

G. CEVALES

I GIACIMENTI MINERARI DEL GRAN PARADISO

Riassunto. — Il seguente lavoro illustra le manifestazioni metallifere comprese dentro il massiccio cristallino del Gran Paradiso (Alpi Graie).

Le mineralizzazioni in esame sono localizzate: nell'alta Val Campiglia Soana (Rio del Rancio), nell'alta Val Locana (M. Cuccagna, Bellagarda, Alpe Nel), nella Val Grande di Lanzo (Trione) e nella Valleile (Cogne).

La ricerca geologica e quella di laboratorio a luce riflessa, accompagnata da analisi chimiche e röntgenografiche ha portato a concludere che si tratta complessivamente di una provincia metallogenica unitaria, caratterizzata dalla prevalenza di solfosali di Pb, Cu, Ag e, in Val Campiglia, di Hg, accompagnati da oro nativo in ganga di siderite e subordinatamente di quarzo.

Il carattere epitermale-subvulcanico delle mineralizzazioni è geneticamente forse collegabile a mobilizzazioni del contenuto in metalli del massiccio cristallino a seguito di fenomeni di tipo « secrezione laterale ». L'età è tardo-alpina.

Zusammenfassung. — Die vorliegende arbeit befasst sich mit der Beschreibung der Lagerstätten des Kristallinmassivs des Gran Paradiso (Grajische Alpen).

Die untersuchten Vererzungen kommen in oberen Campigliatal (Rio del Rancio) vor, im oberen Locanatal (M. Cuccagna, Bellagarda, Alpe Nel), im Lanzotal (Trione) und in dem Valleile (Cogne).

Die geologischen und erzmikroskopischen Untersuchungen auch mit Hilfe chemischer und röntgenographischer Analysen haben zu dem Schluss geführt, dass es sich um eine homogene Metallprovinz handelt: die manchmal goldführenden Sideritgänge enthalten eine komplexe Erzparagenese mit Pb-, Cu-, Ag-, und im Campigliatal Hg-Sulfosalze.

Die Vererzungen gehören grösstenteils zum epithermalen-subvulkanischen Bereich und mögen lateralsekretionär während der spätalpinen Dislokation entstanden sein.

Genno introduttivo.

Nell'ambito del massiccio cristallino antico del Gran Paradiso (Alpi Graie) è nota da tempo la presenza di alcuni piccoli adunamenti minerari, oggetto di ricerca e saltuaria coltivazione sia in passato, sia — nel caso delle mineralizzazioni dell'alta Val Campiglia — anche nei primi decenni di questo secolo.

La forma e il carattere delle mineralizzazioni si possono sostanzialmente ricondurre a due tipi (6):

il primo tipo (n. 1 e n. 4 della cartina) è rappresentato da *filonistrato* e *ammassi lenticolari*, localizzati esclusivamente nella parte nord del massiccio (alta Valle di Campiglia Soana n. 1 e Valleile n. 4) e incassati in paragneiss albitico-anfibolici e anfiboliti che rientrano nella formazione gneissica di « Pessinetto » dei vecchi Autori; la loro importanza pratica è assai modesta e tra essi solo la già citata miniera della Val Campiglia ha dato luogo ad una saltuaria produzione di interesse industriale;

il secondo tipo (n. 2, n. 3, n. 5 e n. 6) è invece dato da *filoni discordanti* e mineralizzazioni in forma di « *stockwerk* » incassate nella facies gneissico-occhiadina fondamentale del Gran Paradiso. Questo secondo tipo prevale sia al centro del massiccio (alta Val Locana n. 2, n. 3, n. 6) che nella sua estrema porzione meridionale (Val Grande di Lanzo n. 5)

Questi giacimenti, citati sommariamente da Huttenlocher nella sua notevole opera: « die Erzlagerstättenzonen der Westalpen » (7), sono stati successivamente oggetto di una breve nota di Fenoglio e Sarnero (4). In tempi più recenti si sono occupati di problemi di petrografia e di geologia del Gran Paradiso parecchi Autori (2, 12, 18): nessuno di essi però accenna alla presenza di queste piccole ma, dal punto di vista scientifico, interessanti mineralizzazioni. Mancava cioè uno studio moderno giacimentologico eseguito sulla base di ricerche a luce riflessa, röntgenografiche e chimiche.

Preseindendo da precedenti sopralluoghi effettuati negli anni 1955-1956, l'A. ha eseguito nella zona ricerche di campagna durante le estati del 1958 e 1959, procedendo alla campionatura delle mineralizzazioni, rilevando le aree ad esse adiacenti e raccogliendo una serie di campioni delle varie facies petrografiche. Le ricerche di laboratorio sono state condotte nell'Istituto Mineralogico dell'Università di Tübingen: l'A. desidera ringraziare sentitamente anche da queste pagine il suo Direttore, Prof. Dr. W. v. Engelhardt per l'interesse e l'aiuto prestatogli ad eseguire il presente studio.

Pur disponendo di una notevole serie di sezioni sottili, l'A. ha limitato le osservazioni petrografiche alle zone più direttamente interessate dalle mineralizzazioni per non addentrarsi in problemi di petrologia che avrebbero esulato dal carattere essenzialmente giacimentologico del presente lavoro.

Per maggiori ragguagli geologici-petrografici si rimanda il lettore sia allo studio di Michel sugli scisti cristallini del Gran Paradiso e di Sesia-Lanzo (12) che ad una recente osservazione critica di Bianchi A. e Dal Piaz Gb. (2) sullo stesso lavoro di Michel; inoltre è da consultare una ricerca petrografico-chimica eseguita recentemente da Viterbo C. (18).

La trattazione del presente studio è stata suddivisa in capitoli riguardanti separatamente: le mineralizzazioni della Valle di Campiglia, quelle della Valle di Locana ed è completata da brevi cenni sulle manifestazioni minerarie di più scarso rilievo distribuite in punti diversi del massiccio. Come conclusione viene presentata una indagine comparativa delle paragenesi al fine di inserire il processo di formazione di questi giacimenti nel quadro più generale delle manifestazioni metallizzanti della Zona Pennidica delle Alpi Occidentali.

I giacimenti della valle Campiglia Soana.

MINIERA « La Reale », RIO DEL RANCIO.

Topografia. Per raggiungere la vecchia miniera detta « La Reale », si risale l'alta valle di Campiglia Soana con la vecchia mulattiera — tra la Val Soana e Cogne — passante per la Bocchetta della Scaletta. Oltrepassato il piano di Azaria si prosegue sul fianco sinistro della valle, ritornando dopo un breve traverso all'impluvio del Rio del Rancio. Superato il torrente si sale ora sulla destra della valletta lungo le serpentine per un centinaio di metri fin poco sotto alle Grange del Giardino del Rancio. Da questo punto, riattraversando il Rio a q. 2025 circa s.l.m., si accede alla miniera che si sviluppa tutta sulla sinistra della valletta. La quota delle due gallerie in traverso-banco ora accessibili è a circa 2030 m. (Tav. « Valprato Soana » F. 42 IV SO, long. 4 58'5" Ovest, latit. 45 34'10" Nord).

Da vecchie statistiche minerarie, citate da Squarzina (17), risulta che la miniera raggiunse il massimo dell'attività soprattutto durante il XVIII secolo. Verso il 1820 fu tentata una nuova ripresa dei lavori ma qualche anno dopo, sia per la scarsa resa del minerale che per le difficoltà di accesso lo sfruttamento fu abbandonato. Durante la 1ª guerra mondiale la miniera fu riaperta e fu tentata la ripresa di coltivazione di vecchi cantieri: la produzione complessiva negli anni 1915-1918 rag-

giunse appena 45 tonn. di minerale di antimonio (14); nè di questa produzione nè delle estrazioni più antiche sono noti i tenori del minerale. Dopo di allora ogni attività risulta sospesa.

I lavori attualmente accessibili consistono in due traversi-banco per raggiungere il corpo minerario stratiforme e in alcuni livelli in direzione collegati da discenderie e pozzetti. Il filone-strato è infatti seguito sia in direzione per circa 80 metri, che secondo la pendenza (sui 30° N) con alcune piccole discenderie. Altri assaggi e piccoli sbancamenti sono visibili lungo il Rio poco più a valle e limitati allo scoperchiamento di qualche brucione.

La roccia incassante. Il Rio del Rancio, parallelamente al quale sono stati tracciati i lavori in sottosuolo, e tutta la parte alta della Valle Campiglia, costituiscono una incisione longitudinale lungo il margine estremo nord-est del grande elissoide cristallino del Gran Paradiso. Il motivo geologico-tettonico che si osserva nella zona è la presenza di alcune potenti bancate di paragneiss, — descritti nella letteratura (2, 12, 18) sotto la denominazione complessiva di « gneiss minuti di Pessinetto » —, intercalate in concordanza con la facies occhiadina fondamentale del Gran Paradiso. Gli stessi paragneiss, che più a valle dell'abitato di Campiglia Soana terminano a lama fino a chiudersi del tutto, verso ovest invece, oltre la Bocchetta della Scaletta assumono notevole sviluppo e potenza, soprattutto nella Valleile e nella Valnontey rispettivamente a sud-est e a sud di Cogne.

Nel dettaglio i « gneiss minuti di Pessinetto » sono costituiti nella zona presa in esame da una notevole varietà di facies: come tipo fondamentale si osserva un paragneiss albitico a granato con locali intercalazioni di gneiss albitico-anfibolici o di vere e proprie anfiboliti. All'esame microscopico si osservano piccoli noduli di albite (attorno al 10% in An) con diametro medio di 1-2 mm a struttura marcata-mente cristalloblastica, associata a granato e a miche e imballati in una pasta fondamentale a tessitura ondulata data da letti di quarzo microgranulare e da miche. Il granato in minuscoli individui è dato da grossularia, mentre come mica prevale la fengite, subordinatamente la biotite. Localmente compare l'anfibolo sia come attinoto che come orneblenda verde comune. Un accessorio spesso assai abbondante è la titanite talora trasformata parzialmente in rutilo o più spesso in anatasio. Altri componenti a carattere accessorio sono: l'epidoto di tipo clinozoisitico e la clorite — entrambi di alterazione sia sul granato che sull'anfibolo — calcite e poco zirconio.

Con l'aumentare dell'anfibolo si passa a gneiss albitico-anfibolici o ad anfiboliti schiette. I passaggi sono più o meno graduali ed avvengono nello spazio di qualche metro. Le anfiboliti presentano come componente fondamentale una orneblenda comune a struttura nematoblastica, dal pleocroismo sui toni verdi, associata a quarzo; localmente l'anfibolo può essere rappresentato in parte anche da attinoto. Segue il granato spesso abbondante e la fengite e talora anche biotite. L'albite anche in queste facies è presente, sia pure subordinatamente con un termine all'8-10% in An. Accessori sono titanite, zirconio, rutilo e anatasio, clinozoisite e clorite.

Soprattutto nella parte bassa del Rio del Rancio sono state notate alcune facies di gneiss nei quali si hanno frequenti intercalazioni grafitose, nerastre. La mineralizzazione appare legata soprattutto a queste ultime facies a grafite.

La mineralizzazione costituisce nel suo complesso un corpo appiattito grossolanamente concordante con la scistosità dei paragneiss, con direzione media E 20° S e pendenza a N di 25°-30°. Nel dettaglio si tratta di una mineralizzazione del tipo di *impregnazione* sotto forma di noduli e ammassi, da un minimo di pochi cm a un massimo di qualche decimetro, distribuiti irregolarmente ed apparentemente allineati lungo piani di scistosità. Da osservazioni compiute in sottosuolo pare che le soluzioni mineralizzanti siano salite lungo fratture subverticali dirette all'incirca E-O, depositandosi poi prevalentemente nelle porzioni intersecanti le facies più grafitose del complesso. In sottterraneo sono visibili grandi cameroni, in gran parte franati, dovuti al tipo di coltivazione imposto dal carattere irregolare del corpo minerario. Attualmente la mineralizzazione è da considerarsi praticamente esaurita, tuttavia sulla base di vecchie statistiche minerarie, dovevano essere presenti discrete concentrazioni di minerale.

L'associazione mineralogica e le sue microstrutture. I minerali osservati sono: *calcopirite I*, *pirrotina*, *valleriite*, *galena*, *pirite*, *arsenopirite*, *quarzo*, *jamesonite*, *calcostibina*, *tetraedrite*, *blenda*, *calcopirite II*, *covellina*, *calcosina*, *marcasite* e *calcite*. L'ordine con il quale i suddetti minerali sono elencati coincide con la sequenza di deposizione osservata con l'esame microscopico.

Calcopirite I e *pirrotina* appartengono alle prime fasi della formazione del giacimento e sono presenti sotto forma di minuscoli inclusi inglobati in grossi idioblasti di pirite. Non sono infrequenti corrosioni

dovute ad un più o meno avanzato stadio di sostituzione esercitato dalla pirite. Spesso calcopirite e pirrotina partecipano assieme alla formazione di inclusi: in questi casi con un attento esame microscopico assieme ai due solfuri si osservano quasi sempre piccoli granuli di *valleriite*. La struttura di questi granuli di $Cu_3Fe_4S_7$, sotto forma di « filamenti » dentro oppure lungo i limiti dei due solfuri ha del tutto l'aspetto di un prodotto di trasformazione. E' noto infatti che la *valleriite* è considerata come il prodotto di trasformazione di cristalli misti, stabili a temperature sopra i 250° , composti all'incirca del 63% in Cu_2S-FeS (3,5). L'intervallo di stabilità della *valleriite*, oscillante tra 200° e $250^\circ C$ (3), permette di considerare questo composto come un termometro geologico. Di conseguenza la temperatura di inizio di deposizione dei primi solfuri di Cu e Fe nel nostro giacimento deve essere stata certamente superiore ai $200^\circ-250^\circ C$, caratterizzando cioè un ambiente di tipo mesotermale.

Grossi idiolasti di *pirite*, anche di 1-2 cm di \varnothing sono disseminati in tutta la roccia: prevalgono forme cubiche regolari, intatte, tuttavia azioni di cataclasi sono talora osservabili. Oltre agli inclusi di calcopirite e pirrotina, sopra accennati, spesso disposti secondo piani di accrescimento dell'ospite, si nota pure *galena*, in piccoli individui molto corrosi. Il carattere idiolastico della *pirite* è inoltre sottolineato da frequenti strutture di microimplicazione con la roccia incassante, spesso in forma di vere e proprie strutture « a setaccio » con quarzo, miche e anfiboli. Pirrotina è pure presente anche in plaghe allotriomorfe a sé stanti, ma sempre legata alle prime fasi di deposizione della mineralizzazione: una trasformazione tardiva di questa pirrotina in marcasite, come verrà detto più sotto, è assai frequente.

Arsenopirite forma abitualmente grossi cristalli idiomorfi, allineati in forma di nidi e sciami lungo piani di scistosità, spesso associati a *pirite* e depositati in una fase immediatamente successiva a quella del solfuro di Fe.

A questi minerali appartenenti ad un ciclo di deposizione iniziale, di termalità media, segue la venuta — ben più importante per sviluppo e consistenza — di *jamesonite*, *calcostibina* e *tetraedrite* che ha costituito la vera mineralizzazione economicamente interessante del giacimento. La coltivazione della miniera era infatti condotta principalmente per l'estrazione dei minerali antimoniferi con un ricupero laterale di Pb e Cu e forse — stando a vecchie statistiche minerarie riportate da Barelli (1) — di Ag e Au.

La deposizione di questi 3 minerali metallici, preceduta da una vena abbastanza imponente di quarzo, rientra in una fase a carattere già epitermale. La concentrazione particolarmente elevata in Sb è sottolineata dalla presenza della calcostibina, che normalmente è un minerale piuttosto raro.

La *jamesonite* attualmente è osservabile in discrete quantità soprattutto nella parte centrale-superiore del giacimento. Nella sequenza paragenetica è preceduta da *quarzo*, presente in belle forme prismatico-bipiramidali, idiomorfe, mentre sembra precedere i due suddetti solforali. Il motivo tipico della deposizione della *jamesonite* è una impregnazione che ha costituito plaghe interstiziali dentro al quarzo e alla ganga. Le singole plaghe sono costituite da un aggregato di minuti cristalli addentellati e spesso concresciuti in strutture pecilitiche. La forma dei singoli granuli è normalmente prismatico-allungata fino ad aghiforme: la lunghezza massima può raggiungere il mm. Molto frequente è una geminazione il cui piano è parallelo all'allungamento del cristallo, visibile sia per il marcato pleocroismo di riflessione sia per i vivaci effetti di anisotropia a $N +$. Deformazioni di tipo meccanico, soprattutto di singoli cristalli aciculari isolati nella ganga, sono molto frequenti con tessiture piegate ed arricciate. Le stesse plaghe polieristalline presentano una marcata « regolazione ».

Rara calcopirite II e poca blenda (v. sotto) si associano alla *jamesonite*.

Calcostibina è da considerarsi nel complesso piuttosto rara, tuttavia la sua presenza caratterizza, come si è detto, una fase di deposizione con concentrazioni particolarmente alte in Sb (15). Essa segue immediatamente la *jamesonite* e precede nettamente la tetraedrite. La struttura dei singoli granuli (sui 1-2 mm) è sottolineata dalla perfetta sfaldatura basale sec. (001), che forma lamine più o meno appiattite e regolari, visibili anche in sezione lucida (figg. 1-2, Tav. I). Piani di sfaldatura, meno evidenti sono pure presenti sec. (100) e (010) e sono forse da attribuire a sollecitazioni tettoniche.

In sezione lucida il colore è bianco abbastanza puro, il potere di riflessione è alto, un po' più basso che in galena; caratteristica — contro questo minerale — è la punta di colore leggermente grigio-giallo chiara. Il pleocroismo, poco evidente con obiettivo a secco, è meglio visibile in immersione con variazioni di colore dal bianco-crema al bruno molto chiaro. L'anisotropia a $N +$ è invece molto evidente, anche a secco, con

effetti di colore assai vistosi dal grigio-azzurro al viola intenso. L'estinzione è generalmente retta ma non porta mai a oscurità completa.

La *tetraedrite* è il minerale che da solo può costituire il 50-60% in volume della mineralizzazione. Nella sequenza paragenetica segue normalmente sia il quarzo che gli altri due solfosali sopra descritti: infatti costituisce plaghe allotriomorfe inglobanti sia jamesonite che calco-stibina (v. fig. 1, Tav. I). I suoi caratteri ottici sono i seguenti: il potere di riflessione è, relativamente per una tetraedrite, piuttosto alto; l'impressione di colore è un grigio-chiaro con un leggero sottotono crema, anche in immersione: mancano cioè i toni oliva-bruni delle comuni tetraedriti antimonifere.

Di questa tetraedrite è stata eseguita un'analisi diffrattometrica. I risultati sono riassunti nella seguente tabella:

2θ	$\sin^2\theta$	$k \times (h^2 + k^2 + l^2)$	hkl	a_0 (Å)	d (Å)	I
17, 1	0,02211	0,0055 \times 4	(200)	10,33	5,206	1
21, 0	0,03384	0,0056 \times 6	(211)	10,26	4,151	1
24, 3	0,04430	0,0055 \times 8	(220)	10,33	3,615	1
29, 8	0,06612	0,0055 \times 12	(222)	10,33	2,981	9
32,25	0,07802	0,0055 \times 14	(321)	10,33	2,750	1
34,55	0,08918	0,0055 \times 16	(400)	10,33	2,592	2
36, 7	0,09911	0,0055 \times 18	(330)	10,33	2,272	1
38,75	0,11005	0,0055 \times 20	(420)	10,33	2,084	1
40, 8	0,12150	0,0055 \times 22	(332)	10,33	2,020	1
42,62	0,13200	0,0055 \times 24	(422)	10,33	2,010	1
44,45	0,14306	0,0055 \times 26	(431)	10,33	2,001	1
48, 0	0,16543	0,0055 \times 30	(521)	10,33	1,897	1
49, 6	0,17594	0,0055 \times 32	(440)	10,33	1,834	5
54,42	0,20901	0,0055 \times 38	(532)	10,33	1,481	3

N.B. — E' stato usato un Diffrattometro con Contatore Geiger « Philips »; radiaz. Cu K_{α} $\lambda = 1,5418$; 30 kV, 20 mA; veloc. rotaz. del goniometro $\frac{1}{2}$ grado/min.

Il valore $a_0 = 10,33$ Å della costante della cella proverebbe secondo Machatschki (11) una tendenza di questa tetraedrite ad avere, in vicinanza col Cu, piccole quantità di Ag e di Hg. Quale ulteriore riprova per il mercurio è stata eseguita un'analisi microchimica con $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ e K SCN in soluzione nitrica: la precipitazione di minuscoli cristalli

blu-indaco di solfocianuro mercurico di cobalto ha confermato, sia pure in scarsa quantità, la presenza di Hg.

Altri minerali che accompagnano questi solfosali, ma in quantità subordinata sono: *blenda*, con riflessi interni giallo-citrini chiari o rosso-bruno chiari, apparentemente povera in Fe. Rare sono le forme con un certo grado di idiomorfismo, per lo più prevalgono plaghe allotriomorfe interstiziali nella ganga, in particolare nel quarzo. E' spesso ricca di inclusi, tra i quali per es. jamesonite (v. fig. 3-4, Tav. I). Più scarsa è la *calcopirite II* in minuscoli granuli assieme alla jamesonite e alla tetraedrite o in rare plaghe di maggior rilievo a sè stanti assieme alla blenda. Questa calcopirite con carattere di deposizione nettamente tardivo viene distinta da quella osservata sotto forma di inclusioni in pirite (v. sopra) sulla base delle osservazioni di aggregato. Non è però da escludere che la calcopirite II depositata assieme alla blenda, nelle ultime fasi cioè del processo metallizzante, sia da riferire a fenomeni di mobilizzazione più o meno locali della mineralizzazione iniziale.

Da riferirsi a processi di tipo discendente è la formazione di *covellina*, relativamente abbondante soprattutto come trasformazione di calcostibina e in parte anche di tetraedrite, e di *marcasite* frequente sia su pirite che specialmente su pirrotina.

Come minerali metallici, di carattere accessorio, appartenenti alla roccia incassante sono stati osservati: *grafite*, localmente abbondante, in minuscole lamelle isolate o più spesso in aggregati a grana finissima e *rutile* in piccoli idiolasti spesso accompagnati da neoformazione di *ilmenite* e subordinatamente di *anatasio*.

Il solo vero minerale di ganga è il *quarzo*, che forma piccoli ma regolari cristallini, precedenti nella deposizione i solfosali di Pb e di Cu. Tracce di calcite in forma di esili filoncelli discordanti segnano la fine del processo di formazione di questo giacimento.

I giacimenti della valle Locana.

1. CUCCAGNA.

Topografia. - La mineralizzazione è situata nella parte alta del Vallone del Roc, affluente di sinistra del torrente Oreo, sotto la parete Est del Monte La Cuccagna, a quota 2730 circa (tav. « Ceresole » F 41, II NO, long. 5° 12'58" ovest, latit. 45° 27'43"). La località è raggiungibile sia direttamente da Noasca risalendo il Vallone del Roc in direzione

del Colle della Porta, sia più comodamente da Ceresole. Da quest'ultima località si prende la vecchia strada di caccia del Colle Sià, attraversando poi quasi in piano per l'Alpe Loserai fino all'impluvio del Roc. Si sale ora all'Alpe di Breuil verso il Colle della Porta fino a raggiungere con le comode serpentine lo sperone NE de La Cuccagna. Abbandonata la mulattiera si sale obliquamente a sinistra, passando per un breve ripiano dove sono ancora visibili alcune cataste di minerale, fino a raggiungere per pendii di sfasciumi e campi di neve le gallerie al piede della parete. I lavori minerari effettuati nei secoli scorsi sono costituiti da due gallerie in direzione, lunghe complessivamente un centinaio di metri, da un piccolo ribasso, da alcuni « traverso-bachi » e da pozzetti e fornelli.

Non si hanno notizie precise sul periodo di più intensa attività di queste ricerche. Pare che gli anni di maggiore prosperità siano stati quelli attorno al 1700, quando alcuni pionieri, nonostante la grande altezza delle mineralizzazioni e le difficoltà ambientali, avevano dato luogo ad una stagionale attività mineraria nella zona. Lo stesso toponimo « La Cuccagna » attribuito poi al monte sovrastante — quale miraggio di ricchezza — testimonia appunto l'interesse che queste mineralizzazioni avevano esercitato in passato. Una ripresa dei lavori, testimoniata da notizie storiche (17), fu tentata negli anni 1817-1832, ma dopo breve tempo le ricerche furono definitivamente abbandonate soprattutto per le notevoli difficoltà ambientali. Sembra che il minerale, dopo un rudimentale arricchimento per cernita a mano sul posto (ciò sembra provato da alcuni cumuli di sterile nel sottostante ripiano a q. 2615 circa), forse trasportato a dorso di mulo lungo il Vallone del Roc fino al fondovalle e successivamente lavorato in forni fusori a Locana (17).

La roccia incassante è costituita da un gneiss occhiadino a lenti molto stirate di feldspati, soprattutto di microclino. Si tratta di un tipo abbastanza prossimo alla facies fondamentale del massiccio cristallino del Gran Paradiso; come differenza rispetto al gneiss di Ceresole o della stessa Bellagarda (v. sotto) si osserva in questa zona una più frequente intercalazione di lenti quarzose e micacee, come pure sono qui maggiormente evidenti azioni di taglio e di laminazione subparallela. Si nota qui per inciso che sul versante E e SE del Monte Cuccagna, salendo direttamente ai lavori dall'Alpe Loserai di Sopra, si attraversano potenti banchi di quarziti concordanti con la facies ora descritta: si tratta

di una roccia costituita per la quasi totalità da quarzo, nella quale i pochi elementi micacei, dati da clorite, si allineano secondo la scistosità. Rarissimo è il granato. Michel a pag. 191 della sua memoria (12) descrive analoghe facies quarzitiche, da lui osservate nel settore meridionale del massiccio del Gran Paradiso, pure in forma di intercalazioni dentro allo gneiss fondamentale.

La giacitura media della scistosità è N 60°-70° E con una pendenza a S di 15°-20°.

La *mineralizzazione* si è impostata lungo una fitta rete di fratture e di diaclasi subverticali, dirette NO-SE, accompagnate da tagli vicarianti pure subverticali, dirette N-S. La larghezza della fascia mineralizzata può raggiungere i 10-15 metri. La mineralizzazione è cioè in parte di tipo « filoniano », discordante, in parte costituisce un ammasso tipo « stockwerk ». Brecciazioni accompagnano spesso le salbande dei singoli filoncelli, la cui potenza oscilla da pochi cm a 1 metro circa. La consistenza della mineralizzazione è piuttosto scarsa: la sua estensione secondo la verticale, misurata dagli affioramenti più alti fino al ribasso di q 2700 non supera i 130-140 m. ed ha un carattere discontinuo; in direzione è possibile seguire lo « stockwerk » per circa 50-60 m. Le mineralizzazioni più interessanti sono state osservate nella parte alta dello « stockwerk », mentre verso il basso si nota una rapida tendenza a chiudersi: il già citato ribasso di q. 2700 è tracciato praticamente nello sterile.

L'associazione mineralogia e le sue microstrutture. I minerali osservati, distribuiti secondo la sequenza paragenetica sono i seguenti: *quarzo, siderite, jamesonite, arsenopirite, pirite, tetraedrite e freibergite, bournonite, galena, oro nativo, blenda, calcopirite, covellina, calcosina, idrossidi di Fe.*

Il *quarzo* è il primo minerale depositato: è presente in belle forme idiomorfe bipiramidali-prismatiche sviluppate sulle salbande dei filoncelli in strutture « a pettine » oppure più frequentemente incluse dentro ai minerali depositati successivamente. La lunghezza media dei singoli cristalli si mantiene sui 2-3 mm ma si hanno pure quarzi lunghi 10-15 millimetri. Al quarzo segue una imponente venuta di *siderite*, che da sola costituisce per lo meno il 50% in volume del materiale di riempimento delle fratture. In generale questa siderite si presenta in strutture ipidiomorfe a grana piuttosto eterogenea: lo spigolo del romboedro

varia da 1-3 mm a 15-20 mm. La siderite è intimamente concresciuta sia con il quarzo sia con i minerali metallici di venuta posteriore, soprattutto con jamesonite. Previa macinazione di parecchi campioni fino a 0,2 mm \varnothing è stata eseguita una separazione con liquidi pesanti per liberare il carbonato dal resto. L'analisi chimica di un campione medio così ottenuto ha dato i seguenti risultati:

FeO	51,17 %	Percento molecolari:	
MnO	1,00	Fe CO ₃	82,5 %
MgO	6,73	Mg CO ₃	14,9
CaO	—	Mn CO ₃	2,6
H ₂ O ⁺	—		
insol.	0,40		100,0 %
	<hr/>		
	59,30 %	Analista: H. Fechner.	

Da questi risultati risulta che si tratta di un carbonato misto del sistema ternario MgCO₃—FeCO₃—MnCO₃ (v. il capitolo sulle conclusioni paragenetiche).

La determinazione degli indici di rifrazione, eseguita secondo Loupekine (10) ha portato ai seguenti valori:

$$n_o = 1,840 \quad n_e = 1,611 \quad n_o - n_e = 0,229.$$

Secondo la classificazione riportata da Winchell (19) si tratta di una «sideroplesite manganesefera». Nel corso del presente lavoro si parlerà per brevità semplicemente di «siderite».

Jamesonite, primo tra i minerali metallici depositati alla Cucagna, forma cristallini prismatico-aciculari, interstiziali nella ganga carbonatica e spesso concresciuti secondo le facce del romboedro (v. fig. 1 Tav. II). In generale cioè la jamesonite costituisce una mineralizzazione «impregnante» la siderite, mentre solo localmente si concentra in masserelle compatte di un certo rilievo. La diffusione maggiore della jamesonite è stata notata nella parte centrale del giacimento e negli affioramenti più alti.

Arsenopirite e pirite costituiscono sia idioblasti isolati che aggregati policristallini distribuiti in forma di «mosche» dentro la ganga sideritica. Un esempio di idioblastesi della pirite è illustrato in fig. 2

della Tav. II: si osserva che, mentre lo sviluppo del cristallo di pirite è avvenuto con un fenomeno di sostituzione esclusivamente a spese della siderite, la jamesonite eventualmente presente rimane inclusa nel neosoma conservando la sua originaria orientazione secondo le facce del romboedro, già descritta. Azioni di cataclasi accompagnanti il processo metallizzante sono presenti in entrambi i minerali, soprattutto in arsenopirite. Inclusi di oro nativo in pirite sono stati qualche volta notati (v. sotto).

Tetraedrite è presente sia come termine cuprifero-antimonifero, sia come varietà argentifera (*freibergite*). La distinzione tra i due termini è abbastanza facile effettuando l'osservazione in immersione: nella varietà argentifera il potere di riflessione è relativamente più alto e l'impressione di colore è un giallo-bruno chiaro, sensibilmente più chiaro del tono oliva-bruno sporco della tetraedrite comune. Nella sequenza paragenetica la tetraedrite comune precede la freibergite e mentre la prima può formare plaghe di un certo sviluppo, la seconda è presente di solito sotto forma di inclusi nella galena. Soprattutto nell'associazione tetraedrite-galena (v. sotto) si incontra *bournonite*, anch'essa costituente plaghe a sè stanti oppure inclusi di varia forma e dimensioni in galena (v. fig. 2 Tav. III). Fenomeni di sostituzione da parte di galena su bournonite sono spesso osservabili, tuttavia gli inclusi presenti in PbS, — come pure per la freibergite —, sembrano appartenere ad una deposizione contemporanea dei due solfosali con il solfuro di piombo. Nella bournonite è sempre presente la caratteristica geminazione « a parchetto » con due sistemi di lamelle spesso polisintetiche orientate secondo due direzioni fra di loro quasi ortogonali.

Il minerale che per sviluppo ed estensione ha potuto essere oggetto, assieme all'oro, di saltuaria coltivazione è la *galena*. La forma e le strutture del solfuro di piombo fanno pensare ad una sua deposizione relativamente tardiva, certamente posteriore ai solfosali sopra descritti: la sua venuta infatti è di solito accompagnata da azioni di corrosione sui minerali precedenti. La galena della Cuccagna è poi molto ricca di inclusi e per questo contiene discreti tenori in Ag, dovuti appunto alla presenza di « corpi argentiferi » sotto forma di inclusi di freibergite. La fig. 2 della Tav. III mostra un motivo abbastanza comune di questa galena: gli abbondanti inclusi di bournonite e di freibergite assumono spesso la forma di « gocee » e ricordano da vicino — senza tuttavia

esserlo! — corpi di smistamento. Un orientamento di questi inclusi secondo (100) della galena è frequentemente osservabile. Galena partecipa anche ad azioni di cementazione e di risanamento di fratture in minerali anteriormente depositi: è stata per esempio osservata assieme ad oro nativo (v. fig. 3 Tav. II) dentro a plaghe tettonizzate di arsenopirite.

La posizione dell'*oro nativo* nella sequenza paragenetica di questo giacimento sembra doversi attribuire a più episodi di deposizione, se non dovuti a vere e proprie fasi metallizzanti indipendenti, almeno riferibili a più cicli di mobilitazione locale. Ciò sarebbe anche in accordo con le osservazioni giacimentologiche della posizione dell'oro riportate dalla letteratura (16). Oro nativo è stato innanzitutto osservato sotto forma di minuscoli « inclusi » in pirite, ma è stato manifestamente favorito nella deposizione da piccole fratture nel solfuro di ferro, rispetto al quale è certamente posteriore; lo stesso si può dire nei riguardi dell'arsenopirite (v. fig. 3 Tav. II). Le dimensioni dei singoli granuli variano attorno al 0,01-0,02 mm: quasi sempre si nota una tendenza dell'oro a formare piccoli corpi isometrici, rotondeggianti. Oro è presente in jamesonite (v. fig. 4 Tav. II), più esattamente « infiltrato » tra questo solfosale e la ganga quarzoso-sideritica; la vera e propria venuta dell'oro sembra però quella che coincide o segue immediatamente la deposizione dei minerali metallici più importanti: tetraedrite-bourbonite-galena. Si tratta in questo caso di granuli di oro relativamente puro, con \emptyset anche su 0,04-0,06 mm (v. fig. 1 Tav. III), di colore « giallo-oro » intenso. Non sembra dall'osservazione microscopica che il contenuto in Ag salga sopra il 15-20% (15).

In quantità molto subordinata compaiono *calcopirite* e *blenda*. Entrambi questi minerali sembrano legati, come processo metallizzante, alla deposizione della galena o ad una fase immediatamente successiva. Tracce di calcopirite sono state osservate come « inclusi » in pirite, ma, analogamente a quanto osservato per l'oro, sembra trattarsi di una deposizione tardiva che ha sfruttato minute fratture e diaclasi nel solfuro di ferro. La blenda risulta essere un tipo assai povero in Fe, in concordanza con la termalità piuttosto bassa di questi filoni.

Calcosina e più spesso *covellina* appaiono legate a processi di cementazione, di tipo discendente, sui minerali primari di rame. Interessanti sono alcune strutture « vermicolari » di calcosina in tetraedrite nella parte alta del giacimento.

Idrossidi di Fe, non meglio determinabili microscopicamente sono diffusi un po' dappertutto nella massa dei filoni: da notare una incipiente alterazione della stessa siderite che porta a formazione di idrossidi di ferro lungo i piani di sfaldatura del romboedro.

2. BELLAGARDA

Topografia. - La mineralizzazione è situata sul fianco destro dell'alta valle dell'Orco a SE di Prese di Ceresole, sotto la parete nord del Monte Ballagarda. La località (tav. « Ceresole » F 41, II NO, long. 5° 10' 45" ovest, latit. 45° 25' 16" nord) è raggiungibile con la mulattiera che risale il Rio Pian Pesse fino ai laghetti di Bellagarda. All'Alpe Ciarbonera, poco a monte dell'Alpe Pian Pesse, si abbandona la suddetta mulattiera per prendere una traccia di sentiero poco battuta che, con un traverso quasi pianeggiante sulla destra del rio porta nel circo terminale della valletta. A quota 2104 sono ancora visibili i ruderi di una casa della miniera e di una polveriera, mentre poco più a monte si notano due imbocchi di galleria, attualmente in parte franati, rispettivamente a q. 2112 e 2124 s.l.m.

Da informazioni assunte sul posto i lavori di ricerca e di estrazione avevano avuto un discreto sviluppo verso la metà del secolo scorso, ma successivamente, poco incoraggiati dalla ricchezza del minerale e ostacolati dalle difficoltà ambientali e dalla pericolosità di accesso alla miniera nei periodi invernali e primaverili, sono stati definitivamente abbandonati verso il 1890. Il trasporto a valle del minerale, limitato ai soli mesi estivi, veniva effettuato con slitte e muli. Si noti che la stessa carrozzabile tra Noasca e Ceresole resta spesso chiusa al traffico nei mesi invernali e primaverili per le abbondanti neviccate, mentre il circo terminale del Rio Pian Pesse è frequentemente soggetto a caduta di valanghe dalla sovrastante parete nord del M. Bellagarda.

La roccia incassante è rappresentata, come alla Cuccagna, da un gneiss occhiadino con lenti e noduli feldspatici immersi in un aggregato di fondo costituito da una alternanza di letti micacei con straterelli di quarzo microgranulare. Come feldspato prevale il microclino. Le misure di giacitura eseguite sulla superficie s hanno dato come direzione media N 60° E e come pendenza 20°-25°S. Sono stati anche rilevati piani di scistosità con andamento pressochè orizzontale, ciò anche in concordanza con la posizione all'incirca centrale della zona della Bel-

lagarda rispetto al massiccio del Gran Paradiso, che nel suo complesso ha una struttura cupoliforme.

L'area mineralizzata e le zone adiacenti sono interessate da un fitto sistema di diaclasi e di fratture subverticali dirette N—S accompagnate da tagli diretti sia NNE che NO.

La mineralizzazione si è impostata in corrispondenza della suddetta zona di fratture. Essa presenta, come è già stato rilevato da Fenoglio e Sanero (6) un carattere discordante *filoniano*: i singoli filoncelli variano in potenza da pochi cm fino a 50-60 cm al massimo e sono distribuiti ad intreccio più o meno irregolare su una fronte larga al massimo 4-5 metri. La mineralizzazione a partire dalle fratture principali N-S ha seguito successivamente i tagli obliqui, estendendosi debolmente anche lungo piani di scistosità e impregnando variamente la roccia incassante. L'intreccio dei filoncelli e delle vene mineralizzate, spesso dislocate e anastomizzate, forma nel suo complesso un piccolo corpo minerario del tipo « *stockwerk* » che si mantiene tale per un centinaio di metri su una direzione media N-S, mentre in profondità, nello spazio di poche decine di metri, rapidamente si chiude fino a scomparire del tutto. Azioni di taglio e movimenti locali sono pure avvenuti durante la deposizione e sono testimoniati da frequenti brecciazioni delle salbande e della stessa massa del filone: il materiale triturato è dato da frammenti di roccia incassante cementati da successive venute di minerale, soprattutto da ganga carbonatica. La potenza di queste fascie brecciate può anche raggiungere i 20-30 cm.

L'associazione mineralogica e le sue microstrutture. Come sequenza nella deposizione si osserva: *quarzo, siderite, pirite, tetraedrite, galena, jamesonite, oro, covellina, calcite e idrossidi di ferro*. La mineralizzazione è data in grande prevalenza da siderite accompagnata da quarzo, mentre i minerali metallici, presenti all'incirca per un 20-30% in volume, formano piccoli « noduli » dispersi nella matrice carbonatica.

Il *quarzo* si presenta, come alla Cuccagna, con gli stessi caratteri di deposizione iniziale, formando piccoli cristallini idiomorfi depositati sia sulle salbande in strutture « a pettine » sia inclusi dentro ai minerali successivamente depositati. Fenomeni di corrosione nel quarzo sono quasi sempre presenti e più o meno vistosi (v. fig. 3 Tav. II).

L'episodio più cospicuo del fenomeno metallizzante è però dato da una imponente venuta di *siderite*. Anche di questo carbonato è stata eseguita un'analisi chimica che ha dato i seguenti risultati:

FeO	53,65 %	Percento molecolari:	
MnO	1,04	FeCO ₃	87,0 %
MgO	5,30	MgCO ₃	11,3
CaO	—	MnCO ₃	1,7
H ₂ O ⁺	—		
insol.	0,45		<u>100,0 %</u>
	<u>60,44 %</u>	Analista: H. Fechner.	

La determinazione degli indici di rifrazione, secondo Loupekine (10) ha portato ai valori seguenti:

$$n_o = 1,838 \quad n_e = 1,610 \quad n_o - n_e = 0,228.$$

La composizione chimica e i dati ottici sono assai simili a quelli della siderite del giacimento della Cuccagna: si tratta anche qui, secondo la nomenclatura introdotta da Winchell (19) di una « siderople-site » debolmente manganesifera.

Pirite è stata osservata in scarsa quantità sotto forma di piccoli individui soprattutto verso le salbande dei filoncelli. Strutture cataclastiche sono spesso presenti e indicano movimenti tettonici successivi alla deposizione del solfuro di ferro e che contemporaneamente hanno portato alla brecciazione delle salbande di cui si è dato sopra un cenno. Le fratture nella pirite possono essere risanate da tetraedrite (v. fig. 4, Tav. III) o dalla stessa siderite.

Tetraedrite rappresenta il minerale metallico di gran lunga prevalente sugli altri e il solo che — come « portatore » dell'oro di questo giacimento — potesse avere interesse per la ricerca mineraria. La deposizione di questo minerale, in gran parte controllata da una ripresa del movimento delle fratture, è caratterizzata da un marcato allotriomorfismo e da cementazione di minerali fratturati come siderite e pirite. Le plaghe più grosse — dell'ordine di qualche cm — si presentano interstiziali e corrodono più o meno intensamente sia quarzo che siderite (v. figg. 3-4, Tav. III).

Per quanto riguarda i caratteri ottici a luce riflessa, analogamente a quanto notato per il giacimento del Rio del Rancio in Val Campiglia, si osserva anche in questa tetraedrite un potere di riflessione — per

questo minerale — relativamente alto, fatto da mettere in relazione con variazioni nel chimismo rispetto al comune tipo cuprifero-antimonifero. Per una maggiore conferma anche per questa tetraedrite è stata fatta un'analisi diffrattometrica. I valori ottenuti sono riportati nella tabella seguente:

2θ	$\sin^2\theta$	$K \times (h^2 + k^2 + l^2)$	hkl	a_0 (Å)	d (Å)	I
17, 0	0,02185	$0,00546 \times 4$	(200)	10,39	5,15	0,5
20, 8	0,03259	$0,00543 \times 6$	(211)	10,39	4,01	2
24, 1	0,04358	$0,00544 \times 8$	(220)	10,39	3,65	1,5
26, 9	0,05410	$0,00541 \times 10$	(310)	10,39	3,29	1
29, 7	0,06568	$0,00547 \times 12$	(222)	10,39	2,98	9
32, 1	0,07644	$0,00546 \times 14$	(321)	10,39	2,76	2
34, 3	0,08695	$0,00543 \times 16$	(400)	10,39	2,64	3
36,47	0,09781	$0,00543 \times 18$	(330)	10,39	2,45	1,5
38, 5	0,10870	$0,00543 \times 20$	(420)	10,39	2,33	0,5
40,55	0,11951	$0,00543 \times 22$	(332)	10,39	2,20	0,5
42, 3	0,13018	$0,00542 \times 24$	(422)	10,39	2,13	0,5
44,16	0,14124	$0,00543 \times 26$	(431)	10,39	2,04	0,5
47, 6	0,16285	$0,00542 \times 30$	(521)	10,39	1,90	1,5
49,25	0,17362	$0,00542 \times 32$	(440)	10,39	1,84	5
50, 8	0,18399	$0,00541 \times 34$	(530)	10,39	1,78	0,5
54, 0	0,20611	$0,00542 \times 38$	(532)	10,39	1,69	1

N.B. — Analisi effettuata con Diffrattometro con Contatore Geiger « Philips »; radiaz. Cu K_{α} $\lambda = 1,5418$; 30 kV, 20 mA; veloc. rotaz. del goniometro $\frac{1}{2}$ grado/min.

Il risultato di maggiore rilievo è la determinazione della costante della cella elementare $a = 10,39$ Å, in realtà alto per una comune tetraedrite cuprifera (che oscilla attorno ai 10,28 Å), e che invece secondo Machatschki (11) indica già nella struttura la presenza di Ag come vicariante del Cu. Nello stesso lavoro (11) viene infatti riportata una misura della costante della cella per una tetraedrite ricca in Ag di Freiberg-Erzgebirge, misura appunto che sale a 10,39 Å. La conclusione

che la tetraedrite della Bellagarda sia argentifera concorda in ogni caso con le osservazioni microscopiche sopra riportate.

Un altro aspetto importante della tetraedrite è dato dal fatto che l'oro nativo in pratica è presente sotto forma di « inclusi » solo dentro a questo solfosale. In realtà, analogamente a quanto è stato osservato per la mineralizzazione della Cuccagna, l'oro non costituisce inclusi veri e propri bensì, — evidentemente legato ad una venuta tardiva — si presenta depositato in piccole diaclasi del solfosale. Nel complesso i tenori in metallo nobile, desunti da una stima sulla base delle sezioni lucide studiate, si mantengono inferiori a quelli notati alla Cuccagna. La presenza di oro nativo come « incluso » in tetraedrite pure argentifera è stata constatata dall'A. anche nel non lontano giacimento de « La Promise » presso La Thuille (4).

Associati a tetraedrite sono stati pure osservati *jamesonite* in piccoli, rari cristallini aciculari e granuli, molto rari, di *galena*. E' stata inoltre osservata *covellina*, di trasformazione su tetraedrite e *idrossidi di Fe*, spesso di alterazione diretta della siderite (v. fig. 4, Tav. III).

Esili filoncelli tardivi di *calcite* bianca spatica chiudono il processo mineralizzante di questo giacimento.

Altre manifestazioni metallifere.

Oltre ai giacimenti sopra descritti esistono nell'ambito del massiccio del Gran Paradiso altre manifestazioni metallifere, distribuite sia nei gneiss occhiadini che nei paragneiss « di Pessinetto »: si tratta però di mineralizzazioni che, anche se possono essere state oggetto di salutare coltivazione in passato, ben difficilmente devono aver avuto una consistenza mineraria degna di rilievo.

Tra queste mineralizzazioni, sulla base di vecchie notizie storiche, sono da annoverare le ricerche della VALLEILE (Cogne), di NEL (Chiappili, alta Valle dell'Orco) e del TRIONE (Groscavallo, Val Grande di Lanzo), (v. cartina allegata).

Nella VALLEILLE, secondo vecchi documenti erano in attività ancora nell'Alto Medioevo alcune miniere di argento: all'A. non è stato possibile individuare la zona dei lavori minerari, tuttavia in località « Terre de l'Eglise » è stata osservata qualche piccola discarica con

tracce di minerale, prevalentemente galena e marcasite in ganga quarzosa: lo stato di alterazione del materiale non ha purtroppo permesso di eseguire preparati microscopici. Fenoglio e Sanero (6) accennando a queste mineralizzazioni, le descrivono come « filoni-strato » dentro ai « gneiss minuti », senza dare ulteriori notizie sull'associazione mineralogica. Pare si tratti di manifestazioni analoghe forse a quelle qui sopra descritte del Rio del Rancio nella contigua alta Val Campiglia. Si nota qui per inciso che, secondo documenti storici riportati da Squarzina (17), da queste mineralizzazioni veniva estratta galena-argentera: pare che con l'argento ricavato siano stati fatti i reliquiari di S. Grato, attualmente esistenti nel tesoro della Cattedrale di Aosta.

Nella zona dell'ALPE DI NEL, sotto le morene del ghiacciaio omonimo (versante NNE della catena di confine delle Levanne), sono note ai vecchi abitanti di Ceresole antiche ricerche per rame. Da qualche campione raccolto, non in posto — non avendo potuto individuare la posizione dei vecchi lavori minerari — trattasi di *tetraedrite* in ganga di *siderite*. Come tipo di mineralizzazione e come strutture pare trattasi di manifestazioni analoghe a quelle della vicina Bellagarda, situata poco più a est. La roccia incassante è un comune gneiss occhiadino.

All'ALPE TRIONE infine, a sud di Groscavallo, si coltivavano filoni di modesta entità, pure a solfosali di rame in ganga sideritica, discordanti rispetto ad una facies di gneiss petrograficamente simile a quella dell'alta Valle dell'Orco. Lo studio dello scarso materiale che si è potuto raccogliere ha portato ai seguenti risultati: il minerale metallico prevalente è *tetraedrite* che forma piccole masserelle dentro alla matrice sideritica. E' pure presente *pirite*, rara, e *covellina*. Pare siano presenti nell'associazione mineralogica anche ossidi primari di Fe, tipo ematite (6), ma lo stato assai alterato del materiale disponibile non ne ha permesso una più precisa determinazione.

Conclusioni paragenetiche e giacimentologiche.

Prima di tracciare un quadro giacimentologico complessivo delle mineralizzazioni studiate risulta opportuno riassumere le associazioni paragenetiche osservate. La composizione mineralogica dei giacimenti passati in rassegna, desunta da analisi integrative su un centinaio di sezioni lucide, risulta la seguente:

TABELLA 1

	1 Rio del Rancio	2 Cuccagna	3 Bellagarda	6 Nel	5 Trione
Valleriite	1	—	—	—	—
calcopirite	1	1	—	—	—
pirrotina	1	—	—	—	—
pirite	3	2	2	—	2
arsenopirite	2	2	—	—	—
tetraedrite	4 (1)	3 (2)	3 (3)	2	3
calcostibina	2	—	—	—	—
jamesonite	4	3	1	—	—
bournonite	—	2	—	—	—
galena	1	3	1	—	—
blenda	2	1	—	—	—
oro nativo	—	1	1	—	—
covellina	1	1	1	—	2
calcosina	1	1	—	—	—
marcasite	1	—	—	—	—
idrossidi di Fe	1	2	2	3	3
quarzo	3	2	2	—	—
siderite	—	4	4	4	4
calcite	1	—	2	—	—

1 = 1%; 2 = 1-5%; 3 = 5-20%; 4 = 20%.

Per le mineralizzazioni della Valleile non è stato possibile effettuare un dettagliato studio microscopico data la scarsità e il notevole stato di alterazione del materiale a disposizione.

Dalla tabella 1 si possono innanzitutto dedurre le seguenti conclusioni: i giacimenti dell'alta Val Locana, in particolare quelli della Cuccagna (n. 2) e della Bellagarda (n. 3), presentano tra di loro una stretta analogia oltre che come forma dei rispettivi corpi minerari, anche come composizione mineralogica e come strutture di aggregato: caratteristica comune è la presenza di solfosali di Cu e di Ag, sotto

(1) Si tratta di una tetraedrite mercurifera e argentifera.

(2) Oltre al tipo comune cuprifero è presente la varietà argentifera.

(3) Presente esclusivamente come varietà argentifera.

forma di tetraedriti, di oro nativo e di jamesonite; i minerali di ganga sono praticamente gli stessi e cioè il quarzo di deposizione iniziale seguito da abbondante carbonato di ferro; per quest'ultimo le due analisi chimiche eseguite hanno portato ad una composizione quasi identica, cioè quella di una sideroplesite poco manganesifera, come risulta dalla allegata

TABELLA 2

	Cuccagna	Bellagarda
Fe CO ₃	82,5	87,0
Mg CO ₃	14,9	11,3
Mn CO ₃	2,6	1,7.

Per quanto riguarda gli altri due giacimenti di Nel (n. 6) e dell'Alpe Trione (n. 5), quantunque gli elementi in possesso siano forzatamente limitati, si è ritrovato come minerale metallico prevalente la tetraedrite e come ganga ancora siderite; analoga è la forma delle mineralizzazioni, che anche qui si presentano come filoni discordanti.

Il giacimento del Rio del Rancio (n. 1) apparentemente non si lascia direttamente confrontare con le altre mineralizzazioni sia come associazione mineralogica sia come forma del corpo minerario. In questo giacimento è presente, contrariamente agli altri, una fase di deposizione ben distinta dal resto della mineralizzazione che, benchè poco rappresentata, fa ritenere che l'inizio del ciclo metallizzante sia avvenuto in ambiente ancora di tipo mesotermale ⁽¹⁾. La ganga sideritica che abbonda in tutti gli altri, al Rio del Rancio manca ed è sostituita da quarzo. La stessa forma a filoni-strato della mineralizzazione si discorda dal tipo filoniano discordante comune agli altri giacimenti del massiccio: in dettaglio però si è visto che la forma « concordante » anche qui è da ricondursi ad un fenomeno epigenetico e cioè è dovuta ad un particolare meccanismo di formazione del giacimento, col quale le soluzioni mineralizzanti, salite lungo fratture subverticali, hanno dato luogo ad una deposizione del minerale apparentemente concordante lungo gli « orizzonti » grafitosi del complesso dei paragneiss.

A parte queste divergenze risulta comune a tutti i giacimenti stu-

(¹) Ciò pare dimostrato dalla presenza di valleriite in calcopirite e pirrotina.

diati una prevalente deposizione di bassa termalità data da solfosali di Cu e Pb, accompagnati talora da oro nativo, che costituiscono la parte più importante del ciclo metalizzante. In generale cioè tutte le manifestazioni metallifere del massiccio sono caratterizzate da una deposizione francamente *epitermale* con carattere forse in parte *subvulcanico* sottolineato da: superficialità delle mineralizzazioni, rapido impoverimento verso il basso nello spazio di un centinaio di metri, marcato *telescoping* con deposizioni ricorrenti, presenza di tetraedrite argentifera e mercurifera e di jamesonite oltre che di oro deposto con carattere tardivo.

Huttenlocher a pag. 108 del suo già citato lavoro (9) accennando assai succintamente ai nostri giacimenti, li considera come facenti parte della provincia metallogenica aurifera dell'Ossola-Monte Rosa-Sesia. Sulla base dei risultati della presente ricerca tale ipotesi non sembra per varie ragioni sufficientemente dimostrata, al contrario, tra le mineralizzazioni del Gran Paradiso e quelle del Monte Rosa si notano delle sostanziali differenze. Dallo stesso studio dell'Huttenlocher e da osservazioni inedite dell'A. su una serie di sezioni lucide della miniera di Pestarena appare che le mineralizzazioni del distretto aurifero del Monte Rosa e zone adiacenti consistono in filoni discordanti nei quali, assieme a pirite, arsenopirite e ai solfuri di Zn, Cu e Pb si incontrano, talvolta in quantità rilevante, minerali di bismuto come bismutinite, emplectite e Bi-nativo e di argento come pirargirite. Anche qui l'oro nativo appartiene ad una venuta tardiva e si ritrova depositato dentro a piccole diaclasi e microfrazture in pirite e arsenopirite. La ganga è data sempre da quarzo mentre nei nostri giacimenti si è visto che la matrice dei filoni è data in grande prevalenza da siderite. Nei filoni pure quarzo-auriferi di Gondo, valle del Sempione, furono recentemente osservati da Grünenfelder (8) accanto ad oro nativo tellururi di Au come hessite e nagyagite e come minerale argentifero schapbachite.

Un confronto più diretto dei nostri giacimenti sembra possibile con altre manifestazioni dell'arco alpino occidentale, in particolare sia con alcuni filoni a solfuri in ganga di siderite del massiccio « esterno » della Belledonne (per es. Le Champet nella bassa valle dell'Arc), sia con altri giacimenti della non lontana Serie del Gran S. Bernardo, per esempio con i filoni pure a siderite del Col Flassin nella valle del Gran S. Bernardo o con la mineralizzazione in ganga quarzosa della Promise, La Thuille nella valle del Piccolo S. Bernardo. Anche in questi giacimenti

non è rara la presenza di oro nativo, come recentemente è stato osservato dall'A. (4) nel caso de « La Promise ».

Carattere comune tra i giacimenti del Gran Paradiso e quelli del distretto aurifero del Monte Rosa è invece l'età della mineralizzazione che è senz'altro da far rientrare nelle ultime fasi del corrugamento alpino. Condizionate dalla tettonica tardo-alpina sono infatti le fratture subverticali, con direzione prevalente N-S, che controllarono la formazione dei filoni discordanti e degli stockwerk della parte centrale e meridionale del massiccio: il ciclo mineralizzante si inserisce come lasso di tempo tra l'età di queste fratture e quella degli ultimi movimenti di assestamento come è dimostrato per esempio dalle notate brecciazioni delle salbande e di parte dei filoni stessi della Bellagarda.

Circa la provenienza delle soluzioni mineralizzanti non si hanno argomenti per un loro diretto collegamento con cicli magmatici di cui le nostre mineralizzazioni ne rappresenterebbero le fasi tardivo-epitermali. E' piuttosto da pensare che, sotto la profonda azione mobilizzatrice del ciclo orogenetico alpino, si abbia avuto la salita di soluzioni di una certa termalità, le quali per un fenomeno di « secrezione laterale » avrebbero convogliato e trasportato verso l'alto il contenuto in elementi metallici del massiccio cristallino concentrandolo e deponendolo infine lungo fratture più o meno prossime alla superficie.

Tübingen, Istituto di Mineralogia dell'Università, novembre 1960.

BIBLIOGRAFIA

- (1) V. BARELLI, *Cenni di statistica mineralogica degli Stati di S. M. il Re di Sardegna*. Torino 1835.
- (2) A. BIANCHI e GB. DAL PIAZ, *La Memoria geologico-petrografica di E. Michel sul massiccio del Gran Paradiso e regioni limitrofe*. Rend. S.M.I. XV, 1959.
- (3) H. BORCHERT, *Ueber Entmischungen im System Cu-Fe-S und ihre Bedeutung als geologisches Thermometer*. Chemie d. Erde, 9, 1934.
- (4) G. CEVALES, *Erzmikroskopische Untersuchungen der Erze aus « La Promise », La Thuille (Aostatal), Italien*. Neues Jahrb. Miner. Abh. 93, 1959.
- (5) A. EDWARDS, *Textures of the ore minerals*. Melbourne, 1954.
- (6) M. FENOGLIO e E. SANERO, *I giacimenti metalliferi del massiccio del Gran Paradiso*. La Ricerca Scientifica, 12, n. 12, 1941.
- (7) F. GROUT, *Microscopic characters of vein carbonates*. Econ. Geol. 41, 1946.
- (8) M. GRÜNENFELDER, *Erzmikroskopische Beobachtungen an den Goldquarzgängen von Gondo (Simplon, Wallis) und Alpe Formazzolo (Val Calneggia, Tessin)*. Beitr. Geol. Schweiz. Geotechn. Serie, kleinere Mittl. nr. 18, 1957.

- (9) H. HUTTENLOCHER, *Die Erzlagerstättenzonen der Westalpen*. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Serie, kleinere Mittl. nr. 4, 1934.
- (10) S. LOUPEKINE, *Graphical derivation of reflektive Index E for the trigonal Carbonates*. Am. Miner. 22, 1947.
- (11) F. MACHATSCKI, *Präzisionsmessungen der Gitterkonstante verschiedener Fehlerze. Formel und Struktur derselben*. Zeitschr. Kristal. 68, 1928.
- (12) R. MICHEL, *Les Schistes cristallins des Massifs du Grand Paradis et de Sesia-Lanzo (Alpes Franco-Italiennes)*. Science de la Terre, I, nr. 3-4, 1953.
- (13) V. NOVARESE, *Il giacimento antimonifero di Campiglia Soana nel Circondario di Ivrea*. Boll. Reale Comit. Geol. Italia, XXXIII, 1902.
- (14) H. QUIRING, *Antimon*, nella Collezione: Die Metallischen Rohstoffe, fondata da P. Krusch., vol. 7. 1945.
- (15) P. RAMDOHR, *Die Erzminerale und ihre Verwachsungen*. Berlin 1955.
- (16) G. SCHWARTZ, *The host Minerals of native Gold*. Econ. Geol. 34, 1944.
- (17) F. SQUARZINA, *Notizie sull'industria mineraria del Piemonte*. L'Industria Mineraria, 1960.
- (18) C. VITERBO, *La composizione chimico-petrografica di alcune rocce tipiche del Gran Paradiso*. Rend. S.M.I. XV, 1959.
- (19) A. WINCHELL, *Elements of optical Mineralogy*, II^a parte, London 1951.

TAVOLA I

Fig. 1. — Miniera « La Reale », Rio del Rancio.

Calcostibina (in granuli idiomorfi, quasi bianca) contro Tetraedrite
(a destra della fig. grigio-chiaro). Grigio scuro è il quarzo.
185 ×.

Fig. 2. — Miniera « La Reale », Ria Del Rancio.

Cristallo di Calcostibina, con carattere idioblastico, includente minerali di
ganga tipo anfiboli. Si noti la perfetta sfaldatura basale sec (001). Le
diaclassi e microfratture oblique o subverticali sono dovute a sollecitazioni
tettoniche.

185 ×.

Fig. 3. — Miniera « La Reale », Rio Del Rancio.

Plaga allotriomorfa di blenda (grigio) dentro a quarzo (granuli idomorfo
a sezioni esagonali alla periferia). Si notino nella blenda le inclusioni orien-
tate di jamesonite (granuli aciculari bianchi).

140 ×.

Fig. 4. — Miniera « La Reale », Rio Del Rancio.

Lo stesso preparato a Nicols +. Si possono così osservare i riflessi interni
chiari della blenda e la regolare disposizione secondo il tetraedro dei cri-
stallini aciculari di jamesonite.

140 ×.

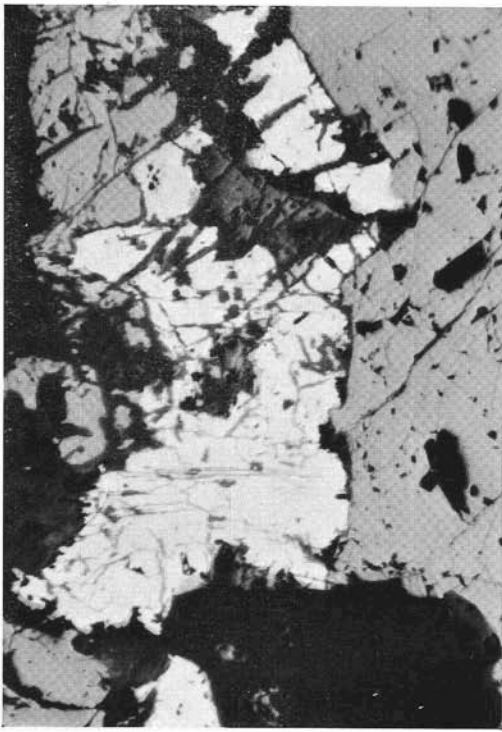


Fig. 1

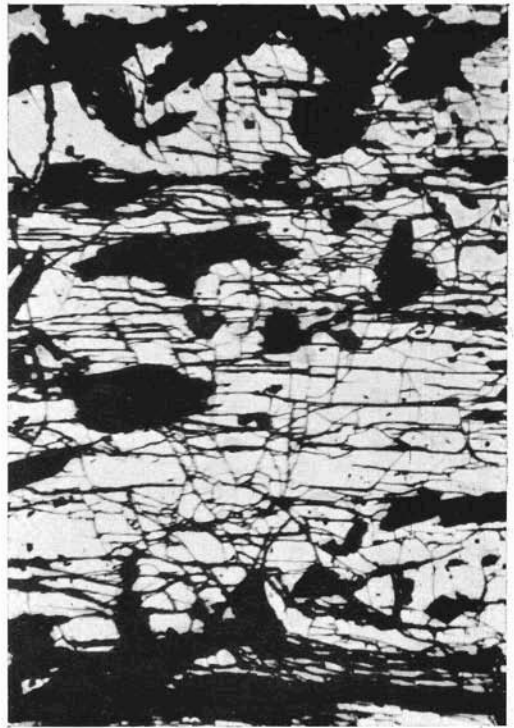


Fig. 2

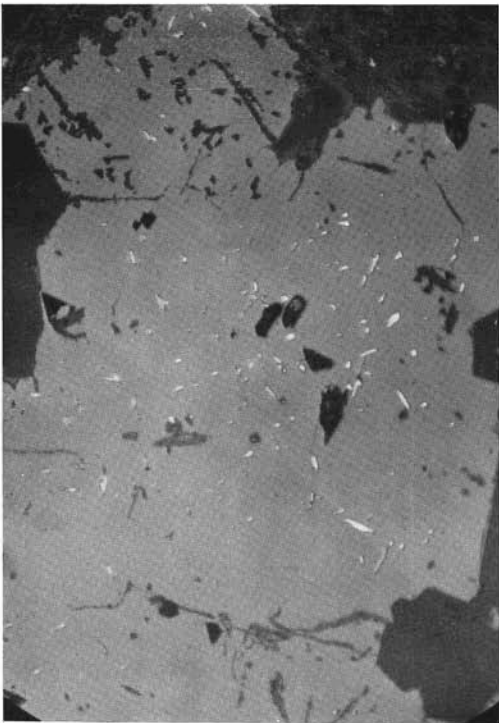


Fig. 3



Fig. 4

TAVOLA II

Fig. 1 — Monte Cuccagna, Val Loana.

Cristalli prismatico-aeiculari di jamesonite (grigio-chiaro) orientati secondo il romboedro della siderite (massa di fondo scura).

185 \times .

Fig. 2. — Monte Cuccagna, Val Loana.

Jamesonite (cristallini aeiculari grigio-chiaro) in pirite (bianco) e in siderite (massa di fondo nera). La pirite, posteriore, sostituisce il carbonato mentre ingloba la jamesonite che rimane con la orientazione originaria (v. fig. precedente).

185 \times .

Fig. 3. — Monte Cuccagna, Val Loana.

Cristallini di arsenopirite (grigio-chiaro) cataclastici e cementati in parte da galena (grigio) e da oro nativo (bianco brillante, al centro della figura).

Le plaghe interstiziali scure sono date da siderite.

300 \times . Immersione.

Fig. 4. — Monte Cuccagna, Val Loana.

Cristalli idiomorfi di quarzo (neri) dentro a jamesonite (si noti il marcato pleocroismo di riflessione). A sinistra della figura si noti un granulo rotondeggiante di oro nativo (bianco puro), il quale, salendo lungo il contatto quarzo-jamesonite, si è depositato nel solfosale sostituendolo.

240 \times . Immersione.

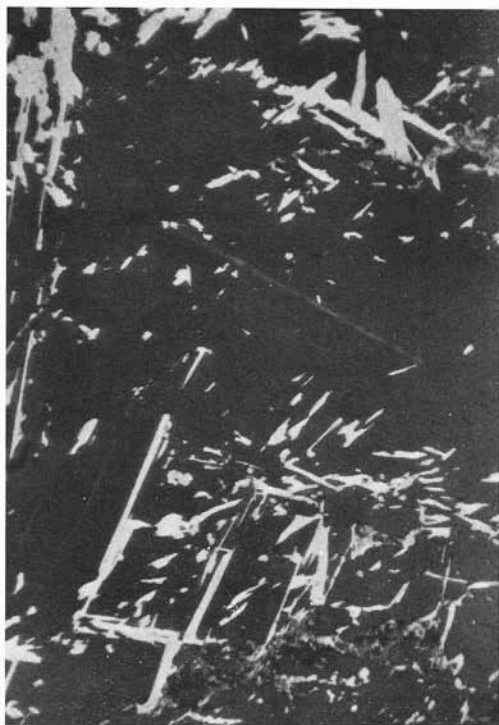


Fig. 1

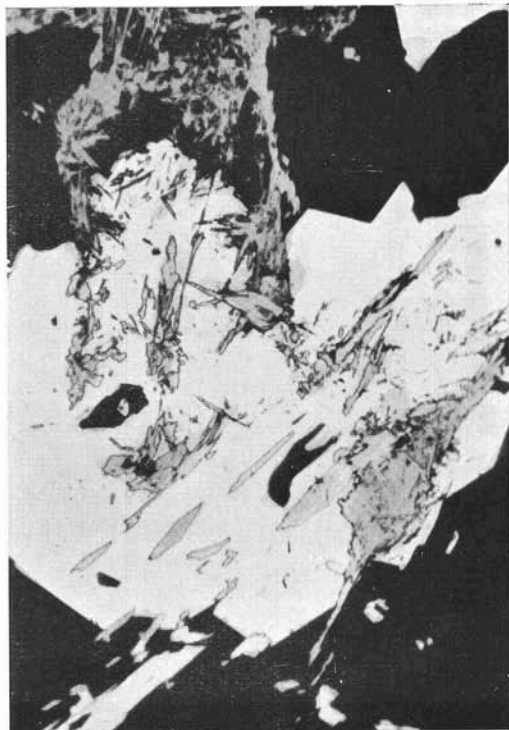


Fig. 2

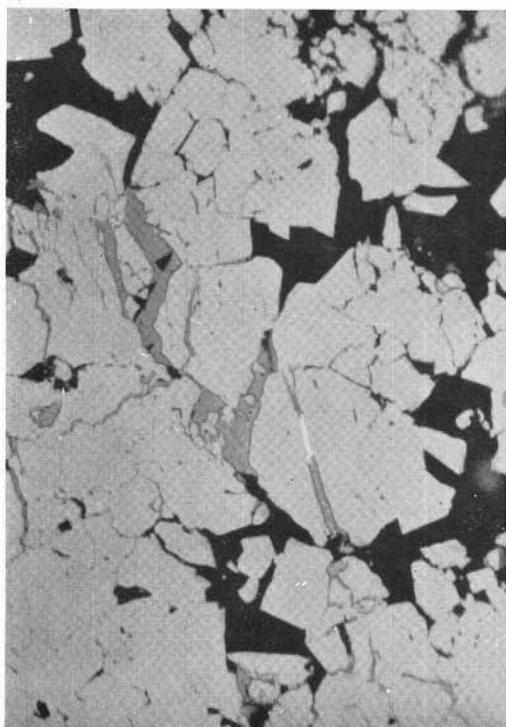


Fig. 3

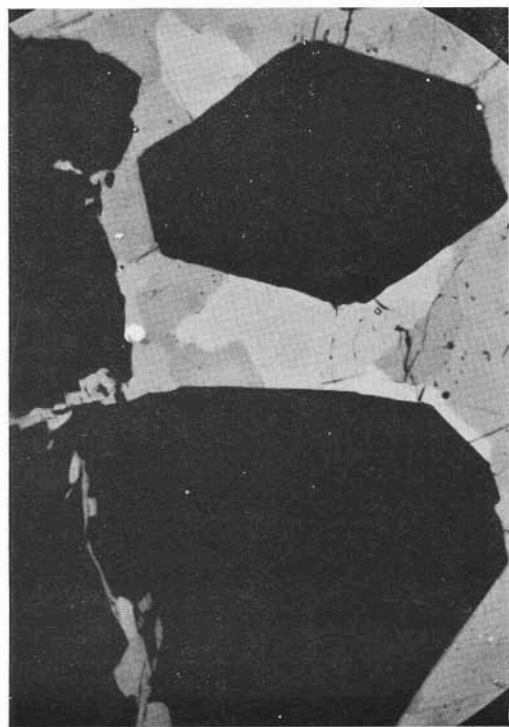


Fig. 4

TAVOLA III

Fig. 1 — Monte Cuccagna, Val Locana.

Oro nativo (granulo bianco-puro al centro della figura) dentro a galena (grigio-chiaro) e a bournonite (a destra della figura, leggermente più scura della galena). A sinistra grosso granulo idiomorfo di pirite.
300 ×. Immersione.

Fig. 2. — Monte Cuccagna, Val Locana.

Galena (massa di fondo bianca) con inclusi di bournonite e freibergite (qui difficilmente distinguibili l'uno dall'altro: la bournonite è leggermente più chiara). In alto tetraedrite comune eupriferica (grigio).
300 ×. Immersione.

Fig. 3. — Bellagarda, Val Locana.

Cristalli idiomorfi di quarzo (quasi nero) ampiamente sostituiti da carbonato (leggermente più chiaro del quarzo) e da tetraedrite (massa di fondo grigio-chiaro). Il solfosale, tardivo, sostituisce anche il carbonato.
140 ×.

Fig. 4. — Bellagarda, Val Locana.

Tetraedrite (a destra grigio-chiaro) sostituisce siderite. Nel carbonato sono presenti alcuni cristallini di pirite (quasi bianca) in parte fratturati e cementati da tetraedrite. Si noti nel carbonato l'alterazione in idrossidi di Fe lungo i piani di sfaldatura.
150 ×.

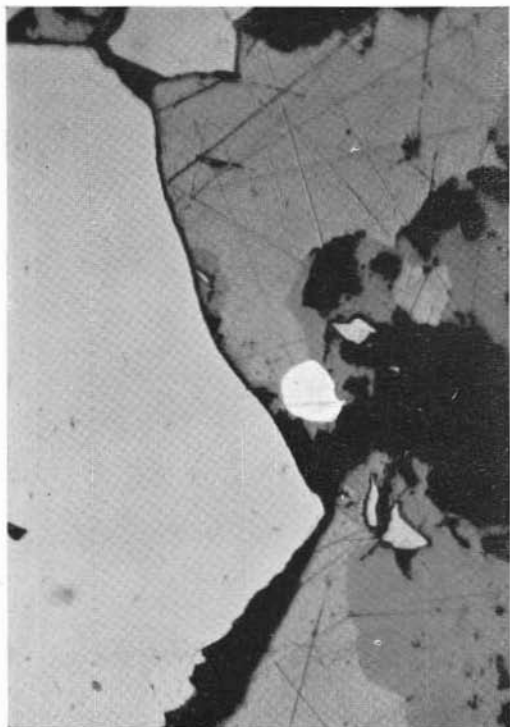


Fig. 1

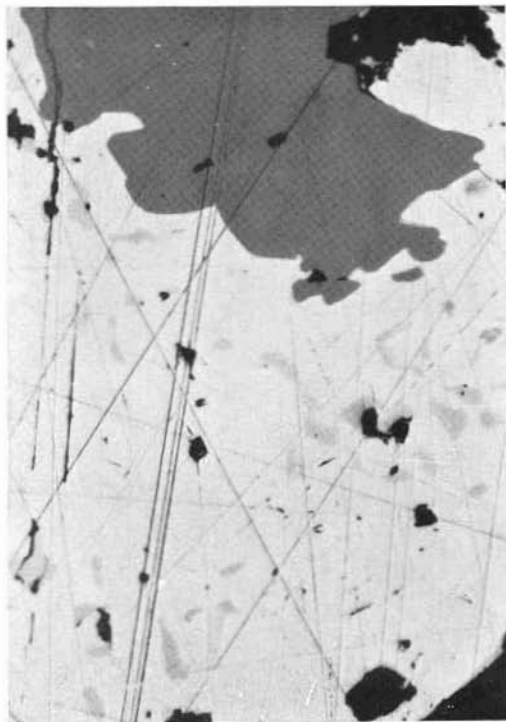


Fig. 2

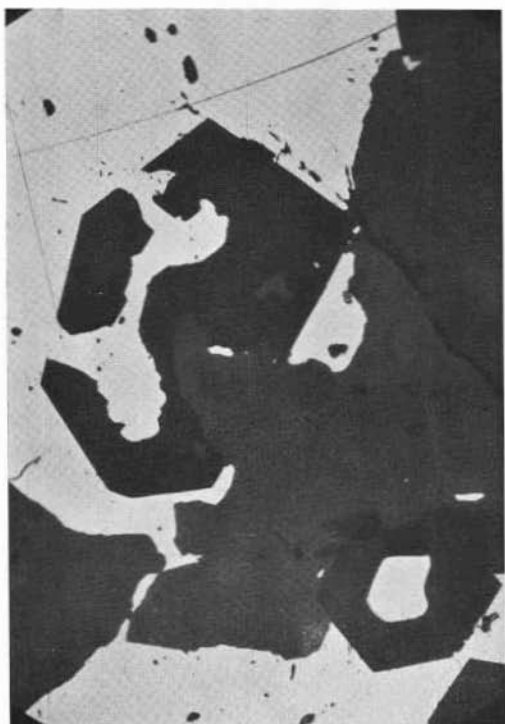


Fig. 3

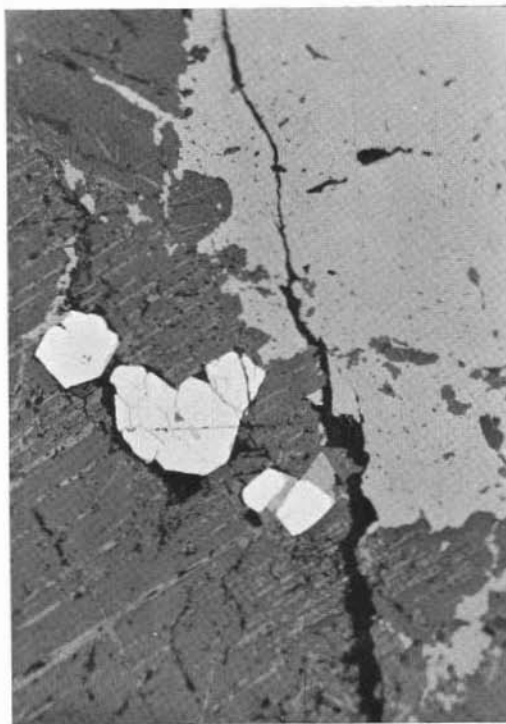


Fig. 4

