

CENTRO STUDI DI PETROGRAFIA E GEOLOGIA DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE  
PRESSO L' UNIVERSITÀ DI PADOVA

---

DINO DI COLBERTALDO

STRUTTURE E TESSITURE DI GALENA  
BLEND A E PIRITE IN ALCUNI GIACIMENTI  
DELLE ALPI ORIENTALI

*(5 figure nel testo e 7 tavole)*



PADOVA  
SOCIETÀ COOPERATIVA TIPOGRAFICA  
1955

---

*Memorie degli Istituti di Geologia e Mineralogia dell'Università di Padova*

*Volume XVIII*

---



## P R E M E S S A

Da parecchio tempo mi sto occupando delle forme di accrescimento e di sostituzione nella galena, blenda e pirite di alcuni giacimenti alpini (Auronzo, Salafossa, Raibl) ove la deposizione avvenne a più bassa temperatura: dove cioè blenda e pirite si separarono quali colloidali o metacolloidi in tessitura colloforme e dove galena a struttura cristallina, più o meno completa, è stata parzialmente sostituita da solfuri colloidali di una venuta posteriore.

Nella letteratura si parla poco delle forme che sto per descrivere. Alcuni Autori, anche in lavori recentissimi, si limitano a citarne delle varietà senza entrare troppo nei dettagli genetici. Manca quindi al riguardo uno studio ed una documentazione completa, a cui ho tentato di giungere prendendo per ora in considerazione soltanto i solfuri di Pb, Zn, Fe. Non pretendo di aver esaurito con questo lavoro le varie argomentazioni e di aver dedotto conclusioni definitive, perchè la Scienza dei Giacimenti è ancora troppo giovane e molte sorprese può riservare. Ho cercato comunque di inquadrare quei particolari fenomeni, inerenti alle strutture e tessiture, che si ripetono allo stesso modo in alcuni giacimenti e sui quali le opinioni degli Autori sono ancora contrastanti o indecise.

Sulle strutture della blenda, galena, pirite e marcasite del Giacimento di Raibl avevo già espresso le prime opinioni in due note presentate una [6] al Congresso della Soc. Mineralogica Italiana tenutosi a Padova nel 1951 ed una [7] al Convegno Mineralogico di Leoben nel 1953.

L'attuale memoria, dato l'argomento che essa tratta, ha richiesto una documentazione fotografica notevole, realizzata in gran parte col sistema, da me già prospettato in passato, della « micrografia composta », che si è rivelato utilissimo sia per lo studio di interi fenomeni direttamente al tavolino anzichè al microscopio, sia perchè ha permesso di ricavare disegni molto chiari di motivi mineralogici oltremodo interessanti e completi.

Lo studio è stato condotto nei laboratori dell'Ufficio Geologico della Raibl Soc. Mineraria del Predil, al cui Direttore Generale, Dott. Ing. Giovanni NOGARA, rivolgo una parola di ringraziamento per aver concesso di divulgare i risultati delle mie ricerche. Desidero inoltre esprimere la mia riconoscenza ai Proff. A. BIANCHI e Gb. DAL PIAZ che hanno accettato di pubblicare il mio lavoro nella serie delle « Memorie degli Istituti di Geologia e Mineralogia » dell'Università di Padova, sotto gli auspici del Centro Studi di Petrografia e Geologia del Consiglio Nazionale delle Ricerche.



## GALENA

E' un dato acquisito che nei giacimenti alpini la paragenesi dei solfuri è generalmente invertita rispetto a quella che si osserva nei giacimenti direttamente legati ad un magma: ciò significa che si separa per prima la galena poi la blenda e la pirite. Per questa ragione la galena si rinviene inclusa nella blenda ed anche nella pirite, quando non sia in ganga carbonatica. Dalle osservazioni effettuate in numerose sezioni lucide ho potuto desumere che il solfuro di piombo si deposita dalle sue soluzioni in tre modi:

I - in germi ottaedrici sui quali si sviluppano poi i cristalli regolari. La blenda e la pirite che si separano più tardi come colloidali, involgono i cristalli regolari di galena e li sostituiscono parzialmente;

II - come il primo caso, ma durante l'accrescimento della blenda colloidale si può avere deposizione ritmica di cristalli di galena e zone di blenda. I cristalli di galena sembrano incastonati fra le zone di blenda ed il loro abito è regolare in quanto si sono sviluppati in un medium ancora fluido; talvolta risultano attaccati dalla blenda lungo i margini;

III - in forme arborescenti varie fino a tipi decisamente scheletrici. Le forme arborescenti di solito non vengono sostituite dai minerali che si separano più tardi e possono avere la stessa funzione dei germi di galena (caso I): su di esse, vale a dire, si può sviluppare un cristallo adulto e completo.

Il primo ed il secondo caso sono già stati da me illustrati in precedenti lavori [4-6] ai quali rimando per notizie di dettaglio. Mi voglio quindi occupare qui solo del terzo caso, che riguarda la separazione della galena in forme arborescenti.

Le forme arborescenti di galena sono sempre di sviluppo tridimensionale (pseudo-dendriti di SCHWARTZ) e ad abito molto variabile: possono comunque essere suddivise in quattro gruppi:

a) *forme arborescenti, in stretto senso, molto ramificate e ondulate* (vedi fig. 1, tav. I); assomigliano come aspetto a certe varietà di muschio;

b) *forme arborescenti, ramificate, ma non ondulate* (vedi fig. 2, tav. I); assomigliano come aspetto ad un abete;

c) *forme scheletriche, in stretto senso, a struttura cristallina* (vedi fig. 4, tav. I e figg. 1, 2, tav. 3);



d) *forme a rete*, caratterizzate da un succedersi di segmenti di galena allineati secondo direzioni che si incrociano con angoli corrispondenti a quelli fra i piani di sfaldatura della galena (vedi fig. 3, tav. I e fig. 2 a pag. 9).

a) *Forme arborescenti, molto ramificate e ondulate.*

Non sono comuni, ed io praticamente le ho osservate solo nei minerali di Salafossa (piccolo giacimento di Pb e Zn situato fra Sappada e S. Stefano di Cadore) quando sono incluse nella blenda, e nel minerale della faglia Fallbach (Raibl) quando sono incluse nella pirite. La genesi di questi « pseudo-dendriti » potrebbe essere dovuta alla separazione, da un medium contenente i diversi solfuri, di piccolissimi elementi di galena che si sovrappongono dando luogo ad un fusto ondulato molto ramificato e frondoso, a forma quasi di cespuglio. Da questo momento in base alle condizioni chimico fisiche ambientali, sulla esile struttura primaria di galena può depositarsi o nuovo PbS, oppure ZnS colloidale, oppure FeS<sub>2</sub> colloidale. Esaminiamo singolarmente questi tre casi.

Se continua a depositarsi solfuro di piombo, la figura arborescente va assumendo una forma poliedrica, cubo o ottaedro, mentre i piccoli rami determinano l'orientamento delle principali direzioni cristallografiche. Talvolta il cristallo definitivo è il risultato di tre stadi diversi di accrescimento: nel primo stadio si ha lo sviluppo della forma arborescente; nel secondo, attorno a gruppi di rametti crescono cubi o ottaedri con definite orientazioni reciproche nello spazio; nel terzo, sopra il nucleo di cristallini originatisi nel secondo stadio, si forma il cristallo adulto con accrescimento a zone (v. tav. VII).

Nel caso che si separi solfuro di zinco colloidale, questo involve ciascuno dei rametti che si dipartono dal fusticino di galena formando altrettanti sferoliti: l'insieme assume allora la forma di un grappolo d'uva (vedi fig. 3, tav. 5).

Nel caso invece che si separi solfuro di ferro non si ha formazione di grappoli in quanto le strutture di galena vengono incluse nel solfuro di ferro come un materiale inerte che non disturba nè la sua deposizione nè la sua successiva tendenza a cristallizzare.

RAMDHOR, nel suo recente lavoro [17] sulle strutture e genesi dei minerali del giacimento di Rammelsberg, riporta una micrografia di pirite con galena « ricamata » che assomiglia moltissimo a quella riprodotta nella micrografia della tav. II; ritengo si tratti di galena arborescente inclusa nella pirite. A questo proposito il citato Autore riferisce che « grande interesse hanno la masse di pirite che contengono galena *ricamata* o che sono esse stesse ricamate o a forma di grappolo avvolto da blenda. Ambedue sono forme che per la delicatezza degli elementi di struttura debbono essere sorte molto presto ». SCHOUTEN che in precedenza aveva studiato il giacimento di Rammelsberg, ritiene che queste ultime siano dei prodotti di sostituzione, ma non discute per quale motivo la blenda si trovi spesso all'interno e nella pirite zonata e non cerchi per la sostituzione delle speciali zone ed abbia delle forme esili.

Le forme arborescenti primarie di galena hanno una struttura propria, decisamente diversa, seppure difficilmente controllabile, dalla struttura del cristallo definitivo che



in seguito si svilupperà da esse. Corrodendo con molta sensibilità la sezione lucida di uno di questi cristalli di galena, si vede comparire la struttura arborescente non corrosa fra la rimanente parte decisamente attaccata (vedi fig. 1); la sua maggior resistenza alla corrosione si manifesta anche nei riguardi della sostituzione, come in seguito dimostrerò.

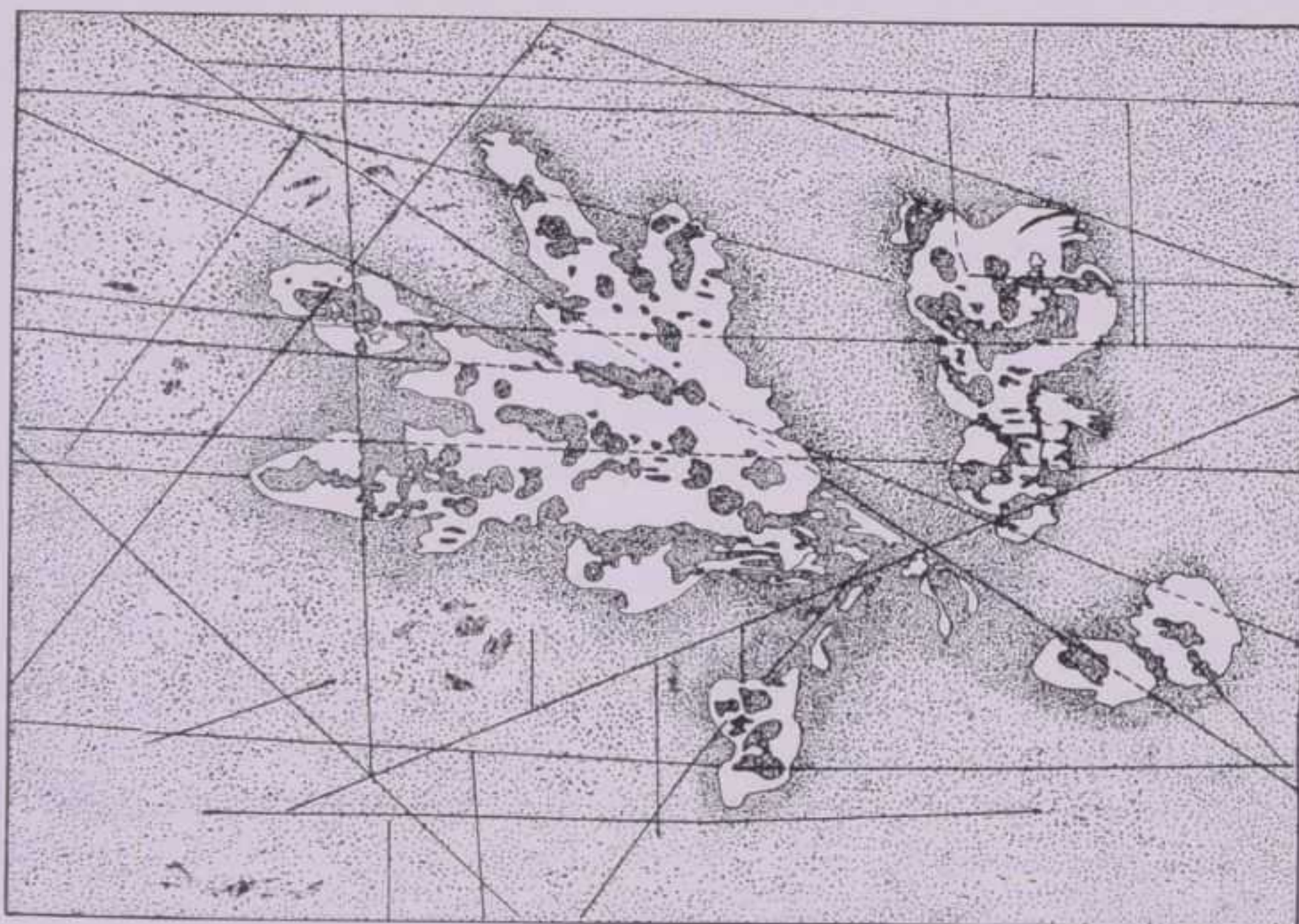


FIG. 1. - *Forma arborescente in un cristallo di galena.* Disegno ricavato da una micrografia; sezione lucida, nicol paralleli, 600 x circa, faglia Struggl, XIII livello, Giacimento di Raibl.

Il disegno rappresenta una superficie di galena delicatamente corrosa con HBr. Le linee nere sono in parte le tracce di piani di sfaldatura; le zone punteggiate mettono in evidenza le aree che hanno subito una corrosione maggiore, e le zone bianche le aree che sono rimaste negative all'attacco chimico. La forma che appare in bianco può essere riferita a quelle arborescenti, sulla quale poi è cresciuto il cristallo definitivo. Essa ha rivelato una struttura molto più compatta e resistente all'azione degli acidi che non il cristallo che si è sviluppato più tardi. Ci si può così render conto del perchè minerali come blenda e pirite, quando sostituiscono la galena, si arrestano contro queste forme di origine primaria.

Le forme arborescenti si possono studiare bene a nicol incrociati, quando sono incluse nella blenda, per i riflessi interni di questo solfuro molto alti (dal bianco al giallo) e per la sua debole trasparenza che permette di seguire lo sviluppo della galena in profondità. Quando invece i pseudo-dendriti sono inclusi nella pirite, possono essere osservati solo a nicol paralleli: è più difficile allora seguire il loro motivo nello spazio.

**b) Forme arborescenti, ramificate ma non ondulate.**

Queste forme sono molto simili a quelle descritte nel paragrafo precedente, con una sola differenza, che il fusticino ed i rametti anzichè essere ondulati sono diritti, assumendo così l'aspetto di un abete.



c) **Forme scheletriche.**

Sono le più comuni e le più studiate. Quelle che sto per descrivere provengono esclusivamente dal giacimento di Raibl e si trovano sviluppate da grandezze microscopiche a macroscopiche fino a parecchi centimetri di lunghezza. Le forme scheletriche di galena si trovano incluse nella pirite, nella blenda, nella dolomite, oppure sono avvolte da una esile crosta di pirite e come tali immerse nella dolomite o nella baritina.

Esaminando il loro sviluppo spaziale si nota che la forma è data da un asse molto allungato, più grosso alla base che all'estremità, normalmente al quale si staccano tanti rametti, di solito equidistanziati. L'asse principale dello scheletro è costituito da una sequenza di ottaedri (più di rado cubi) allineati secondo uno dei loro assi quaternari; i rametti laterali sono pure formati da allineamenti di piccoli ottaedri. Sostanzialmente dunque questi scheletri altro non sono che allineamenti di piccoli ottaedri secondo determinate direzioni cristallografiche.

Se la deposizione del solfuro di piombo continua anche dopo la separazione della forma scheletrica, si osserva allora che gli ottaedri di un rametto crescono secondo una sola direzione, preferibilmente verso l'apice dell'asse principale, andando ad unirsi con quelli del rametto superiore. Questo tipo di sviluppo prelude ad una forma ottaedrica. In altri casi dai rametti laterali si sviluppano dei rametti secondari, normali ai primi, che preannunziano la formazione di cubi.

Gli ottaedrini che costituiscono l'asse principale non sempre sono a diretto contatto l'un l'altro, anzi alcune volte sono distanziati da spazi vuoti (riempiti dal minerale che si depositò dopo). E poichè in certi casi si può escludere con certezza che fenomeni di sostituzione abbiano interrotto la catena di ottaedrini, bisogna ammettere la presenza, durante la deposizione, di una forza di cristallizzazione capace di orientare nello spazio i singoli elementi, separatisi indipendentemente, secondo allineamenti che preludono alla forma definitiva del cristallo.

La posizione degli scheletri di galena in una determinata associazione di minerali di solito non è casuale. Nei giacimenti di sostituzione la tessitura principale, che maggiormente ricorre fra i minerali, è quella a *coccarda*, che può svilupparsi in grandezze microscopiche fino a parecchi decimetri di diametro. Le coccarde possono avere uno solo o più nuclei: nel primo caso il nucleo è generalmente formato da un nocciolo macroscopico della roccia incassante, sfuggito alla sostituzione; nel secondo caso i nuclei che formano il cuore della coccarda possono essere costituiti ciascuno da un aggruppamento di coccarde microscopiche di blenda e pirite con nucleoli di galena. Su questi nuclei, con deposizione a bande o ritmica, si depositano in seguito blenda, galena, dolomite, pirite, baritina formando una serie di involuppi. *Gli scheletri di galena trovano generalmente sede in uno di questi involuppi* e non sono disposti disordinatamente, ma orientati in modo che i loro assi principali assumono una posizione normale all'andamento della superficie reniforme della coccarda.

E' generalmente ammesso che la formazione delle coccarde, che ho chiamato mononucleari, sia dovuta alla struttura tettonica della roccia incassante; nel senso che la rete di fratture latenti, sempre presente in essa, guida le soluzioni. Un qualunque elemento della roccia delimitato da queste fratture, può venire investito con azione centripeta, e d'ogni parte, dalle soluzioni circolanti alla sua periferia ed essere sostituito



parzialmente dando luogo ad una coccarda definitiva. Nelle coccarde plurinucleari però il fattore « struttura tettonica della roccia incassante » deve avere ben poca importanza. Le stesse tessiture a coccarda, del tipo ora descritto, di minerali consimili, che si ripetono in tutti i giacimenti di sostituzione allo stesso modo devono secondo me la loro origine ad una *forza formativa* paragonabile a quella presente nelle sostanze cristalline disciolte che loro permette di assumere una determinata forma nello spazio, a mano a mano che si separano.

Scheletri di galena sono comuni in altri giacimenti, ove la blenda si è separata allo stato colloidale. EVRARD [9-10] ne descrive fra i minerali zonati di Moresnet e d'Engis (miniera di Schmalgraf) quali noccioli avviluppati da blenda e ne riporta delle micrografie ove essi hanno l'aspetto del tutto simile a quelli di Raibl. Anche GRANIG [12] nel suo lavoro sul giacimento di Miess (Mezica) documenta con una micrografia di una sezione lucida la presenza di germi di galena inclusi in blenda a tessitura colloforme. Dall'aspetto dei germi e da quello della blenda che li envolve si può arguire che essi dovrebbero rappresentare dei relitti di sostituzione. SCHROLL [19] ne descrive pure e ne illustra alcune sezioni per il giacimento di Bleiberg (Antonischacht, 6 Lauf).

Scheletri di galena inclusi nella blenda a tessitura colloforme (schalenblende) provenienti da Eschbroid presso Aquisgrana e da Meggen an der Lenne sono illustrati da RAMDHOR e SCHNEIDERHÖHN [16-18] nei loro trattati sulla microscopia dei minerali metallici. Si deve quindi concludere che la formazione di strutture scheletriche di galena in masse colloidali è un fenomeno comune a molti giacimenti piombo zinciferi di sostituzione.

#### d) Forme a rete.

Sono le più strane e le più difficili a spiegarsi. I singoli elementi di galena, dall'aspetto di bastoncini esilissimi e della lunghezza di pochi micron, si trovano allineati (ma sempre staccati fra loro) nello spazio in rette ben definite, parallele fra loro, in gruppi incrociandosi con altri, secondo angoli che corrispondono a quelli fra i piani di sfaldatura. L'osservazione con dispositivo ultropaco, a nicol incrociati e a 1250 X consente di rilevare che la loro sezione può avere la forma di un triangolo equilatero (sviluppo secondo una faccia dell'ottaedro), oppure di un quadrato (sviluppo secondo una faccia del cubo), o quella di un rombo. In quest'ultimo caso il bastoncino è formato da una serie di ottaedri compenetrati uno nell'altro; il profilo della loro sequenza a volte è ben visibile, con spigoli netti, a volte assomiglia invece a quello di un bastoncino noduloso (fig. 2). Nel settore epitermale del giacimento di Raibl sono tipiche le *forme a rete* se la galena è inclusa nella blenda (colonna Udo) e le forme arborescenti se la galena è inclusa nella pirite (faglia Fallbach).

#### Considerazioni sulle forme arborescenti.

Cerchiamo di esaminare quali possano essere le cause che determinano le forme scheletriche in luogo di cristalli per esempio interi, ma di dimensioni minori, e se dette forme siano sempre di origine primaria o rappresentino i relitti di un processo di sostituzione. Secondo il mio parere, la separazione del solfuro di piombo deve avvenire in



un medium molto denso e gelatinoso in cui gli ioni S e Pb (in caso di cristalloidi) o gruppi di molecole PbS (in caso di colloidi) si trovano uniformemente distribuiti. All'atto della precipitazione, a causa del mezzo denso in cui si manifesta, la migrazione delle molecole separate è fortemente ostacolata per cui si hanno soltanto esili accrescimenti locali. Di questo parere sono pure SCHNEIDERHÖHN e RAMDHOR [16-17-18] i quali ammettono che le forme *ricamate* (dendriti) si sono in gran parte originate per impe-

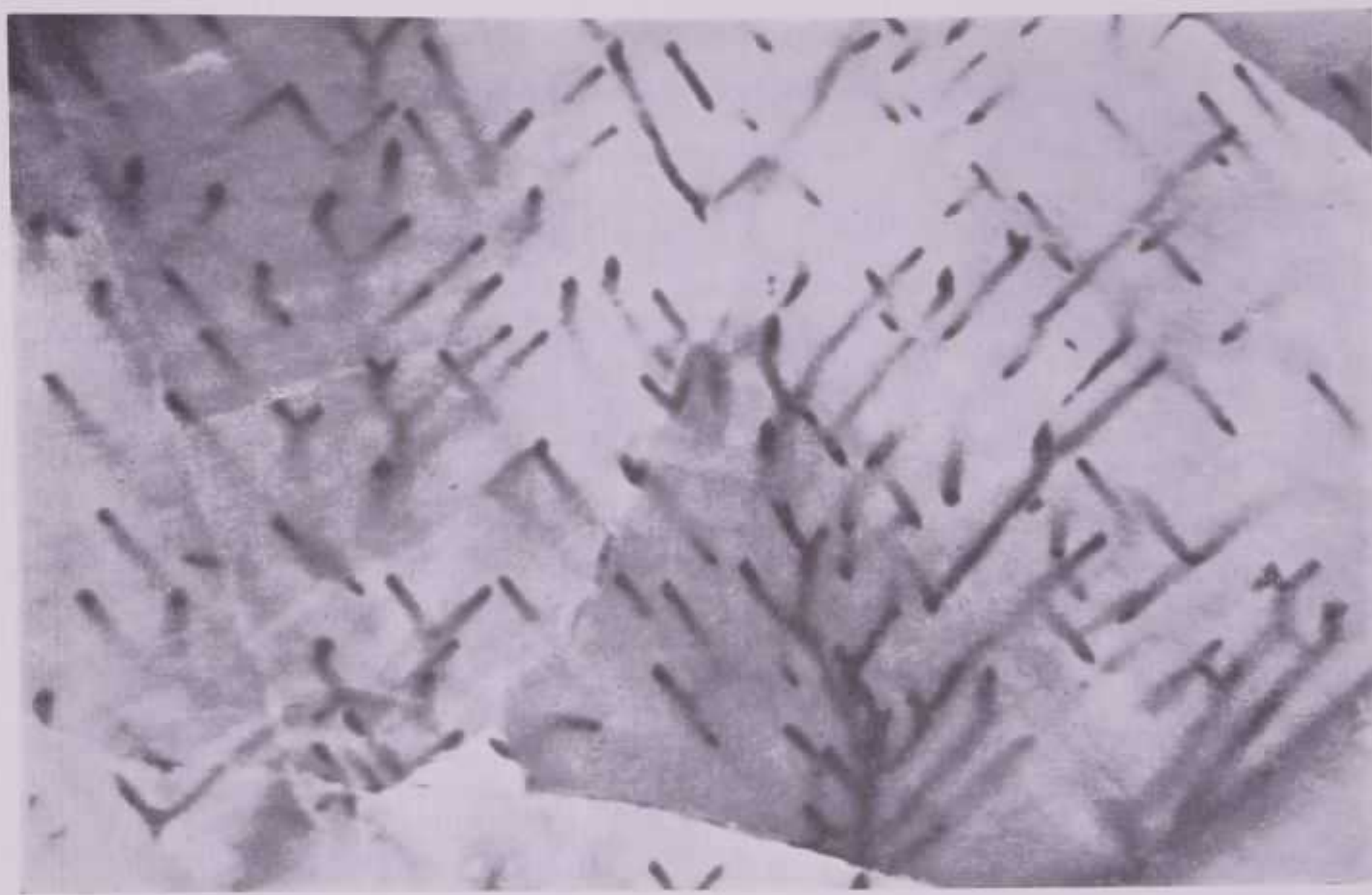


FIG. 2 - Elementi scheletrici di galena in blenda, con disposizione regolata e sezioni triangolari e quadrate (vedasi anche tav. I, fig. 3) - Sez. lucida, Nicol +, 1000  $\times$  circa, immersione in olio di cedro, disp. ultropaco.

dimento di crescita in masse colloidali. Per quanto riguarda invece il secondo caso non sempre è possibile decidere se si tratti di forme primarie o di relitti di sostituzione: se le figure scheletriche hanno contorni netti, ben definiti cristallograficamente, sono propenso a ritenerle senz'altro primarie. Nella fig. 1, tav. VI si vede in modo chiaro come blenda in tessitura colloforme involva scheletri di galena modellando le sue forme su di essi. Se gli scheletri di galena fossero un prodotto di sostituzione, dei relitti di una forma scomparsa, la blenda avrebbe certamente un altro aspetto esteriore, costituirebbe delle plaghe occupanti grosso modo lo spazio della galena sostituita. Devo però ammettere che piccole sostituzioni, soprattutto marginali, non sono comunque infrequenti.

Per quanto riguarda la termalità della deposizione, assumo come termometro geologico il grado di cristallizzazione delle forme, attribuendo una temperatura più bassa a quelle arborescenti del primo tipo (Salafoffa, faglia Fallbach di Raibl) ed una temperatura più elevata a quelle scheletriche (Raibl).

Dal punto di vista industriale la presenza di galena arborescente nei suoi vari tipi, localizzata nei nuclei delle coccarde di blenda colloidale o di pirite, costituisce un problema di un certo interesse per il trattamento in laveria di questi minerali. Le strutture di galena sono esilissime e non sempre visibili ad occhio nudo, dato che talvolta i rametti più piccoli possono avere il diametro di soli pochi micron sebbene lunghi alcune



decine: ciononostante ritengo che nel loro insieme rappresentino dei tenori di piombo che vanno facilmente perduti. Per queste ragioni, ove nei giacimenti si presentino masse di blenda e pirite in tessitura a coccarda, necessitano esami microscopici dettagliati onde stabilire l'eventuale presenza di galena arborescente; nel qual caso è opportuno spingere al massimo la macinazione e adottare quegli accorgimenti che la tecnica suggerisce per non perdere utili partite di piombo.

### BLENDA COLLOIDALE E METACOLLOIDALE

Per quanto riguarda la deposizione della blenda colloidale non c'è molto da aggiungere a quanto su essa incidentalmente ho già detto a proposito della galena. Si ha l'impressione che per la deposizione della blenda colloidale sia necessaria la presenza di « germi » di galena o di pirite. Se questi si formano, immediatamente dopo si deposita la blenda che involve i singoli germi con una serie di veli sovrapposti così da creare un involuppo sferico e, se il fenomeno si ripete nello spazio vicino, un grappolo di sferette. A questo punto di solito avviene una stasi, messa in evidenza da una orlatura più scura che delimita le parti esterne delle sfere del grappolo. Successivamente la blenda riprende a separarsi, non più seguendo l'andamento iniziale, sovrappponendo cioè nuovi gusci al grappolo primitivo, ma depositandosi in modo del tutto indipendente, inglobando le precedenti strutture. Il suo colore è giallo chiaro, lattiginoso, leggermente più forte del giallo molto pallido degli sferoliti. Debolissime fratturazioni con andamento grossolanamente parallelo, l'attraversano: esse assomigliano alle incrinature che compaiono nel vetro quando subisce un urto (vedi fig. 3, tav. V); potrebbe forse trattarsi di un fenomeno di sineresi. In un'ultima fase, attorno alla blenda già separata nei due precedenti stadi, si deposita a zone successive di accrescimento, rispettando quindi anche la forma, nuova blenda, che ha un colore più scuro, di solito bruno o rosso arancione.

Sottoponendo a corrosione di struttura le sezioni lucide di questa blenda, si rivelano cristalline soltanto le zone scure di ultima formazione.

Nel mio lavoro sui giacimenti di Grigna e Pian da Barco [5] avevo dimostrato che il colore delle diverse zone della blenda è in funzione del grado di cristallizzazione, osservando che le zone giallo chiare sono ancora decisamente colloidali, le zone di tinta gialla più intensa presentano figure di devettrificazione, le zone scure si rivelano nettamente cristalline (metacolloidali). Può darsi che il colore sia dovuto anche alla presenza di ioni  $Fe^{++}$ , ma non è facile documentarlo quando si tratta di strutture microscopiche come nel caso nostro, mentre invece la spiegazione col diverso grado di cristallizzazione da me esposta è un dato che ho già potuto riscontrare per blenda colloidale proveniente da giacimenti diversi, Raibl compreso.

Un'altra proprietà da porre in rilievo nelle blende colloidali è la loro luminescenza in luce ultravioletta che viene ad abbassarsi fino ad estinguersi coll'aumentare del tenore in ferro. Blende a tendenza marmatitica non sono luminescenti nè lo è la blenda rossa colloidale, certamente ferrifera, di Raibl. Così pure non sono luminescenti le blende color arancione che si sono deposte allo stato cristallino (Val Aupa).



## PIRITE COLLOIDALE E METACOLLOIDALE

E' un minerale che si separa prima o contemporaneamente alla blenda e dopo la galena, e forma delle plaghe, oppure delle sferettine di pochi micron di diametro, oppure delle coccarde vere e proprie. Non ho mai osservato forme arborescenti.

Nelle plaghe è sempre delineata anche senza corrosione, una tessitura colloforme con qualche forma cristallina al centro delle coccarde. La forma cristallina, che più si ripete, è rilevabile attraverso le numerose sezioni secondo cui si manifesta, sembra essere l'ottaedro o forse combinazioni del cubo con l'ottaedro. Corrispondendo il centro della coccarda alla prima fase della deposizione si può pensare che l'inizio della separazione della pirite (da soluzioni miste) sia avvenuto allo stato cristallino (ottaedri) e successivamente in forma metacolloidale e colloidale. Generalmente attorno al nucleo cristallino si sviluppa una struttura radiale, seguita da una struttura a zone che si modella sulla forma del margine di quella radiale. Ne risultano delle coccarde a superficie poligonale le cui sezioni ricordano come aspetto le piante delle antiche fortezze.

Come già dissi, se all'atto della deposizione della pirite esistevano forme arborescenti di galena, queste mentre non disturbano lo sviluppo della pirite che assume struttura e tessitura come se la galena non ci fosse, vengono da essa inglobate.

Durante l'accrescimento delle coccarde di pirite la percentuale di S può essere variabile cosicchè prendono origine zone di color giallo chiaro e zone di color giallo più intenso. Le zone più chiare mostrano tendenza a struttura cristallina ed a nicol incrociati si rivelano debolmente anisotrope; le zone color giallo più intenso rimangono nettamente colloidali e sono isotrope (melnicovite-pirite).

Saltuariamente compaiono delle plaghe e coccarde le cui zone di accrescimento, modellate su di un primitivo cristallino di pirite, sono sinuose e rotondegianti come quelle della blenda colloidale (vedi tav. IV). Il potere di sostituzione della pirite in questo stato è molto elevato come vedremo in seguito. Il centro della coccarda può essere anche occupato da un cristallino o da un frammento di galena.

## GALENA, BLEND A, PIRITE E LORO RAPPORTI DI SOSTITUZIONE

Premesso che nei giacimenti considerati la galena non sostituisce mai nè la blenda, nè la pirite, i casi che si presentano sono i seguenti:

- 1 - *blenda sostituisce galena*
- 2 - *blenda sostituisce pirite*
- 3 - *pirite sostituisce galena*
- 4 - *blenda sostituisce galena e pirite*
- 5 - *casi particolari: marcasite e dolomite sostituiscono galena.*



1) - Blenda sostituisce galena.

E' il caso più frequente e più interessante. Vorrei dire che la blenda ha una sua tecnica speciale nel sostituire la galena. Di solito accade così: la blenda spinge avanti nella galena una fronte di sostituzione costituita da tante piccole sfere di solfuro di zinco che vengono a svilupparsi all'incrocio dei piani di sfaldatura della galena e ad una certa distanza dal margine del cristallo (tessitura di *penetrazione guidata* di BASTIN). Si può pensare che attraverso i piani di sfaldatura (non sempre però evidenti) si generi una corrente entrante di atomi di Zn sostituenti ed una uscente di atomi di Pb sostituiti a partire dall'esterno del cristallo di galena fino al punto dove ha preso inizio la sostituzione. In questi centri il solfuro di zinco assume forme sferiche perfette. Progredendo il fenomeno, più sfere di raggio diverso prendono origine, si uniscono insieme, costituiscono delle plaghe botriodali, reniformi, che a loro volta si raggruppano sempre con contorni formati da un succedersi di semicerchi, mentre la fronte avanza fino a sostituire totalmente il cristallo se non intervengono delle cause che interrompono il processo.

BASTIN chiama con il termine di *automorfo* quel minerale che in qualità di metasoma è capace di assumere la sua propria forma cristallina nel palasoma e lo indica come termine da contrapporre a *pseudomorfo*. Nel caso però di minerali colloidali sostituenti, non si può certamente parlare di forme cristalline automorfiche. D'altra parte io penso che, come un minerale che si separa da una vera soluzione è capace di assumere una propria forma cristallina, così un minerale che si separa da una pseudosoluzione assume una forma sferica perchè quello è il suo abito: e se è capace di sviluppare questa sua forma sferica nel palasoma durante il processo di sostituzione, sono dell'opinione che si debba egualmente parlare di *automorfismo*. La blenda colloidale che riesce a sviluppare la sua struttura durante la sostituzione della galena è quindi, nei casi osservati, *automorfa*.

Per quanto riguarda i rapporti blenda-galena, EDWARDS scrive che « quando la forma del contatto è tale che le rientranze concave sono verso galena, è segno che la galena ha cristallizzato negli interstizi dei granuli di blenda; ma una tessitura di questo tipo può essere derivata dalla sostituzione di qualsiasi minerale che tende a formare residui rotondeggianti ». Io però non sono d'accordo su questo punto perchè, se effettivamente così fosse, la galena, nell'ordine paragenetico, sarebbe posteriore alla blenda, il che è decisamente da escludere in tutti i campioni qui studiati nei quali la galena, nei riguardi della blenda, presenta rientranze concave. Non solo, ma la copiosa documentazione fotografica da me presentata è tale da garantire (almeno per i minerali dei giacimenti qui considerati) una successione galena-blenda, ed un tipo di sostituzione blenda-galena con fronte di sferoliti di blenda ed ovvie rientranze concave verso galena e verso pirite, come in seguito vedremo. Lo stesso EDWARDS non sembra essere troppo sicuro della sua asserzione quando più avanti riporta un parere di SCHUOTEN: « ..... i risultati ottenuti per via sintetica possono assomigliare a concrescimenti naturali di tipo lamellare, zonati, a maglie, a vene, colloformi, grafici, derivanti da smistamenti. Essi possono simulare la formazione di mutui bordi dei così chiamati minerali intercristallizzati, di strutture con orientazione cristallografica, di apparenti inclusioni e di riempimenti di vene e cavità ».



E' assai difficile però che un cristallo di galena venga interamente sostituito dalla blenda. Rimangono spesso invece dei relitti, delle piccole isole, incluse nella blenda, sfuggite alla digestione, attorno a cui la blenda s'involge. Osservando la disposizione spaziale di questi resti, con l'ausilio delle micrografie composte, si può rilevare che il posto da loro occupato non è casuale. Immaginando di riunirli con linee, compaiono delle figure arborescenti attraverso le quali s'intravede lo scheletro primario secondo cui si separò la galena; nè è difficile rinvenire delle tessiture a grappolo, quale prodotto di sostituzione (v. tav. VII), del tutto simili a quelle di origine primaria descritte a pag. 5. La resistenza alla sostituzione offerta da questi elementi primari di galena è dunque molto forte e dovrebbe essere ricercata nella loro intima struttura molto compatta, favorita da una deposizione rapida da soluzioni localmente molto concentrate.

Secondo EDWARDS in un singolo minerale una zona particolare può essere a preferenza sostituita a causa di alcune favorevoli variazioni delle proporzioni stechiometriche ed in tale caso la tessitura del minerale primario è conservata attraverso una o forse più sostituzioni. Non escludo che questa sia la spiegazione anche più plausibile, per quelle particolari zone di un minerale che sfuggono alla sostituzione, ma in questi processi la struttura, più che la tessitura, di un minerale vi gioca un ruolo decisivo. Basta infatti attaccare con un acido della blenda in tessitura a coccarda, formata da un accrescimento di bande a struttura criptocristallina e da bande a struttura cristallina, che le prime vengono subito corrose, mentre le seconde resistono a lungo all'azione dell'acido [5].

Se la galena, attaccata dalla blenda, si era formata ad una termalità più elevata, allora gli elementi primari della sua formazione non sono più strutture arborescenti bensì dei cristallini idiomorfi in abito ottaedrico. La blenda quando sostituisce questa galena si arresta sempre sui cristallini primari, come ho già dimostrato in altro lavoro [6].

## 2) - Blenda sostituisce pirite.

Come nella sostituzione di galena così in quella di pirite la blenda si manifesta automorfa. La fronte di sostituzione con sferette viene a stabilirsi lungo le zone di accrescimento della pirite, lungo i piani che delimitano elementi cristallini, lungo fessure capillari dovute ad interruzione di crescita. La tessitura che si sviluppa in questo caso si approssima a quella definita da BASTIN come « *tessitura di penetrazione diffusa* ». L'attacco diretto alla plaga di pirite avviene pure secondo una linea che assume l'aspetto di una spezzata i cui tratti anziché essere costituiti da rette (se visti in sezione), sono formati da archi più o meno sviluppati (vedi fig. 3).

Se la pirite si trovava depositata in forme di coccarde con accrescimento a bande, allora la blenda può sostituire un settore della coccarda di pirite, assumendo la forma delle singole bande di pirite sostituite, divenendo cioè pseudomorfa.

## 3) - Pirite sostituisce galena.

Se la pirite si separa in uno stato decisamente colloidale, la sostituzione di galena cristallina avviene a mezzo di una fronte di sferoliti, non però così regolari come quelli della blenda. Il solfuro di ferro migra lungo i principali piani di sfaldatura della gale-



na, ne isola delle porzioni di varia grandezza che invade poi da tutti i lati sostituendole con azione centripeta, fino ad arrestarsi contro gli elementi embrionali cristallini primari (cubo o ottaedro) che non riesce più a spostare. Questi costituiscono allora il nucleo delle coccarde definitive. La sostituzione anche in questo caso agisce sul palasoma

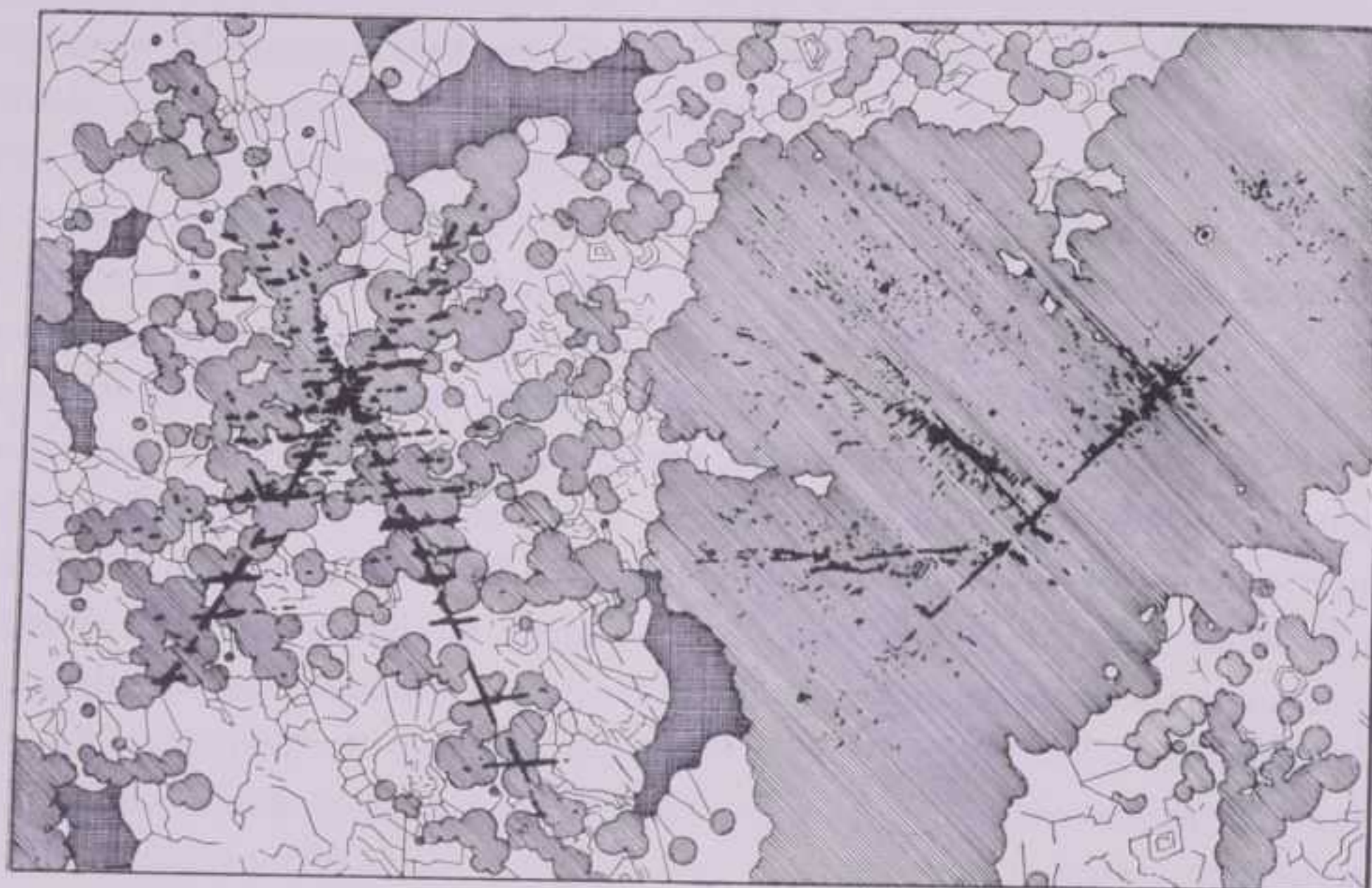


FIG. 3. - Disegno ricavato da una micrografia composta di 32 micrografie semplici. Sezione lucida, nicol paralleli, 200 x circa; faglia Fallbach X livello, Giacimento di Raibl.

Il campo bianco è sempre rappresentato da pirite, il tratteggio inclinato da blenda, il tratteggio incrociato da dolomite, le figure nere da galena.

La pirite appartiene alla varietà già descritta; così pure la blenda. La galena invece non si trova più in forme arborescenti, ma in forme decisamente scheletriche, in cui i singoli elementi hanno assunto nello spazio una orientazione secondo le principali direttrici cristallografiche. Gli scheletri di galena dovrebbero essere di origine primaria, cioè non resti di sostituzione, poichè sono nettamente definiti.

Il motivo di tutta la figura è dato dalla sostituzione della pirite da parte della blenda. La blenda spinge avanti nella pirite una fronte di sostituzione a mezzo di una serie di sferette secondo il modo già illustrato. La linea di demarcazione fra la blenda sostituyente e la pirite sostituita è formata da una serie di emicerchi caratteristici, i quali ricamano anche brandelli di pirite, a forma di penisole, che ancora sussistono fra la blenda avanzante.

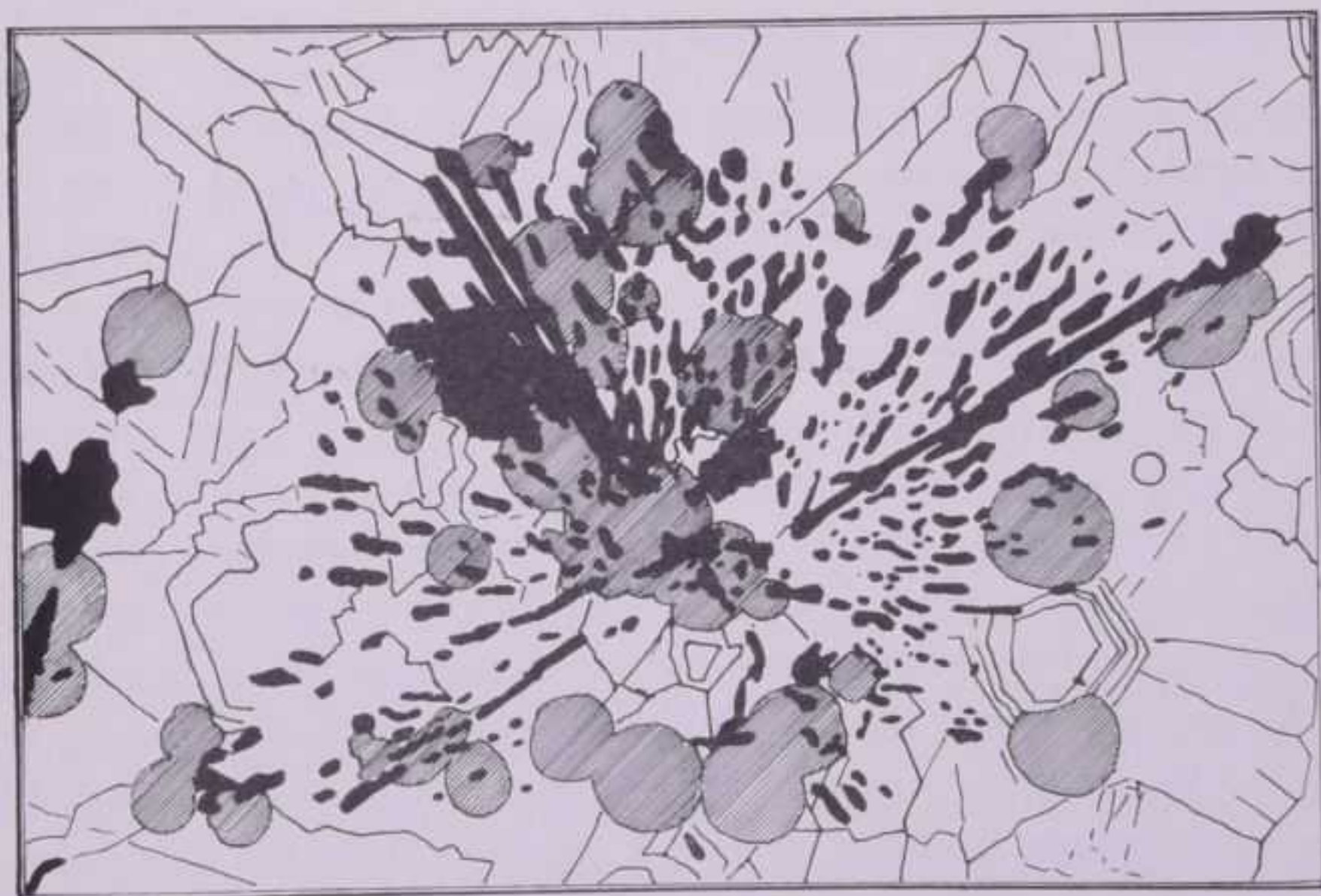
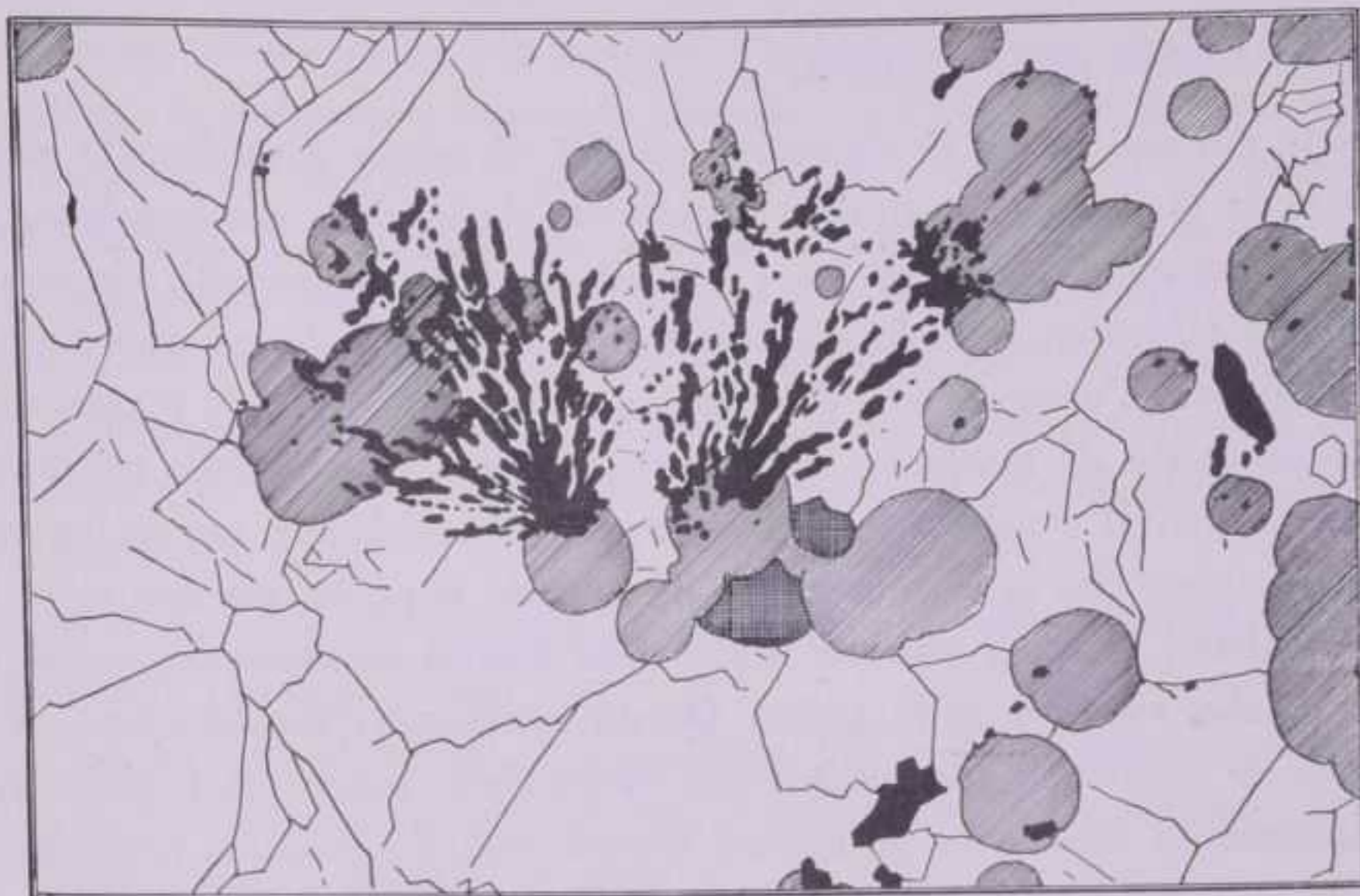
Il fenomeno secondo il quale la blenda non sostituisce le forme scheletriche di galena incluse nella pirite è qui esaltato. Nella blenda, che ha già rimpiazzato una buona parte della pirite, possiamo infatti vedere una intera forma scheletrica di galena intatta, mentre la fronte di sostituzione della stessa blenda, che sta investendo la rimanente pirite, lascia indisturbato anche il secondo scheletro di galena incluso nella pirite.

soltanto fino ad isolarne l'elemento primario (vedi tav. IV). E' ancora un caso di automorfismo.

Nella pirite colloidale si rinvencono spesso forme di galena arborescenti, o scheletriche o a rete. Si tratta di dimostrare se queste forme sono di origine primaria, incluse nella pirite che si separò subito dopo, o relitti di un processo di sostituzione operato dalla pirite su cristalli di galena. La risposta non è nè semplice nè facile e può propendere sia per l'una che per l'altra delle due versioni come ho già detto a pag. 9. Però



avendo molto materiale da studio a disposizione si può giungere talvolta a qualche conclusione. Se le forme arborescenti e scheletriche incluse hanno contorni netti e sono ben delimitate si può parlare di forme primarie. Se invece assieme alle forme scheletriche sussistono delle plaghe a contorni sfrangiati, oppure le forme arborescenti non han-



FIGG. 4 e 5. - *Forme arborescenti di galena in pirite.* Disegni ricavati da due micrografie; sezione lucida, nicol paralleli, 500 x circa, faglia Fallbach, Giacimento di Raibl.

Si tratta di strutture particolari simili a quelle illustrate nella tavola II. Il fondo bianco rappresenta pirite con le note caratteristiche; gli sferoliti con tratteggio inclinato, blenda rossa; le figure arborescenti nere, galena; le aree con tratteggio incrociato, dolomite. In ambedue i casi dovrebbe trattarsi di forme arborescenti di sostituzione: la classificazione è un pò incerta per la figura 4, ma quasi certa per la fig. 5. In quest'ultima si vedono tracciate le principali linee direttrici del cristallo e plaghe a contorni irregolari testimoni dell'avvenuta sostituzione.



no contorni netti e si può desumere la forma soltanto attraverso la disposizione spaziale dei singoli elementi, allora con tutta probabilità si tratta di relitti di sostituzione. Ma ripeto, la cosa non è facile a chiarirsi ed a volte addirittura impossibile, poichè in una stessa plaga di pirite possono coesistere forme dell'uno e dell'altro tipo che ho citato, il che mette alquanto in imbarazzo per una giusta interpretazione (figg. 4 e 5).

4) - **Blenda sostituisce pirite e galena.**

Si danno dei casi in cui si osservano noccioli di galena parzialmente sostituiti da pirite avvolti da blenda che sostituisce a sua volta sia la pirite che la galena. Visti singolarmente, i fenomeni rientrano fra i tipi già classificati e descritti. Un caso particolare è dato dalla blenda, quando sostituisce pirite contenente forme arborescenti o scheletriche di galena. L'osservazione del disegno riprodotto in fig. 3, e ricavato da una micrografia composta di trentadue micrografie semplici, nonchè delle micrografie rappresentate nella tav. II e nelle figg. 4 e 5 permette di concludere per le paragenesi del tipo alpino in esame che la blenda sostituisce soltanto la pirite, ma non tocca le forme primarie di galena, le quali passano ospiti della blenda mantenendo anche lo stesso orientamento, che avevano nella pirite. Questa interessante constatazione, che da un lato conferma la resistenza alla sostituzione offerta dalle forme scheletriche di galena, rende maggiormente incerta la paragenesi quando non sia possibile rinvenire dei motivi così completi come quelli illustrati dalle figure succitate.

5) - **Casi particolari: marcasite e dolomite sostituiscono galena.**

Nell'esame dei casi 1-3-4 abbiamo dimostrato che la sostituzione della galena da parte della blenda o della pirite non è quasi mai completa, ma si arresta sulle forme primarie di deposizione, siano esse arborescenti o cristalline. Ben diverso è invece il caso che i minerali sostituenti siano marcasite e dolomite: la sostituzione è allora completa, con pseudomorfosi. Le figg. 3 e 4 della tav. VI (minerale di Salafossa) ne sono due chiari esempi: le aree grigie sono costituite da blenda, le figure geometriche color grigio nero da dolomite, le aree bianche a contorni poligonali, attorno alle figure grigio nere, da pirite; nella fig. 4 i cristalli bianchi ad abito pseudottaedrico accresciutisi esternamente alla pirite, sono formati da marcasite. Nelle due figure le zone grigio nere di dolomite, a contorno triangolare, erano certamente occupate prima da galena in cristalli, come chiaramente appare oltrechè dall'abito anche dai resti di galena che ancora rimangono (in fig. 3) lungo i margini dell'antico cristallo sostituito. Casi di dolomite sostituyente integralmente la galena avevo già osservato anche nel giacimento di Raibl [4]. Più singolare è la sostituzione con pseudomorfosi della galena da parte di marcasite. Nella figura 4 della tav. VI si vedono infatti alcuni ottaedri che sono costituiti da marcasite. Anche in questo caso non rimane nella marcasite alcuno scheletro di galena.



## CONCLUSIONI SUI PROCESSI DI SOSTITUZIONE

Tutti i casi di sostituzione che abbiamo esaminato, all'infuori di quelli contemplati al numero 5, riguardano rapporti fra due o più minerali a tessitura colloforme, o fra un minerale colloforme ed uno cristallino ed abbiamo visto che se il minerale sostituito è galena, la sostituzione si arresta alle forme primarie (siano esse arborescenti o cristalline) secondo cui si separò il solfuro di piombo e non si ha pseudomorfosi, ma soltanto automorfosi. D'altra parte nei casi descritti al numero 5, ove sono illustrati i rapporti di sostituzione fra i minerali di origine cristallina (dolomite e marcasite) e galena, è stato dimostrato che la sostituzione da parte dei primi verso la seconda è totale o quasi ed avviene con pseudomorfosi. Si può giungere quindi alle seguenti conclusioni, per quanto riguarda i rapporti di sostituzione fra blenda, galena, pirite, marcasite, dolomite nei giacimenti citati:

I - Se il minerale che sostituisce un minerale cristallino (galena) è un colloide o un metacolloide (blenda, pirite):

- a) non vi è generalmente pseudomorfosi, ma soltanto automorfosi;
- b) la forma definitiva del metasoma è influenzata dalle strutture primarie del palasoma o addirittura si modella su esse;
- c) la sostituzione si arresta contro le strutture primarie secondo le quali il palasoma si è separato.

II - Se un minerale colloidale (blenda) sostituisce un altro minerale colloidale (pirite), il primo può divenire pseudomorfo del secondo, totalmente o selettivamente.

III - Se un minerale cristallino (dolomite, marcasite) sostituisce un altro minerale cristallino (galena):

- a) il primo può divenire pseudomorfo del secondo;
- b) la sostituzione è totale (non risparmia le forme scheletriche primarie).

La legge di « equal volume » (*the Law of Equal Volume* di LINDGREN) secondo cui si manifesta la sostituzione, nel caso che i cambiamenti metasomatici procedano in rocce rigide dove il nuovo minerale è costretto ad occupare esattamente il posto del minerale primario, dando luogo a pseudomorfosi, sembra avere qui un valore relativo nel senso che si avvera fra colloidali oppure fra cristallobi e non fra un colloide ed un cristallobi. E' dunque probabile che la ragione per cui la sostituzione della galena ad opera della blenda o della pirite si arresta contro le sue strutture primarie, sia dovuta al fatto che i germi di galena presentano un grado di cristallizzazione più elevato che non l'intero cristallo che su di essi si è sviluppato.

I tre casi che sopra ho illustrato sono validi per i giacimenti a cui si riferiscono i minerali qui studiati. Generalizzare questi concetti per altri depositi minerari, occorre prudenza e soprattutto molta documentazione, poichè non c'è nulla di più incerto nel campo dei giacimenti quanto assumere come universalmente valida una condizione che si è dimostrata evidente per uno solo o per un piccolo gruppo di essi.

*Miniere di « RAIBL », Cave del Predil, Febbraio 1954.*



## B I B L I O G R A F I A

1. BASTIN S. E. - *Interpretation of ore textures*. Memoir 45, the Geological Soc. of America, 1950.
2. BATEMAN A. M. - *Economic mineral deposits*. New York, J. Wil. Sons. Inc., 1950.
3. BATEMAN A. M. - *The formation of mineral deposits*. New York, J. Wil. Sons. Inc., 1951.
4. COLBERTALDO D. (Di) - *Il giacimento piombo zincifero di Raibl in Friuli (Italia)*. Mem. presentata alla 18ª Sessione del Congr. Inter. di Geol., Londra 1948 - S.A.M. Cave del Predil (Raibl) - Roma 1948.
5. COLBERTALDO D. (Di) - *I giacimenti piombo zinciferi di Grigna e Pian da Barco nelle Alpi Orientali*. Mem. presentata alla 19ª Sessione del Congr. Intern. di Geologia, Algeri 1952. Raibl. Soc. Min. del Predil. Roma, 1952.
6. COLBERTALDO D. (Di) - *Su particolari strutture di alcuni solfuri nel giacimento di Raibl*. Rend. Soc. Min. Ital., anno VIII, 1952.
7. COLBERTALDO D. (Di) - *Marcasite idiomorfa nel Giacimento di Raibl*. Rend. Soc. Min. Ital., anno IX, 1953.
8. COLBERTALDO D. (Di) - *La micrografia composta e le sezioni lucide senza rilievo*. Estr. da « L'Industria mineraria », 1954, N. 5.
9. EDWARDS A. B. - *Texture of the ore minerals and Their Significance*. Melbourne Australian Institut of Mining a. Met., 1947.
10. EVRARD P. - *Les relations entre solfures de la Mine de baryte de Vierves*. An. de la Soc. Geol. Belgique, T. LXVI, B 207-211, 1943, Liège, 1943.
11. EVRARD P. - *Quelques observations relatives aux minerais zonés de blende et de galène*. An. de la Soc. Belg. T. LXIII, B 104-107, 1939, Liège, 1940.
12. GRANIG B. n. KORITSCHÖNER J. H. - *Die geologischen Verhältnisse des Bergbaubgebietes von Miess in Kärnten*. Sonder. aus der « Zeitschrift für praktische Geologie », XXII, Jah., 1914, Heft 4/5.
13. LINDGREN W. - *Mineral deposits.*, 1933.
14. NICGLI P. - *Gesteine und Minerallagerstätten*. Zürich, 1947.
15. OGNIBEN G. - *I giacimenti piombo-zinciferi dell' Aiarnola e di Monte Rusiana nella regione di Auronzo*. Memorie Ist. Geol. e Mineral. dell'Università di Padova - Vol. XVII, 1951.
16. RAMDHOR P. - *Die Erzminerale und Ihre Verwachsungen*. Ak. Verl, Berlin, 1950.
17. RAMDHOR P. - *Mineralbestand, Strukturen und Genesis der Rammelsberg Lagerstätte*. Geol. Jahr. Band 67, S. 367-494, Hannover, 1953.
18. SCHNEIDERHÖHN H. - *Erzmikroskopisches Prakticum*. Stuttgart, 1952.
19. SCHROLL E. - *Über Minerale und Spurenelemente, Vererzung und Entstehung der Blei-Zinc-Lagerstätte Bleiberg-Kreuth / Kärnten in Österreich*. Mitt. der Öster. Miner. Gesel. Sonderheft, n. 2, 1953.
20. SCHWARTZ G. M. - *Classification and definitions of textures and Mineral structures in ores*. Econ. Geol., Vol. 46, N. 6, 1951.



## I N D I C E

PREMESSA . . . . .	pag.	3
GALENA . . . . .	»	4
a) Forme arborescenti, molto ramificate e ondulate . . . . .	»	5
b) Forme arborescenti ramificate, ma non ondulate . . . . .	»	6
c) Forme scheletriche . . . . .	»	7
d) Forme a rete . . . . .	»	8
Considerazioni sulle forme arborescenti . . . . .	»	8
BLEND A COLLOIDALE E METACOLLOIDALE . . . . .	»	10
PIRITE COLLOIDALE E METACOLLOIDALE . . . . .	»	11
GALENA BLEND A PIRITE E LORO RAPPORTI DI SOSTITUZIONE . . . . .	»	11
1) Blenda sostituisce galena . . . . .	»	12
2) Blenda sostituisce pirite . . . . .	»	13
3) Pirite sostituisce galena . . . . .	»	13
4) Blenda sostituisce pirite e galena . . . . .	»	16
5) Casi particolari: marcasite e dolomite sostituiscono galena . . . . .	»	16
CONCLUSIONI SUI PROCESSI DI SOSTITUZIONE . . . . .	»	17
BIBLIOGRAFIA . . . . .	»	18







TAVOLA I.



## SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA I.

- FIG. 1. *Galena arborescente tipo a*). Sezione lucida, nicol incrociati, 600 x circa; Salafossa.  
La figura arborescente, di colore nero, è costituita da galena ed il campo grigio chiazzato di bianco, da blenda gialla in tessitura colloforme. Si osservi il regolare sviluppo tridimensionale della forma arborescente che può essere seguito fino all'interno della blenda. Questa deposizione primaria è costantemente legata ad un ambiente epitermale.
- FIG. 2. *Galena arborescente tipo b*). Sezione lucida, nicol incrociati, 600 x circa; Salafossa.  
La forma arborescente di galena è sensibilmente diversa dalla precedente; i rametti non sono più frondosi e fluttuanti, ma rettilinei, con decise direzioni nello spazio. Anche il fusto è rettilineo. Questa forma è intermedia fra quella descritta ed il tipo c).
- FIG. 3. *Galena in forma a rete tipo c*). Sezione lucida, nicol incrociati, 400 x circa; faglia Struggl, cantiere Udo, Giacimento di Raibl.  
Osservare i segmenti di galena (trattini neri), l'uno staccato dall'altro, allineati nello spazio con direzioni corrispondenti ai piani di sfaldatura della galena, immersi in blenda gialla colloforme. Gli aloni bianchi a contorno circolare che avvolgono gli elementi di galena, sono sferette di blenda gialla.
- FIG. 4. *Galena scheletrica tipo d*). Macrofotografia di una superficie lucidata di un campione, in luce riflessa naturale; 6 x circa, Giacimento di Raibl.  
I trattini bianchi disposti a croce o a rete rappresentano elementi scheletrici di galena che qui sembrano preludere ad una struttura cubica più che ottaedrica. Ciascuno scheletro è avvolto da una esile crosta di pirite: la ganga è baritina.

Attraverso la serie di fotografie di questa tavola si può vedere come dalle forme della fig. 1 si può giungere a quelle della fig. 4 attraverso i tipi delle figg. 2 e 3.



D. DI COLBERTALDO - *Strutture e tessiture di galena, blenda e pirite in alcuni giacimenti delle Alpi Orientali.*

TAV. I.



FIG. 1



FIG. 2



FIG. 3

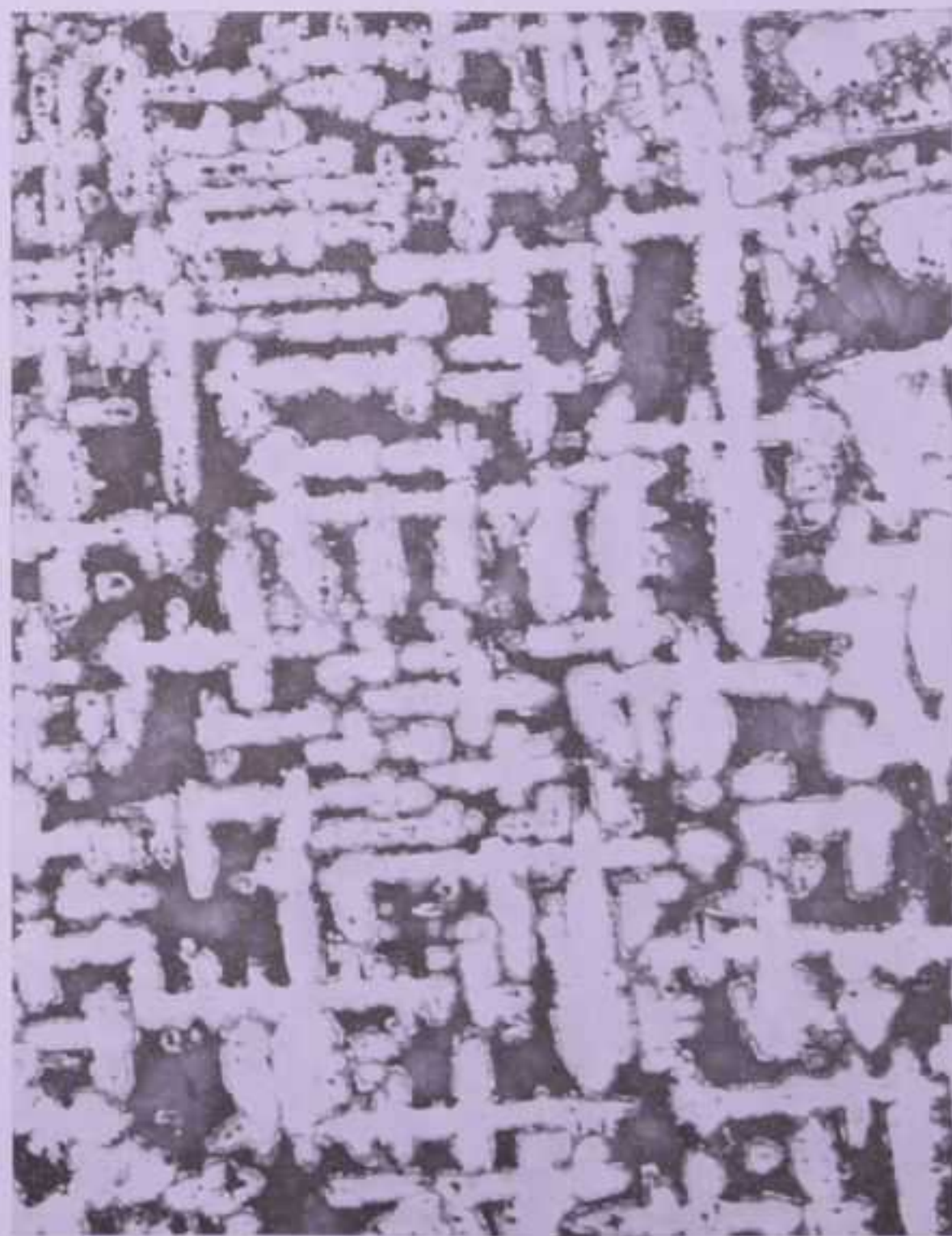


FIG. 4







TAVOLA II.



## SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA II.

*Forme arborescenti di galena in pirite metacolloidale.* Micrografia composta di 30 micrografie semplici; sezioni lucida, nicol paralleli, 300 x circa, faglia Fallbach, X° livello, Giacimento di Raibl.

Il fondo bianco rappresenta pirite metacolloidale a struttura poligonale con figure ottaedriche. Al centro della micrografia e verso l'alto s'intravede una grande forma arborescente di galena con gli innumerevoli frammenti dovuti alla sua intersezione col piano lucido; in alto a destra altre forme arborescenti di galena, ma di dimensioni molto più modeste. Potrebbe trattarsi di forme primarie separate dalle soluzioni prima della pirite. In basso si notano forme arborescenti di galena ad elementi più grandi ed a contorni sfrangiati: sono probabilmente relitti di originali cristalli di galena sfuggiti alla sostituzione. La cristallizzazione della pirite è avvenuta come se le forme arborescenti di galena non esistessero.

Gli sferoliti, di tinta grigio scura, sono invece costituiti da blenda colloidale e l'area circolare nera, che alcuni di essi contiene, è una cavità generatasi con la lavorazione e che d'altra parte attesta la struttura a gusci di accrescimento della blenda. Gli sferoliti rappresentano la fronte di sostituzione di questo solfuro verso la pirite e si trovano localizzati preferibilmente lungo le microfratture della pirite, ben visibili. Neppure la blenda può sostituire le forme arborescenti di galena, le quali rimangono incorporate nelle sferule del solfuro di zinco con la medesima orientazione che avevano nella pirite.

La fratturazione della pirite secondo una struttura poligonale sembra essere posteriore ai suoi centri di cristallizzazione, in quanto interessa anche questi: non escludo che si tratti di un fenomeno di sineresi.

I reciproci rapporti fra blenda, galena, pirite osservabili in queste micrografie potrebbero far pensare anche ad una precipitazione contemporanea dei tre solfuri. Ma la localizzazione degli sferoliti di blenda lungo microfratture fra i limiti dei grani di pirite e l'osservazione dell'intera sezione lucida, di cui un'altra parte è ben visibile attraverso il disegno riprodotto in fig. 3 a pag. 14, ne esclude a priori la possibilità.



D. DI COLBERTALDO - *Strutture e tessiture di galena, blenda e pirite in alcuni giacimenti delle Alpi Orientali.*

TAV. II.

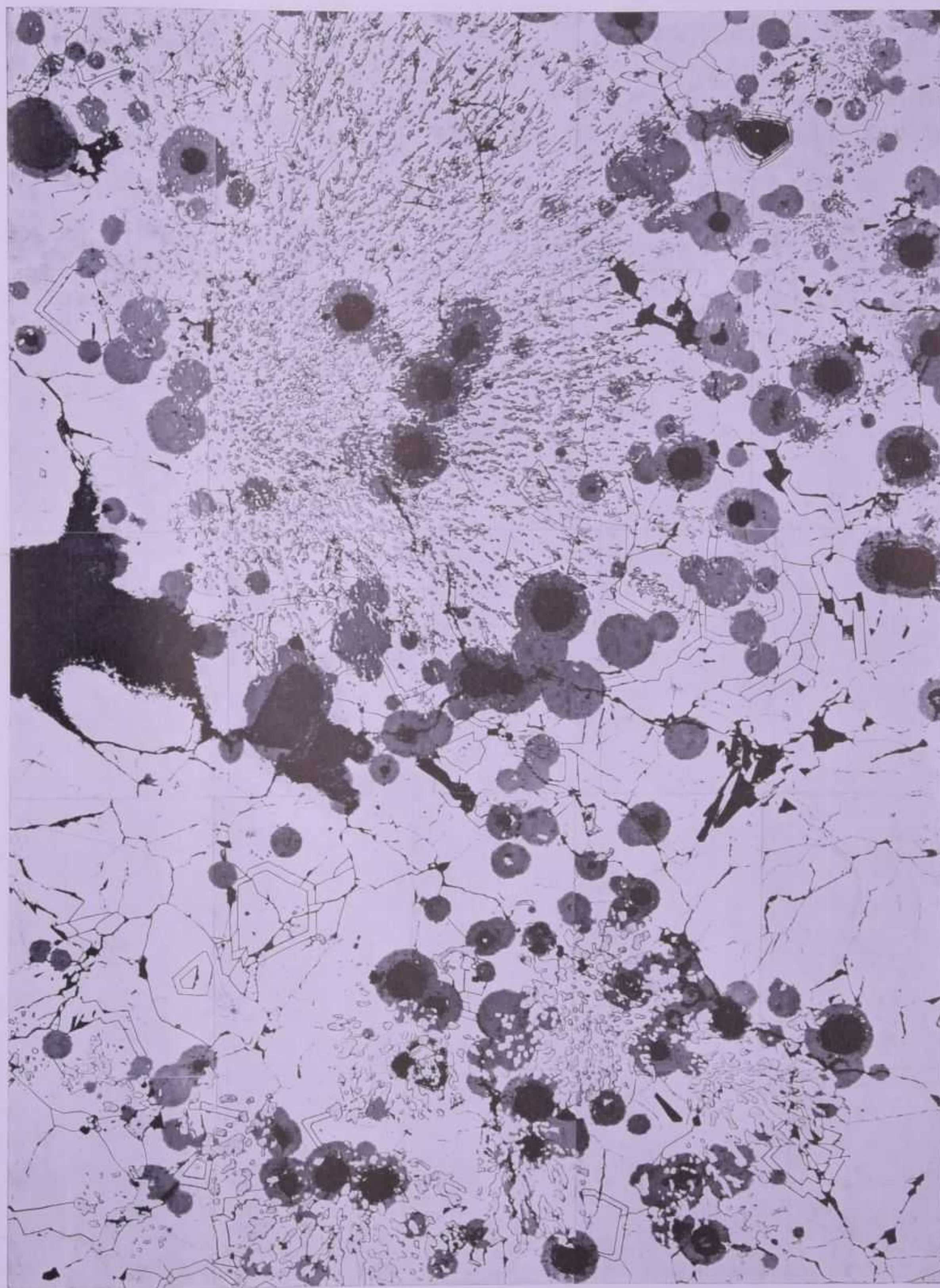








TAVOLA III.



### SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA III.

FIG. 1. *Galena in forme scheletriche nella dolomite*. Macrofotografia d'una superficie levigata, luce naturale, 6 x circa; Colonna principale, livello Giovanni, Giacimento di Raibl.

Si tratta di una coccarda plurinucleare avvolta da un guscio di dolomite (campo bianco) contenente scheletri di galena (forme nere). Il cuore della coccarda (in basso) è costituito da diversi aggruppamenti di piccole coccarde con nucleoli di galena avvolti da gusci di blenda colloidale rossastra. Ciascun aggruppamento è a sua volta avvolto da un guscio di blenda più chiara, cui segue un leggero guscio di dolomite bianca delimitante tutta la zona centrale della coccarda. Sull'involuppo di dolomite e verso l'esterno si nota una doppia serie di cristalli idiomorfi di galena e successivamente un nuovo ampio involucro di dolomite includente le forme scheletriche di galena disposte normalmente alla superficie esterna della coccarda plurinucleare. Gli scheletri di galena presentano un asse principale formato da un succedersi di piccoli ottaedri. Gli assi principali provengono in parte dagli ottaedri che contornano la coccarda plurinucleare. All'esterno della zona comprendente gli scheletri di galena ora descritti, si notano altre figure scheletriche, ma appartenenti ad uno stadio molto più sviluppato.

FIG. 2. *Galena in forme scheletriche nella blenda*. Macrofotografia di una superficie levigata, luce naturale, 6 x circa; Colonna principale, livello Giovanni, Giacimento di Raibl.

Nella figura è stata presa in considerazione soltanto la zona interessata dalle forme scheletriche; il nucleo della coccarda si trova al di sotto della fotografia. Il motivo si avvicina molto a quello descritto in fig. 1, senonchè qui il minerale in cui si trovano gli scheletri di galena è costituito da blenda con qualche plaga di baritina. Alla base si notano dei grossi ottaedri di galena parzialmente sostituiti dalla blenda: da essi si irradiano verso l'alto gli assi principali delle forme scheletriche portando molti rametti laterali. La blenda giallo rossa involve queste strutture formando sferoliti ed operando anche piccole sostituzioni. Siamo sempre però nel caso di una deposizione primaria e non di relitti di sostituzione.



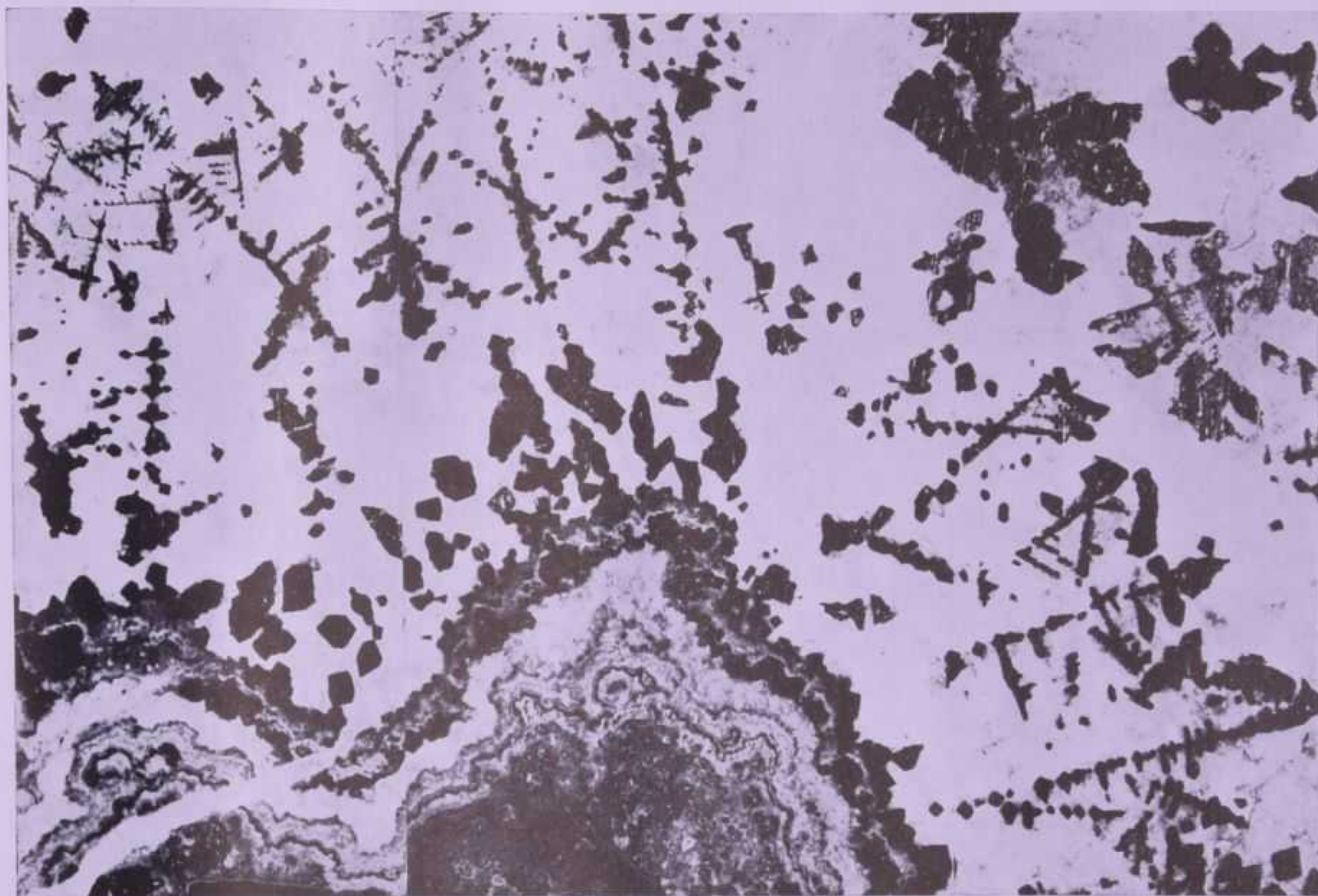


FIG. 1

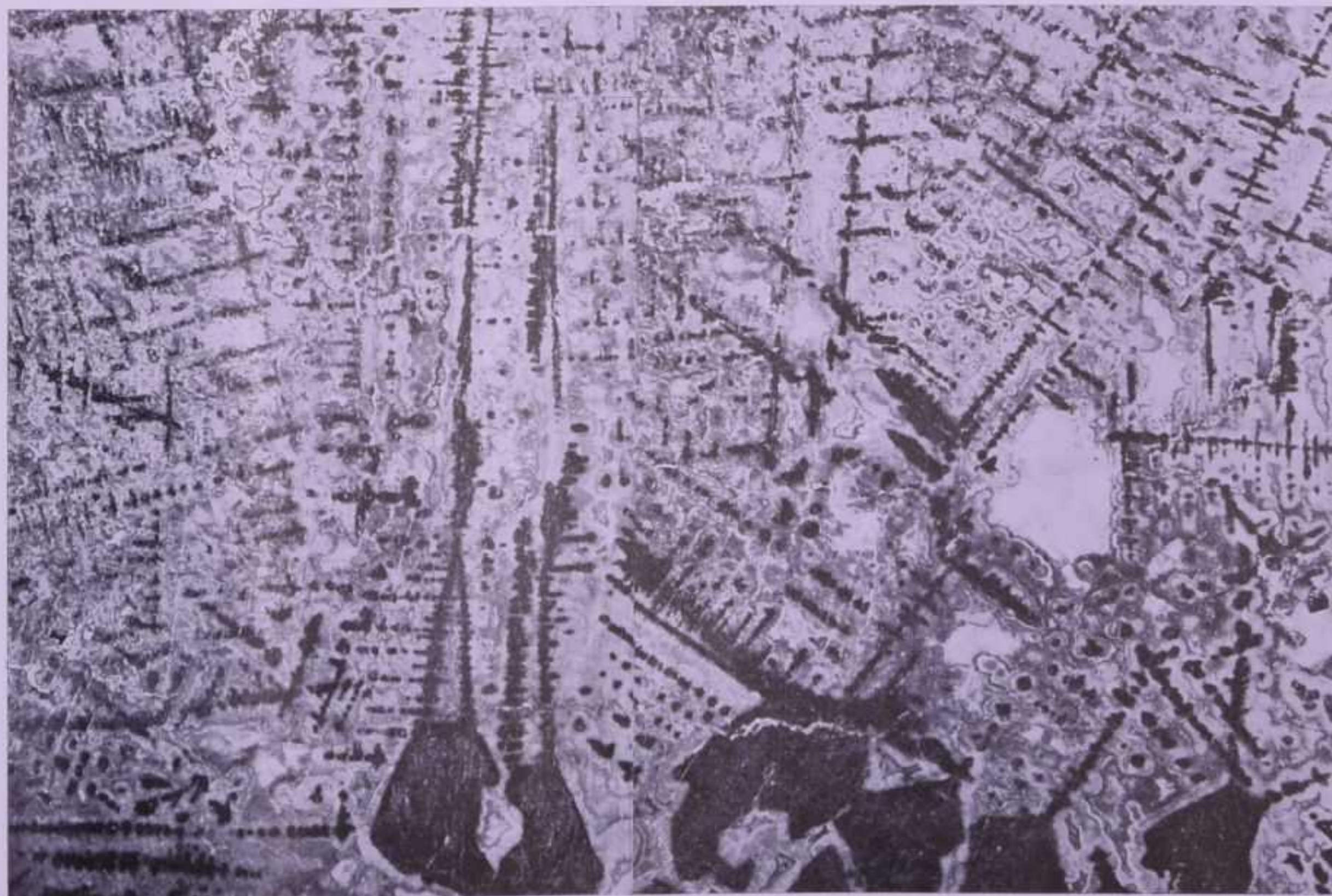


FIG. 2







TAVOLA IV.



#### SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA IV.

*Pirite colloidale sostituisce galena cristallina.* Micrografia composta di 18 micrografie semplici; sezione lucida, nicol paralleli, 300 x circa, faglia Struggl, Cantiere Udo, Giacimento di Raibl.

E' il caso di pirite colloidale in tessitura colloforme che sostituisce galena di origine cristallina. La pirite attacca la galena di preferenza lungo i piani di sfaldatura del sistema ottaedrico (tessitura di penetrazione guidata di BASTIN), spingendo avanti una debole fronte di sostituzione nell'interno del cristallo. Come la blenda anche la pirite ha tendenza ad originare sferoliti, ma questi si formano durante il processo di sostituzione, per isolamento dal cristallo di galena di elementi prevalentemente ottaedrici (ma anche cubici), che vengono avvolti dagli sferoliti.

L' elemento di galena incluso solo eccezionalmente può essere in seguito sostituito, ed in questo caso la pirite ne diviene pseudomorfa. E' probabile che gli elementi cubici o ottaedrici di galena, che costituiscono il nucleo degli sferoliti di pirite, rappresentino i primitivi germi di solfuro di piombo separatisi dalle soluzioni, su cui poi crebbe il cristallo definitivo, come d'altra parte ho già dimostrato in un altro lavoro .

I diversi motivi messi in evidenza dagli sferoliti e coccarde microscopiche di pirite sono dunque determinati dalla posizione e dalla forma dei nuclei cristallini di galena.

La vena grigio scura attraversante la pirite e la galena è costituita da cerussite che con ogni probabilità è posteriore al fenomeno descritto.



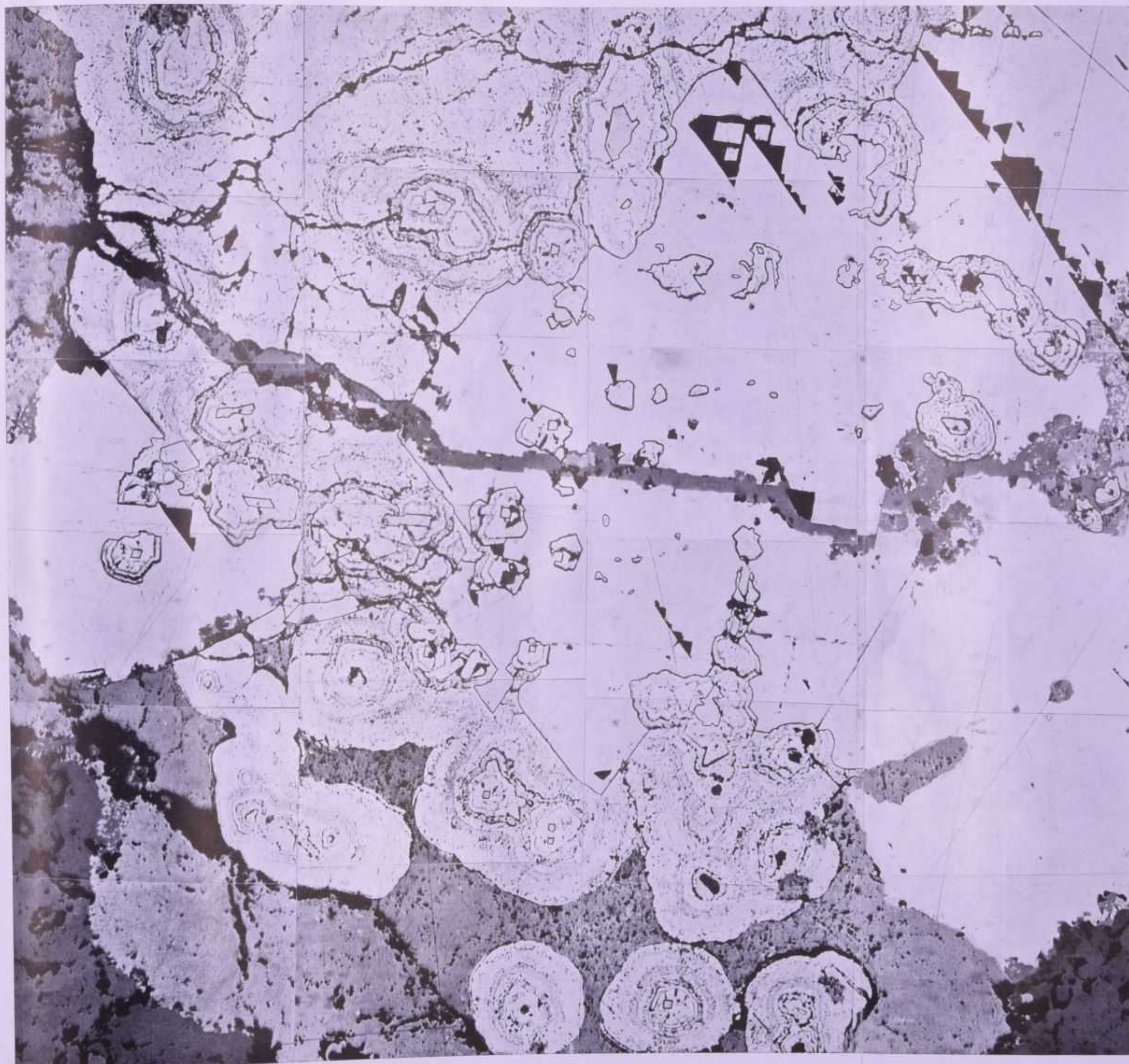








TAVOLA V.



## SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA V.

FIGG. 1 e 2. *Visione con l'ultrapaco di Leitz di alcuni dettagli di sostituzione.* Sezione lucida, nicol paralleli, 1000 x circa; faglia Fallbach, X° livello, Giacimento di Raibl.

Il motivo è dato da blenda che sostituisce pirite. Tutto il campo nero delle due micrografie è costituito da pirite metacolloidale con evidenti strutture cristalline e da sferule di blenda. Le linee bianche demarcano non solo i contorni delle zone di accrescimento della pirite, ma anche i limiti fra pirite e blenda (sfere nere con più anelli concentrici). Osservando le sfere di blenda si nota che la loro superficie esterna non è liscia, ma decisamente rugosa: ciò è forse dovuto all'azione di sostituzione in atto che opera con una superficie maggiore.

Le sfere di blenda penetrano decisamente nelle strutture ottaedriche della pirite da punti diversi, con azione centripeta, mentre altre sfere si accostano una a ridosso dell'altra. In questi casi non pare che la blenda preferisca determinati piani di sfaldatura o fratture, o comunque se ci sono, debbono essere talmente piccoli che non si possono discernere con gli usuali metodi di osservazione. Si tratta ad ogni modo di un caso particolare di sostituzione automorfa (vedi pag. 12) fra un colloide ed un metacolloide per cui i fattori strutturali del palasoma sembrano avere scarsa importanza.

FIG. 3. *Grappoli di blenda gialla colloidale.* Sezione lucida, nicol incrociati, 200 x circa; Salafossa. Micrografia composta di 9 micrografie semplici.

Le figure arborescenti nere, molto sviluppate in estensione sono costituite da galena; le sferule chiare contornate da un anello più scuro ed aventi al centro germi di galena sono formate da blenda gialla e bruna. Galena arborescente e sferule di blenda formano qui dei grappoli veri e propri che si trovano immersi in altra blenda colloidale con aspetto vetroso e con fratture che richiamano le forme di quelle che si producono nel vetro in seguito ad un urto.



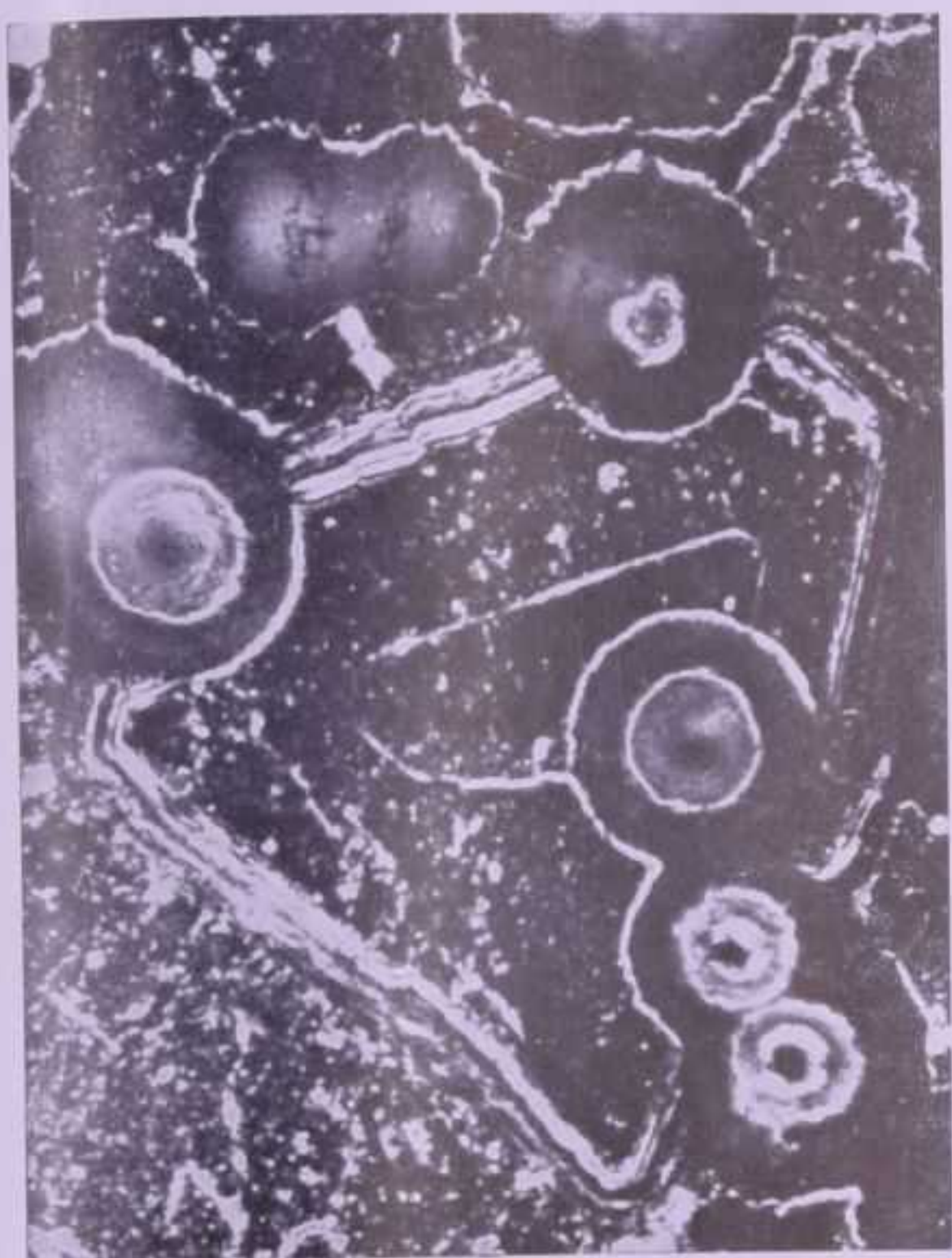


FIG. 1

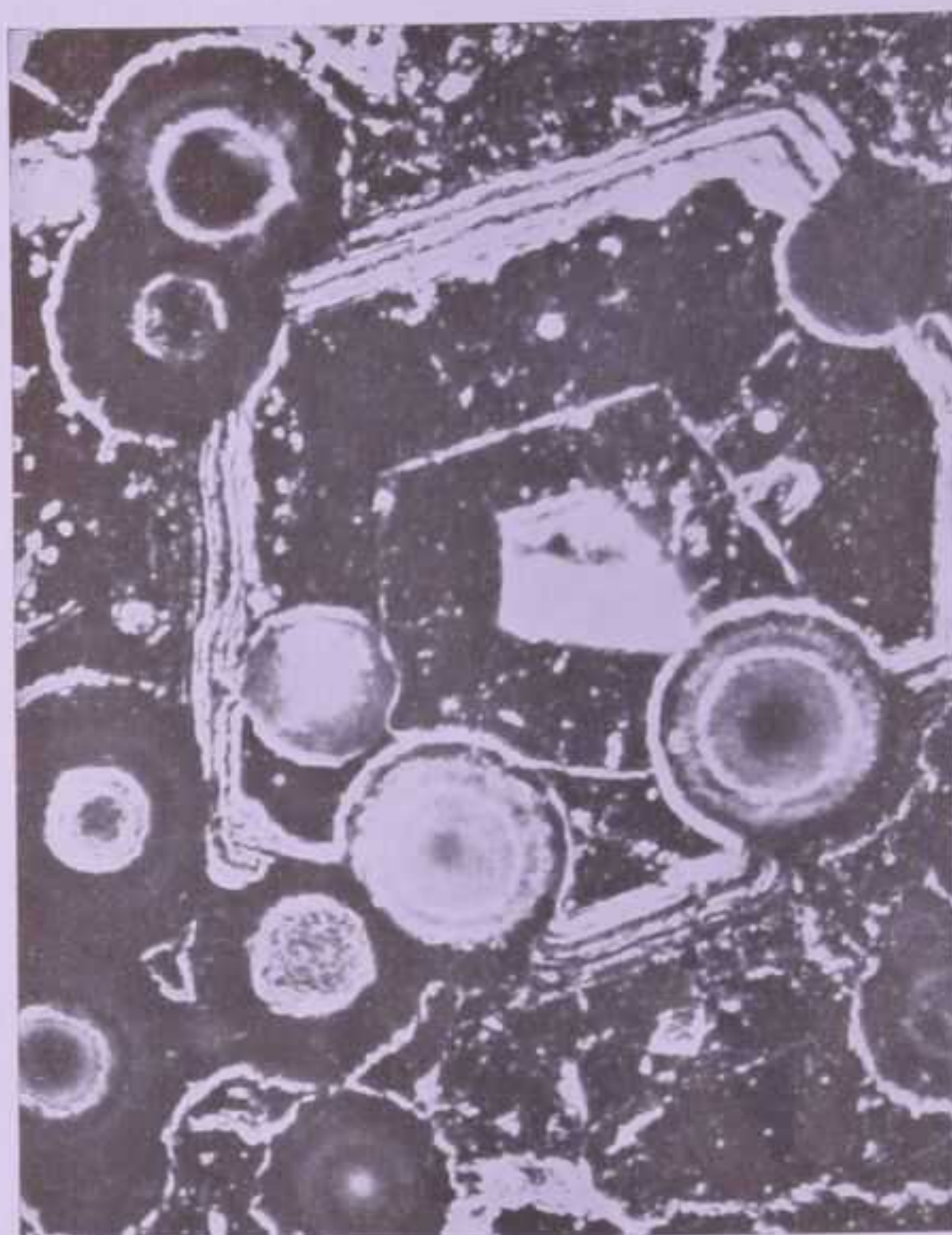


FIG. 2



FIG. 3







TAVOLA VI.



## SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA VI.

FIG. 1. *Forme di blenda colloidale modellate su strutture scheletriche primarie di galena.* Macrofotografia d'una superficie levigata, luce naturale, 6 x circa; Colonna principale, livello Giovanni, Giacimento di Raibl.

Il fenomeno qui non interessa proprio una determinata zona di una coccarda, come nei casi illustrati nella Tav. III, ma un'intera area mineralizzata. In nero sono gli scheletri di galena, in grigio chiaro e scuro la blenda giallo rossa in tessitura colloforme, in bianco la baritina. Attorno al margine delle volute di blenda colloidale si nota uno straterello di blenda bruna cristallina; gli scheletri di galena sono sempre formati da allineamenti di piccoli ottaedri. La blenda che si è separata subito dopo la galena, involve ciascun rametto modellando le sue forme sulla struttura scheletrica della galena e riuscendo talvolta a sostituire totalmente qualche allineamento di ottaedri (vedi ad esempio l'istmo di blenda tracciato attraverso la baritina nella zona centro superiore sinistra della fotografia, in cui le piccole coccarde di blenda allineate una di seguito all'altra, ma senza i rispettivi nuclei, fanno pensare alla completa sostituzione di una struttura scheletrica di galena).

FIG. 2. *Blenda colloidale sostituyente un cristallo di galena.* La stessa superficie levigata della fig. 1 fotografata in un'altra posizione; nicol incrociati, 80 x circa.

Caso di incipiente sostituzione operata dalla blenda gialla (campo grigio chiaro della fotografia) su di un cristallo di galena (zone nere). Si osservi la « tecnica » della blenda nell'operare la sostituzione: essa avanza preferibilmente lungo i piani di sfaldatura e forma un susseguirsi di sferoliti a spese della galena di cui isola dei piccoli germi che rimangono al centro delle sfere.

FIG. 3. *Esempio di sostituzione con pseudomorfosi.* Sezione lucida, nicol paralleli, 200 x circa, Salafossa.

Granuli bianchi: marcasite associata a pirite; area grigio nera centrale: un aggregato di cristalli allotriomorfi di dolomite; zone grigie: blenda. La dolomite ha sostituito totalmente un cristallo ottaedrico di galena (all'infuori di alcune frange presso il margine superiore e sinistro) di cui ne ha assunto la forma. E' il caso di un cristalloide che sostituisce un altro cristalloide.

FIG. 4. *Esempio di sostituzione con pseudomorfosi.* La stessa sezione della fig. 3.

Spiegazioni come nella fig. 3. Gli ottaedri bianchi sono costituiti da marcasite pseudomorfa di galena. La figura triangolare nera al centro è data da dolomite pseudomorfa di galena. E' un altro caso di un cristalloide che sostituisce un cristalloide.





FIG. 1



FIG. 2

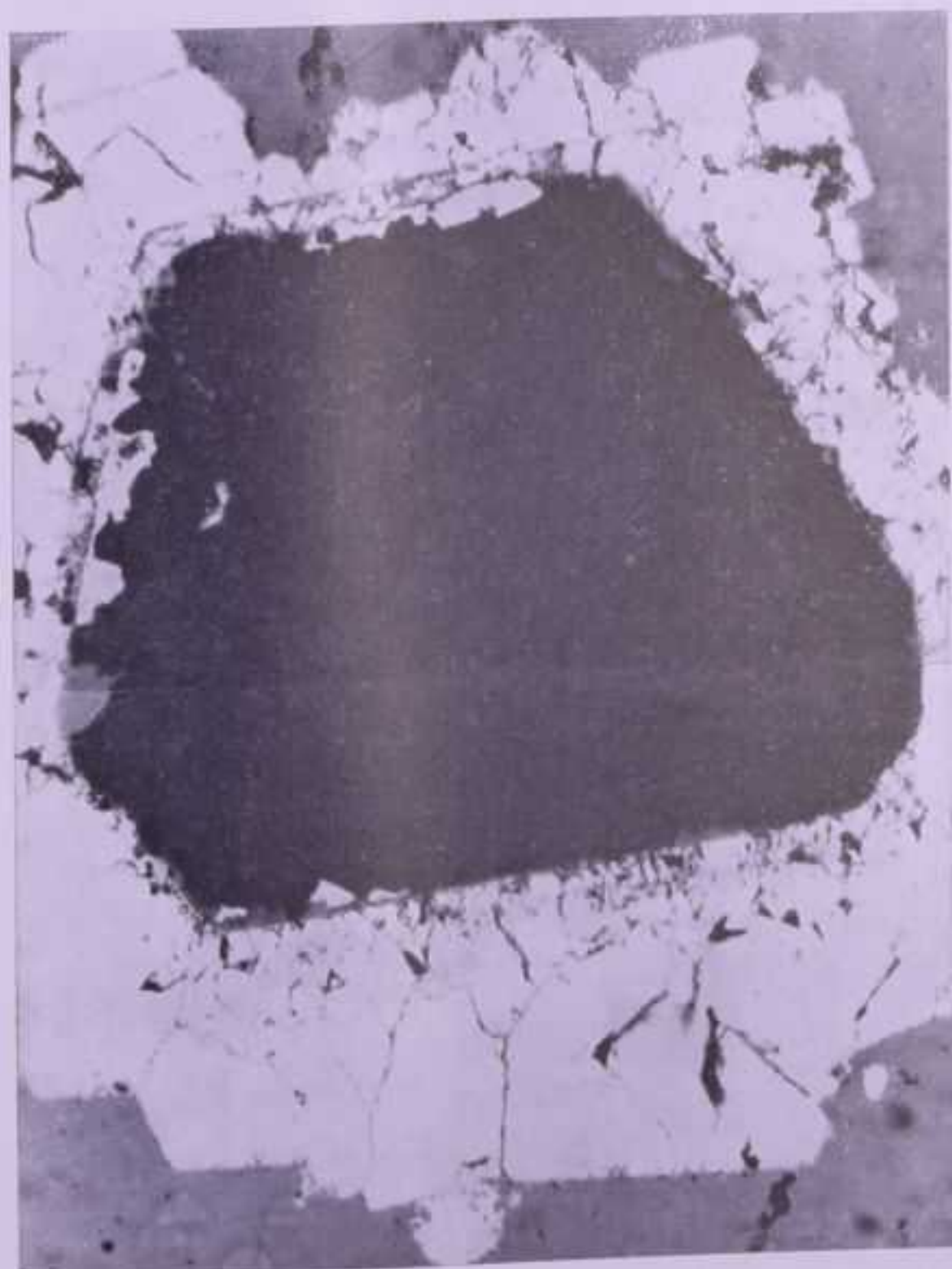


FIG. 3

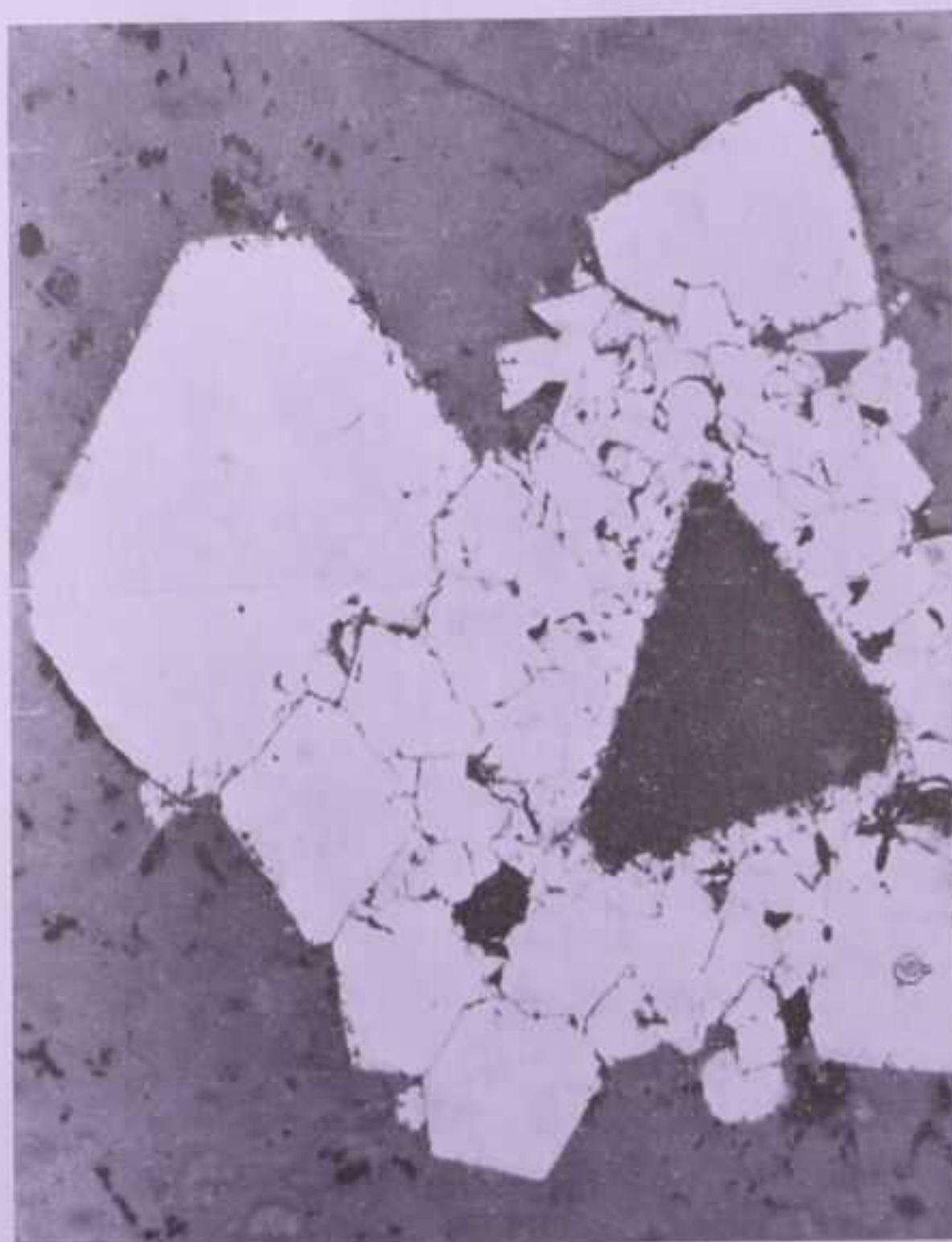


FIG. 4







TAVOLA VII.



## SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA VII.

*Disegno ricavato da una micrografia composta di 73 micrografie semplici. Sezione lucida, senza nicol, 11 x circa, Giacimento di Raibl (la fotografia originale da cui è stato ricavato questo disegno trovasi riprodotta nel mio articolo « La micrografia composta e le sezioni lucide senza rilievo » in « L'Industria mineraria » del maggio 1954, N. 5).*

La sezione lucida è stata condotta su di un ottaedro di galena parallelamente a (100) ed è stata poi attaccata con HBr conc. In rosso è rappresentata la blenda; in bianco la galena. Le linee nere indicano tracce dei piani di sfaldatura o zone di accrescimento; il tratteggio nero rappresenta le aree che sono state maggiormente corrose, ed il tratteggio incrociato zone di dolomite.

Consideriamo anzitutto l'ottaedro di galena. Esso risulta sviluppato in tre stadi successivi: nel primo si ebbe la deposizione di scheletri arborescenti (resti di galena nella blenda) con abbozzi di piccoli cristallini ottaedrici (macchie bianche nelle zone corrose della galena); nel secondo, attorno alle forme scheletriche e agli abbozzi dei cristalli di galena si sono sviluppati gli ottaedri, e forse anche esaedri, di maggiori dimensioni, ben delimitati, ed aventi ben definite orientazioni nello spazio; nel terzo, con un caratteristico accrescimento a zone sul nucleo dei cristalli del secondo stadio si è formato l'ottaedro definitivo. Successivamente è giunta la blenda rossa che ha investito ed attaccato il cristallo (principalmente dal basso), spingendo avanti una fronte di sostituzione (visibile ora nella zona centrale della figura) attraverso i piani di sfaldatura e le soluzioni di continuità esistenti fra i diversi cristalli. La fronte di sostituzione è formata, come al solito, da sferette isolate o già riunite in gruppi. Nella zona medio bassa del cristallo, già sostituita, si vedono inclusi nella blenda i resti di galena non sostituita che con la loro disposizione spaziale richiamano molto bene le forme arborescenti primarie; le linee curve in rosso, indicano la formazione di coccarde, da parte del solfuro di zinco, attorno a resti di galena, generando una *tessitura a grappolo secondaria, di sostituzione*, molto simile a quella primaria illustrata nella tavola V, fig. 3.



D. DI COLBERTALDO - *Strutture e tessiture di galena, blenda e pirite in alcuni giacimenti de*





