

DINO DI COLBERTALDO

La teoria dell'impounding di R. A. MACKAY nei riguardi di alcuni giacimenti piombo zinciferi delle Alpi Orientali.

### Premessa.

In una serie di articoli pubblicati dal 1925 al 1948, R. A. MACKAY ha sviluppato e perfezionato una sua teoria sulla genesi di giacimenti metalliferi situati dove rocce apparentemente impermeabili formano una barriera al passaggio delle soluzioni, teoria che merita di essere segnalata non solo perchè offre un nuovo tentativo di spiegare la posizione occupata da molti giacimenti utili, ma anche perchè suggerisce una guida a chi si addentra nelle ricerche minerarie. Altri Autori quali LINDGREN (1931) e SCHNEIDERHÖHN (1943), per citare i più autorevoli, hanno rimarcato la ricorrenza di corpi minerari al di sotto di coperture marnose e scistose. Ma è stato R. A. MACKAY che nel 1946, nel fondamentale lavoro « The control of impounding structures on ore deposition » dava per primo le basi scientifiche della sua teoria, elencando anche una serie di giacimenti ai quali essa poteva essere applicata; e poichè in tutte le sue pubblicazioni questo Autore cita sempre come esempio tipico, a sostegno delle sue idee, la mineralizzazione di Raibl, che egli studiò nel 1925, ho creduto opportuno di illustrare brevemente questa teoria e di esaminare fino a che punto può essere valida per il nostro giacimento.

Nella scorsa estate avendo poi avuto occasione di studiare i giacimenti piombo-zinciferi di Pian da Barco e Grigna (Auronzo), le manifestazioni di fluorite, galena e blenda della Val Aupa (Moggio Udinese) e di visitare il giacimento piombo-zincifero di Bleiberg in Austria, giaci-

menti che sono tutti situati in ambiente calcareo-dolomitico e al di sotto di un tetto marnoso o scistoso, ho voluto verificare, nello studio del problema genetico, le possibilità di interpretazione offerte dalla teoria dell'impounding. I risultati di queste mie osservazioni, mentre da un lato valorizzano la teoria dell'illustre geologo inglese, dall'altro ci dicono che essa sola non sempre riesce a dare una spiegazione esauriente alla formazione dei giacimenti metalliferi anche quando essi si trovano nelle condizioni ideali volute dalla teoria stessa.

Questo studio è stato inquadrato in una serie di ricerche geologico minerarie da me eseguite per incarico del Dott. Ing. GIOVANNI NOGARA, Direttore Generale della Soc. An. Miniere Cave di Predil (Raibl), al quale rivolgo la mia più sincera riconoscenza per la stima in me riposta nell'affidarmi questo compito e per avermi permesso di rendere noti i risultati dello studio.

#### La teoria di R. A. MACKAY.

La ricorrenza di giacimenti metalliferi al di sotto di banchi scistosi o marnosi in genere, sarebbe dovuta, secondo R. A. MACKAY, alla proprietà *semipermeabile* delle rocce di copertura.

L'esperienza di Lord BERKELEY sui fenomeni osmotici dimostra che se la soluzione di cui si deve misurare la pressione osmotica è collocata in un recipiente nel quale viene disposto un vaso poroso, contenente acqua e munito di capillare, e sulle cui pareti è stato depositato del ferro cianuro di rame, l'acqua del recipiente interno passa in quello esterno con una determinata pressione. Se però nel recipiente esterno si esercita una pressione crescente, l'acqua del vaso poroso diminuirà il suo afflusso nel vaso esterno finchè ad un certo momento, raggiunta la pressione di equilibrio, non passerà più: è questo il valore della pressione osmotica. Ma se si aumenta ancora la pressione nel

recipiente esterno, dell'acqua riprende a passare dalla soluzione all'acqua pura del vaso poroso, l'acqua nel capillare cresce, e la soluzione del vaso esterno si concentra. Questo ultimo fenomeno, chiamato « esosmosi », viene assunto dall'Autore come il principio fondamentale per la spiegazione dei depositi di minerale nelle condizioni prima citate.

I valori della pressione osmotica approssimativa a 100° e a saturazione di alcuni sali fra i più solubili, calcolati in base alla legge di VAN'T HOFF sui gas, sono i seguenti:

	<i>atmosfera</i>		<i>atmosfera</i>
Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,2	ZnSO <sub>4</sub>	110,0
HgSO <sub>4</sub>	0,01	PbCl <sub>2</sub>	1,65
Na <sub>2</sub> S	50,0	ZnCl <sub>2</sub>	300,00
CuSO <sub>4</sub>	36,0	CuCl <sub>2</sub>	88,00
ZnSO <sub>3</sub>	0,01		

Per soluzioni non sature e per sali meno solubili questi dati sarebbero alquanto più bassi; nel caso poi di colloidi<sup>(1)</sup>, se una membrana di pergamena separa la soluzione colloidale dall'acqua, è sufficiente esercitare una pressione molto piccola sulla soluzione per eliminare l'acqua attraverso la barriera membranosa e concentrare la soluzione. La grandezza comunque delle pressioni osmotiche qui considerate è dell'ordine di quelle possibili negli ambienti geologici, eccetto forse per il caso del cloruro di zinco, per il quale si rivela molto elevata.

Passando ad illustrare la natura delle barriere (o coperture semipermeabili), l'Autore afferma che nè per l'osmosi nè per la dialisi vi sono barriere o membrane semipermeabili universali: queste infatti possono essere permeabili per un sale ed impermeabili per un altro (*l'applicazione*

---

(<sup>1</sup>) Se il metallo si trova allo stato colloidale, allora il fenomeno prende il nome di *dialisi* od *ultrafiltrazione*; secondo FREUNDLICH fra esosmosi e dialisi esiste solo una differenza di grado, non di qualità.

della parola membrana in geologia è poco corretta perchè atta a presentare un quadro sbagliato dell'effetto da descrivere). I fattori che determinano se una barriera sarà o no permeabile per una sostanza sono l'effettiva grandezza dei pori (grandezza che può essere modificata da fenomeni di adsorbimento) e le proprietà delle sostanze (cioè grandezza molecolare, grado di ionizzazione, grado di penetrazione). Questi fattori però non sono suscettibili di un trattamento matematico in quanto che la grandezza dei pori in una barriera non è certo facilmente determinabile, come potrebbe essere nel caso di un semplice vaso poroso; ciò poi sarebbe maggiormente complicato da una eventuale deposizione nei pori di un gel colloidale che ne ridurrebbe la grandezza effettiva.

Uno strato di materiale poroso che limita, ma che non impedisce *totalmente* il passaggio della molecola, causerà una concentrazione crescente, grossolanamente parallela alla quantità d'acqua che filtra. Perchè una barriera possa offrire un impedimento al passaggio dei sali occorre che il diametro dei suoi pori vari da un micron, al limite inferiore della filtrazione, fino a circa tre millimicron. Tanto maggiore è poi la grandezza molecolare del sale tanto minore sarà la sua penetrabilità attraverso una data membrana, penetrabilità che dipende dal grado di idrofilia del sale stesso, cioè dalla sua affinità per l'acqua. La proprietà idrofila dovrebbe ridurre la penetrabilità perchè le complesse molecole e ioni dovuti all'unione con diverse molecole d'acqua, assumerebbero una notevole grandezza, e secondariamente, la grande affinità per l'acqua di queste molecole militerebbe in un certo modo contro una eventuale separazione. L'ordine di penetrabilità dei comuni metalli in soluzioni idrotermali può essere considerata anzitutto sulla serie idrofila:

Hg            Pb            Cu            Sn            Zn

Però l'ordine di penetrabilità osservato in natura è:

Hg            Pb            Zn            Cu            Sn

La posizione dello *Zn* rappresenta quindi una anomalia, ma l'Autore pensa che allo stato attuale degli studi, per questa serie di penetrabilità, sono più attendibili i fatti osservati in natura che le teorie.

Una certa influenza sulla penetrabilità deve essere dovuta anche alle caratteristiche liotropiche dei comuni metalli idrotermali. FREUNDLICH afferma che si possono distinguere dal gruppo delle proprietà comprese nella teoria di VAN'T HOFF, un secondo gruppo indipendente dovuto al cambiamento di pressione interna per opera del soluto. Queste proprietà vengono descritte come liotropiche e comprendono l'influenza del soluto sulla tensione superficiale, la compressibilità, la solubilità di sostanze difficilmente solubili ed altre. Mancano dei metodi soddisfacenti per determinare quantitativamente questi effetti per cui la teoria delle proprietà liotropiche è ancora nella sua infanzia.

Secondo MACKAY una grande quantità di depositi di minerali è in relazione alla presenza di barriere geologiche nel senso dianzi spiegato, sia evidenti che latenti, che hanno permesso il passaggio dell'acqua e trattenuto il minerale. L'influenza di queste barriere sulla formazione dei giacimenti, nel senso inteso dall'Autore, non è stata affatto osservata nella letteratura.

Nei terreni a struttura « impounding » (espressione con la quale si vogliono intendere dei terreni che possiedono una struttura capace di agire come una « trappola » per i minerali, « trappola » nel senso che essi possono trattenere i minerali lasciando passare il loro solvente) le rocce vengono distinte in *competenti* ed *incompetenti*: le prime sono quelle che reagiscono alle pressioni fratturandosi; le seconde cedono alle pressioni e si piegano senza fratturarsi. Queste due classi di rocce non hanno un valore specifico asso-

luto, ma sono usate in relazione tra loro: così per esempio l'andesite è stata chiamata competente rispetto alla marna ed incompetente riguardo alla riolite. Le rocce incompetenti sono state variamente descritte quali strati sovrapposti, coperture, barriere impermeabili, « trappole », ecc. All'obbiezione, che gli potrebbero muovere i geologi, che queste particolari strutture non esercitano che un effetto puramente guidante sulle soluzioni, MACKAY fa osservare che la massima deposizione di minerale è presente in posti che sarebbero zone di massimo ristagno per le soluzioni se le barriere fossero state veramente impermeabili (esempio di giacimenti situati sotto una anticlinale). In tali casi le soluzioni stagnanti sarebbero inadeguate a depositare una grande quantità di minerale essendo poco concentrate o addirittura diluite. E' quindi inconcepibile che una zona di ristagno o di un « ristagno parziale » sia il luogo per un deposito di minerale. Il fatto può trovare solo spiegazione ammettendo il concetto che *la barriera ha fermato il minerale e non il fluido, cosicchè le apparenti zone di ristagno sono in realtà le linee di passaggio del fluido portante.*

La pressione necessaria, affinchè l'acqua si liberi da una soluzione attraverso una barriera satura d'acqua può essere molto piccola, come già dimostrato negli esempi di pressione osmotica. L'unico tipo di soluzione che può essere arginato piuttosto che « impedito » da una barriera semipermeabile è un elettrolita di alta concentrazione quale  $ZnCl_2$  o  $ZnSO_4$  che avrebbe una pressione osmotica elevata e facilmente superiore alla forza ascensionale della soluzione. In questo caso è ancora sempre ammissibile che queste sostanze si trovassero allo stato colloidale già prima di raggiungere la « trappola » che impedi il loro passaggio.

La parte non dimostrabile in laboratorio e forse difficile a concepire è che l'acqua da sola o portando certi soluti od elettroliti od altro, passa queste barriere di roccia, cioè che argille, scisti o lave possano essere semi-

permeabili. Ciononostante l'Autore ne ammette le possibilità per queste ragioni:

1) il minerale è stato spesso trovato entro le barriere talvolta attraverso tutto il loro spessore, sebbene raramente in quantità economicamente importante: è cosa fantastica ritenere che una soluzione sia penetrata nella barriera ristagnando e depositando il minerale.

2) Giacimenti e mineralizzazioni sono state trovate sotto potenti barriere proprio là dove queste erano perfette (illese).

3) Se il fluido non passa attraverso la barriera, allora il luogo del minerale trattenuto diventa un posto di ristagno, non di grande deposizione, perchè nessuna soluzione può depositare più soluto perchè sta a lungo in un dato posto.

Si ritiene in genere che la costituzione di una barriera sia in relazione col metallo che dev'essere « impedito » <sup>(1)</sup>. Le barriere scendono di grado, dagli scisti carboniosi agli scisti più pelitici o calcarei, alle lave fino alle fessure capillari che possono essere ancora sufficienti per « impedire » le soluzioni. Così quanto più grande è la penetrabilità di un ione tanto più è necessario che sia densa la barriera incontrata per farlo depositare. Anche la chiusura dei pori con la deposizione e l'apertura per i piccoli movimenti comuni durante la formazione dei minerali possono essere dei fattori per la formazione di nuove aperture o di barriere, particolarmente nelle zone più basse.

L'Autore classifica in cinque distinte tabelle i principali esempi di impounding osservati: una per il mercurio, una per il piombo e zinco, una per il rame, una per lo stagno ed una per l'oro. Io mi limito a riportare qui di seguito soltanto la tabella relativa al piombo-zinco.

---

(<sup>1</sup>) Il verbo « impedire » è qui usato con significato simile a quello che in elettrotecnica si attribuisce alla parola « impedenza »: una soluzione cioè non viene fermata da una barriera, ma « impedita ».

## Esempi di piombo e zinco

<i>Località</i>	<i>Roccia ospite</i>	<i>Barriera</i>	<i>Strutture</i>	<i>Fonte autorevole</i>
Raibl	Calcarea	Scisti	Faglie inclinate	MACKAY (1925)
Mezica, Jugoslavia	»	»	Pieghe deboli con duomi	» »
Rico, Colorado	Arenaria	»	Grandi duomi	LINDGREN (1933)
Leadville, Colorado	Calcarea, quarzite	Porfido	Duomi, blocchi fagliati, anticlinali, ecc.	LINDGREN, SPURR, BATEMAN
Mapimi, Durango, Mexico	Calcarea	Scisti	Faglie penetranti negli scisti	BATEMAN (1942) SPURR (1923)
Aspen, Colorado	Dolomite, quarzite	Faglie piane	Faglie e coperture	» »

Esaminando le altre teorie sulla deposizione dei minerali, MACKAY osserva che ognuna ha certamente il suo ruolo in esempi speciali, ma che il caso universalmente applicato della caduta della temperatura (e pressione) quale causa maggiore della deposizione è sembrato sempre inadeguato ed esagerato. Un cambiamento di temperatura e pressione può far precipitare una parte di soluto proporzionale alle entità di questo cambiamento, ma l'ipofiltrazione <sup>(1)</sup> lo ferma integralmente.

Considerazioni molto importanti vengono poi fatte sulla penetrabilità dei metalli idrotermali rari e viene anche toccato il problema degli anioni di cui tra l'altro è detto che troppo poco si conosce sulla loro natura liotropica, ma che comunque sembra, con riferimento ai cationi, che  $SO_4$  sia più penetrabile di S e S di OH.

<sup>(1)</sup> Con questa parola MACKAY vuole raggruppare i processi di ultrafiltrazione, dialisi ed esosmosi.

E' questa, riassunta in breve, la teoria di R. A. MACKAY sul fenomeno dell'*impounding*. Prima di passare però alla descrizione dei giacimenti piombo-zinciferi delle Alpi Orientali considerati in questo lavoro, desidero fare alcune osservazioni in merito alla teoria stessa. Terreni di copertura, a carattere semipermeabile, che permettano attraverso i loro pori il passaggio dell'acqua delle soluzioni, anche quando la loro potenza arrivi ad un migliaio di metri, com'è lo spessore della serie Raibliana che forma il tetto del giacimento di Raibl, riesce un pò difficile concepirli. Ma ammettendone pure l'esistenza e volendo considerare, secondo la legge di Poiseuille che la velocità dell'acqua a 30° in un medium poroso ideale in cui il volume dei pori rappresenti il 10 % del volume totale è di 150 mm all'anno con pori del diametro di 0,001 mm, di mm 1,5 all'anno con pori del diametro di 0,0001 mm e di mm 0,015 all'anno con pori di 0,00001 mm, una particella d'acqua per percorrere lo spazio di 1000 metri (riferendomi sempre allo spessore della serie Raibliana) impiegherebbe molte migliaia d'anni nel primo caso e molte decine di milioni d'anni nel terzo caso! E' anche vero che la velocità dell'acqua aumenta colla temperatura e con la presenza di piccole fratture interne, praticamente sempre esistenti, ma se si tiene conto che la solubilità dei solfuri è bassissima (per la deposizione di un grammo di blenda occorrono oltre 40 tonnellate d'acqua) e della eterogeneità dei pori delle rocce di copertura che abbassa ancor più la velocità del flusso filtrante, un giacimento di una certa importanza richiederebbe per la sua formazione più di un'era geologica. I rapporti di giacitura fra minerali e rocce incassanti permettono sempre di stabilire un così lungo periodo di deposizione? E dobbiamo pure ammettere che i pori di una barriera rimangono ben presto otturati dal primo minerale che deposita, mentre la barriera stessa, diventando per questa ragione sempre più impermeabile, elimina la possibilità della formazione di un grosso deposito.

La grande eterogeneità delle formazioni di copertura (basta riferirsi alla serie Raibliana), anche volendo trascurare la loro potenza, implica una infinita variabilità del diametro dei pori, ciò che si schiera contro una certa omogeneità costituzionale che dovrebbe invece possedere la barriera per adempiere alle sue funzioni di selezione nei riguardi della penetrabilità dei diversi elementi. Nè si deve trascurare l'importanza fondamentale per la deposizione che assume sovente la roccia incassante; e non credo sia giusto svalutare il fattore temperatura dato che necessariamente le soluzioni idrotermali, a mano a mano che si allontanano dall'origine si raffreddano sempre più, sovrasaturandosi ed eliminando così i sali disciolti. E troppi infine sono i fattori chimici e chimico fisici che intervengono nella formazione dei minerali, fattori di cui ciascuno vi gioca certamente il suo ruolo e molti dei quali ancora ci sono sconosciuti.

Dobbiamo quindi concludere che pur ammettendo la esistenza del fenomeno dell'impounding per la formazione di alcuni giacimenti (come si potrà anche constatare dalla descrizione che segue) e la sua possibile dimostrazione teorica, esiste ancora un vuoto troppo grande da colmare quando si voglia passare alla spiegazione scientifica in campo pratico.

**La teoria dell'impounding nei riguardi dei giacimenti  
piombo-zinciferi di Raibl, Grigna, Pian da Barco,  
Val Aupa, Bleiberg**

*Giacimento di Raibl.*

Come già si disse, lo studio del giacimento di Raibl da parte di MACKAY fu orientato in modo particolare a definire l'influenza degli strati Raibliani sulla deposizione del minerale. Io non mi soffermo qui ad esaminare e discutere le idee del geologo inglese sulla geologia e tettonica del giacimento, idee comunque ponderate, alcune delle

quali possono essere accettate ancor oggi: ma desidero soltanto riferire e discutere le sue ipotesi sulla genesi della mineralizzazione, dato che allo stato attuale dei lavori molte cose sono cambiate dall'anno 1925 in cui MACKAY visitò la Miniera di Raibl, nuovi orizzonti minerari sono stati scoperti e coltivati, nuove linee tettoniche sono state trovate ed inquadrare: e pertanto deve di necessità essere modificata ed aggiornata anche la sua primitiva interpretazione.

Ricordo brevemente che il giacimento di Raibl trovasi sviluppato lungo faglie N-S nella Dolomia Metallifera del Ladinico Superiore, nella zona di contatto fra questa formazione ed il Raibliano e nell'interno del Raibliano (vedi stereogramma della fig. 1). Per MACKAY l'esistenza della copertura Raibliana (a carattere marnoso e talora debolmente scistoso) e della sottostante Dolomia Metallifera intersecata da numerose faglie, avrebbe rappresentato un sistema ideale di deposizione tipo « impounding ». Avendo poi osservato che dove gli scisti sono stati erosi la forma della sottostante mineralizzazione dovrebbe grosso modo ripetere l'andamento a distanza, egli arriva a ricostruire una specie di duomo dolomitico, contenente l'adunamento di minerale, incappucciato dal Raibliano. Una tale interpretazione, secondo me, non risolve integralmente il quesito perchè se si volesse ricostruire l'antica anticlinale raibliana, la sua cerniera verrebbe a cadere in una posizione troppo lontana dall'attuale mineralizzazione, la quale dovrebbe estendersi almeno fino alla cima del Grande M. Re (m. 1912) per soddisfare all'ipotesi summenzionata, mentre in effetto si limita soltanto al Piccolo M. Re (m. 1519). Bisognerebbe allora ammettere, come d'altra parte sembra trapelare dallo scritto di MACKAY e dallo stereogramma relativo a Raibl illustrato dalla figura 3 nel suo ultimo articolo del 1948 (bibl. 8), che l'anticlinale Raibliana coprisse il Piccolo M. Re. Ciò però è difficilmente dimostrabile sia dal punto di vista geologico che tettonico e lo stereogramma

riportato, che vuol rappresentare le condizioni geologico-minerarie iniziali, ne offre una dimostrazione. Il corpo minerario risulta quindi spostato in una posizione completa-

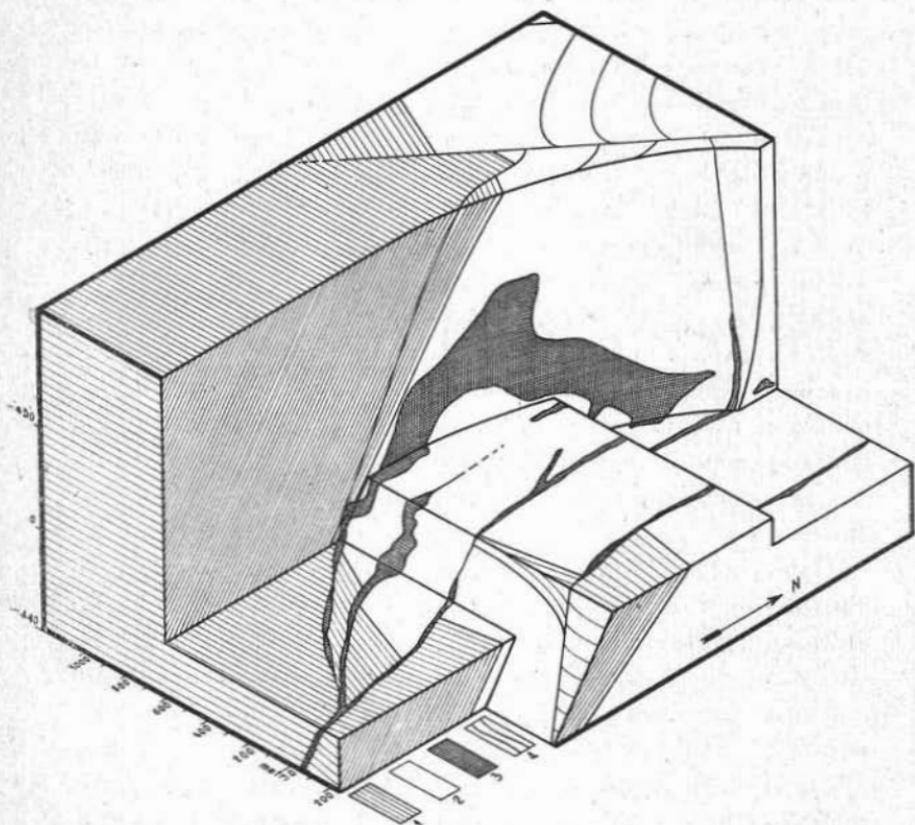


Fig. 1 — Blocco diagramma sezionato rappresentante il giacimento di Raibl. Spiegazione dei segni: 1, Raibliano; 2, Dolomia metallifera; 3, zone mineralizzate; 4, Faglie. (secondo D. di Colbertaldo, 1949)

mente asimmetrica rispetto alla presunta anticlinale Raibliana e troppo distante dalla cerniera. Non sembra quindi esistere, allo stato attuale delle nostre conoscenze, una correlazione fra forma del giacimento e scisti di copertura.

Passando ad esaminare le cause della deposizione, MACKAY ammette che il minerale è stato trattenuto dagli scisti Raibliani per un fenomeno di ipofiltrazione. Se la circolazione fosse stata secondo il contatto scisti, egli pensa, la mineralizzazione avrebbe avuto uno sviluppo maggiore secondo questa direzione, mentre invece è prevalentemente localizzata in settori Nord-Sud. Considerando poi che la solubilità dei solfuri è bassa, se gli scisti fossero stati impermeabili, le soluzioni sarebbero ristagnate al di sotto e si sarebbe depositata soltanto una insignificante quantità di minerale (con la normale solubilità dei solfuri, un grammo di blenda depositata richiederebbe oltre 40 tonnellate di acqua). In queste condizioni tutta l'area fra il Mangart e la Valbruna sarebbe diventata una zona di ristagno, poichè fra i due punti menzionati non vi è uscita per le soluzioni che non possono attraversare gli scisti e Raibl si trova proprio al centro di questa zona.

A queste ipotesi, io contrappongo le seguenti osservazioni:

Perchè il fenomeno dell'esosmosi si verifichi occorre che le soluzioni, raggiunti gli scisti al letto, non abbiano altra via d'uscita che filtrare attraverso essi. Com'è possibile che si fosse realizzato per Raibl questo fenomeno se già alla fine della prima fase tettonica del giacimento alcune faglie e fratture a carattere N-S tagliavano il Raibliano ed uscivano a giorno (Fallbach, Aloisi)? Non vedo la ragione perchè le soluzioni idrotermali dovessero filtrare attraverso gli scisti, mentre potevano passare più comodamente attraverso le faglie. Un fenomeno d'impounding può essersi verificato soltanto durante la prima fase metallizzante cioè prima della formazione delle faglie, fase in cui si depose una certa quantità di blenda cristallina diffusa, nella zona del contatto scisti. Ma ripetiamo, solo per questa fase e periodo. Tutte le altre imponenti mineralizzazioni della seconda fase metallizzante sono legate *esclusivamente*

alle faglie. Le faglie sono le uniche direttrici del minerale sia nella dolomia metallifera che *nell'interno del Raibliano*. Le ricche concentrazioni di blenda e galena rinvenute in questi ultimi tempi si trovano principalmente lungo la faglia Struggl nell'interno del Raibliano fino a 700 metri di distanza dal contatto con la dolomia (allo stato attuale delle ricerche). Il minerale oltre che nel filone di faglia si rinviene anche in apofisi che dalla faglia si spingono lateralmente ad essa lungo i giunti di stratificazione del Raibliano.

Un altro fatto è poi da considerare. Nel nostro giacimento abbiamo tre tipi di blenda; la *blenda cristallina*, localizzata a sud, prevalentemente nella zona di contatto fra Raibliano e Dolomia Metallifera; la *blenda gialla*, situata un pò più a nord della precedente, in Dolomia Metallifera e nell'interno del Raibliano lungo le faglie; la *blenda rossa*, che occupa la zona nord del giacimento, nella Dolomia Metallifera. Nella interpretazione data da MACKAY le soluzioni idrotermali sarebbero salite attraverso le faglie esistenti nella dolomia fino al Raibliano e da questa formazione sarebbero state ipofiltrate. A me risulta invece che, dopo la prima fase metallizzante, le soluzioni salirono lungo il sistema di faglie Struggl-Aloisi nell'interno del Raibliano, perchè ivi troviamo mescolate assieme la blenda gialla, la blenda rossa e talora relitti di blenda cristallina, e da questa posizione si irradiarono verso nord per tutto il giacimento depositando in posizioni sempre più settentrionali e in periodi successivi le due diverse facies del solfuro di zinco. Il fatto è poi dimostrabile anche dal punto di vista tettonico perchè tutte le faglie tendono a convergere nel sistema Struggl-Aloisi, nell'interno del Raibliano; e se vogliamo prendere in considerazione la termalità del minerale depositatosi notiamo che esso ha carattere meso-termale a sud (blenda cristallina), mentre tende a divenire epitermale a nord (blenda colloidale rossa); e ciò torna in favore dell'ipotesi sopra esposta.

Tranne quindi una debole manifestazione di impounding avvenuta durante la prima fase metallizzante, nel senso inteso da MACKAY, per tutta la rimanente grandiosa deposizione di minerale del giacimento di Raibl, dobbiamo ricercare un'altra interpretazione.

Le osservazioni da me effettuate in questi ultimi anni in miniera mi hanno fatto ritenere che una delle cause della deposizione del minerale sia da ricercarsi anche nella presenza di *sostanze bituminose*. Seguendo la mineralizzazione anche nei luoghi più lontani dal Raibliano, ed in modo particolare lungo le faglie, si può notare che i solfuri sono legati ad una ganga dolomitica contenente tracce di un pigmento bruno (talora visibile solo al microscopio) riferibile a sostanze bituminose. In un campione mineralizzato proveniente da un sondaggio effettuato nella zona della Bärenklamm, a circa 1600 metri a nord del Raibliano in piena massa calcareo-dolomitica, la ganga dolomitica, di colore quasi nero, conteneva il 0,60 % di sostanze bituminose: queste, mentre offrono una dimostrazione tangibile della loro influenza sulla fissazione dei solfuri, confermano l'ipotesi che le soluzioni idrotermali nelle loro diverse fasi transitarono dapprima attraverso il Raibliano, asportando il bitume nei processi metasomatici colle marne bituminose e depositandolo successivamente assieme ai solfuri nel loro viaggio verso nord. Già ebbi occasione di dimostrare che la dolomite nera del giacimento di Raibl altro non è che un prodotto metasomatico fra acque magnesiache e calcari marnosi bituminosi del Raibliano e che essa deve essere ritenuta un minerale guida perchè accompagna sempre il minerale utile. E' difficile stabilire quale sia stata l'influenza delle sostanze bituminose, se esse hanno agito da catalizzatrici, ammettendo i sali in soluzione allo stato di solfuri, o da riduttrici se i sali si trovavano allo stato di solfati.

Ho già accennato alla distribuzione orizzontale dei tre tipi

fondamentali di blenda: la blenda cristallina a sud, nella zona del contatto fra Raibliano e Dolomia Metallifera, la blenda gialla amorfa poco più a nord, nella Dolomia Metallifera, la blenda rossa colloidale nella zona nord della miniera. Ma anche gli altri minerali del giacimento si trovano distribuiti in quantità e qualità in senso orizzontale. La galena per esempio è molto più abbondante a sud che a nord;

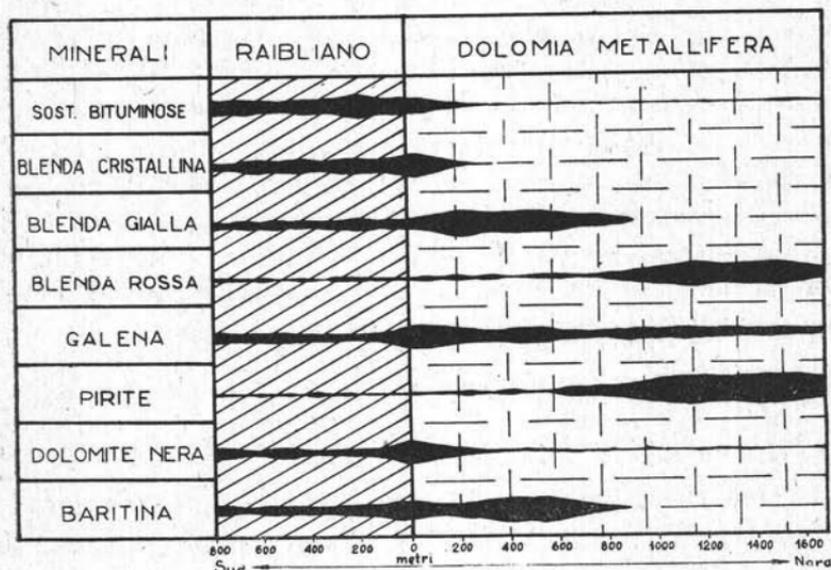


Fig. 2 — Diagramma della distribuzione dei minerali nel giacimento di Raibl, da Sud a Nord. (secondo D. di Colbertaldo, 1949)

la pirite si trova in piccola quantità a sud, un po' più abbondante al centro ed in percentuale elevata a nord. La baritina è presente già nel Raibliano (Struggl) aumenta nella zona centrale (Erzmittel), ma scompare totalmente a nord (vedi il diagramma della figura 2). Io penso che questa distribuzione orizzontale dei minerali (che fra l'altro conferma la direzione del decorso del flusso idrotermale da sud a nord) sia in relazione con la discesa della percentuale delle sostanze bituminose da sud a nord.

L'influenza delle sostanze organiche, carboniose, bituminose sulla deposizione del minerale è già stata messa in rilievo da molti Autori, fra cui LINDGREN e SCHNEIDERHÖHN, per diversi giacimenti. LINDGREN afferma che l'importanza della precipitazione per opera di sostanze carboniose è stata sopravvalutata, ma che in molti casi gli idrocarburi hanno di certo favorevolmente influenzato la deposizione dei minerali. SCHNEIDERHÖHN dà grande importanza ai banchi scistosi, carboniosi, bituminosi o piritosi perchè favoriscono la deposizione. « Sono straordinari — Egli dice — gli effetti provocati già da sottilissime stratificazioni della potenza di qualche centimetro o millimetro ». Per il giacimento di Raibl però è questa la prima volta che viene messo in rilievo questo fenomeno.

Riepilogando dunque le diverse osservazioni, possiamo così concludere sulla genesi del giacimento di Raibl.

1) E' probabile che si sia verificato il fenomeno dell'impounding nel senso inteso da MACKAY, soltanto durante la prima fase metallizzante, ammettendo quale via di accesso alle soluzioni la zona di contatto fra Raibliano e Dolomia Metallifera in corrispondenza dei settori in cui si stavano abbozzando le faglie.

2) E' probabile che durante la seconda fase metallizzante le faglie e non la copertura di strati Raibliani abbiano agito come « trappole » per il minerale.

3) La deposizione del minerale è stata pressochè ovunque influenzata dalle sostanze bituminose.

4) Il flusso principale delle soluzioni idrotermali della seconda fase metallizzante (prima e seconda venuta) avvenne nell'interno del Raibliano attraverso il sistema di faglie Struggl-Aloisi e di lì si irradiò verso nord in tutte le altre faglie del giacimento.

*Giacimenti di Grigna e Pian da Barco (Auronzo) (1).*

I giacimenti piombo-zinciferi di Grigna e Pian da Barco si trovano nel versante sinistro della Valle dell'Ansiei (Monte Aiarnola) presso Auronzo, a quote comprese fra 1300-1500 metri s. m.. Non sono dei giacimenti isolati, ma fanno parte di una corona di manifestazioni metallifere che interessano la regione Aurontina. Nell'estate scorsa ho visitato e studiato queste manifestazioni, ma, fra tutte, quelle di Grigna e di Pian da Barco mi hanno colpito in modo sorprendente per la possibilità che offrono di essere interpretate con la teoria dell'impounding.

La serie dei terreni del versante sinistro dell'Ansiei, presso Auronzo, dal basso all'alto è la seguente (vedi anche il blocco diagramma della fig. 3): *Werfeniano*, con scisti arenacei, variamente piegati, color rosso vino o giallo verdolino e calcari marnosi a strati sottili intercalati; *Anisico Inferiore*, con calcari scuri stratificati, potenza 200 metri circa, talora debolmente marnosi e bituminosi; *Anisico Superiore*, con dolomia poco stratificata piuttosto massiccia della potenza media di circa 150 metri, e sopra la dolomia, marne fossilifere, a letti sottili, talora bituminose, dello spessore di circa 30 metri; *Ladinico*, dolomie e calcari dolomitici debolmente stratificati.

Il terreno metallifero è la dolomia anisica (2) compresa fra il banco di marne al tetto ed i calcari stratificati al letto.

Gli strati (*Werfeniano* escluso) hanno direzione abba-

---

(1) Voglio qui ringraziare il Dott. Ing. S. TONIOLLO, il Dott. TREVISANATO ed il Per. Min. G. ZANNINI della Soc. Mineraria S. Marco, che hanno agevolato in ogni modo le mie ricerche.

(2) Questa dolomia è stata attribuita molto opportunamente all'Anisico Superiore da GINO OGNIBEN, che negli anni 1947 e 1948 si è occupato di ricerche geologico-minerarie sui giacimenti di Grigna-Ferrera e di Monte Rusiana presso Auronzo, per incarico della Soc. An. San Marco e della Soc. An. Miniere del Cadore.

stanza costante intorno a N 20° E e sono inclinati di circa 30° in media verso N 70° W. Una grande linea di dislocazione a direzione Est-Ovest decorre subito a nord di Auronzo portando l'Anisico a contatto col Werfeniano è una linea di sprofondamento. A Nord di questo grande disturbo una serie di linee di dislocazione di minore importanza, ad andamento N-S suddivide in altrettanti settori i terreni

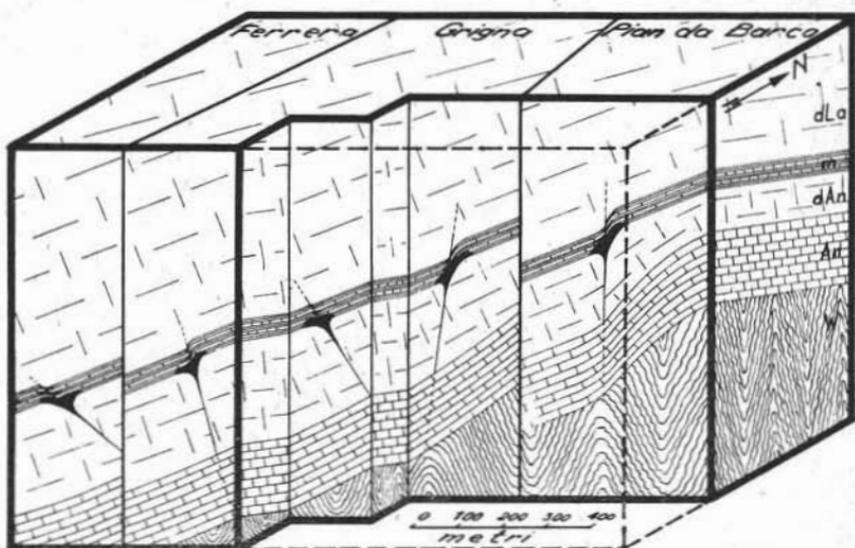


Fig. 3 — Blocco diagramma sezionato rappresentante i giacimenti di Ferrera, Grigna, Pian da Barco. Spiegazione dei segni: W, Werfeniano; An, Anisico; dAn Dolomia Anisica; m, Marne Anisiche; dLa, Dolomia Ladinica. (secondo D. di Colbertaldo, 1949)

prima descritti, linee che sono messe in evidenza da canali e vallette; da Ovest verso Est essi sono: il Canalone di Grigna, la Val S. Rocco, il canalone di S. Barbara ed il canale di Crepa Marcia nel suo tratto medio superiore. La zolla di dolomia anisica compresa fra il canalone di Grigna e la Valle di S. Rocco ha subito, quale conseguenza dei disturbi laterali, una fratturazione secondaria a direzione

prevalente NNW-SSE e talora E-W con scorrimenti obliqui e con una inclinazione di circa  $15^{\circ}$ , dei singoli settori: è qui la sede del giacimento di Grigna. La zolla di dolomia anisica racchiusa fra la Valle di S. Rocco ed il canalone di S. Barbara ha subito un'analogo fratturazione a direzione N-S o compresa fra NW e NE e con scorrimenti obliqui dei settori, ad inclinazione piuttosto forte: in questo ambiente si è formato il giacimento di Pian da Barco.

Fissato così schematicamente l'ambiente geologico e tettonico di questi giacimenti passiamo ad esaminare la forma della mineralizzazione, la sua ubicazione ed il rapporto intercorrente fra minerali ed ambiente. I corpi di minerale si trovano localizzati lungo le faglie nella dolomia Anisica per 30-40 metri d'altezza fino al contatto con le marne dove assumono il maggior sviluppo espandendosi lateralmente alle faglie. A quote più basse, la mineralizzazione diventa sempre più incerta tanto che si può dire che essa cessa di essere coltivabile nei pressi del contatto dolomia anisica-calcarei anisici. La forma di queste mineralizzazioni, schematicamente rappresentata, assomiglia ad un fungo (sezione normale alla direzione della faglia) e ricorda quella riportata da LINDGREN per il giacimento di Rico in Colorado e dell'American Nettie presso Auray pure in Colorado.

Le marne dove sono sede di mineralizzazione, sono oltremodo elaborate: hanno perduto la stratificazione originaria e risultano trasformate in un ammasso grigio giallastro, a sfumature varie fra questi due colori, con deboli iniezioni di bianca dolomite: esse richiamano come aspetto le rocce sedimentarie a contatto con una massa intrusiva. Il minerale, oltre che nella zona di contatto con le marne, ricorre come, si disse, nelle faglie e lateralmente ad esse in forma di sacche; la ganga è dolomite e baritina per Grigna, prevalentemente dolomite per Pian da Barco. S'accompagna pure marcasite, ma in piccola quantità. I due solfuri blenda e galena non sempre vanno assieme: quando

la mineralizzazione ricorre nelle marne, si ha l'impressione che la blenda abbia una potenza di penetrazione decisamente superiore alla galena.

La blenda nelle marne si trova finemente diffusa in esse in forma di cristallini e granuletti, ora uniformemente sparsi ora in piccoli nidi isolati. Il suo colore è giallo, ma viene mascherato dalla tinta grigia-giallastra delle marne. La galena invece preferisce rimanere nella dolomia, è cioè meno penetrabile della blenda, e riempie piccole fratture collaterali alla faglia. Le venuzze di galena che ne risultano, quando formano dei reticolati a maglie piccole, sono sfruttabili industrialmente. A Grigna Alta ho raccolto dei campioni di marne in cui si distinguevano delle fascie parallele mineralizzate. L'ordine di penetrabilità osservato è il seguente: I baritina, II blenda, III galena. La microfotografia della fig. 1, Tav. 1, riproduce in piccolo tale ordine di penetrabilità. Nel caso quindi di Grigna lo zinco si è manifestato più penetrabile del piombo.

Visitando queste manifestazioni metallifere si ha l'impressione che le soluzioni idrotermali siano passate attraverso le fratture della dolomia (le faglie si originarono da queste fratture solo più tardi, dato che in esse il minerale è cataclastico), abbiano urtato contro il tetto di marne e siano state da esse « *ipofiltrate* » secondo il processo dell'esosmosi. Tutte le constatazioni che si possono effettuare in posto sembrano avviare a questa conclusione. Però quanto è stato detto per il giacimento di Raibl circa l'influenza delle sostanze bituminose sulla deposizione del minerale, bisogna ripeterlo anche per i giacimenti di Grigna e Piau da Barco. Dove si trovano i solfuri la ganga diventa di un colore grigio scuro per la presenza di un pigmento organico, forse liberato dalle marne stesse durante il processo di elaborazione idrotermale.

Le altre manifestazioni dell'Aurontino si trovano in condizioni press'a poco analoghe a quelle ora descritte e

le marne di copertura rappresentano la roccia guida <sup>(1)</sup>; e nelle stesse condizioni doveva trovarsi il minerale che si rinviene nella frana milonitica dell' Argentiera, il quale è costantemente legato a marne più o meno elaborate.

Concludendo, sembra che la genesi dei giacimenti piombo zinciferi di Auronzo possa venire interpretata colla teoria dell'impounding soddisfacentemente, ed in modo più completo se si vuol dare un giusto peso all'influenza delle sostanze di origine organica sulla deposizione del minerale.

### *Le manifestazioni metallifere della Val Aupa <sup>(2)</sup>.*

La Val Aupa si trova ad occidente della Valle detta Canal del Ferro, è percorsa dal torrente omonimo e congiunge Moggio Udinese con la Sella Cereschiatis. Nel suo tratto superiore questa valle è incisa nelle formazioni del Buchenstein (strati di LIVINALONGO) costituite da sottili strati marnosi, calcarei, arenacei, e tufacei, ora immergenti con forte pendenza verso Sud-Sud-Est, ora variamente corrugati.

Sul versante destro della Vallata si notano discordanti sopra il Buchenstein, degli isolotti di Dolomia Metallifera di piccole dimensioni (Rio di Fous) e di grandi com'è il massiccio banco dolomitico che forma il Monte Crete dal Cron (m. 1665). Dall'esame del contatto fra i due terreni descritti si può dedurre che la dolomia è stata dislocata e che il movimento di questo terreno sul Buchenstein ha ge-

---

<sup>(1)</sup> L'importanza di queste marne per la mineralizzazione era già stata messa in evidenza da ANGELO BIANCHI, in due relazioni scientifico-tecniche private alla Soc. SAN MARCO, riguardanti la ripresa (1940) e lo sviluppo dei lavori di ricerca mineraria nel settore Grigna-Ferrera.

<sup>(2)</sup> È in preparazione da parte dell'Autore una nota su queste manifestazioni metallifere.

Voglio ringraziare qui i Dirigenti della I.M.I. che mi hanno concesso di visitare ripetutamente la Miniera.

nerato un letto scistoso nella zona di contatto. La zolla dolomitica incisa dal Rio di Fous risulta fra l'altro anche sprofondata nel Buchenstein ed in parte capovolta, cosicchè il suo fianco occidentale che porta ancora i segni del letto scistoso (versante sinistro del Rio Fous) doveva a suo tempo formare il basamento del banco stesso. Una faglia nella dolomia, inclinata di circa  $50^\circ$  verso Sud Est raggiunge la copertura scistosa senza oltrepassarla. Cinque metri al di sotto degli scisti e lateralmente alla faglia si rinviene una sacca, di alcuni metri di potenza, di fluorite

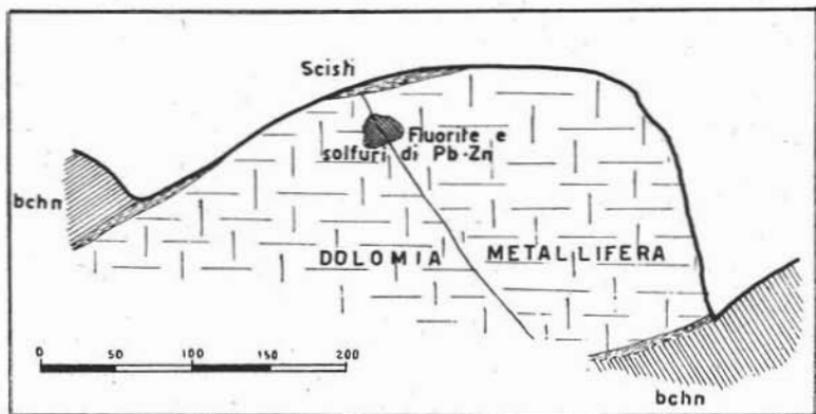


Fig. 4 — Schizzo relativo all'affioramento di Rio di Fous in Val Aupa; bchn, Buchenstein. (secondo D. di Colbertaldo, 1949)

molto pura con tracce di galena e blenda (vedi fig. 4). La presenza di una roccia incompetente al tetto (scisti) e di una roccia competente fagliata e mineralizzata (dolomia) al letto, richiama lo schema di una deposizione di minerale tipo impounding.

Esistono nella Val Aupa altre manifestazioni a fluorite blenda galena sulla sponda destra del Rio di Fous, di fronte all'affioramento ora descritto, oppure nelle strette vicinanze, come in Val dell'Andri (affluente di destra della Val Aupa) ed alla base del versante di Sud Est del Monte

Crete da Cron: mineralizzazioni che hanno tutte come roccia incassante la dolomia e che si trovano lungo faglie. Mancano coperture scistose. La fluorite è sempre il minerale principale, mentre galena e blenda sono accessorie. La fluorite ricorre in sacche lateralmente alle faglie; la galena è un po' indipendente e riempie spaccature secondarie; la blenda, che è in abito microcristallino, di colore arancione, è sempre accompagnata da sostanze organiche di aspetto bituminoso. (Vedi fig. 3, Tav. 1).

Anche per alcune manifestazioni metallifere della Val Aupa si può dunque ammettere il fenomeno dell'impounding associato alla presenza delle sostanze organiche.

#### *Il giacimento di Bleiberg-Kreuth* <sup>(1)</sup>.

Finora abbiamo esaminato tre giacimenti situati in ambiente calcareo-dolomitico con copertura di scisti, ed aventi caratteristiche morfologiche sensibilmente diverse uno dall'altro: nel primo, il corpo minerario si sviluppa principalmente nel calcare, ma penetra in profondità anche negli strati scistosi del tetto (Raibl); nel secondo, l'adunamento di minerale è localizzato proprio nella zona di contatto fra marne e dolomia (Auronzo); nel terzo, la mineralizzazione si trova nel calcare a qualche metro di distanza dagli scisti di copertura (Val Aupa). Per tutti e tre questi giacimenti abbiamo fatto rilevare che il fenomeno dell'impounding sembra aver avuto luogo in modo parziale o totale e che sostanze di origine organica hanno influenzato favorevolmente la deposizione. Si tratta ora di esaminare il quarto caso, Bleiberg-Kreuth, un giacimento che è situato nel calcare, ma a 25-30 metri di distanza dal tetto scistoso.

---

(<sup>1</sup>) Sento il dovere di ringraziare il Dott. Ing. EML TSCHEERNIG, Direttore Tecnico della B.B.U., il Dott. Ing. F. STEINER, Direttore della Miniera di Bleiberg, il Dott. Ing. H. HOLLER ed il personale tecnico della Miniera di Bleiberg, i quali hanno agevolato in ogni modo il mio soggiorno a Bleiberg e la visita alla Miniera.

Il giacimento di Bleiberg-Kreuth si trova in Austria, a 25 km. a NE di Raibl, fra la Valle della Gail e della Drava, ai piedi dell'Erzberg. La zona mineralizzata si estende in lunghezza per circa 8 km ed è suddivisa in due miniere: Bleiberg ad oriente, Kreuth ad occidente. Lo sviluppo dei lavori nel sottosuolo è molto vasto (circa 800 km. di gallerie) ed i livelli più bassi raggiungono 750 metri di profondità. I minerali primari sono *galena* e *blenda cristallina saccaroide*; la ganga che li accompagna è costituita da *marcasite*, *pirite*, *baritina*, *fluorite*, *calcite*.

Il giacimento è stato studiato dal punto di vista genetico in modo particolare dal TORNQUIST nel 1927 e dal punto di vista tettonico da H. HOLLER nel 1936 (per citare gli Autori più recenti).

La geologia della regione di Bleiberg-Kreuth riflette sensibilmente quella di Raibl. L'HOLLER ha dato per il giacimento una descrizione stratigrafica molto dettagliata: al tetto si trova una formazione della potenza di 20-25 metri di scisti argillosi scuri a *Cardita* (Cardita-Tonschiefer = Raibler Schiefer di TORNQUIST) cui segue un banco oolitico (m. 0,1-0,5) fortemente piritoso di colore da grigio scuro a nerastro, e quindi il calcare di Wetterstein, o calcare metallifero, caratterizzato da banchi grossolani limitati da giunti molto marcati. Il *primo banco*, dello spessore di 12 metri è costituito da dolomia bianco latte che poggia su di uno strato (Pflocksacht) molto importante per la condotta della mineralizzazione, formato nella parte superiore da dolomia bianco latte e nella parte inferiore da una breccia ad elementi argillosi color verdastro e nero con cemento calcareo bruno accompagnato da materiale argilloso. Il *secondo banco*, della potenza di 9 metri è composto da un calcare puro contenente due straterelli (30 cm) formati da sottili venature argillose color grigio verde e da una breccia con inclusioni marnose; talora porta mineralizzazioni locali. Al di sotto si trova lo strato Dreier, molto

importante per la condotta del minerale, delimitato al tetto da una breccia nerastra. Il *terzo banco*, della potenza di circa 24 metri, è caratterizzato dalla presenza di due formazioni apportatrici di minerali (Mauerschachtl e Krügelzeche) con breccia nerastra al letto ed al tetto una roccia di color grigio debolmente dolomitizzata. Il *quarto banco*, ultimo della serie metallifera, ha una potenza di 77 metri e presenta un orizzonte conchigliifero ed uno a dolomia bianco latte, talora mineralizzata, al letto della quale si trova un banco di marna dura color grigio verde. La base del quarto banco, che porta una mineralizzazione a carattere filoniano soltanto nelle zone ben fratturate è costituita da calcari a lumachelle. Il sottostante calcare di Wetterstein ha minore importanza.

La tettonica della regione è estremamente complicata: essa è legata alla formazione di due fosse tettoniche, di età antica, e ad una grande linea di dislocazione più recente, a direzione N 70° W, che limita verso sud il giacimento, la linea *Dobratsch*. Gli effetti dei movimenti avvenuti si manifestarono soltanto nella parte superiore del calcare metallifero, mentre i banchi più bassi della stessa formazione si comportarono come corpi rigidi immobilizzati da tutte le parti. Le zone di fessurazione prodotte dalla tettonica generale si disperdono lungo i giunti principali dei grandi banchi del tetto (contatto scisti, strato Pflockschachtl, ecc.). Dove la fratturazione provocò l'apertura di faglie a direzione NW-SE, il minerale si trova nei punti d'incontro di queste faglie coi già accennati giunti principali: quasi tutte le mineralizzazioni rimangono quindi delimitate dallo stesso orizzonte stratigrafico.

La mineralizzazione è situata nel Wettersteinkalk a 25-30 m. sotto gli scisti a *Cardita* (vedi fig. 5) ed ha carattere metasomatico o di riempimento. Per quanto riguarda la forma della mineralizzazione, TORNQVIST afferma che meno inclinato è l'orizzonte stratigrafico, più prevale il

carattere di un deposito piano; maggiore è l'inclinazione, più la parte mineralizzata si avvicina al tipo colonnare.

Quando la mineralizzazione assume forma filoniana è in genere legata ai giunti di stratificazione. Di solito si nota che essa inizia dalla faglia che taglia il giunto, penetra in questo per parecchi metri e poi si assottiglia, terminando a cuneo. Nei livelli più bassi di Bleiberg ho potuto osservare bene questa forma di deposizione. Il minerale era costituito da galena accompagnata da una ganga

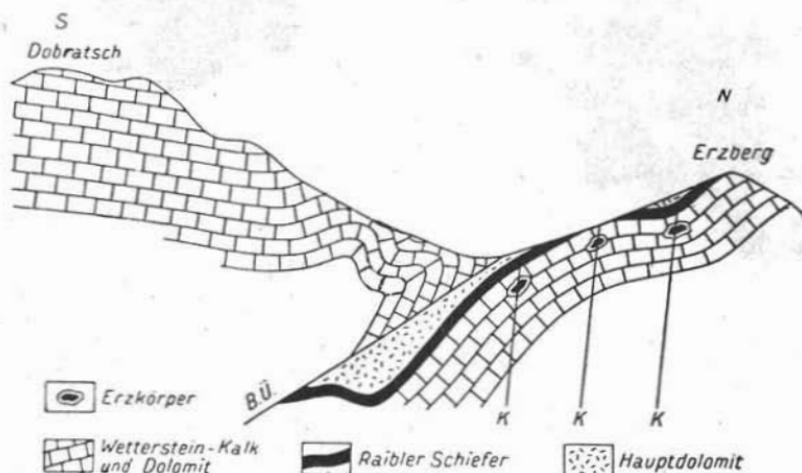


Fig. 5 — Profilo geologico del giacimento di Bleiberg. (secondo A. Tornquist)

scura con poca blenda; fenomeni metasomatici non erano molto appariscenti e tutte le osservazioni che si potevano fare in posto portavano alla conclusione che doveva trattarsi del riempimento di un giunto. A Kreuth invece ho notato delle spaccature contenenti elementi calcarei a *spigolo vivo* cementate da una *breccia scistosa nera* ad alto contenuto di galena, di difficile interpretazione.

Sulla genesi del giacimento vi sono due teorie fondamentali recenti, per merito di TORNQVIST e di HOLLER.

Secondo TORNQUIST le soluzioni idrotermali, salite dal basso lungo le faglie, sarebbero state fermate dagli scisti perchè impermeabili e costrette in seguito a spargersi lateralmente lungo giunti di stratificazione e cavità del Wettersteinkalk. L'impermeabilità degli scisti assieme alla loro azione catalitica sulla separazione del minerale, e la caduta della temperatura sono ritenute le principali cause della deposizione.

Per HOLLER la ragione per cui i corpi minerari si riscontrano generalmente solo ad una certa distanza dagli scisti, non sarebbe dovuta alla impermeabilità di questi, ma a motivi puramente tettonici. La presenza d'una zona plastica di compensazione qual'è quella formata dagli scisti, nell'interno della potente serie di calcari e dolomie, fece sì che le forze tettoniche, nelle parti superiori del calcare metallifero, a cui era possibile arretrare contro gli scisti, poterono esplicarsi sotto forma di rilassamenti, fenditure ed altri fenomeni, in modo che un banco potente in media 122 metri venne interessato dalla tettonica di dettaglio rendendosi adatto a ricevere il minerale; gli strati più profondi invece, causa la loro costrizione da tutti i lati, rimasero praticamente rigidi e quindi sterili.

A Bleiberg-Kreuth, secondo me, il fenomeno dell'impounding, *in linea generale*, non deve aver avuto luogo. Se si fosse verificato, il corpo minerario avrebbe dovuto trovarsi maggiormente sviluppato nella zona del contatto scisti e non a 25-30 metri più in basso. È più giusto accettare l'ipotesi di TORNQUIST: gli scisti hanno avuto la funzione d'una copertura impermeabile e le soluzioni idrotermali sono state costrette ad incanalarsi nelle sottostanti cavità aperte dai movimenti tettonici. Sotto questo punto di vista penso che potrebbero conciliarsi le ipotesi di TORNQUIST e di HOLLER. Una influenza sulla deposizione gli scisti la debbono certamente aver avuta, altrimenti sarebbe difficile spiegare perchè il minerale si mantenga quasi sempre ad

una determinata distanza da essi e sia sovente legato alla presenza di sostanze organiche. Alcune delle mineralizzazioni ch'io ho visitato erano accompagnate da una ganga di colore grigio scuro fino a nero, dovuto alla presenza di sostanze di origine organica, in deciso contrasto con la roccia incassante di color bianco latteo. Queste sostanze organiche potrebbero esser state liberate dagli scisti a *Cardita* sovrastanti e portate in circolazione. Io credo che TORNQUIST non fosse molto lontano dal vero quando asserì che gli scisti debbono aver manifestato un'azione catalitica sulla separazione del minerale (azione che potrebbe essere in relazione colle sostanze di origine organica liberate).

Ci sono delle mineralizzazioni nel giacimento di Bleiberg Kreuth, di secondaria importanza, che hanno raggiunto gli scisti. Ho esaminato alcuni campioni provenienti dalla Miniera di Kreuth, località Rauterriesenkluft, X livello, Pozzo Antonio, mineralizzati prevalentemente a galena (vedi fig. 4, Tav. 1). Il solfuro di piombo è riuscito a penetrare nell'interno degli scisti per alcuni metri ed a depositarsi in forma di grossi cristalli isolati.

Un tale tipo di mineralizzazione potrebbe esser dovuto ad un fenomeno di ipofiltrazione. Allo stesso fenomeno si potrebbero attribuire le mineralizzazioni localizzate nei giunti di stratificazione del Wettersteinkalk dove sono tagliati da una faglia, ed aventi la forma di un filone terminante a cuneo.

Le faglie, essendo forse troppo aperte, non « impediscono » le soluzioni, mentre invece il minerale sarebbe stato trattenuto dai giunti perchè questi chiudendosi internamente, potevano costituire una struttura tipo impounding.

In conclusione possiamo dire che, ad eccezione forse per qualche singola manifestazione metallifera di minore importanza, per l'insieme del giacimento di Bleiberg Kreuth la teoria di R. A. MACKAY non risolve il suo problema genetico.

### L'importanza pratica della teoria dell'impounding.

Dall'esame della teoria dell'« Impounding » e dei giacimenti piombo-zinciferi considerati in questo lavoro ai quali essa può essere più o meno applicata, ho avuto la impressione che i depositi di minerale localizzati al di sotto di una barriera e dovuti ad un probabile fenomeno di ipofiltrazione, abbiano un valore economico modesto.

Abbiamo già fatto rilevare che a Raibl, la blenda cristallina (nera e grigia) appartenente alla prima fase metallizzante del giacimento ed interpretabile con la teoria di MACKAY, rappresenta il minerale meno ricco della miniera; che ad Auronzo, i cui giacimenti sembrano la dimostrazione pratica della teoria, si hanno dei corpi minerari di proporzioni modeste; che in Val Aupa, le manifestazioni a solfuri di piombo zinco, hanno finora solo valore scientifico; che a Bleiberg-Kreuth, nelle zone dove il minerale è penetrato negli scisti a Cardita o si trova comunque nella zona di contatto, si sono originati depositi di scarsa importanza. Può darsi che la mancanza di un grande deposito in questi ambienti sia dovuta al fatto che i pori della barriera vennero ostruiti dal minerale che andava depositandosi e che mancarono dei movimenti concomitanti capaci di promuovere una nuova fessurazione minuta. Sta di fatto che non si sono avute grandi mineralizzazioni, mentre queste invece, quando sono manifeste (Raibl e Bleiberg Kreuth) hanno preferito localizzarsi nel calcare sottostante alla barriera, ad una certa distanza dal contatto e con carattere di sostituzione.

Io non escludo che i giacimenti citati da MACKAY nei suoi lavori siano perfettamente interpretabili con la sua teoria (d'altra parte non ho avuto la possibilità di visitarli e studiarli) però per quelli da me esaminati in questa nota valgono le considerazioni sopra esposte, considerazioni che credo possano interessare tutti coloro che si occupano di ricerche minerarie.

### Riassunto.

Viene esposta in breve la teoria dell' « impounding » di R. A. MACKAY relativa a giacimenti situati al di sotto di tetti scistosi o marnosi. La teoria si fonda sul principio dell'*esosmosi* e sulla proprietà *semipermeabile* delle rocce di copertura. L'Autore illustra quattro giacimenti piombo zincheri delle Alpi Orientali ch'egli ha studiato o visitato (Raibl, Grigna - Pian da Barco, Val Aupa, Bleiberg) ed analizza per ciascuno le possibilità di interpretazione genetica offerte dalla teoria dell'impounding. Ne deduce che questa teoria sembra risolvere solo in parte il problema genetico di Raibl, in modo più completo e chiaro quello di Grigna - Pian da Barco e della Val Aupa (Rio di Fòus), mentre per il giacimento di Bleiberg-Kreuth essa in generale non si rivela adatta.

Nella descrizione dei singoli giacimenti l'Autore pone in rilievo la grande influenza che debbono aver avuto sulla deposizione le sostanze di origine organica che sotto forma di un pigmento scuro accompagnano sovente il minerale. Nella ipotesi dell'Autore queste sostanze sarebbero state liberate dagli scisti più o meno bituminosi di copertura ad opera delle soluzioni idrotermali circolanti, durante i processi metasomatici.

### Zusammenfassung.

Es wird in Kürze die Theorie des « Impounding » von R. A. MACKAY über die unter Schiefer- oder Mergelschichten gelegenen Erzlagerstätten vorgebracht. Die Theorie ist auf das Prinzip der Exosmosis und der Halbpermeabilität der Gesteine am Hangenden begründet. Der Autor beschreibt vier Lagerstätten der Ostalpen, die er studiert oder besucht hat (Raibl, Grigna-Pian da Barco, Val Aupa, Bleiberg) und analysiert für jede die Möglichkeit einer genetischen Erklärung auf Grund der Theorie des Impounding. Er kommt zum Schlusse, dass diese Theorie nur zum Teile das gene-

tische Problem von Raibl aufklärt, vollständiger und klarer das von Grigna-Pian da Barco und der Val Aupa (Rio di Fous), während sie für die Lagerstätte von Bleiberg - Kreuth gar nicht anwendbar ist.

Bei der Beschreibung der einzelnen Lagerstätten hebt der Autor den grossen Einfluss hervor, den auf die Ausscheidung die organischen Substanzen ausgeübt haben müssen, welche in Form eines dunklen Pigmentes häufig das Erz begleiten. Nach der Hypothese des Autoren sind diese organischen Substanzen aus den mehr oder weniger bituminösen Schiefen durch die durchlaufenden hydrothermalen Lösungen befreit worden.

### Summary

Here is briefly explained the «impounding» theory as given by R. A. MACKAY, in relation to orebodies located under schist or marl beds. The theory is based on the «exosmosis» principle and on the semi-permeable properties of the superimposed strata. The Autor illustrates four orebodies he has studied or visited in the Eastern Alps (Raibl - Grigna - Pian da Barco - Val Aupa - Bleiberg) and analyses for everyone of them, the possibility of genetical interpretation as offered by the impounding theory. He deduces that, this theory solves only partly the genetical problem of Raibl, more completely and clear the Grigna, Pian da Barco and Val Aupa (Rio di Fous) problem, while she is not generally suitable for the Bleiberg-Kreuth orebody.

In the description of each of the orebodies, the Author points out the great influence the organic substances must have had on the deposition, which under the form of dark pigment often accompanies the mineral. In the hypothesis stated by the Author, these organic substances should have been liberated from the superimposed schists more or less bituminous, following the circulating hydrothermal solutions action.

*Cave del Predil (Raibl), ottobre 1949.*

BIBLIOGRAFIA

1. DI COLBERTALDO D. *Il giacimento piombo zincifero di Raibl in Friuli (Italia)*. Pubbl. Soc. An. Miniere Cave di Predil (Raibl), Roma, 1948.
2. EDWARDS A. B. *Textures of the ore minerals and their significance*. Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Melbourne, 1947.
3. FREUNDLICH H. *Colloid and Capillary Chemistry*. Hatfield Translation, Methuen, 1926.
4. HOLLER H. *Die Tektonik der Bleiberger Lagerstätte*. Beiträge zur Naturwissenschaftlichen heimatkunde Kärntens. Klagenfurt, 1936.
5. LINDGREN W. *Mineral deposits*. New York and London, 1933.
6. MACKAY R. A. *The influence of Superimposed Strata on the Deposition of certain Lead-Zinc Ores*. Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy. Thirty Fifth Session 1925-26, Vol. XXXV, London.
7. *The control of impounding structures on ore deposition*. Economic Geology, Vol. XLI, N. 1, Jan.-Feb., 1946, U. S. A.
8. *Localization of Ore in Impounding Structures*. The Mining Magazine, agosto 1948, London.
9. MARINELLI G. *Guida del Canal del Ferro o Valle del Fella (Tagliamento)*. Udine, Soc. Alpina Friul., 1894.
10. NIGGLI P. *Gesteine und Minerallagerstätten*. Lehrbücher und Monographien aus dem Gebiete der exakten Wissenschaften, 16, Basel, 1948.
11. TORNQVIST A. *Die Blei-Zinkerz-lagerstätte von Bleiberg-Kreuth in Kärnten*. Wien, Verlag von Julius Springer, 1927.
12. TORNQVIST A. *Die Vererzung der Zink-Bleierz-Lagerstätten von Raibl (Cave del Predil)*. Sonderabdruck aus dem Jahrbuch der geol. Bundesanstalt, vol. 81, 1931, fasc. 1 e 2, Wien 1931.
13. SCHNEIDERHÖHN H. *Lehrbuch der Erz-lagerstättenkunde*, Erster Band. Jena, Gustav Fischer, 1941.

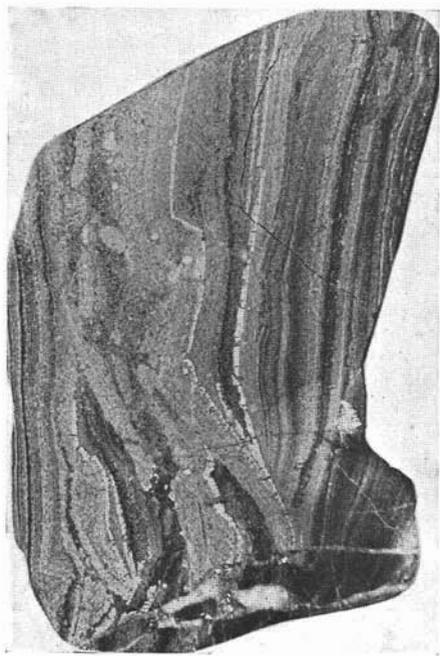


Fig. 2



Fig. 4



Fig. 1



Fig. 3

## SPIEGAZIONE DELLE FIGURE DELLA TAVOLA 1

Fig. 1 - Microfotografia d'una sezione sottile di marne mineralizzate provenienti da Grigna Alta. Il minerale è distribuito a fasce corrispondenti agli antichi giunti di stratificazione delle marne: *Pb*, galena in cristalli; *Pb<sup>1</sup>*, galena in cristalli più piccoli; *Zn*, blenda in cristalli ancora più piccoli; *Ba*, baritina, in cristalli aciculari. Nicol +, 24 X.

Fig. 2 - Campione di marne mineralizzate, proveniente da Grigna Alta, fotografato in luce riflessa: fasce bianche e strette, marcasite e galena; fasce color grigio chiaro, blenda cristallina diffusa. Si possono ancora notare le tracce dei piani di sedimentazione ( $\frac{1}{2}$  del nat.).

Fig. 3 - Campione di dolomia mineralizzata del Rio dell'Andri, Val Aupa. Cristalli di blenda gialla (granuli bianchi) accompagnati da sostanze organiche (pigmentazione nera attorno ai granuli). Fotografia eseguita su una faccia levigata del campione, in luce riflessa (leggero ingrandimento).

Fig. 4 - Giacimento di Kreuth, mineralizzazione negli scisti a Cardita: cristalli di galena, color bianco; scisto nero, color nero. Si osservi la caratteristica diffusione dei cristalli di galena e la tessitura debolmente scistosa, dovuta a movimenti più recenti. Fotografia eseguita su di una faccia levigata del campione, in luce riflessa. (Un pò più piccolo del naturale).

*Fotografie e microfotografie dell'Autore.*