

FRANCESCO VITTORE

CENNI GEOLOGICI SUL M. BESIMAUDA E SULLA MINERALIZZAZIONE URANIFERA DI RIO FREDDO (PEVERAGNO)

SOMMARIO — Questo lavoro puntualizza lo stadio attuale delle ricerche riferite alle mineralizzazioni uranifere nell'ambito dell'inventario generale delle risorse minerarie relative alla zona del M.te Besimaudda.

La mineralizzazione è compresa in una formazione permiana di scisti porfirici che, stratigraficamente, fa parte del fianco Nord di una grande piega anticlinale, radicata a ventaglio, con asse grosso modo Est-Ovest e piano assiale subverticale. La particolare struttura a ventaglio determina una inversione simmetrica della serie dei terreni su entrambi i fianchi della piega.

La serie dei terreni, più o meno intensamente metamorfosati per le azioni dinamiche conseguenti all'orogenesi alpina, è rappresentata dai seguenti termini:

Pre-Permiano: rocce scistose sericitiche, bianco argentee, con intercalazione di quarzo nerastro in lenti.

Permiano: i terreni appartenenti a questo livello rappresentano la parte preponderante di tutta la zona e sono costituiti da tre tipi litologici principali: 1) porfidi quarziferi, massicci o poco laminati, in grosse bancate, di colore verdastro, a struttura tipicamente porfirica; 2) porfidi intensamente laminati e porfroidi («besimauditi» degli antichi Autori), a struttura decisamente scistosa, di colore verde giallastro o verde scuro; 3) scisti porfirici, intensamente laminati, derivanti da metamorfismo di materiale tufaceo piroclastico; hanno tessitura a grana molto fine e struttura marcatamente scistosa; sono sede della mineralizzazione uranifera a pechblenda e solfuri misti, spesso associata a intercalazioni di lenti e filoncelli di quarzo.

Permo-Trias: quarziti biancastre, o verdastre per spalmature cloritiche, con intercalazioni di calcari marmorei e calcescisti.

Trias: costituito principalmente da due tipi litologici rappresentati da: 1) scisti variegati a sericite e clorite, del Trias inferiore; 2) calcari e calcari dolomitici, più o meno regolarmente stratificati, fossiliferi, di colore grigiastro, riferibili al Trias medio.

I vari lavori di ricerca nella zona mineralizzata del M. Besimaudda hanno messo in evidenza due parti ben distinte del giacimento: il giacimento «primario» a pechblenda e solfuri metallici, attribuito in parte ad una mineralizzazione di tipo «filoniano» ed in parte (forse preponderante) ad una mineralizzazione per «impregnazione»; è quello in profondità ed è il più interessante sia per l'ampiezza che per la quantità di minerale utile. Le intense azioni tettonico-metamorfiche dovute all'orogenesi alpina hanno rimangiato e quasi completamente distrutto le originarie tessiture, per cui attualmente la mineralizzazione assume un aspetto «lenticolare» e discontinuo, ossia in lenti più o meno appiattite, staccate le une dalle altre e disposte secondo più piani. In queste lenti la pechblenda risulta il minerale utile quantitativamente prevalente.

Il giacimento «secondario» a fosfati di Uranio è assai meno importante del precedente perché interessa al massimo i primi 40 m di profondità. Non è altro che il risultato dell'ossidazione e dell'idratazione del giacimento primario da parte di soluzioni circolanti, con conseguente trasporto e rideposizione di minerali di nuova formazione, tra i quali prevalgono l'autunite e la torbernite.

I lavori di ricerca nella zona di Peveragno.

Gli studi geologici conosciuti sulle mineralizzazioni uranifere del Cuneese (e del M. Besimauda in particolare), sono quelli promossi dal Comitato Nazionale per le Ricerche Nucleari (oggi CNEN) e dalla Soc. Somiren del gruppo ENI.

Questi lavori risalgono alla prima metà degli anni '50 e, in una fase successiva, alla prima metà degli anni '60.

Nei primi anni '70, con delibera del CIPE, l'ENI ha avuto l'incarico di eseguire un inventario delle risorse uranifere su tutto il territorio nazionale. I lavori di ricerca, inseriti nel quadro ben più vasto di un inventario generale di tutte le risorse minerarie in Italia, sono stati demandati alla Soc. AGIP ed hanno preso l'avvio nel 1974 con particolare riferimento alle aree centrali e meridionali della penisola.

Nel 1977 iniziarono le ricerche su tutto l'arco alpino.

Da poco meno di due anni, infatti, l'AGIP è presente a Peveragno con un proprio ufficio ed alcuni tecnici specializzati (geologi e periti minerari), mentre da circa 6 mesi è stato installato un cantiere da parte della Soc. Cariboni per la esecuzione di una serie di sondaggi.

La fase di ricerca per quanto concerne le risorse uranifere si svolge secondo uno schema ben definito, generalmente articolato nel seguente modo:

1) *Rilievi spettrometrici mediante elicottero.*

Si tratta della fase preliminare della ricerca, generalizzata e a vasto raggio, che permette di localizzare rapidamente tutte le aree che presentano anomalie radiometriche.

Gli elicotteri impiegati per questo scopo sono attrezzati con apparecchiature sofisticate manovrate da personale specializzato.

Volando a bassa quota e mantenendo il più possibile costanti l'altezza dal suolo e la velocità, mediante uno spettrometro si registra la radioattività al suolo, con continuità lungo tutta la rotta.

La quota ottimale di volo (per esempio, in riferimento agli elicotteri che nell'estate del '76 hanno effettuato i rilevamenti alle pendici della Bisalta), è di 100 metri e tale è anche il raggio di azione delle apparecchiature. Pertanto, per ogni passata, viene rilevata una striscia di 200 metri di larghezza.

Una speciale apparecchiatura fotografica, sincronizzata con l'apparato scrivente dello spettrometro, scatta, ad intervalli, delle fotografie dell'area sorvolata in modo da permettere successivamente l'esatta localizzazione topografica dei diagrammi radiometrici.

Infine, speciali calcolatori provvedono alla elaborazione dei diagrammi tenendo conto della influenza esercitata sulle misure dalla radioattività naturale intrinseca di fondo, che ogni tipo di roccia possiede in varia entità (back-ground), e correggendo eventuali errori dovuti a effetto Compton o a variazione di quota o di velocità dell'apparecchio rilevatore o ad altre cause accidentali.

2) *Controllo radiometrico a terra.*

È effettuato da speciali squadre di prospettori con il compito di controllare e verificare, direttamente sul terreno, la consistenza delle anomalie evidenziate dall'elicottero, e soprattutto, la loro natura.

In effetti, come già accennato, poiché ogni tipo di roccia possiede un proprio particolare fondo radiometrico, non è infrequente che anomalie registrate dallo spettrometro siano imputabili non a presenza di materiale radioattivo, bensì al passaggio da un tipo litologico ad un altro.

Il prospettore a terra è in grado di distinguere la diversa natura delle anomalie segnalate e quindi, mentre localizza più in dettaglio quelle dovute a presenza di minerale, esclude quelle dovute ad altre cause.

3) *Rilevamento geologico.*

Al lavoro del prospettore fa seguito il lavoro del geologo a cui spetta la parola definitiva sulla vera natura e sul reale interesse minerario delle anomalie riscontrate.

Mediante un lavoro di «campagna», consistente nella raccolta di ulteriori

dati radiometrici sul terreno, nel prelevamento di campioni e nella stesura di un accurato rilevamento geologico di dettaglio, il geologo, tenendo in debita considerazione gli aspetti geologici e petrografici generali del complesso cui appartiene la zona radiometrica in esame, correlando eventualmente la situazione geologica rilevata con quella di altre zone mineralizzate note e che presentino analogie, verifica se esiste il vero e proprio «tema» geologico di interesse.

In caso positivo, cioè quando si sia accertata inequivocabilmente l'esistenza del «tema geologico», per la verifica in profondità dell'esistenza di un possibile interesse strettamente minerario, e quindi per quantizzare in termini numerici l'importanza dei giacimenti, è indispensabile passare alla fase dei sondaggi.

4) *Sondaggi geognostici.*

È questa la fase attualmente in esecuzione nella zona di Peveragno.

Normalmente tali operazioni sono affidate a ditte specializzate e consistono nella esecuzione di fori di vario diametro che si spingono, per ciascuna stazione di sondaggio, fino alle profondità che lo studio geologico avrà stabilito di raggiungere.

Nel caso specifico di Peveragno si stanno effettuando sondaggi con diametro da 60 a 76 mm che raggiungono profondità variabili da 200 a 300 m.

I sondaggi sono eseguiti con il sistema a rotazione e circolazione d'acqua con carotaggio continuo. Le aste di perforazione sono vuote all'interno e hanno quindi la possibilità di isolare, durante la loro discesa nel sottosuolo, un cilindro continuo di roccia, che viene estratto ad intervalli regolari.

Le carote così estratte svolgono un duplice compito.

Come prima cosa, poiché consentono una «lettura» diretta delle condizioni stratigrafico-litologiche in profondità, permettono al geologo, correlando fra di loro i vari sondaggi, di farsi un'idea veritiera della stratigrafia del sottosuolo e di verificare quindi l'esattezza delle ipotesi elaborate mediante il rilevamento in superficie. Come seconda cosa, poiché i medesimi campioni saranno oggetto di accurate analisi petrografiche e mineralogiche, permetteranno di localizzare con la più assoluta precisione in profondità, tutti quegli elementi di carattere petrografico, mineralogico e tettonico che sono parte integrante della ricerca.

Nella fase di sondaggio, qualora non interessasse il prelevamento di caro-

te, ma solo la esecuzione di misure radiometriche in profondità (che si effettuano con particolari rilevatori che vengono calati nel foro di sonda), possono essere previsti dei sondaggi a distruzione totale, i quali sono di più facile e rapida esecuzione.

In entrambi i casi, per motivi di sicurezza tendenti ad evitare interazioni tra falde acquifere o turbamenti di particolari equilibri nel sottosuolo, è previsto l'isolamento del foro dal mezzo circostante mediante speciali guaine ed eventualmente il successivo riempimento con calcestruzzo.

Per quanto riguarda la sicurezza e l'integrità nei confronti dell'ambiente, delle colture e soprattutto delle persone, l'AGIP esclude, per questa fase specifica dei lavori, qualsiasi pericolo di contaminazione per l'ambiente e per le persone.

Comunque, già da queste fasi di ricerca diretta, sono stati messi in atto tutti gli accorgimenti per avere un costante controllo delle condizioni ambientali sui cantieri e nelle zone circostanti.

Sono già state effettuate varie analisi sia delle acque provenienti dai sondaggi, sia delle acque superficiali a monte e a valle degli stessi, al fine di stabilire il non superamento dei livelli massimi di concentrazione radioattiva previsti dalla legge.

I risultati di queste analisi che verranno effettuate con continuità, saranno portati a conoscenza dell'Ufficiale Sanitario locale e saranno tenuti a disposizione di chiunque desideri documentarsi.

La situazione geologica nell'area di ricerca di Peveragno.

In base alle risultanze di numerosi studi eseguiti nella zona di Peveragno, la mineralizzazione uranifera del M. Besimauda rientra, come quadro generale, in quella vasta area delle Alpi Marittime — costituita da particolari rocce effusive acide più o meno metamorfosate (porfidi quarziferi, porfiroidi e scisti porfirici) — che si estende quasi ininterrotta da Savona fin oltre il confine Francese.

In particolare, la zona mineralizzata della Bisalta è compresa in una formazione Permiana di scisti porfirici che costituisce il medio versante settentrionale del monte e che si estende dal T. Colla fino al T. Pesio e di cui l'ideale linea di congiungimento: Castellar-Pradeboni rappresenta la linea mediana.

Questa fascia scistosa mineralizzata, stratigraficamente, fa parte del fianco Nord di una grande piega anticlinale di cui l'area compresa tra Bric Costa

Rossa e la vetta del Besimauda rappresenta il nucleo. Detta piega anticlinale (con asse grosso modo Est-Ovest e piano assiale subverticale) presenta una particolare struttura a ventaglio radicato che porta, su entrambi i fianchi della piega, ad una inversione simmetrica della serie dei terreni affioranti.

La serie stratigrafica.

Limitandoci a considerare, per brevità, solamente il versante Nord del M. Besimauda (ossia la parte di montagna visibile da Peveragno), la serie dei terreni — i quali, attualmente, presentano caratteristiche metamorfiche più o meno marcate e fratture e dislocazioni di vario genere imputabile alle intense azioni dinamiche dell'orogenesi alpina avvenuta nell'era Terziaria — si può schematizzare nel modo seguente:

PRE-PERMIANO. (anteriore a 280 milioni di anni).

A questo livello appartengono i terreni più antichi della serie. Sono costituiti da rocce scistose sericitiche, di colore bianco-argenteo, intercalate con lenti anche potenti di quarzo nerastro. Gli affioramenti sicuramente certi di tali terreni hanno una estensione assai limitata e si trovano lungo il T. Colla in prossimità di S. Giacomo di Boves.

PERMIANO. (da 280 a 230 milioni di anni).

I terreni di questo periodo geologico rappresentano la parte preponderante di tutta la zona e sono costituiti da tre tipi litologici principali che hanno una comune origine effusiva (colate laviche e strati di tufi e di materiale piroclastico), ma che attualmente si presentano con aspetto assai diverso a seconda della intensità del metamorfismo dinamico da essi subito per il già ricordato corrugamento della catena alpina. Per questo stesso motivo, ovviamente, i passaggi dall'uno all'altro tipo di roccia non sono netti e la gradualità del passaggio ne rende assai incerta la delimitazione. Questi tre tipi litologici sono: 1) i porfidi quarziferi, massicci o poco laminati, giacenti in grosse bancate, dal caratteristico colore verdastro, a struttura tipicamente porfirica in cui si riconoscono, ad occhio nudo, individui di quarzo e feldspato, di dimensioni intorno al cm., immersi disordinatamente in una pasta di fondo del tutto cristallina. Costituiscono la sommità del M. Besimauda. 2) i porfidi, intensamente laminati per azione di metamorfismo dinamico, e i porfiroidi («besimauditi» degli antichi Autori), nei quali il metamorfismo ha cancellato completamente la originaria struttura massiccia della roccia effusiva, trasformandola in una struttura decisamente scistosa; però,

proprio per questo loro aspetto marcatamente scistoso, e per il loro colore verde-giallastro o verde scuro, essi sono facilmente riconoscibili sul terreno. Costituiscono una larga fascia che attraversa, in senso Est-Ovest, il versante della montagna, con asse mediano a circa 1/3 dalla vetta.

3) gli scisti porfirici, intensamente laminati, che sono sede della mineralizzazione uranifera a pechblenda associata a solfuri misti ed a quarzo. Si tratta di rocce metamorfiche derivate, per il solito metamorfismo dinamico, da materiale tufaceo-piroclastico prodottosi nell'ultima fase vulcanica attiva che in precedenza aveva originato le colate laviche da cui sono poi derivati i tipi litologici, già visti, dei porfidi e dei porfroidi. L'aspetto macroscopico di queste rocce è abbastanza eterogeneo; mediamente, però, esse hanno un colore grigio-verdastro chiaro o verde-giallastro, una tessitura a grana molto fine, quarzoso-sericitica, e una struttura marcatamente scistosa; lungo i piani di scistosità possono essere presenti, frequentemente, delle patine nerastre, untuose, attribuibili a materiale organico. Sono pure frequenti le intercalazioni di lenti e filoncelli di quarzo, ai quali spesso è associata la mineralizzazione a pechblenda e solfuri. È interessante notare che il quarzo presente in queste rocce mineralizzate ha una caratteristica colorazione rossastra o rosso-violacea la quale, normalmente, è assente dove è assente anche il minerale di uranio, ed è stata osservata da molti ricercatori in molti altri giacimenti di uranio del mondo. Topograficamente, come già accennato, questa fascia mineralizzata corre al di sotto della fascia dei porfroidi, in senso Est-Ovest, con la sua parte mediana corrispondente all'allineamento Castellar-Pradeboni.

PERMO-TRIAS. (da 230 a 195 milioni di anni).

Sopra il complesso lavico-tufaceo del Permiano, ora visto, poggia una formazione tipica ed abbastanza frequente in tutte le Alpi Marittime: quella delle quarziti. Nell'area in esame, questa formazione quarzítica affiora con una potenza abbastanza costante (in media sui 150 m), anch'essa con direzione all'incirca Est-Ovest, e si sviluppa praticamente da poco sopra Mad. dei Boschi fino al contatto con gli scisti porfirici. Sono frequenti le intercalazioni di calcari marmorei e calcescisti. Il colore di queste quarziti è biancastro o grigio chiaro; a volte tende al verdastro per la presenza di spalmature cloritiche. L'aspetto è raramente massiccio; solitamente è fratturato e scistoso.

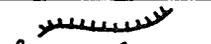
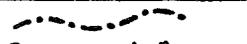
TRIAS. (da 220 a 195 milioni di anni).

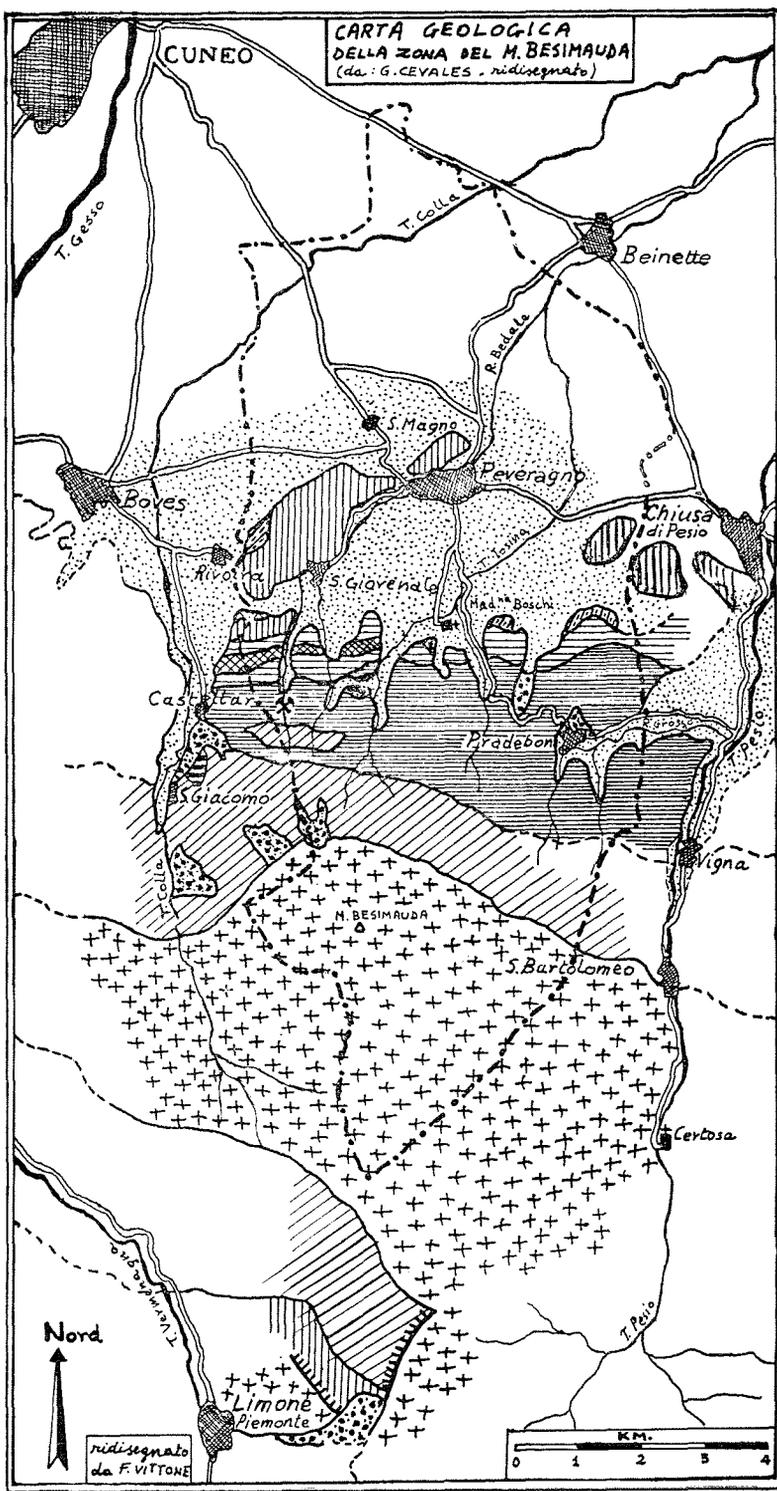
I terreni appartenenti a questo periodo geologico sono poco sviluppati nell'area che ci interessa. Costituiscono le parti più basse, topograficamente, del massiccio del M. Besimauda e più precisamente le colline di Moncalvino e di S. Giorgio. I tipi litologici presenti sono principalmente due: 1) gli

scisti variegati, a sericite e clorite, e le filladi carboniose, riferibili al Trias inferiore (gran parte della collina di Moncalvino e tutta la collina di S. Giorgio). 2) i calcari dolomitici, più o meno regolarmente stratificati, fossiliferi, di colore grigiastro, riferibili al Trias medio. Quest'ultimo tipo di roccia (che è abbastanza sviluppato più a Ovest e più a Sud del M. Besimaua, ossia nell'alta valle Pesio e nei monti di Limone), nella nostra zona, si riscontra in pochi e limitati affioramenti (Mad. dei Boschi e Rivoira) che, peraltro, vengono sfruttati come materiale da pietrisco.

QUATERNARIO. (da 1,8 milioni di anni all'epoca attuale).

All'era quaternaria va riferita la coltre di terreno alluvionale sulla quale

LEGENDA	
QUATER- NARIO	 Alluvioni antiche e recenti.
	 Detriti di falda.
medio	 Calcari e calcari dolomitici, stratificati.
TRIAS infer.	 Scisti variegati, a sericite e clorite; filladi- m)- calcari marmorei e calcescisti inseriti.
PERMO ÷ TRIAS	 Quarziti spesso rustose e verdastre per clorite- m)- calcari marmorei e calcescisti intercalati.
PERMIANO	 Tuffi porfirici potentemente laminati, mineraliz- zati a pechblenda, solfuri e quarzo.
	 Porfidi intensamente laminati e porfiroidi.
	 Porfidi quarziferi massicci o poco laminati.
PRE - PERMIANO	 Scisti sericitici talvolta con lenti quarrose.
 Linee di frattura e scorrimento.  Ricerca di Rio Freddo.  Confine del Comune di Peveragno.	



sorge il paese di Peveragno e che si spinge fino a S. Giovenale e fin sotto Mad. dei Boschi, insinuandosi, anche per lunghi tratti, nel fondo dei valloni che scendono dalla montagna. Si tratta, per intenderci, di tutta l'area adibita a coltivazione, costituita prevalentemente da materiale argilloso frammisto a ciottoli rocciosi di varie dimensioni; il tutto ricoperto dallo strato di terreno vegetale.

La zona mineralizzata.

Premesso che il problema della genesi e del significato geologico delle formazioni interessate dalle manifestazioni uranifere in tutto l'arco alpino occidentale è ancora piuttosto dibattuto ed incerto — come pure il problema dell'origine stessa dell'uranio in tali formazioni — e ciò anche per le complicazioni, imputabili al metamorfismo, che hanno certamente modificato in maniera profonda la distribuzione del minerale e le strutture originarie, in linea generale, si può ormai dire che la maggior parte delle manifestazioni uranifere delle Alpi Cozie e Marittime è connessa al complesso paleozoico e, solitamente, è ubicata nelle formazioni degli scisti sericitici, più o meno porfirici, in prossimità del loro contatto con le quarziti.

Per quanto riguarda la forma e la distribuzione delle mineralizzazioni, la maggioranza di esse è caratterizzata da concentrazioni a bande molto sottili ed irregolari, fino a puntiformi, localmente abbastanza ricche, ma estremamente disperse e discontinue nella massa scistosa incassante. Solo in pochi casi, tra i quali proprio quello di Rio Freddo, si può parlare di concentrazioni di tipo lenticolare con andamenti abbastanza regolari e costanti.

I lavori di ricerca nella valletta di Rio Freddo e i successivi lavori di coltivazione da parte della Soc. Montecatini (i quali durarono per circa 10 anni, con lo sviluppo in profondità di qualche centinaio di metri) hanno messo in evidenza due parti ben distinte del giacimento, dal punto di vista minerario e genetico: il giacimento *primario* a pechblenda e solfuri metallici (pirite, calcopirite, etc.) e il giacimento *secondario* a fosfati di uranio (autunite e, subordinatamente, torbernite).

Il giacimento *primario*, in cui l'associazione mineralogica caratteristica è data, in ordine di importanza, da pechblenda, pirite, calcopirite, tetraedrite, galena, calcosina, marcassite e sostanza carboniosa, è quello in profondità ed è il più interessante sia per la sua ampiezza che per la quantità di minerale di uranio utile in esso presente. L'interpretazione genetica più probabile è che esso sia, attualmente, il prodotto del metamorfismo dinamico che ha agito

su una sua originaria mineralizzazione dovuta a deposizione di minerale da parte di soluzioni idrotermali, di origine magmatica, che hanno potuto risalire dall'interno della crosta terrestre verso l'esterno, grazie alla porosità e alla filtrabilità del complesso lavico-tufaceo che dovevano attraversare. La deposizione dei minerali è avvenuta per il graduale abbassamento di temperatura e di pressione che subivano le soluzioni idrotermali durante la loro risalita; non si vuole escludere, però, una probabile azione catalizzatrice, specie per la deposizione del minerale uranifero, da parte delle sostanze organiche presenti nella roccia incassante e che tutt'ora, come si è già detto, sono frequentemente riscontrabili.

Questa mineralizzazione pare che possa attribuirsi, in parte, ad una mineralizzazione di tipo «filoniano», avvenuta, cioè, per filoni insinuatisi nei giunti di stratificazione della formazione attraversata; ed in parte, forse preponderante, per «impregnazione», da parte del veicolo idrotermale, della porosità dei materiali incassanti. Comunque sia, l'attuale distribuzione e disposizione della mineralizzazione nella roccia incassante è il risultato delle azioni tettonico-metamorfiche che hanno interessato, dove più e dove meno, tutti i terreni della zona, ma, in particolare, tutta la formazione mineralizzata. Le intense forze di pressione e di laminazione, seguite da scorrimenti lungo i piani di scistosità della roccia, hanno portato ad uno slittamento «sotto pressione» di uno strato contro l'altro, rimaneggiando e distruggendo quasi completamente le originarie tessiture. Per queste cause, la mineralizzazione assume ora un tipo «lenticolare», ossia è presente in ammassi a forma di lenti (alcune potenti anche 1 m.), più o meno appiattite, con l'asse maggiore secondo la pendenza degli scisti, staccate le une dalle altre e disposte secondo più piani. In queste lenti la pechblenda risulta il minerale utile quantitativamente prevalente.

Inoltre, devono essersi verificate delle vere e proprie azioni di trituramento col il risultato di uno sgretolamento e sminuzzamento del minerale e una sua conseguente diffusione della roccia incassante la quale in questo caso, presenta evidentemente tenori in metallo molto bassi.

Il riconoscimento macroscopico del minerale è abbastanza facile sia per il suo colore grigio-nerastro come pure per la colorazione, dai toni rossastri o rosso-violacei intensi, del quarzo della roccia incassante e del quarzo di ganga; colorazione che esiste solo in presenza di pechblenda. (A proposito di detta colorazione è interessante aprire una piccola parentesi. La spiegazione del fenomeno che, come si è già detto, è stato osservato in parecchi altri giacimenti di uranio del mondo, non è facile ed è ancora, per il momento, a livello di ipotesi. Alcuni Autori americani hanno attribuito la colorazione

rossa del quarzo ad una minuta distribuzione in esso di ematite, spiegando il fenomeno con il fatto che piccole quantità di ossidi di ferro, depositandosi contemporaneamente alla pechblenda, sarebbero state poi assorbite dal quarzo, colorandolo. Per questo motivo, infatti, gli Autori americani definiscono questa colorazione come «alterazione ematitica». Attualmente si è propensi a mettere in rapporto tale colorazione, non solo con il fatto sopracitato, ma anche con la presenza di prodotti di ossidazione e di alterazione della pechblenda stessa (quali la gummite, l'uranofane e altri) il cui colore rossastro potrebbe essersi diffuso ai materiali incolori circostanti, impregnandoli e colorandoli più o meno intensamente).

Il minerale Pechblenda è una miscela di ossidi di uranio la cui formula generale può scriversi: $n(\text{UO}_2) \cdot m(\text{U}_3\text{O}_8)$, dove n e m rappresentano numeri interi. Solitamente contiene diverse impurità, a seconda delle quali assume nomi diversi: nivenite, nasturan, etc. È un minerale amorfo, di aspetto massivo, terroso o mammellonare. Il colore è generalmente nero, la lucentezza picea (come la pece, da cui il nome) e la frattura è irregolare o concoide. È abbastanza friabile. Il peso specifico varia da 6,5 a 8,5 a seconda della quantità e del tipo di impurità presenti. La durezza è circa 5,5 della scala Mohs. È il minerale utile principale di uranio, insieme con la Uraninite, che non è altro che il suo corrispondente, non amorfo, ma cristallino.

Il giacimento *secondario* di Rio Freddo è assai meno importante, specie dal punto di vista pratico, di quello *primario*, poiché interessa, al massimo, i primi 40 metri di profondità della formazione mineralizzata. L'unica sua importanza deriva dal fatto che presentandosi in affioramenti superficiali, qualora tali affioramenti si manifestassero in zone di ricerca, potrebbero far prevedere l'esistenza, in profondità, di mineralizzazioni primarie. In effetti il giacimento secondario non è altro che il risultato della ossidazione e della idratazione del giacimento primario, operate da soluzioni circolanti, con il conseguente trasporto e rideposizione, a breve distanza, di minerali di nuova formazione. Tra questi, per quanto concerne l'uranio, prevalgono i fosfati di uranio, noti come autunite e torbernite, i quali vengono depositati sotto forma di minute lamelle, di colore rispettivamente giallastro e verdino, lungo le fratture e le screpolature della roccia; mentre, come altri materiali di alterazione e ossidazione, derivanti in special modo dai solfuri associati alla pechblenda, si hanno prevalentemente prodotti limonitici depositati sotto forma di chiazze, o impregnazioni diffuse, nella roccia incassante.

Il riconoscimento dei minerali uraniferi secondari, specie in sottosuolo, è molto facile; soprattutto per l'autunite e se si ha a disposizione una sorgente di luce ultravioletta; l'autunite infatti, sottoposta a raggi ultravioletti, diventa

intensamente fluorescente con un caratteristico e bellissimo colore giallo-verde. Circa la fluorescenza della torbernite, i pareri sono discordi: per alcuni, questo minerale non è fluorescente, per altri esso da una debole fluorescenza su un tono verde-erba poco marcato. Ciò probabilmente dipende da campione a campione.

Il minerale Autunite è un fosfato idrato di calcio e uranio (infatti è anche chiamato: calcio-uranite). Si presenta in cristalli tabulari, appiattiti, simili a quelli della mica: è infatti una delle cosiddette «miche di uranio». Il colore è giallo-verdognolo, la lucentezza madreperlacea. E' facilmente sfaldabile. Ha peso specifico 3,1 e durezza 2,5 della scala Mohs. E' fluorescente sul giallo chiaro e sul verde. È presente in ogni parte del mondo come minerale secondario.

Il minerale Torbernite è un fosfato idrato di rame e uranio. Anch'esso presenta un abito tabulare in cristallini appiattiti a sezione quadrata, e fa parte delle «miche di uranio». Ha colore verde-erba o verde smeraldo, lucentezza madreperlacea ed è facilmente sfaldabile. Il peso specifico è circa 3,2 e la durezza 2,5 della scala Mohs. Secondo taluni autori non è fluorescente; secondo altri, dà fluorescenza sui toni del verde pallido: ciò può dipendere da lievi diversità nella composizione dei campioni studiati. È assai frequente nei giacimenti uraniferi secondari europei.

F. VITTONI

via Agnella n. 5 - Peveragno (CN)

BIBLIOGRAFIA

- G. CEVALES: «Il giacimento a pechblenda e solfuri di Rio Freddo - Peveragno». *Boll. Soc. Geol. Ital.* Vol. 73 - 1954.
- S. CONTI - G. ROVERETO: «Geologia del gruppo di M. Besimauca e moderni problemi di tettonica e petrogenesi». *Atti Acc. Naz. Lincei. Serie 8^a.* Vol. 3 - 1951.
- M. D'AGNOLO: «Manifestazioni uranifere nell'arco alpino occidentale». *Atti Symposium Internaz. sui Giacimenti Minerari delle Alpi.* Vol. 2 - 1966.
- A. DEBENEDETTI: «Note sulle mineralizzazioni radioattive nelle Alpi». *Boll. Soc. Geol. Ital.* Vol. 78 1 1959.
- M. MITTEMPERGER: «Le mineralizzazioni ad uranio delle Alpi Italiane». *Atti Symposium Internaz. sui Giacimenti Minerari delle Alpi.* Vol. 2 - 1966.
- P. ZUFFARDI: «L'uranio. Cos'è, dov'è, come lo si cerca». Ediz. Hoepli, 1957.