non ferrosi e in particolare quelli monetabili, da sempre oggetto di un più stretto controllo da parte dello Stato (Casini, Francovich 1992, p. 253; Bailly-Maitre 1993, p. 379).

La fine dell'età medievale coincide con una nuova crisi dell'attività estrattiva nei giacimenti meno ricchi e periferici, dovuta all'afflusso di metalli preziosi dalle Americhe, che allo stesso tempo deve però aver fornito l'impulso per la sperimentazione di nuove tecniche più efficienti.

### 2.2.5. Età moderna

In età moderna le tecniche di pianificazione dell'esplorazione vennero sviluppate anche grazie ad una maggiore conoscenza delle caratteristiche geologiche dei giacimenti. Si diffuse inoltre l'utilizzo di armature in legno per realizzare dei corridoi preferenziali di accesso alla mineralizzazione anche in terreni poco consolidati generalizzando quindi l'utilizzo dei traversobanchi (Fluck, Benoit 1993, pp. 382-383). Le strutture lignee potevano essere presenti anche nei pozzi, con lo scopo di facilitare la circolazione dei minatori e l'estrazione del minerale grazie ad un sistema di scale e carrucole, incassato alle pareti attraverso degli incavi nella roccia di cui spesso si rinvenivano ancora i segni (Cucini Tizzoni 2001, p. 46)<sup>19</sup>.

I sistemi di evacuazione dell'acqua tramite canali in legno o scavati nella roccia e soprattutto attraverso macchinari idraulici (pompe, ruote) vennero perfezionati, così come quelli di aerazione, grazie all'intensificazione del numero di pozzi comunicanti con l'esterno, che poteva imporre anche la costruzione di sbarramenti mobili per regolare il flusso dell'aria. In questo periodo si generalizza anche l'utilizzo di rotaie per il trasporto del minerale su carri (Fluck, Benoit 1993, p. 387) ed è più frequente il ritrovamento di lampade, in terracotta prima, in metallo poi.

<sup>19</sup> Le tracce di queste impalcature lignee, diffuse già dal medioevo, sono visibili anche nei pozzi delle miniere d'argento dell'Altipiano del Calisio in Trentino.

Fig. 3. Traccia di *fioretto* all'interno di una galleria mineraria presso Faedo (loc. Canopi, TN).



L'innovazione principale dell'età moderna fu però l'introduzione della polvere da sparo per la produzione di esplosivi, con i quali era possibile aprire varchi nella roccia in tempi brevissimi; i primi esempi documentati risalgono almeno all'inizio del XVII secolo (nel vicentino, presso Schio, le prime notizie dell'utilizzo della "polvere nera" sono del 1574 – Vergani 2003b<sup>20</sup>; Squarzina 1964, p. 18<sup>21</sup>; Pierre 1993, pp. 414-415). Le tracce di questo tecnica sono riconoscibili soprattutto per la presenza di fori praticati nella roccia per l'introduzione della polvere; per realizzarli si utilizzavano i cosiddetti *fioretti*, grossi punteruoli (utilizzati anche nelle operazioni di scavo e per regolarizzare le pareti dove fosse necessario), la cui evoluzione morfologica può anche fornire delle indicazioni cronologiche (Francovich 2000, p. 190; Pierre 1992; Pierre 1993, pp. 416-420) (cfr. fig. 3).

Nei pressi degli imbocchi si costruivano sempre più spesso degli edifici di servizio, nella maggior parte dei casi in legno o con basamento in pietra, utilizzati per l'alloggio dei minatori e per lo stoccaggio del minerale e degli attrezzi, questi ultimi costruiti in loco su piccole forge (Fluck, Benoit 1993, pp. 397-403).

Una fonte di informazione importante per la prima età moderna sono i trattati di tecnica che fioriscono in questo periodo, tra cui il famoso *De Re Metallica* di Georgius Agricola (1556), corredato da un apparato iconografico molto ricco, lo *Schwazer Bergbuch*, dello stesso anno, sorta di trattato illustrato sull'arte mineraria dell'importante miniera d'argento di Schwaz in Tirolo (fig. 4), il *De la Pyrotechnica* di Biringuccio, trattato di metallurgia del 1540 e il *Graduale* di Kutna Hora di fine XV secolo.

## 2.2.6. Età contemporanea

Il grande sviluppo delle conoscenze geologiche e giacimentologiche associato, nel secolo scorso, all'introduzione delle tecniche di prospezione geofisica, ha permesso di progettare l'attività esplorativa in dettaglio limitando al massimo gli scavi infruttuosi e migliorando le condizioni di sicurezza e di trasporto del minerale.

Il potenziamento degli esplosivi (con l'introduzione della dinamite a fine '800) e l'utilizzo della corrente elettrica e dei motori a scoppio per l'alimentazione di argani, teleferiche, pompe idrauliche, ventole e martelli pneumatici hanno notevolmente velocizzato le operazioni di scavo e risolto in parte alcuni problemi tecnici relativi alla circolazione dei minatori, all'aerazione e all'evacuazione dell'acqua.

Le condizioni di lavoro non sono però migliorate di molto e si sono aggiunti nuovi

<sup>20</sup> Lo storico ipotizza che l'utilizzo di esplosivi sia stato reso necessario anche dalla mancanza di legna per il *firesetting*.

<sup>21</sup> Anche in Alto Adige l'introduzione della polvere risale alla seconda metà del XVI secolo.





Fig. 4. Minatori al lavoro rappresentati nello *Schwazer Berghbuch* (1556).

pericoli in un ambiente di per sé ostile: l'utilizzo degli esplosivi e il gas *grisù*, miscela di idrocarburi estremamente infiammabile che si forma soprattutto nelle miniere di carbone e di zolfo, sono stati responsabili di molti incidenti anche in Italia.

Oltre alle proprietà di combustibile del carbon fossile, i cui giacimenti vennero sfruttati sistematicamente dalla fine del 1700, negli ultimi due secoli si sono scoperti nuovi utilizzi di molti minerali, di cui si è iniziata l'estrazione: in Trentino ad esempio si sono coltivati fino a pochi anni fa diversi giacimenti di barite e fluorite.

Le leggi del mercato economico globale, così come durante l'Impero romano, rendono conveniente solo lo sfruttamento di giacimenti estesi e molto ricchi in paesi in cui il costo della manodopera è più basso (Zucconi 2008, p. 11; Guideri 2008, p. 32); è questo il motivo principale dell'abbandono della maggior parte delle piccole miniere alpine dopo gli anni '60, cui si aggiunge il progressivo esaurimento delle parti più ricche dei giacimenti, il superamento delle tecnologie estrattive impiegate e il minore fabbisogno di alcune materie prime sostituite da altre, più efficienti o meno inquinanti (emblematico il caso del carbone sostituito da petrolio e metano).

#### 2.2.7. Le attività di trasformazione del minerale

I progressi avvenuti nella catena produttiva di trasformazione dei minerali hanno modificato nel corso dei secoli il rapporto fra aree estrattive e impianti di lavorazione, con una notevole ricaduta sul paesaggio: tale sviluppo è spesso più facile da seguire rispetto a quello delle attività minerarie, data la maggiore quantità di dati storici e archeologici disponibili e inquadrabili cronologicamente.

Un'operazione che in tutte le epoche si effettuava nelle immediate vicinanze della miniera era il cosiddetto arricchimento, che mirava ad eliminare la ganga<sup>22</sup> e rendere più agevole il trasporto del minerale, dapprima attraverso l'utilizzo di macine e macinelli manuali, in seguito impiegando la forza idraulica dei ruscelli o realizzando delle vere e proprie laverie con bacini di decantazione (cfr. ad es. Marchesi, Mura 2006, p. 455) (i residui di questo trattamento sono frammenti di roccia di dimensioni ridotte e piuttosto regolari, distinguibili da quelli scartati durante lo scavo – cfr. Craddock 1995, p. 11; Bianchi, Dallai, Guideri 2009, p. 640). Lo stesso vale per il processo di arrostitimento, riscaldamento iniziale del minerale all'aria aperta (in atmosfera ossidante) che lo rendeva friabile ed eliminava le impurità più abbondanti e dannose per le successive operazioni (come nel caso dei solfuri) (esempi di epoca moderna nelle valli alpine in Cucini Tizzoni 2001, p. 46; Marchesi, Mura 2006, p. 455).

La riduzione del minerale invece, necessitando di maggiori mezzi tecnici, di una maggiore razionalizzazione del lavoro e di maggiori risorse, si spostò generalmente già nel basso medioevo in aree specializzate presso gli abitati a valle (in alcuni casi

<sup>22</sup> Minerali accessori che devono essere eliminati per ricavare il minerale utile.

anche prima – per l'altomedioevo cfr. ad es. Cima 1986, p. 188<sup>23</sup>; per un caso di epoca preistorica cfr. invece De Guio 2006<sup>24</sup>), pur mantenendo uno stretto rapporto con le aree di approvvigionamento idrico e di combustibile [Guideri 2008, p. 38; Cucini Tizzoni 2001, pp. 38-41, nota 21; Marchesi, Mura 2006].

I forni altomedievali erano spesso strutture modeste, destinate a soddisfare il fabbisogno di piccole comunità il cui sistema economico era basato sull'autosussistenza (cfr. il caso di Montarrenti - Cortese, Francovich 1995, p. 435). Dal IX secolo si hanno testimonianze archeologiche di attività metallurgiche in alcuni importanti monasteri (es. San Colombano a Bobbio, Santa Giulia di Brescia, San Vincenzo al Volturno - Farinelli, Francovich 1994, p. 448; Sogliani 2001) ma sembra trattarsi principalmente di operazioni di trasformazione di semilavorati, mentre la riduzione del minerale avveniva probabilmente ancora in posizione periferica. Nell'XI secolo nacquero centri specializzati all'interno di castelli e monasteri che si concentrarono principalmente sui metalli monetabili, limitando al fabbisogno interno la produzione di settori meno remunerativi come quello siderurgico [Cortese, Francovich 1995, p. 436; Francovich, Cucini, Mannoni, Cucchiara 1991, p. 59; Di Gangi 2001, p. 371].

Ma è nel XII-XIII secolo che l'iniziativa signorile [Di Gangi 1997, p. 371] (cfr. il caso dei castelli minerari toscani - Francovich 1991; Belli, De Luca, Grassi 2003, pp. 286-292; Belli *et alii* 2005), ecclesiastica (nel caso Trentino vescovile, in altre regioni guidata dagli ordini monastici, in particolare quello Cistercense - Cortese, Francovich 1995, p. 442, nota 44) e in seguito cittadina (cfr. il caso di Pisa - Cortese, Francovich 1995, pp. 438 ss.) diedero vita ad un vero e proprio processo di centralizzazione delle attività di trasformazione di tutti i minerali, che nei secoli successivi acquisirono un carattere proto-industriale, grazie anche all'introduzione di nuove tecnologie, come mantici e magli azionati ad energia idraulica [Bianchi, Dallai, Guideri 2009, p. 642], metodi di riduzione più efficienti (come quello indiretto per il ferro – ma cfr. Cucini Tizzoni 2001), impianti di grandi dimensioni funzionanti a ciclo continuo e ad un'organizzazione razionale di tutta la catena produttiva (cfr. Marchesi, Mura 2006; Cima 1991).

Le fasi finali di trasformazione dei semilavorati in manufatti avvenivano presumibilmente in tutte le epoche nei pressi dei centri abitati, e quindi nella maggior parte dei casi lontano dalle aree estrattive; accanto agli imbocchi delle miniere potevano però essere allestite piccole officine per la realizzazione e riparazione di attrezzi da scavo in loco (cfr. Cucini Tizzoni 2001<sup>25</sup>; Fluck, Benoit 1993, pp. 397-403).

### 2.3. La gestione e la regolamentazione delle attività minerarie (Nicola Battelli, Lara Casagrande)

Le dinamiche di possesso e gestione dei giacimenti sono un altro degli aspetti utili a ricostruire la storia economica di un'area estrattiva.

Per la pre-protostoria in mancanza di fonti scritte è molto complesso dedurre informazioni in tal senso, ma le dimensioni di alcuni impianti metallurgici rinvenuti anche in Trentino suggeriscono che una qualche forma di gestione centralizzata delle risorse del sottosuolo dovesse già essere presente.

Per la Grecia antica abbiamo notizie che datano fin dal V secolo a.C., durante il quale si era già imposto il principio secondo cui il sovrano poteva disporre dei minerali esistenti nelle terre di privati. Il caso meglio documentato è quello delle miniere d'argento del *Laurion*, in Attica, attive fino all'età augustea. La fonte principale per comprendere il regime minerario di questi giacimenti sono i *Poroi* ("Entrate") di Senofonte, scritti intorno al 355 a.C.: ne emerge un quadro di estrema diversificazione delle attività di estrazione e lavorazione del minerale, in cui agiscono tre distinte figure: lo Stato, detentore dei diritti minerari; i privati, concessionari dei diritti attraverso una tassa di registrazione; i proprietari terrieri, che realizzavano le strutture permanenti necessarie alla produzione del metallo [Faraguna 1992, pp. 293-309].

<sup>23</sup> Il basso fuoco altomedievale di Miso-bolo (Piemonte) si trovava a 20 km dai giacimenti feriferi alpini.

<sup>24</sup> Un caso di attività di riduzione lontane dalle aree di approvvigionamento è quello dei forni per la lavorazione del rame dell'Età del Bronzo rinvenuti sull'Altopiano di Lavarone-Vezzena, in Trentino. Si ipotizza che la motivazione sia da ricercare nell'esaurimento delle risorse boschive in prossimità delle miniere, causato dal massiccio sfruttamento per la produzione di carbone e per il *firesetting*.

<sup>25</sup> Nella fucina altomedievale di Ponte di Val Gabbia (Val Camonica) è stata rinvenuta una punta in acciaio da minatore fabbricata per l'estrazione dell'ematite dai giacimenti nelle vicinanze.

Per quanto riguarda l'età romana sappiamo che inizialmente le risorse del sottosuolo appartenevano al proprietario fondiario, ma già in età repubblicana, con l'espansione di Roma in aree ricche di minerali utili, i giacimenti più importanti vennero sottoposti alle norme che regolavano l'*ager publicus* (Salerno 2003, p. 7). Per avere informazioni sull'attività estrattiva in questo periodo bisogna affidarsi principalmente a fonti letterarie<sup>26</sup>, integrate da alcune fonti epigrafiche costituite principalmente da iscrizioni su lingotti di vari metalli. L'analisi di questi ultimi suggerisce che esistevano concessioni a favore di città o personaggi influenti, che potevano poi organizzare l'attività di sfruttamento con mezzi propri, demandandola a terzi o formando società con terzi non concessionari. Nella maggior parte dei casi si faceva ricorso alla *locatio censoria*: società di appaltatori si aggiudicavano per cinque anni la possibilità di sfruttare la miniera in cambio della cessione, allo Stato o al concessionario, di una quota fissa in minerale o in denaro. Alla fine della Repubblica questo sistema entrò in crisi, forse per la sparizione delle società di pubblicani a causa delle persecuzioni di Silla, o per la decadenza di alcuni dei principali distretti minerari conosciuti (Mateo 2001, pp. 22-83).

In epoca flavia (seconda metà del I secolo d.C.) il fisco, spinto anche dalla scoperta di nuovi giacimenti, intervenne nell'ambito minerario nel corso di un'ampia attività di recupero e riorganizzazione del controllo imperiale sui beni pubblici intrapresa da Vespasiano. Questa politica di riordino dell'*ager publicus populi Romani* si riflette negli ordinamenti delle cosiddette "Tavole di Aljustrel", rinvenute all'interno di una discarica mineraria nell'attuale Portogallo: si tratta di due lamine bronzee dette "prima e seconda legge di Vipasca" (dal nome del luogo del rinvenimento, avvenuto rispettivamente nel 1876 e nel 1906) che contengono regolamenti scritti databili al II secolo d.C., durante l'età adrianea (uno studio completo sulla prima tavola in Domergue 1983; sulla seconda si veda Lazzarini 2001). Le tavole ci permettono di apprendere come l'amministrazione imperiale aveva organizzato la vita in miniera, creando una comunità speciale che si poneva al di fuori delle strutture municipali: venivano regolamentate le tasse, i servizi pubblici e il diritto di praticare mestieri all'interno della comunità. La seconda, in particolare, ci fornisce dettagli sulle modalità di sfruttamento della miniera: il fisco concedeva l'attività estrattiva ad una pluralità di imprenditori, mentre lo Stato si riservava la funzione di controllo e il diritto di partecipazione ai ricavi; in questa tavola vengono inoltre recepite alcune norme disposte dall'autorità imperiale (si fa esplicito riferimento all'imperatore Adriano) per incentivare la ricerca di giacimenti d'argento.

Il tipo di organizzazione documentata a Vipasca, in cui operavano associazioni indipendenti autorizzate dall'amministrazione statale, perse terreno già nel II secolo, a causa delle maggiori ingerenze degli imperatori nelle questioni economiche: nella tarda antichità la maggior parte delle miniere apparteneva direttamente al tesoro imperiale o al sovrano stesso (Salerno 2003, pp. 20 ss.).

Nell'Altomedioevo, venuta a mancare una gestione centralizzata e razionale, la maggior parte delle attività minerarie sopravvissute o intraprese *ex novo* venne gestita a livello locale e destinata principalmente all'autoconsumo di piccole comunità, che si occupavano anche della successiva trasformazione del materiale estratto: si trattava per lo più di iniziative modeste, spesso a carattere stagionale (cfr. Cucini Tizzoni 2001, p. 47; Marchesi, Mura 2006, p. 455; Ancel 2008, p. 242; Zammatteo 2003, p. 63; La Salvia 1995, pp. 266-267)<sup>27</sup>, che si integravano con le altre attività agro-pastorali e in cui le conoscenze tecniche si tramandavano attraverso l'esperienza empirica di generazione in generazione (Francovich, Manacorda 2000, p. 19; Farinelli, Francovich 1994, pp. 444-445; Cortese, Francovich 1995, p. 435).

Risulta difficile, data la scarsità di fonti a riguardo, ricostruire le modalità di gestione delle attività di scavo vere e proprie (i diversi modi di organizzazione dell'attività estrattiva ipotizzabili per questo periodo sono efficacemente sintetizzati in

<sup>26</sup> Le principali fonti sono: Tito Livio, *Ab Urbe Condita*, 34,21,7 e 45,18,3-5 e 45,29,11; Diodoro, *Bibliotheca Historica*, 5,36; Strabone, *Geografia*, 3,2,10; Plinio, *Naturalis Historia*, 3,138 e 33,78.

<sup>27</sup> Il carattere stagionale delle attività estrattive è documentato anche per periodi più recenti, sia per la complementarietà rispetto all'economia agro-pastorale - documentata già in età preistorica, cfr. De Guio 2006 -, sia per questioni pratiche, dato che il ghiaccio limitava le acque percolanti e quindi il pericolo di allagamenti e la neve rendeva più semplice il trasporto a valle del minerale tramite slitte.

Francovich, Wickham 1994, p. 11). Il fatto stesso che nella documentazione alto e pieno medievale manchino norme riferite allo sfruttamento dei giacimenti è stato considerato un indizio del carattere pubblico dei diritti minerari, che vengono esplicitati solo più tardi (generalmente dal XII secolo) nel momento in cui i concessionari ottengono una legittimazione ufficiale o al contrario vengono contestati per i loro privilegi (ad esempio dai nascenti comuni) (Farinelli, Francovich 1994, p. 453; Braunstein 1993, p. 285; cfr. per il bellunese Vergani 2001, p. 76 e per il Trentino Varanini, Faes 2001, p. 258): è probabile che, come per altre prerogative pubbliche in quest'ultimo periodo, la capacità di controllo delle famiglie signorili sulle risorse avesse portato alla privatizzazione di fatto di questi diritti. Nella ricca documentazione statutaria di XIII secolo traspare anche il concetto di libero uso del sottosuolo, in base al quale chiunque aveva diritto all'estrazione del minerale, evidentemente previo pagamento di un canone (in minerale o metallo) al proprietario del terreno in cui il giacimento si trovava: se quindi i diritti minerari erano strettamente in mano ai signori locali, l'organizzazione della produzione era autonoma, gestita da notabili che a loro volta percepivano canoni da una gerarchia di membri che terminava con il semplice minatore (Francovich, Wickham 1994, pp. 14-15, 25). Queste piccole *societates* (o "compagnie") dividevano spese ed utili (spesso derivati anche dalla proprietà di impianti di trasformazione del minerale) e fondavano i propri accordi su norme consuetudinarie, di cui sono documentati alcuni esempi in Lombardia (Valtorta, Ardesio - Cucini Tizzoni 2001, pp. 41-42), in Toscana (Montieri, Massa Marittima) e in Sardegna (Iglesias) (Francovich, Wickham 1994, pp. 13-17): su questo modello si basava anche lo sfruttamento minerario dell'altipiano del Monte Calisio in Trentino.

In seguito all'avvio di uno sfruttamento sistematico delle risorse minerarie e con l'aumento della profondità degli scavi che imponeva l'utilizzo di nuove tecnologie, dal XIII secolo vennero redatti in varie zone d'Europa una serie di *Statuti minerari*, codici o raccolte di leggi che regolavano prospezione, sfruttamento e lavorazione del minerale adattandosi alle peculiarità geologiche, tecniche ed economiche dell'area cui si riferivano. Le prescrizioni riguardavano in modo particolare i metalli monetabili, mentre i minerali di ferro non rientravano generalmente nei regolamenti pubblici, sia per la relativa facilità di estrazione e riduzione, sia per la minore incidenza nella politica economica (Casini, Francovich 1992, p. 253; Francovich, Wickham 1994, pp. 9-10; Bailly-Maitre 1993, p. 379; Braunstein 1993, pp. 277-279; Vergani 2003a, p. 124<sup>28</sup>).

Da ricordare è lo statuto di Iglau (Zycha 1900) (oggi Jihlava, nella Repubblica Ceca) città nella quale, fin dal 1227, troviamo una comunità di coloni tedeschi immigrati da sud, organizzata con statuti propri (*magister montium, urbarii et iurati montanorum*). Nel 1249 re Venceslao, congiuntamente alla conferma delle libertà cittadine, promulgò un'importante legge mineraria: il testo considerava principalmente le modalità di concessione e la misura dei pozzi. Queste norme negli anni successivi si diffonderanno nelle altre zone minerarie della Boemia e verranno estese su richiesta a territori esterni, andando a costituire il fondamento giuridico del diritto minerario delle città ungheresi. Verso la fine del XIII secolo la città di Freiberg, in Sassonia, richiedette di poter organizzare la propria attività mineraria su questo modello, forse a causa della crescente complessità dei lavori nel sottosuolo. Il primo codice della città (in vigore fino ai primi anni del XIV secolo) venne redatto nel 1268 (Ermisch 1887): il principe margravio di Meissen si attribuì la regalia imperiale e il diritto di signoria, sancì che la riscossione del canone sul minerale doveva avvenire sotto la responsabilità del "maestro delle montagne" e dichiarò l'appartenenza dell'argento alla zecca. In questo statuto la libertà di lavoro si coniugava con la concessione della proprietà in base ai primi risultati, in modo da favorire le concessioni più produttive.

<sup>28</sup> Nella Repubblica di Venezia il ferro era esente dalla decima mineraria e per questo motivo la sua estrazione era sottoposta ad un minore controllo.



Alla fine del XIII secolo iniziò l'attività nella zona mineraria di Kuttenberg (Kutna Hora); nel 1300, insieme ad una riforma monetaria, fu promulgato da re Venceslao II lo *lus regale montanarum* (Majer 1989, pp. 51-81; Zycha 1900, pp. 40-297) (o *Constitutiones iuris metallici*), base per la futura organizzazione di tutte le miniere del regno (Aretino, Baldasserini *et alii* 2008, pp. 26-30; Braunstein 1993, pp. 294-298). Vi si trova una disamina sui differenti tipi di contratto che servivano a dare il via all'esplorazione mineraria in Europa centrale, e vi vengono affermate le garanzie sul lavoro dei salariati (libertà di movimento, regolamentazione dell'orario e della retribuzione, norme di assistenza giuridica).

In Italia alcuni importanti codici sono: gli *Ordinamenta super arte fossarum rame-riae et argenteriae* redatti dal Comune di Massa Marittima; il *Breve di Villa Chiesa*, della città sarda di Iglesias; lo *Statuto di Bovegno* (Val Trompia) del 1341, quest'ultimo interessante perché è uno dei rari casi di norma mineraria redatta per un metallo non monetabile, il ferro: la sua particolare qualità, data dalla presenza di manganese che lo rendeva una sorta di acciaio speciale, ne faceva evidentemente un materiale altrettanto prezioso (Mattias 2008, pp. 50-51; Marchesi, Mura 2006, p. 456).

Conquistata l'autonomia nel 1225, il Comune di Massa Marittima inserì gli *Ordinamenta super artem fossarum rame-riae et argentariae* (Rodolico 1938) nella propria costituzione (*Constitutum communis et populi*). Questo codice minerario, risalente alla seconda metà del Duecento con aggiunte fino al 1324, fu promulgato dal capitano del popolo insieme ai *magistri curiae*. I gruppi che svolgevano la loro attività nelle miniere erano sostanzialmente tre: i *partiani* (azionisti), che fornivano il capitale e formavano la *communitas foveae*, la compagnia che prendeva le decisioni a maggioranza; i *magistri* (maestri dell'arte), che dirigevano e controllavano i lavori nella miniera, ai quali era riconosciuto il diritto corporativo; infine i *laboratores* (lavoratori), gli operai, senza diritto di associazione. Il quadro che si delinea è quello di un controllo molto stretto su tutte le fasi del lavoro, allo scopo di mantenere un'efficiente attività produttiva.

Il IV libro del *Breve* di Iglesias, della prima metà del XIV secolo, tratta ampiamente dell'occupazione, dell'abbandono, della ripresa dei pozzi estrattivi e del ruolo amministrativo e tecnico dei "maestri del monte" e dei tribunali minerari (per l'edizione del codice, Baudi di Vesme, 1877). Tutta l'impostazione legislativa è dominata dalla volontà di incrementare il livello produttivo in una zona di limitata estensione in cui i giacimenti avevano potenza ridotta. Sono quattro i gruppi incaricati all'esplorazione delle miniere: gli imprenditori associati, detentori delle quote parte (*parzonavili*); i *bi-stanti*, che concorrono al capitale; gli *scrivani*, personale amministrativo e di controllo; i "maestri di fossa" e i direttori tecnici incaricati dell'esplorazione vera e propria. Nell'ambito della produzione dell'argento troviamo anche un'altra categoria: i *guelchi* (corrispettivo dei *werchi* dello statuto trentino), singoli proprietari di forni che agivano sotto licenza statale a tempo.

Il più antico codice minerario europeo conosciuto è però quello stilato dal principe vescovo trentino Federico Vanga. Dopo la sua elezione nel 1207 Vanga si preoccupò di far trascrivere tutti i documenti che riguardavano le proprietà vescovili nel cosiddetto *Codex Wangianus* (redatto fra 1215 e 1218 ma comprendente documenti più antichi); uno dei capitoli più importanti (oggi indicato come fascicolo IX) porta il titolo di *Liber de postis Montis Arçentarie* ed è il primo documento europeo che organizza sistematicamente le norme relative al diritto minerario, ribadendo l'esclusiva proprietà del vescovo (stabilita dall'imperatore Federico I nel 1189 - Braunstein 1993, p. 285; Varanini, Faes 2001, p. 258) e regolando le modalità di concessione e le attività di scavo. Un approfondimento sulle prescrizioni del *Liber* sarà trattato nel capitolo relativo al caso di studio riguardante le miniere d'argento dell'altipiano del Monte Calisio (a nord est di Trento), cui sembrano riferirsi le norme in esso contenute: non si parla infatti di altri metalli né di altri luoghi, ed anche la prescrizione di

abitare a Trento ha senso solo per chi si occupasse di miniere non lontane dalla città. Quest'area estrattiva doveva essere oggetto di un interesse particolare da parte del vescovo perché consentiva l'approvvigionamento del metallo utile alla zecca cittadina. D'altronde, come si è visto, la maggior parte degli statuti minerari europei conosciuti sono dedicati ad aree di estrazione di metalli monetabili, rame e soprattutto argento.

Probabilmente derivato dalla legislazione trentina è il cosiddetto "*Eckelzain*" della città di Schladming in Austria ("*Schladminger Bergbrief*", 1408) (Stolz 1928, p. 254; Braunstein 1993, p. 299; Palme 2000, pp. 30-31; Palme 1984, pp. 111-117), raccolta di norme non prescritte da un'autorità ma nate dalla volontà dei *Bergleuten* (letteralmente "gente di montagna", in questo caso indica i minatori) rappresentati dal consiglio cittadino. Questa codificazione influenzò gli statuti prodotti nel XV secolo nel Tirolo e negli altri possedimenti asburgici<sup>29</sup>, che nel 1517 sarebbero stati riassunti nella legge mineraria promulgata dall'imperatore Massimiliano I e poi da Ferdinando I nel famoso "*Schwazer Bergbuch*" del 1556. A partire dai centri boemi e sassoni il diritto tedesco si diffuse anche verso l'intera Sassonia, l'Ungheria e la Polonia.

Dalla seconda metà del XV secolo un generale progresso della tecnologia estrattiva e metallurgica aveva riportato ad un buon livello l'attività mineraria, dopo che alcune delle miniere più produttive si erano andate esaurendo<sup>30</sup>. Questo avanzamento tecnico portò con sé un aumento dei costi di estrazione e fusione dei minerali e, conseguentemente, un crescente fabbisogno di capitale: le associazioni di minatori e le piccole imprese, tipiche del periodo tra tardo XII e inizio del XIII secolo, furono progressivamente sostituite da nuove compagnie di azionisti, non direttamente coinvolti nel lavoro, che suddividevano il capitale in un numero molto maggiore di quote (emblematico il caso della Repubblica Veneta, cfr Mattias 2008, pp. 51-53). Fra XV e XVI secolo la comunità mineraria era costituita da tre attori: i lavoratori, che da comproprietari delle miniere divengono semplici salariati, perdendo progressivamente molti dei privilegi concessi loro in passato da principi e signori territoriali; i capitalisti, proprietari delle concessioni minerarie, che assorbono questi privilegi; infine i titolari dei diritti di regalia, cui venivano pagate le imposte sul minerale estratto. Nel periodo di passaggio tra medioevo ed età moderna si assiste quindi ad una crescente imposizione dell'autorità politica sull'attività estrattiva, nel tentativo di ridurre l'indipendenza delle compagnie minerarie.

Durante il XVI secolo si intensificò la promulgazione di statuti minerari. Fra questi, oltre ai regolamenti austriaci del 1517, è da ricordare la legge promulgata nel 1509 dal duca di Sassonia per le miniere da poco aperte ad Annaberg, che divenne un modello di riferimento per tutta la Germania settentrionale ed orientale fino agli inizi del XIX secolo (Schmoller 1891, p. 980) (da essa deriva ad esempio l'ordinamento di Joachimstahl del 1518, collegato ad un'importante riforma monetaria). Lo statuto prevedeva la nomina di un numero sempre maggiore di funzionari minerari, che non potevano più possedere quote delle compagnie ma avevano il potere di approvare o rifiutare qualsiasi attività estrattiva; tutta la responsabilità amministrativa (incluse le prescrizioni su salari e orari di lavoro) era attribuita ad un *Oberberghauptmann* (letteralmente "capitano sopra la montagna" da intendersi come il supervisore dell'attività mineraria); il *Bergmeister* visitava le imprese ad intervalli regolari per accertare il rispetto dei regolamenti.

Al 1556 (anno della pubblicazione del *De re metallica* di Georg Bauer) data il già citato *Schwazer Bergbuch* (Egg 1988; Toffol 1993; Bartels 2006) nato dalla necessità di riunire tutte le ordinanze relative all'organizzazione del lavoro in miniera dell'impero in un unico *codex*. Non si conosce esattamente il numero di copie di questo libro, ma la sua caratteristica peculiare è che ciascun esemplare differisce dai precedenti perché vi venivano aggiunte le norme emesse o modificate nel frattempo (il primo ad esempio fa riferimento alle miniere di Falkenstein). Ogni libro è composto

<sup>29</sup> I più importanti: Gossensass (1427), la Legge del Consiglio dei Dieci di Venezia (1488), Schwaz (1449), Rattenberg (1463), Salzburg (1477) e Gorz (Gorizia, 1486).

<sup>30</sup> Si trattava principalmente di miniere d'argento, l'estrazione del quale condizionava però anche quella del rame e del piombo, dato che la maggior parte del metallo monetabile veniva ricavato da minerali che contenevano percentuali più o meno elevate anche di questi ultimi due metalli.

di quattro parti: la prima contiene i regolamenti riguardanti il lavoro in miniera e le attività di trasformazione correlate, nonché l'organizzazione del distretto minerario; la seconda è una sorta di manuale operativo; nella terza si trovano una serie di miniature che illustrano l'attività dei minatori; infine l'ultima parte riporta tutte le sentenze del Consiglio minerario (*Berggericht*) di Schwaz.

A partire dal tardo XV secolo la regalia dei sovrani sui giacimenti era stata estesa ai minerali vili, anche grazie alla rinascita del diritto romano: la maggior parte delle miniere durante l'Impero era infatti appartenuta allo Stato e la tassa imperiale sul minerale estratto in suolo privato riguardava tutti i tipi di metalli. Il controllo stabilito dai governanti sulle attività minerarie nei secoli successivi scoraggiò l'iniziativa privata, indebolita anche dalla scoperta di importanti giacimenti oltreoceano e in seguito dalle guerre che sconvolsero l'Europa tra XVI e XVII secolo: la produzione mineraria e metallurgica andò incontro ad un progressivo declino. Solo le modificazioni delle leggi minerarie nei secoli XVIII e XIX avrebbero creato condizioni più favorevoli agli imprenditori (Schmoller 1891).

A livello normativo le diverse realtà politiche europee erano molto disomogenee, tanto che in alcuni casi prevaleva la concezione demaniale delle risorse, in altri ancora quella fondiaria, secondo cui il proprietario di un terreno possedeva anche i minerali custoditi nel suo sottosuolo (Mattias 2008, p. 54). In Italia la situazione in fatto di diritto minerario rimase molto diversificata per tutto l'Ottocento (anche dopo l'Unità) e venne standardizzata solo nel 1927<sup>31</sup>, unificando la legislazione sul principio della demanialità del sottosuolo.

A seguito della dismissione della maggior parte delle miniere la legislazione attuale si sta concentrando sul recupero delle aree estrattive abbandonate e delle loro pertinenze (macchinari e strutture impiegate durante il periodo di attività), prima da un punto di vista ambientale e in seguito da un punto di vista scientifico e storico-culturale (Borgognoni 2008).

### 3. La ricostruzione del paesaggio minerario trentino

#### 3.1. Metodi ed obiettivi della ricerca

Un tentativo di ricostruzione del paesaggio minerario pone una serie di problematiche specifiche, quali il reperimento di dati bibliografici e storici affidabili, che permettano una prima contestualizzazione dell'attività estrattiva, e l'individuazione di tracce archeologiche, spesso poco visibili perché situate in aree isolate, impervie e coperte dalla vegetazione a seguito della dismissione delle miniere.

Una volta delimitate le aree di interesse grazie alle informazioni storiche, le tecniche di *remote sensing* e le applicazioni GIS offrono una visione globale del territorio in esame fondamentale per la contestualizzazione delle evidenze: dai singoli imbocchi, alle vie di comunicazione, al rapporto con gli insediamenti e con gli impianti di trasformazione.

La difficoltà principale rimane però quella di "destratificare" un palinsesto di tracce di estrazione che si riferiscono a periodi di sfruttamento distanti a volte migliaia di anni. Agganciare le fasi individuate ad una cronologia assoluta risulta piuttosto complesso in mancanza di reperti datanti rinvenuti all'interno dei cunicoli, nelle discariche o nel corso di scavi archeologici all'interno delle miniere o nelle loro immediate vicinanze. Inoltre la continuità di sfruttamento degli stessi giacimenti, spesso fino al secolo scorso, con mezzi tecnici via via più distruttivi come esplosivi e martelli pneumatici (e a volte per la ricerca di minerali diversi da quelli coltivati precedentemente), può comportare l'obliterazione di gran parte delle attività antiche o renderle indistinguibili da quelle moderne.

<sup>31</sup> R.D. 29 Luglio 1927, n. 1443.

Queste considerazioni valgono tanto più per una ricerca come quella effettuata nell'ambito del progetto APSAT, che si basa principalmente sul *remote sensing* e occupandosi di un territorio molto vasto prevede ricognizioni di superficie mirate solo in alcune aree campione.

Diventa quindi fondamentale incrociare diversi tipi di dato, esaminando tutte le fonti che possono aiutarci a ricostruire l'evoluzione dell'attività estrattiva: solo in questo modo è possibile dare un senso alle tracce materiali impresse sul paesaggio.

Di seguito vengono descritti gli strumenti d'indagine utilizzati per lo studio dei contesti minerari trentini.

### 3.1.1. Analisi della bibliografia edita

Le linee principali della storia dell'attività mineraria sono state ricostruite grazie alla bibliografia edita, costituita essenzialmente da ricerche di storici locali (molto utili in particolar modo per la localizzazione precisa delle singole gallerie, dei siti produttivi e delle vie di comunicazione), da studi geologici, spesso realizzati anche per valutare lo stato dei giacimenti in vista di una possibile riapertura delle miniere, e da ricerche etnografiche volte alla conservazione della memoria e alla valorizzazione delle tracce materiali rimaste.

### 3.1.2. Analisi della cartografia attuale e storica

La localizzazione precisa degli imbocchi e il loro rapporto con la viabilità, gli edifici e la toponomastica è stata possibile grazie alla sovrapposizione della cartografia attuale (CTP 1:10000, IGM 1:25000) e storica (Catasto Asburgico - 1850 circa), fornita in formato digitale georeferenziato dalla Provincia autonoma di Trento e caricata su piattaforma GIS<sup>32</sup>, su ortofoto e DTM LiDAR; questa operazione è possibile anche nel WebGIS del sito APSAT.

La cartografia geologica e mineraria (Carta Mineraria d'Italia 1:1.000.000 - Castaldo, Stanpanoni 1975; Carta Litologico Mineraria 1:200.000, Carte geologiche 1:50.000, 1:25.000, 1:10.000 - per le aree campione -; mappe a grande scala per le singole aree estrattive) è fondamentale per conoscere la natura, la posizione e l'estensione dei giacimenti e quindi per comprendere la metodologia estrattiva.

Un altro aspetto molto interessante dell'analisi cartografica è lo studio della toponomastica, grazie alla quale in molti casi è possibile identificare con precisione aree minerarie, impianti di trasformazione o insediamenti legati all'attività estrattiva per le quali esistono solo indicazioni geografiche generiche (es. Le Miniere, Forno, Fornace, Busa ecc.)<sup>33</sup> (cfr. Zammateo 2008, pp. 32-33).

### 3.1.3. Remote sensing

Per la localizzazione dei singoli pozzi e gallerie tramite *remote sensing* si è rivelata molto utile l'osservazione del DTM ottenuto tramite rilevamento LiDAR<sup>34</sup>, in particolare per le aree boschive, molto estese in Trentino e in particolar modo nei territori periferici nei quali si conservano le tracce minerarie, in cui la copertura vegetazionale rende difficile l'individuazione di anomalie sul terreno attraverso l'analisi della foto aerea (esempi di applicazioni del LiDAR a progetti archeologici in Bewley, Crutchley, Shell 2005, *English Heritage 2010*; in contesti boschivi: Devereux *et alii* 2005; Crutchley 2006; Doneus *et alii* 2007; Crow 2008; Doneus, Briesse 2006, p. 100; Sittler, Schellberg 2006; esempi di applicazioni ad aree minerarie in Gallagher, Josephs 2008; Risbøl, Gjertsen, Skare 2006; vari contributi in Archeomontan 2011 e IES 2008-2012; cfr. anche Emami, Yaghmaei 2008 per l'analisi di contesti minerari attraverso la fotointerpretazione in area desertica).

<sup>32</sup> Durante questa ricerca sono stati utilizzati i *software* GIS Global Mapper (v. 10.02 e 11.02) e ArcGIS 9.3.

<sup>33</sup> Cfr. la serie di pubblicazioni del Dizionario toponomastico trentino, consultabile anche online dal sito [www.trentino.cultura.net](http://www.trentino.cultura.net).

<sup>34</sup> Da qui in poi si utilizzerà spesso l'acronimo "DTM LiDAR", che propriamente indicherebbe il modello numerico ottenuto tramite il rilievo LiDAR, per riferirsi al suo "lumeggiamento" (*hillshading*) ovvero un'elaborazione del modello che permette di visualizzare una superficie 3D, sulla quale viene proiettata una luce per evidenziarne le morfologie.



L'analisi della fotografia aerea (ortofoto del 2006) ha un'applicabilità più limitata, ma si rivela utile per le zone di pascolo alle alte quote, nonché laddove la presenza di notevoli accumuli di discarica, di scorie di lavorazione o comunque di residui dei processi di trattamento del minerale causino uno stress nella crescita della vegetazione (fig. 5).

A questo proposito potrebbe risultare interessante l'analisi di immagini multispettrali, cui applicare degli *indici di crescita vegetazionale* (NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*), che sfruttano la diversa risposta della vegetazione nelle bande (intervalli di lunghezze d'onda) del visibile e del vicino infrarosso. La vegetazione verde sana ha un'interazione caratteristica con l'energia nel visibile e nelle regioni del vicino infrarosso: nel visibile la clorofilla assorbe energia per la fotosintesi, particolarmente nel rosso e nel blu (riflettendo quindi nel verde), nel vicino infrarosso l'energia è invece fortemente diffusa dalla struttura interna delle foglie (per evitare il riscaldamento eccessivo della pianta); il rapporto fra le due risposte dà una "firma spettrale" caratteristica che permette di distinguere appunto la vegetazione sana da quella malata o stressata, per esempio a causa della presenza di grandi discariche di minerale o di materiali inquinanti, come quelli che possono derivare dall'estrazione di solfuri, minerali di rame o di piombo o dalla lavorazione della pirite per il vetriolo (Merola, Allegrini *et alii* 2006; Traviglia 2006, pp. 125-126; Grøn, Christensen *et alii* 2006; Parcak 2009, pp. 92-94).

Infine la visione tridimensionale ottenuta sovrapponendo l'ortofoto al DTM su piattaforma GIS permette di apprezzare la relazione esistente fra gli imbocchi delle miniere, la piccola viabilità (spesso costituita da sentieri attualmente poco visibili sul terreno) ed eventuali strutture legate all'attività estrattiva o produttiva.

### 3.1.4. Approfondimenti in aree campione

Le due aree campione scelte (Val di Pejo e Altipiano del Monte Calisio) risultavano particolarmente interessanti sia dal punto di vista delle tracce archeologiche visibili (anche da *remote sensing*), sia per il contesto storico nel quale l'attività mineraria si è svolta: in entrambi i casi è infatti documentata la coltivazione dei giacimenti fin dall'età medievale.

Fig. 5. 'Doss delle Grave' (Altipiano del Calisio) - area interessata da una grande discarica rimaneggiata nel secolo scorso per la ricerca di barite: lo stress vegetazionale ha portato alla nascita di un biotopo protetto, con cespugli e alberi bonsai, ben visibile anche da foto aerea.



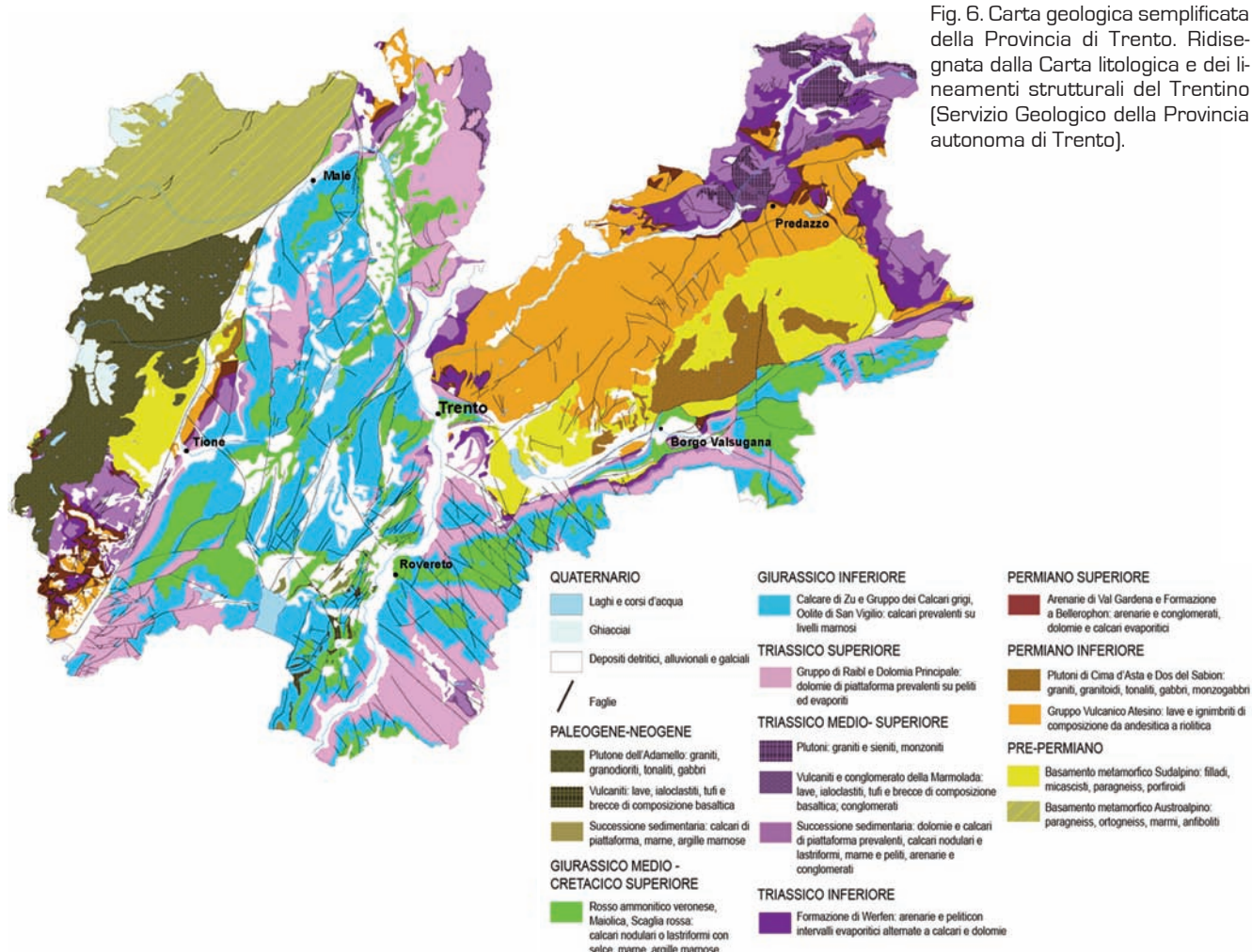


Fig. 6. Carta geologica semplificata della Provincia di Trento. Ridisegnata dalla Carta litologica e dei lineamenti strutturali del Trentino [Servizio Geologico della Provincia autonoma di Trento].

Per queste aree la ricerca bibliografica è stata approfondita maggiormente per delineare la storia dell'attività di estrazione e trasformazione del minerale, ma anche quella dell'insediamento e della viabilità verso i centri abitati vicini; inoltre è stata effettuata un'indagine puntuale della posizione degli imbocchi alle miniere attraverso *remote sensing* e ricognizioni dirette non sistematiche, oltre che rivolgendo interviste informali ad abitanti del luogo, conoscitori del territorio (come i pastori) e rappresentanti di istituzioni che si occupano a vario titolo dello studio e della valorizzazione della storia locale.

Un ulteriore strumento d'indagine potranno essere le analisi archeometriche effettuate su campioni di minerale e scorie derivate dai processi di trasformazione, rinvenute nei pressi degli imbocchi delle miniere o degli insediamenti, per comprendere quali processi di lavorazione avvenivano in loco e la loro efficienza rispetto alle caratteristiche del minerale di partenza.

### 3.2. Inquadramento geologico e giacimentologico del trentino [fig. 6] [Paolo Ferretti]

#### 3.2.1. Cenni di storia geologica

Dal punto di vista tettonico il Trentino si colloca per gran parte entro il dominio strutturale delle Alpi Meridionali, tipica catena post-collisionale caratterizzata da uno stile deformativo a sovrascorrimenti sud-vergenti che si sviluppa tra Piemonte e

Friuli. Rientra invece nella catena Nordalpina, edificio a falde di ricoprimento con polarità orogenica verso nord (catena "Europa" vergente), solo il territorio a nord della Val di Sole, dove affiora il Basamento metamorfico Australpino. Lungo questa valle corre infatti il Lineamento Periadriatico, importante linea tettonica che separa le Alpi Meridionali dal Nordalpino.

Dal punto di vista del paesaggio il territorio trentino è caratterizzato da notevole varietà: vette dolomitiche, massicci granitici, altipiani, strette forre e ampi fondovalle, laghi, ghiacciai; nel volgere di pochi chilometri si passa dall'ambiente mediterraneo del Lago di Garda ai ghiacciai dell'Ortles-Cevedale. Questi paesaggi sono il frutto di una storia molto complessa e si sono sviluppati nell'arco di oltre 400 milioni di anni, durante il quale l'evoluzione dei fenomeni geologici ha comportato un succedersi di ambienti ben documentato nelle formazioni rocciose del territorio in oggetto.

Le rocce più antiche affiorano lungo la Valsugana e attorno al gruppo dell'Adamello-Presanella. Si tratta di un complesso di metamorfiti (scisti albitici, filladi, porfiroidi) che costituiscono il Basamento metamorfico Sudalpino; queste rocce si originano a partire da sedimenti e prodotti vulcanici depositi tra l'Ordoviciano superiore e il Devoniano (430-360 MA), in seguito metamorfosati durante l'Orogenesi ercinica (circa 300-350 MA). Il successivo smantellamento della catena Ercinica vede l'accumulo di una successione detritica costituita per gran parte da elementi di rocce metamorfiche e quarzo che si andavano a depositare con discontinuità solo nelle aree più depresse formando così il Conglomerato di Ponte Gardena.

In risposta all'enuclearsi di faglie trascorrenti a scala regionale, nel tardo Paleozoico le Alpi Meridionali sono interessate da un articolato sistema eruttivo che si sviluppa tra il Piemonte e le Dolomiti orientali. Nel Permiano inferiore (tra 285 e 260 MA) anche in Trentino ha luogo un intenso vulcanismo che si manifesta con la produzione di grandi quantitativi di rocce vulcaniche, subvulcaniche e plutoniche con chimismo da acido a basico. Nel territorio attualmente compreso tra Trento, Bolzano e le Dolomiti occidentali si forma una gigantesca caldera al cui interno si accumulano fino a oltre 3000 m di vulcaniti, le quali, una volta consolidate, andranno a costituire il Gruppo Vulcanico Atesino (noto più comunemente come Piattaforma Porfirica Atesina). Contemporaneamente ingenti masse magmatiche si consolidano a profondità non superiori a 2 km costituendo il plutone granitico di Cima d'Asta e i suoi corpi satellite (Granito di Caoria, Granodiorite di M. Broi presso Roncegno e altri corpi minori). In questa fase si forma anche la massa intrusiva della Granodiorite del Doss del Sabion in Val Rendena.

Cessata l'attività vulcanica, col Permiano superiore (260-255 MA) la peneplazione dei rilievi vulcanici porta allo sviluppo di aride piane alluvionali che convogliano verso il mare della Tetide sabbie e ghiaie; queste ultime costituiranno il complesso sedimentario del Verrucano Lombardo (nella zona delle Giudicarie) e le Arenarie di Val Gardena, potenti oltre 200 m, al limite orientale della provincia.

Il Permiano si chiude con l'avanzata del mare da est verso ovest, registrata dalla Formazione a Bellerophon (255-250 MA), successione mista di dolomie, calcari e evaporiti (gesso e anidrite). In seguito al procedere della trasgressione marina si assiste alla deposizione di sedimenti di mare progressivamente più profondo, sebbene ancora costiero e quindi soggetto a trasporto e accumulo di apporti detritici provenienti dall'entroterra in erosione. In questa fase si accumulano sabbie, argille e calcari varicolori ben stratificati appartenenti alla successione scitica (Triassico inferiore, 248-240 MA) della Formazione di Werfen, potente qualche centinaio di metri.

Tra la fine dello Scitico e l'inizio dell'Anisico, circa 240 milioni di anni fa, si verifica un calo dell'apporto detritico; si instaurano così lagune di tipo evaporitico che porteranno alla formazione di calcari dolomitici ricchi di alghe calcaree noti come Dolomia del Serla inferiore (ad ovest sostituiti dalla Carniola di Bovegno). Questo è solo



l'inizio di una fase tettonica molto attiva che durante l'Anisico (240-235 MA) produrrà ambienti deposizionali molto articolati, con terre emerse anche ampie - come quella compresa tra Val d'Adige a ovest, Val di Fiemme a sud, Val Pusteria a nord e Dolomiti Bellunesi a est denominata "Alto Badioto-Gardenese", o come l'area corrispondente all'attuale Trentino sud-orientale - intervallate da profondi bracci di mare. In corrispondenza degli alti strutturali si accumulano depositi di origine fluviale o deltizia, rappresentati da brecce, arenarie e siltiti (Conglomerato di Voltago). Nelle zone a circolazione idrica più ridotta, con piane tidali a sedimentazione carbonatica solo marginalmente influenzati dagli apporti terrigeni continentali, proliferano praterie a Crinoidi (Formazione a Gracilis); inoltre iniziano ad attecchire nuove piattaforme carbonatiche che daranno origine a Dolomia della Valsugana, Dolomia del Serla Superiore e, nelle Valli Giudicarie, al Calcare del Dosso dei Morti. In corrispondenza dei fondali più profondi con acque più tranquille e povere di ossigeno si formano invece calcari marnosi ricchi di sostanza organica (Calcare di Recoaro nel Trentino centro-meridionale e Calcare di Angolo nelle Giudicarie).

Sul finire dell'Anisico si verifica lo sprofondamento di alcune aree con conseguente deposizione di calcari bituminosi (Formazione di Moena nelle Dolomiti, Calcare di Prezzo nelle Giudicarie, Calcari Scuri di Margon e Marne della Val di Centa tra Trento e Valsugana), mentre altri settori si troveranno in condizioni di mare poco profondo caratterizzato da acque limpide, calde e ben ossigenate, dove possono attecchire nuove piattaforme carbonatiche (Formazione di Contrin nelle Dolomiti e Calcare di Monte Spitz in Trentino sud-orientale). Lo sprofondamento dei fondali prosegue in modo disomogeneo con la frantumazione in grossi blocchi. Le porzioni che in questo contesto si vengono a trovare presso il pelo dell'acqua sono colonizzate da colonie di organismi marini a guscio calcareo che si accrescono analogamente a quanto si osserva nei mari tropicali attuali. Queste scogliere coralline daranno origine alla Dolomia dello Sciliar, al Calcare del Latemar e al Calcare della Marmolada. Analogamente si formerà la Formazione di Esino nel Trentino occidentale, la Dolomia di Val d'Adige, la Dolomia del Sindech in Valsugana e continuerà la sedimentazione del Calcare di Monte Spitz in Trentino sud-orientale. Al contempo nelle aree bacinali adiacenti a queste piattaforme decantano depositi selciferi intercalati a livelli di tufi e ceneri vulcaniche, noti come Formazione di Livinallongo nell'area dolomitica, Calcari di Val Gola tra Trento e Valsugana, Formazione a Nodosus in Trentino sud-orientale.

Un evento di fondamentale importanza nella storia geologica delle Dolomiti è il vulcanismo ladinico (Triassico medio, 235 MA), preceduto da un'intensa attività sismica che produce corpi di brecce caotiche - il cosiddetto Caotico eterogeneo - frutto di frane sottomarine. La fase eruttiva si sviluppa formando due edifici vulcanici centrati in corrispondenza degli attuali Predazzo e Monti Monzoni, dai quali fuoriescono prodotti vulcanici di composizione basaltica in gran quantità: lave, ialoclastiti, tufi, brecce vulcaniche. Essi ricoprono parzialmente le piattaforme carbonatiche e si riversano entro le aree bacinali accumulando spessori anche superiori a 1000 m. Parte del magma si consolida a meno di 3 km di profondità sviluppando masse intrusive di composizione monzonitica e granitico-sienitica che producono un'evidente azione di metamorfismo di contatto nei confronti delle rocce incassanti di composizione terrigena e calcareo-dolomitica, ben visibili nella zona dei Monti Monzoni e attorno a Predazzo (Monte Mulât, Canzoccoli, Malgola).

Conclusasi l'attività vulcanica nuove scogliere coralline (Dolomia Cassiana) riprendono a proliferare nei mari tropicali del Carnico, progradando all'interno dei bacini che nel frattempo raccolgono anche i prodotti dell'erosione delle vulcaniti e formano i celebri depositi fossiliferi della Formazione di S. Cassiano.

Alla fine del Carnico, circa 225 milioni di anni fa, l'abbassamento del livello del mare già iniziato tra Ladinico e Carnico associato a nuovi movimenti tettonici provocano il definitivo riempimento degli ultimi bacini e l'instaurarsi di una vasta piana

costiera dove si depositano sedimenti carbonatici con abbondanti apporti di origine continentale (Gruppo di Raibl).

Nel Norico, tra 220 e 210 milioni di anni fa, la piana costiera viene nuovamente invasa dall'acqua generando una piana tidale che si estendeva ininterrottamente tra Francia, Svizzera e versante meridionale delle Alpi, fino alla Grecia. In questo ambiente paludoso si depositeranno grandi quantità di fanghi calcarei con la conseguente formazione della Dolomia Principale, la quale, nei settori più subsidenti come per esempio le Dolomiti di Brenta, presenta spessori anche superiori a 1000 m.

Nel Giurassico inferiore (205-180 MA), come conseguenza dell'inizio dello smembramento del Pangea, si sviluppano delle faglie distensive con andamento circa nord-sud che isolano settori di alto strutturale da aree maggiormente subsidenti nelle quali cominciano a depositarsi successioni tipiche dei fondali oceanici. L'attuale Trentino occupa un vasto settore di alto denominato Piattaforma di Trento, che confina a ovest col Bacino Lombardo e a est col Bacino Bellunese. Per tutto questo periodo quindi, mentre nelle aree bacinali già si stanno depositando sedimenti di mare profondo (formazione del Tofino), sull'alto della Piattaforma di Trento continuano ad accumularsi in ambienti di piana di marea e lagune costiere quei sedimenti calcarei che formano il Gruppo dei Calcarei Grigi. Al giorno d'oggi essi costituiscono assieme alla Dolomia Principale l'ossatura del Trentino centrale e meridionale.

Col Giurassico medio, a partire da 170 milioni di anni fa, si assiste ad un generale sprofondamento della Piattaforma di Trento sulla quale prendono a depositare finissimi sedimenti rossastri ricchi di organismi planctonici assieme ad ammoniti e ad altri organismi pelagici (belemniti, nautiloidi). Tra Giurassico medio e superiore, quindi in un intervallo di circa 30 milioni di anni, a causa di tassi di sedimentazione assai ridotti si formano solamente poche decine di metri di Rosso Ammonitico Veronese.

La deposizione di fanghi calcarei in ambiente pelagico procede nel Cretacico inferiore e medio (145-100 MA) con la formazione di Maiolica e Scaglia Variegata Alpina.

Col Cretacico superiore (100-65 MA) si assiste a un aumento degli apporti terrigeni dovuto all'erosione del nucleo di edificio alpino già formato nelle aree a ovest e a nord dell'attuale Trentino durante la prima fase dell'Orogenesi Alpina, quella "eo-alpina". Si formano così i tipici calcari micritici rossi ben stratificati della Scaglia Rossa, che presenta *facies* particolarmente marnose soprattutto nei settori nord-occidentali, in prossimità delle aree di alimentazione della componente terrigena, per esempio in Val di Non, a ridosso della Linea delle Giudicarie.

Col Paleogene si realizza la seconda fase dell'attività orogenica, quella "mesoalpina", che vede un rapido avvicinamento tra il promontorio africano dell'"Apulia" e il continente Europeo, con la conseguente evoluzione del corrugamento alpino.

Il Sudalpino, ancora occupato dal mare, viene sempre meno rifornito di sedimenti provenienti dalla neonata catena alpina. A partire dell'Eocene inferiore (50 MA) la spinta tra Africa ed Europa inizia a farsi sentire sui rilievi sottomarini, che cominciano a sollevarsi. È così che nelle aree meno profonde, corrispondenti all'attuale catena Monte Baldo - Monte Stivo, attecchiscono nuovamente delle piattaforme carbonatiche che vanno a formare il Calcare di Torbole; nelle aree più profonde si accumulano depositi ad affinità bacinale (Formazione di Ponte Pià) che però contengono già significativi apporti calcarenitici provenienti dalle rampe delle piattaforme carbonatiche (Calcare di Chiusole, Calcare di Malcesine). In questa fase e fino all'Eocene medio (45 MA) una nuova fase vulcanica interessa il Sudalpino, con la produzione di limitati ma significativi corpi di vulcaniti basaltiche (Basalto della Val Lagarina); essi affiorano con discontinuità in numerose località del Trentino Meridionale lungo l'asta dell'Adige tra i dintorni di Trento e Ala. Durante questo stesso ciclo vulcanico, tra 42 e 28 milioni di anni fa si forma il più esteso corpo intrusivo del Sudalpino, rappresentato dai granitoidi del batolite dell'Adamello-Presanella.

L'Eocene si conclude con la riconquista dei fondali occupati dagli espandimenti vulcanici da parte della piattaforma carbonatica che costituisce il Calcare di Nago.

In seguito un nuovo collasso tettonico porta all'annegamento della piattaforma carbonatica, sulla quale si depositano argille e marne che costituiscono le Argille di Ponte Arche (Eocene sup. – Oligocene inf., 35-30 MA).

Con l'Oligocene aumentano le aree in emersione e le aree di deposizione dei sedimenti marini sono sempre più ridotte, rappresentate dal Calcare di Linfano, affiorante sul Monte Brione, tra Riva del Garda e Torbole.

Col Miocene (20-5 MA) ha il via la fase più marcata dell'Orogenesi alpina (fase "neolapina") e si verifica la completa emersione dalle acque dell'attuale Trentino, sebbene presso Borgo Valsugana, in Val di Gresta e presso Riva del Garda la presenza di piccoli affioramenti di arenarie grigio-verdi appartenenti alla Formazione di Monte Brione testimoniano la presenza di isolati settori ancora sommersi.

Sul finire del Miocene, precisamente nel Messiniano (5 milioni di anni fa), con la chiusura dello Stretto di Gibilterra e il conseguente forte abbassamento del livello del Mediterraneo dovuto all'evaporazione delle acque marine, le vallate alpine vanno incontro a sovraescavazione: si formano così profondi *canyon* che si spingono fino a 700 m sotto l'attuale livello del mare.

Durante il Quaternario (gli ultimi 2 milioni di anni) queste incisioni sono colmate da detriti e ulteriormente modellate dai ghiacciai, la cui ultima massima espansione risale a solo 17.000 anni fa.

### 3.2.2. Giacimenti Minerari

In Trentino, come in altri settori dell'arco alpino, i giacimenti minerari sono abbastanza diffusi; alcuni di questi mostrano concentrazioni interessanti, motivo per cui sono stati oggetto di intensa coltivazione in passato, ma la gran parte, a causa di dimensioni limitate e difficile accessibilità, non sono più economicamente sostenibili.

In linea di massima la loro origine, per via diretta o indiretta si ricollega alle quattro fasi vulcaniche che hanno interessato questo territorio: Ordoviciano sup.-Siluriano inf. (450-430 MA), Permiano inf. (275 MA), Triassico medio (235 MA) e Eocene inf.-medio (55-45 MA).

Sebbene gli eventi mineralizzanti che sottendono alla formazione dei giacimenti debbano essere interpretati ad una scala che inevitabilmente supera i confini regionali, di seguito è proposta una descrizione per aree dei giacimenti minerari del Trentino, a supporto della trattazione relativa allo storia dello sfruttamento e dei materiali estratti oggetto del paragrafo successivo.

#### *Valsugana, Val dei Mocheni, Pinetano*

La Valsugana presenta un andamento circa E-W coerente con la direzione della Linea della Valsugana, sulla quale si è impostato il solco erosivo. Questa importante struttura tettonica sud-vergente, la maggiore nel Sudalpino Orientale, presenta rigetti massimi di oltre 2000 m, tali per cui i terreni cristallini del lembo settentrionale (Basamento metamorfico Sudalpino, vulcaniti permiane del Gruppo Vulcanico Atesino, plutone di Cima d'Asta e suoi corpi satellite) sovrascorrono sulla successione sedimentaria permo-mesozoica affiorante sul versante meridionale della valle. Molto importante è anche il lineamento diretto SW-NE noto come Linea del Fersina, delimitata verso SW dalla Linea del Calisio. Questa faglia inversa, sulla quale si è sviluppata la Val dei Mocheni, solleva il lembo sud-orientale di circa 800 m mettendo a contatto il Basamento metamorfico che affiora in sinistra idrografica con le vulcaniti permiane che si incontrano lungo tutto il versante destro della valle (Avanzini *et alii* 2010, p. 197).

I giacimenti sono concentrati nelle aree dove affiorano il Basamento metamorfico, le vulcaniti permiane e i corrispettivi intrusivi (Plutone di Cima d'Asta e sue masse satellite), quindi lungo tutto il settore in sinistra Valsugana, in Val dei Mocheni, lungo l'incisione del Rio Silla che culmina con L'Altopiano di Pinè e sul versante nord-orientale della Vigolana che scende fino al Lago di Caldonazzo.

In questo territorio le mineralizzazioni sono piuttosto diffuse pertanto di seguito è riportata una sintesi delle aree minerarie più significative, raggruppate per tipologia di giacimento.

a) Giacimenti concordanti alla scistosità nel Basamento metamorfico Sudalpino.

Si tratta di giacimenti lenticolari concordanti con la scistosità costituiti da pirite, marcasite, arsenopirite, calcopirite, sfalerite, galena e solfosali, con tracce di rame, oro e antimonio alternati a livelli di scisti a quarzo e clorite. La loro origine si ipotizza sia esalativo-sedimentaria e l'età di deposizione contemporanea a quella dei protoliti delle filladi, quindi tra l'Ordoviciano superiore e il Siluriano inferiore (Frizzo 2004b; Avanzini *et alii* 2010). I principali giacimenti sono Vetriolo, Calceranica e Val di Sella.

Quello di Vetriolo è situato a q. 1600 m circa, poco a monte dell'abitato. Il banco mineralizzato, di potenza variabile da 1 a 2 m, affiora poco sopra la Galleria dell'Acqua Forte. Qui l'attività di ricerca mineraria è nota sin dalla Preistoria ma si concentrò tra i secoli XVI e XVIII per ricavare vetriolo dalla pirite. Fu abbandonata nel 1780 (Brigatti *et alii* 1964).

L'analogo giacimento di Calceranica, rappresenta il più grande deposito metallifero dell'Alta Valsugana. Affiora circa a q. 500 m sulla sponda sud-occidentale del Lago di Caldonazzo, tra Calceranica e Vattaro. La mineralizzazione, lenticolare e di forma ellittica, con diametri di 1800 m e 600 m circa, con spessore da 4 metri nella zona centrale a meno di 1 ai margini, è allungata da SE a NW, presenta direzione mediamente N-S e immersione verso W di 25°-35°; anch'essa era conosciuta e sfruttata per il rame fin dalla Preistoria ma la coltivazione è documentata almeno dal XVI secolo e proseguì con alti e bassi fino al secolo scorso. La vera coltivazione industriale fu ad opera della Montecatini S.p.A. tra la fine della seconda guerra mondiale e il 1964 (Morra 1964; Ogniben 1966).

Oggetto di qualche coltivazione mineraria fu anche il giacimento di Val Sbetta, situato a q. 950 m in destra Val di Sella, a SW di Borgo Valsugana. Esso affiora per breve tratto entro una stretta fascia di filladi intensamente fratturate presso la Linea della Valsugana (Frizzo 2004a).

b) Giacimenti filoniani discordanti nel Basamento metamorfico Sudalpino.

Nel Perginese e in Val dei Mocheni sono presenti numerosissime mineralizzazioni filoniane a solfuri misti, fluorite, barite, quarzo, talora con calcite, che tagliano il Basamento metamorfico. Si tratta di filoni idrotermali, generalmente con andamento SW-NE, formati in seguito alla circolazione di fluidi idrotermali legati all'intrusione permiana di Cima d'Asta (Vuillermin 1964; Perna 2000) e in particolare, nell'area in oggetto, ai suoi corpi satellite (Granodiorite di M. Broi, Granodiorite del Rio Rigolor, Masserella tonalitico-quarzodioritica di Canezza).

La miniera di Vignola, organizzata su 8 livelli, tra q. 1064 m e q. 1333 m, con uno sviluppo di circa 3 km di gallerie, seguiva una serie di filoni idrotermali a quarzo, fluorite, galena, blenda, che si sarebbero intrusi lungo dei disturbi tettonici che mettono in contatto le filladi con gli gneiss feldspatici. Il periodo di maggiore sviluppo fu il XV secolo. L'estrazione di minerali piombo-zinciferi riprese nel primo dopoguerra ma la fase più intensa, cui si deve l'attuale assetto della miniera, si ebbe a partire dal 1953, per l'estrazione di fluorite e successivamente di barite, fino alla chiusura verso la metà degli anni '70. Attualmente sono ancora visibili numerosi imbocchi, coltivazioni a cielo aperto e discariche (Detomaso, Perna 2005; Avanzini *et alii* 2010).

Il giacimento di Cinquevalli, situato nel comune di Roncesgno alla testata del Torrente Argento, comprende vari filoni esplorati tra q. 1489 m e 1625 m. I maggiori sono il filone Ida, a blenda prevalente sulla galena, con pirite e calcopirite meno abbondanti in ganga quarzoso-fluoritica (diretto NE50° con immersione a NW di 60°, potente mediamente 1 m) e il filone Augusti, particolarmente ricco di calcopirite con galena e ganga di calcite (diretto NE45° con immersione a NW di 45°, potente mediamente 80 cm). Filoncelli minori sono il filone Wilhelm, a quarzo con poca pirite e galena (diretto NE40° con immersione a NW di 50°-70°, potente mediamente 10-50 cm) e il filone Erteli a q. 1625 m a fluorite con quarzo e scarse galena e blenda (diretto E-W con immersione a N di 45°, potente mediamente 50-120 cm). Tutte le mineralizzazioni sono in discordanza con la scistosità delle filladi del Basamento, eccezion fatta per il filone Ida che è incassato nel corpo granodioritico di M. Broi. Nota già nel 1640, la miniera ebbe sviluppo soprattutto nel '700 e venne abbandonata nel 1941; negli anni '50 fu coltivato anche il filone contenente fluorite in loc. Erteli (Barillari *et alii* 1968; Perna 1964e, p. 73).

Il giacimento della Pamera, situato a NW di Roncesgno, poco a monte di Montibelleri tra q. 1022 m e 1071 m è costituito da una mineralizzazione a magnetite e pirrotina con ganga di quarzo, carbonati e clorite che riempie e cementa una breccia di filladi quarzítico-albitiche geneticamente correlabile alla messa in posto della Granodiorite di M. Broi. Il corpo minerario ha le caratteristiche di un *breccia pipe* nel quale si individua una zona più interna a magnetite e una marginale a pirrotina. La miniera, organizzata su 3 livelli, fu aperta precedentemente al primo conflitto mondiale e si sviluppò dagli anni '20 al 1945 (Omenetto 1970; Detomaso, Perna 2005; Frizzo 2004a).

Degno di nota è anche il complesso di miniere di Cima d'Orno che segue un filone spesso al massimo 60 m - immergente verso SE con una inclinazione di 60°-80° - e taglia l'intero rilievo appena a ovest della cima, sviluppandosi poi tra Pergine e Roveda. Il filone è impostato lungo una faglia con direttrice Cima d'Orno-Rio Eccher. La mineralizzazione è filoniana a quarzo, pirite, fluorite, clorite, calcite e barite. Si tratta in realtà di un fascio di filoni subparalleli molto ravvicinati ed estremamente irregolari, con andamento lenticolare "a rosario" (Vuillermin, 1964). Questo fascio di filoni è stato esplorato in più fasi, dapprima per i solfuri e in tempi più recenti per la fluorite e il quarzo. I lavori minerari sono localizzati nelle zone di Cento Pozzi (fluorite), Cima di Mezzodì (fluorite), Roveda (quarzo e fluorite), Fontanelle (quarzo), Maso Beber (barite), Rio Eccher (fluorite) e Rio Roat (quarzo), con tracce di vecchi lavori fino al Lago di Caldonazzo (Murara, Perna 1970; Detomaso, Perna 2005).

Il giacimento di Valar, situato al di sotto del paese omonimo, circa 1 km a SSE di Pergine, è stato oggetto di saltuari lavori da parte della Società Maffei a partire dalle gallerie di q. 597 m e 617 m. È costituito da due filoni: il principale, potente 20-150 cm, è subverticale con direzione NNE-SSW; il secondo, potente meno di 50 cm ha direzione N-S ed è intersecato dal precedente. Entrambi hanno tessitura simmetrica a bande: in quelle marginali è frequente la calcopirite, in quelle centrali sono comuni galena e pirite. La paragenesi comprende anche blenda, arsenopirite e cobaltite in ganga di quarzo con calcite e siderite (Detomaso, Perna 2005; Di Colbertaldo, Murara 1964).

Altre piccole miniere abbandonate, che sfruttavano le mineralizzazioni a solfuri, fluorite e barite, sono presenti nel Basamento in tutta la zona della sinistra Fersina, fino a Vetriolo e Cinquevalli. In alcuni casi sono state oggetto di coltivazione o di permesso di ricerca, specialmente per la fluorite negli anni '60 del secolo scorso. Tra queste meritano di essere menzionate Rio Preghele (Fierozzo), Brennstal (Fierozzo), Tingherla (Frassilongo), Canezza (Pergine), Chieserech (Fierozzo), Frattasecca (Novaledo) (Detomaso 2005).



c) Giacimenti filoniani discordanti nelle vulcaniti permiane del Gruppo Vulcanico Atesino.

Si tratta di giacimenti costituiti da reticoli di vene a solfuri in ganga quarzosa incassati alla base del Gruppo Vulcanico Atesino. La stretta connessione tra vulcanismo e mineralizzazioni è dimostrata dall'intensa propilittizzazione della roccia incassante.

Il giacimento di Quadrate, sfruttato sino agli anni '60 del secolo scorso, è ubicato sul versante sinistro della valle del Silla a SE di Fornace. Si tratta di una mineralizzazione filoniana e in parte di impregnazione a galena argentifera, blenda, calcopirite e pirite, entro le daciti di Pinè; il filone, subverticale o fortemente inclinato e orientato NNE-SSW, con spessore variabile da 0.40 a 3 m, verso sud si divide in due rami (Omenetto 1967; D'Amico, Venturelli 1968).

Il giacimento di Gril-Faida è ubicato sui due versanti della Valle del Rio Negro a SE di Gril ed è stato sfruttato sino agli anni '30 del secolo scorso. La mineralizzazione, che sul versante destro è filoniana a galena, blenda, calcopirite, pirite, tetraedrite in ganga quarzosa e interessa le riodaciti del Castelliere e le daciti di Pinè, sul versante sinistro (loc. Le Trote) è filoniana a pirolusite, rodonite, rodocrosite e quarzo (Andreatta 1928; Detomaso, Perna 2005).

Il giacimento di Nogarè, sfruttato sino agli '50 del '900, è ubicato a NE del paese, tra la Val Brutta e la località Quadrate. Sul versante a NE del paese, intorno a q. 850 m, si trovano degli scavi a cielo aperto nelle riodaciti di Costalta. La mineralizzazione è filoniana e di impregnazione, ad arsenopirite, galena, blenda, pirite, calcopirite, tetraedrite, stibnite, quarzo e interessa le daciti di Pinè e le andesiti di Cembra. Omenetto e Detomaso (1970) ricostruiscono lo schema dei filoni del distretto minerario e definiscono il processo metallizzante legato a tre eventi tettonici, indicando inoltre una zonazione verticale con diminuzione verso il basso dell'arsenopirite a favore dei solfuri di Pb e Zn e una zonazione orizzontale con aumento della calcopirite da sud verso nord.

Le miniere di Viarago, sfruttate dall'inizio del XIV secolo sino al 1940, sono ubicate sui versanti a monte e a valle dell'omonimo abitato. In zona sono documentate almeno 40 miniere, generalmente di estensione limitata. Sul versante meridionale della Predocchia, il rilievo a monte di Viarago, sono osservabili diversi ingressi, alcuni antichi e altri relativi ad attività più recenti, sempre associati a discariche. Delle quattro gallerie principali (S. Barbara a q. 695 m, Paolo a q. 721 m, Scaz a q. 770 m, Fontanelle a q. 640 m) è visibile solo l'ultima, associata a una discarica e attualmente chiusa a uso sorgente. Il lavoro di Omenetto e Detomaso (1970) descrive la galleria Fontanelle che si sviluppa per 400 m, prima in conglomerati quaternari, poi nelle filadi e nelle lave andesitiche, quindi segue un filone dello spessore di un metro ad andamento NE-SW, immergente verso NW e interrotto da una faglia E-W immergente verso S. La mineralizzazione è filoniana a pirite, blenda, calcopirite, tetraedrite, magnetite in ganga quarzosa e carbonatica e interessa le lave andesitiche della Formazione di Cembra. Complessivamente nelle miniere di Viarago aumenta il tenore in rame della mineralizzazione rispetto ai giacimenti di Nogarè-Quadrate.

Sono da segnalare inoltre le miniere di Aubis (o Aobis), ubicate presso il greto del Fersina, sul versante sinistro della valle. La mineralizzazione è filoniana e di impregnazione a pirite, Cu e As, nelle lave dacitiche di Pinè.

In loc. Rementil (o Prementil), sopra Viarago, tra q. 1140 m e q. 1180 m, sono state scavate 3 brevi gallerie negli anni 1928-1930 su un'area mineraria già nota da qualche decennio per una mineralizzazione antimonifera. Il giacimento è costituito da vene irregolari con struttura fibrosa potenti 8-30 cm. La mineralizzazione è costituita da berthierite, stibnite, probabile meneghinite, antimonio nativo, kermesite e ocre d'antimonio, oltre a pirite, marcasite, blenda, arsenopirite e limonite in ganga carbonatico-quarzosa (Burtet Fabris, Detomaso, Omenetto 1974).

Numerose manifestazioni di modesta entità oggetto di ricerche e coltivazioni minerarie si trovano in Alta Val dei Mocheni tra Palù del Fersina e il Lago di Erdemolo (loc. Lenzi, Tasaineri, Val delle Scandorle, Laner, Knappenwald, Maso Erdemolo) oltre che in Val Cava (loc. Ai Meus). Tra queste la più significativa è l'antico giacimento cuprifero e argentifero della Miniera di Erdemolo (Grua va Hardömb), ora adibito a miniera-museo. Le mineralizzazioni, rappresentate da filoncelli e vene, con direzione NE e immersione a SE, o da impregnazioni della roccia, sono costituite da pirite prevalente con calcopirite, sfalerite e galena in ganga quarzoso-carbonatica, in minor misura freibergite, polibasite, bismutinite, bismuto, ematite, arsenopirite e oro (Murara 1966; Detomaso, Perna 2005). È da ricollegare a questa tipologia di giacimenti anche la miniera di S. Orsola, vecchia ricerca mineraria ubicata a q. 1030 m in Val dei Borti, sul versante destro Fersina, utilizzata fino a pochi anni fa come sorgente arsenicale-ferruginosa dal vicino centro termale (concessione per acqua minerale "Bagni di S. Orsola") (Avanzini *et alii* 2010, p. 219-220).

Entro il corpo di lave riodacitiche di Monte Zaccon, posizionato lungo la Linea della Valsugana all'altezza di Roncigno, è segnalata infine una mineralizzazione a barite prevalente con fluorite, calcite, siderite e solfuri (Di Colbertaldo 1965). Il filone di potenza metrica, subverticale e diretto NNW, è stato coltivato negli anni 1950-1960 su 6 livelli (tra q. 592 m e q. 726,9 m) per un totale di circa 1000 m di gallerie (Detomaso, Perna 2005).

#### d) Giacimenti nel membro di Tesero della Formazione di Werfen.

Si tratta di banchi mineralizzati strato-concordanti e lenticolari a galena argentifera, barite e associati solfuri misti, analoghi ai più noti giacimenti dell'Altipiano del Calisio (cfr. *caso di studio 2*). La Formazione di Werfen affiora in sinistra Fersina presso Roncigno in loc. Slacche (Münch 1966) e vicino a Magnago, in destra Fersina poco a NW di Civezzano in corrispondenza di due scaglie tettoniche posizionate lungo la Linea del Calisio all'intersezione con la Linea Trento-Roncigno.

#### e) Altri giacimenti.

Miniere di lignite si trovano in Val di Sella, in Val Bronzale presso Ospedaletto e in Val Coalba nel comune di Castelnuovo. Venivano coltivati livelli carboniosi contenuti all'interno di marne e arenarie con intercalazioni conglomeratiche del Miocene superiore affioranti nei pressi del contatto con la Linea della Valsugana.

#### *Primiero, Vanoi, Cima d'Asta*

Il territorio del Primiero si colloca a cavallo della Linea della Valsugana, la quale in questo settore presenta un andamento circa WSW-ENE, transitando inizialmente in destra del Torrente Cismon, quindi, a partire da Tonadico, in sinistra idrografica in direzione Passo Cereda-Sagron-Mis. Il lineamento mette in contatto la successione sedimentaria permo-mesozoica che occupa il settore meridionale, compreso tra la Valle del Cismon e la dorsale verso M. Pavione-M. Ramezza, con il lembo settentrionale dove affiorano i terreni cristallini del Basamento metamorfico Sudalpino, in corrispondenza del quale, al nucleo dell'Anticlinale di Cima d'Asta, si trova l'intrusione permiana del plutone di Cima d'Asta e i suoi corpi satellite (Cao-ria, Arinas-Redesega, Cima di Mezzogiorno, Ponte Gardellin). In sinistra Cismon, a monte di Fiera di Primiero, si osserva la successione stratigrafica completa dell'area dolomitica dal Basamento metamorfico Sudalpino alla piattaforma carbonatica medio-triassica (Dolomia del Rosetta) di cui sono costituite le Pale di San Martino.

I giacimenti più significativi si collocano entro il Basamento metamorfico Sudalpino in due distinte aree: quella di Siror-Transacqua e quella di Sagron Mis-Vallalta, al confine col Bellunese.

Il giacimento di Siror-Transacqua, interessato da diffuse coltivazioni fin dal Medioevo, è analogo a quelli di Calceranica e Vetriolo. Si tratta di una mineralizzazione a solfuri massicci polimetallici stratiforme a pirite e pirrotina (quest'ultima spesso dominante), galena, calcopirite, sfalerite, marcasite, arsenopirite, cassiterite, stannite, magnetite, bournonite, meneghinite, nonché forti portatori di argento come freibergite e pirargirite, oltre a oro nativo. Le caratteristiche mineralogiche, tessiturali e strutturali, oltre ai dati geochimici evidenziano un ringiovanimento e rimobilizzazione della mineralizzazione stratiforme a solfuri massicci ad opera delle azioni termiche e idrotermali indotte dal magmatismo permiano del complesso intrusivo di Cima D'Asta (Frizzo 2004b).

Nella zona tra Sagron Mis, Vallalta e Gosaldo, è segnalata una mineralizzazione a cinabro, coltivata presso la miniera di Vallalta, in territorio bellunese, e presso quella attigua di Sagron-Mis, in territorio trentino. Il giacimento presenta una composizione estremamente semplice, essendo costituito principalmente da cinabro, con mercurio nativo, pirite e marcasite. Il corpo minerario, posizionato lungo delle dislocazioni che mettono a contatto un nucleo di rocce ignimbriche permiane con lembi di Basamento metamorfico, è interpretato come un deposito epitermale di impregnazione (tipo *stockwork*). La miniera, dislocata in 14 livelli su 250 m di dislivello - tra i 616 m del livello più profondo e gli 830 m di quello più elevato - è stata coltivata tra la metà del 1700 e il 1879, cui seguirono nuove esplorazioni nei periodi 1920-1923 e 1958-1962 (Baccos 1968; Fellerer 1970).

Mineralizzazioni a quarzo, cui a luoghi si associano barite, calcite, fluorite e solfuri (essenzialmente calcopirite e pirite) costituiscono filoni idrotermali con direzione da N-S a NE-SW incassati e geneticamente correlati al plutone di Cima d'Asta. Ricerche e modeste coltivazioni a giorno e in galleria si trovano in diverse località: in corrispondenza del filone di Brentana che affiora per circa 800 a nord di Scurelle, in sinistra idrografica del Torrente Maso (pendici occidentali del M. Primaluna), fra q. 970 m e 1100 m, a valle della strada per il Rifugio Cruccolo; lungo il filone Boal de la Lave (Moralta in Val Campelle), ubicato sulle pendici del Monte Val Piana Piccola, nella valle del Torrente Maso, circa 500 m a sud di Villa Buffa; presso il filone di Ziesa, affiorante in sinistra Val Chiesa a q. 1200 m, alla confluenza tra quest'ultima e la Val Calamento; infine alla sommità di Monte Cima (2032 m) nel comune di Samone (Murara, Perna 1970; Perna 2000).

Giacimenti analoghi, ma contenenti oltre a quarzo abbondante fluorite e solfuri, si trovano entro l'ammasso granitico permiano noto come Granito di Caoria e al contatto tra quest'ultimo e il Basamento metamorfico, che risulta intensamente metamorfosato con conseguente formazione di filladi cornubianitiche. Nella zona di Caoria (Valle del Vanoi), in loc. Pralongo, queste mineralizzazioni furono oggetto di coltivazione per solfuri tra '800 e '900, cui seguirono negli anni del secondo dopoguerra lavori di ricerca per quarzo e fluorite. I filoni presi in esame si trovano lungo la valletta in sinistra orografica che confluisce nella valle principale circa 500 m a NNW dell'abitato di Pralongo. Presso il primo filone, a q. 900 m (quarzo con solfuri misti, potenza 60-80 cm) furono impostati lavori in sotterraneo; il secondo filone (potenza 50-100 cm, mineralizzato a quarzo con fluorite subordinata a tracce di solfuri), situato a q. 950 m circa, non è stato oggetto di alcuna coltivazione; di maggiore importanza è il terzo filone (a quarzo e fluorite con concentrazioni di calcopirite, pirite, galena e blenda alle salbande; potenza variabile tra 2 e 2,40 m), visibile in affioramento tra q. 800 m e q. 1150 m e oggetto di lavori di ricerca: galleria di 400 m, franata alla progressiva 270 m al contatto granito-filladi (Murara, Perna 1970).

Recentemente la società mineraria Trentina Srl con sede in Roncigno ha effettuato nel territorio del Comune di Canal S. Bovo e Caoria delle coltivazioni in sotterraneo finalizzate all'estrazione di feldspato contenuto nella massa intrusiva di Caoria (concessione mineraria "Al Lago").

### *Altipiano del Monte Calisio*

Per la disamina geologica e giacimentologica di quest'area cfr. il *caso di studio 2*.

### *Val d'Adige*

Il solco dell'Adige a nord di Trento presenta sul versante destro dirupate pareti che includono una successione calcareo-dolomitica di età compresa tra il Triassico medio-inferiore e il Giurassico superiore; in sinistra idrografica si incontrano invece i terreni compresi tra le vulcaniti permiane del Gruppo Vulcanico Atesino e il Triassico inferiore.

Mineralizzazioni metallifere sono presenti in sinistra Adige nel tratto che tra Lavis e San Michele all'Adige si spinge fino al territorio di Giovo e Faedo. In zona affiorano infatti lembi di Formazione di Werfen, i cui livelli basali contenenti mineralizzazioni piombo-argentifere con barite sono stati coltivati nel Medioevo con le stesse modalità osservabili poco più a sud, sull'Altipiano del Monte Calisio. Cadini e canope sono diffusi presso Lavis (Dosso dei Furlì), Pressano, Ville di Giovo ma soprattutto attorno al paese di Faedo.

Lungo la dorsale del Mondagiò, tra Masen e Faedo, l'orizzonte mineralizzato è contenuto entro le ignimbriti della Formazione di Ora (porzione superiore del Gruppo Vulcanico Atesino), che in questo settore si presentano intensamente fratturate trovandosi lungo un sistema tettonico di svincolo della linea di Trodena (sistema Faedo-Gril-Viarago) (Avanzini *et alii* 2010). Il giacimento consiste in un reticolo di piccole vene, solo eccezionalmente centimetriche, e diffuse masserelle di solfuri misti a galena prevalente, con tetraedrite e calcopirite circa nelle stesse proporzioni, oltre a blenda, pirite, e in minor misura arsenopirite e bournonite (Dessau, Duchi 1966). In zona è segnalata inoltre un'anomalia radioattiva dovuta alla presenza di miche di uranio (Mittempergher 1959; Giannotti, Todesco, 1964). Il sito minerario, coltivato fin dal Medioevo, è stato rimaneggiato in età moderna con la realizzazione di opere di presa per l'acquedotto di Faedo (galleria Acqua di Faedo) ma soprattutto in seguito a escavazioni a cielo aperto marcate dalla vasta discarica in località Giarine, sul fianco nord della collina di q. 866 m.

A partire dal 1939 vennero attivate delle coltivazioni entro la dolomia ladinica e anisica (Dolomia dello Sciliar) finalizzate alla produzione di magnesio metallo vista la purezza della roccia. L'attività partì con la concessione "Sottomonte", lungo le pareti poco a nord-est di Mezzocorona, quindi, dal 1953 si spostò ad est di Roveré della Luna, sulle pendici meridionali del Monte Nosellaro, con la realizzazione di una grande cava ad imbuto (Cava "Dossenì") (Perna 1965).

### *Dintorni di Trento e Vallagarina*

Piccoli lembi di Formazione di Werfen mineralizzata a galena argentifera si trovano sui rilievi collinari a est della città di Trento (versante meridionale del Monte Cerva, Povo, Villazzano, loc. San Bartolomeo) (cfr. *caso di studio 1*).

Miniere di ferro sono segnalate all'interno di antichi documenti con riferimento alla zona di Garniga; nei prati circostanti la località di S. Osvaldo sarebbero ancora visibili alcuni imbocchi (Degasperì 2006, pp. 53-55). Si tratta probabilmente di piccole coltivazioni che insistevano su limitate superfici a idrossidi di ferro contenute entro i Calcarì Grigi.

Piccole ricerche attivate probabilmente in periodo autarchico e legate allo sfruttamento di lignite contenuta nella parte superiore della Scaglia Variegata Alpina (Livello Bonarelli, Cenomaniano) sono segnalate in loc. Torano lungo il Rio dei Molini, nel comune di Villa Lagarina. Altre ricerche vennero eseguite in Valle dei Laghi: un saggio di 15 m di lunghezza fu effettuato a ridosso del rilievo di Codecce (350 m a SW di Castel Madruzzo) per intercettare un livello carbonioso entro il tetto dei calcari Grigi (Formazione di Rotzo); un secondo saggio fu fatto 500 m a NNE del precedente, in loc. Campagna, alla base del dosso di Frassene, questa volta per sfruttare gli scisti ittiolitici del livello Bonarelli (Perna 1995).

In passato inoltre fu coltivato un piccolo giacimento di gesso utilizzato come correttivo per cementi, contenuto entro un orizzonte evaporitico della Dolomia del Serla inferiore affiorante in loc. Belvedere, presso Ravina (Avanzini *et alii* 2010, p. 228).

#### *Altipiano di Brentonico*

Questo territorio situato al margine settentrionale della catena del Monte Baldo tra il solco dell'Adige, il Lago di Garda e la Valle di Loppio, vede affiorare la successione sedimentaria compresa tra i terreni del Triassico superiore (Dolomia Principale) e dell'Oligocene. In zona sono presenti inoltre limitati ma significativi corpi di vulcaniti eoceniche. A tale evento vulcanico si associano le mineralizzazioni a idrossidi di ferro e terre verdi che si formano per l'alterazione dei silicati primari ricchi in Fe e Mg (pirosseni tipo l'augite) che costituiscono le rocce vulcaniche con chimismo da intermedio a basico (Ferretti 2011c). La terra verde, meglio conosciuta come "Ocra verde di Verona" e nota localmente come "Verde Brentonico", è un pigmento costituito per gran parte da celadonite, utilizzato in pittura. La sua estrazione è ben documentata sull'Altopiano di Brentonico, dove ebbe grande sviluppo nel '700 e si protrasse fino al 1947. Gli imbocchi, chiamati localmente "boche", si trovavano alla testata della valle del Torrente Aviana, a monte del bacino artificiale di Prà da Stua. Sul versante sinistro della valle, presso Malga Pianéti, circa a quota 1150 m s.l.m., sono tuttora visibili delle tracce di attività mineraria rappresentate da alcuni imbocchi, discariche e piccoli edifici in muratura, "i baiti" che fungevano da ricovero per i minatori (Ottaviani 2007).

Una miniera di ferro "abbandonata da moltissimi anni" è segnalata da Giacomelli (1896) in loc. Botte, tra Crosano e Besagno. Venivano estratti idrossidi di ferro, i quali, come le terre verdi sopra descritte, si formano per alterazione dei basalti. Se ne trova conferma in Curioni (1839) che segnala il sito estrattivo "...nella contrada di Boito sopra Besagno..." e riferisce di "argille ferruginose trattate...come miniera di ferro dalla famiglia Vanetti di Rovereto...".

Piccoli giacimenti lentiformi di lignite sono documentati all'interno della Formazione di Rotzo (Gruppo dei Calcari Grigi, Giurassico inf.). Furono oggetto di coltivazione in periodo autarchico e in breve abbandonati a causa dell'esiguità e della scarsa qualità dei giacimenti. Una galleria è tuttora visibile in sinistra Rio Sorne, poco a valle del Pont del Diaol (Perna 1995; Ottaviani 2007). Altri saggi si trovano in loc. Pianura (San Martino di Arco) e in loc. Mala, area artigianale alla periferia di Nago presso Passo San Giovanni (Perna 1995).

#### *Val di Sole*

La Val di Sole presenta un andamento inconsueto per le vallate alpine, da SW a NE, in quanto l'incisione è impostata lungo il Lineamento Periadriatico.

Sul versante destro, nella parte alta della valle si trovano il Basamento metamorfico Sudalpino e il batolite dell'Adamello, mentre a partire dalla confluenza con la Val Meledrio, presso Dimaro, si incontra la successione sedimentaria compresa tra il Triassico medio e il Cretacico. La sinistra orografica invece vede affiorare le metamorfiti australpine che ospitano tutti i giacimenti minerari di seguito descritti.

Il giacimento più importante si trova in Val di Pejo, presso Comasine, rappresentato da una mineralizzazione a magnetite insediata nei marmi cristallini del Basamento Australpino, talora in prossimità di pegmatiti e di graniti gneissici (Andreatta 1954). Una dettagliata disamina di tale giacimento è riportata nel paragrafo di inquadramento geologico del caso di studio 1.

Altre mineralizzazioni a magnetite sono segnalate in destra Val di Rabbi nella zona tra Cespede, Monte Polinar e Cima Tremenesca (Squarzina 1964). In una località non precisata della Val di Rabbi è altresì segnalato un giacimento di cromite (Dal Cin 1966; Martin *et alii* 2009).

Nel secondo dopoguerra e fino agli anni '70 del secolo scorso piccole coltivazioni a livello artigianale di feldspato erano attive in sinistra Val di Rabbi nella zona di Malga Zoccolo (com. pers. Valentino Valentinelli); i giacimenti consistono in filoni pegmatitici a prevalente tormalina con feldspato, muscovite e granato con andamento circa parallelo alla scistosità all'interno di paragneiss e micascisti appartenenti all'Unità del Tonale (Bertoldi, Boscardin 1989; Martin *et alii* 2009, p. 151). Una vera cava di feldspato a cielo aperto venne realizzata in Val della Mare dalla ditta Maffei & C. sul finire degli anni '50 del secolo scorso e abbandonata nel 1971. Il giacimento feldspatico era contenuto in intercalazioni di ortogneiss pegmatitico tormalinifero; manifestazioni pegmatitiche analoghe sono presenti sia in sinistra Noce (Crozzi de la Coronacia) - dove la Maffei stessa aprì a q. 1320 m numerose gallerie in corrispondenza di un corpo feldspatico coltivabile valutato in alcuni milioni di quintali - sia in destra idrografica (Croce dei Bagni) (Martin 2006, p. 66).

Presso Bresimo (Malga Montanzana, ad ovest di Maso Stanchina) all'interno delle anfiboliti del Basamento Australpino, sono presenti mineralizzazioni a Fe-Cu (Avanzini *et alii* 2002, pp. 166-167). Sempre in Val di Bresimo, presso Malga Preghena di Sotto, sulle pendici orientali della Cima Zoccolo, all'interno di un corpo di olivinita entro i paragneiss dell'Unità d'Ultimo (Falda del Tonale) è segnalata una cava di asbesto e antofillite, sfruttata durante la prima guerra mondiale (Pirani 1952; Dal Cin 1966; Martin *et alii* 2009).

#### *Val di Non*

La conca anaurna si imposta su una blanda sinclinale asimmetrica delimitata a ovest da importanti strutture tettoniche orientate circa N-S: la Linea di Foiana a nord di Cles e la Linea Trento-Cles più a sud. Nell'asse della sinclinale affiorano rocce prevalentemente terrigene di età compresa tra il Giurassico medio e l'Eocene: ai suoi margini prevale un substrato più competente rappresentato dalla Dolomia Principale di età norica. Nel tratto della valle a monte del Lago di S. Giustina la Linea di Foiana, importante faglia con andamento da SSW-NNE a N-S, mette in contatto il nucleo della sinclinale con una successione permo-triassica compresa tra la Dolomia Principale e le vulcaniti permiane del Gruppo Atesino; poco più a ovest, con andamento circa parallelo alla Linea di Foiana, corre il Lineamento Periadriatico, a nord-ovest del quale affiora la falda del Tonale del Basamento metamorfico Australpino (Ferretti 2011a).

Giacimenti interessati da coltivazioni sono posizionati principalmente nel tratto medio-alto della valle. Mineralizzazioni a Fe-Cu si trovano nei paragneiss a sillimanite e granato appartenenti al Basamento Australpino affioranti nella Valle del Torrente Lavazzè a nord-ovest di Lanza, poco a monte di Rumo, con uno scavo esplorativo di quattro metri, e nelle anfiboliti di Malga Montanzana (ad ovest di Maso Stanchina) (Avanzini *et alii* 2002, p. 140). Sul lembo orientale del Lineamento Periadriatico, che passa con direzione SSW-NNE presso Mocenigo, affiorano lembi di Formazione di Werfen interessata da mineralizzazioni a solfuri misti con prevalente galena argentifera e barite posizionate nella parte basale della formazione stessa, analoghe a quelle più famose del Monte Calisio. Anche in questa zona sono presenti frequenti tracce di coltivazioni medievali parte delle quali riprese e allargate negli anni '20 del secolo scorso: le maggiori evidenze si trovano in sinistra Lavazzè (loc. Ori a q. 1150 m sopra a Placeri, presso Prada-Caset a q. 1350 m, in loc. Prà Posin a q. 850 m), ma anche in destra idrografica a sud di Marcena (imbocchi minerari noti come "Bus dei Cianci") e nella Valle del Rio Pescara a q. 1400 m presso la Forcella di Brez (Avanzini *et alii* 2007, p. 167).

Sempre in Valle del Rio Pescara presso Tregiovo sono presenti mineralizzazioni a solfuri misti (galena, blenda, calcopirite) in noduli diffusi all'interno di una formazione terrigena intravulcanica ricchissima di sostanza organica nota come Formazione di Tregiovo (Permiano inf.). Questo livello stratigrafico, conosciuto sin dalla fine



dell'800 (Vacek 1881) fu coltivato nei primi anni del '900 quando furono aperte alcune brevi gallerie esplorative presso il Rio Pescara (Blass 1892), alcune delle quali ancora visibili in loc. Port, poco a valle della confluenza tra Rio Pescara e Torrente Lavazzè (Avanzini *et alii* 2007, p. 166). All'interesse per il giacimento di fine anni '60 del secolo scorso (Mostler 1966; Dessau, Perna 1968) non fece seguito una concreta attività estrattiva, in considerazione del tenore di metallo molto basso (1,5% Zn+Pb) (Fels 1982).

In bassa Val di Non, presso Mollaro, fino agli anni '60 del secolo scorso fu coltivato un banco di potenza variabile tra 30 e 150 cm costituito da scisti ittiolitici bituminosi con noduli di pirite, vanadio e altri metalli tra cui uranio, dalla cui distillazione si ricavano prodotti utilizzati dall'industria chimica e farmaceutica (olio di ittiolo) (Fuganti 1961; Fuganti 1966; Perna 1975; Perna 2000). L'orizzonte mineralizzato corrisponde al Livello Bonarelli (Cenomaniano) posizionato nella parte superiore della Scaglia Variegata Alpina, costituito da calcari marnosi e marne nere ad elevato contenuto di sostanza organica (*black shales*) (Avanzini *et alii* 2007, p. 98).

#### *Valli di Fiemme e Fassa*

Il territorio che insiste sulle valli di Fiemme e Fassa, come il resto dell'area dolomitica, si distingue dagli altri settori dell'arco alpino per la ridotta presenza di strutture deformative derivante dalla rigidità del potente complesso delle vulcaniti permiane (Gruppo Vulcanico Atesino), sul quale si appoggia la successione stratigrafica permo-mesozoica che di fatto costituisce le Dolomiti. Se la Val di Fiemme, in particolare il versante sinistro che si spinge verso la catena dei Lagorai, è costituito dal Gruppo Vulcanico Atesino, il versante orografico destro dell'Avisio a monte di Cavalese vede affiorare i terreni della soprastante successione sedimentaria, oltre a significativi corpi di plutoniti e vulcaniti in corrispondenza dei due principali distretti vulcanici di età ladinica: Predazzo e Monti Monzoni.

L'area mineraria più significativa della bassa Val di Fiemme è quella di Prestavel, poco a monte di Cavalese, lungo la valle che sale verso il Passo Lavazzè. La miniera era attiva già nel '500 per la produzione di galena argentifera, ma è dal 1934 che ebbe il via la coltivazione su scala industriale con l'estrazione di fluorite da un filone massivo ad andamento NNE-SSW potente 5-10 metri entro le ignimbriti della Formazione di Ora (parte superiore del Gruppo Vulcanico Atesino) (Morra, Vighi 1964). La miniera e gli stabilimenti di trattamento del minerale situati in Val di Stava rimasero in attività fino al 19 luglio 1985, con la chiusura definitiva in seguito alla catastrofe dovuta al cedimento dei bacini di decantazione. Il carattere meso-epitermale di questo filone presenta composizione variabile dall'alto, dove predominano calcite e fluorite con tracce di barite, al basso, con l'aumento del quarzo. Filoni simili ma con termalità calante sono presenti a Paneveggio (barite), Albiano (calcite) e Moena. Quest'ultimo filone, associato a un filone di porfirite triassica – come del resto anche a Prestavel – suggerisce l'ipotesi che tali mineralizzazioni siano legate alla ricircolazione del fluoro contenuto nelle vulcaniti del Gruppo Vulcanico Atesino indotta dal vulcanismo triassico del distretto di Predazzo. Ricerche minerarie minori si trovano in loc. Pozzi (versante destro della Val Gambis, di fronte a Prestavel) e in Val Travi gnolo, oltre che presso i già citati Moena e Paneveggio (Perna 2000).

Ematite e ocre ematitiche e limonitiche formatesi per alterazione subaerea dei materiali effusivi triassici e rideposizione nelle cavità carsiche (*paleokarst*) delle piattaforme carbonatiche vennero estratte negli anni '20 del secolo scorso nel Gruppo del Latemar. Le coltivazioni più significative, rappresentate da gallerie di pochi metri di sviluppo, sono la Cava del Bol in Vallaverta (poco a monte di Ziano di Fiemme), le Miniere del Rotlahn ("Galleria Mussolini") sul versante settentrionale del M. Latemar e la Miniera di Valsorda sul versante meridionale del Col Cornon (q. 2300 m circa) (Perna, Guzzo, Zandonai 2005).

Altra area mineraria di grande importanza è quella del Monte Mulàt e dell'adiacente Valle di Viezzena, presso Predazzo. Tracce di lavorazione di minerali cupriferi risalenti al Bronzo medio sono documentate da Šebesta (1992) alla sommità del M. Mulàt. In età moderna ebbe grande importanza la coltivazione della calcopirite presso la Miniera Bedovina, situata sul versante occidentale del rilievo. Le prime estrazioni risalgono al 1700 ma la vera coltivazione si colloca nel XX secolo. Nel 1895 venne rilasciata la concessione all'ing. Oss Mazzurana, che organizzò la miniera su 8 livelli, con imbocchi tra q. 1539 m (liv. Paolo) e q. 1766 m (liv. Quinto). Dal 1909, oltre all'estrazione di calcopirite trattata per la produzione di solfato di Cu ad uso agricolo, si prese a sfruttare anche la scheelite per la produzione di acciai speciali. La mineralizzazione è incassata tra i tenaci corpi di vulcanite ladinica (melafiri) e la sienite del complesso intrusivo di Predazzo. Il giacimento della Miniera Bedovina con mineralizzazioni a calcopirite, scheelite, pirite, stibnite e tracce di oro è interpretato come un corpo minerario di tipo *stockwork* di genesi pneumatolitico-idrotermale, connessa con filoni di porfido tinguaitico e porfirite che attraversano il corpo intrusivo (Dellantonio 2000; Frizzo, Peruzzo, Dellantonio 2010).

Saggi per la coltivazione della molibdenite, rappresentati da due gallerie con sviluppo complessivo di poco superiore ai 100 m vennero effettuati agli inizi degli anni '40 del '900 presso la Miniera Aivola, poco a Monte di Predazzo; il minerale è incluso in una pegmatite granitica affiorante lungo i bordo interno dell'intrusione granitica (Dellantonio 2000).

Fin dal Medioevo ebbe grande rilievo l'estrazione di ferro dal fianco sud-orientale del Monte Mulàt, presso la Miniera di Santa Maria di Viezzena, a q. 1580 m circa, dove veniva coltivato un corpo minerario a magnetite prevalente con pirite, calcopirite, pirrotina e ilmenite, collocato sempre al contatto tra melafiro e sienite; un'altra mineralizzazione con caratteristiche analoghe si trova a q. 1531 m in loc. Porta di Viezzena (Di Colbertaldo, Giudice 1964).

Altre piccole miniere di magnetite si trovavano sul versante meridionale dei Monti Monzoni, al contatto tra il corpo intrusivo monzonitico e la successione sedimentaria incassante: le Miniere di Piz Meda, sopra l'abitato di Ronchi in Val San Pellegrino, erano attive tra XVIII secolo e metà '800; per quella dell'Allochèt potrebbe trattarsi di semplici saggi di miniera, probabilmente riattivati durante il periodo autarchico, a cavallo tra prima e seconda guerra mondiale (Dellantonio 2000; Di Colbertaldo, Giudice 1964).

### *Valli Giudicarie*

L'incisione delle Valli Giudicarie si colloca in corrispondenza dell'importante struttura tettonica nota come Linea delle Giudicarie. A est di questa grande faglia affiora la successione sedimentaria permo-mesozoica che costituisce l'ossatura delle Dolomiti di Brenta e delle Alpi Ledrensi. A ovest affiorano il batolite dell'Adamello e i terreni del Basamento metamorfico Sudalpino. Da poco a sud di Tione, e per tutta la Valle del Chiese, sul lembo occidentale della Linea delle Giudicarie si incontra invece una successione sedimentaria permo-triassica ad affinità bacinale caratteristica dell'area lombarda, con ben rappresentati i terreni vulcanici e vulcanoclastici permiani afferenti al bacino del Collio.

Le mineralizzazioni di interesse minerario a ovest della Linea delle Giudicarie si trovano al margine del batolite dell'Adamello, entro il Basamento metamorfico e all'interno della successione del Collio; quelle a est sono collegate al piccolo corpo intrusivo del Dos del Sabion.

Il centro minerario più importante delle Giudicarie è stato la miniera di feldspato Maffei, sui territori comunali di Giustino e Massimeno, attiva dal 1941 fino alla chiusura definitiva del 2007. Vi veniva coltivato un corpo di albitite alla periferia dell'ammasso leucogranodioritico permiano del Dos del Sabion. L'attività mineraria, iniziata



in sotterraneo, è poi continuata a cielo aperto, creando una notevole produzione di inerti come conseguenza del rapporto 1:2 minerale/rocce di scarto (Castellarin *et alii* 2005).

Geneticamente collegato alla Granodiorite del Dos del Sabion è il giacimento a quarzo prevalente e solfuri (pirite) della Val D'Algone, situato in destra idrografica poco a monte di M.ga Valone; il filone, incassato nel Basamento (Scisti di Rendena), venne coltivato sino agli anni '60 del secolo scorso (Perna 2000).

Gli Scisti di Rendena ospitano anche delle mineralizzazioni stratiformi situate al margine orientale del batolite dell'Adamello (Dessau, Perna, 1968; Brigo, Omenetto 1974), geneticamente analoghe ai più famosi giacimenti a solfuri massivi pre-permiani della Valsugana (Calceranica e Vetriolo): in alta Val San Valentino, al contatto con le tonaliti Re di Castello è presente un giacimento a prevalente pirite, calcopirite e solfuri di Pb-Zn interessato da lavori minerari tra q. 1424 m e q. 1625 m (Castellarin *et alii* 2005); analoghe mineralizzazioni a Fe-Cu-Pb-Zn (con prevalente galena e blenda) si trovano su entrambi i versanti della Val Breguzzo, intorno a q. 1200 m (miniera di San Pietro) (Di Colbertaldo 1943; Perna 2000).

Giacimenti uraniferi sono documentati alla base della successione terrigena delle Arenarie di Val Gardena (Permiano sup.), che nel settore in oggetto prendono il nome di Verrucano Lombardo. Si tratta di mineralizzazioni stratiformi a pechblenda e solfuri (pirite, calcopirite, tetraedrite, galena, linneite, blenda, pirrotina), con magnetite ed ematite associate ad abbondante materia organica e frustoli carboniosi (Mittempergher 1958a, 1958b; D'Agnolo 1966; Perna 2000; Brack *et alii* 2008).

Il lavoro di Ravagnani (1974) contiene la cronologia e molti dettagli relativi al periodo breve ma molto intenso della ricerca uranifera in Trentino. Le ricerche iniziarono nel 1954 col ritrovamento da parte del perito minerario Renato Zoppis di forti anomalie radiometriche presso Condino, nella zona del Rio Giulis, in destra Valle del Chiese. Ciò suscitò l'attenzione di varie società minerarie, tra cui Somiren, Montecatini, Sicedison e Somico, che dal 1957 investigarono le aree indicate dallo Zoppis; ben presto però l'interesse scemò, constatata l'inesistente importanza economica dei giacimenti. Solo la Somiren proseguì le ricerche nelle aree più promettenti: nel 1957 aprì un primo cantiere in Val Daone (permesso di ricerca "Pratomaggiore") con lo scavo di 650 m di gallerie con tre imbocchi situati in loc. Limes, sul versante sinistro della valle. Nel 1958 i lavori furono abbandonati e vennero spostati in Val Rendena e Val D'Algone. In Val Rendena, nel permesso "Triglione", sul versante occidentale del Monte Toff tra Caderzone e Borzago, vennero aperti i seguenti 9 cantieri (elencati da nord verso sud), per un totale di circa 4000 m di gallerie: Mozzoli, Palastro 4, Palastro 3, Palastro 2 che diedero scarsi risultati; Palastro 1 (il più ricco), Pranebli (anch'esso di notevole interesse); Casinelle, Pertiche e Pradei. In quest'ultimo cantiere alla fine del 1960 venne scavata una galleria di ribasso interrotta dopo 480 m.

In Val D'Algone, all'interno del permesso "Ravizzola" tra il 1960 e il 1961 furono scavati circa 600 m di gallerie partendo da tre imbocchi situati in loc. Prati Dalgone. Ricerche furono svolte a Colfier, anch'esse in destra orografica.

Sempre la Somiren nel 1960 aprì una cinquantina di metri di gallerie in Val Sorino (sinistra Valle del Chiese a nord di Storo).

In seguito a lavori dello Zoppis - che nel 1957 sul Dos Sorà, in destra Rio Giulis, aveva riaperto una galleria scavata nel 1941 per la ricerca di minerali cupriferi - nel 1958 la Montecatini aprì un cantiere tra q. 640 m e q. 670 m, nell'ambito del permesso "Brione", scavando circa 300 m di gallerie. Entro il permesso "Malga Rive" furono eseguite alcune trincee nella zona di Dos Sorà ma i risultati deludenti fecero abbandonare le ricerche alla Montecatini.

In totale tutti i lavori di ricerca uranifera eseguiti in Trentino-Alto Adige diedero risultati modesti per un totale di una settantina di tonnellate di uranio.

Nella zona di Darzo, sul versante destro della Valle del Chiese, sono presenti manifestazioni filoniane a barite prevalente, con quarzo, carbonati e tracce di solfuri, potenti fino a 30 m, incassate nella serie vulcanico-sedimentaria del bacino del Collio. L'estrazione di barite, protrattasi per oltre un secolo, si è conclusa definitivamente solo nella primavera del 2009, con la chiusura della Miniera di Marigole, situata tra q. 1110 m e q. 1215 m poco sotto il Dos Marigule. In passato nella zona erano attive anche altre miniere - Pice, Valcornera, Dosprè e Gabbiole, quest'ultima contenente anche galena – che insistevano su uno sciame di mineralizzazioni minori [Di Colbertaldo, Marzolo 1964; Perna 2000].

#### *Altri Giacimenti minori*

Attività minerarie minori ma ugualmente significative sono segnalate in due differenti aree del Trentino meridionale: Val di Ledro e Vallarsa.

A partire dal 1810 in Val di Ledro è documentata l'estrazione di dolomite per la produzione di carbonato basico ed ossido di magnesio. L'estrazione avveniva presso l'abitato di Barcesino, a q. 600 m, sul fianco meridionale della Cima d'Oro, entro un bancone di dolomia cristallina (Dolomia Principale) coltivata inizialmente a cielo aperto sulla testata degli strati, quindi in sotterraneo, per pilastri abbandonati, su quattro livelli. Un'altra piccola attività estrattiva si trovava in loc. Besta, tra Mezzolago e Molina di Ledro, sulla riva settentrionale del lago stesso. La cava, impostata a q. 700 m circa si sviluppava in sotterraneo alla base di una parete di Dolomia Principale, su un livello con pilastri abbandonati [Perna 1965].

Diverse testimonianze di attività mineraria e metallurgica sono ben documentate nel territorio della Vallarsa (Trentino sud-orientale), ciononostante l'unica evidenza di estrazione di minerali metallici è la miniera abbandonata di Val Gerlano, a monte di Speccheri, conosciuta localmente come "miniera d'oro" o "Bus del Polenta". Nei primi anni del '900 vi si estraevano piccoli quantitativi di blenda e galena. Questi lavori minerari si sono andati a sovrapporre, elidendole, a tracce di coltivazioni medievali. Recenti smottamenti hanno cancellato buona parte delle strutture del sito estrattivo, originariamente organizzato su due livelli con uno sviluppo complessivo di circa 300 m di gallerie. La mineralizzazione oggetto di coltivazione è costituita da vene e noduli di solfuri diffusi nel Calcare di Monte Spitz (Anisico superiore) a contatto con corpi subvulcanici argillificati di età ladinica, in analogia con quanto è ampiamente documentato nel vicino distretto minerario di Schio-Recoaro [Ferretti 2011b].

Nello stesso contesto geologico, in Alta Vallarsa tra Campogrosso, Monte Cornetto, Passo Pian delle Fugazze e Lago di Speccheri sono presenti dei piccoli giacimenti di argille da ceramica erroneamente definiti "caolino", derivanti dall'alterazione delle vulcaniti ladiniche. Sono analoghi ai ben più famosi giacimenti di "terre bianche" del Tretto e della Val Leogra, coltivati fin dal XVI e commercializzati come "fioretta di Schio" o "terra di Vicenza"; la materia prima era utilizzata dalle manifatture di porcellane e maioliche di Venezia, Faenza, del Bassanese e di Doccia [Dondi *et alii* 2003; Frizzo 2003]. Pur essendo documentati 11 permessi di ricerca a nome delle principali società attive in territorio vicentino nel ramo della coltivazione e trattamento delle terre bianche [Panciera & co., Cervo Fioravante, Società Valdol, Ferdinando Quartiero, Dalla Riva Emilio e Mantese Giovanni]<sup>35</sup>, i giacimenti dell'alta Alta Vallarsa non conobbero mai uno sfruttamento sistematico a causa della loro esiguità e della quota elevata che ne rendeva difficoltosa e antieconomica l'estrazione a cielo aperto.

### *3.3. I minerali del trentino e i loro impieghi nelle diverse epoche*

In questo capitolo vengono descritti brevemente i singoli minerali estratti in Trentino (suddivisi in base alla tradizionale classificazione sistematica) definendo gli impieghi cui erano destinati: si può notare come spesso uno stesso minerale venisse

<sup>35</sup> Archivio del Servizio Minerario della Provincia autonoma di Trento, Registro dei permessi minerari scaduti (Archivio Provinciale di Trento).

coltivato per motivazioni diverse a seconda dei periodi storici, in base alle necessità correnti e alle conoscenze tecniche disponibili (per le informazioni generali sui minerali cfr. Mottana, Crespi, Liborio 1998 e per il Trentino Dal Cin 1964; Exel 1987).

I principali minerali utili alle attività umane presenti in Trentino sono<sup>36</sup>:

### *Elementi nativi*

Oro – è presente in pagliuzze nelle sabbie alluvionali (ad esempio nel Torrente Fersina: cfr. Preinfalk, Fuganti, Morteani 1998) o in giacimenti stratificati a solfuri massicci entro il basamento metamorfico sudalpino (Frizzo 2004a, p. 3) (ad esempio in alcune aree della Val dei Mòcheni – Maso Erdemolo, cfr. Murara 1966, o secondo la tradizione a Frassilongo-Golprunn – e a Calceranica).

Le quantità presenti in Trentino non hanno probabilmente mai permesso una coltivazione proficua, ma non mancano notizie a riguardo. Il primo documento relativo all'attività mineraria nella provincia (1181) riguarda proprio una miniera d'oro presente a Tassullo: la sua reale esistenza e localizzazione è però resa molto dubbia dal contesto geologico dell'area (Pinamonti 1845, Menapace 1972). Nella seconda metà del '500 inoltre, l'oro di Palù del Fersina veniva portato a Venezia per essere raffinato (Squarzina 1964, p. 23).

In Vallarsa è noto come “miniera d'oro” un giacimento a solfuri misti coltivato principalmente per piombo e zinco nei primi anni del '900, con tracce di sfruttamento più antiche: la denominazione pare essere derivata dalla presenza di venuzze di marcasite che, come la pirite, presenta una colorazione dorata (da cui la definizione “oro degli sciocchi”), oppure dalla leggenda secondo cui l'enorme anello indossato dal proprietario era stato ricavato da una pepita estratta proprio dalla sua miniera (Ferretti 2011b). È probabile che credenze simili abbiano contribuito a far identificare come miniere d'oro, il metallo prezioso per eccellenza, anche giacimenti di altro tipo; forse gli stessi scopritori, pur sapendo che non si trattava d'oro, lo facevano passare per tale per ottenere maggiori finanziamenti per le loro ricerche.

*Solfuri* – buona parte dei giacimenti utili trentini sono definiti “a solfuri misti”, contenenti cioè diversi minerali appartenenti a questa classe tra cui galena, blenda, pirite, calcopirite.

Galena (PbS) - solfuro di piombo di colore grigio chiaro e lucentezza metallica che costituisce il principale minerale per l'estrazione del piombo; spesso contiene una percentuale significativa di argento, motivo principale della sua coltivazione in Trentino almeno dal Medioevo, in particolare sull'altopiano del Calisio ma anche nelle Giudicarie, in alta Valsugana, nella Valle del Fersina e nel Primiero (Perna 1964a; Dessau, Perna 1968); generalmente si trova associata alla blenda nei giacimenti piombo-zinciferi (cfr. *Caso di studio 2*).

Sfalerite o Blenda (ZnS) - solfuro di zinco spesso associato in giacimenti piombo-zinciferi alla galena (cui può assomigliare nelle sue forme massive, le più comuni in Trentino). Il processo di estrazione dello zinco è piuttosto complesso, dato che il metallo tende ad evaporare al di sotto della temperatura necessaria a separarlo dal minerale, per questo venne impiegato principalmente dall'Ottocento in poi; i Romani, che lo utilizzavano in lega con il rame per la fabbricazione dell'ottone, impiegavano probabilmente ossidi e carbonati (come la zincite o la smithsonite, più facili da ridurre) e facevano reagire direttamente i minerali di rame e zinco, senza estrarre preventivamente il metallo (processo detto *cementazione* o *calamina*) (Giardino 1998, pp. 188-191). In Trentino la blenda si trova associata ad altri solfuri (pirite, galena, blenda) in alta Valsugana e Valle del Fersina, nelle Giudicarie e nel Primiero (Perna 1964a; Dessau, Perna 1968).

<sup>36</sup> La bibliografia citata in questo capitolo riguarda soltanto contributi specifici sui giacimenti trentini che contengono i minerali considerati o sugli impieghi di questi ultimi; per la bibliografia generale riguardante le località minerarie citate si rimanda al capitolo precedente e alla tab. 2.

Pirite ( $\text{FeS}_2$ ) – solfuro di ferro di colore giallo oro e lucentezza metallica. Raramente utilizzata per l'estrazione del ferro per la difficoltà della completa separazione dallo zolfo, è stata invece coltivata almeno dall'Età Moderna per produrre vetriolo (acido solforico) impiegato soprattutto come pigmento in tintoria e per l'inchiostro (blu e nero o anche verde in presenza di rame), nelle separazioni metallurgiche (cfr. Zammattéo 2000, p. 289) e attualmente anche per la produzione di fertilizzanti, di esplosivi, per la raffinazione del petrolio e per le batterie degli autoveicoli. Durante il processo di lavorazione del vetriolo si otteneva artificialmente anche l'allume, a causa dell'utilizzo di potassa ( $\text{KCO}_3$ ): questo prodotto secondario era molto impiegato per fissare i colori nelle tintorie e nelle stamperie e per la concia delle pelli (Zammattéo 2000, p. 289; per l'estrazione e lavorazione dell'allume in Toscana cfr. Dallai *et alii* 2009, pp. 646-647). Dalla pirite macinata si otteneva anche la cosiddetta *sugarina* o "spolverino d'oro", utilizzata nell'Ottocento come polvere assorbente per l'inchiostro nei manoscritti (Zammattéo 2004b, p. 13). Questo minerale è diffuso in tutti i giacimenti a solfuri misti trentini e coltivato in particolar modo nella zona di Vetriolo e Calceranica, in cui veniva anche estratto direttamente il cosiddetto "vetriolo di ferro" (melanterite), un solfato idrato di ferro che si forma per alterazione della pirite, da cui era più semplice ottenere acido solforico. Alcuni depositi di pirite in Trentino presentano anche tracce d'oro (oltre a Vetriolo e Calceranica, anche Maso Erdemolo e forse Cinquevalli e Monte Mulàt) (Perna 1964b).

Calcopirite ( $\text{CuFeS}_2$ ) – solfuro di rame e ferro di colore giallo ottone e lucentezza metallica, spesso verdastro in superficie per incrostazioni di ossidi (malachite); è il minerale più importante per l'estrazione di rame, anche se il processo risulta piuttosto laborioso per la presenza dello zolfo: quest'ultimo doveva essere eliminato tramite un preliminare arrostitimento, ovvero un riscaldamento in atmosfera ossidante (all'aria aperta).

In Trentino si trova associata ad altri solfuri (pirite, galena, blenda) in alta Valsugana e Valle del Fersina, nelle Giudicarie, in Val di Fiemme e nel Primiero (Perna 1964b).

È possibile che nei periodi più antichi il rame non venisse ricavato dalla calcopirite ma da minerali di alterazione formatisi sulla superficie dei giacimenti di solfuri e ora totalmente asportati (es. malachite, azzurrite – v. *infra*), questi ultimi più facili sia da estrarre che da ridurre in metallo (Craddock 1995, p. 11; cfr. il caso della "Grotta della Monaca" presso Cosenza, Larocca 2005).

Cinabro ( $\text{HgS}$ ) – solfuro di mercurio di colore rosso-bruno generalmente in masse opache terrose; è il principale minerale di mercurio e in Trentino si trova in quantità significative solamente nella zona di Vallalta-Sagron Mis (Baccos 1968; Moretti 1931; Perna 1964g), al confine con la provincia di Belluno.

Il mercurio veniva impiegato come farmaco, come cosmetico, in tintoria, in metallurgia per estrarre l'oro e l'argento dai minerali attraverso il processo di amalgama<sup>37</sup>, per dorature e argentature e dall'Ottocento anche per la produzione di termometri, barometri e altri strumenti di misura, nonché come innesco per proiettili (fulminato di mercurio); il cinabro veniva utilizzato anche come pigmento rosso.

#### *Ossidi e idrossidi*

Ematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) – ossido di ferro che può presentarsi in cristalli tabulari o lamellari, di colore nero e lucentezza metallica, o in masse terrose di colore rosso vivo (ocra rossa). È un importante minerale di ferro (ne contiene circa il 70%) e venne utilizzato anche come terra colorante fin dalla preistoria.

In Trentino sono stati coltivati giacimenti di ematite in Val Averta (Val di Fiemme), nell'area fra Mori e Brentonico (Perna 1964c) e in piccole quantità anche in Val Rendena (Perna, Guzzo, Zandonai 2005).

<sup>37</sup> Il minerale d'oro o d'argento opportunamente triturato veniva mescolato al mercurio che si legava al metallo separandolo dalla ganga; riscaldando poi l'amalgama il mercurio sublimava liberando oro e argento puri.

L'ocra rossa poteva essere ottenuta anche scaldando a temperature intorno ai 300°C dei noduli di goethite (idrossido di ferro) comuni in alcune aree del Trentino: analisi archeometriche hanno dimostrato che questa tecnica è stata utilizzata per produrre il pigmento con il quale sono state dipinte, con probabili scopi rituali, alcune pietre rinvenute al Riparo Dalmeri, importante sito archeologico della bassa Valsugana datato a circa 13.000 anni fa (Belli *et alii* 2011).

Magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) – ossido di ferro con un contenuto metallico maggiore rispetto all'ematite, molto utilizzato fin dall'antichità; si presenta in masse compatte o in cristalli di colore nero con lucentezza metallica e alta suscettività magnetica. I giacimenti più importanti in Trentino sono quelli della Val di Pejo (cfr. *caso di studio* 1), delle Valli di Fiemme (Monte Mulàt) e Fassa (Allochet e Piz Meda - Di Colbertaldo, Giudice 1964) e della Pampera in Valsugana (Perna 1964c; Omenetto 1968; Frizzo 2004a, pp. 149-150).

Limonite ( $\text{FeO}(\text{OH})$ ) – idrossido che si forma per alterazione superficiale di altri minerali di ferro, come appunto ematite e magnetite; può trovarsi in masse compatte di colore bruno o in concrezioni terrose di colore giallo (ocra gialla). Viene utilizzato per l'estrazione di ferro (anche se ne contiene una percentuale piuttosto bassa) e come terra colorante. In Trentino è stata estratta in alcuni casi assieme all'ematite.

"Ferro di Palude" (*bog iron*) – composto di prodotti argillosi e idrossidi di ferro che si deposita in ambiente palustre o lacustre, in seguito all'azione biochimica di particolari batteri sul ferro contenuto nelle soluzioni acquose percolanti. Questi tipi di giacimento, frequenti nelle torbiere, sono stati molto sfruttati soprattutto in epoca preromana (ma anche nel Medioevo) in particolare nel Nord Europa; ipoteticamente potrebbero essere stati utilizzati anche in Trentino (es. torbiera di Canzolino, presso Pergine – cfr. Šebesta 1993, p. 85).

Pechblenda o Uraninite ( $\text{UO}_2$ ) – principale minerale di uranio, molto ricercato nelle Alpi negli anni '50 (Giannotti, Todesco 1964; Perna 1964f). Piccoli giacimenti si trovano in Val Rendena, Val di Daone, Val d'Algone, e Valle del Chiese (Giudicarie Interiori), rintracciati con saggi esplorativi ma mai sfruttati per la scarsa importanza economica.

### *Alogenuri*

Fluorite ( $\text{CaF}_2$ ) – fluoruro di calcio che si presenta frequentemente in bei cristalli trasparenti di vari colori e lucentezza vitrea; costituisce spesso la ganga di vari minerali metallici, in particolare solfuri. Viene utilizzato solo da tempi molto recenti come fondente nell'industria siderurgica e per la produzione di acido fluoridrico utile nell'industria chimica, della ceramica, del cemento, del vetro, per la produzione di particolari lenti da strumenti ottici e come propellente nelle confezioni spray.

Giacimenti di fluorite sono stati coltivati in alta Valsugana (Monte Zaccon, Vignola, Cima d'Orno), nella Valle del Fersina (Tingherla, Canezza, Cima di Mezzodi), in Val di Fiemme (Prestavel - Giussani, Leonardelli 1966; Morra, Vighi 1964) e in Primiero presso Pralongo (Perna 1964e; Murara, Perna, 1970).

### *Carbonati*

Siderite ( $\text{FeCO}_3$ ) – carbonato di ferro che si presenta per lo più in masse compatte o granulari di colore da grigio-brunastro a giallo chiaro; i cristalli perlopiù romboedrici



o tabulari, sono generalmente opachi, più di rado trasparenti o traslucidi con lucentezza vitrea. È un importante minerale di ferro (48% ca) e spesso ha una qualità elevata per la presenza di manganese, che conferisce maggiore durezza al metallo.

È presente nelle miniere della Valsugana e della Val dei Mòcheni; il giacimento più importante in Trentino è però quello di Transacqua, nel Primiero (Perna 1964c; Tauffer 1954).

Malachite e Azzurrite ( $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$  -  $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ ) – carbonati di rame che in Trentino si presentano principalmente in spalmature, di colore rispettivamente verde e blu molto vivi; possono anche formare masserelle compatte o cristalli distinti, solitamente aciculari. Sono tipici prodotti di alterazione superficiale di altri minerali di rame che nell'antichità erano molto usati come coloranti e probabilmente anche per l'estrazione del metallo, data la maggiore facilità di riduzione rispetto alla calcopirite; attualmente sono utilizzati soprattutto come pietre ornamentali.

La malachite più evidente in Trentino è quella aciculare della miniera di Tingherla (Val dei Mòcheni); quantità più modeste si trovano anche in Alta Valsugana (Cinquevalli), presso Lavis e sul Monte Mulât (Val di Fiemme). È possibile che buona parte delle mineralizzazioni sia stata estratta in epoca preromana e medievale.

Dolomite ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) – carbonato di calcio e magnesio che si trova sotto forma di cristalli romboedrici o in aggregati "selliformi" bianchi, rosati o giallastri, o, più comunemente, in masse compatte di colore bianco o grigio.

In Trentino è stata estratta fin dall'Ottocento a Roveré della Luna, in Val d'Adige, e a Barcesimo, in Val di Ledro, per la produzione di solfato di magnesio, magnesite liquida purgativa, magnesio metallico, carbonato basico e ossido di magnesio, sostanze impiegate in vari ambiti industriali (isolanti termici, gomme, pigmenti, vetro, leghe leggere) e farmaceutici (citrati, dentifrici, cosmetici) (Perna 1965).

### *Solfati*

Barite ( $\text{BaSO}_4$ ) – solfato di bario che si presenta in cristalli tabulari o masse granulari o terrose di vari colori con lucentezza vitrea; costituisce spesso la ganga di minerali metallici, in particolare solfuri. Viene utilizzata fin dall'Ottocento come pigmento bianco e per produrre sali di bario i cui impieghi sono legati a processi industriali recenti, come la produzione di fanghi pesanti per sostenere le pareti dei pozzi petroliferi, di additivi per l'industria cartaria, tessile e della gomma, come zavorra per le navi e per le pareti isolanti delle sale di radiologia; in ambito medico viene impiegata anche per liquidi di contrasto.

In Trentino la barite è stata coltivata nell'Ottocento e nel secolo scorso presso le antiche miniere di solfuri del Calisio e dell'alta Valsugana, presso Transacqua (Perna 1964d), e nella Valle del Chiese (Giudicarie interiori) dove l'ultima miniera è stata chiusa solo nel 2009 (Di Colbertaldo, Marzolo 1964).

### *Silicati*

Quarzo ( $\text{SiO}_2$ ) – è uno dei minerali più diffusi sulla crosta terrestre, presente come ganga in molti giacimenti minerari di diversa origine. Viene utilizzato soprattutto per la produzione di vetro, ma anche nell'industria ceramica e dei refrattari, in metallurgia per produrre leghe di silicio, nell'industria degli abrasivi (carburo di silicio), oltre che come *filler* (materiale inerte che rientra nella composizione di vari prodotti, così come la barite). In Trentino è stato coltivato nelle Giudicarie (in cui nell'Ottocento era presente una fiorente industria vetraria) e in diverse località dell'alta e bassa Valsugana (Murara, Perna 1970).

Feldspati – alluminosilicati di potassio, sodio o calcio molto utilizzati nell'industria ceramica. Nelle Giudicarie (Giustino) si trova uno dei più grandi giacimenti delle Alpi, abbandonato solo recentemente (Perna, Murara 1965); altri piccoli giacimenti sono stati coltivati in bassa Valsugana (Val Caldenave) e in Val della Mare (Alta Val di Sole) (Martin 2006).

Celadonite – silicato idrato di ferro e magnesio utilizzato per la produzione di un colorante verde (la cosiddetta "terra verde" o "verde veronese" - Levi 1914).

In Trentino è presente sul Monte Baldo e nel Brentonico e pare sia stato utilizzato fin dall'età romana, ad esempio per il pigmento verde degli affreschi della villa di Isera, presso Rovereto (Perna, Guzzo, Zandonai 2005).

### *Combustibili fossili*

Lignite – carbone fossile di formazione relativamente recente, originatosi da foreste del mesozoico e cenozoico; non avendo completato il processo di carbonificazione è un combustibile di modesta qualità. Piccoli giacimenti sono stati coltivati a nord di Borgo Valsugana (Monte Civeron), sul Monte Baldo e nella zona tra Mori e Brentonico (Squarzina 1964, p. 25).

Torbe – si sono formate per accumulo di resti vegetali in ambienti acquitrinosi nelle vallate alpine; hanno un rendimento molto basso e possono quindi essere utilizzate più per particolari usi industriali che come combustibili; possono inoltre ospitare giacimenti di "ferro di palude".

Ittiolo – se ne ricava un unguento di colore nero-bruno, di odore pungente e caratteristico utilizzato per medicare piccole infezioni cutanee e in passato anche per la produzione di pece. In Trentino si trova entro gli stisti ittiolitici (scisti bituminosi, *facies* anossica entro la scaglia variegata) soprattutto in Val di Non (miniera di Mol-laro - Fuganti 1961). Giacimenti di questo tipo possono ospitare noduli di pirite che potrebbero forse aver alimentato la tradizione della presenza di oro (cfr. documento relativo a Tassullo, 1181).

*Scheelite* ( $\text{CaWO}_4$ ) – minerale da cui si ricava il tungsteno (o wolframio – W), utilizzato in particolare per la fabbricazione di lampadine e per acciai speciali.

In Trentino ha avuto una certa importanza la sua estrazione presso la miniera Bedovina (Val di Fiemme) (Pelloux 1919; Frizzo, Peruzzo, Dellantonio 2010); una modesta presenza di questo minerale è documentata anche in Valsugana.

*Salnitro* ( $\text{KNO}_3$ ) – nitrato di potassio che a temperatura ambiente si presenta come un solido cristallino incolore, solubile in acqua, che forma efflorescenze in ambienti umidi quali grotte o cantine dove agiscono batteri nitrificanti. Nell'antichità veniva utilizzato come detergente e nell'industria del vetro, in seguito per la produzione di polvere da sparo (in cui ha il compito di fornire ossigeno alla miscela), come fertilizzante e come additivo alimentare. Un giacimento di salnitro è stato coltivato nel XVII secolo a Fornace in Val di Ronchi (Brentonico) (Squarzina 1964, p. 28).

### *3.4. Breve storia dell'attività mineraria trentina (Lara Casagrande, Nicola Battelli)*

La storia dell'attività estrattiva trentina è priva di documenti e di evidenze dirette databili fino al XII secolo; una serie di tracce indirette testimoniano però come le risorse minerarie locali fossero ben conosciute fin da epoche molto remote.

Uno degli esempi più antichi di impiego di minerali locali è rappresentato dall'ocra rossa con la quale sono state dipinte, con probabili scopi rituali, alcune pietre rinvenute al Riparo Dalmeri, importante sito archeologico della bassa Valsugana datato a circa 13.000 anni fa: le analisi sul pigmento hanno rivelato che era stato prodotto riscaldando noduli di goethite rinvenuti in superficie (Belli *et alii* 2011).

L'attività estrattiva nell'Età del Rame e del Bronzo è testimoniata indirettamente dalla presenza di strumenti litici e frammenti ceramici nelle discariche di alcune miniere di rame (in particolare in Alta Valsugana, Monte Fronte) oltre che dai numerosi siti metallurgici (impianti di trasformazione del minerale o più spesso cumuli di scorie) individuati nelle vicinanze di alcune delle aree minerarie principali (zona di Trento, Alta Valsugana e Valle del Fersina, Primiero) (cfr. Preuschen 1973, Šebesta 1992, Pedrotti, Steinberger 1990, D'amico, Gasparotto, Pedrotti 1998, Cierny *et alii* 1998, Gramola 2000, Gramola 2000b, Cierny 2008, Ciurletti 2008). Diversi studiosi hanno inoltre notato la presenza di castellieri ad alte quote presso molte aree estrattive, possibile traccia di centri insediativi abitati da minatori e metallurghi (es. Monte Ozol in Val di Non, Pejo e colle di Santa Lucia in Val di Pejo (Ciccolini 1936a, p. 388; Dal Rì 1969-70, pp. 103-109; cfr. anche 'Doss del Castelliere' a Pergine, a monte del sito dei Montesei di Serso e poco distante dai giacimenti di rame della Val dei Mocheni). Nonostante questi forti indizi e le recenti analisi archeometriche che confermano la provenienza locale del rame lavorato nei siti metallurgici trentini (cfr. Giussani *et alii* 2007; Artioli *et alii* 2008; Artioli *et alii* 2008b; Artioli *et alii* 2010), non sono ancora state rinvenute miniere sicuramente databili a questo periodo: è probabile che le tracce di lavorazione più antiche siano state quasi completamente obliterate dallo sfruttamento in epoca successiva.

L'attività estrattiva dell'Età del Ferro è ancora meno documentata: le uniche tracce di metallurgia sono costituite da attrezzi da fabbro e scorie rinvenute ai Montesei di Serso (presso Pergine) (Perini 1978; nello stesso sito è stato rinvenuto anche un impianto metallurgico databile fra Eneolitico ed Età del Bronzo Antico) e soprattutto a Sanzeno (Val di Non) (Šebesta 1993, p. 85; Dal Rì 1969-70, pp. 117-122).

Per l'epoca romana mancano quasi totalmente attestazioni sicure di attività estrattive e di trasformazione del minerale; l'unica eccezione è rappresentata da alcuni giacimenti di terre coloranti (ocra rossa e gialla e celadonite - terra verde) presenti sul Monte Baldo, da cui proverrebbero i pigmenti utilizzati negli affreschi della villa romana di Isera (Guzzo, Perna, Zandonai 2005; Finotti, Zandonai 2006; Ottaviani 2007, pp. 132-143). Il dibattito su questa lacuna è in corso da molti anni e gli elementi positivi concreti sono molto scarsi, anche se l'antichità degli insediamenti d'altura, la toponomastica e la precocità della documentazione riguardante l'attività mineraria trentina potrebbero far sospettare una certa continuità nello sfruttamento delle risorse del sottosuolo (Ciurletti 1997). È probabile che il divieto riportato da Plinio riguardo all'estrazione di minerali in Italia non sia stato sempre rispettato, ma è comunque indubbio che l'Impero avesse puntato principalmente su alcune aree minerarie molto ricche nelle province (come i giacimenti d'argento del sud della Spagna), strettamente controllate e gestite da ingegneri specializzati con manodopera a basso costo: la coltivazione dei giacimenti trentini, relativamente poveri e periferici, risultava quindi poco conveniente per un sistema economico "globalizzato", così come avviene ai giorni nostri.

Per quanto riguarda l'Altomedioevo l'assenza di informazioni sull'attività mineraria è da imputare alla generale carenza di documentazione che caratterizza molti settori economico-sociali dell'epoca, ma anche alla mancanza di indagini mirate e all'obliterazione delle tracce archeologiche nei secoli immediatamente successivi, nei quali in molti giacimenti si intraprese un'intensa attività estrattiva. È però molto probabile che un certo numero di miniere fossero state riaperte (o coltivate senza soluzione di continuità), in un periodo in cui la perdita dei grandi giacimenti delle province e la

mancanza di un'amministrazione centrale forte imponevano spesso una politica autarchica, soprattutto in territori isolati come le valli alpine (Ciurletti 1997, p. 75).

I primi documenti espliciti sulla gestione del patrimonio minerario trentino sono della fine del XII secolo. La più antica attestazione di un'attività estrattiva (1181) riguarda la cessione al vescovo da parte dei Conti di Appiano di una presunta "*vena auri fodienda*" che essi possedevano a Tassullo (Val di Non); agli Appiano appartenevano anche le miniere di galena di Faedo (Zammatteo 2003, p. 61) e dalla stessa famiglia nel 1185 il vescovo ricevette una miniera d'argento nelle Giudicarie (Squarzina 1964, pp. 14-15).

Nel 1182 l'imperatore Federico I, riconoscendo la ricchezza dei giacimenti argentiferi dell'altipiano del Monte Calisio (denominato in seguito *Mons Argentarius*), accordò con un diploma imperiale al vescovo Salomone il diritto di zecca (Appelt 1975-1990, n. 821); nel 1185 venne poi firmato un importante accordo tra il vescovo Alberto da Campo e i minatori del Calisio (*silbrarii*) che sarebbe stato alla base della legislazione mineraria successiva. Nel 1189 Federico diede infine in piena concessione al vescovo Corrado di Beseno i diritti su tutte le miniere del Principato che formalmente erano ancora di proprietà imperiale, confermando una sovranità di fatto che aveva radici più antiche, tanto che ne vennero esclusi i giacimenti situati in terreni appartenenti alle potenti famiglie dei Conti del Tirolo e degli Appiano che evidentemente mantenevano i loro antichi privilegi (Braunstein 1993, p. 285; Trener 1899, p. 30).

Anche le comunità di valle vantavano diritti di sfruttamento del sottosuolo: da un documento del 1188 relativo alla Val di Fiemme, si deduce che era già riconosciuta loro la facoltà di estrarre il ferro, dovendo però le rendite agli ufficiali vescovili (Curzel, Varanini 2007, pp. 864-869, n. 156; Varanini, Faes 2001, p. 258).

Un maggiore impulso all'attività mineraria venne dato nel secolo successivo, da cui nacque anche la necessità di una regolamentazione degli scavi, realizzata da Federico Vanga nel capitolo del *Codex Wangianus* denominato *Liber de postis montis arcentarie*. I provvedimenti del vescovo si concentrano tra il 1208 e il 1214, ma già nel corso del XIII secolo la redditività delle miniere d'argento andò calando (Varanini 2004, pp. 489-491): le cause vanno ricercate sia nell'esaurimento delle parti più ricche del giacimento (già nel maggio 1250 le compagnie minerarie del Calisio chiedevano l'esenzione dalle tasse) sia nelle difficili condizioni politiche (Stella 1953, p. 5, note 2 e 3).

Nel 1273 è attestata anche un'interruzione dell'attività di conio: il vescovo Egnone di Appiano trasferì il diritto di battere moneta al conte del Tirolo Mainardo II, non riuscendo più a coprire il fabbisogno di metallo della zecca dopo l'interruzione dei rifornimenti di argento dalla Germania (Rizzolli 1995, pp. 283-296 e Rizzolli 1991, pp. 49-53).

Nel corso del Duecento vennero redatti alcuni documenti riguardanti le miniere di ferro. Due riguardano la val di Fiemme: nel primo, rogato ad Egna-Neumarkt nel 1225, il vescovo di Trento Gerardo Ocasali investiva un milanese di una ruota e di un forno, nel secondo (1246) dei concessionari bergamaschi si impegnavano a rispettare le norme del *Codex Wangianus* (Varanini, Faes 2001, pp. 258-259). Un altro documento riguarda invece l'area di Beseno e Garniga in Val Lagarina (1242): è interessante notare come, nonostante la vicinanza alla città di Trento, le condizioni di concessione e sfruttamento fossero diverse da quelle previste per il Calisio (Trener 1899, p. 72; Varanini, Faes 2001, p. 259 nota 23).

Nel Trecento le famiglie aristocratiche, il cui potere era in espansione, si affermarono quali nuovi protagonisti delle imprese minerarie, iniziando a sfruttare la gestione del ciclo produttivo dei metalli come strumento di controllo del territorio (Varanini 2004, p. 490). È sintomatico il caso del ferro della Val di Sole, in cui dalla seconda metà del quattordicesimo secolo venne prodotta una consistente docu-

mentazione, costituita perlopiù da abbreviature notarili e archivi di famiglia, riguardante concessioni minerarie a notabili locali (Cles, Sant'Ippolito, Caldes) e scontri tra questi ultimi e il potere vescovile per i diritti di sfruttamento dei giacimenti (Varanini, Faes 2001, pp. 253-288).

Al gennaio del 1330 risale la prima notizia riguardante l'industria mineraria nella valle del Fersina: Enrico, figlio di Mainardo II di Carinzia-Tirolo (ex re di Boemia), concesse a Nikolaus von Poswitz di Kuttenberg (Kutna Hora) e ai suoi soci di cercare l'argento nel distretto di Pergine e a Montevaccino. Queste ricerche dovevano essere effettuate secondo il diritto di estrazione di Kuttenberg, pur salvaguardando sulla carta i diritti del vescovo trentino (Riedmann 1979, pp. 187-198; Forenza 2005, pp. 15-17 e 42).

Intorno al 1350 si colloca anche la prima notizia accertata sulle miniere del Primiero, riguardante i giacimenti di piombo argentifero e ferro del monte Asinozza, coltivati prima dal vescovo di Feltre e poi, dopo la conquista tirolese, dai dinasti Welsperg (Zieger 1975, pp. 43-54).

La massima fioritura dell'attività estrattiva trentina si colloca fra XV e XVI secolo quando, in seguito al progressivo impoverimento delle mineralizzazioni del Calisio (depredate in modo incontrollato nonostante le norme del *Liber*, che in realtà imponeva scarse limitazioni in questo senso), vennero promosse diverse campagne di prospezione in tutto il Principato. Questi anni furono caratterizzati da una massiccia immigrazione di minatori e metallurghi, dalle regioni tedesche in Valsugana e nel Primiero e dalla Lombardia in Val di Sole, portatori di culture, conoscenze e linguaggi tecnici che avrebbero condizionato molto le popolazioni locali.

In questo periodo si scoprirono e furono riattivati numerosi giacimenti metalliferi e nacquero i primi "Distretti minerari", territori geograficamente definiti in cui l'attività estrattiva era amministrata da specifiche istituzioni. Il controllo dell'attività era affidato dalla Camera del Consiglio di Innsbruck in parte al Principe Vescovo e in parte ai Conti del Tirolo, ma rimaneva alla cancelleria imperiale la competenza di rilasciare concessioni e nominare l'apparato burocratico. La direzione generale era data al cosiddetto *Bergmeister* che si occupava del controllo delle consegne di minerali e semilavorati (rispettivamente *Frön* e *Wechsel*), della costruzione di fonderie, delle concessioni di scavo, nonché di presentare istanze d'appello ai giudici minerari. Questi ultimi procedevano all'investitura vera e propria delle miniere, alla gestione di acque e boschi, alla prescrizione delle decime e alla soluzione di eventuali contenziosi. Al giudice minerario seguiva poi una gerarchia di altre cariche che si occupavano del commercio del minerale, dell'esazione delle imposte, di fornire pareri tecnici e dirimere controversie (Squarzina 1964, pp. 16-17, 21; Forenza 2005, pp. 41-42).

I principali Distretti minerari dell'attuale Trentino erano quelli di Pergine e di Primiero (poi sostituito da Cavalese); nel Principato erano presenti anche il distretto di Vipiteno, di Tures (Valle Aurina), di Chiusa e quello dell'Alta Val d'Adige (Squarzina 1964, p. 17; Forenza 2005, p. 38).

Il Distretto di Pergine comprendeva Alta Valsugana, zona di Trento e Val dei Mòcheni ma estendeva la sua giurisdizione anche sulla Val di Sole e sulle Giudicarie: già alla fine del XIV secolo era stato istituito un tribunale minerario che per quasi tutto il secolo successivo si occupò anche delle valli d'Adige (Nalles e Terlano) e Venosta; il primo giudice minerario noto fu però insediato solo nel 1504. Il periodo di massimo sviluppo si ebbe a cavallo fra la fine del XV e i primi decenni del XVI secolo, in cui imprenditori di origine prevalentemente tedesca (Augusta) gestivano la coltivazione e trasformazione di galena, sia per l'argento che per il piombo, di minerali di rame e ferro e in seguito anche di pirite per la produzione di vetriolo (Squarzina 1964, pp. 19-28; Forenza 2005, pp. 17-20; nel 1505 Pergine era stato anche elevato al rango di "mercato dei metalli" e vi si teneva una fiera settimanale).



Il Distretto di Primiero fiorì dalla seconda metà del XV secolo ad opera di imprenditori e minatori prima veneti e poi tedeschi, questi ultimi sostenuti dal duca del Tirolo Sigismondo che possedeva i diritti di sfruttamento. Nel 1477 venne promulgato un ordinamento minerario chiamato *Perckwerchsordnung*<sup>38</sup> e, a partire dal 1479, si istituì un ufficio di zona con a capo un *Bergrichter*<sup>39</sup>, che aveva giurisdizione esclusiva sui canopi. Nel 1489 il duca Sigismondo d'Austria si riservò il diritto minerario di regalia: era di sua competenza esclusiva assegnare concessioni minerarie nella zona, in cambio delle quali riceveva una parte del ricavato e tutte le multe e prestazioni di altro tipo. Negli anni successivi l'attività andò incontro ad una forte decadenza anche a causa dei gravi danni subiti durante la guerra condotta da Massimiliano I contro la Repubblica di Venezia; una ripresa si ebbe solo dopo la metà del XVI secolo, con un discreto successo solo per alcuni giacimenti (Zieger 1975, pp. 75-93, Tauffer 1993a).

Come testimonianza del periodo di maggiore espansione dell'attività estrattiva abbiamo quello che si può forse considerare il più importante documento minerario trentino dopo gli statuti presenti nel *Codex Wangianus*: il *Verleihbuch des Bergrichters von Trient*. Il libro raccoglie le concessioni minerarie, specialmente della zona di Montevaccino, Romagnano<sup>40</sup> e Fornace, emesse dai giudici minerari tra il 1489 e il 1507 (Hochenegg 1959).

Le nuove entrate resero necessario un accordo fra l'imperatore, il conte del Tirolo Massimiliano I e il vescovo Ulrich IV von Liechtenstein: il 6 settembre 1499 venne stabilito che i giudici minerari (*Bergrichters*) e i loro aiutanti (*Fröner*<sup>41</sup> - cfr. Squarzina 1964, p. 18) fossero eletti di comune accordo e che i redditi delle miniere fossero divisi fra i due erari. Nel 1531 infine, tra il principe vescovo Bernardo Cles e il conte di Tirolo Carlo V, prima, e Ferdinando I, poi, si pervenne ad una convenzione nella quale furono stabiliti i diritti di sovranità sulle miniere del Principato (la giurisdizione di Bolzano fu commutata con quella di Pergine), le spese comuni e la divisione delle entrate fra il conte del Tirolo e il vescovo di Trento, riservando a quest'ultimo le miniere di ferro (Hochenegg, 1959, pp. 25-33).

Già nella prima metà del XVI secolo erano però evidenti i primi segni di un decadimento generalizzato dell'attività mineraria trentina: le eccessive spese di estrazione e di trasporto (soprattutto dalle zone più impervie), l'esaurimento dei depositi più superficiali dovuto ad una coltivazione di rapina (con la conseguente necessità di approfondire gli scavi utilizzando più moderne e costose tecniche per l'aerazione e l'eduzione delle acque), la scoperta dei giacimenti d'oltreoceano che fecero diminuire il valore di molti metalli, cui si aggiungevano un'amministrazione poco oculata, l'instabile situazione politica (con conseguente mancanza di capitali), e il progressivo inserimento dell'economia trentina in quella austriaca che limitava i rapporti con la Pianura Padana, resero le attività estrattive del Principato sempre meno convenienti (Squarzina 1964, pp. 15-16).

Numerosi documenti testimoniano la difficoltà di versare i tributi in minerale e metallo e di pagare minatori e giudici minerari, la drastica diminuzione del numero di miniere attive e la progressiva sostituzione di imprenditori locali a quelli tedeschi, dato che questi ultimi, ricavando scarsi proventi dall'attività, abbandonavano il Trentino (Forenza 2005, pp. 20-25).

Nel frattempo i contrasti tra le istituzioni per la proprietà dei diritti minerari continuavano: il 27 settembre 1662 ci fu una nuova transazione tra il vescovo e il conte del Tirolo che stabilì che per comporre le vertenze minori ci si doveva rivolgere al commissario a Trento o a Pergine, mentre per le altre il punto di riferimento sarebbe stato il "tribunale montanistico" di Innsbruck (Stella 1953, p. 183).

La convenzione doveva risolvere anche alcune controversie tra il giudice minerario e le comunità locali circa lo sfruttamento delle risorse boschive, che a causa dell'intensa attività estrattiva e metallurgica iniziavano a scarseggiare. Le popolazioni

<sup>38</sup> Nell'attuale lingua tedesca "*bergwerksordnung*", letteralmente "ordinamento per i lavoratori della montagna".

<sup>39</sup> Letteralmente "giudice della montagna", ovvero il giudice minerario.

<sup>40</sup> Citato soltanto una volta (23 ottobre 1490) riguardo ad una concessione fatta al presposto della cattedrale Ulreich su una foresta sopra Romagnano, sul monte Palon, insieme ad una raffineria-fonderia e ad un deposito.

<sup>41</sup> Termine tedesco antico che letteralmente indica "colui che esegue la *Frön*", ovvero una *corvée*: in questo caso si trattava dell'obbligo di consegnare al giudice minerario la decima parte del minerale estratto: il *Fröner* era quindi colui che si occupava dell'esazione di questa imposta.

montane avevano infatti iniziato, già nel secolo precedente, a difendere in modo sempre più energico il proprio patrimonio comunitario di legna, carbone e pascoli depredato dagli impresari minerari e minacciato anche da frane e straripamenti provocati dagli scavi e dal taglio del bosco (Forenza 2005, pp. 26-27, 46-48).

La modesta industria mineraria trentina fu ulteriormente danneggiata dall'invasione francese durante la guerra di successione spagnola. Il 24 luglio 1777 fu concluso un nuovo accordo fra l'imperatrice Maria Teresa e il vescovo Pietro Vigilio Thun in base al quale a quest'ultimo fu tolta ogni sovranità territoriale in ambito minerario: rinunciò all'esclusiva sulle miniere di ferro accettando la gestione cumulativa, e consentì che tutti gli appelli nelle cause minerarie fossero diretti alla Reggenza dell'Austria Superiore al tribunale di Klagenfurt (*ibidem*, p. 43).

Una parziale ripresa dei lavori caratterizzò il XIX secolo, anche grazie alla scoperta dell'utilità di nuovi minerali, come la barite e la lignite, e di nuovi impieghi per minerali già conosciuti, come la pirite con la quale si produceva la *sugarina* (v. *infra*). La maggior parte delle miniere aperte in questa fase vennero però chiuse prima del 1880; nel 1854, anno in cui venne introdotta una nuova legge mineraria, i distretti erano ridotti a tre: quello di Chiusa, che aveva inglobato la Val d'Adige, quello di Cavalese per il Primiero e quello di Pergine (con l'antica giurisdizione sulla Val di Sole, le Giudicarie e la Valsugana) (Squarzina 1964, p. 17).

Nel secolo scorso le risorse minerarie trentine sono state sfruttate a periodi alterni e soprattutto per specifiche esigenze, tra cui le imprese belliche, la politica autarchica o grandi opere come la ferrovia della Valsugana (cfr. Forenza 1996, pp. 406-408); tra i nuovi minerali hanno avuto una grande importanza la fluorite, in alcuni casi coltivata fino agli anni '80 (come a Prestavel in Val di Stava); la barite (già conosciuta nel secolo precedente), la cui ultima miniera nei pressi di Darzo (Valle del Chiese) è stata chiusa solo nel 2009; il feldspato e la dolomite, anch'essi estratti fino a qualche anno fa; i saggi effettuati negli anni '50 per la ricerca di minerali uraniferi hanno invece dato scarsi risultati (cfr. tab. 2).

### 3.5. Le tracce archeologiche dell'attività estrattiva trentina

Le tracce archeologiche impresse dall'attività mineraria sul paesaggio sono numerose e diversificate a seconda dell'epoca in cui sono state prodotte, del minerale estratto, della conformazione naturale del territorio, dalle trasformazioni che lo stesso ha subito nel corso dei secoli: per questo motivo, come è stato ribadito, sono spesso difficili da individuare e soprattutto datare.

Le principali evidenze riconoscibili in Trentino sono (cfr. fig. 7):

- 1) Pozzi, gallerie e scavi a cielo aperto
- 2) Discariche di miniera
- 3) Strutture per l'alloggio dei minatori e magazzini per il minerale
- 4) Impianti per la trasformazione del minerale (e relative discariche di scorie)
- 5) Viabilità legata al trasporto del minerale verso i luoghi di lavorazione
- 6) Canalizzazioni e gallerie di eduazione dell'acqua

#### *Pozzi, gallerie, scavi a cielo aperto*

Per quanto riguarda le tracce degli accessi alle miniere si è rivelata molto utile la visione tridimensionale del DTM LiDAR: attraverso la funzione *Hillshading*, che proietta una luce sul DTM a diverse altezze e da diverse angolazioni (applicabile attraverso un software GIS<sup>42</sup>), è possibile individuare con relativa facilità la posizione degli imbocchi, che si presentano come profonde depressioni subcircolari di profilo imbutiforme (orientate in modo diverso a seconda che si tratti di pozzi verticali o

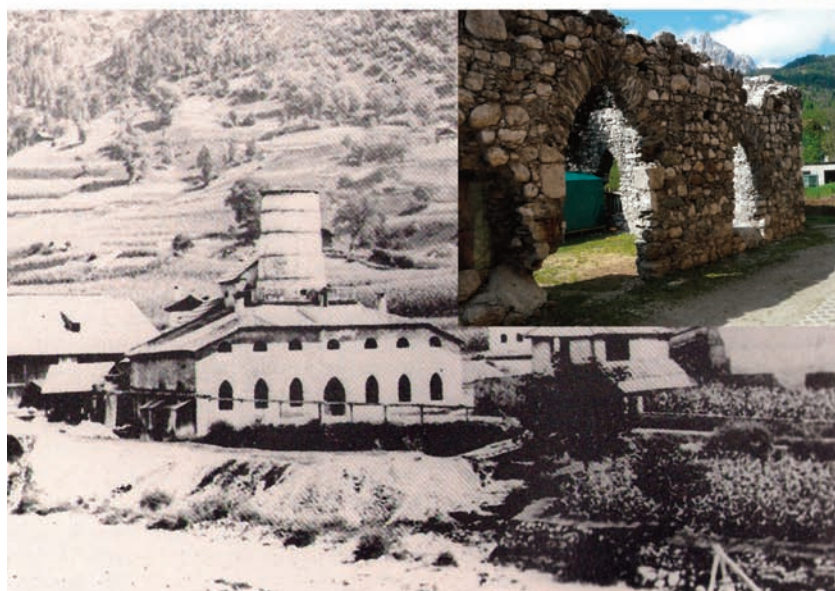
<sup>42</sup> Per l'applicazione di questa funzione è stato utilizzato soprattutto Global Mapper, per la possibilità che offre di cambiare l'angolazione e l'altezza della luce proiettata e di vederne il risultato sul modello 3D in tempo reale, senza dover creare un nuovo file.

gallerie) spesso associate ad un avvallamento a monte e ad un leggero rilievo a valle, quest'ultimo dovuto all'accumulo del materiale di scarico all'esterno della miniera. Nel caso di scavi a cielo aperto il record archeologico può essere simile a quello di un pozzo oppure, se il fronte è stato ampliato molto, presentarsi come una trincea che segue il filone o una profonda depressione, spesso visibile anche da foto aerea per la scarsità di vegetazione.

Nella visione bidimensionale gli imbocchi sono localizzabili quando si allineano lungo un giacimento (come nel Costone di Staviòn in Val di Pejo – cfr. *caso di studio 1*; una situazione simile è stata individuata anche in Primiero, sul costone che sale in direzione N-E da Transacqua) o, come nel caso dell'Altipiano del Monte Calisio, quando si aprono su superfici suborizzontali ed hanno una concentrazione tale da essere visibili da qualsiasi angolazione (cfr. *caso di studio 2*).

Per le aree di alta quota, dove la vegetazione rada e i pascoli garantiscono una buona visibilità, può essere molto utile anche la fotografia aerea. Spesso in questi casi l'erosione ha scoperto le mineralizzazioni rendendole coltivabili in superficie con scavi a cielo aperto, che possono lasciare tracce molto evidenti ma anche confondibili con conformazioni naturali del terreno, motivo per cui un loro studio impone una buona conoscenza della geomorfologia della zona e una verifica *in situ* (cfr. Ancel 2008).

Fig. 7. Esempi di evidenze archeologiche dell'attività di estrazione e trasformazione del minerale: 'cadino' presso Faedo; dicarica di miniera in Val di Pejo; foto storica e tracce archeologiche della "Ferrarezza" di Transacqua; imbocco dell'Acqua di Faedo (galleria mineraria ora presa dell'acquedotto).





Gli stessi imbocchi possono essere confusi con altre strutture, quali cavità naturali o cunicoli artificiali scavati per motivi diversi (come le gallerie militari); anche nel caso in cui siano effettivamente tracce di attività minerarie possono inoltre non corrispondere a veri e propri punti di estrazione ma a semplici gallerie di aerazione o eduazione (cfr. Bianchi, Dallai, Guideri 2009, p. 639, anche per questo motivo spesso si trovano due imbocchi adiacenti), che sbucano in superficie anche in aree piuttosto distanti dal giacimento.

Sul terreno gli imbocchi presentano morfologie molto diverse non solo a seconda del tipo di scavo (condizionato dal tipo di mineralizzazione, dalla roccia incassante, dal periodo e dalle modalità di coltivazione) ma anche del tipo di conservazione: alcuni di essi sono stati infatti messi in sicurezza o valorizzati, altri sono stati totalmente abbandonati ed hanno subito il naturale processo di degrado, altri ancora sono stati completamente oblitterati dall'urbanizzazione recente (cfr. fig. 8 e *Casi di studio*).

### *Discariche di miniera*

Fig. 8. Esempi di evidenze archeologiche di imbocchi di miniera ("Grua va Hardombl" musealizzata presso Palù del Fersina; galleria "Friole di Sotto" presso Transacqua; Grotta-miniera "Covel" di Faedo; interno della miniera Tingherla - Valle del Fersina).

Le discariche a valle della miniera sono spesso uno degli elementi più visibili dell'attività estrattiva, a volte anche da fotografia aerea dato che tendono ad inibire la crescita della vegetazione.

È però necessaria anche in questo caso una buona conoscenza del contesto geologico, e possibilmente una ricognizione diretta, per non confonderle con depositi detritici naturali; la colorazione delle rocce (in assenza di veri e propri minerali cri-



stallizzati) può aiutare a confermarne la natura (ad es. le discariche delle miniere di magnetite della Val di Pejo hanno un colore rossastro dovuto all'ossidazione del ferro residuo).

Durante le ricognizioni le discariche aiutano ad individuare l'imbocco di gallerie o pozzi e spesso sono state utilizzate allo stesso scopo anche dagli imprenditori interessati alla riapertura delle miniere.

La maggiore o minore "colonizzazione" delle rocce da parte della vegetazione può essere un indicatore dell'antichità della coltivazione (Bailly-Maitre 2008, p. 262).

#### *Strutture per l'alloggio dei minatori e magazzini per il minerale*

Gli edifici di servizio costruiti nelle aree estrattive erano piuttosto semplici, spesso realizzati con le stesse tecniche utilizzate per i masi, in legno o pietra, e nella maggior parte dei casi venivano abitati solo per un breve periodo dell'anno, probabilmente d'inverno (cfr. *caso di studio 1* e Sonna 2002, p. 5).

Tali strutture sono facilmente individuabili da foto aerea se si trovano in un luogo aperto, privo di vegetazione; può invece risultare più difficile percepirne la forma osservando il DTM LiDAR perché l'anomalia corrispondente può confondersi con le evidenze dell'attività estrattiva.

Data la posizione in luoghi spesso impervi dovevano essere autosufficienti e potevano quindi essere dotati di piccole officine, soprattutto per la costruzione degli strumenti di lavoro per lo scavo.

Un probabile esempio è stato individuato in Val di Pejo, nei pressi della Cima Boai (a circa 2300 m) su un pianoro che domina la valle sottostante (cfr. *caso di studio 1*).

#### *Impianti per la trasformazione del minerale (e relative discariche di scorie)*

Le strutture legate all'attività di trasformazione del minerale possono trovarsi sia nelle vicinanze dell'area estrattiva sia a valle.

Nel primo caso la visibilità da *remote sensing* (ma anche sul terreno) dipende dalla presenza o meno di vegetazione ed elementi di disturbo, ma soprattutto dalla consistenza delle tracce e dallo stato di conservazione: spesso poteva infatti trattarsi di strutture molto semplici, anche prive di preparazione in muratura. Quando invece gli impianti produttivi si trovano a fondovalle, la loro visibilità è legata alla posizione degli insediamenti nei pressi dei quali erano costruiti: se questi ultimi sono stati abitati fino ai nostri giorni gli impianti spesso risultano totalmente demoliti o inglobati in costruzioni attuali e quindi leggibili solo in parte (cfr. *caso di studio 1*).

Una delle tracce dell'attività metallurgica che meglio si conserva sono le scorie di lavorazione: nel caso di processi di trasformazione complessi e di lunga durata (come la riduzione del rame in età preistorica) le discariche di questi materiali possono formare cumuli di dimensioni tali da modificare la morfologia del paesaggio e inibire la crescita della vegetazione (anche a causa dell'"avvelenamento" provocato dai residui di metallo).

Tra le evidenze legate alla trasformazione del minerale possono essere annoverate anche le numerose carbonaie realizzate nei pressi dei boschi, le cui tracce sono spesso visibili anche da fotografia aerea.

#### *Viabilità legata al trasporto del minerale verso i luoghi di lavorazione*

L'analisi della viabilità afferente alle aree di estrazione e lavorazione del minerale può essere molto utile per la ricostruzione del paesaggio minerario; la presenza di una complessa rete di sentieri in aree particolarmente impervie può essere di per sé l'indizio della presenza di un giacimento coltivato.



Dagli imbocchi di alta quota spesso il minerale veniva trasportato a valle durante l'inverno con le slitte: le tracce di questi percorsi sono difficili da individuare, tranne nel caso in cui venissero appositamente realizzate delle mulattiere a pendenza costante per facilitare la discesa, visibili in particolare sul DTM. Per le miniere più recenti venivano costruite anche vie ferrate o teleferiche, generalmente ancora riconoscibili solo se vengono lasciati *in situ* tratti di rotaie o piloni (Ancel 2008, pp. 238-241).

Il DTM LiDAR rivela un palinsesto di sentieri anche al di sotto della vegetazione, che possono essere meglio seguiti e selezionati in base alla loro importanza grazie al confronto con la fotografia aerea e la cartografia. Il modello digitale registra facilmente anche percorsi dismessi attualmente poco visibili sul terreno: individuando i punti di contatto dei diversi sistemi di sentieri è possibile teoricamente stabilirne una cronologia relativa definendo dei rapporti stratigrafici, ma si tratta di un lavoro molto complesso che vale la pena intraprendere in territori circoscritti con lo scopo di individuare la viabilità afferente ad una specifica area mineraria (cfr. *caso di studio 1*).

### *Canalizzazioni e gallerie di eduazione dell'acqua*

Una particolare distribuzione della rete idrica può essere la traccia residua di un'attività mineraria: essendo quello delle inondazioni uno dei maggiori problemi durante gli scavi in profondità, venivano spesso costruite delle gallerie di scolo o semplicemente delle canalizzazioni in cui l'acqua che si accumulava nei cunicoli veniva deviata (Bailly-Maitre 2008, p. 263). Quelle che ora si presentano come sorgenti d'acqua possono quindi essere antichi cunicoli minerari in cui quest'ultima era stata convogliata artificialmente (cfr. Tauffer 1993a, p. 72<sup>43</sup>). In Trentino alcune di queste gallerie di eduazione sono state riutilizzate dagli acquedotti comunali (*ibidem*, p. 73<sup>44</sup>) o come fonti di acque termali (cfr. Gramola 2000<sup>45</sup>).

La forza idraulica veniva inoltre utilizzata nelle operazioni di arricchimento, nonché per alimentare mantici e magli nelle successive fasi di trasformazione.

### *3.5.1. I limiti del DTM LiDAR nell'individuazione delle evidenze estrattive*

L'individuazione delle depressioni prodotte dall'attività estrattiva non è quasi mai immediata e dipende molto dalla direzione della luce proiettata sul DTM. Inoltre non è sempre facile stabilire la corrispondenza tra i pozzi individuati e quelli descritti in bibliografia, in parte per mancanza di riferimenti precisi per la localizzazione, in parte per la scarsa visibilità attuale dell'imbocco.

I principali limiti del rilievo LiDAR in questo particolare ambito di ricerca (oltre alle inevitabili imprecisioni legate ai parametri strumentali scelti, al *processing* dei dati, alla georeferenziazione o alla parziale sovrapposizione dei singoli rilievi - cfr. Doneus, Briesse 2006, pp. 101-102) possono essere così riassunti:

- a) Molti accessi sono stati murati o coperti di sterpaglie per evitare l'ingresso di persone e animali: in questo caso il LiDAR è in grado di rilevarne il profilo solo se sono presenti forti avvallamenti o strutture di sostegno dei versanti.
- b) La visibilità sul DTM dipende molto anche dalla posizione dell'imbocco stesso, che può essere più difficile da individuare se posto su un versante ripido all'interno di una valle; ciò sia per la minore accuratezza del rilievo in presenza di forti pendenze, dato che il laser viene emesso perpendicolarmente alla superficie terrestre, sia per i limiti imposti dagli ostacoli naturali alla vista tridimensionale e alla proiezione di luci ed ombre.
- c) La presenza di strutture può costituire un "disturbo", soprattutto nel caso di edifici disabitati privi di copertura e di dimensioni ridotte i quali, in particolare se costruiti in appoggio al versante, creano un'anomalia simile a quella di un pozzo.

<sup>43</sup> Sorgenti di questo tipo sono visibili in Trentino lungo il Torrente Cismon (Primiero), fra Siror e San Martino di Castrozza; un caso simile è presente anche presso Faedo (galleria dell'Acqua di Faedo, cfr. fig. 7).

<sup>44</sup> Ad esempio nel Primiero, lungo la strada tra Passo Gobbera e Pieve ("Via Nova"), e sull'altipiano del Monte Calisio, presso l'ex galleria Mazzurana in loc. Pralungo (cfr. *caso di studio 2*).

<sup>45</sup> Ad esempio in Alta Valsugana, nella zona delle Acque Forti a nord di Vetriolo Terme e presso S. Orsola in Val dei Mocheni.

- d) Per quanto riguarda le quote più elevate un problema non indifferente è rappresentato dalla minore risoluzione del rilievo (2x2 m contro 1x1 m delle altre aree). Inoltre presentano difficoltà di lettura a causa del tipo di vegetazione, spesso costituita da piccoli alberi e cespugli bassi: questi ultimi non vengono eliminati nel passaggio dal DSM al DTM e possono dare vita ad un forte “rumore di fondo” (la differenza fra il primo e l'ultimo impulso ricevuto dal LiDAR deve essere superiore a 1,5 m perché lo strumento sia in grado di distinguerli e quindi separarli - Doneus, Brieze 2006, p. 101; Risbøl, Gjertsen, Skare 2006, p. 111). D'altra parte nelle aree coperte da vegetazione molto fitta, soprattutto se costituita da conifere, la precisione del rilievo nel sottobosco è fortemente limitata dallo scarso numero di impulsi laser che riescono a passare tra gli alberi (Doneus, Brieze 2006, p. 102; Doneus, Brieze *et alii* 2007; Crow 2008, p. 4; Sittler, Schellberg 2006, p. 120).
- e) Un altro fattore di disturbo è rappresentato da corpi geologici recenti quali frane, depositi di versante e coni detritici che possono essere confusi con discariche di minerale o semplicemente limitare la visibilità degli accessi (Risbøl, Gjertsen, Skare 2006, p. 108).

In conclusione il DTM LiDAR fornisce informazioni “grezze” che per essere interpretate necessitano di una buona conoscenza del territorio e soprattutto dello specifico elemento del paesaggio che si vuole indagare, del tipo di tracce che produce (forma e dimensione) e dei possibili elementi di disturbo; una volta localizzate le anomalie prodotte da una determinata evidenza archeologica (attraverso l'utilizzo di altri strumenti come la fotografia aerea o il *survey*), si ottengono nuove basi interpretative che permettono l'identificazione di tracce simili anche in aree di cui non si conoscono le potenzialità (cfr. Grøn, Christensen *et alii* 2006, p. 145, fig. 3).

## 4. Casi di studio

### 4.1. Caso di studio 1 - Le miniere di magnetite della Val di Pejo

Le ricognizioni effettuate nel luglio 2009 nell'area della Val di Pejo compresa fra il paese di Comàsine e la Cima Boai hanno avuto l'obiettivo di documentare le tracce archeologiche visibili dell'intensa attività mineraria diretta allo sfruttamento della magnetite, documentata nell'area indagata dalla fine del Trecento e cessata definitivamente nel 1967 con la chiusura delle ultime gallerie.

Gli strumenti utilizzati per la ricerca sono stati:

- 1) Spoglio bibliografico;
- 2) *Remote sensing* (DTM LiDAR e fotografia aerea);
- 3) Campagna di *survey*;
- 4) Interviste ad abitanti del luogo.

#### 4.1.1. Notizie storiche sulla coltivazione della magnetite e l'attività siderurgica nella valle

La documentazione relativa allo sfruttamento minerario e alla siderurgia nella Val di Pejo è piuttosto scarsa, forse anche a causa degli incendi, inondazioni e valanghe che secondo la tradizione devastarono periodicamente il paese di Comàsine (l'ultimo in ordine di tempo un incendio che distrusse l'archivio parrocchiale nel 1853) (Ciccolini 1936a, p. 379; Sonna 2002, p. 1). Inoltre la memoria di questa attività presso la popolazione locale è in gran parte andata persa, a causa della rapida scomparsa delle sue tracce materiali e in parte forse della volontà di dimenticare un capitolo difficile della storia economica.

L'ipotesi secondo cui i primi tentativi di estrazione della magnetite risalirebbero ad epoca protostorica e sarebbero continuati in epoca romana non è al momento suffragata da alcun dato archeologico, così come l'identificazione del colle su cui è stata costruita la chiesetta di Santa Lucia (poco lontano dalle miniere situate sul costone di Staviòn) con un "castelliere" (nei pressi del quale sarebbero anche state rinvenute alcune monete romane imperiali - cfr. Ciccolini 1936a, pp. 388-389<sup>46</sup>; Andreatta 1964, p. 221; Gabrielli 1972, pp. 19-21; Varanini, Faes 2001, p. 262; Sonna 2002, p. 1). Lo storico ottocentesco Posepny, in una pubblicazione citata da Ausserer nel suo contributo sulle miniere del Perginese del 1916 (riedito in Forenza 1996), affermava che durante la riapertura di una miniera nel 1770 in Val di Pejo sarebbero stati trovati resti di forni fusori confrontabili con gli impianti metallurgici etruschi rinvenuti sull'isola d'Elba, in associazione a grandi quantità di scorie di ferro e frammenti ceramici. Il recupero di questi reperti potrebbe fornire informazioni fondamentali per la storia dell'attività estrattiva e siderurgica della valle (cfr. Forenza 1996, p. 369).

Per quanto riguarda il Medioevo una testimonianza indiretta dell'attività metallurgica in Val di Pejo dal X al XV secolo è data dalle analisi dendrocronologiche e antracologiche, da cui emerge una notevole produzione di carbone da legno di larice in questo periodo (v. *infra* - Backmeroff 2001; Backmeroff, Pasquali 2001).

Le notizie storiche precedenti al Trecento sono molto vaghe e indicano tutt'al più la presenza di fabbri (frequenza di termini come *ferarius* e *faber* nella documentazione vescovile e plebana), mentre per la prima metà del XIV secolo ci sono alcuni riferimenti alla presenza di forni e fucine.

Il documento più antico in cui vengono esplicitamente citate le miniere di ferro della valle è datato 1380: si tratta di un atto con cui due esponenti della famiglia dei Sant'Ippolito (Federico e Antonio del fu Bertoldo) affittano a tali Martino q. detto de Ognà e Tomeo del fu Peterzino de Lavoia una '*feraria seu boca una ferarie*'<sup>47</sup> (cfr. Varanini, Faes 2001, p. 265) a Comàsine in loc. Praverdeo, cui confina la *feraria* di Giovanni e Riprando da Cles (Ciccolini 1936a, p. 392; Gabrielli 1970, p. 17; Varanini, Faes 2001, p. 266).

Ci informa quindi che all'epoca le due grandi famiglie dei Da Cles e dei Sant'Ippolito (di origine comune) avevano in concessione da parte del Vescovo di Trento (unico proprietario dei giacimenti del principato) le miniere di ferro della valle, almeno per quanto riguarda la destra orografica del torrente Noce.

Nel 1398 compare nella documentazione relativa all'attività estrattiva anche la famiglia dei Caldes, investita del diritto di sfruttamento delle miniere di ferro da poco scoperte in Val di Sole (non è dato sapere se in Val di Pejo o ad esempio nella vicina Val di Rabbi) dal vescovo Giorgio I di Liechtenstein, il quale si pone in contrasto con i precedenti concessionari, forse appositamente penalizzati per aver avanzato pretese di possesso allodiale sui giacimenti (Ciccolini 1936a, p. 392-394; Ciccolini 1936b, p. 41; Gabrielli 1970, p. 17; Gabrielli 1972, p. 21; Varanini, Faes 2001, p. 267).

Nel corso del Quattrocento entrano in gioco i Federici di Erbanno, originari della Valcamonica e signori del castello di Ossana: nel 1469 il vescovo intima alla comunità di Comàsine di non molestare i *de Federicis* nei lavori di coltivazione delle vene di ferro loro concesse (Ciccolini 1936a, p. 399; Gabrielli 1970, p. 17; Varanini, Faes 2001, p. 269). Durante lo scavo del castello (notizie preliminari sull'indagine di scavo in Cavada, De Gasperi 2006) è stata rinvenuta una grande quantità di scorie, spesso reimpiegate anche nelle murature (come per alcune antiche case del paese<sup>48</sup>), che potrebbero testimoniare il controllo dei Federici anche sull'attività siderurgica.

È questo il periodo di maggiore sviluppo dell'attività mineraria e metallurgica in Val di Sole, causa della massiccia immigrazione lombarda che già nel 1427 aveva indotto il vescovo a concedere alla pieve di Ossana il diritto di importare vini stranieri, per far fronte al fabbisogno dei tanti operai giunti *pro laborerio ferri* (diritto revocato

<sup>46</sup> L'autore porta a sostegno della teoria di un'attività mineraria in epoca protostorica una serie di castellieri nella valle, per i quali non risulta siano state effettuate indagini archeologiche; per quanto riguarda invece l'origine romana di Comàsine lo studioso evidenzia le influenze latine nella toponomastica e nella terminologia tecnica legata alla siderurgia.

<sup>47</sup> Il termine '*feraria*' sembra indicare quasi sempre la miniera di ferro e non una forgia o forno; in questo caso come in altri documenti dell'epoca è infatti accompagnato dal termine '*boca*' e da una localizzazione che porta ad escludere il riferimento ad un sito produttivo.

<sup>48</sup> Scorie impiegate nelle murature e nella malta sono state individuate anche nella "Casa degli affreschi" di Ossana, oggetto di un rilievo sistematico e di analisi stratigrafica da parte dell'Università degli Studi di Padova nel luglio 2009. Inoltre sono stati individuati frammenti di scorie nelle murature di alcuni edifici di Cogolo, in corso di studio da parte del dott. Matteo Rapanà e della dott.ssa Isabella Zamboni (che ringrazio per la segnalazione).

nel Cinquecento dal vescovo Bernardo Clesio, che adduceva come giustificazione la diminuzione della pressione demografica, legata forse già ad una prima crisi dell'attività mineraria) [Ciccolini 1936a, p. 382; Varanini, Faes 2001, p. 275; Sonna 2002, pp. 1-2]. Un altro indizio della vivacità dello sfruttamento della magnetite nel Quattrocento è l'abbondanza di notizie legate al taglio della legna per la produzione di carbone, che già all'epoca aveva provocato un disboscamento tale da alimentare la protesta degli abitanti di Ossana nei confronti dei castellani e che sembra dimostrato anche da analisi paleoambientali (v. *infra*) [Ciccolini 1936a, p. 401; Sonna 2002, pp. 1-2; Backmeroff 2001; Backmeroff, Pasquali 2001].

In questi anni viene fondato anche il villaggio di Fucine (*villa nova Fusinarum* – nominata per la prima volta come tale nel 1463 - Ciccolini 1936a, p. 384; Gabrielli 1972, p. 20; Varanini, Faes 2001, p. 269) in una posizione privilegiata per la presenza della forza motrice del torrente Vermigliana (Sonna 2002, p. 3); diventerà uno dei tre nuclei costitutivi del comune di Ossana. Qui si insediarono probabilmente gran parte dei lavoratori del ferro lombardi della zona: la chiesa del paese (fondata nella prima metà del XVII secolo, Ciccolini 1936a, p. 386<sup>49</sup>) è dedicata a San Carlo Borromeo, Arcivescovo di Milano e patrono della Lombardia. La toponomastica ufficializza la presenza di un distretto produttivo già consolidato nei secoli precedenti, forse già prima del Trecento, testimoniato (oltre che dai già citati termini *ferarius*, *faber*), anche da documenti espliciti: nel 1312 viene utilizzata la locuzione '*a forno*' per localizzare un'abitazione [Ciccolini 1936a, p. 391; Varanini, Faes 2001, p. 262]; nel 1339 tra i beni dell'eredità di Guglielmo del fu Aimone da Cles è presente una fucina sita ad Ossana [Varanini, Faes 2001, p. 264]; nel 1389 viene acquistato un complesso di edifici a Cusiano comprendente quattro fucine e un forno da parte di Antonio del fu Bertoldo di Sant'Ippolito (concessionario di alcune miniere) (*ibidem*, p. 266).

L'immigrazione lombarda di certo portò una serie di innovazioni tecnologiche oltre alla manodopera: è nelle valli bresciane e bergamasche che venne introdotto per la prima volta in Italia l'altoforno (che permetteva di fondere il ferro passando attraverso la ghisa), sperimentato precocemente in quelle zone probabilmente in conseguenza dell'abbondanza e della qualità del minerale di ferro a disposizione (siderite manganesifera). Questa fondamentale innovazione della siderurgia, forse già conosciuta in Lombardia nell'altomedioevo (cfr. Cucini, Tizzoni 2001, p. 38 e Cucini, Tizzoni 2004), potrebbe essere arrivata in Val di Sole proprio attraverso gli operai immigrati, che mettevano o a disposizione le loro conoscenze tecniche nelle nuove miniere, forni e fucine [Varanini, Faes 2001, p. 272<sup>50</sup>].

Nel 1573 il capitano delle valli d'Anaunia e di Sole proibiva la vendita del ferro a chi non fosse suddito del principato vescovile, probabilmente per limitare l'esportazione massiccia del metallo in Val Padana; negli anni successivi ci furono diversi contrasti fra il governo delle Valli del Noce e la cosiddetta "Compagnia della Ferrarezza" per la regolamentazione del mercato estero [Ciccolini 1936a, p. 402; Andretta 1964, p. 221; Gabrielli 1970, p. 19.; Sonna 2002, p. 3]. Tali provvedimenti sono verosimilmente una prima spia della diminuzione del metallo prodotto che imponeva una forma di tutela dell'economia locale [Andretta 1964, p. 221]; il fenomeno potrebbe derivare sia da una crisi dell'attività estrattiva sia da cause collaterali come il forte disboscamento che limitava la produzione del carbone necessario all'alimentazione di forni e fucine.

Per il Seicento e la prima metà del secolo successivo mancano notizie documentate, tranne la rappresentazione dei minatori al lavoro nella Mappa del Tirolo di Mathias Burglechner del 1611 (fig. 9), che testimonia come questa attività fosse ancora di grande importanza per l'economia della valle.

Nel 1772 Matteo Matteotti scopre una nuova miniera nei pressi di Comàsine di cui ottiene dal vescovo la concessione e negli stessi anni vengono investiti di tali diritti (oltre che di quelli di fusione del ferro nel forno; Gabrielli 1972, p. 22) anche

<sup>49</sup> L'autore riferisce che tale Shmölzer individuò fra i ruderi di questo edificio, distrutto da un'inondazione nell'Ottocento e oggi completamente ricostruito "tracce d'arte gotica e un capitello della rinascenza".

<sup>50</sup> Nella documentazione trecentesca è frequente l'utilizzo del termine *ferrum crudum*, identificabile con la ghisa, ad indicare il prodotto dei forni che doveva essere venduto o fornito alle fucine.





Fig. 9. - Particolare della Mappa del Tirolo di Mathias Burglechner (1611) che rappresenta l'area mineraria della Val di Pejo sulla destra Noce con i minatori al lavoro (da <http://www.tirol.gv.at/tiris>, sezione 'Historische Kartenwerke Tirol').

Andrea e Gio.Batta Giacomini, originari di Bogliaco sul Garda, e il loro socio Martino di Cloz, i quali furono protagonisti di scontri con la popolazione locale a causa dell'incondizionata libertà d'azione concessa loro dal vescovo nelle aree minerarie<sup>51</sup> (Ciccolini 1936a, pp. 402-403; Sonna 2002, p. 3). Nel corso del Settecento diverse inondazioni recarono gravi danni a Fucine ma gli impianti produttivi furono ricostruiti e la produzione continuò (anche se probabilmente a ritmo più lento) fino alla metà del secolo successivo.

Un documento interessante, riportato da Romano Sonna, è una lettera inviata dalla ditta Serini (concessionaria di lavori di estrazione) al Comune di Comasina nel 1834, nella quale si chiede di poter restaurare un sentiero in disuso per trascinare con le slitte il minerale fino al forno dalle miniere della Val Gardené (fra Comasina e i pascoli del Boai) anche quando scarseggiava la neve; si tratta probabilmente della cosiddetta "Strusa", termine che solitamente indica un avvallamento per il legname, che si snodava da ovest ad est e che ancora nel secolo scorso veniva percorsa con le slitte tirate a mano, trasportate la mattina dalle spose dei minatori per un buon tratto verso le aree estrattive (Gabrielli 1972, p. 15; Sonna 2002, pp. 3-5). Il Forno cui si fa riferimento si trovava nella località ancora esistente di "Forno di Novale", sulla strada che corre a valle del paese di Comasina. Nel 1857 un incendio distrusse la "cantiniera del forno" ovvero il deposito di minerale e carbone a monte di questo impianto produttivo; gli ultimi resti del minerale furono portati a Fucine e l'attività cessò con l'esaurimento dell'ultimo ferro grezzo disponibile (Ciccolini 1936a, p. 405; Andreatta 1964, p. 222; Perna 1964c, p. 206; Gabrielli 1970, p. 20; Gabrielli 1972, p. 22; Sonna 2002, p. 5).

Solo nel primo dopoguerra (anni 1920-21) le condizioni economiche critiche imposero un nuovo tentativo di sfruttamento dei giacimenti di magnetite, sia sul costone di Staviòn e a Gardené, sia sul versante sinistro del Noce, sopra Celledizzo. I lavori seguirono per qualche tratto le vecchie gallerie ma il minerale risultò povero e l'estrazione antieconomica, così il tentativo fu abbandonato.

<sup>51</sup> A coloro che avevano l'investitura era concesso il permesso di fregiare le proprie case e le ferriere dello stemma del principato, portar armi, tagliar legna e far carbone.



Nuovi sondaggi che impiegavano metodi scientifici quali trivellazioni e rilevamenti magnetometrici basati su precisi dati geologici (sotto la supervisione del Prof. Ciro Andreatta) vennero invece effettuati negli anni dell'autarchia dalla società "La Comàsine": furono proseguiti gli scavi in alcune gallerie antiche e ne vennero scavate di nuove (Andreatta 1964, p. 222; Gabrielli 1972, p. 25 ; Sonna 2002, pp. 5-6). Alcuni sondaggi ebbero esito positivo e il lavoro proseguì con buone prospettive fino al 1940-41, anni in cui venne installata dalla ditta Rumi anche una teleferica per il trasporto del minerale dall'area estrattiva di Staviòn alla strada principale sul fondovalle, in cui vennero costruiti anche un grande deposito e una laveria (Gabrielli 1972, p. 27; Sonna 2002, p. 6).

Durante la guerra l'estrazione subì un forte rallentamento e continuò solo grazie ad un certo numero di operai militarizzati; venne aperta anche una nuova galleria a Cellentino (detta "San Cesare") che fu l'ultima ad essere chiusa (Perna 1964c, p. 206; Gabrielli 1972, p. 27; Sonna 2002, p. 7). Nel 1949 la società "La Comàsine" fallì e vennero demoliti tutti i baraccamenti costruiti per i minatori e il deposito del minerale. Nel 1953 la società "Rumi" di Seriate ripristinò la teleferica collegando al fondovalle anche la Val Gardené ma rinunciò presto alla concessione non riuscendo a coprire le spese di manutenzione con il ricavato della vendita del minerale (Gabrielli 1972, p. 27; Sonna 2002, p. 8). Dalla ripresa dei lavori nel 1921 erano stati riaperti 1100 m di vecchie gallerie e tracciati 4600 m di gallerie e 1200 m di pozzi (Perna 1967c, p. 206).

Nel 1967 vennero smantellate la teleferica e le ultime infrastrutture rimaste legate all'attività estrattiva, donate dalla ditta alla Chiesa parrocchiale di Comàsine (Sonna 2002, p. 8).

Il motivo di questi fallimenti nel secolo scorso, come già sottolineato dal Prof. Andreatta, che nel suo contributo del 1954 (ripubblicato in Andreatta 1964, p. 241) sconsiglia di riprendere i lavori, è legato intimamente sia alla natura del giacimento sia alle leggi del mercato internazionale contemporaneo, che rendono decisamente poco conveniente lo sfruttamento di piccole masse di magnetite, disseminate nelle rocce calcaree e quindi difficilmente individuabili e coltivabili, su versanti montuosi ripidi a quote elevate e in una zona lontana dalle vie di comunicazione principali, nonché dai centri industriali ormai uniche sedi delle officine metallurgiche.

#### 4.1.2. La Val di Pejo: inquadramento geologico e giacimentologico<sup>52</sup> (Pietro Frizzo, Lara Casagrande)

Le mineralizzazioni ferri-ferre della Val di Pejo si collocano presso il margine meridionale del complesso Austroalpino, poco a nord della Linea del Tonale che separa l'Austroalpino stesso dal complesso delle Alpi Meridionali. Le mineralizzazioni sono ospitate in una sequenza lito-stratigrafica nota come Unità del Tonale la quale, assieme alla sovrastante Unità d'Ultimo, costituisce la cosiddetta Falda del Tonale.

Le due unità, litologicamente molto simili, sono costituite prevalentemente da paragneiss, ai quali nell'Unità del Tonale si intercalano lenti di marmi (portatori delle mineralizzazioni a magnetite).

Al di sotto della Falda del Tonale giace la Falda dell'Ortles, localmente rappresentata dall'Unità di Pejo, una sequenza di micascisti a granati e staurolite con intercalati ortogneiss e anfiboliti.

Il litotipo dominante nell'Unità del Tonale è rappresentato da paragneiss a sillimanite, tendenzialmente compatti e massicci, specialmente in alcuni livelli decisamente quarzosi, abbastanza ricchi di muscovite e biotite e caratterizzati da frequente granato, talora sillimanite e K-feldspato; si tratta di rocce di origine sedimentaria metamorfosate in condizioni di medio-alto grado durante l'evento tettonico ercinico, che hanno subito una blanda retrocessione metamorfica in facies scisti verdi nel corso dell'orogenesi alpina.

<sup>52</sup> Realizzato a partire dalle note illustrative della tavola 42IV -Pejo della Carta Geologica della Provincia di Trento 1:25.000, gentilmente fornita dal Servizio Geologico della Provincia autonoma di Trento.

Molto diffuse in questa unità sono anche le anfiboliti, che si intercalano fra i paragneiss con numerose lenti: sono ricche di anfibolo verde accompagnato da biotite, granato ed epidoto e talora si presentano a bande chiare e scure per il concentrarsi del plagioclasio o dei minerali femici su differenti livelletti milli-centimetrici. In alcuni casi alle anfiboliti si associano corpi lenticolari di duniti, rocce scure ricche di anfibolo, clorite, talco e serpentino, con diffusi relitti di olivina e clinopirosseno.

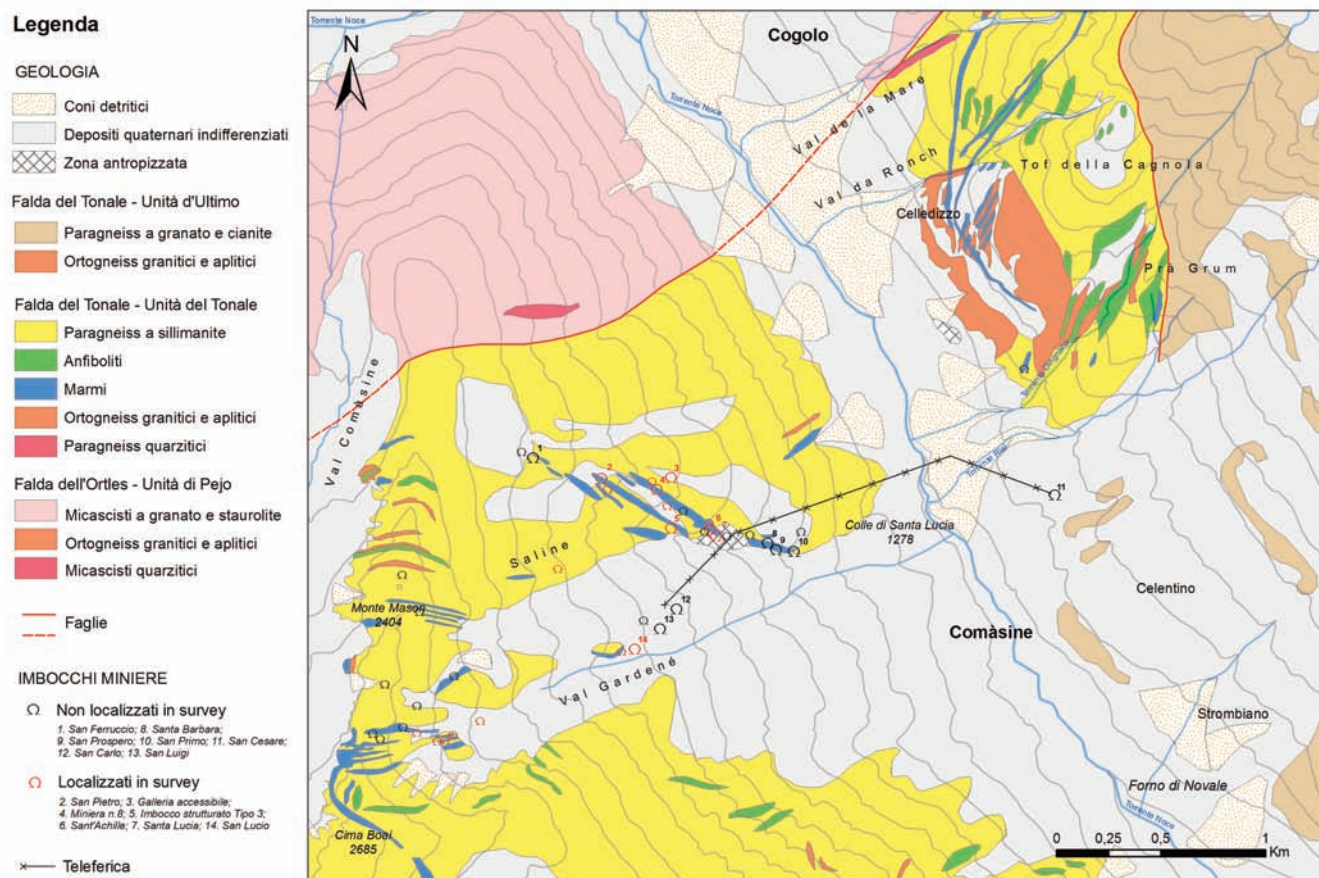
Le mineralizzazioni a magnetite si trovano tipicamente associate ai marmi, che nell'Unità del Tonale ricorrono come intercalazioni frequenti nei paragneiss, raramente di spessore superiore al metro: in essi domina la calcite accompagnata da quarzo e più o meno flogopite, granato, tremolite, ecc. Nella stessa unità sono presenti anche masse di ortogneiss granitici ed aplitici, originarie rocce granitoidi intruse nella sequenza metasedimentaria dalla quale sono derivati i paragneiss, metamorfosate nel corso dell'evento ercinico; si tratta in genere di piccoli corpi trasportati parallelamente alla scistosità regionale.

Il giacimento affiora su entrambi i versanti della Val di Pejo, in particolare nei pressi di Comàsine, di Masi Staviòn (versante destro) e di Celledizzo e Cellentino (versante sinistro). Il minerale fondamentale è la magnetite, cui si associano pirrotina e minori marcasite ( $\text{FeS}_2$ ), pirite ( $\text{FeS}_2$ ), calcopirite ( $\text{CuFeS}_2$ ); ricorre talora a bande discontinue che si alternano con altre di skarn (rocce metamorfiche ricche in silicati di calcio), altre volte in forma di noduli o, come ad est di Cogolo, si intercala con lenti di ortogneiss. Di norma la magnetite si presenta in cristalliti idiomorfi con pirrotina interstiziale, a volte a costituire vene che intersecano le paragenesi silicatiche di skarn.

Secondo Andreatta la genesi sarebbe pneumatolitica-pirometasomatica, in relazione con i fluidi residuali della cristallizzazione di masse granitiche (gneiss granitoidi), portatori di ioni metallici: la mineralizzazione si sarebbe generata in prossimità del contatto tra le masse magmatiche granitoidi e le rocce incassanti, originariamente rappresentate da sedimenti da arenacei a siltitico-argillosi (protoliti dei paragneiss) con intercalate lenti calcaree (protoliti dei marmi), queste ultime particolarmente reattive. Successivamente la mineralizzazione a magnetite e silicati sarebbe stata sottoposta alle azioni tettonico-metamorfiche degli eventi ercinico ed alpino. Brigo e Omenetto suggeriscono invece l'ipotesi di originarie mineralizzazioni ferrifere sedimentarie, metamorfosate nel corso degli eventi ercinico e alpino (Castaldo, Starnpanoni 1975, p. 42).

La copertura quaternaria dell'area si caratterizza per la presenza di estesi depositi glaciali e detriti di versante; è interessata da "deformazioni gravitative profonde di versante" (DGPV), che coinvolgono notevoli masse con un'evoluzione molto lenta (nell'ordine di qualche mm-cm all'anno), responsabili della complessa morfologia della valle. In alcune zone, come nelle vicinanze della Cima Boai o sul Monte Mason sono presenti anche conii detritici. Questa copertura detritica di formazione più o meno recente, associata alle frequenti discariche prodotte dalle coltivazioni minerarie antiche, nel secolo scorso ha reso difficoltoso il rilievo preciso delle intercalazioni di "calcarei saccaroidi" (termine che lo studioso utilizza per definire i marmi presenti nella zona) nei quali si trovano le mineralizzazioni a magnetite (Andreatta 1964, p.240): le difficoltà saranno state ancora maggiori per gli antichi minatori, dotati di minori conoscenze geologiche e privi dei moderni mezzi d'indagine, come il magnetometro ampiamente impiegato da Andreatta. Un altro fattore problematico è costituito dalla disseminazione irregolare delle mineralizzazioni entro le masse di rocce carbonatiche (dovuta a complessi processi di metamorfismo) e alle loro forme e dimensioni estremamente variabili (da pochi mm a molti cm).

Le esplorazioni più antiche si saranno quindi limitate alle aree in cui la copertura detritica era meno imponente e lenti con concentrazioni di magnetite elevate affioravano in superficie, per poi seguire la roccia incassante (ben riconoscibile per il suo colore bianco, la cristallinità e la grana generalmente uniforme - Gabrielli 1970, p. 16) alla ricerca di altre mineralizzazioni.



Posizionando gli imbocchi individuati su una carta geologica ottenuta sommando le informazioni del rilievo di Andreatta (1:15.000) all'attuale rilievo 1:25.000 (Tavola 42 IV – Pejo) è possibile notare come i lavori di scavo si dispongano prevalentemente lungo le intercalazioni di marmi (figg. 10-11).

Fig.10. Carta geologica semplificata dell'area mineraria oggetto del *caso di studio 1*, in cui sono stati indicati i principali imbocchi di miniera.

#### 4.1.3. Localizzazione delle miniere in base alla bibliografia edita e all'osservazione del DTM LiDAR

##### *Lo spoglio bibliografico*

Per la localizzazione precisa delle aree estrattive e dei singoli pozzi è stato fondamentale lo spoglio della bibliografia edita, costituita in gran parte da ricerche di storici locali, attenti conoscitori del territorio, oltre che dagli studi geologici del Prof. Andreatta, realizzati per valutare lo stato dei giacimenti in vista di una possibile riapertura delle miniere negli anni '20. La zona più intensamente sfruttata e per la quale si ha il maggior numero di notizie è il Costone di Staviòn, lungo il quale sono documentati numerosi gallerie e pozzi, molti dei quali chiusi solo negli anni '60 del secolo scorso.

Andreatta descrive sette "gruppi di gallerie" scavate o riaperte negli anni 1937-40 dalla società 'La Comasine' sotto la sua supervisione (seguendo spesso le tracce di vecchie discariche) cui sono stati dati nomi di santi<sup>53</sup> e di alcuni dei quali fornisce un dettagliato rilievo (Andreatta 1964, pp. 225, 227-232):








*San Primo* (imbocco a 1326 m) – è il più orientale degli imbocchi, poco a occidente del colle di Santa Lucia all'inizio della via forestale che sale il costone, appena a sinistra del rio Ponàl. Come le due successive esplora alcune delle minori lenti della serie di Staviòn ed ha un'estensione limitata; il braccio principale è pressoché

<sup>53</sup> Un abitante di Comasine (membro del Circolo Matteotti) riferisce che il nome veniva scelto in base al santo del giorno in cui si iniziavano i lavori di scavo.



# Legenda

Tipologia Imbocchi individuati da survey

-  Natura incerta
-  Gallerie Tipo 1
-  Gallerie Tipo 2
-  Pozzi Tipo 2
-  Gallerie Tipo 3
-  Gallerie Tipo 4
-  Pozzi Tipo 4

Imbocchi Non individuati da survey

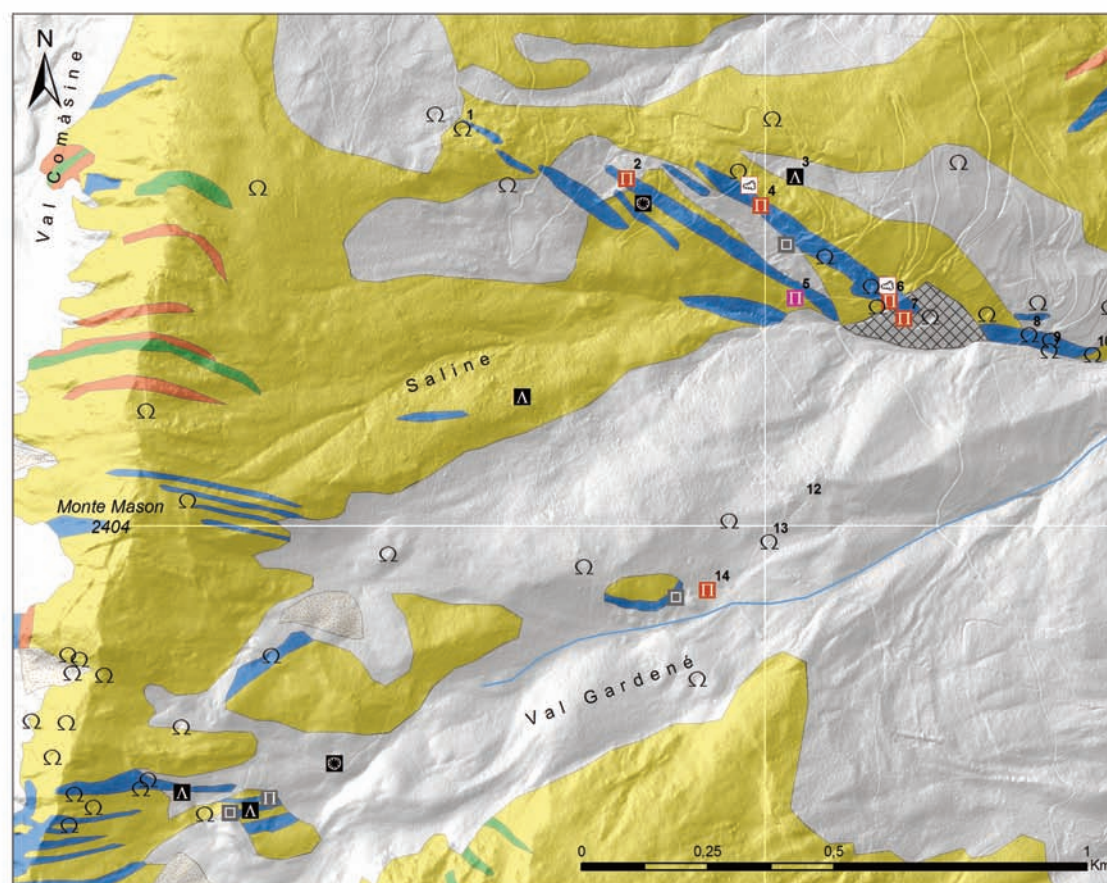


Fig. 11. DTM LiDAR Hillshaded e carta geologica semplificata dell'area interessata dalla campagna di survey, in cui sono indicate le diverse tipologie di imbocchi individuate.

orizzontale, con notevoli cambi di pendenza, mentre quello destro (orientale) ha andamento tortuoso. Alla miniera venne dato il n. 1 e fu probabilmente aperta nell'Agosto 1937 (Sonna 2002, p. 5).

*San Prospero* (imbocco a 1371 m) – si trova poco ad ovest della San Primo presso i masi Staviòn e si sviluppa su diversi livelli con andamento piuttosto irregolare in direzione nord. È probabilmente all'interno di questa galleria (contrassegnata con il n. 2) che si dice sia stata rinvenuta una pietra con incisa “una data corrispondente alla seconda metà del XVIII secolo”. Pare che la sua esplorazione abbia dato scarsi risultati (*ibidem*; Gabrielli 1972, p. 25).

*Santa Barbara* (imbocco a 1400 m) – si trova poco a occidente di San Prospero sulla strada per i masi Staviòn ed è collegata alla precedente nella parte più interna; a questa galleria venne dato il n. 3 (Sonna 2002, p. 6).

*Santa Lucia* (imbocco a 1525 m) – situata a valle della Sant' Achille cui è collegata da un pozzo, si trova subito sotto la strada che porta alla “Malga Bassa” (Malga Gaggio di sotto) e fu aperta già nel 1921 per poi essere ripresa nel 1937-38. Si tratta di uno scavo che esplora un'unica lente di calcare molto irregolare, caratterizzata da complicati contorcimenti che spiegano le numerose diramazioni della sua pianta (altri scavi più a monte seguono la stessa mineralizzazione). A questa galleria venne dato il n. 4 e nel 1940 nel piazzale di fronte all'imbocco venne costruita la prima teleferica (*ibidem*).

*Sant'Achille* (imbocco a 1549 m) – si trova subito sopra la strada che porta alla “Malga Bassa” ed è ben visibile lungo la via forestale; è una galleria molto lunga e

tortuosa collegata alla precedente, il cui imbocco si trova alla base della lente mineralizzata di maggiori dimensioni individuata nel costone. A questa galleria, aperta fra 1937 e 1938, venne dato il n. 5 e assieme alla Santa Lucia e alla n. 15 si rivelò fra le più promettenti (*ibidem*).

*San Pietro* (imbocco a 1807 m) – venne aperta nel dicembre 1938 molto più in alto rispetto alle precedenti per andare ad intercettare la lente di marmo mineralizzato più occidentale individuata dai rilievi magnetometrici. Si inoltra contromonte con un sistema piuttosto razionale rispetto alle precedenti, prosegue per alcune centinaia di metri e da essa si dipartono numerose traverse.

A questa galleria venne dato il n. 15: Andreatta riferisce che fra essa e il sistema Santa Lucia - Sant'Achille furono aperti numerosi piccoli scavi e sono presenti almeno sette cunicoli (Andreatta 1964, p. 225).

*San Ferruccio* (imbocco a 1941 m) – a N-O della precedente, un paio di tornanti più in alto seguendo la via forestale. Si tratta di una discenderia (con una pendenza media di 45°) da cui partono diverse gallerie orizzontali ad andamento irregolare come la massa mineralizzata in cui si inoltrano.

Viene definita anche "Pozzo delle Amole" dalla località in cui si trova l'imbocco. Quest'ultima galleria e le n. 4, 5 e 15 erano munite di vagoncini trainati su rotaia per il trasporto del minerale (Gabrielli 1972, p. 24; Sonna 2002, pp. 5-6).

Sonna riferisce che vennero aperti anche altri imbocchi (tra cui ad esempio la Miniera n. 8, individuata anche durante il *survey*) e molti sondaggi furono effettuati lungo tutto il costone, consistenti in buche di 0,6x2x2 m distanti fra loro 3-4 m.

Nel 1921 accanto alla prima galleria riattivata (probabilmente la Santa Lucia) venne costruita una baracca con la base in muratura per alloggiarvi il personale, mentre con la riapertura dei lavori del 1937 ne venne realizzata una di maggiori dimensioni "nella zona centrale delle miniere" per accogliere gli uffici della direzione e fungere da magazzino (Gabrielli 1972, pp. 24-25).

L'area dei primi tre pozzi (San Primo, San Prospero, Santa Barbara) potrebbe essere quella descritta in un testamento del 1471 da cui apprendiamo che tale Giovanni, il quale aveva acquistato gran parte dei terreni di Comàsine e fatto edificare assieme al fratello Domenico la chiesetta di San Matteo, possedeva sul colle di Santa Lucia in località "su le Marche" o in "contrata da le Marche" prati racchiudenti pozzi '*pro cavando seu fodendo venam*'. Non è comunque escluso che esistessero degli imbocchi anche nelle immediate vicinanze della Chiesa di Santa Lucia, ora non più visibili (Ciccolini 1936a, p. 406; di una galleria presso Santa Lucia parla anche Exel 1987, p. 135).

Un'altra area intensamente sfruttata è quella della Val Gardené (o Garzené) a sud del costone di Staviòn verso la Cima Boai, in particolare a sinistra del torrente fra i 1850 e i 1900 m, a N-O delle Malghe Gaggio (Gabrielli 1972, p. 18): dalla copertura glaciale affiora uno spuntone di marmo mineralizzato a magnetite attorno al quale sono state effettuate numerose esplorazioni antiche, di cui rimangono abbondanti discariche e gallerie inaccessibili intercettate dai lavori degli anni '20 e '30 (Andreatta 1964, pp. 224, 232-233). Anche qui fu costruita una baracca per il personale e dal 1953 la zona estrattiva venne raggiunta anche dalla teleferica (Gabrielli 1972, pp. 24, 27; Sonna 2002, pp. 5, 8). Furono scavati (o riattivati) quattro diversi sistemi di gallerie: uno appena sopra lo spuntone citato, uno con imbocco a circa 40 m sotto quest'ultimo denominato San Lucio (1769 m) e altri due a circa 300 m denominati San Luigi (1724 m) e San Carlo (1699 m). La galleria più importante è quella di San Luigi, l'unica a non aver subito cedimenti strutturali al momento del rilievo effettuato da Andreatta; essa comunica con il tratto finale della galleria San



Carlo, che verso nord viene a trovarsi in corrispondenza del limite estremo della Santa Lucia (sotto un dislivello di 43 m). La magnetite rinvenuta in quest'area è di qualità migliore rispetto alle lenti del costone e presenta un tenore medio di ferro del 50%. Nella zona circostante sono stati effettuati circa una trentina di sondaggi (Andreatta 1964, pp. 232-234) (cfr. rilievo in fig. 12).

A nord-ovest della Val Gardené si trova un altro affioramento simile in località Saline, interessato da scavi antichi individuati anche durante il survey (cfr. fig. 18, n. 1) che non sembrano essere stati di notevole entità (*ibidem*, p. 224; Gabrielli 1972, p. 18).

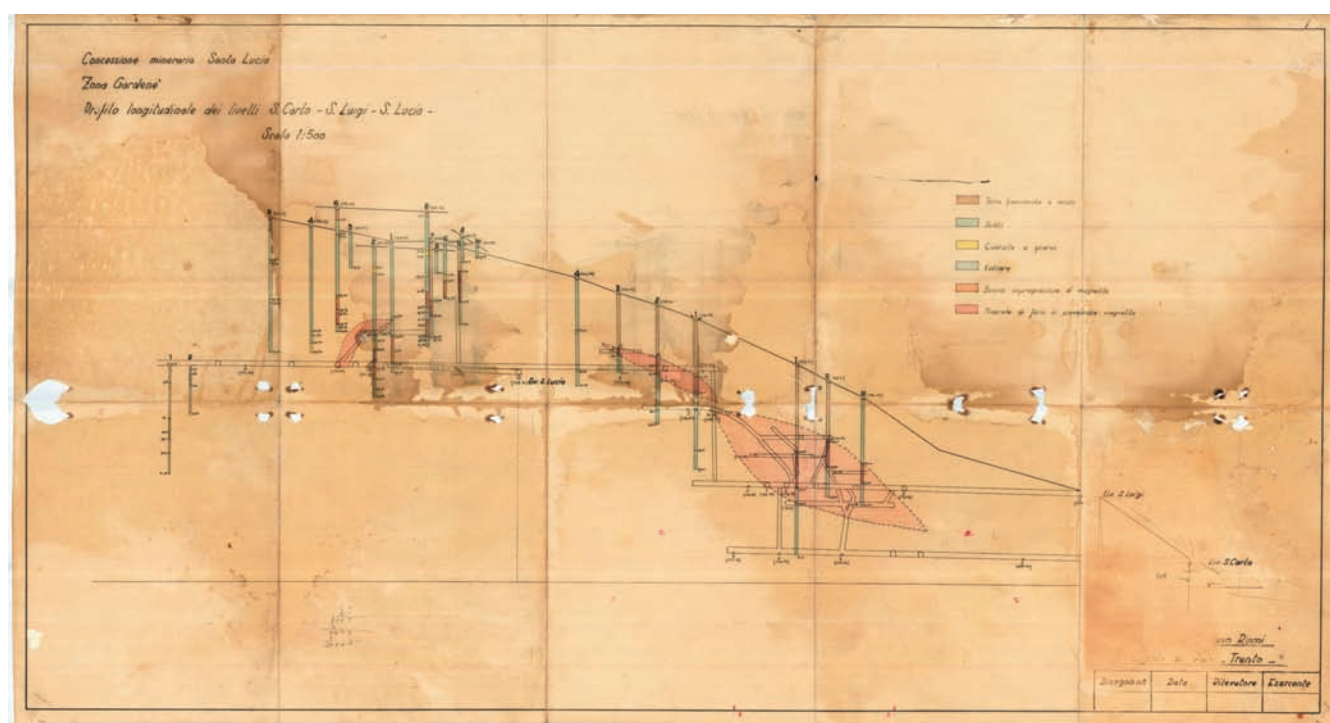
Altre esplorazioni probabilmente antiche si trovano in prossimità della Cima Boai e del Monte Mason, in un'area interessata da un'intercalazione di marmo che forma una fascia estesa fra i 2300 e i 2500 m. Sul costone nord della Cima sono presenti numerosi piccoli saggi, ma la vera coltivazione sembra essersi concentrata sul versante orientale della collina di quota 2305 m in cui sono visibili numerose gallerie e abbondanti discariche (Andreatta 1964, pp. 223-224). Alcuni imbocchi sono presenti anche sul versante che dà sulla Val Comàsine (Gabrielli 1972, p. 18). È probabile che il giacimento sia stato sfruttato fino a fine Ottocento, dato che nei registri parrocchiali di Comàsine del 1853 è presente un certo Baggini Pietro di Caronno "lavoratore nella cava della vena di ferro del Monte Boai" (Sonna 2002, p. 5).

Il costone di Staviòn e le zone di Gardené e Boai sono citate anche nel documento del 1772 in cui Matteo Matteotti richiede l'investitura delle miniere che aveva appena scoperto, assieme ad altri toponimi ora difficilmente localizzabili dalla cartografia ma ancora utilizzati dai locali (es. Vasi, Bandalorso).

Anche sul versante sinistro del Noce sono stati condotti lavori di estrazione della magnetite, probabilmente fin dal Medioevo ma con minore intensità (Andreatta 1964, p. 234).

La documentazione a riguardo è piuttosto scarsa, limitata alla presenza negli archivi parrocchiali di riferimenti ad abitanti che svolgevano la professione di minatori, fabbri o fonditori (Gabrielli 1970, p. 16), mentre ci sono notizie sufficienti per identificare con relativa precisione gli imbocchi delle gallerie.

Fig. 12. Rilievo delle gallerie in loc. Gardené (gentilmente concessa dal Sig. Romano Sonna e dal "Circolo Tempo Libero Giacomo Matteotti" di Comasine).



Esplorazioni di portata limitata sono state effettuate nella Val della Mare, a nord-est di Cogolo, in cui anche la mineralizzazione ha dimensioni poco rilevanti. Un'area ampiamente sfruttata è quella della Val da Ronch e del Tof della Cagnola poco sopra Celledizzo; qui sono state rilevate le masserelle più pure di magnetite (che in alcuni punti sfiorano il 100% in tenore di ferro - Andreatta 1964, p. 234) aventi però dimensioni piuttosto ridotte. Esistono diversi antichi scavi con discariche poco abbondanti che fanno ipotizzare ad Andreatta una coltivazione di portata limitata (*ibidem*, p. 225).

Gabrielli riferisce che oltre il secondo gradone di rocce che si allineano sul paese di Celledizzo ("nella parte più alta del Predacioi sopra al Croz Blanch") è presente anche una galleria cui i locali danno il significativo nome di "bus del la vena", bloccata da un crollo a pochi metri dall'ingresso; un sondaggio sarebbe stato effettuato nel 1921 anche in loc. Aoné (Gabrielli 1972, p. 18). Tracce di un sondaggio in una piccola lente mineralizzata sono presenti anche entro il bacino del torrente Dirignana a circa 1350 m di altezza, presso una cascata accanto alla quale si trova una presa dell'acquedotto di Celledizzo (*ibidem*; Andreatta 1964, p. 225). Lavori di scavo di scarsa entità sono stati individuati anche nella zona di Prà Grum, tra il torrente Dirignana e il torrente Rial. A sud di questa località a seguito dei risultati positivi dei rilievi magnetometrici sono state effettuate molte trivellazioni durante l'ultimo periodo di coltivazione ed è stata scavata una lunga galleria denominata San Cesare, l'ultima ad essere chiusa (Andreatta 1964, p. 241; Perna 1964c, p. 206; Exel 1987, p. 135; Sonna 2002, p. 7)<sup>54</sup>.

L'area estrattiva posta sulla sinistra del fiume Noce non è stata esplorata durante le ricognizioni dello scorso Luglio.

#### *La localizzazione sulla cartografia e la visibilità sul DTM LiDAR*

L'osservazione del DTM LiDAR si è rivelata fondamentale per l'individuazione delle tracce dell'attività estrattiva da *remote sensing*, in quanto la maggior parte dell'area interessata dallo sfruttamento è coperta da una fitta vegetazione costituita principalmente da conifere (fig. 13).

L'analisi della fotografia aerea ha invece una scarsa applicabilità, tranne per quanto riguarda lo studio dei pascoli presenti alle quote più elevate (nei pressi della Cima Boai) nei quali ha permesso di individuare alcuni edifici dismessi, la cui funzione potrebbe essere legata all'attività mineraria; la visione tridimensionale ottenuta sovrapponendo l'ortofoto al DTM su piattaforma GIS ha permesso di apprezzare la relazione esistente fra questi edifici, gli imbocchi delle miniere e la piccola viabilità (costituita da sentieri poco visibili attualmente sul terreno). La localizzazione precisa delle anomalie individuate e il loro rapporto con la viabilità, gli edifici e la toponomastica è stata possibile grazie alla sovrapposizione di ortofoto e LiDAR alla cartografia attuale (CTP 1:10000, IGM 1:25000) e storica (Catasto Asburgico) caricata su piattaforma GIS<sup>55</sup> (cfr. fig. 14).

Il Catasto Asburgico ha fornito interessanti informazioni riguardo alla conservazione delle tracce dell'attività estrattiva e siderurgica a metà dell'Ottocento, momento in cui si andava esaurendo il primo periodo di sfruttamento della magnetite. Un altro riferimento fondamentale per la localizzazione è stata la carta della zona mineraria elaborata da Romano e Luciano Sonna, gentilmente fornitami dallo stesso autore.

L'analisi del DTM LiDAR in quest'area risente *in primis* di problematiche tecniche relative al rilievo, come la minore accuratezza nella restituzione dei versanti ripidi, la minore risoluzione scelta per le aree di alta quota (2x2m) e la vegetazione molto fitta (conifere lungo il costone) o bassa e rada (cespugli e larici nani nelle aree vicine ai pascoli) che limitano l'efficacia del passaggio da DSM a DTM; è inoltre condizionata dalla presenza di elementi di disturbo, quali la muratura della maggior parte degli ingressi, il crollo di molte gallerie<sup>56</sup>, la presenza di strutture in muratura come piccoli

<sup>54</sup>Alcuni autori sostengono che la galleria sia stata abbandonata negli anni '50, ma Sonna riferisce che secondo un ingegnere della ditta Rumi sarebbe stata l'ultima della valle ad essere chiusa.

<sup>55</sup> Durante questa fase della ricerca è stato utilizzato il *software* GIS Global Mapper v. 10.02, in seguito i dati sono stati trattati anche con ArcGIS 9.3.

<sup>56</sup> A volte in realtà utile, a patto di riconoscere la natura, perché crea una depressione profonda ben visibile dal DTM LiDAR.

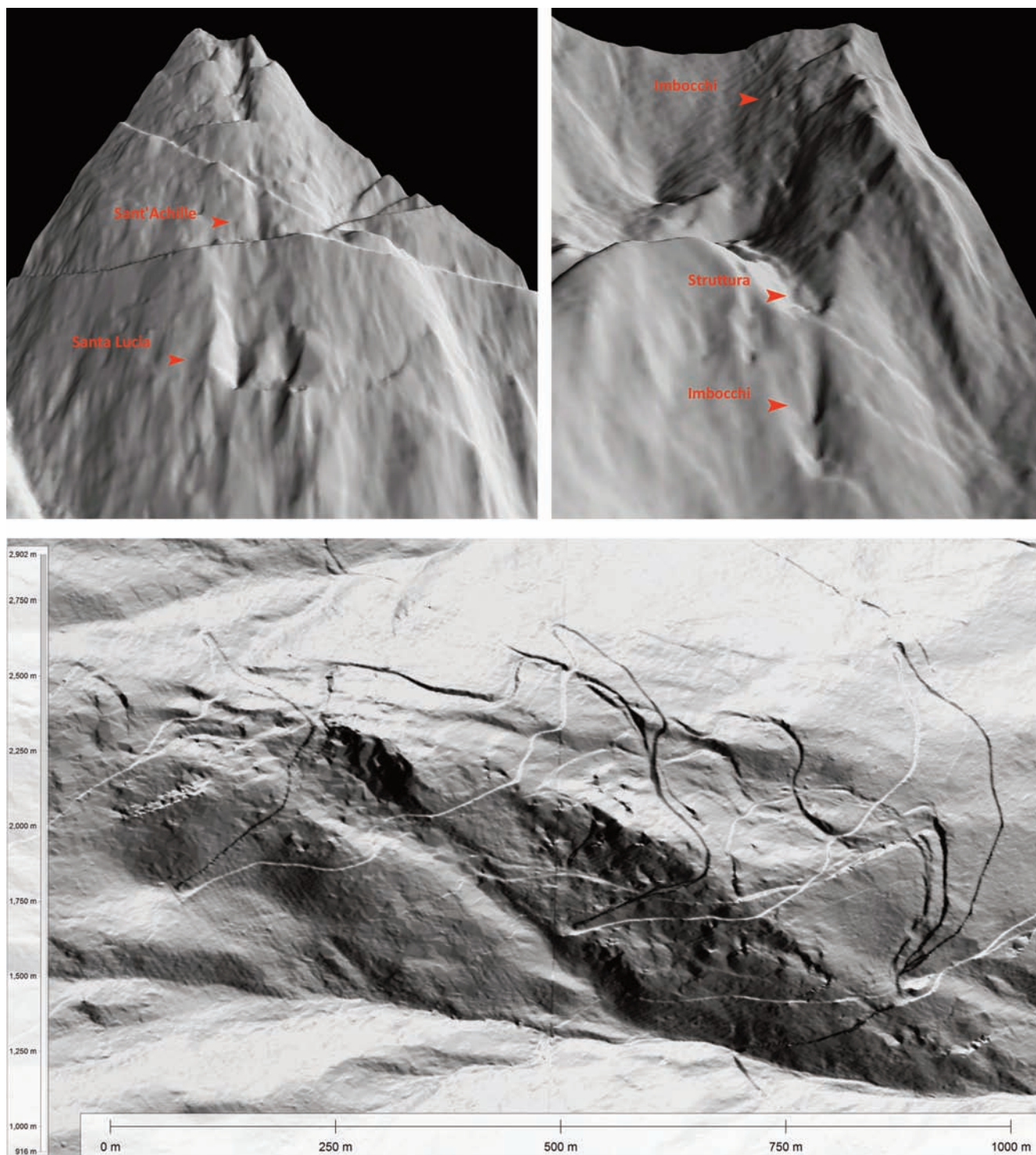


Fig. 13. Esempi di imbocchi visibili da DTM LiDAR *Hillshaded* nell'area indagata dal *caso di studio 1*.

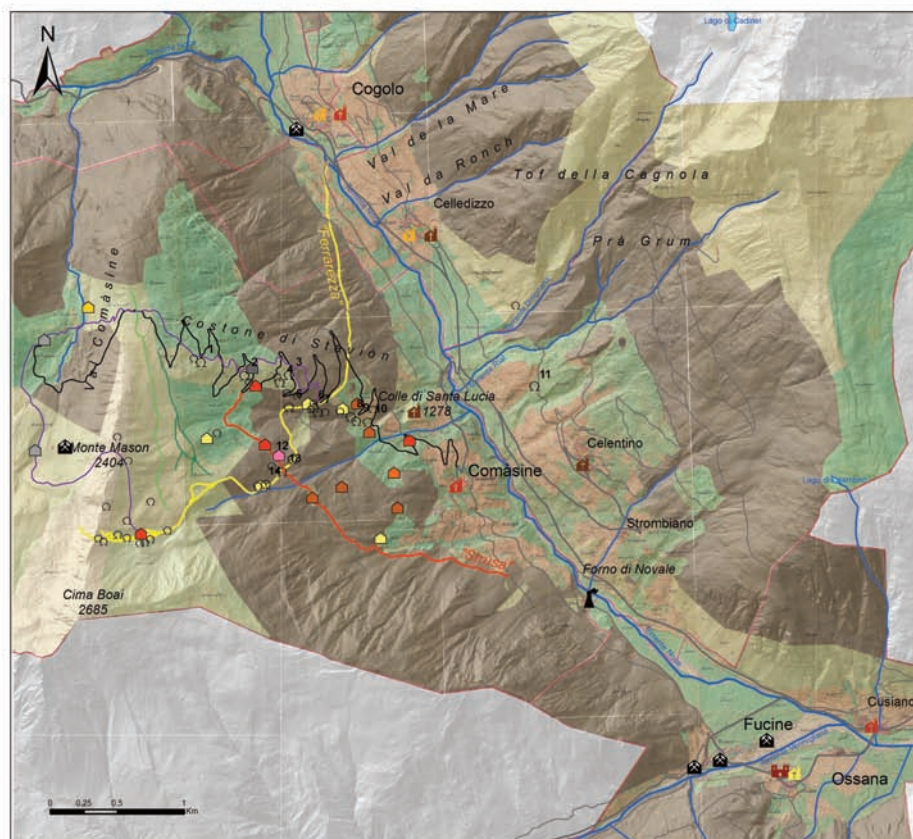
terrazzamenti o masi abbandonati che possono essere scambiati per imbocchi, o di coni detritici naturali confondibili con discariche.

Per quanto riguarda la viabilità, i sentieri individuati sul DTM LiDAR si sono spesso rivelati di difficile percorrenza o addirittura di difficile localizzazione, soprattutto nelle aree prative: questo perché il modello digitale registra anche depressioni di debole entità scarsamente percepibili sul terreno; se nella pratica della ricognizione questo risulta un problema, tale proprietà può essere molto interessante nel caso in cui i percorsi individuati siano sentieri antichi dismessi, magari legati all'attività estrattiva.



### Legenda

- Strutture**
- Struttura con simbologia a martelli incrociati
- Strutture abbandonate individuate da survey**
- si catasto
  - no catasto
- Strutture riportate solo nel Catasto Asburgico**
- no ortofoto
  - si ortofoto
- Strutture ancora in funzione**
- si catasto e IGM, no CTP
  - si catasto, IGM, CTP
  - no catasto, si IGM e CTP
  - solo ortofoto
- Altoforno**
- "Strusa"
  - "Ferrarezza"
- Castello**
- Imbocchi miniere**
- Sentieri**
- Viabilità attuale**
- Chiese**
- Data**
- 1183
  - 1184 - 1350
  - 1351 - 1450
  - 1451 - 1500



#### 4.1.4. Il record archeologico: tracce materiali dell'attività estrattiva

In base alle indicazioni fornite dalla bibliografia, dal DTM LiDAR e dalla fotografia aerea e considerando i tempi e mezzi della ricognizione, è stata selezionata un'area d'indagine, compresa fra il paese di Comasine a est e la Cima Boai a ovest, concentrando le ricerche sul Costone di Staviòn (dal nome dai masi presenti alla sua base) che dal colle di Santa Lucia sale fino agli oltre 2000 m del Monte Mason, nella Val Gardené, ai piedi del Boai e nei pressi della cima di quest'ultimo o meglio tra questa e il Monte Mason (cfr. figg. 10-11, 14).

In assenza di una mappatura completa relativa alla viabilità secondaria, e dato che spesso i pozzi si trovano lungo percorsi al momento dismessi, i sentieri individuati sul DTM LiDAR con l'aiuto della foto aerea e della cartografia e vettorializzati su piattaforma GIS sono stati il riferimento principale per l'orientamento durante la ricerca, anche se come già accennato la loro individuazione non è sempre agevole: spesso si perdono nelle aree prative e nella boscaglia, o si conservano solo in alcuni tratti per il passaggio degli animali (in tutta l'area è praticato l'allevamento di bovini). In alcuni casi per localizzare i percorsi è stato molto utile l'apporto della foto aerea a colori, che registra anche sentieri difficilmente visibili sul modello digitale, ma d'altra parte solo in rari casi permette di seguirli anche all'interno della vegetazione fitta. Ad esempio uno dei percorsi meglio individuabili dal DTM, che attraversa tutto il costone e sembra proseguire fino alla Val Comasine (in viola in fig. 14), risulta quasi invisibile dalla fotografia aerea, mentre viene rilevato dal Catasto Asburgico (oltre che dalla carta IGM 1:25.000) e tranne per alcuni tratti scompare nella CTP 1:10.000. Sul terreno è ben individuabile in alcuni punti, soprattutto nelle vicinanze della via forestale che lo "taglia", ma si perde nel bosco e nei prati a causa della mancata manutenzione dopo la costruzione della via forestale stessa.

Fig. 14. L'area mineraria della Val di Pejo e il Catasto Asburgico: sono indicate le principali strutture individuabili da *survey* e nella cartografia attuale e storica, la viabilità attuale e storica e gli imbocchi principali.

Si sono quindi rivelate molto preziose le indicazioni degli abitanti del luogo, sia di cultori di storia locale, che conservano ancora in parte la memoria dell'attività mineraria o comunque sono interessati a divulgarla e valorizzarla, sia di conoscitori del territorio, come guardie forestali e pastori.

Non sempre le anomalie individuate sul DTM LiDAR hanno rivelato le tracce di lavori estrattivi, in alcuni casi non è stato possibile localizzare il punto esatto, in altri probabilmente si trattava di avvallamenti o accumuli di materiale naturali o ancora di "disturbi" legati alla vegetazione o alla presenza di strutture (come nel caso di un piccolo maso dismesso lungo la via forestale).

La ricognizione diretta sul terreno è stata effettuata nella settimana 13-19 Luglio 2009, con l'aiuto di due studentesse del corso di Laurea Specialistica in Archeologia Medievale dell'Università degli Studi di Padova.

Si è trattato di un *survey* 'non sistematico', ovvero "un'indagine sul territorio che non mira a coprire completamente la zona prefissata" (Cambi, Terrenato 1994, p. 124), scelta dettata dalla limitata disponibilità di tempo, dalla presenza di aree prevalentemente boschive e soprattutto dall'obiettivo principale della ricerca, che richiedeva un'attenzione puntuale verso uno specifico elemento del paesaggio (le tracce dell'attività estrattiva possono essere definite come "siti particolari", *ibidem*, pp. 125, 163-165).

Fig. 15. Imbocchi *Tipo 1* - strutturati con versanti sostenuti da muratura e armature interne lignee.



1



2



3



4



5



Le evidenze su cui si è concentrata la ricerca sono state:

- 1) Pozzi e gallerie;
- 2) Discariche di miniera;
- 3) Strutture legate all'attività estrattiva;
- 4) Strutture legate all'attività siderurgica.

Pozzi e gallerie

Sono state documentate 18 aperture ricollegabili ad attività estrattive, 10 delle quali "strutturate", aventi cioè un'armatura di sostegno delle pareti interne o del versante montano in cui erano scavate (*Tipo 1 e 2*, figg. 15-16). Le altre 8 sono scavate direttamente nella roccia, 5 sono sicuramente riferibili allo sfruttamento minerario per la presenza di discariche, di tracce di ferro ossidato sulle pareti e per la forma regolare, una è probabilmente non strutturata ma troppo poco visibile per averne conferma, mentre le ultime due potrebbero anche essere cavità naturali. In generale 11 imbocchi sono quasi certamente gallerie, 5 sono pozzi verticali o discenderie, così come probabilmente le due cavità di dubbia natura. Tra quelle strutturate, 7 sono gallerie e solo 3 pozzi, mentre tra quelle scavate nella roccia 4 sono identificabili come gallerie o discenderie, le altre (comprese le due cavità di dubbia natura), sembrerebbero avere uno sviluppo verticale (cfr. fig. 11 e tab. 1).

Certamente riferibili all'ultima fase dell'attività mineraria (dal 1920) sono le 5 gallerie che ancora conservano all'ingresso una struttura lignea costituita da due pali verticali a sezione circolare o quadrangolare che sostengono un'architrave ottenuta con lo stesso tipo di lavorazione (h 40-125 cm, l 90-130 cm – gli ingressi più bassi sono crollati o coperti di detriti) (*Tipo 1* – fig. 15). Si tratta di traversobanchi che si inoltravano in un terreno non del tutto consolidato, per cui il primo tratto doveva essere armato con una serie di strutture come questa al di sopra delle quali venivano appoggiate delle assi a sostegno del soffitto. Una volta inoltrata nella roccia la galleria non necessitava più di tale armatura e gli abitanti del luogo che hanno avuto la possibilità di esplorare le miniere riferiscono di ampie camere interne.

In tutti questi casi l'ingresso si trova alla fine di una sorta di corridoio di una decina di metri al massimo le cui pareti sono rivestite (almeno nell'ultimo tratto) da una muratura a secco. Gli imbocchi di questo tipo si trovano principalmente sul Costone di Staviòn, in cui il giacimento ha una disposizione subparallela rispetto alla direzione del sistema orografico, rendendo conveniente una coltivazione in traversobanco (cfr. fig. 2, n. 2).

Tra le altre aperture strutturate due sono pozzi verticali che presentano le pareti rivestite di muratura a secco, realizzata probabilmente con la roccia sterile scartata durante gli scavi, mentre la terza è una galleria in vicinanza della Cima Boai che presenta una sorta di stretto corridoio ma non la travatura lignea: un'altra particolarità di quest'ultimo caso è la presenza di due aperture parallele di cui una più larga (1,3 m ca) e una piuttosto stretta (55 cm ca) (*Tipo 2* – fig. 16).

Un esempio unico è costituito dalla galleria individuata lungo il sentiero che dal costone scende verso la Val Gardené, il cui ingresso si apre invece direttamente sulla strada, per cui ad essere sostenuto da una muratura a secco è il versante stesso. L'architrave è in muratura; altezza e larghezza non raggiungono i 60 cm



Fig. 16. Imbocchi *Tipo 2* - strutturati rivestiti in muratura.

	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
<i>Pozzi</i>		3		2
<i>Gallerie</i>	5	1	1	4
<i>Cavità di dubbia natura</i>				2

Tab. 1.



Fig. 17. Imbocco *Tipo 3* - galleria con apertura sulla strada e struttura in muratura che sostiene tutto il versante [elaborazione grafica Morena Tramonti].

per cui è in dubbio anche la sua effettiva funzione (*Tipo 3* - fig. 17).

Gli imbocchi scavati nella roccia (*Tipo 4*) sono solitamente molto più irregolari ed è difficile distinguerne con precisione l'ingresso a causa dei rami e del sottobosco che le ricoprono (spesso probabilmente messe in posto appositamente per evitare l'ingresso degli animali) (fig. 18). Casi particolari sono la galleria/discenderia in Loc. Saune (fig. 18, n. 1) e l'unica galleria accessibile (con un ingresso di 1,2x80 cm ca), abbandonata dopo circa 20 m forse per l'esaurimento della vena metallifera (fig. 19).

La posizione degli imbocchi intercettati durante il *survey* è stata riportata sul GIS in base alla localizzazione approssimativa lungo i sentieri, combinata alla presenza di anomalie sul DTM e alle mappe di Andreatta e Sonna sulle quali vengono indicate le miniere principali (figg. 10-11).

Non si è riscontrata una relazione precisa fra tipologia degli ingressi e posizione, tranne che per l'assenza di gallerie strutturate con ingresso ligneo nella zona di Boai. È importante anche tener presente la possibilità che alcuni degli ingressi più stretti e irregolari siano semplici saggi o pozzi di areazione.

#### *Discariche di minerale* (fig. 20)

Fig. 18. Imbocchi *Tipo 4* - pozzi e gallerie non strutturate scavati nella roccia.

La roccia incassante scavata per raggiungere il giacimento e la roccia scartata perché povera di magnetite venivano per lo più gettate all'esterno e scivolavano

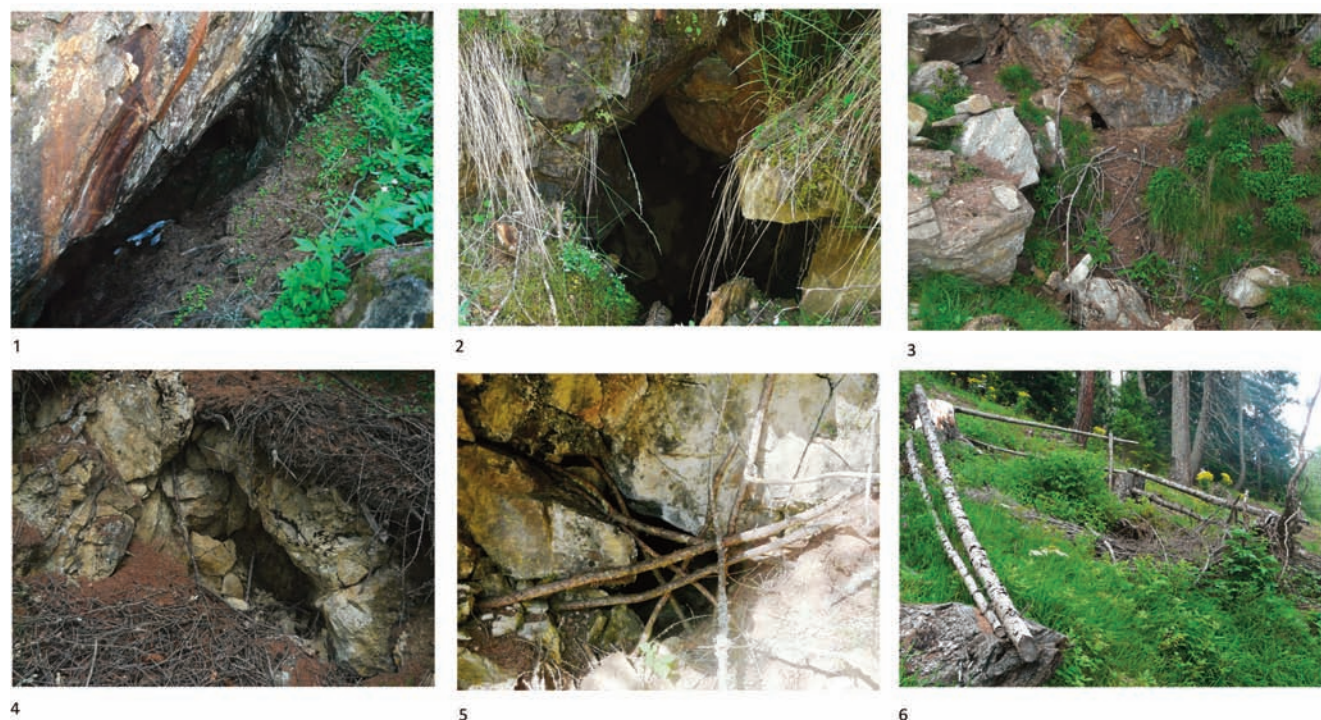






Fig.19. Imbocco di *Tipo 4* accessibile.

lungo il pendio formando delle discariche che scendevano fino a valle. Queste ultime sono molto numerose in tutta la zona indagata: spesso sono state l'indizio principale per individuare gli ingressi, mentre in alcuni casi la galleria corrispondente non è stata rintracciata.

Le più abbondanti sembrano corrispondere alle gallerie strutturate più recenti, probabilmente perché queste sono state sfruttate in modo più intensivo, ma anche per la loro maggiore visibilità, non essendo ancora state coperte dalla vegetazione più invasiva (come gli alberi) e data la loro posizione solitamente esterna al bosco, lungo sentieri ancora battuti.

Secondo Andreatta erano le miniere più antiche a produrre gli scarichi maggiori e con una maggiore quantità di ferro, non tanto per la durata dello sfruttamento (che si scontra con l'intensità molto maggiore di quello moderno) quanto perché era possibile utilizzare solo il minerale più puro, mancando le moderne tecniche di arricchimento (Andreatta 1964, p. 240): in realtà potremmo anche immaginare che, appunto perché dal minerale si riusciva a ricavare solo una minima parte del metallo, il materiale scaricato fosse molto di meno, senza considerare il fatto che gli antichi minatori spesso utilizzavano la roccia sterile per realizzare ripiene e muretti a secco all'interno dei cunicoli.

Fig. 20. Esempi di discariche minerarie in Val di Pejo.



È quindi piuttosto difficile utilizzare questo parametro per la datazione degli imbocchi, anche se sicuramente è un elemento su cui riflettere (v. *infra*).

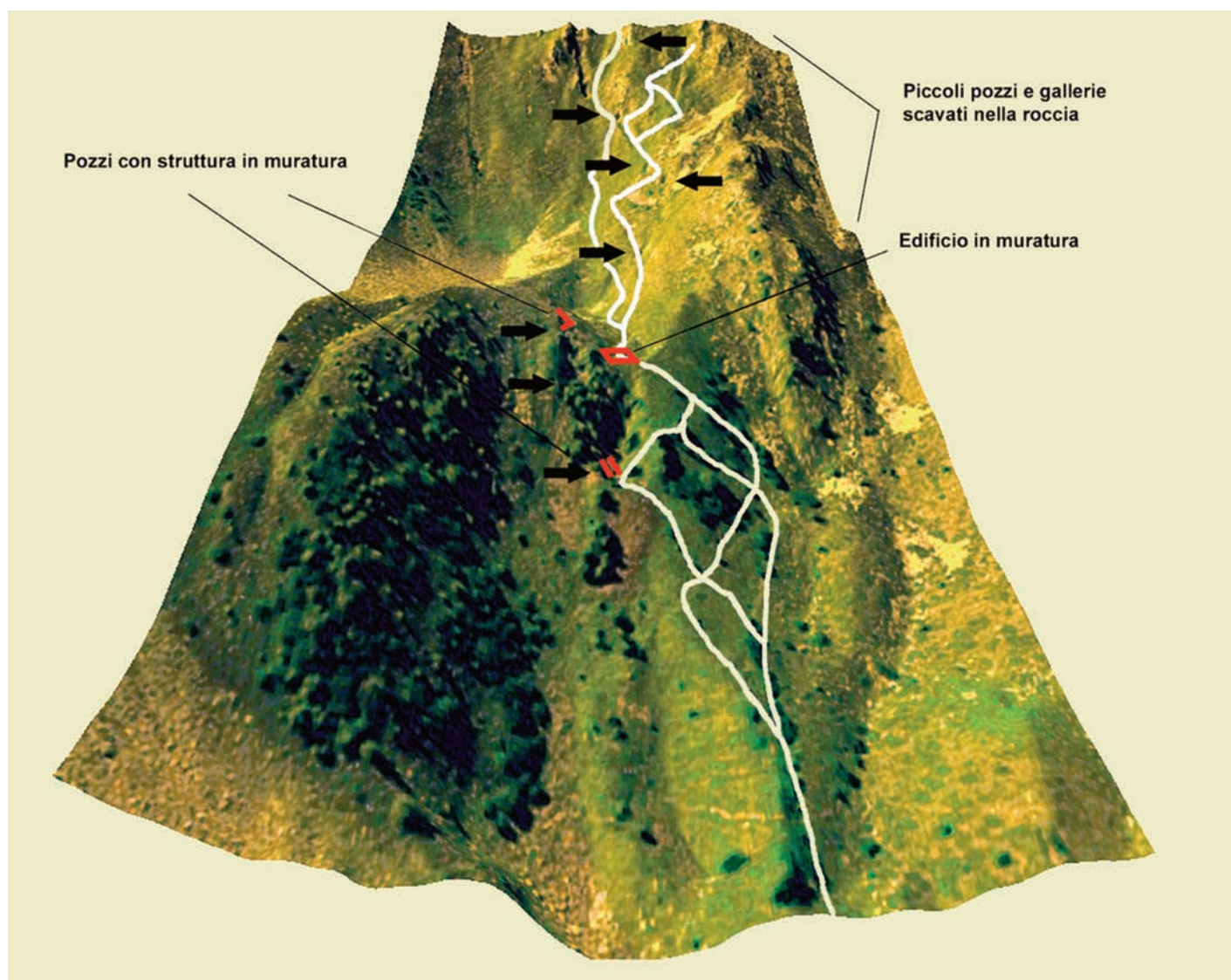
#### *Strutture legate all'attività estrattiva*

In bibliografia viene citato più di un edificio realizzato negli ultimi quarant'anni di attività per accogliere i minatori e il minerale estratto. Si tratta nella maggior parte dei casi di strutture di legno o in muratura a secco costruite nelle vicinanze degli ingressi principali, in particolare a Staviòn e Gardené (cfr. Gabrielli 1972, pp. 24-25; Sonna 2002, p. 3). Di queste costruzioni rimane una traccia piuttosto labile perché vennero demolite sistematicamente negli anni '60 e la maggior parte del materiale è stato probabilmente recuperato.

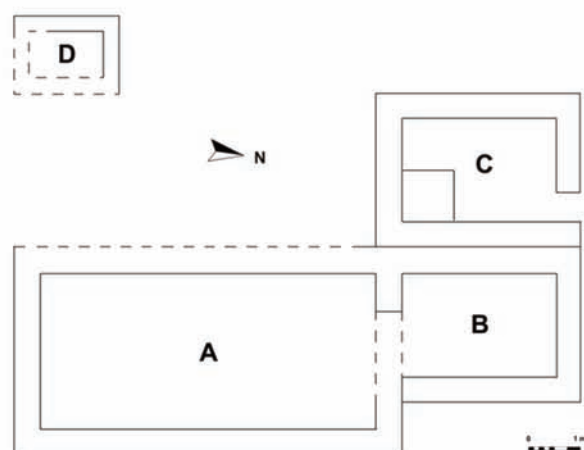
Un deposito per il minerale sarà stato necessario anche nei secoli precedenti, soprattutto quando non fosse possibile trasportarlo a valle, ad esempio in mancanza di neve laddove il trasporto avveniva con le slitte (cfr. la lettera riportata in Sonna 2002, pp. 3-4). La magnetite doveva essere accumulata a monte e protetta dagli agenti atmosferici per prevenirne la trasformazione in idrossido, con perdita del tenore di ferro.

Sul terreno sono state intercettate almeno due strutture abbandonate che

Fig. 21. Modello tridimensionale (ottenuto sovrapponendo l'ortofoto a colori al DTM LiDAR) dell'area mineraria ai piedi della Cima Boai, in cui è stato individuato l'edificio in muratura a secco in relazione ad una serie di pozzi e gallerie.







avrebbero potuto avere questo scopo: la prima era stata individuata da foto aerea e inoltre già documentata dalle foto realizzate da Romano e Luciano Sonna e si trova in zona Boai, a oltre 2300 m; la seconda è un edificio apparentemente ad un unico ambiente individuato all'interno del bosco in Val Gardené, lungo il sentiero che porta nella zona delle gallerie San Luigi e San Carlo.

La struttura ai piedi di Cima Boai si trova alla fine di un sentiero che dal Costone di Staviòn scende fino alla Val Gardené risalendo poi verso la zona mineraria in quota, su un pianoro che domina la valle sottostante poco ad est della barriera montuosa che collega la Cima Boai al Monte Mason (fig. 21). A monte del pianoro il sentiero sale fino ad oltre la cima e lungo il suo percorso sono visibili una serie di accessi non strutturati scavati nella roccia (sul lato opposto del monte, in Val Comàsine, sono visibili da foto aerea altre due strutture abbandonate).

Accanto all'edificio è presente un pozzo strutturato rivestito di muratura a secco e a valle altri due imbocchi sovrapposti, uno apparentemente non strutturato ma con imbocco poco visibile, l'altro costituito da due ingressi paralleli con corridoio in muratura; le discariche sono ancora molto evidenti (anche da foto aerea). L'altitudine e la posizione al centro dell'area estrattiva rendono piuttosto probabile la relazione fra questa struttura e l'attività mineraria (cfr. Fluck, Benoit 1993, pp. 397-403).

L'edificio (fig. 22), costruito in appoggio al versante in muratura a secco, conserva in alcuni punti un alzata di quasi 2 m ed è costituito da tre ambienti, oltre ad uno più piccolo esterno; nel suo punto più largo ha dimensioni di circa 12x8 m<sup>57</sup>. L'ambiente più grande (A) ha dimensioni di circa 7x4 m ed è collegato ad uno più piccolo (ca 4x3 m) a nord (B) cui si addossa a monte il terzo (C), di dimensioni paragonabili al secondo. All'angolo S-E di quest'ultimo è presente un elemento quadrangolare in muratura (1x1 m ca), coperto di vegetazione, che potrebbe essere interpretato come un focolare o una forgia. All'esterno, a monte dell'ambiente A, se ne trova uno rettangolare di piccole dimensioni (2x1,5 m ca) con un alzata conservato di circa 30 cm.

L'edificio è stato rilevato nel Catasto Asburgico, nel quale è presente anche un'altra piccola struttura a valle, mentre manca sia nella carta IGM 1:25.000 sia nella CTP 1:10.000.

La seconda struttura individuata durante il *survey* è molto meno visibile a causa della sua posizione all'interno del bosco e della vegetazione che lo ricopre: sembra trattarsi di un unico ambiente approssimativamente quadrangolare con un lato di circa 4 m. Nelle vicinanze il Catasto Asburgico riporta un edificio ligneo, non presente nelle carte IGM e CTP. Lungo lo stesso sentiero un centinaio di metri più a valle è

Fig. 22. Pianta e foto dell'edificio in muratura a secco individuato ai piedi della Cima Boai.

<sup>57</sup> Per il momento non è stato possibile effettuare un rilievo preciso per cui le misure sono indicative.



stato individuato un altro piccolo edificio abbandonato con tetto in lamiera che potrebbe essere legato all'attività estrattiva, si trova infatti nel punto da cui partiva la teleferica che da Gardené portava al deposito di minerale oltre il Noce, ed è rilevato anche dalle carte IGM e CTP (mentre manca nel Catasto Asburgico).

Altre strutture documentate solo dal Catasto Asburgico (molte delle quali non individuate durante il *survey*) erano presenti nei pressi delle gallerie Santa Barbara e San Prospero, delle gallerie Santa Lucia e Sant'Achille, lungo l'attuale strada forestale in direzione della San Pietro (dove è ancora visibile una piccola struttura quadrangolare), in loc. Saline nei pressi di una galleria scavata nella roccia (accanto alla quale durante il *survey* erano stati notati tratti di murature coperti dalla vegetazione) e in Val Gardené nei pressi della galleria San Lucio: si potrebbe quindi ipotizzare che intorno alla metà dell'800 questi imbocchi fossero già stati aperti e che fossero affiancati da strutture di servizio; un'altra di queste strutture antiche era presente anche lungo la "Strusa" (cfr. fig. 14).

In Val Comàsine, sul versante occidentale del Monte Mason (nei pressi all'attuale Malga Mason), il Catasto riporta un edificio contrassegnato dalla simbologia dei martelli incrociati, la cui funzione doveva essere certamente legata all'attività estrattiva o alla successiva trasformazione del minerale.

Altri edifici sono riportati sia nel Catasto Asburgico che nella cartografia recente e si trovano per lo più nella parte orientale della Val Gardené e del Costone di Staviòn, a basse quote e verso il paese: si tratta di masi e malghe che probabilmente sono sempre state estranee all'attività estrattiva, avendo funzioni di supporto all'agricoltura e soprattutto all'allevamento, e per questo motivo non sono state abbandonate dopo la chiusura delle miniere; anche gli edifici più recenti, non riportati nel Catasto, sono attualmente di proprietà di pastori che si occupano della gestione delle greggi di bovini o della produzione casearia.

### *Strutture legate all'attività siderurgica*

Uno degli obiettivi della ricognizione era l'individuazione di eventuali strutture legate alla lavorazione del minerale e del metallo più antiche rispetto al Forno di Novale e alle fucine presenti a valle, nell'ipotesi di uno sfruttamento delle miniere in un periodo precedente all'introduzione degli altiforni.

Questi ultimi presuppongono una struttura complessa e un processo di fusione a ciclo continuo che necessita di manodopera costantemente presente e di una grande quantità di combustibile, oltre che di un corso d'acqua per azionare i mantici idraulici, preferibili a quelli azionati a mano essendo molto più potenti e assicurando l'insufflaggio continuo dell'aria. I bassofuochi medievali attraverso cui si giungeva alla riduzione del minerale con il metodo diretto, cioè allo stato solido e senza passare attraverso la ghisa, potevano invece essere semplici strutture in muratura che arrivavano alla cintola del fabbro (simili a forge), azionabili anche per un solo processo alla volta da un paio di persone (che si davano il cambio per i mantici) oppure scavati direttamente nel terreno come quelli diffusi in periodo romano e preromano. Data la relativa facilità di costruzione e di manutenzione, questi primi esempi di forni venivano costruiti spesso nelle vicinanze dei luoghi di estrazione, consentendo di trasportare a valle solo il metallo ridotto e non il minerale, molto più pesante.

Allo stato della ricerca non sono state individuate installazioni di questo tipo nella zona indagata, nonostante la segnalazione di alcuni autori dell'inizio del secolo scorso riguardanti il ritrovamento di forni e scorie di lavorazione del ferro presso l'ingresso di alcune miniere (v. *supra* - Forenza 1996, p. 369); l'unico indizio di una possibile attività siderurgica è la piccola struttura quadrangolare all'interno dell'ambiente C dell'edificio sul Boai, ma le ridotte dimensioni fanno comunque pensare eventualmente ad una forgia e non ad un bassofuoco.



1



2



3



4

Fig. 23. Tracce dell'attività siderurgica in Val di Pejo: l'edificio che ospitava l'altoforno e i magazzini-alloggi per i minatori come si presentano oggi.

Informazioni riguardo all'attività siderurgica sono state quindi reperite a valle, e attraverso la bibliografia e la cartografia storica.

I punti focali individuati sono il Forno di Novale, di cui si hanno notizie certe solo dall'800, il paese di Fucine (toponimo documentato dal 1463) e Cogolo, che secondo la tradizione sarebbe stato sede dell'attività di riduzione del minerale e di lavorazione del ferro prima della costruzione dell'altoforno.

Forno di Novale (fig. 23) è una località ancora esistente, ubicata lungo una strada che corre a valle del paese di Comàsine (ora strada ciclabile ma fino al 1926 "strada imperiale", la più importante della valle - segnalazione di Romano Sonna), ma l'altoforno è stato in buona parte demolito per essere utilizzato per scopi agricoli nel 1954 (Sonna 2002, p. 4<sup>58</sup>); la ristrutturazione ha mantenuto, seppure totalmente fuori contesto rispetto alla posizione originaria, una chiave di volta che reca la scritta F.F.F. 1847, secondo Sonna interpretabile con 'Ferrari Facere Fecit', in riferimento alla ditta che in quel periodo aveva apportato una serie di migliorie alla struttura, alle dipendenze della quale lavoravano circa 200 operai (probabilmente pochi rispetto ai secoli di maggiore produttività) (Ciccolini 1936a, p. 405; Andreatta 1964, p. 222; Sonna 2002, p. 4). Allo stato attuale i resti dell'altoforno sono visibili solo dall'interno dell'edificio (ora abitazione privata), che conserva in parte il camino nel quale venivano introdotti strati intervallati di minerale e carbone, la cui combustione era alimentata da grossi mantici, azionati probabilmente utilizzando la forza idraulica del Noce, convogliato in una roggia ancora visibile nel Catasto Asburgico (Sonna 2002, p. 2<sup>59</sup>).

Si trattava di una struttura troncoconica alta circa 6-7 m, larga alla base circa 3 m, che veniva caricata dall'alto attraverso un ponte di legno proveniente dall'edificio più a monte (ancora conservato), il quale serviva da deposito di minerale e carbone

<sup>58</sup> L'attuale proprietario riferisce che l'edificio venne utilizzato per ricavarne stalle e fienili.

<sup>59</sup> Lo storico parla anche di due grosse pietre lungo la strada che dovevano sostenere il maglio per la prima lavorazione dei lingotti.



(*ibidem*; Gabrielli 1972, p. 17) [fig. 23]. La tipologia sembra essere quella del cosiddetto "cannecchio" bresciano, introdotto nelle valli lombarde (in particolare Val Camonica e Val Trompia) già nel XV secolo (cfr. Cima 1991, pp. 148-157 e Marchesi, Mura 2006). È significativo che nel Catasto Asburgico (redatto per il Trentino fra 1851 e 1861) non vi siano riferimenti specifici alla presenza del forno, né in forma di testo né nella simbologia, forse perché il foglio è stato disegnato dopo l'incendio del 1857 che distrusse la "cantoniera del forno" (probabilmente corrispondente all'edificio a monte) a seguito del quale l'impianto avrebbe cessato la sua attività.

Per il paese di Fucine, modificato sensibilmente dall'urbanizzazione attuale, non è stato effettuato un sopralluogo sistematico, ma interessanti informazioni che andrebbero approfondite derivano dall'osservazione del Catasto asburgico (fig. 24). Ben tre edifici sono contrassegnati dalla simbologia dei due martelli incrociati che indicava verosimilmente un'attività metallurgica, inoltre all'interno del paese veniva convogliata tramite una fitta serie di canali (ora per la maggior parte interrati) l'acqua del torrente Vermigliana, che doveva alimentare le ruote idrauliche che permettevano il funzionamento continuo dei magli. È probabile che le fucine abbiano continuato ad operare a pieno ritmo per parecchi anni sfruttando il deposito di ferro grezzo prodotto dal Forno di Novale.

Un altro importante punto di riferimento per l'attività siderurgica nella valle sembra essere stato il paese di Cogolo, a nord di Comasine oltre il Noce. Sembra che inizialmente il minerale venisse portato dalle zone estrattive in loc. 'Le Plazze' dove c'erano "forni e magli", attraverso la cosiddetta "Via delle ferrère" (o "Ferrarezza"), caratterizzata da una perfetta uniformità di pendenza per agevolare il trasporto tramite slitte (Gabrielli 1972, p. 18; Gabrielli 1970, pp. 18-19; Sonna 2002, p. 2).

Sul DTM LiDAR, con integrazione della fotografia aerea, della cartografia attuale e del Catasto Asburgico è stato individuato un percorso che potrebbe corrispondere

Fig. 24. Catasto Asburgico: impianti siderurgici rappresentati con la simbologia dei martelli incrociati a Fucine e Cogolo; in basso è visibile la rappresentazione di una mulattiera che potrebbe corrispondere alla cosiddetta "Strusa".



a quello descritto in bibliografia e che partendo dalla zona mineraria tra il Boai e il Monte Mason, in cui è stata individuata anche la struttura abbandonata di cui sopra, scende nella Val Gardené e supera il costone di Staviòn raggiungendo Cogolo attraverso un ponte sul Noce a sud del paese attuale, non lontano dalla loc. 'Le Plazze' e da un edificio contrassegnato nel Catasto dalla simbologia dei martelli incrociati (sentiero giallo in fig. 14). Questo sentiero, percepibile dal DTM come unico percorso, è stato in parte ricalcato da vie più recenti e sembra essere "tagliato" dai sentieri ad esso perpendicolari che scendono dal costone e si dirigono verso Comàsine. Uno di questi ultimi prosegue verso il Forno di Novale e si connette con un percorso identificabile come il tratto finale della cosiddetta "Strusa" (cfr. Sonna 2002, p. 3), antica mulattiera che serviva a trasportare il minerale dal Boai all'altoforno a valle, anch'essa caratterizzata da una pendenza uniforme (anche se più ripida, 30-40%) e di lunghezza simile al percorso precedente (ca 3 Km) (sentiero rosso in fig. 14). L'intera "Strusa" viene rappresentata nel Catasto Asburgico, in cui è stato rilevato un "percorso pedonale" (tedesco 'Fußsteige') che dall'area estrattiva in quota arrivava fino al Forno di Novale. È probabile che la prima parte di queste due importanti vie di comunicazione appena descritte coincidesse (cfr. fig. 24).

Anche l'edificio in Val Comàsine rappresentato nel Catasto Asburgico con la simbologia dei martelli incrociati potrebbe aver ospitato un'attività siderurgica, a meno che non si trattasse di un magazzino di minerale e carbone.

Un'importante testimonianza della lavorazione del ferro sono le scorie rinvenute durante gli scavi all'interno del castello di Ossana e impiegate anche nelle murature di quest'ultimo, di alcune case del paese e di alcuni edifici a Cogolo: l'analisi della stratigrafia muraria in corso, correlata all'analisi archeometrica degli scarti di lavorazione, potrebbe fornire alcuni capisaldi di cronologia relativa.

#### 4.1.5. Conclusioni sulla Val di Pejo

Il lavoro di ricerca sulla Val di Pejo, pur con tempi e mezzi limitati, ha permesso di tracciare alcune linee del "paesaggio minerario" creato dall'attività estrattiva nel corso dei secoli.

L'analisi preliminare da *remote sensing* correlata alle notizie bibliografiche è stata utile soprattutto per avere una visione globale del territorio e per l'organizzazione delle ricognizioni. Il DTM LiDAR si è dimostrato uno strumento fondamentale in questo tipo di indagine, sia per contestualizzare i singoli elementi del paesaggio grazie alla visione tridimensionale, sia per la possibilità di individuare anomalie corrispondenti a pozzi e strutture anche al di sotto della vegetazione fitta.

L'area campione scelta si è rivelata un buon punto di partenza per l'analisi del paesaggio minerario in molti suoi aspetti, dalla distribuzione degli imbocchi correlata alle caratteristiche geologiche del territorio, alle infrastrutture legate all'estrazione della magnetite (edifici, viabilità), agli impianti produttivi per la trasformazione del minerale e del metallo.

Il passo successivo, in questa sede solo accennato, è la costruzione di una cronologia relativa per ognuno di questi elementi e la correlazione fra di essi che consentirebbe di suddividere in diverse fasi le tracce dell'attività mineraria. Per agganciare queste ultime alle datazioni assolute potranno essere utilizzate informazioni ricavate dalla bibliografia, dalla tipologia degli imbocchi e in alcuni casi anche delle gallerie (laddove siano presenti rilievi o sia possibile accedere direttamente), da rapporti stratigrafici fra sentieri e fra discariche.

A questo punto della ricerca i possibili elementi di datazione individuati sono:

*Notizie storiche dedotte dalla bibliografia edita e dalla "tradizione locale"*

Queste le date più importanti per ogni periodo:

- 1380 – prima attestazione esplicita dello sfruttamento della magnetite in Val di Pejo.
- 1463 – primo documento in cui si nomina il villaggio di Fucine.
- 1772 – Matteo Matteotti ottiene la concessione per una nuova miniera scoperta vicino a Comàsine.
- 1857 – incendio della “cantoniera del Forno” e fine del primo periodo di attività mineraria.
- 1920-21 – riapertura di alcune miniere.
- 1937-1967 – ultimo periodo di attività, con diversi momenti di stallo dei lavori a causa della guerra e dello scarso rendimento delle miniere rispetto ai costi di manutenzione.

Un'altra notizia importante per la definizione di una cronologia relativa dell'attività estrattiva e soprattutto siderurgica è la tradizione della presenza dei primi impianti di riduzione del minerale a Cogolo, probabilmente prima della costruzione dell'altoforno e forse anche della tecnologia stessa del metodo indiretto; pur mancando documenti a riguardo, gli studi paleoambientali che documentano un massiccio sfruttamento dei boschi che circondano il paese fino al XVI secolo (v. *infra*) e la stratigrafia dei sentieri che dimostrerebbe l'antichità del percorso della “Ferrarezza” sembrano muovere verso una conferma di questa memoria locale, che andrebbe ulteriormente approfondita.

#### *Rapporto fra i pozzi riaperti nel '900 e gli imbocchi più antichi.*

Spesso Andreatta riferisce di aver fatto aprire le nuove gallerie seguendo vecchie discariche; nel caso della San Prospero all'interno è stata rinvenuta anche una data incisa risalente al XVIII secolo.

Anche i rilievi interni delle gallerie riaperte possono fornire indicazioni cronologiche mostrando gli ampliamenti moderni rispetto ai cunicoli antichi: questi ultimi sono spesso molto tortuosi, perché seguivano le vene mineralizzate senza una precisa conoscenza della morfologia del giacimento.

#### *Tipologia degli imbocchi*

Tipo 1 – strutturati con versanti sostenuti da muratura e armature interne lignee: a questa tipologia appartengono alcune delle gallerie di sicura attribuzione, datate all'ultimo periodo di attività estrattiva (Santa Lucia, Sant' Achille, San Pietro).

Tipo 2 – strutturati rivestiti in muratura: due si trovano nei pressi dell'edificio rinvenuto ai piedi della Cima Boai, uno sul Costone di Staviòn e l'altro a Gardené.

Tipo 3 – unico esempio di galleria con apertura sulla strada e complessa struttura in muratura che sostiene tutto il versante; si trova lungo il sentiero che potrebbe essere identificato con la “Ferrarezza” che portava a Cogolo (le ridotte dimensioni dell'ingresso pongono però dei dubbi sulla sua funzionalità).

Tipo 4 – pozzi e gallerie non strutturati scavati direttamente nella roccia: se ne trovano in tutta l'area indagata, tranne in Val Gardené, spesso accanto a pozzi strutturati recenti; di questo tipo è anche l'unico imbocco individuato in zona Saline, secondo Andreatta sfruttata solo nell'antichità perché povera di minerale. La semplicità del metodo di scavo può essere dovuta alla mancanza di mezzi moderni (come la dinamite) ma non essendo possibile analizzare da vicino gli ingressi ed entrare nelle gallerie (la maggior parte delle quali è stata murata per motivi di sicurezza) risulta difficile stabilire la tecnica utilizzata. Nell'unico caso di imbocco accessibile lo scavo sembra effettuato a mano (non sono visibili tracce di fioretto).

#### *Strutture legate all'attività estrattiva*

La struttura documentata nei pressi della Cima Boai potrebbe dare alcune indicazioni sul periodo di sfruttamento delle miniere che si trovano nelle sue immediate



vicinanze le quali, data la posizione disagiata e la tipologia, non sembrano essere legate all'attività del secolo scorso.

Allo stato della ricerca (e in mancanza di un saggio di scavo) non è possibile proporre una datazione, ma l'individuazione in bibliografia o in contesti simili di edifici confrontabili quanto a tecnica costruttiva e pianta, potrebbero fornire alcuni indizi.

#### *Discariche*

Il rapporto fra discariche di diverse epoche potrebbe fornire indicazioni cronologiche relative. Un aspetto interessante è poi costituito dalla vegetazione che in alcuni casi cresce sopra di esse: laddove attecchiscono i larici secolari la loro età approssimativa potrebbe fornire un'indicazione sull'antichità della miniera.

#### *Sentieri*

Attraverso la lettura del DTM LiDAR è possibile stabilire dei rapporti stratigrafici fra sentieri che consentono di individuare i più antichi e di metterli in relazione con gli imbocchi che si trovano lungo il loro percorso: in base alle indicazioni bibliografiche si possono introdurre altri capisaldi cronologici sia relativi che assoluti, come nel caso della "Strusa" che conduceva al Forno di Noale che "taglia" la "Ferrarezza" che portava a Cogolo, probabile antica sede dell'attività di trasformazione del minerale.

#### *Strutture legate all'attività produttiva*

Oltre alle indicazioni fornite dalle fonti documentarie e bibliografiche, anche la struttura materiale degli edifici legati all'attività siderurgica può fornire dati cronologici, sia attraverso lo studio della tipologia degli impianti, sia attraverso l'analisi stratigrafica delle murature.

L'indagine potrebbe partire dal Forno di Noale (anche se conserva solo in parte la sua struttura originaria) e allargarsi ad altri edifici di Fucine e Cogolo di cui è documentata (ad esempio dal Catasto Asburgico) la destinazione metallurgica.

#### *Scorie di lavorazione del ferro*

Le scorie di lavorazione rinvenute durante lo scavo del Castello di Ossana e impiegate nella costruzione delle murature potrebbero fornire dati cronologici sul periodo di fioritura dell'attività siderurgica.

L'analisi archeometrica (morfologica, mineralogica e chimica) potrebbe dare indicazioni sulla tipologia dei forni, sulla forma e sul materiale di cui questi ultimi erano costruiti, oltre che sul minerale impiegato: quest'ultimo sarà quasi certamente magnetite locale, ma analizzando diversi campioni di materiale prelevati direttamente nei pressi degli imbocchi potrebbe essere possibile restringere ulteriormente l'area estrattiva.

La datazione delle fasi costruttive del castello e della "Casa degli affreschi" di Ossana (nonché di alcuni edifici a Cogolo) nelle quali sono state impiegate scorie, costituirà un *terminus ante quem* per la produzione di queste ultime. D'altra parte le indicazioni tecnologiche fornite dall'archeometria potrebbero a loro volta contribuire alla datazione delle murature.

#### *Dendrocronologia ed antracologia*

Le analisi antracologiche e dendrocronologiche, rispettivamente su frammenti di carbone provenienti dalle carbonaie in quota e sui larici secolari della Val Comasina (effettuate da Dr. Backmeroff), hanno fornito una serie di informazioni estremamente interessanti per la ricostruzione paleoambientale legata allo sfruttamento del bosco per le attività metallurgiche.

I dati raccolti indicano che l'ultima fase di produzione di carbone è avvenuta tra il 1460 e il 1461 (datazione dei resti antracologici più recenti), periodo di massima

espansione dell'attività mineraria in cui le fonti archivistiche riportano diversi provvedimenti per limitare l'incontrollato sfruttamento dei boschi.

Una fase produttiva più antica, per soddisfare un'altra forte richiesta di carbone, potrebbe essere collocata intorno al 1180, testimoniata dalla scarsità di carboni con anelli di accrescimento che coprono quel periodo benché ci siano numerosi campioni datati immediatamente prima e dopo. I carboni datati prima del 1180 potrebbero essere rimasti sulle carbonaie a seguito del presunto taglio del bosco di allora, mentre quelli datati dopo rappresenterebbero la rinnovazione del bosco avvenuta successivamente e sarebbero stati utilizzati per la produzione di carbone del 1460. Servirebbero però ulteriori datazioni per escludere che il gap intorno al 1180 sia dovuto semplicemente alla mancanza di campioni.

I più antichi larici secolari oggi presenti nella valle sono datati alla fine del XIV secolo, popolazione residua sopravvissuta al taglio del 1460 perché all'epoca troppo giovane; dato che la crescita in alta montagna è molto lenta, questi larici residui e quelli nati negli anni successivi sarebbero stati pronti per un nuovo taglio solo nel '700, quando l'attività mineraria era fortemente diminuita: per questo motivo si sono conservati fino ai nostri giorni (Backmeroff 2001; Backmeroff, Di Pasquale 2001).

#### 4.2. Caso di studio 2 - Le miniere di galena argentifera dell'Altipiano del Monte Calisio

Nei mesi di Luglio e Novembre 2010 sono state effettuate delle campagne di ricognizione nell'area mineraria che si stende a nord-est di Trento, sull'altipiano ondulato compreso fra la Valle dell'Adige a ovest, le pendici del Monte Calisio a sud, la valle del torrente Silla e l'altopiano di Piné a est e la Val di Cembra a nord, con alcune propaggini al di là dell'Avisio, nella zona di Faedo, e a sud della Linea del Calisio nei pressi di San Bartolomeo e Roncagno (fig. 25).

Quest'area, la cui parte centrale corrisponde al *Mons Arzentarie* nominato nel *Codex Wanganus* (da non identificare con il Monte Calisio vero e proprio, nel quale in realtà le mineralizzazioni mancano - Ciurletti 1997, p. 74; Stenico 2002, p. 152), è stata interessata almeno dal XII secolo da un'intensa attività estrattiva per la coltivazione di un giacimento di galena argentifera (solfuro di piombo che contiene l'argento come impurezza) che si rivelò particolarmente ricco di metallo prezioso.

La scelta di questo territorio come caso di studio sul paesaggio minerario trentino è data sia dall'antichità e dall'importanza storica dell'attività estrattiva che vi si è svolta, sia dall'eccezionalità delle tracce archeologiche rimaste, molto ben visibili attraverso il DTM LiDAR.

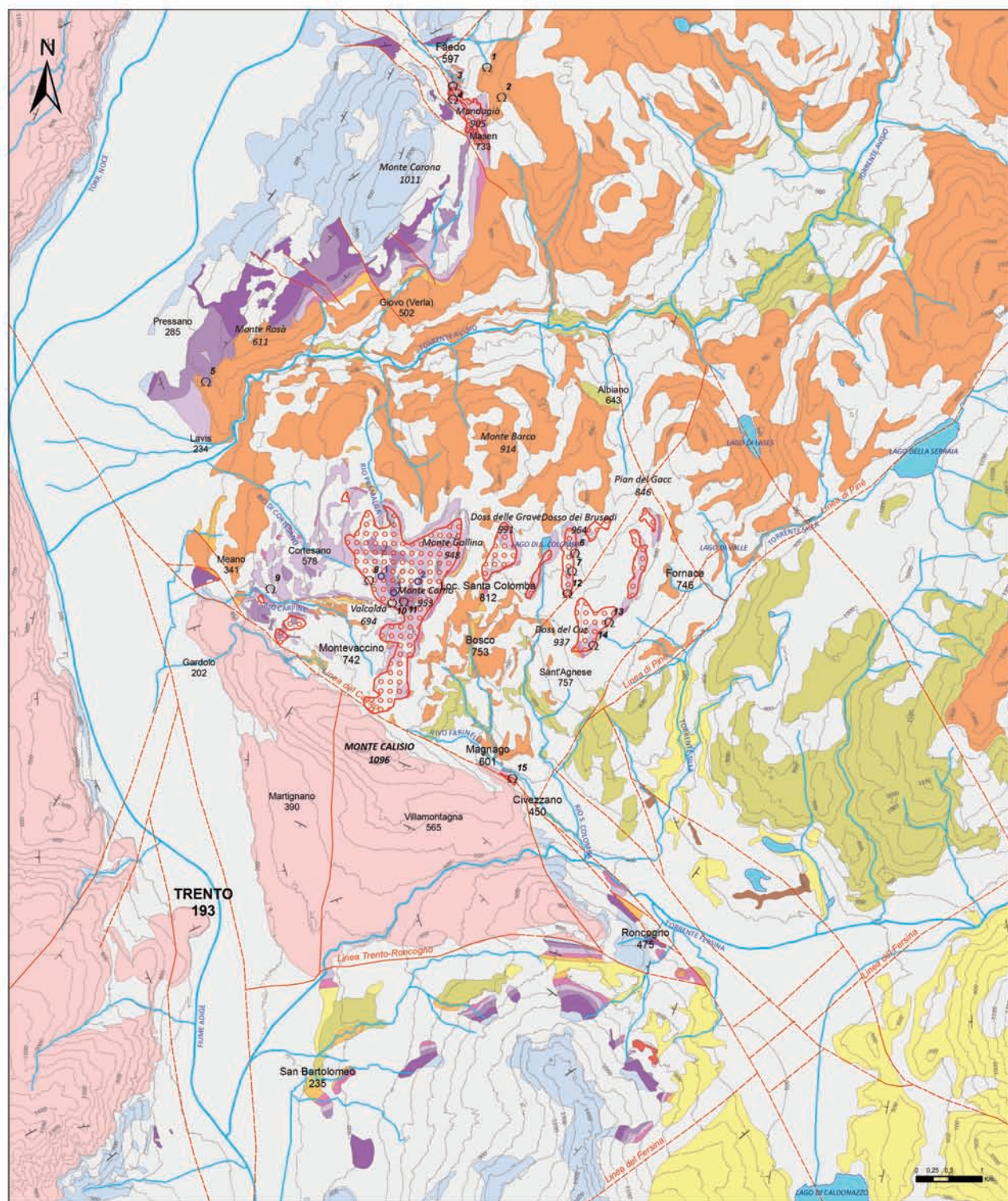
##### 4.2.1. Note storiche (Lara Casagrande, Nicola Battelli)

L'origine romana dello sfruttamento delle miniere d'Argento del Calisio è sostenuta da molti autori del secolo scorso, che si rifanno principalmente a fonti di XVIII e XIX secolo: non esistono però prove tangibili di un'attività estrattiva precedente al XII secolo (cfr. Ciurletti 1997, che fornisce un'accurata disamina delle fonti scritte ed archeologiche relative all'area in esame).

Mancano riferimenti da parte degli storici romani che menzionano il Trentino quali Polibio, Strabone e soprattutto Plinio, che nella *Naturalis Historia* descrive invece alcuni importanti distretti minerari italiani, come i giacimenti d'oro del Vercellese; lo stesso vale per gli autori altomedievali, Cassiodoro e soprattutto Paolo Diacono, che utilizzò una fonte Trentina (l'abate Secondo di Non) per la sua *Historia Langobardorum*. Per quanto riguarda le fonti archeologiche, seppure molti ritrovamenti, così come la toponomastica e la presenza di antichi tracciati viari (come la Via Claudia

Fig. 25 (pagina a fianco). Carta geologica semplificata dell'area oggetto del caso di studio 2, in cui sono indicati i principali imbocchi di miniera e le aree interessate dalla presenza di 'cadini'.





## Legenda

### GEOLOGIA

- Depositi Quaternari indifferenziati
- Formazioni sedimentarie da Norico a Eocene indifferenziate
- Formazioni sedimentarie da Anisico a Carnico indifferenziate
- Formazione di Werfen III (Unità sterili)
- Formazione di Werfen II (Unità metallifere)
- Formazione di Werfen I (Unità metallifere)
- Formazione a Bellerophon

- Arenarie di Val Gardena
- Gruppo vulcanico superiore
- Gruppo vulcanico inferiore
- Filoni principali
- Conglomerato di Ponte Gardena
- Basamento metamorfico
- Faglie principali
- Giaciture principali

- Concentrazioni di cadini
- Cadini principali: 1. Pralungo (pozzo amato in muratura); 2. Busa del Corno; 3. Busa del Parol
- Canopi principali: 1. Acqua di Faedo; 2. Canopa loc. Canopi; 3. Covel; 4. Faedo miniera moderna; 5. Furti di Lavis; 6. Canopa Bamponi; 7. Canopa dell'Uccello; 8. Pralungo miniera moderna; 9. Busa del Pomar; 10. Gallerie della Val Calda; 11. Sette Colonne; 12. Le Acque; 13. Canopa del Raita; 14. Canopa del Doss del Cuz; 15. Canopa di Magnago

Augusta Altinate), testimonino un fitto insediamento romano e altomedievale<sup>60</sup> sull'altopiano del Calisio, nessuno di essi è collegabile direttamente all'attività estrattiva. L'unica possibile eccezione è data dal toponimo Fornace, nominato già in un placito emesso dalla corte ducale di Trento nell'845, che secondo alcuni autori andrebbe riferito al forno per l'industria metallurgica e non alla fornace da calce, solitamente definita 'calcara' o 'calchera' (l'ipotesi di una fornace da mattoni sarebbe invece da scartare per la mancanza di materia prima nell'area; cfr però Stenico 2009, p. 277). Il Ciurletti fa notare come nello stesso placito siano nominati molti notabili provenienti dagli insediamenti che circondano le aree minerarie, a testimonianza di una ricchezza diffusa forse non imputabile ai soli possedimenti agricoli (Ciurletti 1997, p. 76).

La prima fonte scritta riguardante esplicitamente l'argento del Calisio risale al 1182, anno in cui l'imperatore Federico I accordò con un diploma imperiale al vescovo Salomone il diritto di zecca (Appelt 1975-1990, n. 821), riconoscendo la ricchezza dei giacimenti a sua disposizione.

Poco più tardi, nel 1185, venne sottoscritto un importante accordo tra il vescovo Alberto da Campo e i minatori del Calisio (*silbrarii*) che sarebbe stato alla base del primo statuto minerario d'Europa, redatto dal vescovo Federico Vanga fra il 1208 e il 1214 e corrispondente al capitolo del *Codex Wangianus* denominato *Liber de postis montis arcentarie* (v. *infra*).

Al 1202 risale anche un documento non direttamente legato all'attività estrattiva ma testimonianza di un certo livello di benessere e indipendenza delle comunità che vivevano sull'altopiano: la Carta di Regola di Civezzano risulta essere ad oggi la più antica del Trentino ed in essa vengono nominati uomini liberi proprietari di terre e castelli (Ciurletti 1997, p. 76; Gobbi 1986b).

Già nel corso del XIII secolo la redditività delle miniere d'argento andò calando, tanto che nel maggio 1250 le compagnie minerarie del Calisio chiedevano l'esenzione dalle tasse (Varanini 2004, pp. 489-491), probabilmente sia a causa dell'esaurimento delle parti più ricche del giacimento, dovuto ad una coltivazione di rapina, sia a causa dell'instabile situazione politica (Stella 1953, p. 5, note 2 e 3).

Nel 1273 è attestata anche un'interruzione dell'attività di conio: il 30 aprile 1272 il vescovo Egnone di Appiano sottoscrisse un atto che sanciva la cessione del diritto di battere moneta al conte Mainardo II del Tirolo, dopo che quest'ultimo, autorizzando la coniazione anche a Merano, aveva bloccato i rifornimenti di argento dalla Germania meridionale verso Trento. Questo prova come il metallo estratto sull'altopiano del Calisio già in quegli anni non fosse sufficiente per la coniazione dei "grossi" (Rizzolli 1995, pp. 283-296 e Rizzolli 1991, pp. 49-53).

Dal secolo successivo l'attività mineraria sembra quindi spostarsi nella vicina Valle del Fersina, attorno alla quale si svilupperà il più ricco distretto minerario trentino (quello di Pergine); i primi impresari che cercarono fortuna in questa nuova area estrattiva, provenienti dalla Boemia, effettuarono comunque alcune ricerche anche sull'altipiano calisiano, in particolare nella zona di Montevaccino, portando avanti una modesta attività (Riedmann 1979, pp. 187-198). Ancora nel 1489 l'attività in Calisio doveva essere in qualche modo presente, dato che venne nominato un giudice minerario con giurisdizione su Montevaccino, Fornace, Monte Fronte, Val di Fiemme, Valli di Non e di Sole. Nel 1543 sempre nella zona di Montevaccino vennero riaperte alcune miniere, per le concessioni delle quali furono stabilite delle misure standard di 35x35 tese di superficie e 15 tese di profondità (1 tesa=1,62 m): da un rapporto sulle miniere trentine del 1568 tali miniere risultano però già abbandonate (Forenza 1996, pp. 380, 390, 394).

Fra la fine del '400 e la metà del '500 una serie di documenti testimoniano l'attività estrattiva nella zona di Faedo, già probabilmente sfruttata nei secoli precedenti, in contemporanea rispetto ai più estesi giacimenti omologhi situati a sud del Torrente Avisio; nel XII secolo faceva parte dei possedimenti dei Conti di Appiano, avo-

<sup>60</sup> In particolare presso la chiesa parrocchiale di Civezzano è stata rinvenuta una delle più importanti necropoli longobarde del Trentino: indicazioni sul possibile sfruttamento delle miniere calisiane nell'altomedioevo potrebbero essere fornite dall'analisi dell'argento con il quale sono stati realizzati alcuni dei reperti.



cati del principe vescovo notoriamente coinvolti nelle vicende minerarie trentine fin dai loro esordi (Zammatteo 2004a).

Al 1495 risale un documento pubblicato da Trener riguardante una miniera da poco aperta a San Bartolomeo, sobborgo di Trento nei pressi del quale affiora una stretta fascia dello stesso orizzonte metallifero presente sull'altopiano del Calisio (Membro di Tesero della Formazione di Werfen) (Trener 1901, Trener 1902).

Le notizie sulle miniere d'argento che avevano alimentato la zecca di Trento si perdono poi quasi definitivamente fino alla seconda metà dell'Ottocento, quando le nuove conoscenze geologiche e le necessità economiche spinsero alla riapertura dei vecchi cunicoli e alla realizzazione di nuovi sondaggi, con lo scopo di rintracciare la galena trascurata dagli antichi minatori, ma anche un altro minerale di interesse industriale, la barite, che in questa prima fase veniva lavorata a Klagenfurt, in Carinzia (Biasi 1992a, p. 124; Forenza 1996, p. 406).

All'inizio del secolo scorso il geologo Gian Battista Trener compì degli studi molto approfonditi sul giacimento argentifero del Calisio, con lo scopo di valutarne le potenzialità e individuare zone ricche di minerale sfuggite agli antichi minatori (cfr. Trener 1917). Giunse alla conclusione che le aree interessate dalla massiccia coltivazione medievale non avevano molto da offrire, ma scoprì che il deposito di galena proseguiva anche al di là di un'importante faglia (denominata 'linea del Calisio' e situata fra l'area mineralizzata e il massiccio del Monte Calisio vero e proprio), trovandosi però a più di 100 m di profondità a causa dei movimenti tettonici legati alla formazione di quest'ultima, motivo per cui gli antichi prospector non erano stati in grado di individuarlo. Con la nascente società *Mons Argentarius* Trener riuscì ad intercettare il minerale nei pressi di Roncogno, nelle immediate vicinanze della ferrovia della Valsugana, ma lo scoppio della Prima Guerra Mondiale costrinse alla sospensione dei lavori. Nel 1925 la ditta realizzò una galleria anche a Faedo, tentando questa volta di seguire l'orizzonte metallifero a nord dell'altipiano, ma senza ottenere risultati soddisfacenti; altre società effettuarono scavi nella stessa zona negli anni '50, anch'esse con scarso successo (Simoni 2004, Zammatteo 2004a).

L'attività riprese solo dopo la Seconda Guerra Mondiale (proseguendo fino al 1964), ma per la ricerca di barite, estratta riutilizzando in buona parte i cunicoli delle miniere d'argento medievali. Il materiale veniva cernito nei pressi degli imbocchi e trasportato con una teleferica fino a Gazzadina (Biasi 1992a, p. 126).

#### 4.2.2. Il *Liber de Postis Montis Arçentarie* (fig. 26)

(Nicola Battelli, Lara Casagrande)

L'attività mineraria sull'altipiano del Calisio era regolamentata dal cosiddetto *Liber de postis Montis Arçentarie* (attuale fascicolo IX del *Codex Wangianus*), che può essere considerato il più antico statuto minerario Europeo (cfr. Trener 1899, pp. 28-39; Squarzina 1964, pp. 41-43; Braunstein 1993, pp. 285-287; Piffer 1997; Varanini, Faes 2001, p. 258; Battelli, Curzel c.s.; Curzel, Varanini 2007).

Il *Liber* non è suddiviso per capitoli o per temi, ma i documenti strettamente correlati all'attività mineraria sono, in ordine cronologico:

24 marzo 1185

I rappresentanti dei *silbrarii* (i cercatori d'argento) garantiscono al vescovo di Trento Alberto da Campo di corrispondergli una certa somma, dopo di che saranno liberi da ulteriori contribuzioni.

(a, b, c) 19 giugno 1208

Il vescovo di Trento Federico Wanga stabilisce che chi lavorerà nelle miniere d'argento sarà sottoposto solo alla giurisdizione del vescovo o dei suoi gastaldi, dovrà





Fig. 26. Frontespizio del *Liber de Poestis Montis Arcentarie* (da Curzel, Varanini 2007 – cd allegato, rielaborato).

abitare in città e che se vorrà lavorare alla *rota* di un altro potrà farlo liberamente (la *rota* doveva essere la carrucola con la quale il minerale veniva trasportato all'esterno dei pozzi; “*qui habeas rota*” era quindi colui che possedeva una miniera).

Il minerale potrà essere consegnato ai commercianti solo sul monte (non nei villaggi) e si potrà negoziare solo in città (ma non nei giorni festivi e di notte - è significativa l'esplicita eccezione di coloro che non potevano allontanarsi dalla miniera dovendo estrarre l'acqua che vi era penetrata, circostanza evidentemente piuttosto frequente), il socio che non lavora per quindici giorni perderà il suo diritto; in caso di disaccordo per l'apertura di un passaggio tra diverse gallerie si dovrà aspettare l'intervento dei gastaldi vescovili; a chi danneggerà un pozzo saranno tagliate le mani; nessuno potrà prendere in pegno gli attrezzi; nessuno dovrà danneggiare la ruota, nessuno potrà portar via qualcosa dalla miniera; solo gli imprenditori che pagheranno un affitto di dieci lire potranno avere un loro rappresentante (*manoalis*) per negoziare; in caso di mancato pagamento dell'affitto il canone sarà raddoppiato e in caso di nuova mancanza il debitore sarà frustato.

La paga dei minatori dovrà essere regolarmente versata; i pozzi non potranno essere ad una distanza inferiore ai dieci passi (21,6 m - Curzel, Varanini 2007, p. 285) l'uno dall'altro; se un pozzo di profondità inferiore ad un passo sarà abbandonato per più di quindici giorni potrà essere preso da chiunque; nessuno accenderà fuochi o devierà l'acqua in un pozzo o in una miniera di altri; nessuno porterà armi nei passaggi tra le gallerie; se gli scavatori scopriranno che c'è uno spazio vuoto e che il pozzo si interrompe dovranno lavorare nella roccia sterile; se gli scavatori troveranno una parete così dura da non poterla attraversare o troppa acqua si sposteranno fin quando non potranno lavorare; se gli scavatori troveranno del gas (*ventus*) lasceranno aperta la fenditura.

(a) 19 maggio 1213

Il vescovo di Trento Federico Wanga approva una norma, elaborata dai rappresentanti del comune, che stabilisce il divieto di lavorare in miniere altrui. Chiunque vi sarà trovato incorrerà in una sanzione pecuniaria di 50 lire di denari veronesi.

(b) 26 maggio 1213

Vengono eletti alcuni arbitri per definire i diritti delle parti in seguito alle molte questioni presentate ai gastaldi del vescovo dai proprietari della galleria di Montevaccino e dai lavoratori nelle miniere di Gando, di Gandolfino, di Ulrico Maio e dei loro soci. La lite era sorta perché si era aperto un passaggio tra due gallerie contigue appartenenti a due diverse imprese; l'arbitrato determinò i confini fra le due gallerie e i diritti di passaggio. Per chi non avesse rispettato la sentenza era prevista una multa di 300 lire.

20 aprile 1214

Il vescovo di Trento Federico Wanga stabilisce riguardo alle miniere d'argento: nessuno potrà impossessarsi della vena di altri tramite l'attività di prestito, non ci potranno essere più di quattro soci per ogni *rota*, non ci potrà essere più di un forno per *rota*.

Per lo stesso anno il Trener riporta inoltre un documento (non facente parte del *Codex*) in cui si specifica che le miniere abbandonate per morte del possessore dovevano tornare al Principato se gli eredi non ne rivendicavano il possesso entro tre settimane (Trener 1899, pp. 38-39).

Si può notare come le norme siano essenzialmente di tipo giuridico ed economico e riguardino per lo più il rapporto tributario con il vescovo, le regole di compravendita del minerale e le sanzioni per chi rallentasse od ostacolasse il lavoro estrattivo. Sono invece meno frequenti e generiche le prescrizioni sulla tecnica di scavo e di produzione del metallo, come la regola dei 10 passi, alcune raccomandazioni legate alle inondazioni

(evidentemente piuttosto frequenti), alla presenza di gas o alle situazioni improduttive (roccia sterile o particolarmente dura): ciò testimonia una certa libertà di azione delle piccole società che si occupavano materialmente dell'estrazione e trasformazione della galena. Le norme del *Liber* rispecchiano gli interessi degli imprenditori minerari (*werchi et boni homines*), desiderosi di garanzie giuridiche, e del vescovo, che si preoccupava sostanzialmente di assicurarsi senza interruzioni la riscossione del *fictum*, cioè i profitti ricavati dalla produzione di argento, finalizzata anche all'alimentazione della zecca.

Il contratto del 1185, trascritto e autenticato nel 1216 *ad memoriam retinendam*, è il primo documento minerario europeo che assume una portata giuridica generale, illustrando principi economici e sociali che si possono riscontrare, con le debite variazioni, in ogni statuto successivo. Il vescovo negozia di volta in volta con i *silbrarii* (da *Silber*, 'argento') nominati dall'assemblea dei produttori e il *consilium wercorum montis* (1208a, 1208b, 1208c, 1214), che avevano pagato il *fictum* dovuto al vescovo, detenendo in comune la concessione estrattiva (*"omnibus mons communis esse debeat"*). Il documento del 1185 precisa che tutti partecipano ai privilegi concessi, sia il povero che il ricco (*"tam pauper quam dives"*) e che i *socii*, obbligatoriamente residenti a Trento (1208a), prendevano decisioni assembleari (direzione dei lavori, riparazione dei danni, divisione della quota). È comunque evidente una divisione sociale: alcuni *werchi* lavorano per conto di altri, alcuni operai (*manuales*) erano rappresentanti per trattare i negozi (o, secondo un'altra interpretazione, salariati ai forni - Braunstein 1993, p. 286), alcuni minatori erano proprietari di forni ed esistevano dei prestatori, tra i quali nobili trentini che anticipavano il denaro ai produttori, cui era espressamente vietato di farsi rimborsare con materiale grezzo (1214).

Il vescovo concedeva ai vari attori coinvolti nell'industria estrattiva la libertà di impresa, di movimento e l'esenzione dalle tasse, in cambio esercitava la competenza giuridica sui minatori e il diritto di richiedere loro una parte del guadagno. Il presule percepiva, oltre ad un fitto annuale personale dovuto da tutti i membri della comunità e alle ammende, una percentuale sul ricavato da pattuire a seconda delle situazioni contingenti. Nel 1185 cercò anche di lasciare aperta la possibilità di un ulteriore sussidio in caso di necessità.

La sede competente per i processi minerari era il tribunale dei gastaldi, amministratori del vescovo, ma a causa della crescente tecnicità delle cause - l'arbitrato del 1213 (1213b) è un esempio lampante - il vescovo affiancò ai gastaldi dei periti eletti dal consiglio dei *werchi* (primo tribunale minerario).

La terminologia tecnica di matrice tedesca conferma come il diritto minerario trentino si sia formato sulle basi consuetudinarie alpine, non escludendo migrazioni di tecnici da aree più lontane (la parola *actufus*, che indica la galleria di eduazione delle acque, sembra derivare dal sassone *aghetucht*<sup>61</sup> e, conseguentemente, dalla presenza di minatori dello Harz). Il *Liber* è quindi una sorta di prima formalizzazione di prescrizioni comuni già presenti in molte aree minerarie delle Alpi, che si ritrovano negli statuti successivi: obbligo di lavoro continuativo; regolamenti di sicurezza; norme riguardanti distanza, profondità e intersezioni fra gli scavi; divieto di portare armi; prescrizioni sulla trasformazione e vendita del minerale; regolamentazione dei rapporti fra soci e fra imprenditori e signori; definizione dei reati, delle multe e dell'organo giudicante competente.

#### 4.2.3. L'area mineraria dell'Altipiano del Monte Calisio: inquadramento geologico e giacimentologico (Paolo Ferretti)

L'Altipiano del Calisio è delimitato a sud dal crinale del monte omonimo, a nord dal solco erosivo del Torrente Avisio, a ovest dalla Val d'Adige, a est dal Rio Silla e dall'incisione occupata dal Lago di Lases. In quest'area affiorano le vulcaniti permiane

<sup>61</sup> In tedesco moderno "*Abzucht (des Wassers)*" traducibile letteralmente con "conduzione/disciplina delle acque" (richiama il latino *acqueductus*).

del Gruppo Vulcanico Atesino sovrastate da una copertura sedimentaria di età permo-scitica (Arenarie di 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.

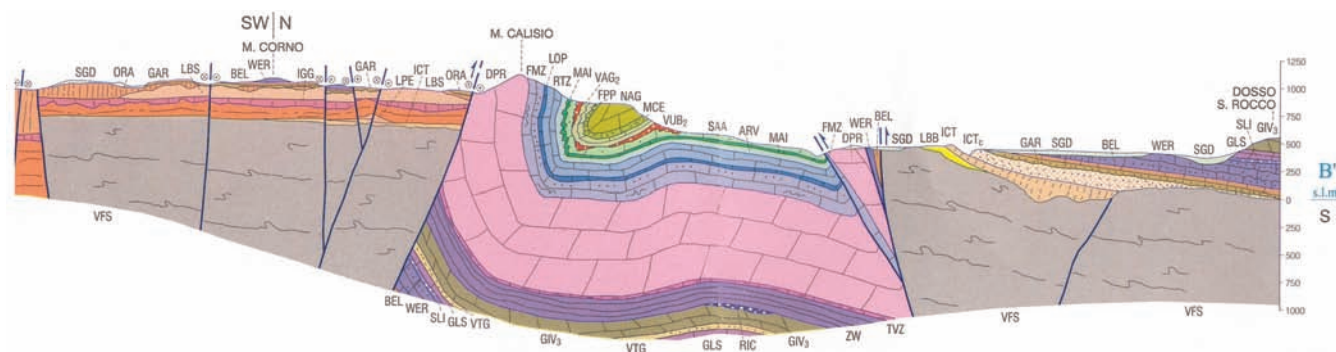
La Linea del Calisio rappresenta la prosecuzione nord-occidentale della Linea della Valsugana; essa porta i terreni permo-scitici dell'altipiano a sovrascorrere sulla successione compresa tra la Dolomia Principale (Norico), che costituisce la dorsale del Monte Calisio, e il Calcare di Nago (Eocene medio-sup.) che affiora sul Dos Calmuz, al nucleo della sinclinale asimmetrica che occupa il versante meridionale del Calisio stesso (cfr. sezione in fig. 27).

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 NE, passando lungo il versante destro della valle del Rio Silla fino a raggiungere Brusago, attraverso i laghi di 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 (Avanzini *et alii* 2010).

Entrambe queste strutture rappresentano faglie normali permiane ereditate e invertite nel Neogene. La Linea del Calisio in particolare rappresentava una faglia normale listrica est-vergente che apriva il bacino vulcanico atesino, come un *semi-graben* controllato dalla migrazione nel tempo di faglie antitetiche ovest-vergenti sino alla Linea del Passo Rolle (Selli 1998). Verso SW costituiva una barriera morfologica mantenendo una zona di alto strutturale con deposizione di scarsissimi depositi vulcanici (Avanzini *et alii* 2010).

Nell'area a nord dell'Avisio affiorano le vulcaniti permiane e una copertura sedimentaria di età permo-triassica. Rispetto all'Altipiano del Calisio, l'area si distingue per la presenza nel settore tra il Monte Rosà e il Dosso dei Furlì di una profonda lacuna stratigrafica che interessa i terreni del Permiano superiore (Arenarie di Val Gardena e Formazione a Bellerophon); avvicinandosi al Monte Rosà la superficie erosiva elide anche la porzione 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 (Zanella, Brigo 1997; Avanzini *et alii*, 2010). In zona 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 (Avanzini *et alii* 2010). Come testimoniato dai frammenti di vulcaniti nella Formazione a Bellerophon affiorante a est di Palù di Giovo, questo paleoalto vulcanitico, probabilmente controllato da faglie distensive attive a partire dal Permiano superiore, sembra aver esercitato un importante controllo sulle facies sedimentarie sia in termini di abbon-

Fig. 27. 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, rielaborata).



danza della frazione terrigena nei carbonati - proveniente dall'erosione in atto sulle aree emerse - sia di energia e ossigenazione dell'ambiente deposizionale. Gli *horst* erano probabilmente delimitati da ripide scarpate di faglia, evidenziate sia dalle rapide variazioni laterali di spessore delle successioni sedimentarie, sia dalla presenza di conglomerati contenenti blocchi di parecchi m<sup>3</sup> di volume (Zanella, Brigo 1997).

La mineralizzazione piombo-argentifera oggetto delle coltivazioni medievali del M. Calisio affiora su un'area di circa 100 km<sup>2</sup> che si estende tra Faedo e Lavis, quindi nelle zone di S. Colomba, Doss Le Grave, Monte Gallina, Monte Corno, Cortesano, oltre che con un piccolo lembo presso Roncegno, a sud della Linea del Calisio (Zanella, Brigo 1997). In seguito alla revisione degli anni '70-80 sul limite permo-triassico (Assereto *et alii* 1973; Neri 1982; Farabegoli, Viel 1982; Ghetti, Neri 1983) 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 caratterizzate da laminazioni incrociate e dolomie oolitiche in banchi a grana grossolana, di colore grigio giallastro. In corrispondenza dell'orizzonte mineralizzato presenta una caratteristica colorazione marrone scuro, da cui il nome di "tabacco"; la geometria dei corpi mineralizzati è di tipo stratiforme con spessore di qualche metro e ingrossamenti sino a un massimo di 12 metri (Perna 1992).

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 e calcopirite) o si presentano in piccoli cristalli (arsenopirite, pirite, marcasite). Dove non completamente ricristallizzata in cristalli idiomorfi di dolomite e ankerite, è riconoscibile l'originaria tessitura oolitica. I solfuri occupano inoltre 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 concentrazioni di questi ultimi (soprattutto la galena) in plaghe lenticolari schiacciate secondo la stratificazione della roccia incassante (per cristallizzazione d'insieme o "*Sammekristallisation*"), sono caratteristiche espressioni di processi diagenetici (Zanella, Brigo 1997).

I tenori di Pb e soprattutto di Ag, oltre alle paragenesi dei minerali associati, sono relativamente variabili nelle aree di affioramento (Perna 1992). Il contenuto di Ag è estremamente elevato (anche oltre 7 kg per tonnellata di Pb) in prossimità delle paleoaree emerse del Monte Rosà, a nord del Torrente Avisio, riducendosi fino a circa 1 kg/t nelle aree circostanti (Brusca, Perna 1997). Campionature lungo profili trasversali al paleoalto (Zanella, Brigo 1997) evidenziano un carattere di zonalità di alcuni elementi principali: in riferimento alla roccia totale evidente dolomitizzazione e diminuzione dei rapporti Ag/Cu e Ag/Zn nella zona di paleoalto; per i solfuri un aumento del rapporto Cu/Pb in corrispondenza del paleoalto con una diminuzione, come per la roccia, dei rapporti Ag/Cu, Ag/Zn e Ag/Pb.

La genesi di questa mineralizzazione è stata ampiamente dibattuta e variamente interpretata. L'origine epigenetica magmatico-idrotermale di bassa temperatura che prevede processi di impregnazione e metasomatismo sugli strati calcareo-dolomitici proposta da Posepny (1880), Andreatta (1949), Di Colbertaldo, Nardin (1964) non è compatibile con il contesto geologico descritto.

La formazione sedimentaria e/o esalativo-sedimentaria (Canaval 1912; Trener 1917; Maucher 1955; Münch 1966; Dessau, Perna 1968; Brusca *et alii* 1972; Haditsch, Mostler 1982) è anch'essa improbabile data l'assenza di vulcanismo scitico nel Sudalpino; la fase vulcanica del Permiano è infatti precedente di almeno 15 MA, quella triassica è posteriore di circa 6 MA (Brusca, Perna 1997).



L'ipotesi più credibile è quella da sinsedimentaria a epigenetico-sedimentaria. Il modello è compatibile con quelli già formulati da Assereto *et alii* 1973; Fuchs 1969; Brusca, Dessau 1968; Bernard, Samama 1968; Macquar 1970; Brusca *et alii* 1972; Brusca *et alii* 1981 per giustificare i giacimenti "*strata bound*" incassati in serie sedimentarie di varie province metallogeniche. Essi prevedono la presenza di ampie aree emerse, assenza o quasi di vulcanismo attivo a livello regionale e fasi trasgressive che producano lunghi periodi pedogenetici con ripetuta asportazione di suoli. Non è un caso che le mineralizzazioni del Permo-Scitico si collocano sempre all'interno delle fasi trasgressive dei cicli tettono-sedimentari di II ordine (nel 2° e 3° ciclo di II ordine del Permiano; nel 4° e 5° dello Scitico, cioè nella fase in cui le vulcaniti sono rimaste permanentemente emerse, almeno nel Trentino Meridionale). L'inizio delle fasi trasgressive di ogni ciclo segnano infatti l'attenuarsi del sollevamento delle aree - che durante le precedenti fasi regressive avevano subito una veloce degradazione di tipo fisico - e il permanere di condizioni di alterazione prevalentemente chimica con sviluppo di fenomeni pedogenici.

Nel caso delle mineralizzazioni piombo-argentifere alla base della Formazione di Werfen le sorgenti primarie degli ioni metallici sembrano essere le manifestazioni filoniane che caratterizzano le vulcaniti atesine. La lisciviazione chimica delle stesse e la prolungata emersione di estese aree avrebbe portato successivamente alla formazione di preconcentrazioni pedogenetiche, le quali, per dilavamento nel corso della trasgressione eoscitica, avrebbero a loro volta alimentato la sequenza basale werfeniana [Zanella, Brigo 1997].

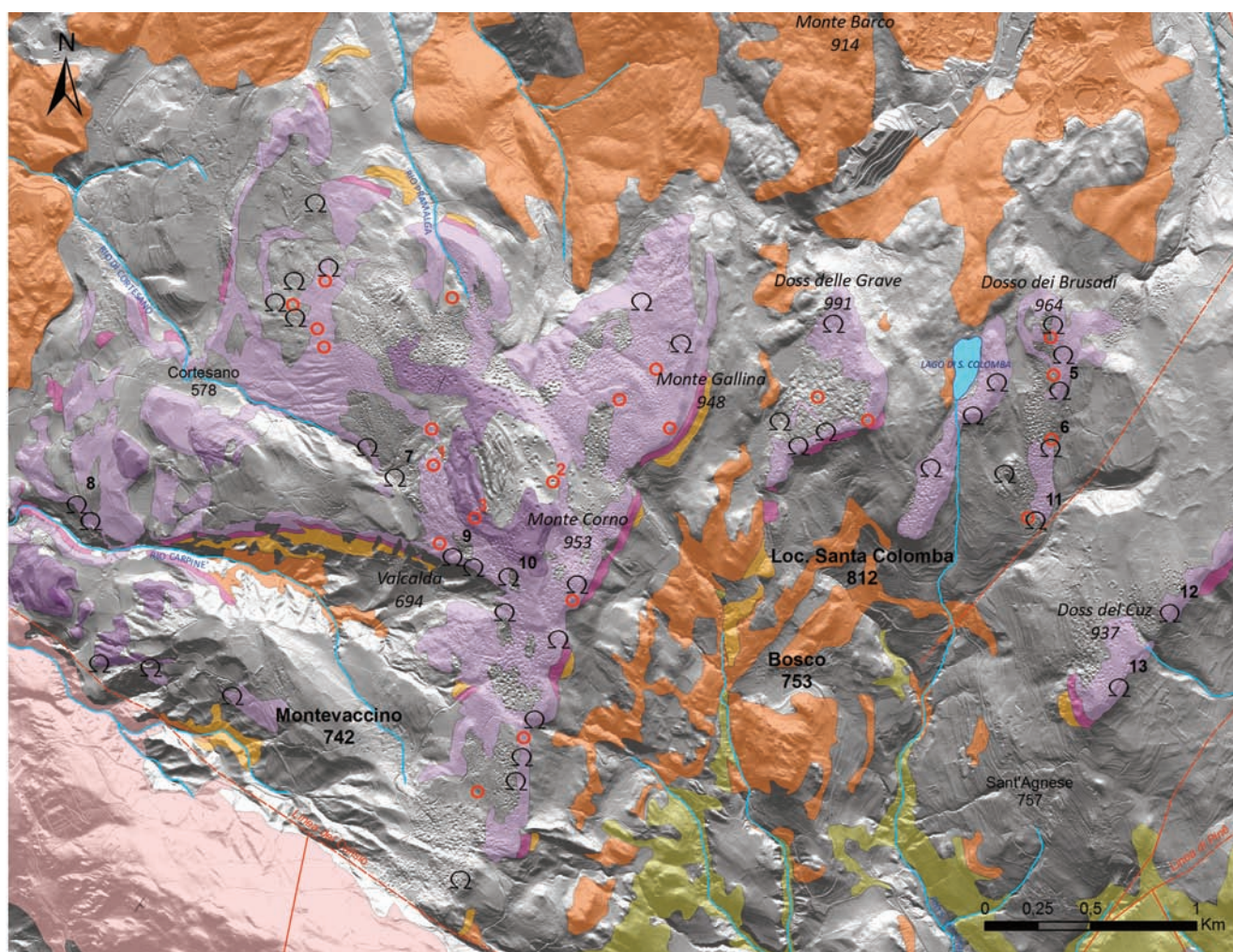
Recenti ricerche basate sull'analisi isotopica del piombo contenuto nelle mineralizzazioni idrotermali a solfuri del Sudalpino centro-orientale [Nimis *et alii* 2012] ipotizzano che i depositi stratabound nelle arenarie del Permiano superiore e nei carbonati del Triassico inferiore si siano originati a partire dai metasedimenti varisici del Basamento metamorfico Sudalpino. Come già definito da Köppel & Schroll (1985) e confermato dalla campionatura del Dosso dei Furli, questi depositi stratabound mostrano una composizione isotopica relativamente omogenea. Una significativa sovrapposizione del segnale isotopico dei depositi stratabound e delle vene permiane post-varisiche suggerisce che la maggior parte del piombo nei depositi stratabound permo-triassici deriverebbe dalla rimobilizzazione dei solfuri permiani o dalla lisciviazione degli stessi metasedimenti varisici dai quali il piombo permiano è stato estratto [Ferretti 2013 c.s.].

Piccoli lembi di Formazione di Werfen mineralizzata a galena argentifera si trovano sui rilievi collinari a est della città di Trento (versante meridionale del Monte Cella, Povo, Villazzano, loc. San Bartolomeo), anch'essi interessati da strutture minerarie medievali ormai quasi completamente obliterate dallo sviluppo urbanistico della città verso le aree collinari circostanti. L'area si trova a sud della Linea Trento-Roncagno, retroscorimento orientato circa E-W che porta la successione permo-triassica della zona di Villazzano e del versante nord della Marzola, a contatto con la Dolomia Principale e i Calcari Grigi del Dosso di S. Agata e del Monte Cella. Altri affioramenti si trovano in sinistra Fersina presso Roncagno, in loc. Slacche [Münch 1966], e vicino a Magnago, in destra Fersina poco a NW di Civezzano, in corrispondenza di due scaglie tettoniche posizionate lungo la Linea del Caliso all'intersezione con la Linea Trento-Roncagno.

#### 4.2.4. Le evidenze archeologiche

Le tracce archeologiche di questa importante attività estrattiva hanno segnato profondamente il paesaggio: durante la campagna di ricognizione sono stati individuati numerosi pozzi verticali e gallerie orizzontali, alcuni dei quali ancora accessibili; la posizione dei più importanti, assieme ad altri punti notevoli del paesaggio, è stata rilevata con un GPS da *trekking* (Garmin Etrex Vista HCX) che, nonostante non abbia la precisione di uno strumento professionale (poco meno di 10 m se in condizioni non ottimali), ha permesso di trovare la corrispondenza fra le tracce individuate sul

<sup>62</sup>Conservato in originale presso il Museo delle Scienze di Trento.



terreno e le anomalie visibili sul DTM LiDAR.

La posizione dei pozzi e delle gallerie segnati nelle carte in figg. 25 e 28 è stata individuata in alcuni casi in base ai rilievi GPS, in altri in base al "Catasto delle canope e dei cadini del Calisio", redatto dalla SAT (Società degli Alpinisti Tridentini) di Cognola negli anni '80-'90<sup>62</sup>, in altri ancora in base alla simbologia riportata sulla Carta Geologica d'Italia, Foglio 'Trento'; laddove possibile la posizione è stata corretta facendola coincidere con l'imbocco corrispondente visibile sul DTM LiDAR.

### *I 'cadini'*

L'evidenza maggiore è costituita dai cosiddetti 'cadini', cavità ad imbuto che costituiscono la traccia delle migliaia [Trenner 1917, p. 5]<sup>63</sup> di pozzi minerari [o in alcuni casi forse di semplici scavi a cielo aperto] attraverso i quali veniva attaccato il deposito sedimentario suborizzontale mineralizzato a galena (figg. 25, 28- 30).

Le aree interessate da concentrazioni di cadini si trovano principalmente nella fascia fra Meano e Fornace, fra la Linea del Calisio e quella di Piné, in particolare presso il Monte Corno e il Monte Gallina, sul Doss delle Grave, intorno al Lago di Santa Colomba e sul Doss del Cuz; concentrazioni meno estese si hanno anche fra Meano e Montevaccino (Masi Saracini, Maso Librar) e nella zona di Magnago. A nord dell'Avisio evidenze simili sono presenti sul Mondagiò, fra Masen e Faedo, mentre a sud della Linea del Calisio per il momento non sono state individuate tracce archeologiche dell'attività estrattiva (cfr. fig. 25).

Fig. 28. DTM LiDAR Hillshaded e carta geologica semplificata dell'area dell'Altipiano del Calisio maggiormente interessata dalla presenza di 'cadini'.

<sup>63</sup> Secondo una stima del Trenner i pozzi sarebbero stati circa 100.000; considerando la superficie interessata dai cadini visibili sul DTM LiDAR (compresa l'area a nord dell'Avisio, nei pressi di Faedo) e calcolando una media di circa 1 cadino ogni 100 mq, una stima più verosimile si aggira sui 30.000 cadini.



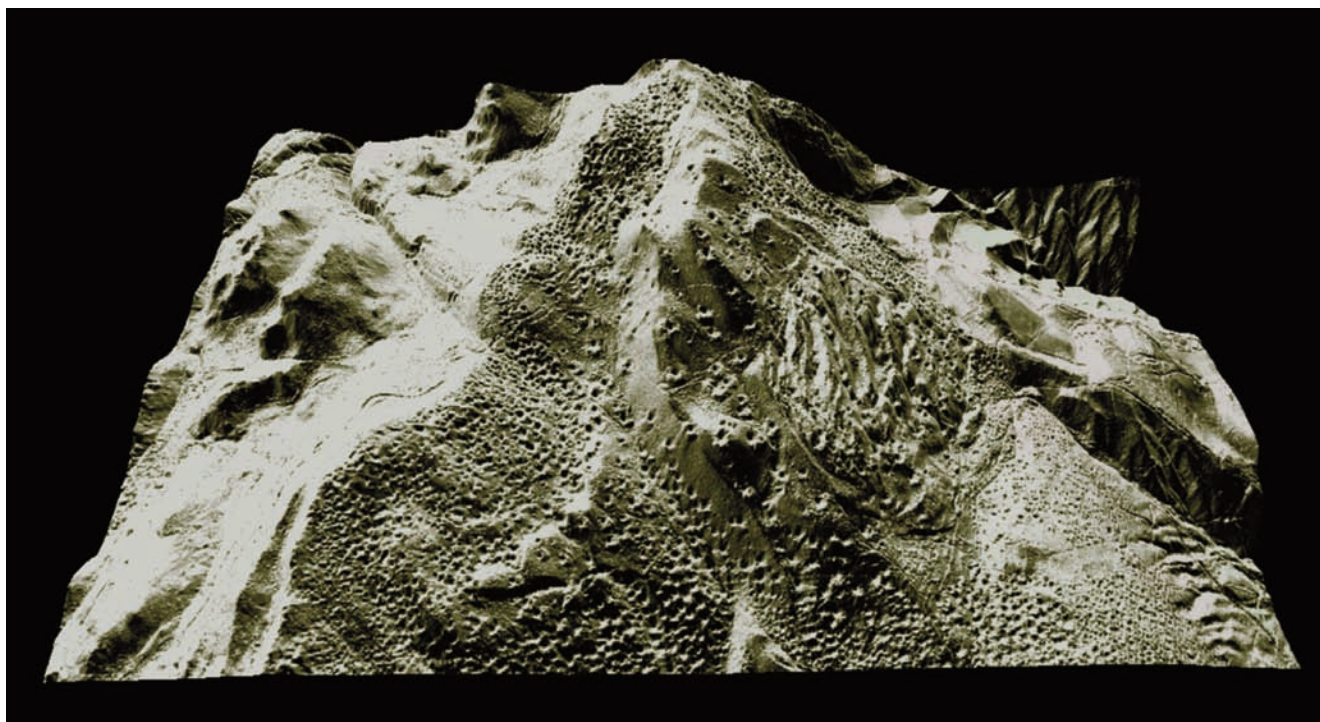


Fig. 29. DTM LiDAR *Hillshaded* dell'area del Monte Corno [Altipiano del Monte Calisio].

In alcune aree mineralizzate, nelle quali spesso sono documentate gallerie orizzontali, la mancanza di concentrazioni di cadini è probabilmente da imputare ad un loro interrimento per la creazione di una superficie omogenea adatta all'agricoltura o alla costruzione di edifici, o ancora per evitare impegnative e costose operazioni di messa in sicurezza (cfr. la zona a est di Meano, sopra la "Busa del Pomar" – n. 9 in fig. 25, intensamente coltivata, o quella di Lavis e di San Bartolomeo<sup>64</sup>, in cui le tracce dell'attività mineraria sono state cancellate dall'urbanizzazione).

Il diametro dei cadini varia da circa 3 m a oltre 15 m, la profondità dell'"imbuto" può arrivare a oltre 10 m e in alcuni casi il pozzo centrale è ancora aperto e può scendere fino ai 50 m della "Busa del Paròl" (n. 3 in fig. 25); all'esterno presentano un cordolo di materiale di riporto, costituito dalla roccia sterile scartata. L'ampiezza dello scavo secondo il Trener era dovuta alla necessità di creare delle pareti autoportanti, per evitare che il terreno più superficiale, non consolidato, andasse ad ostruire il pozzo centrale<sup>65</sup>. Il cunicolo era quindi scavato direttamente nella nuda roccia e non necessitava di un'incamiciatura, anche se in alcuni casi è presente un rivestimento in pietre che interessa i primi metri: la regolarità di quest'ultimo tipo di pozzi e la loro vicinanza con l'imbocco di gallerie scavate nel secolo scorso fanno pensare che la loro realizzazione sia più recente.

Sul DTM LiDAR queste profonde cavità circondate da un terrapieno sono molto ben visibili (anche nella visione in 2D) (figg. 28-29). Sovrapponendovi su piattaforma GIS la carta geologica georeferenziata dell'area è stato possibile rilevare come i cadini si distribuiscano quasi esclusivamente nelle zone interessate dagli strati più antichi della Formazione di Werfen (il cosiddetto "Membro di Tesero", successione sedimentaria portatrice della mineralizzazione a galena argentifera), a testimonianza della profonda conoscenza della geologia locale da parte degli antichi minatori; laddove il giacimento non si trovasse direttamente sotto la superficie, come nell'area del Monte Corno in cui è sovrastato dallo strato più recente non mineralizzato della formazione di Werfen, o fosse coperto da depositi quaternari, i cadini sono molto più profondi e più ampi (cfr. fig. 28).

<sup>64</sup> In realtà nella zona tra San Bartolomeo, Villazzano e Povo si ha notizia di alcune gallerie intercettate durante lavori di bonifica o sistemazione agricola: in tutti i casi sono state chiuse per motivi di sicurezza (cfr. Trener 1901 e 1902; Dal Ri, Valentini 2010).

<sup>65</sup> Archivio del Servizio Minerario della Provincia autonoma di Trento, Registro dei permessi minerari scaduti, fascicolo Santa Colomba [200/1] (Archivio Provinciale di Trento).

È interessante notare come la regola stabilita dal *Liber* secondo cui ciascun pozzo doveva trovarsi a non meno di 10 passi (21,6 m) da quelli circostanti sia rispettata solo in rari casi. Le ragioni possono essere diverse: da uno scarso controllo dell'attività sul territorio da parte del Vescovo, che lasciava un certo margine di azione ai minatori, ad una successione di sessioni di scavo nella stessa area, per cui una volta esaurite le possibilità di estrazione di un pozzo questo veniva considerato abbandonato e vi si potevano realizzare nuovi cunicoli nelle immediate vicinanze.

Il rilievo LiDAR si è dimostrato fondamentale per lo studio da *remote sensing* di quest'area, dato che la fitta copertura boschiva rende quasi inutilizzabile la fotointerpretazione.

L'analisi dello stress vegetazionale, che avrebbe potuto dare buoni risultati soprattutto per le aree in cui si concentrano le discariche minerarie, è invece scarsamente applicabile (perlomeno da telerilevamento), dato che la copertura boschiva costituita principalmente da pino nero è frutto di un intervento umano recente, successivo alla seconda guerra mondiale; un caso interessante è però costituito dal cosiddetto Doss delle Grave, in cui l'attività di ricerca della barite (minerale che qui si trova associato alla galena) effettuata nel secolo scorso nelle antiche discariche minerarie, ha creato uno squilibrio ambientale simile a quello che doveva riguardare tutta la zona estrattiva durante il periodo di massima attività, portando alla formazione di un particolare biotopo costituito da cespugli bassi e alberi "bonsai" (Gorfer 2007, pp. 121-122; cfr. fig. 5).

### Le 'canope'

Una volta rintracciato lo strato mineralizzato attraverso i pozzi verticali, i minatori lo seguivano scavando delle gallerie orizzontali, che proseguivano fino a quando le difficili condizioni di aerazione e di trasporto del minerale imponevano la realizzazione di un altro pozzo di collegamento con l'esterno (figg. 25, 28-29).

Alcune di queste gallerie (dette 'canope' – dal tedesco *knappen*, che indicava sia il minatore sia la miniera ad imbocco orizzontale) sono ancora visibili e in alcuni casi accessibili (figg. 30-31), probabilmente anche grazie all'intervento dei geologi che dalla fine dell'800 agli anni '60 del secolo scorso (con sondaggi effettuati fino agli anni '80) riaprirono i cunicoli per valutare la possibile ripresa della coltivazione di galena e per estrarre barite, minerale impiegato in svariati campi dell'industria moderna (cfr. capitolo sui minerali utili del Trentino) al quale i cercatori antichi non erano interessati.

Gli ingressi si trovano sia nel mezzo delle aree disseminate di cadini (ad es. "Capanne delle Sette Colonne" – n. 11 in fig. 25), sia soprattutto lungo le scarpate di

Fig. 30. Esempi di 'cadini' sull'Altipiano del Monte Calisio.







Fig. 31. Interno di alcune 'canope' nelle quali sono evidenti le tracce di scavo manuale (nella foto centrale un pozzo visto dal basso).

erosione che delimitano l'altopiano, le quali mettendo in evidenza gli strati basali della Formazione di Werfen permettevano di intercettare la mineralizzazione e seguirla nel suo sviluppo orizzontale (ad es. lungo la Val Calda, a nord di Montevaccino, o lungo il pendio del Doss del Cuz); è possibile che siano state sfruttate come accesso alla mineralizzazione anche delle grotte naturali (ad esempio il cosiddetto "Covel", presso Faedo – n. 3 in fig. 25).

Le gallerie moderne, scavate durante il secolo scorso nel tentativo di estrarre galena o più spesso per la coltivazione della barite, si trovano presso il Doss delle Grave e soprattutto in loc. Pralungo (n. 8 in fig. 25), dove sono ancora visibili le trincee, un tempo fornite di binari, che portavano all'ingresso della miniera (una delle quali è stata chiusa da un portone di ferro e viene utilizzata per il recupero delle acque ad uso civile, mentre l'altra è totalmente crollata), oltre alle tracce di alcuni lavatoi (Biasi 1992b, p. 130).

È difficile capire se lo sbocco all'esterno delle canope fosse il punto di inizio dello scavo o se fosse stato raggiunto seguendo il giacimento individuato scendendo attraverso un pozzo: probabilmente venivano utilizzati entrambi i metodi, privilegiando l'uno o l'altro a seconda della posizione degli affioramenti degli strati mineralizzati. L'analisi dettagliata dello sviluppo interno delle gallerie e della direzione delle tracce di lavorazione potrebbe fornire indicazioni in questo senso.

All'interno le canope si presentano molto irregolari, per effetto della tecnica di scavo che seguiva semplicemente la mineralizzazione, senza una pianificazione dell'architettura della miniera che consentisse di migliorare le condizioni di lavoro. Il minerale veniva portato all'esterno per lo più sollevandolo con argani (le *rote* di cui si parla nel *Codex Wangianus*) attraverso i cadini collegati alla galleria, che costituivano anche la maggiore fonte di aerazione: alcuni di questi pozzi verticali sono ancora visibili dall'interno delle canope (cfr. fig. 31) (sebbene ostruiti da pietre e vegetazione), altri si percepiscono solo per la presenza di cumuli di materiale provenienti dalla superficie.

Le gallerie hanno per lo più uno sviluppo orizzontale, così come lo strato mineralizzato; la particolare conformazione della canopa di Magnago, che si sviluppa per lo più in verticale con una serie di pozzi, è probabilmente legata al particolare contesto geologico dell'area, in cui la Formazione di Werfen ha una diversa giacitura rispetto all'area più a nord a causa della vicinanza della linea del Calisio.

La mobilità dei minatori nei cunicoli più stretti era garantita da rientranze nella roccia e il minerale veniva probabilmente trasportato verso la base dei pozzi con dei sacchi, forse con l'aiuto di sistemi rudimentali di carrucole che utilizzavano ri-



sparmi di roccia come perni per le corde. Per evitare di dover portare all'esterno anche tutto il materiale di scarto si creavano delle ripiene che occludevano le sezioni di galleria abbandonate e dei muretti a secco che potevano anche avere funzione statica (fig. 32).

L'illuminazione era assicurata da lumini di pietra ricavati da blocchi di roccia che venivano posti nei punti di transito più importanti e più pericolosi (come alla base dei pozzi) di cui sono stati ritrovati numerosi esempi, e in seguito anche da lampade in terracotta o metallo, appese con dei ganci o appoggiate a piccole rientranze che si rinvenivano frequentemente lungo le pareti. Lo scolo dell'acqua, uno dei problemi principali nelle miniere di tutte le epoche, doveva essere garantito da pozzi scavati verso il basso o discenderie, alla base dei quali ancora oggi si formano spesso piccoli laghi.

Lo scavo veniva eseguito per lo più manualmente, con mazza e scalpello di cui sono ben visibili i segni sulla maggior parte delle pareti (fig. 31). Non erano quasi mai necessarie armature in legno perché la galleria si inoltrava direttamente nella dura roccia incassante, di cui di tanto in tanto venivano risparmiate delle colonne con funzione di sostegno; in alcuni punti sono però visibili degli inviti per le travi, utilizzate soprattutto lungo le pareti dei pozzi con lo scopo di facilitarne la discesa e la risalita.

Le tracce dell'uso di polvere da sparo, come fori da fioretto o gallerie di grandi dimensioni e profilo regolare, sono rare e spesso concentrate nei primi metri delle gallerie: probabilmente gli interventi recenti hanno sfruttato il più possibile i vecchi scavi, che in più di un resoconto dei moderni ingegneri minerari vengono definiti come ottime guide nel rilievo della zona mineralizzata e nello sviluppo dei lavori<sup>66</sup>. Dato che la galena era stata quasi totalmente asportata e la barite, costituendo la ganga del minerale metallifero, era già stata messa in luce lungo gli antichi cunicoli, aprire nuovi varchi all'interno delle gallerie poteva non essere necessario. Per non incorrere in errori di valutazione sull'antichità delle tracce di lavorazione è però importante tener presente la testimonianza di un ex minatore impiegato nell'estrazione della barite presso Pralungo (intervistato da Luca Biasi - Biasi 1992b, pp. 129-132), secondo cui gran parte dello scavo veniva effettuata ancora nel secolo scorso con punta e mazza.

I rilievi effettuati dai moderni geologi sono una fonte di informazione fondamentale per comprendere lo sviluppo interno delle miniere e per identificare le aree di intervento recenti; il loro confronto con eventuali nuovi rilievi permetterà di verificare le annotazioni dei geologi e in alcuni casi di distinguere gli scavi effettuati nel secolo scorso da quelli antichi.

Fig. 32. Interno di alcune 'canope': nella foto di destra il muretto divisorio è stato realizzato con la roccia scartata dai minatori ("ripiena").

<sup>66</sup>Archivio del Servizio Minerario della Provincia autonoma di Trento, Registro dei permessi minerari scaduti (Archivio Provinciale di Trento).



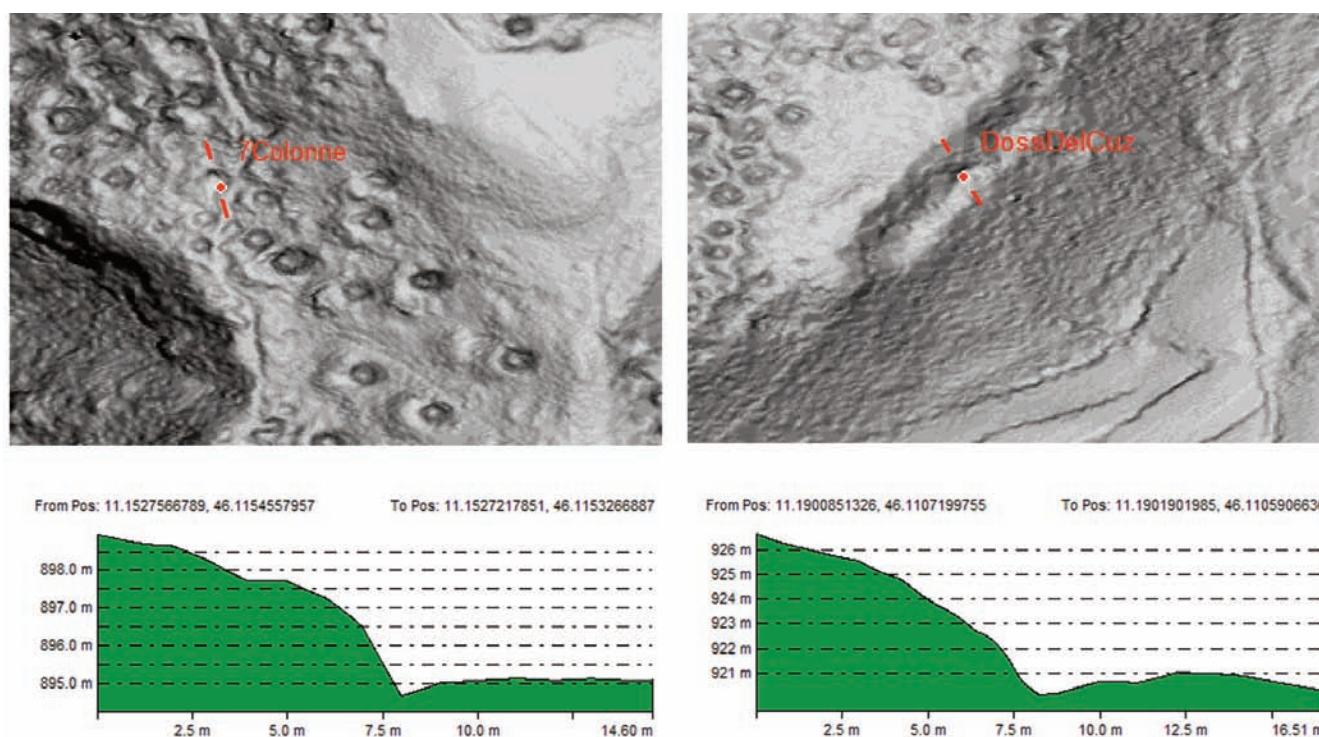


Fig. 33. Profilo dell'ingresso di due delle più importanti 'canope' dell'Altipiano del Monte Calisio [ottenuto su base DTM LiDAR con lo strumento *3D path profile* di *Global Mapper 11.01*].

L'individuazione dell'imbocco delle gallerie orizzontali sul DTM LiDAR non è facile, soprattutto quando questi si trovano lungo pareti scoscese, rilevate con minor precisione dallo strumento: sono visibili una rientranza nella parete (o nel terreno) e un piccolo pianoro in corrispondenza dell'ingresso, la cui sezione ottenuta con lo strumento *3D path profile* (*Global Mapper 11.01*) è abbastanza caratteristica (cfr. fig. 33).

Montando i rilievi georeferenziati delle gallerie su piattaforma GIS e sovrappo-  
nendoli al DTM LiDAR si possono ottenere interessanti informazioni riguardo alla  
posizione dei cadini che afferiscono alla stessa canopa e all'eventuale presenza di  
ulteriori accessi, molto utili nel caso di uno studio analitico dello sviluppo interno dei  
cunicoli (cfr. fig. 34).

Le gallerie accessibili sono state esplorate nel corso dei secoli, oltre che dai geo-  
logi e minatori moderni, anche da speleologi e cercatori di minerali più o meno  
esperti e rispettosi: le tracce archeologiche più superficiali sono quindi molto com-  
promesse e il rinvenimento di attrezzi abbandonati e oggetti personali dei minatori  
senza un intervento di scavo è piuttosto difficile, anche se nella bibliografia locale  
spesso si legge di ritrovamenti di questo tipo, senza la possibilità di rintracciare i re-  
perti in questione.

Presso il Museo delle Scienze di Trento (Collezione Miniere<sup>67</sup>) sono conservati  
alcuni oggetti rinvenuti dal geologo Gian Battista Trener nelle canope dell'altipiano  
del Calisio durante i suoi rilievi per conto della Società *Mons Argentarius*, che si pro-  
poneva di riaprire le vecchie miniere per ricavarne galena argentifera. Si tratta di  
lumini in pietra simili a quelli rinvenuti recentemente, alcuni scalpelli ad una e due  
punte, una mazza, un cuneo in legno e uno strumento che Šebesta definisce un pri-  
mitivo teodolite in pietra (Šebesta 1991, p. 766) (fig. 35).

L'analisi del radiocarbonio sulle tracce di combustibile conservate in uno dei lu-  
mini rinvenuti durante le ricerche curate dall'Ecomuseo Argentario (canopa di Ma-  
gnago – n. 15 in fig. 25) ha restituito una data compresa fra il 1095 e il 1200 d.C.,  
compatibile con il primo periodo di coltivazione dei giacimenti argentiferi.

Dalla canopa denominata "Busa del Pomar", a sud-est di Meano, proviene un

<sup>67</sup> Sezione della Collezione Geologica del Museo delle Scienze di Trento, nella quale sono conservati minerali e oggetti provenienti dalle miniere dismesse della Provincia.

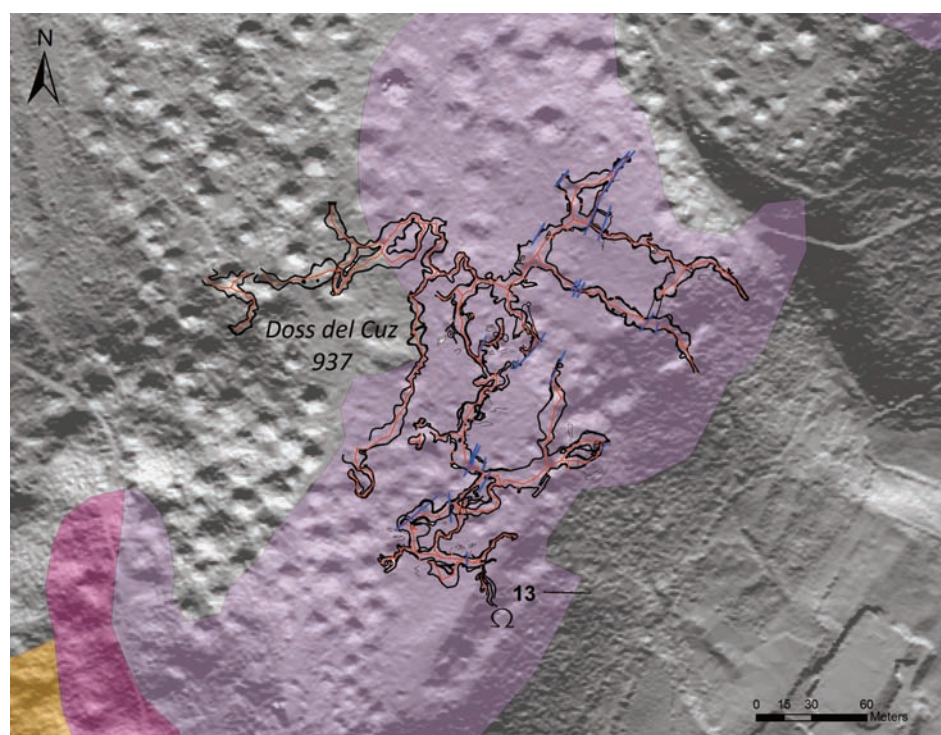


Fig. 34. DTM LiDAR Hillshaded dell'area del Doss del Cuz, cui è stato sovrapposto il rilievo georeferenziato della 'canopa' omonima [elaborazione del rilievo a cura di Alessandro Dellai - Ecomuseo Argentario - e Michele Zandonati - Museo delle Scienze di Trento].

frammento di ceramica comune ad impasto refrattario ("ceramica grezza"), analizzato dalla Dott.ssa Chiara Malaguti. Si tratta di un frammento di parete con orlo estroflesso ad estremità arrotondata, la cui superficie esterna presenta una decorazione "pettinata", probabilmente riferibile ad un'olla. Il tipo è documentato a Rocca di Garda datato dalla seconda metà - fine del V secolo, e probabilmente fino al VII secolo (Morina, Ferronato 2006, p. 87); nel bresciano a Sirmione datato V-VI secolo (Brogiolo 1989, p. 48, tav. 1-2); in Trentino a Pomarolo-Servis da un abitato connesso ad un necropoli in uso fino al VI-VII secolo (Cavada 1992, pp. 113-115, Fig. 15, n. 1); a Castelfeder (BZ) presso Montan dalla fortezza presumibilmente di VI sec., ancora in uso tra VII e VIII secolo (Baggio, Dal Ri 2003, pp. 41-44, tav. 18, nn. 7, 8) e in Tirolo, a Kirchbichl, confrontato con le ceramiche dei Periodi II e III di Invillino (IV-VII sec.) (Bierbrauer 1990, p. 71, tav. V, n. 14). In generale la maggior parte dei confronti in area alto adriatica non va oltre l'VIII secolo, ma si trovano anche esempi in contesti di XII-XIII secolo, ad esempio a Verona (Hudson 2008, p. 478, Tav. LXXXII, n. 1). Non conoscendo con esattezza le condizioni di ritrovamento le indicazioni cronologiche che il reperto può fornire per il contesto della miniera vanno comunque prese con cautela.

La raccolta di documentazione riguardante le miniere accessibili (con la realizzazione di rilievi e schedature) potrà essere utile, oltre che per la ricerca storica, per monitorarne le condizioni (eventualmente con scopi di valorizzazione) e per preservarle da inquinamento e atti di vandalismo che si riscontrano frequentemente visitando gli antichi cunicoli.

#### *I siti produttivi e i centri insediativi legati all'attività mineraria*

Come per il caso di studio della Val di Pejo, per ricostruire l'intero paesaggio antropico modellato dall'attività mineraria si sono tentate di individuare le aree di lavorazione del minerale, le vie di comunicazione che le collegavano alle aree estrattive e i centri insediativi nei quali si concentravano gli attori sociali implicati a vario titolo nell'attività (minatori, fonditori, impresari minerari, commercianti di minerale).





Fig. 35. Attrezzi da miniera rinvenuti all'interno delle gallerie minerarie dell'Altipiano del Calisio: 1. cuneo in legno; 2. lumino in pietra; 3. teodolite? in pietra; 4-5-6. scalpelli; 7. mazza [Collezione Miniere del Museo delle Scienze di Trento inv. MIE81, MIE69, MIE79, MIE73, MIE72, MIE76].

Data la mancanza quasi assoluta di fonti scritte ed archeologiche al riguardo, questa parte della ricerca sull'altopiano del Calisio è ancora *in fieri* ed è stata impostata attraverso la realizzazione di un GIS [elaborato con ArcGIS 9.3], nel quale sono state inserite tutte le informazioni disponibili riguardo all'insediamento antico e alle attività di estrazione e trasformazione del minerale: castelli e chiese<sup>68</sup> documentati nel periodo di massima fioritura delle miniere, località in cui sono state rinvenute scorie di lavorazione, mulini. La correlazione fra questi diversi elementi, la cartografia storica [Catasto Asburgico], la geografia, la geologia, l'idrografia e la viabilità dovrebbe aiutare ad avere una visione d'insieme dell'area estrattiva e della dislocazione delle tracce di insediamento antico, da cui partire per individuare le possibili localizzazioni dei siti produttivi e delle abitazioni degli operai (fig. 36).

Al momento gli insediamenti che sembrano avere qualche legame diretto con l'attività mineraria sono:

- Montevaccino, in cui in loc. 'Asotta' (toponimo non più presente nelle carte corrispondente ad un'area interessata in tempi recenti da un'intensa attività edilizia) dovevano trovarsi dei forni per la lavorazione della galena descritti da Trener [Trener 1899, p. 81]; sempre a Montevaccino si trova la cosiddetta 'Casa del Dazio', costruzione di probabile origine medievale ora inglobata nella Villa Saracini (al momento disabitata e in rovina), considerata dalla tradizione come sede del gastaldo vescovile, funzionario che si occupava anche del controllo dell'attività mineraria [Gorfer 2007, pp. 47-48].

- Bosco, il cui castello [nominato nelle fonti dal 1187] si trova nel mezzo dell'area mineraria, lontano dalle principali vie di comunicazione, e potrebbe quindi aver avuto un qualche ruolo nella gestione dell'attività estrattiva (cfr. Avanzini 1989, Gobbi 1986a, Pasquali 1992).

- Santa Colomba, località che al giorno d'oggi non costituisce più un centro demico autonomo ma che doveva avere una piccola chiesa (oggi abitazione privata, completamente intonacata, denominata Maso Dalla Piccola), attestata dalle fonti dal 1356 e ricordata dal Mariani nel '600 come "antica chiesa" la cui campana ha "voce ar-

<sup>68</sup> Le datazioni riportate in carta relative ai castelli e alle chiese sono state ricavate *in primis* (oltre che dalla bibliografia citata) dai censimenti curati rispettivamente da Walter Landi ed Emanuele Curzel per le ricerche del progetto APSAT.










gentina", accanto alla quale si sarebbero trovate "l'orme di alcune case ove i Canopi purgavano il minerale" (Trenner 1917, p. 2; cfr. anche Vaja 1927 e Stenico 2009, p. 278); il Trenner riferisce che all'epoca in cui scriveva il paese di Santa Colomba era già un "semplice casolare" e che nei campi vicini durante le arature venivano alla luce numerosi avanzi di forni fusori, attrezzi da lavoro, macine, tombe antiche (Trenner 1917, p. 7). La località è indicata nel Catasto Asburgico, in cui sono rappresentati alcuni edifici ora non più esistenti, oltre ad un piccolo capitello ancora visibile all'ingresso dell'abitazione ricavata dalla chiesa e ad una croce nel campo adiacente.

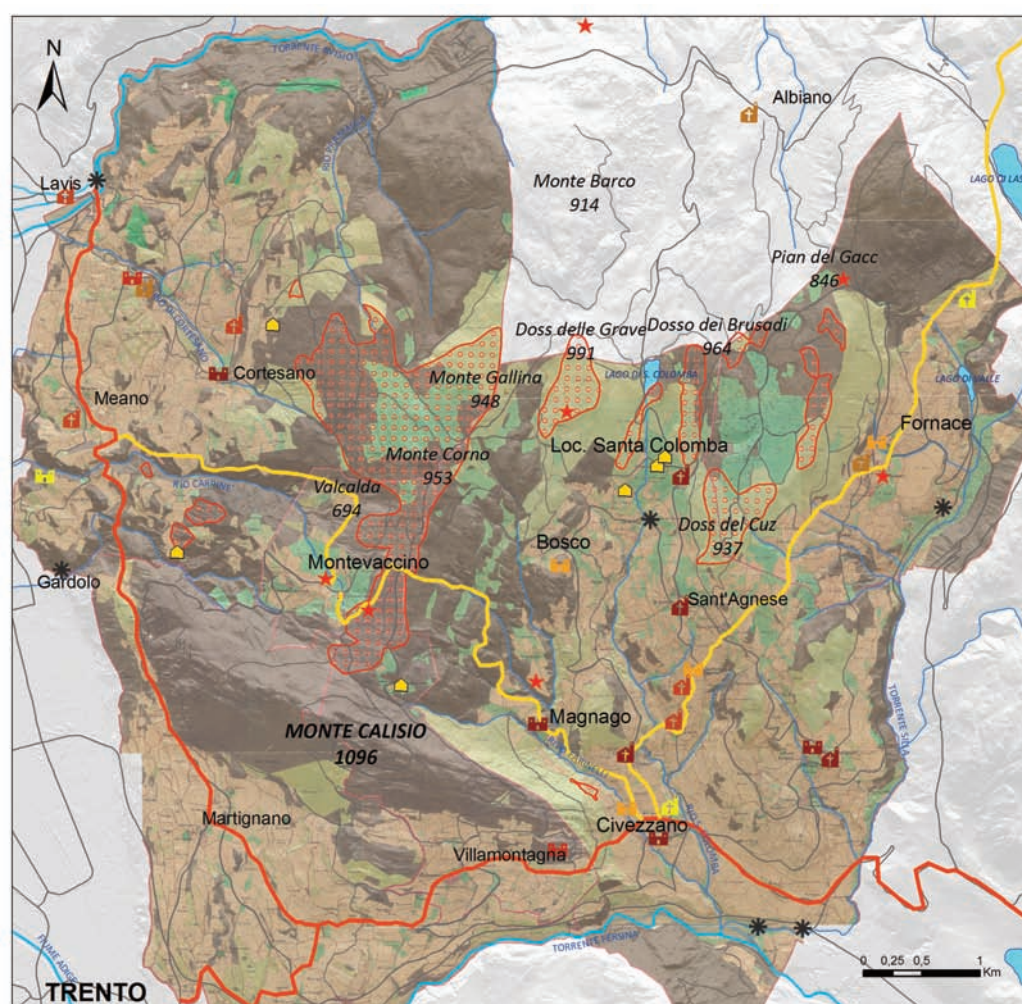
- Civezzano, punto di passaggio per accedere all'area mineraria provenendo dalla Valsugana e dalla Valle del Silla, sede di un castello nominato dalle fonti nel 1195 (Castel Telvana, ora sede del Municipio - cfr. Gobbi 1988; Pasquali 1992, p. 97), della cosiddetta "Torre dei Canopi" riadattata a colombara in epoca moderna e incorporata in una villa residenziale, che secondo la tradizione doveva essere la sede del gastaldo del paese (Gorfer 2007, pp. 48-49; Pasquali 1992, p. 97), nonché di una ricca necropoli longobarda (v. *supra*) (cfr. Gobbi 2006). Interessante il toponimo 'Slacche' (località al confine con il comune di Pergine) documentato dal 1321 e riferibile al tedesco antico *slac*, che indica le scorie di fusione, o *slag*, che può indicare un frantoio per il primo trattamento del minerale: trovandosi nei pressi del torrente Silla potrebbe essere stata la sede di attività di trasformazione della galena del Calisio (Stenico 2009, pp. 276-277), ma anche del minerale estratto nella vicina Valle del Fersina.

- Fornace, interessante toponimo di origine medievale (nominato in un placito dell'845), secondo alcuni autori riferibile ad un'attività metallurgica (Ciurletti 1997,

Fig. 36. L'area mineraria dell'Altipiano del Monte Calisio sul Catasto Asburgico: sono indicate le principali strutture suddivise per cronologia, i siti in cui sono state rinvenute scorie di lavorazione, i mulini, la viabilità antica ed attuale e le concentrazioni di 'cadini'.

# Legenda

-  Strutture riportate solo nel Catasto Asburgico
-  Mulini
-  Siti con scorie
-  Castelli (ante 1300)
- Chiese**
- Data\_da**
-  400 - 500
-  501 - 1000
-  1001 - 1200
-  1201 - 1300
-  1301 - 1537
- Castelli**
- Data\_da**
-  1160 - 1163
-  1164 - 1200
-  1201 - 1250
-  1251 - 1300
-  1301 - 1500
-  Viabilità antica
-  Claudia Augusta Altinate
-  Viabilità attuale
-  Concentrazioni di cadini



p. 76, ma cfr. Stenico 2009, p. 277). Il suo castello (di proprietà della potente famiglia dei Roccabruna e nominato dalle fonti dal 1189; Forenza, Libardi 1998; Pasquali 1992, p. 98) grazie alla posizione strategica lungo la valle del Silla è probabilmente il più importante della zona interessata dai giacimenti di galena: nelle sue vicinanze secondo il Trener ancora nel 1917 si trovavano grandi depositi di scorie (Trener 1917, p. 1; cfr. anche Forenza 1996, p. 376).

- Lavis (loc. San Lazzaro) e Barco di Sotto, località poste lungo il fiume Avisio presso le quali secondo l'Ausserer (1916) durante i lavori di regolamentazione fluviale degli anni 1883-1885 vennero ritrovate grandi quantità di scorie (Forenza 1996, p. 376).

Una prima analisi speditiva degli edifici presenti nei nuclei più antichi di questi ed altri centri abitati vicini all'area estrattiva non ha permesso di individuare fasi costruttive ascrivibili al periodo di maggiore fioritura dell'attività mineraria: le abitazioni dei minatori potrebbero essere state per lo più di legno, probabilmente costruite a ridosso dell'area estrattiva.

Per quanto riguarda i siti di lavorazione del minerale, salvo le indicazioni non più verificabili del Trener, non vi sono evidenze materiali: alcuni autori (Zammatteo 2008, pp. 63 ss., che a sua volta cita Srbik 1929) ritengono che ciò sia legato all'effettiva mancanza di forni in loco, inutilizzati dato che il minerale veniva trasportato nella Valle dell'Inn per essere lavorato in un centro "industriale", che produceva argento per diverse zecche europee; secondo questa ipotesi anche l'effettiva presenza di una zecca a Trento sarebbe da riconsiderare.

Il *Liber* nomina dei forni nel documento datato 1214, in cui si proibisce ai proprietari di una *rota* di possederne più di uno: dato che i proprietari della miniera dovevano teoricamente risiedere a Trento (tanto più se si occupavano direttamente dell'estrazione) verrebbe da pensare che i loro forni si trovassero nelle vicinanze, a meno che il documento non si riferisca ad impresari che gestivano tutta la catena di lavorazione del minerale, indipendentemente dalla localizzazione dei siti produttivi. È probabile che le prime fasi di trasformazione (dalla galena al piombo argentifero) venissero effettuate sull'altipiano, mentre l'effettiva estrazione dell'argento (tramite "coppellazione" - cfr. Bachmann 1993; Cucini Tizzoni 1997; Bayley, Crossley, Ponting 2008<sup>69</sup>), procedimento delicato che necessitava di un maggiore controllo sul risultato, si svolgesse in un centro specializzato, che poteva anche essere lontano dai siti di estrazione.

Recentemente le ricerche curate dall'Ecomuseo Argentario hanno portato al rinvenimento di una grossa scoria che sembra essere legata alla lavorazione della galena presso Magnago, frazione di Civezzano nella quale si trova anche l'imbocco di un'importante galleria al cui interno è stato rinvenuto il lumino datato tra XI e XII secolo; l'analisi archeometrica del reperto e una campagna di *survey* nella zona del ritrovamento permetteranno di verificare l'eventuale presenza di un impianto metallurgico. Altre scorie di minori dimensioni sono state rinvenute presso il Pian del Gacc, a nord di Fornace, associate a frammenti ceramici che per spessore ed impasto potrebbero essere attribuiti ad un crogiolo e ad una punta in ferro riferibile ad un utensile di incerta funzione (segnalazione di Ivan Pintarelli, Ecomuseo dell'Argentario).

Un'altra direzione della ricerca potrebbe riguardare gli antichi mulini della zona, potenzialmente utilizzati per alimentare laverie, mantici per i forni e magli. Sull'altipiano l'acqua è piuttosto scarsa, tranne che per la sorgente che si trova nelle vicinanze del lago di Santa Colomba da cui nasce il rivo omonimo (il cui corso è stato in parte deviato nel secolo scorso - cfr. Catasto Asburgico). Le possibili ubicazioni dei mulini si limitano quindi al Rio Farinella, che attraversa Civezzano, al Rio Carpine, che attraversa Montevaccino (lungo il quale dovevano trovarsi i forni di Asotta di cui parla Trener), alla parallela Roggia di Gardolo e naturalmente ai torrenti che attraversano le valli circostanti l'altipiano: il Silla a est (su cui si affaccia Fornace), con numerose diramazioni, l'Avisio a nord, con i suoi rami Rio di Cortesano, Rio di Vallalta e Rio di Pramalga che si inoltrano fino ai limiti dell'area estrattiva, oltre al Fersina a

<sup>69</sup> Procedimento basato sulla conversione del piombo metallico in ossido di piombo (litargirio) in atmosfera ossidante: l'argento si separava depositandosi sul fondo della "coppella", mentre il litargirio poteva essere asportato dalla superficie come scoria.



sud, che ha avuto un'importanza fondamentale per l'attività mineraria del vicino distretto di Pergine; per quanto riguarda l'area estrattiva nei pressi di Faedo è quasi certo che per la trasformazione del minerale venisse sfruttata la forza motrice del Rio dei Masetti, lungo il quale in località Molini sono state trovate numerose scorie. È inoltre possibile che il minerale venisse lavorato lungo l'Adige, vicino al centro della città e alla zecca (ad es. a Lavis dove sono documentati ritrovamenti di scorie), oppure, come accenato poco sopra, che venisse portato in centri specializzati d'oltralpe, come la Valle dell'Inn.

La posizione approssimativa degli antichi mulini segnati nella carta in fig. 36 è stata ricavata dal dettagliato elenco di fonti (dal XIV al XVIII secolo) pubblicato da Giuseppe Šebesta nel volume *“La via dei mulini”* (Šebesta 1997; informazioni sui mulini dell'area del Calisio si trovano anche in Stenico 2009, p. 277, nota 27).

Per quanto riguarda i tracciati viari, in questa zona assunsero fin dall'antichità una grande importanza data la vicinanza alla città di Trento e alla grande via di comunicazione costituita dalla Val d'Adige: la Via Claudia Augusta Altinata passava probabilmente per Civezzano e Villamontagna attraverso la sella di Castel Vedro e le sue diramazioni verso nord collegavano la Valsugana con la Val d'Adige attraverso la Valle dell'Avisio e la Val di Cembra (Agostini 1992; Biasi 1992a, p. 118; Gorfer 2007). La costruzione di Castel Vedro presso l'omonima sella e del castello di Roccabruna in Valle del Silla testimoniano l'importanza strategica di questi tracciati anche nel Medioevo. Altri percorsi battuti in periodo medievale collegavano Meano (la cosiddetta “Via Rubra”) e Civezzano a Montevaccino (cfr. Biasi 1992a, p. 192, Pasquali 1992, p. 97).

Il confronto fra la viabilità odierna (riportata su CTP e IGM e visibile da ortofoto e DTM LiDAR) e quella riportata dal Catasto Asburgico, può dare lo spunto per alcune riflessioni e suggerisce un parallelo fra i due casi di studio presentati in questa sede. Rispetto alla Val di Pejo sull'altipiano del Calisio si sono infatti notate pochissime variazioni fra la viabilità ottocentesca e quella attuale. Tale stabilità è probabilmente dovuta da una parte alla mancanza di profondi elementi di cambiamento nel paesaggio (come la costruzione di nuovi centri demici o attività industriali), dall'altra alla manutenzione dei tracciati (anche se spesso costituiti da semplici sentieri) legata alla continua frequentazione di un territorio che, a differenza della Val di Pejo, si trova vicino ad una grande città e ad importanti vie di comunicazione; il mancato sfruttamento agricolo dell'altipiano è invece da imputare alla presenza stessa delle migliaia di cadini che imporrebbero una totale bonifica dell'area. L'attività estrattiva ottocentesca e del secolo scorso sembra aver modificato poco il paesaggio dell'altipiano (salvo che per la discarica del Doss delle Grave), probabilmente perché impiegò le notevoli infrastrutture create dagli antichi minatori e mantenutesi nel tempo, oltre che per la portata limitata dei lavori e la mancanza (come forse per il periodo medievale) di impianti di lavorazione in loco. In Val di Pejo l'importante attività estrattiva e metallurgica recente aveva invece dato vita ad una rete di vie di comunicazione *ad hoc* che dopo la dismissione delle miniere ha perso significato ed è stata sostituita da un sistema viario e insediativo adatto al nuovo regime economico, basato principalmente sulle risorse agricole e pastorali (cfr. *caso di studio 1*).

## 5. I paesaggi minerari trentini: osservazioni conclusive generali

La disciplina definita come “archeologia mineraria” racchiude in sé una pluralità di indirizzi di ricerca, i quali, ciascuno con la propria autonomia, devono concorrere a ricostruire la particolare microstoria legata alle attività estrattive, considerandone l'evoluzione diacronica e il rapporto con gli altri elementi (fisico-ambientali, sociali, simbolici) che caratterizzano un “paesaggio pluristratificato” (Martín Civantos 2006, pp. 4-5). Questo tipo di approccio dovrebbe avvicinarsi al concetto di “archeologia



della complessità", la quale, secondo la definizione data dal Prof. Brogiolo, mira a "ricostruire l'evoluzione nel lungo periodo dell'identità di un territorio e delle comunità che lo hanno abitato" (Brogiolo 2007, p. 33). L'identità di molte aree del Trentino è stata in effetti fortemente condizionata dallo sfruttamento delle risorse del sottosuolo, per secoli settore fondamentale dell'economia, che ha influito anche sulla cultura e sulla lingua (grazie alle immigrazioni di manodopera specializzata dalle regioni tedesche o dalla Lombardia), sulla distribuzione degli insediamenti e sulla conformazione del paesaggio della Provincia, che ne è stato profondamente e permanentemente modificato.

La memoria di questa attività è stata però spesso dimenticata a seguito della dismissione delle miniere. La causa principale è la rapidità con cui le tracce archeologiche di scavi e impianti di lavorazione del minerale vengono obliterate in seguito alla mancanza di manutenzione: le evidenze si concentrano infatti in aree scarsamente urbanizzate in cui la natura è stata lasciata libera di riappropriarsi del paesaggio o, al contrario, in cui gli abitanti, la cui economia era marcatamente legata alle risorse locali, hanno dovuto presto rimettere in funzione attività agricole e silvopastorali. Esistono però anche cause sociali, come la volontà di allontanare il ricordo di un momento storico difficile in cui l'attività estrattiva era l'unica alternativa alla miseria o all'emigrazione.

Un fenomeno antropologico interessante, che contrasta con quest'ultima affermazione, è stato notato da diversi studiosi di storia mineraria e in parte confermato durante le ricerche in Trentino: si tratta del cosiddetto "mal de la miniera", l'attaccamento al proprio lavoro dimostrato dai pochi minatori ancora in vita. Una sorta di orgoglio misto a nostalgia per un lavoro duro ma a quanto pare molto coinvolgente: per le particolari capacità richieste agli operai, per il fascino destato dalle continue scoperte che il sottosuolo riservava e per l'intensità dei rapporti umani che si creavano in un ambiente così ostile, senza contare il fatto che la paga era piuttosto alta e sicura rispetto a quella garantita da altri mestieri tradizionali (cfr. Petrella 2010 e il bel documentario allegato dedicato alla chiusura dell'ultima miniera trentina).

Questa complessità nel rapporto fra uomini e miniere si traduce nell'estrema varietà dei segni che questa storia, in parte dimenticata e in parte mitizzata, ha lasciato sul territorio e nella memoria collettiva. Le evidenze materiali presentano gradi di conservazione molto diversificati, dal totale abbandono alla valorizzazione, non necessariamente legati all'importanza effettiva dell'attività dalla quale derivano. Lo stesso vale per la produzione bibliografica, molto ricca per alcune aree e inesistente per altre, condizionata dal ruolo delle miniere nell'immaginario popolare di un dato territorio e da fattori collaterali alla storia mineraria, come l'interesse geologico, la ricerca di minerali da collezione, le esplorazioni speleologiche, gli interventi di messa in sicurezza e valorizzazione. Per mettere ordine in questo palinsesto di tracce è necessario individuare i dati affidabili e collocarli cronologicamente attraverso un approccio interdisciplinare e diacronico, che documenti l'attività estrattiva in tutti i suoi aspetti (storico-economici, tecnologici, sociali, simbolici) e in tutte le sue fasi, senza trascurare le coltivazioni più recenti né gli interventi successivi all'abbandono.

Il passo successivo è rappresentato dagli interventi di valorizzazione, che devono quindi porsi l'obiettivo di raccogliere e riordinare le informazioni disponibili per restituire al territorio un patrimonio storico-scientifico che altrimenti andrebbe perduto o mistificato. Si tratta di un ambito di gestione dei beni culturali e paesaggistici che nel nostro paese è ancora in via di sperimentazione (nonostante vi siano già alcuni importanti esempi) e che presenta difficoltà sia di carattere economico, dato il grande dispendio di risorse necessario alla messa in sicurezza delle aree minerarie per la fruizione pubblica, sia di carattere "etico", dato il forte rischio di banalizzazione di una microstoria tanto complessa sia nei suoi aspetti tecnici che in quelli umani.

Per questi motivi è importante che un auspicabile progetto di valorizzazione del

paesaggio minerario trentino passi attraverso un progetto di ricerca scientifica e un piano normativo definito, che si sviluppi parallelamente alle necessità pratiche di bonifica e messa in sicurezza e che riguardi tutto il territorio considerato, dando vita ad un tematismo in grado di unificare le numerose e diversificate realtà individuali; sarà inoltre fondamentale e doveroso il coinvolgimento della popolazione locale, allo stesso tempo depositaria e destinataria primaria di questa memoria.

## Ringraziamenti

La curatrice del contributo desidera ringraziare il Prof. Brogiolo per l'assegnazione della ricerca, la rilettura critica del testo e la consulenza scientifica generale; il Prof. Frizzo per il prezioso aiuto nelle fasi iniziali di inquadramento geologico e giacimentologico dell'area in esame e in particolare per la consulenza scientifica nella realizzazione delle carte tematiche relative ai due casi di studio; la Dott.ssa Isabella Zamboni per la consulenza sulle architetture delle aree oggetto di approfondimento; la Dott.ssa Chiara Malaguti per l'analisi del frammento ceramico rinvenuto all'interno della Busa del Pomar; la Dott.ssa Christa E. Backmeroff per la rilettura critica della parte relativa alle analisi antracologiche e dendrocronologiche in Val di Pejo.

Per quanto riguarda la campagna di *survey* in Val di Pejo l'autrice desidera ringraziare le Dott.sse Michela Modena e Morena Tramonti per l'attiva collaborazione nella ricerca delle evidenze e nella loro documentazione; gli addetti del Corpo forestale dello Stato della stazione di Ossana; un pastore di nome Bruno residente nel maso in località "Miniera n. 15" (grazie al quale sono stati raggiunti molti imbocchi altrimenti difficilmente individuabili) e alcuni membri del dell'Ecomuseo Linum Val di Pejo e del "Circolo Tempo Libero Giacomo Matteotti" di Comasine grazie a cui è stata instaurata una proficua collaborazione con il Sig. Romano Sonna, le cui ricerche sono state fondamentali in questo lavoro.

La campagna di ricognizione sull'Altipiano del Monte Calisio e l'esplorazione di alcune gallerie sono state effettuate grazie alla collaborazione di Marco Meneghini (Società Speleologica Italiana, S.A.T. – Società degli Alpinisti Tridentini) responsabile del Catasto delle Cavità Artificiali della Provincia di Trento; Ivan Pintarelli, responsabile dell'Ecomuseo Argentario con sede a Civezzano, che si occupa attivamente della promozione di ricerche sulle miniere dell'altipiano del Calisio e della conservazione e valorizzazione delle sue tracce archeologiche; Marco Gramola (Comitato Storico della S.A.T.), autore di ricerche sull'attività mineraria e metallurgica in Valsugana; Silvano Tava (Gruppo Speleologico Trentino, S.A.T. Bindesi-Villazzano); Alessandro Dellai, collaboratore dell'Ecomuseo Argentario: molti dei dati e delle ipotesi presentati in questa sede sono frutto di informazioni acquisite attraverso interviste informali a queste persone. Altri dati e spunti interessanti sono stati forniti da Luca Biasi (responsabile della Commissione Sentieri della S.A.T.), dall'Arch. Paolo Zammateo e dal Dott. Giulio Detomaso, autori di pubblicazioni sulla storia mineraria trentina (ringrazio l'Arch. Paolo Zammateo anche per i dati inediti sull'area mineraria e metallurgica di Rumo).

Tab. 2 (dalla pagina successiva). Tabella riassuntiva delle aree minerarie del Trentino (L. Casagrande, N. Battelli).

Nella tabella 2 si è cercato di risolvere il problema dell'affidabilità dei dati storici inserendo nel campo "Referenze documentarie" solo le fonti per le quali è disponibile una collocazione archivistica (la quale potrebbe comunque essere cambiata nel tempo, essendo i riferimenti ricavati perlopiù da bibliografia piuttosto datata). Le datazioni presenti negli altri campi sono invece tratte da pubblicazioni più o meno recenti in cui date ed eventi sono citati senza una precisa referenza documentaria.

Interessanti repertori di date e località riguardanti l'attività estrattiva si trovano in: Srbik 1929; Šebesta 1991; Šebesta 1992; Zieger 1975; Zieger 1993b; Zammateo 2008.

Per quanto riguarda i siti produttivi di età pre-protostorica una sintesi completa si trova in Cierny 2008.

Per i periodi più recenti gran parte della documentazione è conservata all'Archivio Provinciale di Trento. Per alcune aree le referenze documentarie riguardanti le concessioni sono state tratte dal documento *Localizzazione di lavori in sotterraneo relativi a miniere dismesse* a cura del Servizio Minerario della PAT (<http://www.minerario.provincia.tn.it/relazioni/>).

Area mineraria	Comune	Minerali estratti	Utilizzo	Periodo	Tracce archeo imbocchi	Siti produttivi documentati	Tracce archeo siti produttivi	Note	Reference documentarie	Bibliografia
<b>Val di Sole</b>										Andreatta, 1954; Martin 2006
Costone di Staviòn, Val Gardéné, Cima Boai (Val di Pejo dx Noca)	Comasine	magnetite	ferro	XIV sec. 1920-1967	imbocchi visibili da DTM LIDAR e sul terreno ma in gran parte murati	tracce di forni preistorici (citati da Ausserer; cfr. Forenza 1996); altoforno in loc. Forno di Novale; forni a Coglio di Pejo (secondo la tradizione); fuocine in loc. 'Fucine' [Ossana]	Forno di Novale presso Comasine in parte in alzata [inglobato in un'abitazione]	Cfr. <i>Caso di studio 1</i>	1380 - I Sippolico affittano una miniera a Comasine [BCIn, Congregazione di Carità, caps. 3, ms. 1, n. 1]. 24 gennaio 1398 - il vescovo investe di diritti minerari la famiglia Caldes [ASTn, PV, SL, caps. 9 n. 37] 1772 - investitura di una miniera a Comasine [ASTn, <i>Libri feudali</i> , vol. XXIV, f. 368-369; <i>Arch. Stor. Lomb.</i> , Anno LXII, fasc. IIV] <i>Concessione Santa Lucia</i> : ASM, n. pratica 0.08	Ciccolini 1936a; Ciccolini 1936b; Perna 1964c; Andreatta 1964; Squarzina 1964; Dal Ri 1969-70; Gabrielli 1970; Gabrielli 1972; Castaldo, Stamparoni 1975; Exel 1987; Mastrelli, Anziolotti 1987; Forenza 1996; Cierny 1997; Varanini, Faes 2001; Sonna 2002; Zammattéo 2008
Calledizzo, Cellentino	Pejo	magnetite	ferro	medioevo? 700-800; 1920-1967	imbocchi in parte visibili da DTM LIDAR	-	-	Cfr. <i>Caso di studio 1</i> - una telefonica portava il minerale dalle miniere della dx Noca a Cellentino	-	Srbik 1929; Andreatta 1964; Gabrielli 1972; Sonna 2002; Perna 1964c
Val della Mare	Pejo	feldspato	industria ceramica	1950-1971	-	-	-	scavi a cielo aperto	-	Martin 2006
Val di Rabbì [Cespede e zona Monte Pollinar-Cima Tremenesca]	Rabbì	magnetite	ferro	500; metà 800-1920	-	-	-	-	1535 - Bernardo Clesio investe la famiglia Thun di una miniera di ferro in Val di Rabbì [ASTn, <i>Coatice Clesiano</i> , vol. XII, n. 82]	Srbik 1929; Squarzina 1964; Perna 1964a; Exel 1987; Varanini, Faes 2001; Zammattéo 2008
<b>Val di Non</b>										
						attrezzi da fabbro a Senzeno (periodo retico); tracce di forni per il rame sul Monte Ozal e a Romallo; grandi quantità di oggetti in piombo dalla necropoli di Mesolo [Età del Ferro, Altomedioevo]			1507. 1520 - Resoconto redditi minerari della valle [ASTn, PV, ST, misc. non reg., n. 351]	Dal Ri 1969-70; Sabesta 1993
Rumo [Valle del Lavazze]	Rumo	galena argentifera, calcopirite, minerale di	argento, piombo, rame, ferro	fine 400-metà 500; fine 800; sondaggi anni '80	numerosi pozzi ravvicinati (simili a quelli del Callisio, cfr. <i>Caso di studio 1</i> )	forno in loc. Lanza (probabilmente Orocoatesco)	rivenuto recentemente in loc. Segheria un tunnel che alcuni studiosi	il sito archeometal-lurgico è in corso di studio	dati storici ricavati dal contributo preliminare di Paolo Zammattéo sull'area mineraria e il forno di Rumo	Srbik 1929; Avanzini <i>et al.</i> 2002; Zammattéo 2008

Area mineraria	Comune	Minerali estratti	Utilizzo	Periodo	Tracce archeo imbocchi	Siti produttivi documentati	Tracce archeo siti produttivi	Note	Referenze documentarie	Bibliografia
		ferro			visibili da DTM LiDAR in loc. Prada; alcune gallerie ancora accessibili		collegano alla lavorazione della galena argentifera		[inedito]	
Alpe di Lavazzé	Rumo	calcopirite	rame	XIII-XIV sec.	-	forno in loc. Lanza [probabilmente Ottocentesco]	-	secondo Zaninatto gli storti avrebbero confuso nei documenti la localizzazione "sopra il Lavazzé" con il toponimo "Alpe di Lavazzé di Sopra", per cui queste miniere sarebbero da identificare con quelle di Rumo	cfr. 'Rumo'	Srbik 1929; Dal Ri 1969- 70; Exel 1987
Tregiovo	Revò, Cagnò	galena argentifera, blenda	argento, piombo, zinco	fine '400 – metà '500; 1920-1960	gallerie ancora in parte accessibili	cfr. 'Rumo'	cfr. 'Rumo'	cfr. 'Rumo'	cfr. 'Rumo'	Vacek 1881; Blass 1892; Srbik 1929; Castaldo, Stamparoni 1975; Exel 1987; Perna 1964a; Mostler 1966; Dessau, Perna 1968; Avanzini <i>et al.</i> 2007
Val di Bresimo	Bresimo	asbesto	amianto	1915-20 ca	-	-	-	-	-	Pirani, 1952; Dal Cin 1964; Martin <i>et al.</i> 2009
Monte Rufèr	Brez	galena argentifera	argento, piombo	XIII-XIV sec.?	-	-	-	-	-	Dal Ri 1969-70; Castaldo, Stamparoni 1975
Monte Diàn	Brez	galena argentifera, calcopirite	argento, piombo, rame	XII-XIII sec.?	-	-	-	-	-	Srbik 1929; Dal Ri 1969- 70
Tassullo	Tassullo	oro	oro	XII sec.?	-	-	-	a quest'area si riferisce il più antico documento riguardante l'attività minieraria in Trentino; dato il contesto geologico dell'area è però probabile che il minerale estratto non	31 maggio 1181 - I conti d'Appiano vendono al vescovo la miniera d'oro di Tassullo (ASTn, PV, SL, capsa 58, n. 1)	Trener 1899; Srbik 1929; Dal Ri 1969-70; Varanini; Faes 2001; Forenza 2005



Area mineraria	Comune	Minerali estratti	Utilizzo	Periodo	Tracce archeo imbocchi	Siti produttivi documentati	Tracce archeo siti produttivi	Note	Referenze documentarie	Bibliografia
Mollaro (miniera di San Ramedio)	Taio	scisti bituminosi	itolo	'600-1960	-	verso la fine della II guerra mondiale a Tuermetto esisteva un impianto di distillazione	-	fosse realmente oro	1675 - Scoperto giacimento di bitume a Tres (ASTn, PV, AT, XII, 23) Concessione Cirò: ASM, n. pratica 012	Squarzina 1964; Fuganti 1961; Fuganti 1966; Castaldo, Stamparoni 1975; Exel 1987; Perna 2000; Avanzini et al. 2007
Val di Fiemme						nel 1225 documentati forni per la lavorazione del ferro "in loco ubi Imena dicitur" (tra Ziano di Fiemme e Predazzo)			22 febbraio 1188 - Il ferro de Fiemme era feudum officialium curie episcopi (ASTn, PV, SL, caps 12, n. 18). 1225 - Concessione di una miniera di ferro ad imprenditori milanesi (ASTn, PV, SL, caps 64, n. 56) 1546 - miniera di rame e argento (ASTn, PV, ST, misc. non reg., n. 351)	Trener 1899; Squarzina 1964; Dall'Antonio 2000; Varanini, Faes 2001
Prestavel	Tesaro	galena argentifera fluorite	piombo, argento fondente per l'industria siderurgica, acido fluoridrico	'500 1923-1985	imbocchi ancora visibili ma non accessibili per motivi di sicurezza; le vecchie gallerie riaperte nel '900 avevano una sezione di 0,7x25 m	- impianto di selezione del minerale per via gravimetrica fino al 1961, poi impianto di flottazione	- il sito dei bacini di decantazione è ancora in parte visibile e visitabile	la miniera è stata chiusa nel 1985 a seguito dell'incidente causato dalla frana dei bacini di decantazione della fluorite, che distrusse il paese di Stava provocando la morte di oltre 200 persone	Concessione Prestavel: ASM, n. pratica 046	Perna 1964a; Perna 1964b; Morra, Vighi 1964; Castaldo, Stamparoni 1975; Perna 2000; Frizzo 2004a
Pissancae, "Cava del Bol", Valboneta, Valle Aversa	Ziano di Fiemme	ematite, limonite	ferro, terre coloranti	'700; 1923-30	miniera "Cava del Bol [=ocra rossa]" ancora accessibile	due fonderie documentate lungo il Torrente Avisio nel XVI sec.	-	una traccia dell'utilizzo dell'ematite sono le scritte di colore rosso lasciate sulle rocce della zona da pastori e minatori [almeno dal '700]	-	Perna 1964c; Squarzina 1964; Vanzetta 1991; Perna, Guzzo, Zandonai 2005
Valsorda	Predazzo, Moena	ematite, limonite	terre coloranti	anni '20	-	-	-	-	-	Perna, Guzzo, Zandonai 2005
Monte Mulât -	Predazzo	calcopirite	rame	"vecchia	le gallerie sono	due fonderie lungo	-	le ricerche	Concessione Bedovina:	Srbik 1929; Squarzina

Area mineraria	Comune	Minerali estratti	Utilizzo	Periodo	Tracce archeo imbocchi	Siti produttivi documentati	Tracce archeo siti produttivi	Note	Referenze documentarie	Bibliografia
Bedovina	Predazzo	calcopirite	rame	Bedovina?; pre-protostoria?; XII sec.?; 500; 700-800	ancora in parte accessibili (in loc. Bedovina e sotto la cima ovest - "vecchia Bedovina")	il Torrente Avisio nel XVI sec.; tre fonderie lungo il torrente e un forno in loc. Forno frammento di "forno a manica" ritrovato nel torrente Travignolo; a Mezzavalle impianto per la produzione di solfato di rame per l'agricoltura	-	effettuate nella vecchia miniera sono oggi di una piccola ma interessante esposizione all'interno del Museo Geologico delle Dolomiti di Predazzo [curata da Elio Dellantonio]	ASM, n. pratica 0.01	1964; Perna 1964b; Dal Cin 1964; Castaldo, Starnpanoni 1975; Sebesta 1993; Varanini Faes 2001; Dellantonio 2000; Frizzo, Peruzzo, Dellantonio 2010
		calcopirite, scheelite	rame, tungsteno	Bedovina moderna: 1895-1960						
Santa Maria di Vezzana	Predazzo	magnetite	ferro	XII?; XV sec.; fine 600-1850 ca	un imbocco visibile ma in gran parte crollato e accessibile solo per un breve tratto	cf. "Monte Mulat", Bedovina: a Vezzana sorgeva un altolomno	-	all'interno sono state osservate tracce di fiorito [comunicazione Paolo Ferratti - MTSN]	-	Srbik 1929; Squarzina 1964; Perna 1964c; Castaldo, Starnpanoni 1975; Di Colbertaldo, Giudice 1964; Sebesta 1993; Varanini, Faes 2001; Dellantonio 2000
Piz Meda	Moena	magnetite, calcopirite	ferro, rame?	700-800	-	-	-	-	-	Perna 1964c; Di Colbertaldo, Giudice 1964; Dellantonio 2000; Zammattio 2008;
Allochiet	Moena	magnetite	ferro	XVI-XVII sec.	un imbocco accessibile; all'interno rinvenute tracce di fiorito [ricognizione diretta]	-	-	-	-	Srbik 1929; Di Colbertaldo, Giudice 1964; Dellantonio 2000
<b>Valli Giudicarie</b>									1550 - resoconto redditi minarari (ASTn, PV, ST, misc. non reg., n. 351) 29 gennaio 1680 - contrasti vescovo di Trento-Castelbarco per possesso miniere (ASTn, PV, AT, XIII, Slaj).	Stella 1953; Stella 1957
Doss del Sabion	Giustino	quarzo	vetro	800		vetriere in Val d'Alpone	parte degli impianti conservati	-	-	Murara, Perna 1970
Giustino	Giustino, Massimeno	feldspato	ceramica, fondente per vetro	800-2007	cava a cielo aperto a gradoni ancora ben visibile (in via di recupero ambientale) e gallerie in	impianti per prima frantumazione presso la miniera; macinazione negli stabilimenti di Darzo e Trento;	parte degli impianti conservati			Perna, Murara 1965; Castaldo, Starnpanoni 1975; Exel 1987; Salvaia 2003; Castellani <i>et al.</i> , 2005

Area mineraria	Comune	Minerali estratti	Utilizzo	Periodo	Tracce archeo imbocchi	Siti produttivi documentati	Tracce archeo siti produttivi	Note	Referenze documentarie	Bibliografia
					sotterraneo	nell'800 minerale trasportato alle vetriere in Val d'Algone				
Malga Movlina	Bleggio Inferiore	quarzo	vetro	'800		vetriere in Val d'Algone	parte degli impianti conservati	-	-	Murara, Perna 1970; Exel 1987
Val d'Algone	Bleggio Inferiore	quarzo, galena argentifera	vetro, piombo, argento	'800	antichi scavi in parte obliterati dalle ricerche recenti	vetriere nella piana di Stabiei presso rifugio Ghedina e più a sud (a nord del Ponte della Sega)	parte degli impianti conservati			Perna 1964f; Murara, Perna 1970; Preuschen 1973; Ravagnani 1974; Castaldo, Stamparoni 1975; Exel 1987; Perna, 2000; Bonifoli, Lappi 2003; Ferretti c.s. [2013]
		quarzo, minerali radioattivi	vetro, uranio	anni '60	scavi a cielo aperto per quarzo; saggi per minerali radioattivi					
Bocenago	Bocenago	minerali radioattivi	uranio	1958-60	saggi e gallerie	-	-	-	-	Perna 1964f; Ravagnani 1974; Castaldo, Stamparoni 1975; Exel 1987; Ferretti c.s. [2013]
Val di Borzago, Monte Maruzzaldo	Spiazzo	quarzo	vetro	'800	scavi a cielo aperto	quarzo lavorato in Val d'Algone, Carisolo, Tione	parte degli impianti conservati e valorizzati			Bonifoli, Lappi 2003
Grotta-miniera "al Buss"	Stenico	ematite	ferro	'500-'800	grotta-galleria	-	-	filone di ematite messo in luce dalla cavità carsica	Catasto Cavità Naturali VT/TN 26, Stenico	Perna, Guzzo, Zandonai 2005
Valle di San Valentino	Villa Rendena	pirite, calcopirite, magnetite, ematite	ferro, rame	pre-protostoria?; 1919-1955	antiche escavazioni e notevoli discariche [Preuschen 1973]	loc. Forno?	-	secondo Sebesta a questa attività sarebbe legata la presenza di due castellieri al Dos de la Cola di Verdesina e al "Castelac" di Pelugo	-	Trener 1901; Srbik 1929; Perna 1964a; Dessau, Perna 1966; Preuschen 1973; Brigo, Ornenetto, 1974; Exel 1987; Sebesta 1993; Castellani <i>et al</i> 2005; Zammattao 2008
		galena argentifera	piombo, argento	XVI-XVII sec.	-	-	-	Zammattao identifica con questa valle la "Wundertal" citata da Srbik		
Verdesina-Vigo Rendena	Villa Rendena, Vigo Rendena	?	rame?	pre-protostoria?	parecchi piccoli pozzi e una galleria con notevoli discariche	-	-	il rinvenimento di un percussore litico potrebbe essere un indicatore dello sfruttamento in epoca	1469 - miniera nei pressi di Vigo Rendena [BCTr Alb. Misc. III fol. 159-160]	Trener 1901; Perna 1964a; Preuschen 1973
		galena argentifera	piombo, argento	XV-XVI sec.? '900						

Area mineraria	Comune	Minerali estratti	Utilizzo	Periodo	Tracce archeo imbocchi	Siti produttivi documentati	Tracce archeo siti produttivi	Note	Referenze documentarie	Bibliografia
Val di Breguzzo	Breguzzo, Bondo	galena argentifera	piombo, argento	XII? - XVII sec.	-	-	-	preistorica		Trener 1899; Srbik 1929; Di Colbertaldo, 1943; Pernia 1964a; Squarzina 1964; Preuschen 1973; Pfifer-Bavilacqua 1984; Exal 1987; Pernia, 2000; Zammattéo 2008
		pirite, calcopirite	vetriolo?, ferro?, rame	?		-	-	in questa zona doveva trovarsi la miniera "oltre il Monte Durone" (cfr. Referenze documentarie)	27 agosto 1185 - miniera "oltre il monte Durone" caduta degli Appiani al vescovo di Trento (ASTn, PV, SL, caps 2, n. 56) 24 luglio 1680 - Scoperta miniera di piombo nella valle di Breguzzo (ASTn, PV, SL, LXII, 6)	
Monte Giuggia	Roncane	calcopirite?	rame	XVI-XVII sec.? - '800	-	-	-		-	Srbik 1929
Malga Bissina	Daone	magnetite, siderite, cinabro	ferro, mercurio	metà '700-'800	-	impianti di trasformazione a Bagolino	-	ricerche per l'uranio anni '50	-	Srbik 1929; Pernia 1964g; Exal 1987
Val di Daone	Daone	galena argentifera	piombo, argento	'800	-	-	-		-	Pernia 1964f; Preuschen 1973; Ravagnani 1974; Castaldo, Starnpanoni 1975; Pernia 2000; Zammattéo 2008; Ferretti c.s. [2013]
		minerali radioattivi	uranio	1957-58	saggi di ricerca	-	-		-	Srbik 1929; Exal 1987
Alpe Gelo - Valle del Leno	Daone	siderite, magnetite	ferro	'700-'800	-	-	-		-	
Fratell-Boldrino	Condino, Brone	barite	coloranti, fanghi pesanti, radiologia	'900	-	-	-		Concessione Fratelli ASM, n. pratica 001 Concessione Boldrino: ASM, n. pratica 002	Pernia 1964d
Monte Sarren-Serven?	Condino?	minerale di ferro	ferro	'600-'700	-	-	-	"Monte Sarren" o "Sarren" toponimo non localizzato (cfr. referenze documentarie)	Febbraio 1683 - Investitura di una miniera di ferro sul monte Sarren nei pressi di Condino (ASTn, PV, AT, XIII, 1c) 24 maggio 1734 - società mineraria nei pressi di Condino (ASTn, PV, AT, XIII, 7)	Šabesta 1993, p. 87; Stella 1953; Stella 1957
Rio Giulis	Condino, Castel Condino	minerali radioattivi	uranio	1957	saggi di ricerca	-	-		-	Ravagnani 1974; Ferretti c.s. [2013]
Darzo (Pice, Manigole, Malga Dospre - Malga	Storo	barite	coloranti, fanghi pesanti,	fine '800-2009	imbocchi ancora in parte accessibili (area in corso di	laverie, impianti di macinazione, teleferiche	parte degli impianti conservati e in corso di valorizzazione	ultima miniera del Trentino	Concessione Dospre, Malga Dospre di sotto. Tarola, ASM, nn. pratica 013, 021,	Pernia 1964d; Di Colbertaldo, Mazziolo 1964; Pernia 2000;



Area mineraria	Comune	Minerali estratti	Utilizzo	Periodo	Tracce archeo imbocchi	Siti produttivi documentati	Tracce archeo siti produttivi	Note	Referenze documentarie	Bibliografia
Plaz, Valcornera]			radiologia		valorizzazione]				026 <i>Concessione Malga Dospré di satta</i> ASM, n. pratica 021	Petrella 2010
<b>Val di Ledro</b>						nel XVIII-XIX sec. ferriere che lavoravano il metallo proveniente dalla Val Trompia				Squarzina 1964; Zammattao 2008
Barcesino, Besta	Molina di Ledro	dolomite	derivati del magnesio	inizi '800-1978	coltivazione a cielo aperto e in sotterraneo	fabbrica di carbonato di magnesio a Bezzecca nel 1856; nuova fabbrica a Molina di Ledro del 1900; impianto di macinazione in loc. Besta	?	iscrizione commemorativa a del chimico che brevettò il processo di produzione del carbonato di magnesio dalla dolomite su un'abitazione di Pieve di Ledro	ASM, n. pratica 022 <i>Concessione Barcesino</i> <i>Concessione Besta</i> ASM, n. pratica 045	Perna 1965
<b>Brentanico</b>										
Malta	Nago-Torbole	lignite	carbone	'900?	galleria di saggio in parte accessibile	-	-	-	-	Perna 1995
Besagno, San Rocco, Tierno	Mori, Brentanico	ematite, limonite lignite, ematite, limonite	ferro, terre coloranti? carbone, ferro	'600-'700 '800-'900	un imbocco presso l'attuale cava di marmo?	lucina documentata a Mori nel '700	-	-	<i>25 aprile 1879</i> - Scoperte tre miniere di ferro, due ad Ala e una a Besagno (ASTn, PV, AT, XII, 1a)	Giacomelli 1896; Curioni 1839; Srbik 1929; Squarzina 1964; Perna 1964a; Dal Ri 1969-70
Sorne [Ponte del Diaol]	Brentanico	lignite	carbone	1835-1880 ca; anni '30	una galleria visibile poco a valle del Pont del Diaol	-	-	-	-	Squarzina 1964; Ottaviani 2007
Malga Pianeti, San Valentino	Brentanico	celadonite, ematite, limonite, galena argentifera	terre coloranti; piombo e argento?	età romana?; '600-1947	ancora visibili alcuni imbocchi, discariche ed edifici in muratura che costituivano i ricoveri per i minatori	-	-	pigmento verde estratto dalla celadonite ("verde veronese") utilizzato negli affreschi della villa romana di Isera, datata al I sec. d.C.	<i>1886</i> - Nuova miniera ai piedi del Monte Baldo (ASTn, PV, AT, XIII, 1c)	Srbik 1929; Squarzina 1964; Perna 1964c; Exal 1987; Zammattao 2008; Perna; Guzzo, Zandonai 2005; Ottaviani 2007
La Fornace	Ala	salnitro	salnitro	XVII sec.	-	-	-	-	-	Squarzina 1964

Area mineraria	Comune	Minerali estratti	Utilizzo	Periodo	Tracce archeo imbocchi	Siti produttivi documentati	Tracce archeo siti produttivi	Note	Referenze documentarie	Bibliografia
Ala	Ala	minerale di ferro	ferro	XVII sec.	-	-	-	-	22 marzo 1676 - Investitura di una miniera di ferro ad Ala (ASTn, PV, AT, XIII, 1c)	Stella 1953; Stella 1957; Squarzina 1964
<b>Val d'Adige - Val di Cembra</b>										
Dosseni	Roveré della Luna	dolomite	magnesio metallico	1953?	scavi prima a cielo aperto [cava "ad imbuto"], poi anche in sotterraneo	impianti di cernita e frantumazione del minerale presso la miniera; minerale poi portato a Bolzano	?	-	-	Penna 1965
Maso Furlù	Lavis	calcopirite?	rame	pre-protostoria?	tre gallerie e un "cadin" (pozzo) presso il Maso	-	scorie di lavorazione del rame presso il "Doss dei Canopi"	-	Catasto Cavità Artificiali della SAT - CA 9-10 1-1-12; rilevatori GSL 1998, GST 2004	Trener 1899; Squarzina 1964; Pedrotti, Steinberger 1990; D'Amico, Gasparotto, Pedrotti 1998; Frizzo 2004a; Zammattao 2004a; Zammattao 2008; Ferretti c.s. (2013)
		galena argentifera	argento, piombo	XIII-XVI sec.	fonderie per l'argento lungo il fiume Avisio nel Medioevo (a San Lazzaro di Lavis nel 1543)					
		barite?	coloranti, fanghi pesanti, radiologia	'800?	fabbrica per la produzione di "biacca" (colorante bianco) a Lavis					
Faedo, Giovo	Faedo, Giovo	galena argentifera	argento, piombo	XII-XVI sec.; '900	sul Mondaggio molti pozzi ravvicinati, simili a quelli visibili in Calisio; numerose gallerie in parte visitabili anche in altre località vicine (es. "Canopi", Monte Corona); una trasformata in bacino di raccolta delle acque [Acqua di Faedo]	documentata una tucina lungo il Rio Masetti nel 1599	nel Rio Masetti rinvenuti depositi di scorie; tracce di un sito metallurgico preistorico in loc. Zaurast?	-	-	Srbik 1929; Dessau, Duchi, 1966; Castaldo, Stamparoni 1975; Zammattao 2004a; Frizzo 2004a; Zammattao 2008; Avanzini <i>et al.</i> , 2010
<b>Vallarsa</b>										
Monte di Mezzo, Speccheri	Vallarsa	calcopirite?; minerale di ferro [pirite?]; galena	rame?, ferro, argento?, piombo?, zinco?	pre-protostoria?; medioevo?; 1900-1913	tracce di un imbocco ora inaccessibile in Val Gerlano	minerale estratto nel secolo scorso lavorato a Speccheri; documentato un	scorie di fusione preistoriche in Val Restel e a Speccheri	in Val Gerlano secondo la tradizione "miniera d'oro", ma il minerale	-	Zammattao 2003; Ferretti 2011b

Area mineraria	Comune	Minerali estratti	Utilizzo	Periodo	Tracce archeo imbocchi	Siti produttivi documentati	Tracce archeo siti produttivi	Note	Referenze documentarie	Bibliografia
		argentifera?; blenda?				forno a Foppiano [Lepanum furni] nel 1353		è assente nel contesto geologico dell'area; i minatori del secolo scorso riferivano di tracce di scavo e attrezzi da lavoro antichi		
Campogrosso, Cornetto, Pian delle Fugazze, Specchiari	Vallarsa	terre bianche	industria ceramica	'900	saggi a cielo aperto?	-	-	mai avviata una coltivazione sistematica a causa dell'esiguità dei giacimenti e della posizione a quote elevate	-	Dondi <i>et al.</i> 2003; Frizzo 2003
Val dei Lombardi	Trambileno	minerale di ferro?	ferro?	pre-protostoria?; medioevo?	secondo Dal Ri all'epoca in cui scriveva erano visibili chiare tracce di scavi medievali	due fonderie documentate nell'alta valle	scorie di fusione preistoriche in loc. Slacche	il tipo "Val dei Lombardi" potrebbe riferirsi alla presenza di minatori e metallurghi immigrati dalla Lombardia	-	Dal Ri 1969-70; Zammattao 2003; Ferretti 2011b
<b>Altipiani di Folgaria-Lavarone-Luserna</b>						abbondanti tracce di attività metallurgica dell'età del bronzo (forni e scorie di lavorazione presso meighe e pozze d'alpeggio)				Dal Ri 1969-70; De Guio 2006
Monte Rust (Hors)	Folgaria, Lavarone	minerale di ferro?	ferro?	pre-protostoria?; XII-XV sec.	-	documentate due fonderie nel 1440	documentate tracce di una "legnana" lungo il Rio Torto (struttura utilizzata per l'arrosamento del minerale carbonatico)	-	-	Srbik 1929; Sebesta 1992; Zammattao 2003
Monte Melegnon	Folgaria	minerale di ferro?	ferro?	XIII sec.	-	il minerale veniva portato a Vicenza	-		-	Srbik 1929; Sebesta 1992; Zammattao 2003
<b>Dintorni di Trento, Vallagarina</b>										
Ravina (Belvedere)	Trento	gesso	correttivo per cementi	'900	-	-	-	-	-	Avanzini <i>et al.</i> 2010

Area mineraria	Comune	Minerali estratti	Utilizzo	Periodo	Tracce archeo imbocchi	Siti produttivi documentati	Tracce archeo siti produttivi	Note	Referenze documentarie	Bibliografia
San Bartolomeo, Villazzano, Povo	Trento	galena argentifera	argento, piombo	XI-XVI sec.?	nel 1875 presso la chiesa di San Bartolomeo durante i lavori agricoli intercettata una galleria con tracce di scavo manuale; altri imbocchi ora ostruiti a Villazzano (presso via Banala e il Centro Sportivo)	-	-	-	1495 - lettera del vescovo di Trento al giudice minerario per fissare la paga dei minatori nell'area di San Bartolomeo (Alb. Misc. III, fol. 182 v. e. 183 r.)	Trener 1901; Trener 1902; Trener 1917; Dal Ri, Valentini 2010
Cognola di Sopra	Trento	pirite	vetriolo	XVI sec.	-	-	-	-	-	Squarzina 1964
Monte Celva	Trento, Civezzano	galena argentifera	argento, piombo	'400	-	-	-	-	-	Zanmattaeo 2008
Baseno, Garniga Terme, Besenello	Garniga Terme, Besenello	minerale di rame?, minerale di ferro	rame?, ferro	pre-protostonia?, XII sec.	possibile imbocco a Garniga fotografato in Degaspern 2006, p. 55	-	presso il riparo eneolitico di Acquaviva di Besenello è stato rinvenuto un forno per la lavorazione del rame; nelle vicinanze tracce di attività metallurgica anche nei siti di Romagnano Loch e Tof de la Val	nonostante la vicinanza a Trento le miniere di Besenello e Besenello sono quest'area non erano sotto la diretta giurisdizione del vescovo e non erano regolamentate dal <i>Codex Wangianus</i>	1242 - concessione di miniere di ferro a Beseno e Garniga da parte del vescovo [Archivio di Stato di Vienna, <i>Liber iurium in Valle Lagarina</i> , fol. 2]	Trener 1899; Pedrotti, Steinberger 1990; Marzatico 1997; Damico, Gasparotto, Pedrotti 1998; Varanini, Faes 2001; Zanmattaeo 2003; Degaspern 2006
Villa Lagarina (Torano), Lasino	Villa Lagarina, Lasino	lignite	carbone	anni '30	imbocco accessibile	-	-	-	-	Perna 1995
Alcipiano del Monte Calisio						secondo Ausserer le fondente che servivano quest'area si trovavano lungo l'Avio, in loc. San Lazzaro a Lavis, presso Barco di Sotto, Fornace e Seregno		Chr. <i>Caso di studio 1</i> ; tutta l'area mineraria fa parte dell'Ecomuseo Argentario; presso il Museo delle Scienze di Trento sono conservati alcuni attrezzi di scavo ritrovati da Trener nelle gallerie dell'Alcippiano	<i>Liber de Postis Montis Arcantane</i> (1215-1218), <i>Codex Wangianus Minor</i> - fascicolo IX (ASTn) <i>Verleibbuch des Bergrichters von Trient</i> - concessioni minerarie nell'area di Montevaccino e Fornace fra 1489 e 1507 [Archivio di Stato di Innsbruck]	Srbik 1929; Catasto dei Cadini e delle Canope del Calisio (SAT di Cognola anni '80-'90) Forenza 1996; Curzel, Varanini 2007
Monte Corno, Monte Gallina, Val Calda	Trento, Civezzano	galena argentifera	argento, piombo	XI-XVI sec.	visibili anche da DTM LIDAR migliaia di pozzi 'a imbuto' e	secondo Trener in località Asotta di Montevaccino sono	-	-	<i>Gemma 1330</i> - Enrico, figlio di Mainardo I di Carinzia-Tirolo, concede a Nikolaus	Trener 1899; Trener 1917; Srbik 1929; Squarzina 1964; Perna



Area mineraria	Comune	Minerali estratti	Utilizzo	Periodo	Tracce archeo imbocchi	Siti produttivi documentati	Tracce archeo siti produttivi	Note	Referenze documentarie	Bibliografia
					alcune gallerie orizzontali ancora visitabili, con tracce evidenti di scavo manuale	stati rinvenuti dei forni fusori di cui non è rimasta alcuna traccia			von Poschwitz di Kuttberg e ai suoi soci di cercare l'argento nel distretto di Pergine e a Montevaccino [TLA, ms. 106, f. 8v].	1964d; Castaldo, Stamparoni 1975; Piffer, Bevilacqua 1984; Exel 1987; Biasi 1992a; Biasi 1992b; Biasi 1996; Frizzo 2004a; Gorfer 2007; Zammattéo 2008
		barite	coloranti, fanghi pesanti, radiologia	'800-'900	le gallerie che presentano tracce di scavo con esplosivo possono essere datate a questa fase	cf: 'Pralungo, Agli Orti'				
Pralungo, Agli Orti	Trento	barite	coloranti, fanghi pesanti	'800-'900	galleria moderna in loc. Pralungo-Agli Orti (ora presa dell'acquedotto); la miniera moderna intercettava degli scavi più antichi effettuati per la galena	inizialmente barite trasportata in parte a Zai di Cognola e in parte a Klagenfurt; in seguito costruita una teleferica che conduceva a Gazzadina; prima cernita del minerale effettuata in una laveria in prossimità della miniera	ruderi di una laveria e dei piloni della teleferica	-	Concessione Agf Drt: ASM, n. pratica 0.19	Trener 1989; Schik 1929; Squarzina 1964; Perna 1964d; Castaldo, Stamparoni 1975; Piffer, Bevilacqua 1984; Exel 1987; Biasi 1992a; Biasi 1992b; Frizzo 2004a; Biasi 1996; Zammattéo 2008
Busa del Pomar, Masi Saracini	Trento	galena argentifera	argento, piombo	XII-XVI sec.	Busa del Pomar: galleria su due livelli, accessibile; tracce di scavo manuale nei cunicoli più interni; nell'area dei Masi Saracini visibili pozzi ad imbuto come in altre località dell'Altopiano	il colle su cui sorge il vicino Castello di Gardolo di Mezzo è detto "Doss delle Purghie", forse in riferimento ad attività di raffinazione del minerale; cf: "Monte Corno, Monte Gallina, Val Calda"	-	all'interno della Busa del Pomar rinvenuto un frammento di olla in ceramica grezza databile sulla base di confronti tra V-VI e XI-XIII secolo; nel 1800 galleria utilizzata per la coltivazione dei funghi e sfruttata come rifugio antiaereo nella II guerra mondiale	cf: "Monte Corno, Monte Gallina, Val Calda"	Trener 1901; Gruppo Grotte Graddo 1974; Piffer-Bevilacqua 1984; Biasi 1992a; Gorfer 2007
		barite	coloranti, fanghi pesanti, radiologia	'900					Catasto delle Cavità Artificiali della SAT (CA 64 - rilevatore Luca Biasi 2005)	

Area mineraria	Comune	Minerali estratti	Utilizzo	Periodo	Tracce archeo imbocchi	Siti produttivi documentati	Tracce archeo siti produttivi	Note	Referenze documentarie	Bibliografia
Doss delle Grave	Civezzano, Albiano	galena argentifera	argento, piombo	XII-XVI sec.	grande discarica di minerale molto rinaneggiata (interventi recenti per l'estrazione di barite); difficile individuazione degli imbocchi su DTM LIDAR; numerosi imbocchi di gallerie riferibili a diverse fasi cronologiche	-	rinvenute dalle scorie di lavorazione della galena che in base alla tecnica utilizzata sono state ipoteticamente attribuite al XV-XVI sec.	la presenza della discarica ha determinato uno stress nella crescita della vegetazione che ha dato origine ad un particolare biotopo [protetto] caratterizzato da alberi bonsai e cespugli	-	Di Colbataldo, Nardin 1964; Castaldo, Stamparoni 1975; Exel 1987; Cucini Tizzoni 1997; Frizzo 2004a; Garfer 2007; Zammattéo 2008
		barite	coloranti, fanghi pesanti, radiologia	'800-'900						
Santa Colomba, Doss del Cuz	Civezzano, Fornace	galena argentifera	argento, piombo	XII-XVI sec.	numerosi pozzi ad imbuto e diverse gallerie orizzontali accessibili, con sviluppi di qualche centinaio di metri e tracce evidenti di scavo manuale	Trener riferisce della presenza di evidenze di forni fusori, strumenti di lavorazione e antiche sepolture nei pressi della ex chiesa di Santa Colomba (attuale Maso Della Piccola) e di cumuli di scorie nei pressi di Fornace	presso il Castello di Roccafranca di Fornace sono state rinvenute scorie di lavorazione della galena databili in base alla tecnica produttiva al XII-XIV sec.; ricerche condotte dall'Ecomuseo Argentario hanno portato alla luce alcune scorie riferibili alla lavorazione della galena in loc. Pian del Gacc	intorno al lago di Santa Colomba è stato attrezzato il "Sentiero delle canope", che permette di raggiungere alcuni degli imbocchi più visibili e meglio conservati	<i>Concessione Santa Colomba</i> : ASM, n. pratica 0.24	Trener 1899; Trener 1917; Šrbik 1929; Perna 1964a; Perna 1964d; Castaldo, Stamparoni 1975; Piffer-Bevilacqua 1984; Exel 1987; Forenza 1996; Sebesta, Scartazzini 1998; Frizzo 2004a; <i>Silbrarii Montis Arcentarie</i> 2008
		barite	coloranti, fanghi pesanti, radiologia	'800-'900	le gallerie che presentano tracce di scavo con esplosivo, con tratti ampi a profilo regolare (es. tratto iniziale "Canapa del Raite") possono essere datate a questa fase					
Magnago	Civezzano	galena argentifera	argento, piombo	XI-XIII sec.	numerosi pozzi ad imbuto ed una galleria su più livelli interamente scavata a mano	-	le ricerche condotte dall'Ecomuseo Argentario hanno portato alla luce una scoria riferibile alla lavorazione della galena nei pressi di Magnago	all'interno della galleria rinvenuti dei lumini in pietra: l'analisi C-14 del contenuto ha fornito una datazione tra XI e XIII sec. [analisi commissionate dall'Ecomuseo Argentario]	-	-
<i>Alta Valsugana e Valle del Fersina</i>		presenza di oro nelle sabbie del Torrente Fersina				diversi impianti produttivi datati al Bronzo Recente-Finale; documentata una		l'inizio dell'attività in quest'area viene collegato da molti autori	<i>Gennaio 1930</i> - Prima notizia sull'industria mineraria della valle del Fersina: concessione a un imprenditore di Kuttentberg	Trener 1899; Squarzina 1964; Sebesta 1965; Riedmann 1979; Castelli 1996; Forenza 1996; Marzatico 1997; Forenza

Area mineraria	Comune	Minerali estratti	Utilizzo	Periodo	Tracce archeo imbocchi	Siti produttivi documentati	Tracce archeo siti produttivi	Note	Referenze documentarie	Bibliografia
						fonderia a Pergine nel 1350		all'assurimento dei giacimenti sull'Altipiano del Calisio	per la ricerca di argento nel distretto di Pergine e a Montevaccino (TLA, ms. 106, f. 8v).  1504 - Primo giudice minerario perghinese (TLA, PA, XIV, 467)  1510-1520-1527-36 - Resconti sui redditi minerari del distretto (ASTn, PV, ST, misc. non reg., n. 351)  1531 - «Acta mineralia de Pergine» (ASTn, PV, AT, XII, 3)  17 settembre 1680 - elenco delle miniere ancora attive nella valle del Fersina (ASTn, PV, AT, XII, 4)  1772 - Inchiesta sulle cause della decadenza dell'attività mineraria (ASTn, PV, AT, XII, 1b).	2005; Gramola 2000; Frizzo 2004a; Frizzo 2004b; Zammattéo 2003, 2004a, 2004b, 2008
Calceranica, Caldonazzo	Calceranica, Caldonazzo	calcopirite, pirite?, galena argentifera?  pirite, galena argentifera  pirite	rame, ferro?, argento, piombo  vetriolo, piombo, argento  vetriolo, sugarina	pre-protostoria, medioevo  *500-600  *800-1964	una delle gallerie recenti in parte accessibile e musealizzata (Parco Minerario di Calceranica)	nel 1544, alla raffineria di Tenna giungeva anche il rame estratto a Calceranica	In loc. Somi e presso Maso Michelini tracce di un forno (rame e ferro?, Medievale?); scone, macchine e levigatoi nel Mandola e presso la chiesa di Sant'Ermelto; laverie collegate alla fase di attività recente	probabile area di approvvigionamento del rame lavorato nei siti di Riparo Gaban e Acquaviva di Besenello e negli altipiani di Lavarone e Luserna in base alle analisi effettuate sulle scone	1678 - pozzo presso la Mandola (ASTn, "Acta mineralia Persen" non registrati, Vicario Malfatti)  Concessione Andreallo: ASM, n. pratica 017  Concessione Calceranica: ASM, n. pratica 004	Srbik 1929; Perna 1964b; Squarizza 1964; Morra 1964; Ogibben, 1966; Dal Ri 1969-70; Preuschen 1973; Castaldo, Stamparoni 1975; Exel 1987; D'Amico, Gasparotto, Pedrotti 1998; Frizzo 2004a; Frizzo 2004b; Zammattéo 2004b; Detomaso 2005; Degasper 2006; Artoli et al. 2008a; Frizzo 2010; Artoli et al. 2010
Monte di Selva, Valdrana	Levico Terme	galena argentifera	argento, piombo	XI sec.?, *800	tracce di saggi di scavo effettuati con esplosivo	-	-	-	-	Gramola 2000b; Zammattéo 2008
Vetriolo, Foresta Paroletti, Monte Fronte, Prati di Monte	Levico Terme	calcopirite	rame	Età del Bronzo	ampie depressioni sub circolari (Paroletti) e sbancamenti (Prati di Monte) interpretabili come scavi a cielo aperto,	-	sono presenti diverse discariche di scone di lavorazione del rame e un'area destinata a laviera (Prati di Monte)	l'attività cessa con la fine della scoperta delle acque minerali con proprietà curative nel 1928; la	1459 - miniera sul Monte di San Valentino (BCTn, ms. Cazzuffi n. 173, p. 65)  1541 - miniera di vetriolo sul Monte Fronte (BCTn, misc. 1848, f. 231)	Srbik 1929; Perna 1964b; Squarizza 1964; Dal Ri 1969-70; Preuschen 1973; Bngatti et al. 1974; Exel 1987; Sebesta 1992; Marzatico 1997; Gramola 2000b; Zammattéo

Area mineraria	Comune	Minerali estratti	Utilizzo	Periodo	Tracce archeo imbocchi	Siti produttivi documentati	Tracce archeo siti produttivi	Note	Reference documentarie	Bibliografia
					databili all'Età del Bronzo (strumenti di lavoro in pietra e ceramici);			galleria dell'Acqua Forte è in gran parte percorribile solo su autorizzazione del Servizio Geologico della PAT	16 agosto 1544 – un cittadino di Trento acquista una fondaria per l'argento presso Levico (BCTn, Instrumentum Archivi Cazzuffani, Ms. 186, p. 290, n. 487)	2000; Zammattéo 2003; Frizzo 2004a; Frizzo 2004b; Detomasi 2005
		pirite, galena argentifera	ferro?, vetriolo, argento	'300?-'500-'800	scavi più recenti nella zona delle Acque Forti, nella fossa del Rio Maggiore gallerie scavate manualmente	fondaria per argento documentata nel '500	la trasformazione della pirite in vetriolo avveniva probabilmente nella zona definita "Plan delle Caldierie" [visibili da foto aerea tracce di stress vegetazionale]; fuocine il loc. Guizza lungo il Rio Maggiore		17 ottobre 1585 – Il vescovo concede una miniera di ferro di Monte Fronte (ASTn, PV, SL, LXVI, 14).	
									1764 – miniera sul Monte Fronte e a Levico (ASTn, AT, XII, 1b, 5)	
Vignola-Falesina, Cima d'Orno	Vignola-Falesina	calcopirite	rame	pre-protostonia?	miniera moderna su 8 livelli ancora in parte visibile; visibili alcuni scavi più antichi in loc. Compet (data incisa all'interno 1781), lungo il Rio Rigolar e lungo il Rio Manegol; alcune di esse scavate manualmente con caratteristica sezione rettangolare, / ogivale stretta ed alta oppure ovale nei tratti in cui si individuano tracce di fuoco	quattro forni e un affinatorio documentati nel 1524	scorie di fusione in loc. Slache e Meterbis	molte scavi antichi obliterati dagli interventi del secolo scorso per minerali industriali	1620, 1653 – miniere di vetriolo a Falesina (Archivio Comunale di Pergine, III/42 e III/50-70)	Srbik 1929; Squarzina 1964; Murara, Parma 1970; Preuschen 1973; Castaldo, Stamparoni 1975; Exel 1987; Sebesta 1992; Maiello 2000; Frizzo 2004a; Forenza 2005; Detomasi 2005; Zammattéo, Zampedri 2003; Zammattéo 2008; Frizzo 2010; Avanzini et al. 2010; Canal et al. 2012
		galena argentifera, calcopirite, pirite	argento, piombo, rame, vetriolo	'400-'700					12 novembre 1661 – investita una miniera di rame presso Falesina (ASTn, PV, ST, misc. non reg. n. 351)	
Valar									1705 – scoperta miniera di vetriolo a Vignola (ASTn, PV, AT, XII, 10-11)	
		barite, fluorite	coloranti e fanghi pesanti, radiologia, industria siderurgica e chimica	1953-74					Concessione Vignola: ASM, n. pratica 027	
Valar	Pergine	galena argentifera, blenda	argento, piombo, zinco	'800-1955	Preuschen riferisce la presenza di saggi di scavo visibili nel monumento in cui scrive	fondaria a Pergine nel 1350	-	-	Concessione Valar-ASM, n. pratica 033	Di Colbertaldo, Murara 1964; Preuschen 1973; Castaldo, Stamparoni 1975; Exel 1987; Frizzo 2004a; Detomasi 2005
Torbiera di Canzolino	Pergine	ferro di palude?	ferro	pre-protostonia?	-	-	-	-	-	Sebesta 1993



Area mineraria	Comune	Minerali estratti	Utilizzo	Periodo	Tracce archeo imbocchi	Siti produttivi documentati	Tracce archeo siti produttivi	Note	Referencee documentarie	Bibliografia
Volpare	Pergine	calcopirite, galena argentifera, pirite, blenda	rame, argento, piombo, zinco, vetriolo	medioevo?	alcuni imbocchi ancora visibili	nel 1735 erano presenti due forni a Serso	impianto di lavorazione del rame ai Montessai di Serso [Bronzo Antico]	scavi risalenti almeno ai primi '900 in loc. Lanedol [bacino del Rio Negro]	-	Squarzina 1964; Perini 1978; Pedrotti, Stenberger 1990; Sebasta 1992; Marzatico 1997; D'Amico, Gasparotto, Pedrotti 1998; Detomaso 2005; Zammattao 2008
				pre-protostoria?; XVI sec.						
Roncogno	Pergine	galena argentifera	argento, piombo	medioevo?; '500; 1911-1959	pozzo principale ancora visibile lungo il tracciato della ferrovia della Vasugana?	-	-	antica miniera riaperta con scarsi risultati della soc. 'Mons Argentarius' nel tentativo di rintracciare i giacimenti di galena sfruttati nel medioevo [cfr <i>Caso di studio 2</i> ]	-	Trener 1917; Castaldo, Stamparoni 1975; Exel 1987; Frizzo 2004a; Detomaso 2005
Viavago	Pergine	galena argentifera, calcopirite, pirite, blenda	rame, argento, piombo, vetriolo, zinco	1330-1650 ca	fino al periodo 1920-30 si accedeva direttamente dal paese alla galleria Santa Barbara; molti imbocchi antichi visibili ed alcuni ancora accessibili; miniera su 8 livelli chiamata "Sette Sospiri"	nel 1524 tre fonderie che lavoravano piombo e ottone	-	miniera nominata negli «Acta mineralia de Pergine»	1519 e 1524 - scavi e tre fonderie della compagnia mineraria A. Pona, G.B. a Prato [BCTn ms. 2649; ASTn, ST, misc. non registrata n. 351]	Perna 1964b; Squarzina 1964; Murara, Perna 1970; Omenetto, Detomaso 1970; Preuschen 1973; Castaldo, Stamparoni 1975; Exel 1987; Sebasta 1992; Castelli 1996; Masello 2000; Frizzo 2004a; Zammattao, Zampedi 2004; Zammattao, Zampedi 2005; Forenza 2005; Detomaso 2005; Zammattao 2007; Zammattao 2008
				'700		nel 1735 due forni a Serso			1605 - rescconto produzione miniere di Viavago (ASTn, PV, AT, XII, 10)	
		calcopirite, pirite, galena argentifera, blenda, quarzo	rame, argento, piombo, vetriolo, zinco, vetro	1850 ca - 1940		-			Concessione Viavago: ASM, n. pratica 0103	
Canezza	Pergine	calcopirite	rame	Età del Rame-Età del Bronzo?	imbocchi antichi sulla dx del Torrente Fersina	nel 1563 documentate strutture per la lavorazione del minerale azionato idraulicamente [lungo il Fersina o il Rio Rigolar]	presso il Croz del Claus è stato rinvenuto un forno per la lavorazione del rame datato fra Età del Rame e Bronzo Antico	l'estrazione del quarzo è testimoniata dal toponimo 'Silicifera'	1547-81 - minatori provenienti da Sterzing e Schwatz (Atti battesimali, Canonica di Pergine)	Srbik 1929; Preuschen 1973; Sebasta 1992; Marzatico 1997; Pedrotti, D'Amico, Gasparotto 1998; Detomaso 2005; Forenza 2005
		calcopirite	rame	XVI-XVII sec.						
		fluorite, quarzo	industria siderurgica e chimica, vetro	1950-60	imbocchi recenti alla foce del Rigolar e presso il Croz del Claus				1678 - concessione di una nuova miniera (ASTn, AT, XII, n.4)	
Prementil	Pergine	minerali di antimonio	industria chimica,	1928-30 ca	brevi gallerie di ricerca ancora in	-	-	-	-	Burtat Fabris, Detomaso, Omenetto 1974; Exel

Area mineraria	Comune	Minerali estratti	Utilizzo	Periodo	Tracce archeo imbocchi	Siti produttivi documentati	Tracce archeo siti produttivi	Note	Referenze documentarie	Bibliografia
			farmaceutica e del vetro		parte visibili?					1987 ; Detomaso 2005
Nogaré, Gaudrate	Pergine, Fornace	pirite, calcopirite, galena argentifera, blenda	vetriolo, rame, argento, piombo, zinco	pre-protostorica?; medioevo?; '500; 1919-1960	alcuni imbocchi ancora in parte accessibili	-	scorie di lavorazione del rame in loc. Laghestel e più a nord presso i Laghi di Serrata e Delle Piazze; scorie di lavorazione dell'argento rinvenute presso il Castello di Roccabruna di Fornace, datate fra XII e XIV sec.	una delle gallerie di Gaudrate era stata candidata alla riapertura a scopo didattico	<i>Concessione Gaudrate</i> : ASM, n. pratica 0.02 <i>Concessione Nogaré</i> : ASM, n. pratica 0.23	Penna 1964c; Squarzina 1964; Omeretto 1967; D'Amico, Venturini 1968; Omeretto, Detomaso 1970; Preuschen 1973; Castaldo, Stamparoni 1975; Exel 1987; Sebesta 1992; Frizzo 2004a; Detomaso 2005; Zammattéo 2008
Gril	Baselga di Piné	galena argentifera, blenda	argento, piombo, zinco	XV-XVI sec.; '900	alcuni imbocchi ancora visibili lungo il Rio Negro	-	-	attività estrattiva per argento in questo periodo anche nella zona di Gardizola e Montagnaga	-	Andreatta, 1928; Zammattéo 2008; Detomaso 2005
Le Trote	Baselga di Piné	minerali manganese-ferri	manganese (industria siderurgica)	'900	-	-	-	-	-	Frizzo 2004a; Detomaso 2005;
Brusago, Croz della Regnana	Bedollo	calcopirite?, galena argentifera, minerale di ferro	rame?, argento, piombo, ferro,	pre-protostorica?; medioevo?; '600-'700	-	nel 1735 costruita a Roncegno una fonderia in cui si lavorava anche il minerale estratto a Brusago	scorie di rame in molte località della zona; nelle vicinanze si trovano anche i siti fusori dell'Età del Bronzo di Acquafredda (Passo del Bedebus) e Malga Carbruncoi	-	1568 - miniera di ferro sul Rivo di Bedol (ASTn, AT, XIII.53, pos.3) 1687 - miniera di ferro sul Croz della Regnana (ASTn, AT, XIII.1.C, n. 10)	Squarzina 1964; Sebesta 1992
Frassilongo (Goldprunn)	Frassilongo	calcopirite, galena argentifera, oro	rame, argento, piombo, oro	1330-1600 ca	-	-	-	il toponimo 'Goldprunn' indica una località in territorio di Frassilongo non ben identificata nella quale è documentata un'attività estrattiva fra XIV e XVI sec.	1678 - rescanto sulla produzione di vetriolo e attività di una miniera di ferro a Frassilongo (ASTn, PV, AT, XIII. 4) 1756, 1779, 1783 - fonderia in loc. Milpoch (distruita dal Fersina assieme nel 1783) (ASTn, Atti Notarili, Francesco Alpruni, G.G. Ghebel)	Sebesta 1992; Maiello 2000; Zammattéo 2008
Cima di Mezzodi,	Frassilongo	calcopirite	rame, argento, piombo	Età del Ferro?	cavità inbutiformi e	i forni si trovavano in loc. Milpoch, al confine con Fierazzo	presso Malga Terribis	-	cf. 'Frassilongo'	

Area mineraria	Comune	Minerali estratti	Utilizzo	Periodo	Tracce archeo imbocchi	Siti produttivi documentati	Tracce archeo siti produttivi	Note	Referenze documentarie	Bibliografia
Cento Pozzi, Terribis	Frassilongo	calcopirite,	rame	Età del Ferro?	piccole gallerie con un'estesa discarica in loc. 'Cento Pozzi'; Terribis tracce di gallerie e discariche	-	un percussore llico, incudinelle, levigatori e frammenti ceramici riferibili all'orizzonte Luco (IX-VI sec. a.C. ca), oltre ad un esteso impianto metallurgico, presso la loc. 'Cento Pozzi' numerose macine in porfido	-	cfr 'Frassilongo'	Dal Ri' 1969-70; Murara, Perna 1970; Preuschen 1973; Exel 1987; Sèbasta 1992; Frizzo 2004a; Detomaso 2005; Zammattéo 2008; Frizzo 2010
		calcopirite, pirite, galena argentifera	rame, vetriolo, ferro?, argento, piombo	XVI sec.						
		fluorite, quarzo	industria siderurgica e chimica, vetro	1950-1960 ca						
Tingherla	Frassilongo	calcopirite, galena argentifera	argento, piombo, rame	XIV-XIX sec.	miniere antiche lungo il Rio Rigolir; miniera recente ancora accessibile	-	-	-	-	Srbik 1929; Murara, Perna 1970; Exel 1987; Maiello 2000; Frizzo 2004a; Zammattéo, Zampedri 2005; Detomaso 2005; Zammattéo 2008
		fluorite, quarzo	industria siderurgica e chimica, vetro	1929-1960 ca						
San't'Orsola [Canopi], Monte Brada	San't'Orsola Terme	galena argentifera, pirite	argento, piombo, vetriolo	XIII-XVII sec.	miniera trasformata in luogo di raccolta delle acque minerali, in parte visitabile	-	-	'Canopi' è il termine derivato dal tedesco con il quale si indicavano i minatori nel Medioevo	1510 - imprenditori tedeschi estraggono a San't'Orsola (ASTn, ST, atti non registrati n. 351)	Srbik 1929; Perna 1967b; Preuschen 1973; Sèbasta 1992; Maiello 2000; Forenza 2005; Zammattéo 2008; Frizzo 2010; Avanzini <i>et al.</i> 2010
San Francesco-San Felice, loc. Aobis, Rio Prighel, Prindall	Fierozzo, San't'Orsola Terme	calcopirite	rame	pre-protostoria?	discariche antiche lungo il Rio Prighel	-	scorie di rame in molta località della zona; piccola fonderia in Val degli Slompi; tracce di una laventa lungo il Rio Prighel	-	1531 - due miniere e una fonderia all'Aobis (Aubies) (ASTn, Codice Cles XIII, pp. 11-15)	Squarzina 1964; Preuschen 1973; Sèbasta 1992; Castelli 1996; Maiello 2000; Frizzo 2004a; Forenza 2005; Detomaso 2005; Zammattéo 2008; Frizzo 2010
		galena argentifera	argento, piombo	XV-XIX sec.	miniera in loc. Aobis in parte visitabile (a fondovalle nei pressi del torrente)	una fonderia e tre forni documentati a Fierozzo nel 1442; forno fusorio attivo nella seconda metà del '700	nel 1382 notizia di un possibile molino minerario (sul Rio Molino) e di un forno; fonderia all'Aobis nel 1531; nel 1783 in loc. Milpoch vengono distrutte da una piena del Fersina una miniera e una fonderia, attiva dal 1756	miniera nominata negli « <i>Acta mineralia de Pergine</i> »; Sèbasta riporta la notizia di una "chiesa canopi" (dei minatori) sul colle di San Lorenzo nel XVI secolo	1680 - 13 miniere a Fierozzo (ASTn, ST, atti non registrati n. 351)	
		fluorite	industria siderurgica	1950-64	gli interventi di recupero	-	-	attività recente soprattutto	Concessione Fierozzo; ASM, n. pratica 0.20	

Area mineraria	Comune	Minerali estratti	Utilizzo	Periodo	Tracce archeo imbocchi	Siti produttivi documentati	Tracce archeo siti produttivi	Note	Referenze documentarie	Bibliografia
Palù del Fersina, Val Cava, Lago-Maso Erdemolo, Monte Gronlait	Palù del Fersina, Fierozzo, Torcegno	calcopirite, calcopirite, galena argentifera, oro [pirite aurifera?]	rame, rame, argento, piombo, oro	Età del Bronzo fine XII?- XVII sec.	ambientale hanno in parte obliterato le tracce dell'estrazione	-	nelle vicinanze si trovano i siti metallurgici di Acquafredda (Passo del Pedebus) e Malga Carboncò; in numerose località della zona sono state trovate discariche di scorie	lungo il Rio Prighel nel '500 l'oro di Palù veniva portato a Venezia per essere raffinato; l'oro si ricaveva anche nella sabbie del Fersina; significativo il toponimo "Knappenwald"	1510 - imprenditori tedeschi estraggono a Palù ed Erdemolo (ASTn, ST, atti non registrati n. 351) 1544 - attivi pozzi San Filippo e San Giacomo ASTn, ST, atti non registrati n. 351 1570 - cinque miniere attive nella zona (ASTn, AT, XIII, SL, capse 65, n. 42)	Srbik 1929; Squarzina 1964; Murara 1966; Preuschen 1973; Castaldo, Stamparoni 1975; Exel 1987; Pedrotti, Steinberger 1990; Sebasta 1992; Castelli 1996; Marzatico 1997; Cierny, Marzatico et al. 1998; Frizzo 2004a; Detomaso 2005; Forenza 2005; Zammattao, Zampedi 2005; Zammattao 2008; Frizzo 2010
<b>Bassa Valsugana</b>										
Val di Sella	Borgo Valsugana	calcopirite, galena, blenda	rame, argento, piombo, zinco	pre-protostonia?; '900	antichi scavi sul versante meridionale	-	rinvengono discariche di scorie presso la Val delle Tavole, Malga Costa e Malga Manazzo	possibile area di approvvigionamento del minerale lavorato sull'Altipiano di Asiago-Vezzena-Lavarone-Luserna [trasportato lì per la maggior disponibilità di legna?]	-	Srbik 1929; Dal Ri 1969-70; Preuschen 1973; Sebasta 1992; Gramola 2000; Frizzo 2004a; Frizzo 2004b; De Guio 2006
Val Coalba, Val Bronzale	Castelnuovo, Villa Agneda - Despolaletto	lignite	carbone	'800	-	-	-	-	-	Squarzina 1964; Castaldo, Stamparoni 1975
Val Calamento, Val Campelle, Brentana, Monte Cina	Telve, Scurelle, Samone	quarzo	vetro, industria ceramica, metallurgica ecc.	'900	tracce di scavi a cielo aperto visibili anche da DTM LIDAR	-	-	rinangono nella cartografia attuale il toponimo "Miniera di quarzo abbandonata" e "Cava di quarzo"	-	Murara, Perna, 1970; Perna, 2000
Val Caldenave	Scurelle	feldspato	industria ceramica	'900	sul DTM LIDAR è ben visibile la cava a cielo aperto	una teleferica trasportava il minerale	-	coltivata in parte cielo aperto in parte	-	Perna, Murara 1965



Area mineraria	Comune	Minerali estratti	Utilizzo	Periodo	Tracce archeo imbocchi	Siti produttivi documentati	Tracce archeo siti produttivi	Note	Referenze documentarie	Bibliografia
Val Cavé	Torcegno, Talve di Sopra	calcopirite	rame	pre-protostoria; XIV-XVI sec.; 700-800	visibili discariche e poche tracce di attività estrattiva	-	tracce di attività metallurgica presso Malga Samona, Prima Busa e Torrente Ceggio	in sotterraneo	1777 - sul Monte di Cavé investitura per una miniera di rame abbandonata (ASTn Atti Notarili, Andreatta Giacomo, 6 Luglio 1733)	Srbik 1929; Dal Ri 1969-70; Preuschen 1973; Sébasta 1992
Crepaldo, Rondise	Ronchi	minerale di rame, pirite	rame, vetriolo	pre-protostoria; XIV-XVI sec.?	-	-	scorie presso Malga Crepaldo	-	1328 - documentata la presenza di minatori a Ronchi (BCTn, ms. 2685, f. 98) 1540 - imprenditori veronesi chiedono l'investitura di una miniera di vetriolo in località Ronchi (ASTn, PV, SL, XLVI, 7)	Stella 1953; Stella 1957; Preuschen 1973; Zammattao 2008
Pamera	Roncegno	magnetite	ferro	pre-protostoria?; 800?; 1900-1945	secondo Preuschen visibili "antichi" scavi e discariche; gli imbocchi della miniera moderna sono ancora visibili	fornice attiva a Roncegno fino al 1845; una teleferica trasportava il minerale ad un impianto di frantumazione presso Roncegno	-	-	-	Squarzina 1964; Perna 1967a; Omenetto 1968; Preuschen 1973; Castaldo, Stamparoni 1975; Exel 1987; Ciarny 1997; Frizzo 2004a; Detomaso 2005;
Monte Zaccan	Roncegno	barite, fluorite	industria siderurgica e chimica, coloranti, fanghi pesanti	1950-1970 ca	imbocchi ancora visibili? (6 livelli)	il minerale veniva trasportato con una teleferica presso l'abitato di Marter	-	-	Concessione Zaccan: ASM, n. pratica 022	Di Calbertaldo 1965; Exel 1987; Frizzo 2004a; Detomaso 2005
Tesobbo, Busa del Tossego, Val della Borba	Roncegno	galena argentifera?, calcopirite?	argento?, piombo?, rame?	pre-protostoria?; 500?; 800	secondo Preuschen all'epoca in cui scrive ancora visibili imbocchi e discariche antichi	-	presenza di scorie in loc. Larganzani e Bochen	toponimo "Busa del Tossego" dovuto alla presenza di minerale di arsenico	-	Preuschen 1973; Sébasta 1992; Zammattao 2008;
Cinquevalli	Roncegno, Novaletto	calcopirite, galena argentifera, blenda	rame, piombo, argento, zinco	pre-protostoria; 1640-1941	documentati alcuni scavi a cielo aperto; imbocco ancora accessibile in loc. "Le Miniere"	documentate fondarie a Borgo Valsugana nel XVI sec (piombo), a Roncegno nel 1735 e nel 1810 allo sbocco della Val Larganza; nel 1937 viene	tracce di forni fusori preistorici lungo il sentiero Roncegno-Panarotta, presso Malga Masi, Malga Erteri, Malga Castello; discariche di scorie lungo il Torrente Argento;	rinvenuti cunei in legno induriti per tendere la roccia [Dal Ri 1969/70]	XVI sec. - produzione piombo presso Borgo Valsugana (ASTn, AT, XIII, 9) Concessione Cinquevalli: ASM, n. pratica 005	Srbik 1929; Perna 1964e; Benilori et al. 1968; Dal Ri 1969-70; Preuschen 1973; Castaldo, Stamparoni 1975; Exel 1987; Sébasta 1992; Maiello 2000; Zammattao 2003; Frizzo 2004a; Detomaso 2005;

Area mineraria	Comune	Minerali estratti	Utilizzo	Periodo	Tracce archeo imbocchi	Siti produttivi documentati	Tracce archeo siti produttivi	Note	Referenze documentarie	Bibliografia
		fluorite	industria siderurgica e chimica	1951-1960?		costruita una laveria	scorie segnalate dalla presenza di <i>silene infusa</i>			Zammatten, Zampedi 2005
<b>Primiera</b>										
Caoria	Canal San Bovo	calcopirite, galena argentifera	rame, argento, piombo,	'500-'800	numerosi gallerie in parte accessibili	fori fusori e molini alimentanti in loc. Bolpi (Belle)	-	in loc. Losi una casa portava una data 1483 e i simboli dei minatori	-	Castaldo, Stamparoni 1975; Zanetel 1993; Taulfer 1993; Fontana 1993b; Fontana 1993
Val Reganel	Canal San Bovo	galena argentifera, calcopirite, minerale di ferro	argento, piombo, rame, ferro	'500-'800	scavi in parte accessibili su entrambi i versanti della valle; alcuni presentano tracce di scavo manuale	cf. 'Caoria': il minerale veniva convogliato nei fori a fondovalle tramite dei canali di legno	scorie di fusione lungo il rio	-	-	Srbik 1929; Squarzina 1964; Castaldo, Stamparoni 1975; Zieger 1975; Sebesta 1992; Zanetel 1993; Zieger 1993b; Taulfer 1993b; Toffol 1996
Prolongo	Canal San Bovo	calcopirite	rame	fine '800-'1944	numerosi gallerie in parte accessibili alcune delle quali presentano tracce di scavi più antichi	nel 1914 vengono costruiti lungo il Vanoi impianti di cernita del minerale, una laveria, una funicolare e una centrale idroelettrica	-	-	-	Penna 1964e; Exal 1987; Murara, Penna, 1970; Zanetel 1993; Taulfer 1993b; Taulfer 1993c; Toffol 1996
		quarzo, fluorite	industria vetraria, ceramica, chimica, siderurgica	anni '50-'60?						
Cima d'Arzon, Alpe Folga, Valsorda	Mazzano, Canal San Bovo, Imar	calcopirite, galena argentifera, minerale di ferro	rame, argento, piombo, ferro	XII?-XVI sec.; '800	-	il minerale alimentava i fori posti in Val Lunga, sul Vanoi e a Transacqua	-	-	-	Srbik 1929; Zieger 1975; Exal 1987; Sebesta 1992; Zanetel 1993; Zieger 1993; Taulfer 1993a; Taulfer 1993b; Toffol 1996
Col Santo, Val Martina, Terre Rosse, Canalet	Siror	calcopirite, galena argentifera, blenda, minerale di ferro	rame, argento, piombo, zinco, ferro	XIV-XVI sec.; '800-'900	numerosi cunicoli con discariche abbondanti soprattutto lungo la Val Martina; da alcuni di essi sgorgano delle sorgenti d'acqua	minerale lavorato a valle in loc. "Giare/Terre Rosse" alla confluenza fra la Val Martina e la Val Fusinela	-	la loc. "Terre rosse" o "Giare rosse" dovrebbe corrispondere all'area dell'antica miniera "Col Santo"; attiva nel XIV sec.	-	Srbik 1929; Penna 1964c; Zieger 1975; Exal 1987; Sebesta 1992; Zanetel 1993; Zieger 1993a; Zieger 1993b; Fontana 1993; Taulfer 1993; Toffol 1996; Frizzo 2004a; Frizzo 2004b
Sass Maor, Ronzi	Siror	galena argentifera, oro?	argento, piombo, oro?	XII-XVI sec.	-	-	-	scarse notizie; pare sia una delle aree	-	Zanetel 1993; Taulfer 1993a

Area mineraria	Comune	Minerali estratti	Utilizzo	Periodo	Tracce archeo imbocchi	Siti produttivi documentati	Tracce archeo siti produttivi	Note	Referenze documentarie	Bibliografia
Castel Pietra (Val Canali)	Tonadico	galena argentifera, minerale di ferro, minerale di rame	argento, piombo, rame, ferro	XVI-XVIII sec.	nel 1952 esisteva un cunicolo ancora accessibile in loc. Guane (Madonna della Luce)	officine di lavorazione del castello distrutte da un'inondazione nel 1748	-	estrazioni più antiche e la prima ad essere abbandonata	-	Squarzina 1964; Zanetel 1993; Zieger 1993b; Tauffer 1993; Toffol 1996
"Via Nova" (Valle San Pietro, Soudelle, Solani)	Imer, Mezzano	minerale di ferro, minerale di rame	ferro, rame	XVI-XIX sec.	molte gallerie spesso utilizzate come prese d'acqua dagli acquedotti comunali	la "Via Nova" era la strada costruita per facilitare il trasporto del minerale verso la "Ferrarezza" di Transacqua	cf. "Transacqua": In loc. Scudelle tracce di un forno fusorio e di una discarica di minerale di rame; In loc. Bus a Imer la "rotonda" di un'abitazione è ricavata da un antico forno	-	2 - in Valle San Pietro si coltivavano rame, argento, piombo [Archivio Welsperg, Monguelfo, cass. 71, f. 55]	Srbik 1929; Squarzina 1964; Sebesta 1992; Zanetel 1993; Zieger 1993b; Tauffer 1993a; Toffol 1996
Val Noana	Mezzano, Transacqua	siderite	ferro	XVI-XIX sec.	-	minerale lavorato presso il Pian delle Fusine, all'imbocco della Val Nagaoni	-	-	-	Zanetel 1993; Zieger 1993b; Tauffer 1993a; Toffol 1996
Monte Badolè, Pezze Alte	Mezzano, Transacqua	calcopirite, galena argentifera	rame, argento, piombo	pre-protostoria?; 500	-	nel 500 il minerale veniva trasformato alle Terre Rosse	tracce di forni fusori di epoca preistorica e scorie	-	-	Perna 1967c; Preuschen 1973; Sebesta 1992; Fontana 1993; Zanetel 1993; Tauffer 1993; Toffol 1996
Transacqua	Transacqua	galena argentifera, siderite	argento, piombo, ferro	XII-XVI sec.; 700-1866	gallerie in parte accessibili lungo la Val Uneda; visibili da DTM LIDAR	un altoforno si trovava presso l'attuale Villa Esker; un'altra fornace lungo la strada per Agordo; fucina per l'argento documentata nel 400	nel centro di Transacqua [loc. Forno] sono ancora visibili i ruderi della fucina detta "Ferrarezza"	i prodotti in ferro realizzati alla "Ferrarezza" avevano il marchio G.W.P. (Giovanni Welsperg Primiero); progetto di valorizzazione per la galleria "Friede di Sotto"	-	Srbik 1929; Squarzina 1964; Perna 1964c; Castaldo, Stamparoni 1975; Zieger 1975; Exal 1987; Zanetel 1993; Zieger 1993b; Tauffer 1993a; Tauffer 1993d; Toffol 1996; Gerny 1997
		siderite, barite	ferro, coloranti, fanghi pesanti, radiologia	1910-1970						

Area mineraria	Comune	Minerali estratti	Utilizzo	Periodo	Tracce archeo imbocchi	Siti produttivi documentati	Tracce archeo siti produttivi	Note	Referenze documentarie	Bibliografia
Monte Asinozza [Sasso Padella]	Transacqua	galena argentifera, sidente	argento, piombo, ferro	XII-XVI sec.; '800-'900	-	cf. "Transacqua"	cf. "Transacqua"	prima notizia storica documentata dello sfruttamento minerario nel Primitivo (doc. 1350)	-	Srbik 1929; Zieger 1975; Zieger 1993a; Zieger 1993b; Tauffer 1993a; Toffol 1996; Zammattio 2008
	Sagron Mis	cinabro	mercurio	fine 700- 1879; 1920- 1962	alcuni imbocchi ancora accessibili anche se pericolosi; un sentiero di visita [“La via dell'oro e del mercurio”] permette di raggiungere i due imbocchi principali	i primi impianti di raffinazione vennero costruiti nel 1855, prima il minerale veniva trasportato fino a Murano	-	possibile identificazione di Sagron con Sagwa in cui nel XVI sec si coltivavano argento e ferro; la galleria principale si trova in parte nella provincia di Belluno	-	Srbik 1929; Pama 1964b; Squarzina 1964; Società Mineraria Valtella 1964 Baccos 1968; Fellerer 1970; Zieger 1975; Zieger 1993b; Zanetel 1993; Caneve 1993; Toffol 1996
Vallalta-Sagron Mis		oro	oro	1946-1949						



# BIBLIOGRAFIA

- B. AGOSTINI 1992, *La Via Altinate sulle Falde del Calisio*, in *Il Monte Calisio: ieri, oggi, domani*, Cognola, pp. 91-94.
- B. ANCEL 1997, *La mine du Fournel (L'Argentière-La-Bessée, Hautes Alpes, France): l'exploitation rationnelle aux Xème-XIVème siècles d'un filon de plomb argentifère*, in BRIGO, TIZZONI 1997, pp. 161-193.
- B. ANCEL 2008, *Le paysage minier en zone de montagne: l'exemple des Hautes-Alpes*, in BAILLY-MAÎTRE, JOURDAIN-ANNEGUIN, CLERMONT-JOLY 2008, pp. 233-247.
- C. ANDREATTA 1928, *Sulle arsenopiriti dei giacimenti minerari di Calceranica e Caldonazzo nel Trentino*, "Studi Trentini di Scienze Naturali", 9, pp. 90-102.
- C. ANDREATTA 1949, *Origine dei giacimenti nel Permiano superiore nel Trentino: influenza del Mn sulla metallizzazione a galena argentifera*, "Mem. Ist. Geol. Padova", 16, pp. 78-85.
- C. ANDREATTA 1954, *La Val di Pejo e la Catena Vioz-Cevedale. Studio geo-petrotettonico e minerario di una parte del massiccio dell'Ortles*, "Acta Geol. Alpina", 5.
- C. ANDREATTA 1964, *I giacimenti ferrieri della Val di Pejo*, in PERNA 1964, pp. 221-241.
- C. ANDREATTA 1957, *La Regione Trentino-Alto Adige e le sue risorse minerarie*, Trento.
- L. ANGUILANO, I. ANGELINI, G. ARTIOLI, M. MORONI, B. BAUMGARTEN, H. OBER-RAUCH 2002, *Smelting slags from Copper and Bronze Age archaeological sites in Trentino and Alto Adige*, in C. D'AMICO (a cura di), *Atti Il Congresso Nazionale di Archeometria* (Bologna, 29 Gennaio-1 Febbraio 2002), pp. 627-638.
- H. APPELT, 1975-1990, *Die Urkunden Friedrichs I*, in H. APPELT (a cura di), *Die Urkunden der deutschen Könige und Kaiser* [M. G. H., Dipl. reg. imp. Germ., 10], vol. 4 [1181-1190], Hannover.
- ArchaeoMontan* 2011 = *Aufbruch unter Tage, Stand und Aufgaben der montanarchäologischen Forschung in Sachsen*, Internationale Fachtagung, Dippoldiswalde, 9. bis 11. September 2010.
- D. ARETINO D., A. BALDASSERINI, S. BARTALUCCI, B. FONDELLI, R. PIERACCIOLI, G. SANTINUCCI 2008, *I Codici minerari: statuti europei a confronto*, Mostra e Giornate internazionali di studio sugli Statuti Minerari antichi e medievali, latini e volgari - Guida all'esposizione, Iglesias - Chiostro di San Francesco, Massa Marittima - Palazzo dell'Abbondanza, 4-21 dicembre 2008.
- G. ARTIOLI, B. BAUMGARTEN, M. MARELLI, B. GIUSSANI, S. RECCHIA, P. NIMIS, I. GIUNTI, I. ANGELINI, P. OMENETTO 2008a, *Chemical and isotopic tracers in Alpine copper deposits: geochemical links between mines and metal*, "Geo.Alp.", 5, pp. 139-148.
- G. ARTIOLI, P. NIMIS, GRUPPO ARCA, S. RECCHIA, M. MARELLI, B. GIUSSANI 2008b, *Geochemical links between copper mines and ancient metallurgy: the Agordo case study*, Rendiconti online della Società Geologica Italiana, 4, pp. 15-18 [www.socgeol.it].
- G. ARTIOLI, I. GIUNTI, I. ANGELINI, GRUPPO ARCA, B. GIUSSANI, M. MARELLI, S. RECCHIA, P. NIMIS, P. OMENETTO, I. VILLA 2010, *Legami geochimici fra miniere, scorie e metallo: verso un modello per determinare la provenienza e la diffusione del rame preistorico*, "Frammenti", 2, Aprile.
- R. ASSERETO, A. BOSELLINI, N. FANTINI SESTINI, W.C. SWEET 1973, *The Permian-Triassic boundary in the Southern Alps (Italy)*, in A. LOGAN, L. V. HILLS (eds), *The Permian and Triassic Systems and their mutual boundary*, Cent. Soc. Petr. Geol. Calgary, pp. 176-199.
- M. AVANZINI 1989 (a cura di), *Castelbosco - ricerche*, Catalogo della mostra (Bosco di Civezzano, 14-23 luglio 1989), Civezzano.
- M. AVANZINI, G. BARGOSSO, G. B., CASTIGLIONI, G. DALMERI, E. ECCEL, A. MANCABELLI, C. MORELLI, C. NERI, V. PICOTTI, G. ROSSER, G. SARTORI, G. ZAMBOTTI 2002, *Note illustrative della Carta Geologica della Provincia di Trento*, scala 1:25.000, Tavola 26 III - Fondo, Firenze.
- M. AVANZINI, G. BARGOSSO, G.M., A. BORSATO, G. B. CASTIGLIONI, M. CUCATO, C. MORELLI, G. PROSSER, A. SAPELZA 2007, *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000*, Foglio 026, Appiano, Provincia autonoma di Trento - Servizio Geologico; Provincia autonoma di Bolzano - Ufficio geologia e prove materiali.
- M. AVANZINI, G. BARGOSSO, G.M., A. BORSATO, L. SELLI 2010, *Note illustrative della Carta Geologica della Provincia di Trento alla scala 1:50.000*, Foglio 060 Trento, Provincia autonoma di Trento - Servizio Geologico.
- F. BACCOS 1968, *Osservazioni geologico-minerarie sul giacimento cinabriifero di Vallalta (Alpi Dolomitiche)*, in *Atti del Symposium Internazionale sui Giacimenti Minerari nelle Alpi*, vol. III, pp. 717-768.
- H.G. BACHMANN 1993, *The Archaeometallurgy of Silver*, in FRANCOVICH 1993, pp. 487-495.
- C.E. BACKMEROFF 2001, *Historical land-use and upper timberline dynamics determined by a thousand-year larch chronology made up of charcoal fragments from kilns and ancient trees*, Abstract from "Tree Rings and People". International Conference on the Future of Dendrochronology, Davos (Switzerland), 22-26 Settembre 2001.
- C.E. BACKMEROFF, G. DI PASQUALE 2001, *Dendrochronological dating of charcoalkilns: a new method for dating historical land use at the upper timberline*, Abstract from "Tree Rings and People". International Conference on the Future of Dendrochronology, Davos (Switzerland), 22-26 Settembre 2001.
- E. BAGGIO, L. DAL RI 2003, *Die Vergangenheit von Castelfeder*, "Montan", pp. 41-44.
- M. C. BAILLY-MAÎTRE 1993, *Les mines médiévales et modernes: aspects techniques*, in FRANCOVICH 1993, pp. 355-379.

- M.C. BAILLY-MAÎTRE 2008, *Mines et métallurgie au Moyen Âge: dialogue entre paysage et archéologue pour restituer un activité passée*, in BAILLY-MAÎTRE, JOURDAIN-ANNEGUIN, CLERMONT-JOLY 2008, pp. 261-270.
- M.C. BAILLY-MAÎTRE, C. JOURDAIN-ANNEGUIN, M. CLERMONT-JOLY 2008 (a cura di), *Archéologie et paysages des mines anciennes*, Paris.
- A. BARILLARI, P. G. JOBSTRAIBIZER, P. OMENETTO 1968, *Il giacimento a piombo, zinco e rame di Cinque Valli in Valsugana (Trentino)*, in *Atti del Symposium Internazionale sui Giacimenti Minerari nelle Alpi*, vol. III, pp. 769-791.
- C. BARTELS 2006, *Das Schwazer Bergbuch: "1556 Perkwerch ect."*, Bochum.
- C. BARTELS 2008, *The Harz Mountains in northern Germany. A European mining landscape*, in BAILLY-MAÎTRE, JOURDAIN-ANNEGUIN, CLERMONT-JOLY 2008, pp. 205-218.
- N. BATELLI, E. CURZEL 2011 (c.s.), *I codici minerari trentini*, in R. FARINELLI (a cura di), *I "codici minerari" nell'Europa preindustriale. Archeologia e storia*, Siena.
- C. BAUDI DI VESME 1877, *Codex diplomaticus Ecclesiensis, Historiae patriae monumenta*, 17, Torino.
- J. BAYLEY, D. CROSSLEY, M. PONTING 2008, *Metals and Metalworking*, HMS Occasional Publication n.6, Wakefield (UK).
- M. BELL, D. DE LUCA, F. GRASSI 2003, *Dal villaggio alla formazione del castello: il caso di Rocchette Pannocchieschi*, in R. FIORILLO, P. PEDUTO (a cura di), *III Congresso Nazionale di Archeologia Medievale* (Salerno 2-5 ottobre 2003), Firenze, pp. 286-292.
- M. BELL, F. GRASSI, R. FRANCOVICH, J. A. QUIROS CASTILLO 2005, *Archeologia di un castello minerario: il sito di Cugnano* (Montetotondo Marittimo, GR), Firenze.
- R. BELL, G. DALMERI, A. FRONGIA, S. GIALANELLA, M. MATTARELLI, M. MONTAGNA, L. TONIUTTI 2011, *Palaeolithic Paintings at Riparo Dalmeri, a Northern Italian Rock Shelter: Materials, Technologies, Techniques*, in *Proceedings of the 37<sup>th</sup> International Symposium on Archaeometry*, 16<sup>th</sup>-18<sup>th</sup> May 2008, Siena, pp. 187-192.
- A. BERNARD, J.C. SAMAMA 1968, *Première contribution a l'étude sédimentologique et géochimique du Trias ardéchois*, Nancy.
- R.H. BEWLEY, S.P. CRUTCHLEY, C.A. SHELL 2005, *New light on an ancient landscape: LiDAR survey in the Stonehenge World Heritage Site*, "Antiquity", 79, pp. 636-647.
- G. BIANCHI, L. DALLAI, S. GUIDERI 2009, *Indicatori di produzione per la ricostruzione dell'economia di un paesaggio minerario: le Colline Metallifere nella Toscana medievale*, a G. VOLPE, P. FAVIA (a cura di), *V Congresso nazionale di archeologia medievale*, (Foggia-Manfredonia, 30 settembre-3 ottobre 2009), Firenze, pp. 638-643.
- L. BIASI 1992a, *L'antica zona mineraria dell'altopiano del Calisio*, in *Il Monte Calisio: ieri, oggi, domani*, Cognola, pp. 105-128.
- L. BIASI 1992b, *Note sul recente sfruttamento minerario nella zona di Pralungo*, in *Il Monte Calisio: ieri, oggi, domani*, Cognola, pp. 129-132.
- L. BIASI 1997, *Sibrani: la leggenda sotto il bosco. Appunti di storia, ricerche, esplorazioni nell'antica zona mineraria del Calisio*, in BRIGO, TIZZONI 1997, pp. 361-367.
- V. BIERBRAUER 1990, *La ceramica grezza di Invillino - Ibligo in Friuli e i suoi paralleli nell'arco alpino centrale e orientale (secc. IV - VII d.C.)*, "Archeologia Medievale", XVII, pp. 57-84.
- J. BLASS 1892, *Beiträge zur Geologie von Tirol. Glaziale Ablagerungen bei Meran und Bozen*, "Verhandl. Der Geol. Reichsanstalt", Wien, pp. 217-222.
- F. BONFIOLI, M. BONFIOLI, E. LAPI 2003, *C'era una volta il vetro... nelle Giudicarie dell'800*, Carisolo (TN).
- S. BORGOGNONI 2008, *Il quadro normativo attuale*, in *Linee Guida 2008*, pp. 56-66.
- P. BRACK, G.V. DAL PIAZ, C. BARONI, A. CARTON, M. NARDIN, G.B. PELLEGRINI, G. PENNACCHIONI 2008, *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000*, Foglio 058, Monte Adamello, Provincia autonoma di Trento - Servizio Geologico.
- PH. BRAUNSTEIN 1993, *Gli statuti minerari nel Medioevo Europeo*, in FRANCOVICH 1993, pp. 277-301.
- PH. BRAUNSTEIN 2001 (a cura di), *La siderurgia alpina en Italie (XII-XVII siècle)*, Roma.
- M. F. BRIGATTI, G. DETOMASO, G. PERNA, L. POPPI 1964, *Le sorgenti minerali di Levico, Vetriolo e Roncigno*, in PERNA 1964, vol. IV, pp. 33-56.
- L. BRIGO, P. OMENETTO 1974, *Metallogenesi nel quadro dell'orogene ercinico delle Alpi (con particolare riguardo al versante italiano)*, "Mem. Soc. Geol. It.", 13, suppl. 1, pp. 339-362.
- L. BRIGO, M. TIZZONI 1997, *Il Monte Calisio e l'argento nelle Alpi dall'antichità al XVIII secolo*, Atti del Convegno europeo, Civezzano-Fornace (Tn) 12-14 ottobre 1995, Trento.
- G.P. BROGIOLO 1989, *Ceramica grezza altomedievale*, in G.P. BROGIOLO, S. LUSUARDI SIENA, P. SESINO (a cura di), *Ricerche su Sirmione longobarda*, Firenze, p. 48.
- G.P. BROGIOLO 2007, *Dall'Archeologia dell'architettura all'Archeologia della complessità*, "Pyrenae", 38.1, pp. 7-38.
- C. BRUSCA, G. DESSAU, M. L. JENSEN, G. PERNA 1972, *The Deposits of Argentiferous Galena within the Bellerophon Formation (Upper Permian) of the Southern Alps*, in *2nd Int. Symp. Mineral Deposits of the Alps*, Ljubljana, pp. 159-179.
- C. BRUSCA, M. GAETANI, F. JADUL, G. VIEL 1981, *Paleogeografia ladinico-carnica e metallo genesi del sudalpino*, "Mem. Soc. Geol. It.", 22, pp. 65-82.
- C. BRUSCA, G. PERNA 1997, *Inquadramento e genesi dei giacimenti a galena argentifera del Monte Calisio (Trento)*, in BRIGO, TIZZONI 1997, pp. 19-30.
- B. BURTET FABRIS, G. DETOMASO, P. OMENETTO 1974, *Sulla mineralizzazione a Berthierite (FeSb<sub>2</sub>S<sub>4</sub>) di Prementil presso Viarago (Trentino)*, "Studi Trentini di Scienze Naturali", 51, pp. 30-38.
- M. BUSINO 2008, *Dissesto e contaminazione territoriale in aree minerarie dismesse*, in *Linee Guida 2008*, pp. 69-77.
- F. CAMBI, N. TERRENATO 1994, *Introduzione all'Archeologia dei Paesaggi*, Roma.
- S. CAMPANA, M. FORTE 2006 (a cura di), *From space to place*, II International Conference on Remote Sensing in Archaeology, (Rome, December 4-7 2006), Oxford.
- A. CANAL, B. FASSINA, P. FERRETTI, P. GASPARETTO, S. PEGORARO, F. TOSATO, P. ZAMMATTEO 2012, *Compet galleria a quota 1358 m s.l.m. - Monte Fronte, Vetriolo, Trento*, "Micro", 10, pp. 1-48.
- R. CANAVAL 1912, *Das Vorkommen silberhaltiger Bleierzze am Kalesberg (Monte Calisio) bei Trient*, "Zeitschr. f. Prakt. Geol.", 24, pp. 18, 19, 25.
- L. CANEVE, 1993, *Storia delle miniere e della distillazione del mercurio di Vallalta (Agordino)*, in GADENZ, TOFFOL, ZANETEL 1993, pp. 153-163.

- G. GASCONI, A. CASINI 1997, *Metodologia per lo studio delle attività minerarie antiche nei Monti di Campiglia Martinitima (LI)*, in A. ZANINI (a cura di), *Dal bronzo al ferro: il II millennio a.C. nella Toscana centro occidentale*, Catalogo della Mostra, Livorno, 1997-1998, pp. 21-23.
- A. CASINI, R. FRANCOVICH 1992, *Problemi di archeologia mineraria nella Toscana medievale: il caso di Rocca San Silvestro (LI)*, in *Les techniques minières de l'antiquité au XVIII siècle*, Actes du Colloque International sur les Ressources Minières et l'histoire de leur exploitation de l'Antiquité à la fin du XVIII siècle, Strasbourg, 5-9 Avril 1988, Paris, pp. 249-264.
- G. CASTALDO, G. STAMPANONI 1975, *Memoria illustrativa della Carta Mineraria d'Italia*, Roma.
- A. CASTELLARIN, G.V. DAL PIAZ, V. PICOTTI, L. SELLI, L. CANTELLI, S. MARTIN, L. MONTESOR, G. RIGATTI, G. PROSSER, G. BOLLETTINARI, G.B. PELLEGRINI, A. CARTONA, M. NARDIN 2005, *Note illustrative della Carta Geologica della Provincia di Trento alla scala 1:50.000, Foglio 059*, Tione di Trento, Provincia autonoma di Trento, Servizio Geologico.
- E. CASTELLI 1997, *Progetto di recupero di una miniera nella Valle dei Mocheni (Trento)*, in BRIGO, TIZZONI 1997, pp. 321-332.
- CATASTO DELLE CAVITÀ ARTIFICIALI, S.S.I. Società Speleologica Italiana in collaborazione con S.A.T. Società Alpinisti Tridentini, Tabulato catastale riassuntivo a cura di Marco Meneghini.
- E. CAVADA 1992, *Elementi romani e germani nel territorio alpino tra Adige e Sarca: aspetti e continuità dell'insediamento*, in G.P. BROGIOLO, L. CASTELLETTI (a cura di), *Il territorio tra tardo antico e alto medioevo. Metodi di indagine e risultati*, 3° Seminario sul tardo antico e l'altomedioevo nell'area alpina e padana (Monte Barro-Galbiate), Firenze, pp. 113-115.
- E. CAVADA, A. DEGASPERI 2006, *Archeologia dei castelli medievali alpini: Castrum Sancti Michaelis di Ossana (Val di Sole/Trentino nord-occidentale). Preliminari considerazioni su indagini e materiale*, in R. FRANCOVICH, M. VALENTI (a cura di), *IV Congresso Nazionale di Archeologia Medievale* (Siena, 26-30 settembre 2006), Firenze, pp. 199-205.
- E. CAVADA, T. PASQUALI 1982, *Aspetti di cultura materiale medioevale a Castel Bosco presso Civezzano (Trento)*, "Studi trentini di scienze storiche", Sezione seconda, A. 61, fasc.1, pp. 139-150.
- G. CICCOLINI 1936a, *Immigrati lombardi in Val di Sole nei secoli XIV, XV e XVI*, "Archivio Storico Lombardo", 62, 1935-36, pp. 379-432.
- G. CICCOLINI 1936b, *Miniere di ferro in Val di Sole*, "Strenna Trentina", 1936, pp. 41-43.
- J. CIERNY 1997, *Ferro*, in F. MARZATICO (a cura di), *Ori delle Alpi*, Catalogo della mostra, Trento, Castello del Buonconsiglio, 20 Giugno-9 Novembre 1997, Trento, pp. 93-95.
- J. CIERNY 2008, *Prähistorische Kupferproduktion in den südlichen Alpen, Region Trentino Orientale*, supplemento a "Der Anschnitt", n. 22, Bochum.
- J. CIERNY, F. MARZATICO, R. PERINI, G. WEISGERBER 1998, *Prehistoric Copper Metallurgy in the Southern Alpine Region*, in C. MORDANT, M. PERNOT, V. RYCHNER (a cura di), *L'Atelier du bronzier en Europe du XXe au VIIIe siècle avant notre ère*, Actes du colloque international "Bronze '96", Neuchâtel et Dijon, Paris, pp. 25-34.
- M. CIMA 1986, *Metallurgia in ambiente rurale al sito alto-medievale di Misobolo*, "Archeologia medievale", XIII, pp. 173-189.
- M. CIMA 1991, *Archeologia del ferro: sistemi materiali e processi dalle origini alla Rivoluzione industriale*, Torino.
- G. CIURLETTI 1997, *Le miniere d'argento del Monte Calisio: già note e coltivate prima del Medioevo?*, in BRIGO, TIZZONI 1997, pp. 69-84.
- G. CIURLETTI 2008 (a cura di), *Acqua Fredda - Passo del Redebus: i forni fusori della tarda età del bronzo*, Trento.
- M.E. CORTESE, R. FRANCOVICH 1995, *La lavorazione del ferro in Toscana nel Medioevo*, "Ricerche Storiche", XXV, 2, pp. 435-457.
- P.T. CRADDOCK 1993, *The inception of extractive metallurgy in Western Europe*, in FRANCOVICH 1993, pp. 305-327.
- P.T. CRADDOCK 1995, *Early metal mining and production*, Edinburgh.
- P. CROW 2008, *Historic Environment Surveys of woodland using LiDAR*, www.forestresearch.gov.uk/lidar.
- S. CRUTCHLEY 2006, *Using LiDAR in archaeological contexts: the English Heritage experience and lessons learned*, in *Laser Scanner e GPS*, Firenze, pp. 169-183.
- C. CUCINI TIZZONI 1994, *Miniere e metallurgia in alta Val Brembana - Bergamo (secoli XII-XVI)*, "Bergomum", 2, pp. 47-98.
- C. CUCINI TIZZONI 1997, *Le scorie della riduzione del minerale argentifero del Monte Calisio*, in BRIGO, TIZZONI 1997, pp. 281-296.
- C. CUCINI TIZZONI 2001, *Dieci anni di ricerche sulla siderurgia lombarda: un bilancio*, in BRAUNSTEIN 2001, pp. 31-48.
- C. CUCINI, M. TIZZONI 1999, *La miniera perduta. Cinque anni di ricerche archeometallurgiche nel territorio di Bienno*, Bienno.
- C. CUCINI, M. TIZZONI 2004, *Alle origini dell'altoforno: i siti della Val Gabbia e della Val Grigna a Bienno di Valcamonica*, in P.P. POGGIO, C. SIMONI, *Musei del ferro in Europa e in Italia. La ricerca storica e le esperienze di conservazione e valorizzazione*, Atti del Convegno (Brescia - Tavernole sul Mella, 24-25 settembre 2004).
- G. CURIONI 1839, *Sulla giacitura della lignite di Brentonico e della miniera di ferro di Besagno*, "Il Politecnico", 1, pp. 217-225.
- E. CURZEL, G.M. VARANINI 2007, *Codex Wangianus: i cartulari della Chiesa trentina-secoli XIII-XIV*, Bologna.
- M. D'AGNOLO 1966, *Manifestazioni uranifere connesse ad arenarie permiane nel Trentino sud-occidentale*, in *Atti del Symposium Internazionale sui Giacimenti Minerari nelle Alpi*, vol. 2, pp. 253-278.
- C. D'AMICO, G. GASPAROTTO, A. PEDROTTI 1998, *Scorie eneolitiche di Gaban e Acquaviva (Trento). Caratteri, provenienza ed estrazione del metallo*, in C. D'AMICO, C.A. LIVADIE (a cura di), *Le Scienze della Terra e l'Archeometria*, Napoli, pp. 31-38.
- C. D'AMICO, G. VENTURELLI 1968, *Riodaciti e rioliti atesine in cupole e colate di Pinè (Trento)*, "Miner. Petrogr. Acta", 14, pp. 143-170.
- R. DAL CIN 1964, *I principali minerali industriali della regione Trentino Alto Adige*, in PERNA 1964, vol. I, Trento, pp. 56-66.
- L. DAL RI 1969-1970, *Tracce di attività estrattiva e metallurgica in epoca preromana nell'area geografica corrispondente alla regione Trentino-Alto Adige*, Tesi di laurea (relatore L. Bosio), A.A. 1969-70, Università di Padova.
- D. DAL RI, F. VALENTINI 2010, *Sette note con dodici cucchiaini di farina: ospitalità, cucina e musica di casa Bonporti*, Trento.

- L. DALLAI, S. FINESCHI, E. PONTA 2009, *Lo sfruttamento delle risorse del sottosuolo in area maremmana tra la tarda antichità e l'età moderna: il caso di Monterotondo Marittimo (GR)*, in G. VOLPE, P. FAVIA (a cura di), *V Congresso nazionale di archeologia medievale*, (Foggia-Manfredonia, 30 settembre-3 ottobre 2009), Borgo San Lorenzo (FI), pp. 644-650.
- A. DE GUIO 2006, *Archeologia di Montagna: il progetto "Ad Metalla"*, "Quaderni di Archeologia del Veneto", XXII, pp. 233-246.
- F. DEGASPERI 2006, *"Cavae". Miniere e canopi del Trentino Alto-Adige fra storia e leggenda*, Trento.
- E. DELLANTONIO 2000, *Le miniere del territorio eruttivo di Predazzo e Monzoni*, "Natura alpina", 51, 4/2000, 65-77.
- G. DESSAU, G. DUCHI 1970, *Mineralizzazioni a solfuri nelle vicinanze del Montagiù (Trento)*, in PERNA 1970, vol. 3, pp. 115-126.
- G. DESSAU, G. PERNA 1968, *Le mineralizzazioni a galena e blenda del Trentino-Alto Adige e il loro contenuto in elementi accessori*, in *Atti del Symposium Internazionale sui Giacimenti Minerari nelle Alpi*, vol. III, Trento, pp. 587-688.
- G. DETOMASO 2005, *Geologia, miniere e minerali del Perginese*, in N. FORRENZA *et alii*, *Minatori, miniere, minerali del perginese*, Pergine Valsugana (Tn), pp. 97-133.
- B.J. DEVEREUX, G.S. AMABLE, P. CROW, A.D. CLIFF 2005, *The potential of airborne LiDAR or detection of archaeological features under woodland canopies*, "Antiquity", 79, pp. 648-660.
- D. DI COLBERTALDO 1943, *Ricerche geologico-petrografiche sulla Valle di Breguzzo (Adamello sud-orientale)*, "Studi Trentini di Scienze Naturali", 24 (1), pp. 15-32.
- D. DI COLBERTALDO 1957, *Corso di giacimenti minerari per allievi dei corsi di laurea in scienze geologiche*, Padova.
- D. DI COLBERTALDO 1965, *Il giacimento a barite e fluorite di Zaccon in Valsugana (Trento)*, in PERNA 1965, vol. II, pp. 119-133.
- D. DI COLBERTALDO, G. MARZOLO 1964, *Il giacimento di baritina di Marigole (Darzo)*, in PERNA 1964, vol. I, pp. 248-262.
- D. DI COLBERTALDO, L. GIUDICE 1964, *Le manifestazioni a magnetite di S. Maria di Viezzana e Piz Meda*, in PERNA 1964, vol. I, pp. 211-220.
- D. DI COLBERTALDO, G. MURARA 1964, *Il giacimento piombo-zincifero di Valar*, in PERNA 1964, vol. I, pp. 102-115.
- D. DI COLBERTALDO, M. NARDIN 1964, *Le manifestazioni piombifere del Doss le Grave*, in PERNA 1964, vol. I, pp. 116-124.
- D. DI COLBERTALDO, A. VENZO 1964, *Il giacimento piombo-zincifero di Nogarè*, in PERNA 1964, vol. I, pp. 125-132.
- G. DI GANGI 1997, *"Archeologia mineraria" in Piemonte: cenni per un quadro di riferimento*, in S. GELICHI (a cura di), *I Congresso Nazionale di Archeologia Medievale* (Pisa, 29-31 maggio 1997), pp. 369-372.
- G. DI GANGI 2001, *L'attività mineraria e metallurgica nelle Alpi occidentali italiane nel Medioevo: Piemonte e Valle d'Aosta: fonti scritte e materiali*, Oxford.
- C. DOMERGUE 1983, *La mine antique d'Aljustrel (Portugal) et les tables de bronze de Vipasca*, Paris.
- C. DOMERGUE 1990, *Les mines de la Péninsule ibérique dans l'antiquité romaine*, Rome.
- C. DOMERGUE 1993, *Regarde sur le techniques minières à l'époque romaine*, in FRANCOVICH 1993 pp. 329-354.
- C. DOMERGUE 2008, *Les mines antiques: la production des métaux aux époques grecque et romaine*, Paris.
- M. DONDI, P. FRIZZO, A. SCARAMUZZA 2003, *Le "argille bianche" del Tretto e della Val Leogra (Vicenza): giacimenti, composizione, proprietà tecnologiche ed impieghi industriali*, in *Atti della Giornata di Studio L'argento e le "terre bianche" del Tretto e della Val Leogra*, Schio, 15 aprile 2000, pp. 125-143.
- M. DONEUS, C. BRIESE 2006, *Full-waveform airborne laser scanning as a tool for archaeological reconnaissance*, in CAMPANA, FORTE 2006, pp. 99-122.
- M. DONEUS, C. BRIESE, M. FERA, U. FORNWAGNER, M. GRIEBL, M. JANNER, M.C. ZINGERLE 2007, *Documentation and analysis of archaeological sites using aerial reconnaissance and airborne laser scanning*, XXI International CIPA Symposium, 01-06 October, Athens.
- E. EGG 1988, *Schwazer Bergbuch. Codex Vindobonensis 10.852*, Berlin.
- S.M. EMAMI, B. YAGHMAEI 2008, *Remote sensing methods for investigation and recognition of the ancient mining activities (case study on Cu-Fe-Mn mineralization in western part of central Iranian zone)*, "Metalla", 15.1, pp. 3-20.
- English Heritage Guideline 2010 = The Light Fantastic*, da [www.english-heritage.org.uk](http://www.english-heritage.org.uk).
- H. ERMISCH 1887, *Das sächsische Bergrecht Mittelalters*, Leipzig.
- R. EXEL 1987, *Guida mineralogica del Trentino e del Sudtirolo*, Bolzano.
- E. FARABEGOLI, G. VIEL 1982, *Litostratigrafia della Formazione di Werfen (Trias inferiore) delle Dolomiti Occidentali*, "L'Industria Mineraria", 6, pp. 3-14.
- M. FARAGUNA, 1992, *Atene nell'età di Alessandro: problemi politici, economici, finanziari*, "Atti della Accademia nazionale dei Lincei. Classe di scienze morali, storiche e filologiche", Serie 9, pp. 293-309.
- R. FARINELLI, R. FRANCOVICH 1994, *Potere e attività minerarie nella Toscana altomedievale*, in R. FRANCOVICH, G. NOYÉ (a cura di), *La storia dell'Alto Medioevo italiano (VI-X secolo) alla luce dell'archeologia*, Firenze, pp. 443-465.
- R. FEDERICI 2003, *Le cave, le miniere e il diritto minerario*, Convention mineraria "I minerali per l'industria", Torino 9-10 Giugno 2003 ([www.assomineraria.org](http://www.assomineraria.org)).
- R. FELLERER 1970, *Lagerstätten und Mineralisationen am Südrand der Pala-Gruppe zwischen Passo Cereda- Vallalta-Agordo (Dolomiten)*, in G. PERNA (a cura di), *L'Industria Mineraria nel Trentino-Alto Adige*, vol. 3, pp. 99-114.
- H. FELS 1982, *Die Sedimentologische Entwicklung der Permafolge im Westlichen Südtirol (N-Italien)*, "Geol. Inst. Univ. Köln Sonderveröffentlichungen", 42, pp. 1-145.
- P. FERRETTI 2011a, *Aspetti geologici e geomorfologici della Val di Non*, in *Atti del I Convegno Internazionale "Le antiche stufe ad olle di Sfruz - Val di Non, Trentino. Produzione, storia, materie prime e tecniche: rapporti con altri centri"* (Sfruz 5-7 Settembre 2008), pp. 17-31.
- P. FERRETTI 2011b, *Storia e geologia della "miniera d'oro" di Val Gerlano presso Speccheri (Vallarsa, Trentino-Alto Adige)*, "Studi Trentini di Scienze Naturali", 89, pp. 29-34.
- P. FERRETTI 2011c, *Otto minerali "DOC" in regione: le specie minerali con "località tipo" in Trentino-Alto Adige*, "Natura alpina", 60 (2009), pp. 73-88.
- P. FERRETTI c.s. (2013), *Aggiornamento di mineralogia trentina*, "Studi Trentini di Scienze Naturali".
- F. FINOTTI, F. ZANDONAI 2006, *I colori degli affreschi della villa romana di Isera*, "Annali del Museo Civico di Rovereto", vol. 21, pp. 137-152.



- P. FLUCK 1992, *L'adaptation des travaux miniers aux structures géologiques. Exemples de gîtes en terrains cristallins*, in *Les techniques minières de l'antiquité au XVIII siècle*, Actes du Colloque International sur les Ressources Minières et l'histoire de leur exploitation de l'Antiquité à la fin du XVIII siècle (Strasbourg, 5-9 Avril 1988), Paris, pp. 35-53.
- P. FLUCK, P. BENOIT 1993, *Le techniques minières à l'époque moderne (de la Renaissance au XVIII siècle). Approche par l'archéologie*, in FRANCOVICH 1993, pp. 381-412.
- P. FLUCK, P. FLUZIN, N. FLORSCH 1993, *L'archéologie minière dans ses rapports avec les sciences exactes*, in FRANCOVICH 1993, pp. 197-235.
- S. FONTANA 1993, *Le miniere*, in GADENZ, TOFFOL, ZANETEL 1993, pp. 37-51.
- T.D. FORD, L. WILLIES 1994, *Mining before powder*, Atti della Georgius Agricola 500th anniversary conference, Charlotte Mason College, Ambleside, Cumbria, 25-27th March 1994.
- N. FORENZA 1996 (a cura di), *Persen-Pergine - castello e giurisdizione: i signori, i capitani, gli amministratori e i signori pignorati e un'appendice sulle miniere*, Riedizione del volume di C. AUSSERER (Estratto dalla II Edizione - Vienna 1915-16), Pergine Valsugana.
- N. FORENZA 2005, *Appunti di storia mineraria*, in N. FORENZA et alii, *Minatori, miniere, minerali del perginese*, Pergine Valsugana (TN), pp. 13-28.
- N. FORENZA, M. LIBARDI 1998, *Il Castello Roccabruna a Fornace*, Pergine Valsugana (TN).
- R. FRANCOVICH 1991, *Rocca San Silvestro*, Roma.
- R. FRANCOVICH (a cura di) 1993, *Archeologia delle attività estrattive e metallurgiche*, Atti del V ciclo di lezioni sulla ricerca applicata in archeologia, Certosa di Pontignano (SI), Campiglia Marittima (LI), 9-21 settembre 1991, Firenze.
- R. FRANCOVICH, C. CUCINI, T. MANNONI, A. CUCCHIARA 1991, *Le strutture produttive del ferro negli insediamenti medievali della Toscana*, in N. CUOMO DI CAPRIO, C. SIMONI (a cura di), *Dal Basso fuoco all'altoforno*, Atti del I Simposio sulla siderurgia nell'antichità, Valle Camonica, 1988, Brescia, pp. 57-69.
- R. FRANCOVICH, C. WICKHAM 1994, *Uno scavo archeologico ed il problema dello sviluppo della signoria territoriale: Rocca San Silvestro ed i rapporti di produzione minerari*, "Archeologia Medievale", XXI, pp. 7-30.
- R. FRANCOVICH, D. MANACORDA 2000, *Dizionario di Archeologia*, Bari, pp. 186-191.
- P. FRIZZO 2003, *Il Giacimento e le miniere della Val Leogra e del Tretto*, in *Atti della Giornata di Studio: l'argento e le "terre bianche" del Tretto e della Val Leogra*, Schio, 15 aprile 2000, pp. 39-75.
- P. FRIZZO 2004a, *Il distretto metallifero dell'Alta Valsugana*, in P. PASSARDI, P. ZAMMATTEO (a cura di), *Le miniere del Mandola*, Trento, pp. 131-155.
- P. FRIZZO 2004b, *La miniera di Calceranica e i giacimenti a solfuri massicci della zona agordino-valsuganese*, in P. PASSARDI, P. ZAMMATTEO (a cura di), *Le miniere del Mandola*, Trento, pp. 157-181.
- P. FRIZZO, L. PERUZZO, E. DELLANTONIO 2010, *The copper-wolfram deposito of Bedovina (Trento-Italy)*, "Geo.Alp", 7/2010, pp. 55-70.
- Y. FUCHS 1969 - *Quelques exemples de rémobilitations dans le domain épicontinental (sud du Massif Central)*, in P. ZUFFARDI (a cura di), *Remobilization of ores and minerals*, Cagliari, pp. 161-183.
- A. FUGANTI 1961, *Ricerche geologiche e giacimentologiche sugli "scisti bituminosi uraniferi" di Mollaro (Val di Non - Trentino)*, "Studi Trentini di Scienze Naturali", 38/1, pp. 17-33.
- A. FUGANTI 1966, *Il tettonismo cretaceo e la deposizione degli "Scisti neri uraniferi" nel Trentino*, in *Atti del Symposium Internazionale sui Giacimenti Minerari nelle Alpi*, vol. II, pp. 341-346.
- G. GABRIELLI 1970, *Le antiche miniere della Val di Sole*, "Natura Alpina", 1970/1, pp. 15-21.
- G. GABRIELLI 1972, *Comasine in Val di Peio: appunti e memorie*, Malé.
- S. GADENZ, M. TOFFOL, L. ZANETEL 1993 (a cura di), *Le miniere di Primiero*, Calliano (TN).
- J. M. GALLAGHER, R. L. JOSEPHS 2008, *Using LiDAR to Detect Cultural Resources in a Forested Environment from Isle Royale National Park, Michigan, USA*, "Archaeological Prospection", 15, pp. 187-206.
- S. GHETTI, C. NERI 1983, *La Formazione di Werfen (Trias inferiore) della Valsugana (Trento)*, "Studi Trentini di Scienze Naturali", 60, pp. 135-164.
- P. GIACOMELLI 1894, *Alcune note sui basalti dei dintorni di Mori*, "Ann. Soc. Alp. Trident.", 19, pp. 393-421.
- G. P. GIANNOTTI, C. TODESCO 1964, *Le mineralizzazioni uranifere nel Trentino Alto-Adige*, in PERNA 1964, vol. I, pp. 357-382.
- C. GIARDINO 1998, *I metalli nel mondo antico*, Bari.
- A. GIUSSANI, A. LEONARDELLI 1966, *Le mineralizzazioni a fluorite della zona fra Cavalese ed il Passo di Lavazé (Trento) - Miniera di Prestavel*, in *Atti del Symposium Internazionale sui Giacimenti Minerari nelle Alpi*, vol. II, pp. 423-445.
- B. GIUSSANI, M. MARELLI, S. RECCHIA, F. COLPANI, I. ANGELINI, G. ARTIOLI 2007, *Tracing the provenance of ancient copper objects: a multivariate data analysis approach*, in *Proceedings of the 2nd International Conference "Archaeometallurgy In Europe 2007"*, [Aquila, 17-21 June 2007], proceedings CD.
- D. GOBBI 1986a, *Castelbosco di Civezzano: 1187-1987*, Trento.
- D. GOBBI 1986b, *La "libera" comunità di Civezzano nella carta di regola del 1202*, "Civis", a. 10, n. 28, pp. 3-15.
- D. GOBBI 1988, *Castel Telvana nel testamento di Guglielmo da Civezzano (1195)*, "Civis", a. 12, n. 35, pp. 121-130.
- D. GOBBI 2006, *Storia di Civezzano: una comunità, una pieve*, Civezzano.
- G. GORFER 2007 (a cura di), *L'Ecomuseo dell'Argentario. Guida agli itinerari nel territorio dell'Ecomuseo*, Civezzano (TN).
- M. GRAMOLA 2000a, *L'attività metallurgica in epoca preistorica nel Trentino*, "Natura Alpina", 2000/4, pp. 49-50.
- M. GRAMOLA 2000b, *L'attività mineraria del Monte Fronte*, in N. FORENZA, M. LIBARDI (a cura di), *Levico, i segni della storia*, Levico Terme (TN), pp. 229-255.
- O. GRØN, F. CHRISTENSEN, P. ORLANDO, I. BAARSTAD, R.P. MACPHAIL 2006, *Hyperspectral and multispectral perspectives on the prehistoric cultural landscape*, in CAMPANA, FORTE 2006, pp. 143-147.
- GRUPPO GROTTA GARDOLO 1974, *Esplorazione della ex miniera Busa del Pomar*, "Natura Alpina", 25/2, pp. 118-126.
- S. GUIDERI 2008a, *L'archeologia della produzione e la formazione dei paesaggi minerari*, in *Linee Guida 2008*, pp. 32-39.
- S. GUIDERI 2008b, *Il Sistema dei Parchi della Val Cornia e il Parco Archeominerario di San Silvestro*, in BAILLY-MATTE, JOURDAIN-ANNEQUIN, CLERMONT-JOLY 2008, pp. 187-195.

- M. GUZZO, G. PERNA, F. ZANDONAI 2005, *Le miniere di terre coloranti delle province di Bolzano, Trento e Verona*, in M. ISCHIA, R. DECARLI (a cura di), *Atti del XIII Convegno regionale di Speleologia del Trentino-Alto Adige*, Villazzano, pp. 99-130.
- J.G. HADITSCH, H. MOSTLER 1982, *Late Variscan and Early Alpine mineralization in the Eastern Alps*, in G.C. AMSTUTZ *et alii* (a cura di), *Ore genesis: the state of the art*, Berlin Heidelberg New York, pp. 582-589.
- J.F. HEALY 1993, *Miniere e metallurgia nel mondo greco e romano*, Roma.
- HIMAT 2010= *Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies*, Proceedings for the 1<sup>st</sup> Mining in European History Conference of the SFB-HIMAT (Innsbruck, 12-15 November 2009), Innsbruck.
- H. HOCHENEGG 1959, *Über das Verleihbuch des Bergrichters von Trient*, in H. HOCHENEGG, G. MUTSCHLECHNER, K. SCHADELBAUER 1959, *Das Verleihbuch des Bergsrichters von Trient 1489-1507*, Innsbruck, pp. 25-33.
- P. J. HUDSON 2008, *La ceramica medievale*, in G. CAVALIERI MANASSE (a cura di), *L'area del Capitolium di Verona: ricerche storiche ed archeologiche*, Verona, pp. 469-489.
- IES 2008-2012 = *International Symposium on Archaeological Mining History*, Institute Europa Subterranea, Atti dei Convegni.
- S. JACQUEMOT 2008, *Les vestiges de l'archéologie minière*, in BAILLY-MAÏTRE, JOURDAIN-ANNEQUIN, CLERMONT-JOLY 2008, pp. 23-35.
- V. LA SALVIA 1995, *Gap or continuity? Mining in Early Middle Ages Italy*, in *The importance of ironmaking: technical innovation and social change*, (Norberg, May 8-13 1995), Stockholm, pp. 263-271.
- E. LAPPI 2003, *Considerazioni sui materiali impiegati e sui lavori complementari e indotti dell'industria vetraria giudicaria*, in F. BONFOLI, M. BONFOLI, E. LAPPI (a cura di), *C'era una volta il vetro... nelle Giudicarie dell'800*, pp. 189-207.
- F. LARocca 2005, *La miniera pre-protostorica di Grotta della Monaca (Sant'Agata di Esaro-Cosenza)*, Roseto Capo Spulico (CS).
- S. LAZZARINI 2001, *Lex metallis dicta, studi sulla seconda tavola di Vipasca*, "Minima epigraphica et papyrologica", Supplementa, 2, Roma.
- G. LEVI 1914, *Sulle celadoniti di alcune località venete*, "Rivista mineralogica e cristallografica italiana", 40, p. 72.
- Linee Guida 2008 = *Linee guida per la tutela, gestione e valorizzazione di siti e parchi geominerari*, a cura dell'ISPRA ([http://www.apat.gov.it/site/it-IT/APAT/Pubblicazioni/Manuali\\_e\\_linee\\_guida](http://www.apat.gov.it/site/it-IT/APAT/Pubblicazioni/Manuali_e_linee_guida)).
- J.C. MACQUAR 1970, *Contribution à la recherche des gisements métallifères cachés (district de Malines-Cévennes)*, III Partie. Le Trias, "Bull. B.R.G.M.", 2, 1, pp. 27-65.
- F. MAIELLO 2000, *Località minerarie storiche del Trentino*, "Natura Alpina", 2000/4, pp. 51-63.
- J. MAJER 1989, *Die Constitutiones Wenceslai II (ius regale montanarum) und ihr Umfeld*, in K.H. LUDWIG, P. SIKI (a cura di), *Bergbau und Arbeitsrecht. Die Arbeitsverfassung, im europäischen Bergbau des Mittelalters und der frühen Neuzeit*, Wien, pp. 51-81.
- R. MANCINI 2003, *Definizione e classificazione dei minerali per l'industria*, da Convention mineraria "I minerali per l'industria", Torino 9-10 Giugno 2003 ([www.assomineraria.org](http://www.assomineraria.org)).
- G. MARCHESI, L. MURA 2006, *Il forno fusorio di Livemmo (Bs)*, "Archeologia Medievale", XXXIII, pp. 456-470.
- S. MARTIN 2006, *Note illustrative della Carta Geologica della Provincia di Trento alla scala 1:25.000*, Tavola 42IV Peio, Provincia autonoma di Trento - Servizio Geologico.
- S. MARTIN, L. MONTESOR, V. MAIR, G.B. PELLEGRINI, M. AVANZINI, G. FELLIN, R. GAMBILLARA, S. TUMIATI, E. SANTULIANA, B. MONOPOLI, D. GASPARI, M. SAPIGNI, N. SURIAN 2009, *Note illustrative della Carta Geologica della Provincia di Trento alla scala 1:50.000*, Foglio 025 Rabbi, Provincia autonoma di Trento - Servizio Geologico.
- J. M. MARTÍN CIVANTOS 2006, *Il territorio stratificato: proposte dall'Archeologia del Paesaggio*, in R. FRANCOVICH, M. VALENTI (a cura di), *IV Congresso Nazionale di Archeologia Medievale* (Siena, 26-30 settembre 2006), pp. 3-7.
- F. MARZATICO 1997, *L'industria metallurgica nel Trentino durante l'età del bronzo*, in M. BERNABÒ BREA, A. CARDARELLI, M. CREMASCHI (a cura di), *Le terramare: la più antica civiltà padana*, Milano, pp. 570-576.
- G. MARZOLO, D. DI COLBERTALDO 1964, *Il giacimento di baritina di Marigole (Darzo)*, in PERNA 1964, vol. I, pp. 248-259.
- G. MASTRELLI ANZILOTTI 1987, *I nomi locali della Val di Peio*, Firenze.
- A. MATEO 2001, *Observaciones sobre el régimen jurídico de la minería en tierras públicas en época romana*, Santiago de Compostela, pp. 22-83.
- P. P. MATTIAS 2008, *Evoluzione storico-normativa dell'attività estrattiva*, in *Linee Guida 2008*, pp. 47-55.
- A. MAUCHER 1955, *Erzmikroskopische Untersuchungen in Blei-Zink-Erzlagerstätten in Raume von Trento (Norditalien)*, "Mitteil. Geol. Ges. Wien", 48, 133-153.
- L. MENAPACE 1972, *Le miniere d'oro di Tassullo*, "Strenna Trentina".
- C. MERIDETH 1998, *An archaeometallurgical survey for ancient tin mines and smelting sites in Spain and Portugal: mid-central Western Iberian geographical region 1990-1995*, Oxford.
- P. MEROLA, A. ALLEGRI, D. GUGLIETTA, S. SAMPIERI 2006, *Using Vegetation Index to study archaeological areas*, in CAMPANA, FORTE 2006, pp. 303-309.
- M. MITTEMPERGHIER 1958a, *Il giacimento uranifero di Val Daone*, in *Studi e ricerche della Divisione geomineraria*, C.N.R.N., vol. 1, pp. 147-162.
- M. MITTEMPERGHIER 1958b, *Il giacimento uranifero di Val Rendena*, in *Studi e ricerche della Divisione geomineraria*, C.N.R.N., vol. 1, pp. 1163-186.
- M. MITTEMPERGHIER 1959, *Concentrazioni uranifere connesse con i depositi ignimbritici atesini*, in *Studi e ricerche della Divisione geomineraria*, C.N.R.N., vol. 2, pp. 1-19.
- E. MORETTI 1931, *Le miniere di mercurio di Vallata e Sagron in territorio di Gosaldo (Belluno) e Sagron (Trento)*, "L'industria Mineraria", 5/1, pp. 13-20.
- S. MORINA, E. FERRONATO 2006, *Le ceramiche comuni*, in G.P. BROGGIOLO, M. IBSEN, C. MALAGUTI (a cura di), *Archeologia a Garda e nel suo territorio (1998 - 2003)*, Firenze, p. 87.
- A. MORRA 1964, *La miniera di Calceranica*, in PERNA 1964, vol. I, pp. 180-188.
- A. MORRA, L. VIGHI 1964, *Miniera di Prestavel*, in PERNA 1964, vol. I, pp. 331-345.
- H. MOSTLER 1966, *Sedimentäre Blei-Zink Vererzung in den Mittelpermischen "Schichten von Tregiovo" (Nonsberg, Nord-Italien)*, "Mineralium Deposita", 2, pp. 89-103.

- A. MOTTANA, R. CRESPI, G. LIBORIO 1998, *Minerali e Rocce*, Toledo.
- W. MÜNCH 1966, *Die Lagerstätte der Grube Roncagno bei Trient und ihr geologischer Rahmen*, in *Atti del Symposium Internazionale sui Giacimenti Minerari nelle Alpi*, vol. II, pp. 355-411.
- G. MURARA 1966, *Le mineralizzazioni a solfuri misti nelle vulcanite atesine, formazione andesitica, dell'alta Val Fersina (Trentino)*, *Atti del Symposium Internazionale sui Giacimenti Minerari nelle Alpi*, vol. II, Trento, pp. 471-493.
- G. MURARA, G. PERNA 1970, *Quarzo*, in Perna 1970, vol. III, Trento, pp. 9-21.
- C. NERI 1982, *Il Paleoaalto di Lavis (Trento) e i suoi rapporti con la serie permoscica (nota preliminare)*, "Atti dell'Università di Ferrara", 8, pp. 21-27.
- P. NIMIS, P. OMENETTO, I. GIUNTI, G. ARTIOLI, I. ANGELINI 2012, *Lead isotope systematics in hydrothermal sulphide deposits from the central-eastern Southalpine (northern Italy)*, "European Journal of Mineralogy", 24, pp. 23-37.
- L. OGNIBEN 1968, *Nota sul cristallino antico e sul giacimento di pirite di Calceranica (Trento)*, in *Atti del Symposium Internazionale sui Giacimenti Minerari nelle Alpi*, vol. III, pp. 911-927.
- P. OMENETTO 1967, *Stelle di blenda in pirite e calcopirite del giacimento di Quadrate (Trentino)*, "Ric. Sci.", a. 37, nn.7-8, pp. 694-698.
- P. OMENETTO 1970, *Il giacimento ferifero della Pamera presso Roncagno (Valsugana)*, in Perna 1970, vol. III, pp. 67-97.
- P. OMENETTO, G. DETOMASO 1970, *Le mineralizzazioni filoniane a solfuri misti della zona di Piné (Trento)*, in Perna 1970, vol. III, pp. 143-169.
- A. OREJAS, F. J. SÁNCHEZ-PALENCIA, M. RUIZ DEL ARBOL 2008, *Les mine set les hommes. Le project Zone Archéologique de Las Médulas (ZAM) (Léon, Espagne)*, in BAILLY-MAÎTRE, JOURDAIN-ANNEQUIN, CLERMONT-JOLY 2008, pp. 249-259.
- F. OTTAVIANI 2007, *I Brentonici*, Trento.
- R. PALME 1984, *Rechtliche und soziale Probleme im Tiroler Erzbergbau vom XII bis zum XVI Jahrhundert*, in W. VON KROCKER, E. WESTERMANN (eds), *Montanwirtschaft Mitteleuropas von XII bis XVII Jahrhundert*, Bochum, pp. 111-117.
- R. PALME 2000, *Überblick über den Stand der Forschungen zur Bergbaugeschichte Tirols unter besonderer Berücksichtigung der Krisen und Konjunkturen*, in C. BARTELS, M. DENZEL (a cura di), *Konjunkturen im europäischen Bergbau in vorindustrieller Zeit (Vierteljahrschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte. Beihefte, 155)*, Stuttgart, pp. 30-31.
- S. H. PARCAK 2009, *Satellite Remote Sensing for Archaeology*, London-New York.
- T. PASQUALI 1992, *I Longobardi - I castelli - Castel Bosco*, in *Il Monte Calisio: ieri, oggi, domani*, Cognola, pp. 95-100.
- A. PEDROTTI, M. STEINBERGER 1990, *L'attività mineraria*, "La metallurgia italiana", 9/90, pp. 862-864.
- A. PELLOUX 1919, *I minerali di tungsteno e la miniera di scheelite della Bedovina in Val di Fiemme (Venezia Tridentina)*, "La Miniera Italiana", 3, pp. 91-95.
- R. PERINI 1978, *2000 anni di vita ai Montesei di Serso*, Mostra archeologica, Pergine (Tn).
- G. PERNA (a cura di) 1964, *L'Industria Mineraria nel Trentino-Alto Adige*, vol. I, Trento.
- G. PERNA 1964a, *Galena e Blenda*, in Perna 1964, vol. I, pp. 70-73.
- G. PERNA 1964b, *Pirite e Calcopirite*, in Perna 1964, vol. I, pp. 172-176.
- G. PERNA 1964c, *Ferro*, in Perna 1964, vol. I, pp. 206-209.
- G. PERNA 1964d, *Barite*, in Perna 1964, vol. I, pp. 244-246.
- G. PERNA 1964e, *Fluorite*, in Perna 1964, vol. I, pp. 264-268.
- G. PERNA 1964f, *I minerali radioattivi*, in Perna 1964, vol. I, pp. 348-356.
- G. PERNA 1964g, *Cinabro*, in Perna 1964, vol. I, p. 384.
- G. PERNA 1965a, *Dolomite*, in Perna 1965b, vol. II, pp. 9-26.
- G. PERNA (a cura di) 1965b, *L'Industria Mineraria nel Trentino-Alto Adige*, vol. II, Trento.
- G. PERNA (a cura di) 1970, *L'Industria Mineraria nel Trentino-Alto Adige*, vol. III, Trento.
- G. PERNA 1975, *Scisti ittiolitici, idrocarburi e combustibili fossili nel Trentino-Alto Adige*, "Economia trentina", 2, pp. 34-42.
- G. PERNA 1992, *I giacimenti di galena argentifera del Monte Calisio (Trento)*, "Natura alpina", 43, 3-4/98, pp. 49-54.
- G. PERNA 1995, *Itinerari geologici: miniere e cave nella Valle dei Laghi e nel Basso Sarca*, "Economia trentina", 1, 73-99.
- G. PERNA 2000, *I giacimenti minerari in Trentino*, "Natura Alpina", 51, 4/2000, pp. 35-48.
- G. PERNA, M. GUZZO, F. ZANDONAI 2005, *Le miniere di terre coloranti delle province di Bolzano, Trento e Verona*, in *Atti del XIII convegno regionale di speleologia del Trentino-Alto Adige*, Villazano (TN), pp. 99-130.
- G. PERNA, G. MURARA 1965, *Feldspato*, in Perna 1965b, pp. 37-53.
- A. PETRELLA 2010, *L'oro bianco di Darzo: ritratto di un paese*, Trento.
- F. PIERRE 1992, *Datation des travaux miniers à la poudre. Essais de typologie*, in *Les techniques minières de l'antiquité au XVIII siècle*, Actes du Colloque International sur les Ressources Minières et l'histoire de leur exploitation de l'Antiquité à la fin du XVIII siècle (Strasbourg, 5-9 Avril 1988), Paris, pp. 519-527.
- F. PIERRE 1993, *Étude de l'apparition de la poudre noire dans l'évolution des techniques minières de percement*, in FRANCOVICH 1993, pp. 413-423.
- S. PIFFER 1997, *Per una rassegna di studi sugli statuti minerari del Codex Wangianus*, in BRIGO, TIZZONI 1997, pp. 85-96.
- S. PIFFER, T. BEVILACQUA 1984, *I Canopi. Appunti di storia e leggenda mineraria del Calisio*, "Economia Trentina", 1984/3.
- S. PIFFER, T. BEVILACQUA 1985, *Tra storia e leggenda: le tracce di un'antica attività mineraria sul Calisio*, in M. ROSANELLI et alii, *Civezzano: antologia di testi*, Civezzano (Tn), pp. 153-159.
- G. PINAMONTI 1845, *Le miniere d'oro di Tassullo - Le miniere di ferro della Val di Rabbi*, "Giornale Agrario dei Distretti di Trento e Rovereto", 6, fasc. 35-36.
- R. PIRANI 1952, *I minerali del Gruppo dell'Ortler - II. Antofillite di Malga Monte in Val di Bresimo. Solubilità di questa actinolite*, "Rendic. Atti Acc. Naz. Dei Lincei", Classe di Scienze Fisiche Matematiche e Naturali, vol. 10, pp. 315-319.
- F. POŠEPNY 1880, *Über den alten Bergbau von Trient*, "Arch. Prakt. Geol.", 1, pp. 1-121.
- E. PREUSCHEN 1973, *Estrazione mineraria dell'età del bronzo nel Trentino*, "Preistoria Alpina", vol. 9, pp. 113-150.

- D. RAVAGNANI 1974, *I giacimenti uraniferi italiani e loro minerali*, Museo Civico di Storia Naturale di Milano.
- C. P. REINFALK, A. FUGANTI, G. MONTREANI 1998, *The gold of the Fersina river [province of Trento, Northern Italy]. A study of the behavior of gold grains during river transport*, "Studi Trentini di Scienze Naturali - Acta Geologica", 73, pp. 99-105.
- J. RIEDMANN 1979, *Le miniere nella Valle del Fersina*, in G.B. PELLEGRINI, M. GRETER (a cura di), *La Valle del Fersina e le isole linguistiche di origine tedesca nel Trentino*, Atti del convegno interdisciplinare, Sant'Orsola (Trento), 1-3 settembre 1978, S.Michele all'Adige (TN), pp. 187-198.
- S. RIPPON, P. CLAUGHTON, C. SMART 2009, *Mining in a Medieval landscape*, Exeter.
- O. RISBØL, A.K. GJERTSEN, K. SKARE 2006, *Airborne laser scanning of cultural remains in forests: some preliminary results from a Norwegian project*, in CAMPANA, FORTE 2006, pp. 107-112.
- H. RIZZOLLI 1991, *Münzgeschichte des altpolnischen Raumes im Mittelalter und Corpus nummorum tirolensium mediaevalium*, Band I, Die Muenzstaetten Brixen-Innsbruck, Trient, Lienz und Meran vor 1363, Bolzano, pp. 49-53.
- H. RIZZOLLI 1995, *La monetazione*, in *Il sogno di un principe. Mainardo II e la nascita del Tirolo*, Mostra storica del Tirolo, Castel Tirolo-Abbazia di Stams, 13 maggio-31 ottobre 1995, Milano, pp. 283-296.
- N. RODOLICO 1938, *Ordinamenta super arte fossarum ramieriae et argenteriae civitatis Massae*, Firenze (versione online: <http://www.archeogr.unisi.it/codice/index.php?id=1&sez=cons&subsez=cons2>).
- C. L. SAGUI 1924, *Un nuovo prodotto minerale italiano. Le ematiti da colore del Latemar (Trentino)*, "La Miniera Italiana", 8/1, pp. 8-10.
- F. SALERNO 2003, *Ad Metalla". Aspetti giuridici del lavoro in miniera*, Quarto (Na).
- E. SALVAIA 2003, *L'attività estrattiva del gruppo Maffei in Italia*, Convezione mineraria "I minerali per l'industria", Torino, 9-10 Giugno 2003.
- D. SAVOIA 2008a, *Messa in sicurezza, recupero ambientale e bonifica di cantieri minerari*, in *Linee Guida 2008*, pp. 78-87.
- D. SAVOIA 2008b, *La valorizzazione a fini turistici e culturali dei siti minerari*, in *Linee Guida*, pp. 88-91.
- G. SCHMOLLER 1891, *Die geschichtliche Entwicklung der Unternehmung. X. Die deutsche Bergwerksberfassung von 1400-1600*, "Jahrbuch für gesetzgebung, verwaltung um volkswirtschaft im Deutsche Reiche", 15.
- G. ŠEBESTA 1991, *Miniére e minatori del Fersina*, in *Scritti etnografici, raccolta di contributi dell'autore*, Museo degli Usi e Costumi della Gente Trentina, pp. 752-782.
- G. ŠEBESTA 1992, *La via del rame*, Museo degli Usi e Costumi della Gente Trentina, San Michele all'Adige (TN).
- G. ŠEBESTA 1993, *Ferro*, "Economia Trentina", 1993/3, pp. 81-88.
- G. ŠEBESTA 1997, *La via dei mulini*, Museo degli Usi e Costumi della Gente Trentina, San Michele all'Adige (TN).
- G. ŠEBESTA, A. SCARTEZZINI 1998, *Osservazioni sulle metodologie di sfruttamento di una miniera medioevale*, in N. FORENZA, M. LIBARDI (a cura di), *Il Castello Roccabruna a Fornace*, Pergine Valsugana (TN), pp. 254-266.
- M. SEGARD 2009, *Les Alpes Occidentales Romaines. Développement urbain et exploitation des ressources des régions de montagne (Gaule Narbonnaise, Italie, provinces alpines)*, Aix-en-Provence.
- L. SELLI 1998, *Il Lineamento della Valsugana fra Trento e Cima D'Asta: cinematica neogenica ed eredità strutturali permo-mesozoiche nel quadro evolutivo del Sudalpino orientale (NE-Italia)*, "Mem. Soc. Geol. It.", 53, pp. 503-541.
- Silbrarii Montis Arçentarie* 2008 = T. BAMPI, F. FERRARI, E. LIBARDI, I. PINTARELLI, P. ZAMMATTEO, G. ZAMPEDRI (a cura di), *Silbrarii Montis Arçentarie*, Trento.
- D. SIMONI 2004, *La miniera di Faedo*, "La nostra geografia", 4.1, pp. 37-40.
- B. SITTLER, S. SCHELLBERG 2006, *The potential of LiDAR in assessing elements of cultural heritage hidden under forest canopies or overgrown vegetation*, in CAMPANA, FORTE 2006, pp. 117-122.
- R. SLOTTA 2008, *Le Bergbau-Museum de Bochum - Les folles et leur présentation au public*, in BAILLY-MAÎTRE, JOURDAIN-ANNEQUIN, CLERMONT-JOLY 2008, pp. 151-155.
- SOCIETÀ MINERARIA VALLALTA 1964, *Nota sul giacimento cinabifero di Vallata*, in PERNA 1964, vol. I, pp. 385-393.
- F. SOGLIANI 2001, *La cultura materiale a San Vincenzo al Volturno. Primi dati per un repertorio dei manufatti metallici*, in G.P. BROGIOLO (a cura di), *Atti del II Congresso Nazionale di Archeologia Medievale*, Musei Civici, chiesa di Santa Giulia (Brescia, 28 settembre - 1 ottobre 2000), Firenze, pp. 468-473.
- R. SONNA 2002, *Le miniere di Comasine - appunti*, allegato a R. SONNA, *Comasine in Val di Peio: ricordi, annotazioni e riflessioni sui principali eventi di Comasine dal 1853 al 1981*, Comasine, pp. 1-10.
- F. SGUARZINA 1964, *Notizie sull'industria mineraria nel Trentino Alto Adige dall'antichità all'annessione all'Italia*, in PERNA 1964, vol. I, pp. 11-44.
- R. VON SRBIK 1929, *Überblick des Bergbaues von Tirol und Vorarlberg: in Vergangenheit und Gegenwart*, Innsbruck.
- A. STELLA 1953, *L'industria mineraria del Principato vescovile di Trento nei secoli XVI. e XVII*, "Studi e ricerche sulla Regione Trentina", 1953/1, pp. 49-93.
- M. STENICO 2002, *Carlesperg - Calisberg - Calisio: appunti di toponomastica storica*, "Studi Trentini di Scienze Storiche", A. LXXXI, Sez. I-2, pp. 147-178.
- M. STENICO 2009, *Toponimi tedeschi sull'Altipiano del Calisio (secoli XIII-XVI): dati e questioni*, "Studi Trentini di Scienze Storiche", A. LXXXVIII, sez. I-3, pp. 269-300.
- O. STOLZ 1928, *Die Anfänge des Bergbaues und Bergrechts in Tirol*, in "Zeitschrift der Savigny-Stiftung für Rechtsgeschichte", 48, p. 254.
- C. STORTI 1990, *Esame delle scorie del forno di fusione de "La Vela" di Valbusa (Trento)*, "Sibrium", XXI, pp. 349-361.
- G. TANELLI, M. BENVENUTI, I. MASCAIO 1993, *Aspetti giacimento logici dei minerali estratti in età preindustriale*, in FRANCOVICH 1993, pp. 263-276.
- F. TAUFFER 1993a, *Le antiche miniere del distretto di Primiero*, in GADENZ, TOFFOL, ZANETEL 1993, pp. 69-78.
- F. TAUFFER 1993b, *Giacimenti metalliferi della Valle del Vanoi*, in GADENZ, TOFFOL, ZANETEL 1993, pp. 137-141.
- F. TAUFFER 1993c, *Il giacimento cupriferi di Pralongo*, in GADENZ, TOFFOL, ZANETEL 1993, pp. 143-147.
- F. TAUFFER 1993d, *La miniera di siderite di Transacqua*, in GADENZ, TOFFOL, ZANETEL 1993, pp. 165-168.
- M. TIZZONI 1999, *Per una storia mineraria della Valcamonica: i primi ritrovamenti preistorici e medievali*, in O. FRANZONI, G.C. SGABUSSI (a cura di), *Le miniere della Valle Camonica, fonti e territorio*, Breno, pp. 44-53.



- M. TOFFOL 1993, *Il libro delle miniere. Lo Schwazer Bergbuch e le sue miniature come fonte di studio sulle miniere dell'area tirolese nel XVI secolo*, in GADENZ, TOFFOL, ZANETEL 1993, pp. 59-66.
- M. TOFFOL 1997, *Le miniere di Primiero*, in BRIGO, TIZZONI 1997, pp. 333-339.
- A. TRAVIGLIA 2006, *Archaeological usability of Hyperspectral images: successes and failures of image processing techniques*, in CAMPANA, FORTE 2006, pp. 123-130.
- G. TRENER 1899, *Le antiche miniere di Trento*, "Annuario degli Alpinisti Tridentini", XX, 1896-98, Trento, pp. 27-89.
- G. TRENER 1901, *Notizie sulle antiche miniere di Trento*, "Tridentum", Fasc. 9, pp. 385-393.
- G. TRENER 1902, *Di un'antica miniera a Villazzano*, "Tridentum", Note ed Appunti, pp. 39-40.
- G. TRENER 1917, *Le miniere argentifere di Trento - "Mons Argentarius" - Società a g. l.*, Verona.
- M. VACEK 1881, *Vorlage der geologischen Karte des Nonsberges*, "Verh. K. K. Geol. Reichs. Anst.", pp. 42-47.
- G. VAIA 1927, *Memorie della chiesa di Civezzano con notizie delle cappelle di Palù e Santa Colomba*, Trento.
- G. VANZETTA 1991, *Le scritte delle Pizzancae e la "Cava del bol"*, Calliano.
- G.M. VARANINI 2004, *L'economia. Aspetti e problemi (XIII-XV secolo)*, in A. CASTAGNETTI, G.M. VARANINI (a cura di), *Storia del Trentino, III: L'età medievale*, Bologna, pp. 489-491.
- G.M. VARANINI, A. FAES 2001, *Note e documenti sulla produzione e sul commercio del ferro nelle valli di Sole e di Non (Trentino) nel Trecento e Quattrocento*, in BRAUNSTEIN 2001, pp. 254-279.
- R. VERGANI 2001, *La produzione del ferro nell'area veneta alpina (secoli XII-XVI)*, in BRAUNSTEIN 2001, pp. 71-90.
- R. VERGANI 2003a, *Lavoro e lavoratori nelle miniere venete dei secoli XV e XVI*, in R. VERGANI (a cura di), *Miniere e società nella montagna del passato*, Sommacampagna (VR), pp. 121-136.
- R. VERGANI 2003b, *Gli usi civili della polvere da sparo: sec. XV-XVIII*, Firenze.
- W. VON KROKER, E. WESTERMANN (a cura di) 1984, *Montanwirtschaft Mitteleuropas von XII bis XVII Jahrhundert*, Bochum, pp. 111-117.
- F. VUILLERMIN 1964, *Nota preliminare su alcuni filoni quarzoso-fluoritici in Trentino - Alto Adige*, in PERNA 1964, vol. I, pp. 305-321.
- P. ZAMMATTEO 2000, *La metallurgia preindustriale a Levico*, in N. FORENZA, M. LIBARDI (a cura di), *Levico: i segni della storia*, Levico Terme (Tn), pp. 287-299.
- P. ZAMMATTEO 2003, *L'eredità mineraria medievale e l'Alta Valsugana*, "Il Trentino", Anno XL, 260, pp. 60-65.
- P. ZAMMATTEO 2004a, *A Luserna e a Faedo sulle tracce di una tradizione mineraria millenaria*, "Il Trentino", Anno XL, 265, pp. 67-75.
- P. ZAMMATTEO 2004b, *Le antiche miniere: la storia*, in P. PASSARDI, P. ZAMMATTEO (a cura di), *Le miniere del Mandola*, Trento, pp. 11-23.
- P. ZAMMATTEO 2007, *Il Trentino: un'autonomia tutta d'argento*, "Il Trentino", Anno XLIII, pp. 39-43.
- P. ZAMMATTEO 2008, *Labirinti medievali: minatori in Trentino: 1200-1500*, Trento.
- M. ZANELLA, L. BRIGO 1997, *Le mineralizzazioni argentifere nello Scitico a nord di M. Calisio (Trento, Italia): relazioni fra assetto paleogeografico e chimismo*, in BRIGO, TIZZONI 1997, pp. 31-41.
- L. ZANETEL 1993, *Attività mineraria*, in GADENZ, TOFFOL, ZANETEL 1993, pp. 9-16.
- A. ZIEGER 1975, *Primiero e la sua storia*, Trento.
- A. ZIEGER 1993a, *Gli inizi della signoria feudale di Primiero, le miniere e la guerra veneta*, in GADENZ, TOFFOL, ZANETEL 1993, pp. 17-24.
- A. ZIEGER 1993b, *Le miniere di Primiero*, in GADENZ, TOFFOL, ZANETEL 1993, pp. 25-35.
- M. ZUCCONI 2008, *Introduzione - L'identità mineraria in Italia. Contributi per un progetto di valorizzazione culturale integrata*, in *Linee guida 2008*, pp. 11-14.
- M. ZUCCONI, S. BORGNONI 2008, *Le esperienze di gestione*, in *Linee Guida 2008*, pp. 92-104.
- A. ZYCHA 1900, *Das böhmische Bergrecht des Mittelalters auf Grundlage des Bergrechts von Iglau*, Berlin.