

---

ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI  
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI

# RENDICONTI

---

STEFANO ZUCCHETTI

## Presenza e distribuzione di un ferro-nichel nativo del tipo della josephinite nel giacimento asbestifero di Balangero

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 43 (1967), n.3-4, p. 233-241.*

Accademia Nazionale dei Lincei

<[http://www.bdim.eu/item?id=RLINA\\_1967\\_8\\_43\\_3-4\\_233\\_0](http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1967_8_43_3-4_233_0)>

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

---

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma  
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)  
SIMAI & UMI*

<http://www.bdim.eu/>



**Giacimenti minerari.** — *Presenza e distribuzione di un ferro-nichel nativo del tipo della josephinite nel giacimento asbestifero di Balangero.*  
Nota (\*) di STEFANO ZUCCHETTI (\*\*), presentata dal Corrisp. A. CAVINATO.

SUMMARY. — Native nickel-iron of the josephinite type occurs in the Balangero asbestos serpentinite deposit. Its chemical analysis was performed: the composition is not far from  $\text{FeNi}_3$ . By means of a detailed prospection the distribution of nickel-iron in the deposit has been examined: this material is disseminated in tiny plates both in the asbestos mineralized rock and in the serpentinite free from asbestos content, and it is associated with nickel sulphides (pentlandite, bravoite, heazlewoodite). Its genesis is referred to an epithermal stage. This evidence has a practical interest in connection with the research which is being carried out regarding the nickel recovery possibilities.

#### PREMESSA.

Il ferro-nichel nativo terrestre è noto in poche località: prevalentemente entro a formazioni detritiche e subordinatamente in rocce in posto.

Riconosciuto per la prima volta nelle sabbie del Gorge River, presso Awarua Bay nella Nuova Zelanda [27], è stato successivamente segnalato in altre alluvioni, soprattutto fluviali: così, ad esempio, in ordine di tempo, nel torrente Elvo, in Piemonte [26]; nel Trail Creek Canyon della Josephine County, nell'Oregon [11]; lungo il Fraser River, nel Lilloet distr. [32] ed a Wheaton Creek, nel Cassior distr. [25], entrambi nella Columbia Britannica; a South Fork nella Del Norte County, in California [5]; nell'Hoole Canyon lungo il Pelly River, nello Yukon [6]; nel fiume Bobrovka presso Niznij Tagil, negli Urali [29, 31]; lungo la costa nord-occidentale della Corsica, presso il Capo Corso [1].

I ritrovamenti di ferro-nichel in posto, tutti entro a serpentiniti, sono stati invece, finora, soltanto i seguenti: a Selva di Poschiavo, in Svizzera [21, 22, 23]; a Gullitzen presso Friesach, in Carinzia [10, 25]; nel massiccio di Canari [1] ed a Monte Maggiore ed Olmetta [20], in Corsica; presso Asbestos e Thetford, nel Quebec [13]. Il reperto in posto entro la serpentinite asbestifera di Balangero è dunque particolarmente interessante, sia perché rappresenta la sesta segnalazione in senso assoluto ed una novità per il nostro paese, sia, in particolare, perché costituisce un contributo alla migliore conoscenza dei minerali nicheliferi del luogo.

Le analisi chimiche effettuate da vari Autori su alcuni ferro-nichel nativi delle diverse località citate hanno permesso di stabilire, per essi, rapporti atomici Ni/Fe compresi all'incirca fra 2 e 3,5; i vari nomi coi quali essi

(\*) Pervenuta all'Accademia il 19 ottobre 1967.

(\*\*) Istituto di Geologia e Giacimenti Minerari del Politecnico di Torino.

vengono indicati (awaruite, josephinite, bobrovkite, ecc.) derivano da quelli dei principali luoghi di ritrovamento: in particolare, si assegna correntemente il nome di awaruite ai termini che, come quello della Nuova Zelanda, hanno composizione prossima ad  $\text{FeNi}_2$ , di josephinite a quelli che, come il ferro-nichel dell'Oregon, hanno invece composizione prossima ad  $\text{FeNi}_3$  e di bobrovkite a quelli per i quali, come nel caso del ferro-nichel degli Urali, il rapporto atomico Ni/Fe è prossimo a 2,5.

Nel corso di recenti ricerche [14] sulle possibilità di ricupero del nichel dalla serpentinite asbestifera di Balangero <sup>(1)</sup>, esaminando alcuni concentrati ottenuti – per il ricupero di una parte della magnetite presente nella roccia – nella sezione di arricchimento magnetico situata in coda al locale impianto di estrazione della fibra, si è individuato un minerale ferromagnetico che, in base a determinazioni microscopiche e roentgenografiche, si è potuto con sicurezza riferire ad un ferro-nichel nativo.

Da tale reperto è derivata l'opportunità di ricercare il minerale nel giacimento e soprattutto di studiare la sua distribuzione in esso, per precisarne eventuali regole di giacitura, ad esempio una sua regolare diffusione oppure una concentrazione in corpi preferenzialmente mineralizzati a nichel, nonché per tentare di indicarne il processo genetico.

È quanto ho effettuato, innanzitutto con una dettagliata prospezione del giacimento di serpentinite asbestifera attualmente in coltivazione, estendendo quindi le ricerche anche ad una vasta area circostante – a serpentiniti poco o punto mineralizzate a fibra – e ad un'altra area vicina – a lherzoliti solo parzialmente o punto serpentinitiche.

Nello studio minero-petrografico, condotto sui materiali dell'abbondante campionatura raccolta, ho posto particolare attenzione all'individuazione di altri eventuali minerali nicheliferi, specie in considerazione del fatto che – pur se su aree piuttosto limitate e marginali del giacimento e soltanto in una particolare facies serpentinitica – avevo già recentemente riscontrato la presenza di solfuri nicheliferi (pentlandite, bravoite) [19].

Inoltre, mediante un'analisi chimica quantitativa, è stata precisata l'esatta composizione del ferro-nichel nativo, che è risultata molto prossima ad  $\text{FeNi}_3$ , cioè a quella della josephinite dell'Oregon: l'analisi ed i relativi risultati verranno dettagliatamente illustrati in seguito.

Nel chiudere questa premessa desidero esprimere i più vivi ringraziamenti alla Presidenza dell'Amiantifera di Balangero s.p.a., che ha autorizzato la pubblicazione di questo studio, nonché all'ing. E. Angellotti, direttore della miniera, per la cordiale ospitalità ed il prezioso appoggio sempre riservatimi.

(1) Ricerche tuttora in corso di svolgimento presso la Sezione VI del Gruppo Nazionale per i Problemi Minerari del C.N.R. (Istituto di Arte Mineraria del Politecnico di Torino), alle quali ha collaborato lo scrivente.

## NOTIZIE GENERALI SUL GIACIMENTO.

Il giacimento asbestifero di Balangero, sito a circa 25 km a NNW di Torino allo sbocco della Valle di Lanzo, è di gran lunga il più cospicuo dell'Europa occidentale per dimensioni, produzione ed impianti: vi si abbattano annualmente circa 2,5 milioni di tonnellate di roccia dalle quali si recuperano circa 70.000 t di fibra. Il tenore medio globale di Ni nella roccia è stato valutato [9] intorno a 0,17-0,18%: per cui si può stimare in oltre 3.000 t la quantità di nichel perduta annualmente negli sterili.

Il giacimento è localizzato nella porzione di nord-ovest di un massiccio serpentinitico, affiorante per parecchi chilometri quadrati al margine occidentale della pianura padana.

Il massiccio è incluso entro a gneiss minuti della zona Sesia-Lanzo, dei quali alcune potenti bancate vi si inseriscono planimetricamente allungate da WSW ad ENE.

La serpentinite con la facies normale - largamente messa in evidenza dagli scavi a giorno della miniera - si presenta ovunque fresca e di regola macroscopicamente omogenea, con tessitura isotropa criptocristallina.

All'esame microscopico risulta costituita essenzialmente da un fitto aggregato di minute lamelle di antigorite a struttura feltrata, cui sono associati numerosi minerali accessori, specie litoidi, quali: serpentino di tipo meta-xitico in sottili nastri; crisotilo in minutissime fibre; olivina in individui anche di alcuni millimetri, con caratteristica microstruttura a maglie; pirosseni a tipo sia di diallagio che di enstatite, parzialmente serpentinnizzati; anfibolo del tipo tremolite-attinoto, in piccoli cristalli aciculari; ed inoltre magnetite, spinello riferibile a picotite, ilmenite parzialmente trasformata in leucoxeno, titanolivina. Aggiungiamo ora il ferro-nichel nativo e gli altri minerali nicheliferi reperiti, di cui si dirà dettagliatamente in seguito.

Alcuni altri minerali, inoltre, non sono distribuiti con uniformità nella serpentinite: così, ad esempio, la gran parte del crisotilo asbestoide industrialmente recuperato, che ricorre in corpi mineralizzati a forma di lenti allungate o di fasce fra loro subparallele e con variabile tenore di fibra; i carbonati (calcite e dolomite essenzialmente) che in esili venule riempiono qua e là minute leptoclasti della roccia [18]; lo xilotilo ed alcuni solfuri di ferro e rame fra loro associati, che sono stati individuati con una certa abbondanza in zone piuttosto ristrette e marginali del giacimento [19].

## IL FERRO-NICHEL NATIVO: DISTRIBUZIONE, PARAGENESI, COMPOSIZIONE.

La ricerca del ferro-nichel nativo in posto è stata compiuta dapprima sulla serpentinite mineralizzata ad asbesto. Inizialmente, a titolo orientativo, si è campionata, lungo uno dei gradoni di coltivazione del giacimento, una zona di roccia particolarmente ricca in fibra: il successivo studio in laboratorio dei materiali ha portato a risultati interessanti e già particolarmente

significativi, in quanto il ferro-nichel è stato riscontrato in tutti i campioni raccolti (una ventina).

La prospezione è stata quindi estesa a tutto il giacimento, campionando sistematicamente le serpentiniti più o meno mineralizzate ad asbesto lungo i vari gradoni, con l'avvertenza, ovviamente, di prelevare i materiali in posto sulle fronti subverticali dei gradoni stessi e non già sui ripiani, dove nell'abbattuto sono mescolati pezzi provenienti anche da gradoni soprastanti.

Come già rilevato nel predetto studio a carattere orientativo, il ferro-nichel - anche se in individui di varie dimensioni ed in proporzioni diverse da zona a zona - è risultato presente praticamente in tutti gli esemplari (circa duecento) di questa massiva campionatura generale (2).

Esso è disseminato nella roccia, in minuti individui - di dimensioni massime sul millimetro, frequenti fra 0,05 e 0,3 mm - aventi forma appiattita, di lamine sottili, a contorni quasi sempre molto irregolari, tortuosi e sfrangiati, molto raramente invece con abito idiomorfo. Non si sono mai osservate distribuzioni di granuli secondo orientazioni preferenziali o comunque regolate.

Lo studio microscopico effettuato su numerose decine di sezioni lucide, integrato da osservazioni in luce trasmessa, ha inoltre permesso di rilevare, sul ferro-nichel, innanzitutto alcune sue proprietà fisiche caratteristiche e cioè: isotropia, colore di riflesso bianco, assenza di riflessi interni, durezza media (di poco inferiore a quella della pentlandite e decisamente inferiore a quella della magnetite), potere riflettente in aria, al microfotometro, compreso fra il 58 ed il 60%, per le varie lunghezze d'onda selezionate dagli usuali filtri; oltre ad alcuni attacchi chimici diagnostici coi più tipici reagenti (rapido annerimento ed effervescenza con  $\text{HNO}_3$ , rapido annerimento con  $\text{FeCl}_3$ , negativo con  $\text{HCl}$ ,  $\text{KCN}$ ,  $\text{KOH}$ ). Studi precedenti [14], effettuati su concentrati ottenuti nella sezione di arricchimento magnetico dell'impianto di Balangero, avevano di già consentito di constatare la spiccata duttilità del minerale, il suo elevato peso specifico (superiore a quello della magnetite), nonché il suo ferromagnetismo (la suscettività risulta di poco inferiore a quella della magnetite).

Le lamine di ferro-nichel si trovano qua e là isolate nella serpentinite (Tav. I, fig. 2), incluse sia nell'aggregato di lamelle antigoritiche, sia talora in minute fratture dell'olivina e dei pirosseni o nei nastri di serpentino costituenti il tipico reticolato a maglie negli individui di olivina od anche, meno spesso, fra le fibre di crisotilo. Ma ben sovente esse, anziché sole, sono intimamente

(2) È interessante notare come il ferro-nichel, non visibile ad occhio e neppure con l'ausilio di una lente sulle superfici irregolari dei campioni, sia invece macroscopicamente ben evidente e facilmente riconoscibile su una superficie anche solo approssimativamente piana - quale si può ottenere tagliando la roccia con normale sega a disco - dove appare in forma di più o meno minuti granuletti metallici con forte splendore e, là dove essi siano frequenti e di dimensioni molto piccole, quasi con l'aspetto di una polvere argentea (Tav. I, fig. 1).

associate a piccoli granuli o incluse in plaghette di pentlandite (minerale anch'esso, al pari del ferro-nichel, disseminato con una certa uniformità nella roccia), talora parzialmente trasformata in bravoite; oppure, meno spesso, sono addossate o incluse in più grandi plaghe di magnetite (Tav. II, fig. 1). Piuttosto raramente si è invece osservata l'associazione con la pirrotina (Tav. II, fig. 2), la quale, come già precisato, è concentrata soltanto in alcune zone ristrette e marginali del giacimento.

Segnalo inoltre che, in alcune delle sezioni lucide studiate, ho osservato, talora con una certa frequenza, un minerale metallifero che, per l'insieme delle proprietà rilevate, ritengo di poter riferire alla *hezlewoodite* ( $\text{Ni}_3\text{S}_2$ ) [16, 17, 23, 24, 33]. Essa ricorre disseminata nella serpentinite in granuletti di dimensioni massime di alcuni decimi di millimetro, soli o, meno spesso, associati a magnetite o pentlandite. I caratteri determinati, che consentono tale assunzione, sono: colore giallo crema pallido (meno carico della pentlandite, ma ben distinguibile dal ferro-nichel, che è bianco), elevato potere riflettente (un po' inferiore a quello del ferro-nichel, ma superiore a quello della pentlandite), deboli fenomeni di pleocroismo di riflessione e di biriflettenza, distinta anisotropia (a nicols incrociati) con colori nelle tonalità del rosa-violetto e del verde-bluastrò, durezza prossima a quella della pentlandite.

Indagini specifiche sul ferro-nichel di Balangero sono già state in precedenza condotte [14] per via strumentale, sia diffrattometrica che roentgenspettrografica, operando con apparecchiatura XRD-5 della General Electric su granuli separati da concentrati magnetici ottenuti nell'impianto della miniera. I rispettivi diagrammi hanno confermato la natura del minerale, l'uno mettendo in evidenza - con buona approssimazione per quanto concerne la corrispondenza delle distanze interplanari e delle intensità - i cinque picchi caratteristici del ferro-nichel riportati in [2], l'altro consentendo di rilevare che il minerale esaminato è costituito, nell'ordine d'abbondanza, da nichel e ferro, con subordinato cobalto.

Il rapporto Fe/Ni è però variabile nei diversi ferro-nichel: al fine quindi di conoscere la composizione di quello in oggetto (per sapere se riferirlo al tipo dell'awaruite o a quello della bobrovkite oppure a quello della josephinite), se ne è eseguita l'analisi chimica quantitativa.

L'operazione di preparazione del materiale da analizzare è stata particolarmente delicata e laboriosa. Si è partiti dal preconcentrato ottenuto - mediante separatore ad umido a magnete permanente, a tamburo cilindrico - nella sezione di arricchimento magnetico di Balangero, la quale viene alimentata con una parte della frazione minore di 2 mm delle sabbie di scarto della separazione della fibra d'asbesto. Dalla frazione 2-0,5 mm di questo pre-concentrato si è ottenuto, in laboratorio, un prodotto notevolmente arricchito in ferro-nichel, per comminuzione differenziale seguita da staccatura sopra rete a maglie da 0,1 mm, previo frazionamento su tavola analitica « Superpanner ».

Dal prodotto così arricchito si è separato manualmente, mediante cernita al binoculare, il materiale da analizzare. Giova subito precisare che, nonostante l'accuratezza dell'operazione, è stato materialmente impossibile liberare le laminette di ferro-nichel cernite da una quota dei minutissimi granuli di magnetite e delle fibrille di crisotilo che vi aderivano; per cui il campione analizzato non è risultato così puro come si sarebbe desiderato.

I risultati dell'analisi chimica sono i seguenti:

$\text{SiO}_2 = 2,54\%$  ;  $\text{MgO} = 2,60$  ;  $\text{Fe} = 29,67$  ;  $\text{Ni} = 58,89$  ;  $\text{Co} = 1,55$  ;  
totale =  $95,25\%$ .

Si può verisimilmente ritenere, in prima approssimazione, che silice e magnesia siano imputabili al crisotilo presente, che il ferro lo sia in parte al ferro-nichel ed in parte alla magnetite e che il deficit a 100 sia dovuto in parte all'acqua ed agli elementi minori del crisotilo ed in parte all'ossigeno della magnetite.

Sulla scorta di tali ipotesi, si è risaliti alla parte del deficit a 100 da imputarsi al crisotilo ( $0,90\%$ ) e, conseguentemente, a quella relativa all'ossigeno della magnetite ( $3,85\%$ ); si è poi ricavata la percentuale di questo minerale e quella del ferro dovuto al ferro-nichel; per cui, in definitiva, la composizione mineralogica del materiale analizzato può essere così riassunta:

crisotilo =  $6,04\%$  ; magnetite =  $13,90$  ; ferro-nichel =  $80,06$  (di cui  $19,62$  di ferro).

Il ferro-nichel di Balangero ha dunque la composizione  $\text{Fe}(\text{Ni},\text{Co})_{2,95}$ , molto prossima a quella della *josephinite* dell'Oregon [25]. Il rapporto Ni/Co è uguale circa a 38.

#### CONSIDERAZIONI GENETICHE.

La ricerca del ferro-nichel è stata estesa - per utili confronti con quanto rilevato nella serpentinite asbestifera coltivata - anche a facies povere o sterili di fibra, nonché a lherzoliti solo parzialmente o punto serpentinitiche: le une sono state campionate ad est ed a sud-est del giacimento, verso Monte San Vittore ed ancora oltre, per parecchie centinaia di metri, fino alla zona dei Monti Rolei e Giovetto; le altre, invece, alcuni chilometri ad ovest del giacimento stesso, nella bassa Valle di Lanzo.

I principali risultati di questo ulteriore studio si possono così compendiarne. Il ferro-nichel è presente sia nelle serpentiniti povere di fibra, sia in quelle che ne sono totalmente prive ed è stato rinvenuto praticamente in tutti i numerosi campioni esaminati, distribuito irregolarmente nella roccia in minute laminette, sole od associate a magnetite ed ai già citati solfuri nicheliferi (pentlandite, bravoite, heazlewoodite): non si sono, in definitiva, riscontrate differenze sostanziali rispetto a quanto osservato nelle serpentiniti ricche in asbesto, tranne una variazione nelle dimensioni e nell'abbondanza degli individui stessi di ferro-nichel, che sono mediamente più piccoli e meno frequenti nelle facies non asbestifere.

Nelle lherzoliti esaminate, invece, il ferro-nichel è assente, così come lo sono altri minerali metalliferi del nichel, ad eccezione di minutissimi individui – osservati soltanto in alcune delle sezioni lucide studiate, disseminati irregolarmente nella roccia – che ritengo di poter riferire alla pentlandite, anche se, a causa delle dimensioni molto piccole, non ho potuto determinare con assoluta certezza.

In conclusione, l'insieme delle osservazioni effettuate mi pare sia significativo anche per meglio chiarire la genesi del ferro-nichel, finora controversa. L'ipotesi, ad esempio, formulata da Nickel [13] – di una deposizione diretta del minerale nella serpentinite, contemporaneamente alla serpentinnizzazione di originarie peridotiti ed esclusivamente mediante utilizzazione di una parte del nichel contenuto, come elemento vicariante del magnesio, nei silicati primari e mobilizzato nel processo metamorfico – non può essere accettata per il ferro-nichel in oggetto. Infatti questo, sia nelle serpentiniti sterili che in quelle più o meno asbestifere, è spesso intimamente associato ai solfuri nicheliferi: mediante lo studio delle microstrutture, si è potuto osservare che esso si è formato, frequentemente, a spese della pentlandite (la quale ne viene contornata, sostituita e talora inclusa in forma di veri e propri relitti) ed anche, pur se raramente, in sostituzione della pirrotina. Si deve quindi ammettere che almeno una parte del ferro-nichel sia derivata per trasformazione di solfuri.

D'altronde, relazioni di interdipendenza fra ferro-nichel nativo e solfuri nicheliferi nelle serpentiniti già sono state riscontrate da Ramdohr [25], De Quervain [22, 23], Avias e Caillère [1] e Picot [20]. Ramdohr, inoltre, in base allo studio della josephinite dell'Oregon (masse botrioidali, aggregati muschiformi, deposizione ritmica con rame nativo, rapporti coi litoidi, ecc.) ha potuto escludere che la formazione del minerale sia avvenuta ad elevata temperatura, tanto meno quale prodotto di segregazione magmatica, come ipotizzato in passato.

Quanto da me osservato sul ferro-nichel di Balangero bene si accorda con tali risultanze. Le sue relazioni sia coi minerali metalliferi che con quelli litoidi testimoniano di una sua deposizione tardiva rispetto alla formazione della serpentinite. Tale deposizione si potrebbe ascrivere ad una fenomenologia non già di ambiente supergenico, ma piuttosto di tipo epitermale, quale fase postuma del più vasto processo da cui si originarono le serpentiniti: ciò, inoltre, spiegherebbe meglio la presenza degli individui di ferro-nichel isolati (non associati ai solfuri), disseminati irregolarmente nella roccia.

#### CONCLUSIONI.

Lo studio effettuato sul giacimento di Balangero e sulle formazioni viciniori ha permesso di stabilire che il ferro-nichel nativo può essere considerato quale normale minerale accessorio delle locali serpentiniti, sia di quelle asbestifere che di quelle prive di fibra. Altrettanto si può dire della pentlandite che, fra i solfuri nicheliferi riscontrati, è la sola ad essere disseminata con

una certa uniformità in tutto il massiccio. Gli altri solfuri (bravoite, heazlewoodite) sono distribuiti in modo meno uniforme e, piuttosto, con carattere di occasionalità. La presenza di questi minerali nicheliferi è indipendente da quella del crisotilo asbestoide.

Aggiungo, a conferma di queste osservazioni e per una più ampia informazione, che indagini a carattere preliminare mi hanno di già consentito di reperire il ferro-nichel ed alcuni solfuri nicheliferi in altre numerose serpentiniti, anche asbestifere, di diverse località alpine (Valli Varaita, di Susa, di Lanzo, d'Aosta, Malenco): dello studio, che è in corso, riferirò in altra sede.

Non va taciuto, infine, l'interesse pratico di quanto riferito in questo lavoro. È noto, infatti, che il problema del recupero del nichel dalla serpentinite di Balangero, già affrontato durante l'ultimo conflitto [9], ha incontrato notevoli difficoltà anche per le insufficienti nozioni sulla natura dei minerali nicheliferi.

Il reperto del ferro-nichel e dei solfuri nicheliferi e la precisazione della loro distribuzione nel giacimento costituiscono quindi non soltanto un contributo alla migliore conoscenza dei minerali nicheliferi del luogo e della giacimentologia del nichel in generale, ma anche una utile indicazione per l'indirizzo delle ricerche - attualmente in svolgimento e di cui è cenno nella premessa - intese a separare economicamente almeno una parte del cospicuo quantitativo di nichel presente, pur se in bassi tenori, nel giacimento stesso.

#### BIBLIOGRAFIA.

- [1] AVIAS J. e CAILLERE S., «C. R. Ac. Sci.», 248, 118 (1959).
- [2] BERRY L. G. e THOMPSON R. M., «Geol. Soc. Amer. Mem.», 85 (1962).
- [3] BRANDENBERGER E., «Schweiz. Min. Petr. Mitt.», 19, 285 (1939).
- [4] CONTI S., «La Ric. Sci.», 12, 448 (1941).
- [5] JAMIESON G. S., «Zeitschr. Krist. Min.», 41, 157 (1906).
- [6] JOHNSTON R. A. A., «Summ. Rep. Geol. Surv. Dept. Min. Canada», 256 (1910-11).
- [7] KRISHNA RAO J. R. S., «Chemie der Erde», 21, 398 (1962).
- [8] KUBASCHEWSKI O. K. e VON GOLDBECK O., «Trans. Faraday Soc.», 45, 948 (1949).
- [9] MARIOTTI E., *Studio per un metodo di estrazione del nichelio dalle serpentine*, «Soc. Cave S. Vittore, Lab. Ric.», Torino (1943).
- [10] MEIXNER H., «Festschr. z. 70 geburst. von Prof. F. Angel», 95 (1956).
- [11] MELVILLE W. H., «Amer. Journ. Sci.», 43, 509 (1892).
- [12] MORLEY R. E., «Pop. Astron.», 57, 93 (1949).
- [13] NICKEL E. H., «Can Mineral.», 6 (3), 307 (1959).
- [14] OCCELLA E., ZUCCHETTI S. e MARTINI E., «Boll. Ass. Min. Subalp.», 3, 347 (1966).
- [15] ORIANI R. A., «Acta Met.», 1, 488 (1953).
- [16] PAPEZIK S., «Amer. Mineral.», 40, 692 (1955).
- [17] PEACOCK M. A., «Univ. Toronto Studies, Geol. Series», 51, 59 (1947).
- [18] PERETTI L., «Atti Symp. Intern. Giac. Min. Alpi», Trento-Mendola (1966) (in corso di stampa).
- [19] PERETTI L. e ZUCCHETTI S., «Atti Symp. Intern. Giac. Min. Alpi», Trento-Mendola (1966) (in corso di stampa).
- [20] PICOT P., «Bull. Soc. Fr. Min. Crist.», 82, 329 (1959).
- [21] QUERVAIN DE F., «Schweiz. Min. Petr. Mitt.», 16, 404 (1936).

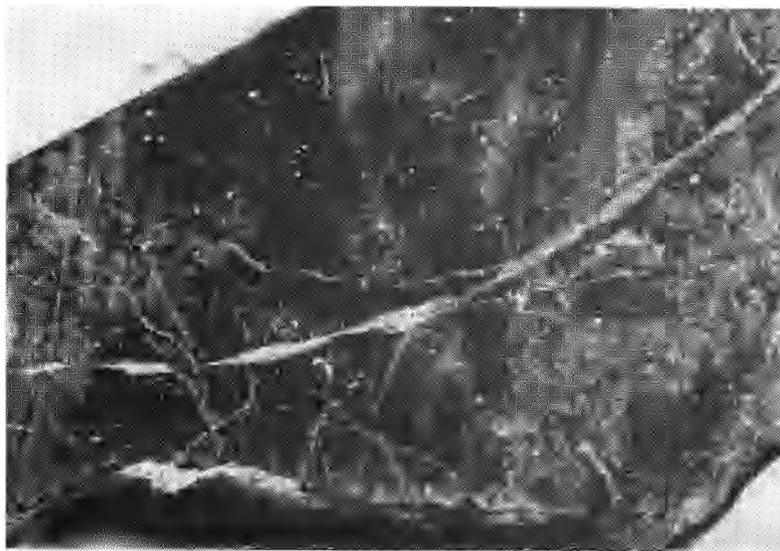


Fig. 1. – Serpentinite asbestifera mineralizzata a ferro-nichel. La vena bianca centrale e le altre più esili sono di crisotilo. I numerosi punti bianchi disseminati nella roccia sono, in prevalenza, laminette di ferro-nichel. Livello 762, grandezza doppia della naturale.

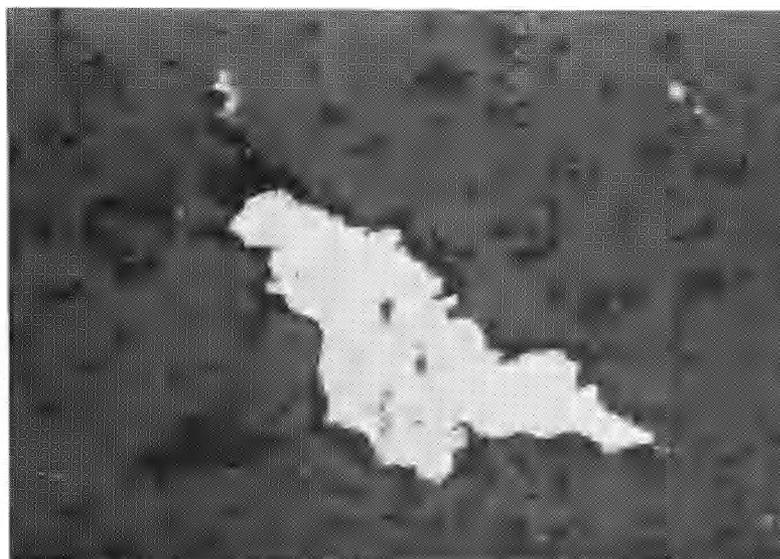


Fig. 2. – Microfotografia di sezione lucida. Tipica laminetta di ferro-nichel, a contorno tortuoso, nella serpentinite asbestifera. Livello 713, ingr. 200 ×, solo polarizzatore.

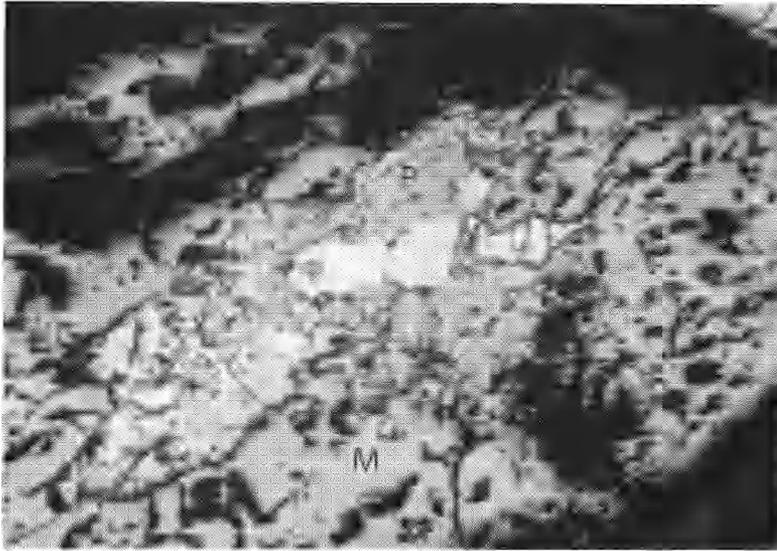


Fig. 1. – Microfotografia di sezione lucida. Associazione di ferro-nichel (tre laminette bianche, in centro) con pentlandite (P) e magnetite (M), nella serpentina asbestifera. Livello 774, ingr. 85 x, solo polarizzatore.

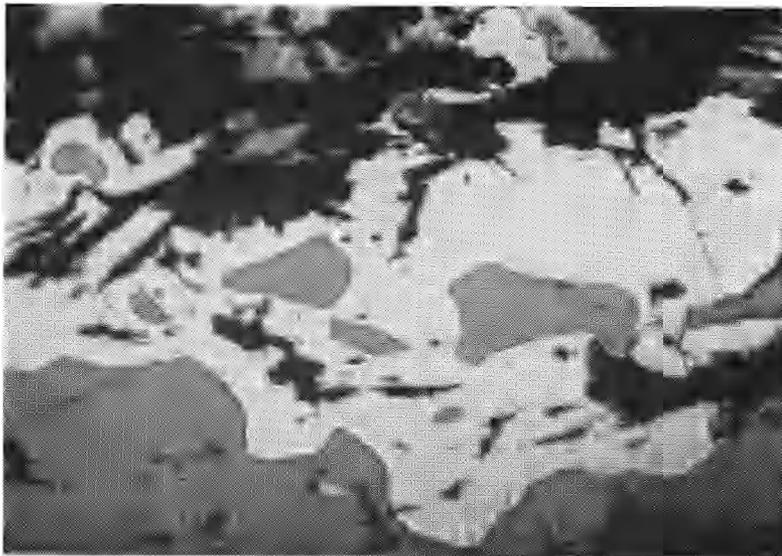


Fig. 2. – Microfotografia di sezione lucida. Mineralizzazione nella serpentina povera di asbesto. Il ferro-nichel (bianco) è associato a pirrotina (grigia), di cui include alcune plaghe residue. Livello 787, ingr. 200 x, solo polarizzatore.

- [22] QUERVAIN DE F., «Schweiz. Min. Petr. Mitt.», 25, 305 (1945).
- [23] QUERVAIN DE F., «Schweiz. Min. Petr. Mitt.», 43, 295 (1963).
- [24] RAMDOHR P., «Sitzungsber. Deutsch. Akad. Wiss. Berlin. Math. Naturw. Klasse», Jahrg. 1949, VI (1950).
- [25] RAMDOHR P., «Mineral. Mag.», 29, 374 (1950-52).
- [26] SELLA A., «Compt. Rend. Ac. Sci.», 112, 171 (1891).
- [27] SKEY W., «New Zealand Inst. Trans.», 18, 401 (1885).
- [28] SPENCER R., «Mineral. Mag.», 19, 336 (1922).
- [29] STRAGIOTTI L., «La Ric. Sci.», 24, 355 (1954).
- [30] VOGT J. H. L., «Econ. Geol.», 18, 307 (1923).
- [31] VYSSOTZKY N. K., «Mem. Com. Geol. St. Petersb.», 62, 667 (1913).
- [32] WAIT F. G., «Amer. Journ. Sci.», 19, 319 (1905).
- [33] WILLIAMS K. L., «Amer. Mineral.», 45, 450 (1960).