

O IZVORU RUDNIH MINERALOV V BORSKEM RUDNIKU*

Matija Drovenik

Z 1 skico in 21 slikami

Uvod

Borsko rudišče je razmeroma slabo raziskano kljub velikemu gospodarskemu pomenu, ki ga ima v svetovni, posebno pa v domači proizvodnji bakra. Ob začetku odkopavanja so rudišče raziskovali petrografsko in tektonsko. Takratne rudne preiskave so bile večinoma megaskopske in so obravnavale le rudno telo Čoka Dulkan, ki so ga odkopavali. Pri poznejših halkografskih preiskavah so sicer določili mineraloški sestav rude, vendar so pri tem uporabili vzorce iz raznih zbirk. Zato je ostalo nerešeno vprašanje oblike in starosti rudnih mineralov ter njihovih medsebojnih odnosov. Poleg tega so pozneje odkrili še dva nova dela rudišča: rudno telo Tilva Roš in sistem rudnih teles Tilve Mike. Prvo je z bakrom siromašno, zato ga niso podrobneje raziskovali. Bogatejša rudna telesa Tilve Mike so preiskali le na V. obzorju.

Doslej ni bilo sistematskega halkografskega študija vseh znanih rudnih teles. Zato so mnenja o izvoru glavnih rudnih mineralov različna. Nekateri menijo, da so ti minerali descendentnega nastanka, drugi navajajo dokaze za ascendentni nastanek, ali za kombincijo obeh. Pri tem se omejujejo v glavnem na določitev nekaterih modifikacij rudnega minerala, ne da bi opisali njihove medsebojne odnose in zvezo mineralizacije s tektonskimi procesi, katerih produkte megaskopsko opazimo v bližini rudišča in v rudnih telesih.

V rudniku sem nabral številne vzorce rud, ki sem jih delno že halkografsko preiskal. Tu podajam poročilo o dosedanjem delu, katerega namen je bil, pojasniti odnose med rudnimi minerali, določiti obliko njihovega nastopanja in starostno zaporedje ter najti zvezo s tektonskimi fazami.

Zahvaljujem se prof. dr. ing. J. Duhovniku za nasvete med delom, ing. F. Droveniku pa za nekatere podatke o borskem rudišču.

Rudna telesa borskega rudnika

Na jugozahodnem področju Velikega Krša leži večji masiv debelo-zrnatega rogovačnega andezita, ki ga literatura imenuje tudi timacit. V njem najdemo pri Boru propilitizirano cono, ki je bila podvržena

* Za delo je pisec prejel Prešernovo nagrado 1951. leta.

poznejšim hidrotermalnim procesom: kaolinizaciji, zeolitizaciji, silifikaciji ter končno piritizaciji in mineralizaciji z bakrom. Piritne mineralizacije so nastale delno v obliki kompaktnih teles, delno kot slabše impregnacije, ki tvorijo ponekod tudi prehod kompaktnih teles v jalovo kamenino. Ta rudna telesa nastopajo v smeri severozahod—jugovzhod, ki je značilna za Vzhodno Srbijo. Med njimi so predvsem znane: Čoka Dulkan, Tilva Mika in Tilva Roš.

Čoka Dulkan leži najbolj zahodno. Predstavlja kompaktno piritno telo s tektonskimi mejami. Tudi od Tilve Mike in Tilve Roš ga loči prelom. Kljub temu, da je bilo večkrat tektonsko porušeno, je v glavnem obdržalo svojo obliko. Rudni minerali manjše bakrove mineralizacije delno nadomeščajo pirit, delno pa zapolnjujejo razpoke v osnovi pirita in kremenca. Rudno telo Čoka Dulkan je imelo izrazit oksidacijski pas, ki so ga najprej odkrili. Danes vidimo na mestu nekdanjega hribočka globok dnevni kop, ki ga imenujejo »gropa«. Rudo odkopavajo na dnevnem kopu in v jami.

Rudno telo Tilva Mika predstavlja sistem manjših rudnih teles: A, B, C, D in rudno telo št. 1, ki leži drugo poleg drugega z večjo ali manjšo višinsko razliko. Rudna telesa A, B, C in št. 1 se razprostirajo do dnevnega kopa, medtem ko se pojavi rudno telo D šele pod V. obzorjem. To so prav tako piritna telesa, v katerih nahajamo mlajše bakrove minerale. V glavnem je mineralizacija vseh petih teles enaka, spreminja pa se bogastvo s posameznimi minerali. Vsa telesa imajo tektonske meje ter leže približno 300 m vzhodno od Čoka Dulkana. Rudo odkopavajo na dnevnem kopu in v jami. Spodnje etaže dnevnega kopa so že nekaj deset metrov pod nivojem borske reke. Tilva Mika daje dober proizvodni delež današnje proizvodnje borskega rudnika.

Tilva Roš leži med Čoka Dulkanom in Tilvo Miko, malo odmaknjeno proti severovzhodu. Predstavlja veliko telo, ki sestoji iz pirita in kremenca, a odstotek bakra v njem je manjši. Ima močno razvit oksidacijski pas, katerega višinska razlika znaša skoraj 150 m. V globini bakrova mineralizacija kmalu preneha, tako da imamo pod 100 m rudo, ki se je ne izplača več odkopavati. To rudno telo je tudi rudarsko manj preiskano ter predstavlja le možno rezervo.

Poleg teh treh glavnih rudnih teles nastopajo predvsem na severni strani rudišča v oddaljenosti nekaj sto metrov manjša rudna telesa: Kamenjar, Tilva Ronton in rudno telo E, ki so delno zapuščena in težko dostopna. Kolikor mi je znano, nameravajo znova odpreti rudno telo Tilva Ronton.

Dosedanje preiskave rud borskega rudišča

Klasično delo o borskih rudah je napisal M. Lazarević (1912, 337). Žal se nanašajo njegove preiskave le na rudno telo Čoka Dulkan in so v glavnem le megaskopske. Za to rudno telo je ugotovil naslednje rudne minerale:

Enargit je po njegovem mnenju razvit v dveh genetsko različnih vrstah, in to kot primarni — ascendentni in sekundarni — descendentni

enargit. Prvi je nastajal v več fazah orudenjenja in predstavlja ekonomsko važno rudo: je grobozrnat z razkolnostjo po (110). Druga vrsta enargita nastopa v majhnih, lepo razvitih kristalčkih, ki jih nahajamo v družah skupno s sekundarnim piritom in kovelinom. V primarnem enargitu je Lazarevič opazoval megaskopska zrnca luzonita, katerega nastopanje je utemeljeval tudi s kemično analizo. Od ostalih rudnih mineralov misli, da sta halkozin in kovelin izključno descendentna rudna minerala ter navaja nadomeščanje enargita po kovelinu in kovelina po halkozinu. Pirit je poleg kremenca najbolj razširjen primarni mineral. Delno tvori psevdomorfoze po rogovači in sljudi, v glavnem pa nastopa skupno s kremenom v drobnozrnati osnovi vseh borskih rudnih teles. V tem primeru ima pogosto idiomorfne oblike.

Berg (1918) pri halkografskih preiskavah rud Čoka Dulkana ni mogel ugotoviti primarnega enargita, temveč govori le o sekundarnem. Misli, da imamo dvojno cementacijo; prvi produkt cementacije naj bi bil enargit, nakar bi pod vplivom mlajše cementacije prešel enargit gornjih predelov cementacijske cone v kovelin.

Mempel (1937, 551) navaja P. Ramdohrjevo mnenje, da ni nastala vsa množina enargita, kovelina in halkozina s cementacijo. Ti rudni minerali naj bi bili toliko »sekundarni«, kolikor so mlajši od piritno-kremenove osnove rudnih teles. Sam dobro domneva, da so nastali tudi ti minerali delno iz ascendentnih rudnih raztopin, ob istočasnem ponovnem nastanku pirita. V dokaz za to navaja tudi dejstvo, da opazujemo včasih med lističi kovelina modri visokotemperaturni halkozin, poleg tega pa se preraščata halkozin in bornit v lamelarni obliki, kar je prav tako dokaz za visokotemperaturni nastanek.

Zanimive so halkografske preiskave M. Dolenca (1940). Za rude V. obzorja Tilve Mike je ugotovil naslednje starostno zaporedje: pirit in kremen — halkopirit — sek. pirit — sek. halkopirit — prim. enargit — sek. neznani mineral — sek. luzonit — sek. stibiolumuzonit — sek. bornit — sek. kovelin — sek. halkozin. Za primarne minerale ima torej glavni del pirita, del halkopirita in del enargita, vse ostale minerale ima za sekundarne.

Schneiderhöhn (1941, 475) navaja, da nastopa v Tilvi Miki lamelarni halkozin. Podrobneje ga ne opisuje in ne pove, v kakšnih odnosih je do drugih mineralov. Prav tako ne omenja, na katerem obzorju so bili vzeti vzorci z lamelarnim halkozinom.

Vidimo torej, da so halkografske preiskave precej nepopolne. Manjkajo predvsem preiskave rud z novih obzorij. Ker mi čas ne dopušča širših preiskav, sem si za začetek izbral vzorce rud iz jame (V. in VI. obzorje) in dnevnega kopa Čoka Dulkana ter jame (V. in IX. obzorje) in dnevnega kopa Tilve Mike, kjer je mineralizacija najbolj zanimiva. Pri preiskavi ne bom ločil posameznih rudnih teles Tilve Mike, temveč jih bom imenoval s skupnim imenom kot enotno rudno telo, ker je njih mineralizacija slična.

Rudni minerali

Pirit

V vseh rudnih telesih borskega rudnika najdemo kot najpogostnejši rudni mineral pirit. Rudni telesi Čoka Dulkan in Tilva Mika sta pravi piritni rudni telesi, ki sta prvotno vsebovali minimalno količino bakra, tako da brez poznejše bakrove mineralizacije ne bi imeli takega gospodarskega pomena, kot ga imata.

Skupno s kremenom je pirit v glavnem najstarejši mineral. V večini primerov je pirit starejši, kar moremo ugotoviti po njegovih idiomorfni konturah proti kremenju. To so bolj ali manj pravilni šesterokotniki, ki verjetno ustrezajo presekom po pentagondodekaedru. Premer piritnih zrn niha od nekaj milimetrov do mikroskopsko majhnih. Idiomorfne oblike niso povsod ohranjene. Nahajamo jih le v primeru kompaktnih piritnih mas. Pod mikroskopom jih opazujemo v sredini piritnih polj, na mejah z drugimi minerali pa so piritna zrna natopljena in korodirana.

V piritu nikjer ne opazujemo idiomorfni vključkov drugih mineralov, pogostne so v njem ksenomorfne oblike bornita in neodigenita, ki ga le nadomeščata. Vključke bornita in neodigenita opazujemo predvsem v večjih zrnih pri rudah V. in IX. obzorja Tilve Mike.

Ta pirit starejše generacije je tektonsko navadno precej zdrobljen. Pogosto opazujemo, da so zrna posebno močno zdrobljena ob razpokah, ki jih sedaj zapolnjujejo mlajši rudni minerali. Nekaj milimetrov od robov teh razpok zrna niso tako močno zdrobljena. V večini razpok piritnih zrn nahajamo enargit, halkopirit, bornit in neodigenit, ki piritna zrna delno tudi nadomeščajo.

Poleg tega je nastajal pirit skupno z bakrovimi minerali, zato bi ga mogli imenovati prehodni mineral rudišča. Ko ga nahajamo v žilah skupno z mlajšimi bakrovimi minerali, je pogosto precej težko ločiti mlajši pirit od pirit, ki je prvotno pripadal starejši mineralizaciji, a je šele kasneje pri tektonskih procesih prišel v razpoke ter je bil delno nadomeščen. Z gotovostjo smo ga določili v žilah s halkopiritom in bornitom kakor tudi s kovelinom. V obeh primerih je nastal istočasno kot navedeni bakrovi minerali, verjetno iz raztopine, katere fizikalno-kemični pogoji so se izpreminjali.

V žilah skupaj s halkopiritom in bornitom imajo njegova zrna sicer redkeje idiomorfne oblike, so pa pogosto enako velika in enakomerno razporejena. Ta pojav opazujemo predvsem pri rudah Tilve Mike. Ko pa ga nahajamo skupaj s kovelinom, ima pogosto idiomorfne oblike. Njegova zrna dosežejo velikost do 15 mm ter so delno nepravilno razpršena v osnovi kovelina, delno pa so razporejena v pasovih. Kovelin z večjimi piritnimi zrnji opazujemo predvsem pri rudah dnevnega kopa Tilve Mike. Tu kristalizira pirit v kockah, redkeje v pentagondodekaedrih ali kombinaciji obeh.

Najmlajšo generacijo predstavlja pirit, ki ga nahajamo v lepo razvitih kristalčkih različnih kombinacij na lističih ascendentnega kovelina, ali pa v luknjicah silificirane kamenine. Ti kristalčki so veliki navadno le

nekaj milimetrov, le redko so večji. Opazujemo jih tako pri rudah dnevnega kopa Tilve Mike kot tudi Čoka Dulkana.

Ves do sedaj omenjeni pirit je nastal iz molekularnih raztopin. V borskem rudniku pa nahajamo tudi pirit, nastal iz koloidnih raztopin, tako imenovani melnikovit. Omenim naj, da nahajamo melnikovit v zelo podrejeni količini in predstavlja za borski rudnik le mineraloško posebnost.

Lepe vzorce te modifikacije FeS_2 opazujemo na dnevnem kopu Čoka Dulkana. Že megaskopsko vidimo natečne, delno kolobarjaste oblike, ki se jasno ločijo od ostalih oblik pirita. Pod mikroskopom, posebno po elektrolitskem jedkanju z NH_4OH pa se nam odkrijejo zanimive gelaste oblike. Tako moremo ločiti koncentrično, z lepo vidnimi razlikami med posameznimi kolobarji (1. sl.), plastovito (2. sl.), radialno trakaste (3. sl.) in obliko, ki sliči ledenim rožam. Vse navedene oblike pogosto prehajajo druga v drugo. Medtem ko predstavljata koncentrična in plastovita oblika verjetno še sedaj melnikovit, kažeta obe ostali postopen prehod iz gelastega v kristalasto stanje. Te gelaste oblike imajo robove zopet iz pirita, nastalega iz molekularnih raztopin, kar govori za hitro izpremembo raztopine. Nekajkrat tvori mlajši pirit tudi samostojna polja, katerih posamezna zrna kažejo po elektrolitskem jedkanju lepo conarno rast (4. sl.).

V prostorih med polji melnikovita ali malo mlajšega pirita, nastalega iz molekularnih raztopin, opazujemo enargit, sfalerit in kremen kakor tudi neodigenit in kovelin. Na podlagi tega moremo sklepati, da predstavlja melnikovit posebno generacijo, starejšo od mineralizacije z enargitom, sfaleritom in ostalimi bakrovimi minerali.

Enargit

V glavnem nastopa enargit v Čoka Dulkanu, kjer so pri odkopavanju naleteli na manjša rudna telesa, sestojeca skoraj izključno iz enargita. Ti deli so sedaj odkopani, enargit pa še vedno megaskopsko opazujemo na južnem delu dnevnega kopa (kota 261 m) pa tudi v južnozahodnem in zahodnem delu (kota 288 m). Mikroskopsko opazujemo enargit v številnih obruskih iz Čoka Dulkana, v manjši količini tudi v obruskih iz Tilve Mike. Ves enargit ni nastal istočasno, temveč ga moremo deliti v naslednje generacije:

1. Enargit, starejši od kremenca.
2. Enargit, mlajši od mineralizacije pirit-kremen.
3. Enargit v obliki prostih kristalčkov.
4. Descendentni enargit.

1. Enargit, starejši od kremenca, nastopa v idiomorfno razvitih kristališčih v kremenu (5. sl.). Ti kristalčki so prav majhni, pogosto dosežejo le nekaj stotink milimetra, redko nekaj desetink. To generacijo opazujemo predvsem pri rudah V. in IX. obzorja Tilve Mike, prav redko v rudah Čoka Dulkana.

2. Generacija enargita, ki je nastala po mineralizaciji s piritom in kremenom, je najbolj razširjena. Ta nastopa v količinah, ki predstavljajo ekonomsko rudo, ter jo nahajamo predvsem v Čoka Dulkanu pa tudi v

Tilvi Miki. Enargit je v glavnem debelozrnat z jasno razkolnostjo po (110). Zrna imajo povsem ksenomorfnе oblike ter pogosto ostre robove. Pri podrobnejšem mikroskopskem opazovanju ločimo predvsem zrna dveh velikosti.

a) Zrna, velika nad 0,5 mm, predstavljajo glavno količino. Ta zrna imajo tudi pod mikroskopom povsem nepravilne oblike ter dva sistema razpok, ki se sečeta skoraj pod pravimi koti ter ustrezata verjetno razkolnosti po (110) in (100).

b) Zrna, manjša od 0,1 mm, so skoraj vedno okrogla ali eliptična in se torej tudi po obliki jasno ločijo od prej omenjenih zrn. Nastopajo v skupinah po 20 do 50, le prav redko posamič. Najdemo jih med večjimi zrn, včasih pa nastopajo tudi v njih samih. Za ta zrna mislim, da so nastala na račun večjih zrn, ki so bila deformirana in obremenjena. Prav isto opisuje V. M. Lopez za enargit rudišča Chuquicamata (1939, 674). Med obema vrstama zrn najdemo številne prehode.

V enargitu nastopajo poleg zrn pirit in kremenata tudi manjša zrnca luzonita Cu_3AsS_4 . Pirit v enargitu ima izredno nepravilne oblike. Predstavlja verjetno le delce starejše generacije pirit, ki niso bili nadomeščeni. Po razkolnih razpokah, mejah posameznih zrn, predvsem pa v tako imenovanih »brečnih conah« nadomeščajo to generacijo enargita v rudah Čoka Dulkana neodigenit — Cu_3S_2 in kovelin — CuS , v rudah Tilve Mike pa neodigenit in bornit Cu_5FeS_4 . »Brečne cone« so v enargitu zelo pogostne. Predstavljajo zdrobljene dele enargita v obliki pasov ali con, ki so enako usmerjene. Mlajši bakrovi minerali nastopajo v njih kot vezivo, vendar pa enargit tudi nadomeščajo.

3. Enargit v obliki prostih kristalčkov je sorazmerno redek. Dobimo ga tako v dnevem kopu Čoka Dulkana kakor tudi na dnevnem kopu Tilve Mike. V severozahodnem delu dnevnega kopa Čoka Dulkana sem našel do 7 mm velike kristalčke enargita s ploskvami (110), (010) in (001), jeklenosive do temnomodre barve, skupno s kristalčki pirit, ki pripada po vsej verjetnosti mlajši piritni mineralizaciji. Zato mislim, da so tudi opisani kristalčki enargita genetsko najmlajši, vendar še ascendentni. Ta enargit omenja skupno z opisanim piritom že Lazarevič, vendar misli, da sta oba descendentna. Proti temu govori oblika in način nastopanja, predvsem pa dejstvo, da nastopa descendentni enargit kot tipični cementacijski mineral, ki nadomešča starejše sulfide in torej ne tvori idiomorfnih kristalčkov. Tudi v gornjih delih dnevnega kopa Tilve Mike je nastopal enargit v idiomorfnih kristalčkih. Te dele dnevnega kopa so že pred leti odkopali. Ing. F. Drovenik mi je poslal v preiskavo vzorce rude, ki so jo odkopavali na teh mestih pred približno 10 leti. Na kovelinu, ki ima pogosto tudi sam leče kristalne oblike, nahajamo poleg enargita še pirit. Enargit nastopa v lepo razvitih idiomorfnih kristalčkih s ploskvami (110), (100) in (001), velikosti do 9 mm ter svinčeno-sive barve. Genetsko je torej vsekakor mlajši od kovelina, a starejši od pirit, ki nastopa nekajkrat na kristalčkih enargita.

4. Descendentni enargit opazujemo v zelo podrejeni količini. Ugotovljen je bil le v rudah Tilve Mike, kjer nastopa v tankih žilicah ter nadomešča starejše ascendentne sulfide, predvsem neodigenit.

Luzonit

Luzonit nastopa v rudah Tilve Mike in Čoka Dulkana skupaj z enargitom. Barva v odbojni svetlobi, sposobnost odboja svetlobe, relief in druge lastnosti minerala popolnoma ustrezajo luzonitu. Ne opazujemo pa niti v enem zrnju dvojčičnih lamel, ki so sicer tako značilne za ta mineral. Zato mislim, da to ni pravi luzonit, temveč kak drug člen izomorfne skupine famatinit Cu_3SbS_4 — luzonit Cu_3AsS_4 . Ta skupina je do sedaj še slabo preiskana. Točno določena sta le oba skrajna različka famatinit in luzonit. Ker je omenjeni mineral, če izvzamemo razliko v dvojčičnih lamelah, najbolj podoben luzonitu, ga bom imenoval luzonit.

Genetsko je luzonit vezan na enargit in to na enargit, ki je nastal po mineralizaciji s piritom in kremenom. Verjetno je nastal skupno z enargitom kot posledica različne koncentracije raztopine. Nahajamo ga tako v zrnih enargita kot tudi na njihovih mejah. Njegova razdelitev v enargitu je zelo različna; v nekaterih zrnih nastopa v velikih količinah, v drugih ga ni. Za ta zrnca je značilno nadalje to, da imajo skoraj vsa okrogel ali eliptičen presek s premeri približno $0,03 \times 0,03$ odnosno $0,04 \times 0,02$ mm. V primeru, ko mlajši minerali nadomeščajo enargit, ostanejo luzonitova zrnca pogosto nenadomeščena, ali so le delno nadomeščena. Prvi primer opazujemo, ko bornit nadomešča enargit, drugega pa, ko ga nadomešča neodigenit.

Halkopirit

Halkopirit nastopa le v rudah Tilve Mike. Zanimivo je, da ga v vzorcih iz Čoka Dulkana nisem mogel niti enkrat opazovati. V Tilvi Miki njegova količina skupno z bornitom proti globini narašča, tako da ga moremo v rudah IX. obzorja ugotoviti skoraj v vsakem obrusku.

Mineralizacija s halkopiritom je sledila tektonski fazi, ki je povzročila že večkrat omenjene razpoke v osnovi pirita in kremena. Pogosto opazujemo, da je halkopirit še enkrat tektonsko porušen ter da so njegova zrna deformirana. V glavnem nastopa kot zapolnitev žil v osnovi pirita in kremena, obenem pa intenzivno nadomešča pirit. Skoraj vsa piritna zrnca v halkopiritu imajo močno korodirane robove, pogosto nahajamo okrog njih reakcijske pasove (7. sl.), ki jih v glavnem sestavlja bornit. To opazujemo predvsem pri rudah V. obzorja Tilve Mike.

Halkopirit nadomešča predvsem bornit in to na dva načina: ali povsem nepravilno ali pa psevdolamelarno (8. sl.). Poleg tega ga nadomešča tudi v razpokah, ki so nastale v halkopiritu zaradi delovanja tektonskih sil. Pogosto je halkopirit tako popolno nadomeščen, da nam le njegovi maloštevilni vključki v bornitu dokazujejo, da je prvotno to žilo zapolnjeval halkopirit. Pri rudah V. obzorja Tilve Mike opazujemo nadalje, da ga nadomešča tudi descendentni rombični halkozin in to predvsem tam, kjer nastopajo v halkopiritu piritna zrna (9. sl.).

V majhni količini nastopa še druga generacija halkopirita, ki je verjetno malo mlajša od prve. Le-ta se tako prerašča z bornitom, da vzbuja vtis, kot da bi ga bornit nadomeščal, kar pa ni verjetno, temveč sta oba nastala istočasno pri razpadu kristalne raztopine bornit-halkopirit.

Bornit

ki ga v rudah Čoka Dulkana ne opazujemo, nastopa v sistemu rudnih teles Tilve Mike precej pogosto in to predvsem na IX. obzorju. Nahajamo ga v obeh različnih razpadlega neodigenita: v obliki primesi v osnovni lamelnarnega halkozina in kot manjša ostroroba zrna v prekrizaliziranem halkozinu. Veliko pomembnejše je njegovo nastopanje v malo starejši mineralizaciji, ki je sledila mineralizaciji s halkopiritom. Za ta bornit smo bili prvotno mnenja, da je descendenten. Nadaljnje preiskave, predvsem primerjava bornita na V. in IX. obzorju, ki se delno nahaja še v spodnjih delih cementacijskega pasu, opazujemo namreč precej manj bornita kot na IX. obzorju, kjer nastopa v primarnem delu rudišča. Tudi rezultati preiskav z globinskim vrtnjem potrjujejo, da se količina bornita v primeri z drugimi bakrovimi minerali z globino veča.

Bornit je pogosto bolj razširjen kot neodigenit in nadomešča vse starejše sulfide. Tako nadomešča enargit predvsem v omenjenih brečnih conah halkopirit povsem nepravilno ali pa psevdolamelarno (8. sl.). Nastopa nadalje v samostojnih žilah, pogosto pa dobesedno impregnira starejšo osnovo piritita in kremena. Ko nastopa v samostojnih žilah, opazimo pri podrobnih preiskavah, da vsebuje bornit številne vključke tako enargita kot tudi halkopirita in da sta pravzaprav ta dva minerala prvotno zapolnjevala žilo, a sta bila kasneje nadomeščena. Prav tako opazujemo v bornitu zelo pogosto luzonit, ki je prvotno nastopal v enargitu: zaradi manjše sposobnosti raztapljanja pa so se ta zrna luzonita ohranila.

Pri rudah IX. obzorja je bornit tako razširjen, da ga opazujemo v vsakem obrusku. Za to rudo je značilna predvsem »konglomeratna« tekstura (10. sl.). Med zrnji piritita in kremena je bornit kot »vezivo«, vendar bornit tudi nadomešča pirit. Poleg tega opazujemo bornit tam, kjer nadomešča neodigenit starejši pirit. Okrog teh piritnih zrn opazujemo pogosto, da v smeri proti piritu dobiva neodigenit vedno bolj rožnato barvo, dokler pri piritu samem ne nastopa bornit. To si razlagamo takole: v raztopini, iz katere je nastal neodigenit in ki je delno tudi nadomeščala pirit, se je zaradi topljenja piritita povečala koncentracija železa, kar je povzročilo nastanek bornita.

Bornit nadomešča še mlajši neodigenit in kovelin, ki ga nadomešča pogosto povsem orientirano po ploskvah kocke.

Neodigenit in halkozin

Preden opišem načine in oblike, v katerih nastopa substanca Cu_3S_5 , in Cu_2S , naj podam novejše izsledke preiskav sistema halkozin-kovelin po Ramdohru (1950).

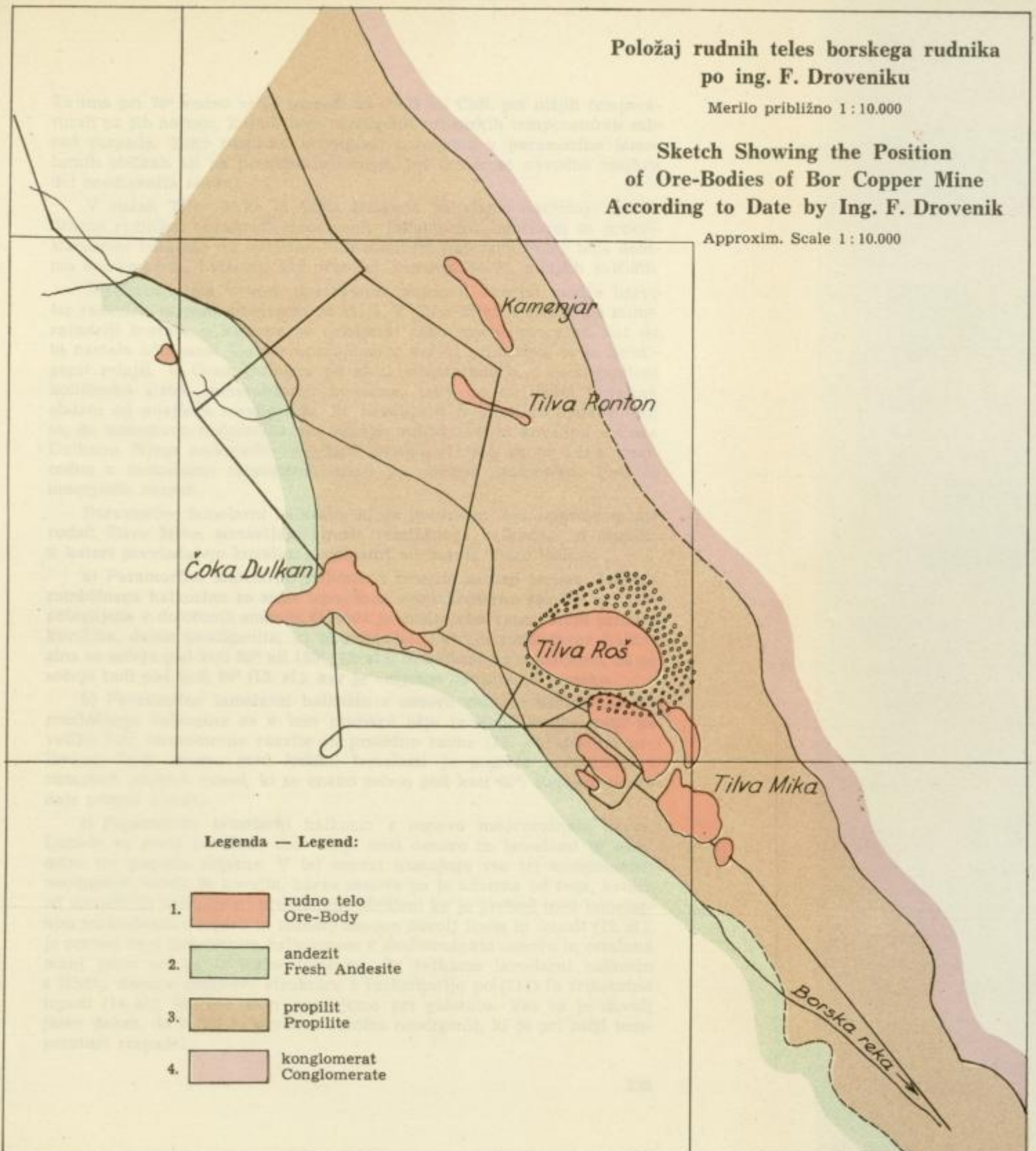
V sistemu halkozin-kovelin nahajamo kristalne raztopine: nizkotemperaturni rombični halkozin, visokotemperaturni heksagonalni halkozin, neodigenit in kovelin. Nizkotemperaturni halkozin topi v določenem temperaturnem območju večje količine CuS (do 10 %). Pri višji temperaturi se topljivost zmanjša in pade pri 103° na 1—2 %. Pri tej temperaturi prehaja rombični halkozin v visokotemperaturnega-heksagonalnega. Pri 20 % CuS nastopa spojina Cu_3S_5 — neodigenit, ki kristalizira kubično.

Položaj rudnih teles borskega rudnika
po ing. F. Droveniku

Merilo približno 1 : 10.000

Sketch Showing the Position
of Ore-Bodies of Bor Copper Mine
According to Date by Ing. F. Drovenik

Approxim. Scale 1 : 10.000



Legenda — Legend:

1.  rudno telo
Ore-Body
2.  andezit
Fresh Andesite
3.  propilit
Propillite
4.  konglomerat
Conglomerate

Ta ima pri 78° vedno večjo topnost za Cu_2S ali CuS , pri nižjih temperaturah pa jih ne topi. Zaradi tega neodigenit pri nizkih temperaturah zelo rad razpada. Tako razpadel neodigenit nahajamo v paramorfno lamelarnih oblikah ali pa prekristaliziranega, pri čemer se navadno majhen del neodigenita ohrani.

V rudah Tilve Mike in Čoka Dulkana nahajamo naslednje ascendentne različke: nerazpadli neodigenit, paramorfno lamelarni in prekristalizirani halkozin ter verjetno tudi rombični halkozin. Poleg tega dobimo descendentni halkozin kot produkt cementacije na mlajših sulfidih.

Neodigenit ima v vseh opazovanih primerih izrazito modro barvo ter razkolne razpoke predvsem po (111). V Tilvi Miki je nastal po mineralizaciji bornita, s katerim se nekajkrat tako močno prerašča, kot da bi nastala istočasno. Vendar opazujemo v večini primerov, da je neodigenit mlajši. V Čoka Dulkanu pa sledi mineralizacija z neodigenitom količinsko slabši mineralizaciji kovelina, tako da so lističi kovelina obdani od mlajšega neodigenita. Za neodigenit je značilno nadalje tudi to, da intenzivno nadomešča vse starejše sulfide, razen kovelina v Čoka Dulkanu. Njega nadomešča le mlajši kovelin (11. sl.), in to delno vzporedno z razkolnimi razpokami, delno pa povsem nepravilno, toda iz omenjenih razpok.

Paramorfno lamelarni halkozin, ki ga predvsem lepo opazujemo pri rudah Tilve Mike, sestavljajo lamele rombičnega halkozina in osnova, v kateri prevladujejo kovelin, neodigenit ali bornit. Tako ločimo:

a) Paramorfno lamelarni halkozin z izrazito modro osnovo. Lamele rombičnega halkozina so sicer lepo, toda neenakomerno razvite ter razpotegnjene v določenih smereh. Osnova je modro obarvana zaradi primesi kovelina, delno neodigenita, ki ni razpadel. Lamele rombičnega halkozina se sečejo pod koti 60° ali 120° (12. sl.). Nekajkrat pa opazujemo, da se sečejo tudi pod koti 80° (13. sl.), kar je verjetno odvisno od preseka.

b) Paramorfno lamelarni halkozin z osnovo rožnate barve. Lamele rombičnega halkozina so v tem primeru ožje in malo krajše, zato pa veliko bolj enakomerno razvite in pretežno ravne (12. sl., spodnja polovica). Tudi osnova med širšimi lamelami je pogosto preprežena s sistemom drobnih lamel, ki se enako sečejo pod koti 60°. Rožnato barvo daje primes bornita.

c) Paramorfno lamelarni halkozin z osnovo modrorožnate barve. Lamele so manj pravilne, tudi meja med osnovo in lamelami je manj ostra ter pogosto nejasna. V tej osnovi nastopajo vse tri komponente: neodigenit, bornit in kovelin, barva osnove pa je odvisna od tega, katera od navedenih komponent prevladuje. Medtem ko je prehod med lamelarnim halkozinom z modro in rožnato osnovo dovolj jasen in izrazit (12. sl.), je prehod med lamelarnim halkozinom z modrorožnato osnovo in ostalima manj jasen ter ga le težko določimo. Če jedkamo lamelarni halkozin s HNO_3 , dobimo zanimivo strukturo z razkolnostjo po (111) in trikotnimi izpadi (14. sl.), kot jih sicer opazujemo pri galenitu. Vse to je dovolj jasen dokaz, da je bil to prvotno kubični neodigenit, ki je pri nižji temperaturi razpadel.

Lamelarni halkozin prehaja pogosto v prekristaliziranega (14. sl.), vendar je ta prehod navadno nejasen. Nekajkrat pa nahajamo žilo lamelarnega halkozina v prekristaliziranem; v tem primeru je prehod dovolj oster. To določimo navadno šele po predhodnem jedkanju s HNO_3 (15. sl.). Prekristalizirani halkozin se namreč po svoji strukturi jasno loči od lamelarnega. Sestoji iz zrn rombičnega halkozina, ki močno prevladujejo nad zrni neodigenita in bornita. Zrna so skoraj vsa ostroroba in pretežno enako velika. Za prekristalizirani halkozin so značilne tudi luknjice, ki so enakomerno velike ter razporejene po vsej opazovani površini. Te luknjice so nastale morda pri prehodu visokotemperaturne modifikacije v nizkotemperaturno zaradi manjše prostornine osnovne prostorske celice, vendar v literaturi za to nisem našel nobenega podatka. Prekristalizirani halkozin sem opazoval le v rudah Tilve Mike.

V Čoka Dulkanu moremo opazovati verjetno mlajšo generacijo neodigenita v baritnih žilah, in sicer med baritovimi lističi. Že megaskopsko opazujemo pri njem skoraj idealno razkolnost po (111), vendar moti temnomodra barva, kot jo ima kovelin. Pod mikroskopom opazimo, da je skoraj ves neodigenit nadomeščen s kovelinom, ki ga nadomešča predvsem iz razkolnih razpok.

Prav redko opazujemo v rudah Čoka Dulkana halkozin, ki ne dobi po jedkanju s HNO_3 niti značilne kubične strukture z razkolnostjo po (111), kot jo imata neodigenit ali paramorfno lamelarni halkozin, niti strukture, značilne za descendentni halkozin. Pri jedkanju tega različka dobimo namreč dva sistema razkolnih razpok, ki se sečeta skoraj pod pravimi koti, tako da dobimo strukturo, sestavljeno iz samih bolj ali manj pravilnih pravokotnikov (16. sl.). Razkolnost je videti kubična, vendar neodigenit, kot edini možni kubični mineral sistema $\text{Cu}_2\text{S}-\text{CuS}$, po podatkih literature (P. Ramdohr, 1950) nima razkolnosti po (110), ki bi v tem primeru edino ustrezala, temveč le razkolnost po (111). Proti neodigenitu govori tudi barva v odbojni svetlobi, ki je bolj siva. Zato mislim, da je to rombični halkozin, nastal iz ascendentnih rudnih raztopin pri temperaturah pod 103° , tako da ni obstajala vmesna faza visokotemperaturnega heksagonalnega halkozina. To sklepamo po razkolnih razpokah, ki bi morale biti vzporedne z (0001), če bi bil to prvotno heksagonalni halkozin, česar pa ne opazujemo. Omenjeni različek nastopa le v rudah Čoka Dulkana, v rudah Tilve Mike ga ni.

Descendentni rombični halkozin smo našli tako v rudah Tilve Mike kot tudi Čoka Dulkana. V Tilvi Miki nastopa predvsem kot cementacijski mineral, ki nadomešča pogosto halkopirit in to predvsem na mestih, kjer nahajamo v njem pirit (9. sl.). Pogosto nastopa tudi kot mlajši mineral, ki zapolnjuje žile v kovelinu. V Čoka Dulkanu nadomešča descendentni halkozin pogosto enargit, sicer pa so njegove oblike in načini nastopanja enaki kot v Tilvi Miki.

Sfalerit, medlica in galenit

Vsi trije minerali nastopajo v zelo podrejenih količinah in predstavljajo posebnost v mineralizaciji borskega rudišča. Z izjemo sfalerita sem jih našel le na V. obzorju Čoka Dulkana.

Najstarejši je sfalerit, ki nastopa v obliki nepravilnih polj, ki so tektonsko pogostokrat zdrobljena. V tako nastalih razpokah nahajamo mlajši galenit, nekajkrat pa tudi kovelin, ki sfalerit intenzivno nadomešča, tako da nastopajo posamezni ostanki sfalerita izolirano v kovelinu (18. sl.). Kovelin je v tem primeru izredno drobnozrnat in verjetno descendenten. Poleg tega nahajamo sfalerit tudi na dnevnem kopu Čoka Dulkana, kjer tvori pogosto avreolo okrog natečnih oblik melnikovita. Ta je genetsko starejši od kovelina kakor tudi od neodigenita, kar sklepamo po tem, da je sfalerit tudi tu pogosto tektonsko zdrobljen, v nastalih razpokah pa nahajamo oba mlajša sulfida.

Medlica, verjetno z bakrom bogat tetraedrit Cu_3SbS_7 , nastopa predvsem skupaj z enargitom, ki je genetsko starejši in tektonsko zdrobljen (19. sl.). Nekajkrat se zdi, da je medlica nastala iz enargita, kar pa ni verjetno.

Galenit je v tej paragenezi najmlajši rudni mineral ter zapolnjuje razpoke v starejših sulfidih. Po količini močno prevladuje tako nad medlico kot tudi nad sfaleritom. V glavnem je drobnozrnat, skoraj brez trikotnih izpadov, tudi močnejših sledov tektonike ne opazimo v njem.

Kovelin

Kovelin je predvsem za dnevni kop Tilve Mike, delno tudi za dnevni kop Čoka Dulkana tipični rudni mineral.

Genetsko je v Tilvi Miki najstarejši kovelin v osnovi lamelnarnega halkozina. Glavna količina kovelina pa je nastala kasneje in to delno ascendentno, delno descendentno. Pri preiskavi dobimo vtis, da nastopa več generacij ascendentnega kovelina in ne le ena sama. To potrjuje tudi dejstvo, da imamo poleg različkov, s katerimi je istočasno nastopal pirit, tudi take, ki so brez njega, ali ga imajo v zelo podrejeni količini.

Pri preiskavi kovelina z večjo količino pirita opazimo, da je le-ta ne glede na velikost piritnih kristalčkov razmeroma drobnozrnat (20. sl.). Kovelinova zrna so povsem nepravilna, povečini ostroroba in enaka. Kristalčki pirita nastopajo v osnovi kovelina ali povsem brez reda ali so razporejeni v pasovih. Poleg pirita nastopa pogosto v manjših zrnih tudi barit.

Genetsko mlajša generacija kovelina, ki je skoraj brez pirita, dobesedno raste na prej opisani. To opazujemo že s prostim očesom, predvsem lepo pa pod mikroskopom. Za to generacijo je značilna tudi oblika zrnca. Zrnca kovelina so namreč precej velika ter razpotegnjena v isti smeri (21. sl.). Meja med obema generacijama je ostra. Ob njej se je mnogokrat izločil pirit v obliki pasu, ki poteka med obema generacijama po vsej opazovani površini. Mlajša generacija se končuje z izrazitim lističastim kovelinom, to je s kovelinom, ki je razvit v pravilnih ploščatih kristalih po (0001) in ki imajo tudi prizmo (1010). Ti lističi kovelina, ki so sicer zelo tanki, se med seboj prepletajo, tako da predstavljajo kompaktnjše kose. Na teh lističih nahajamo mlajši pirit, redkeje tudi enargit. Pri obeh generacijah kovelina opazujemo sledove mlajše tektonike: lističi so pogosto nagubani in zaviti, nekajkrat tudi močno zdrobljeni.

Descendentni kovelin nastopa v Tilvi Miki predvsem na dva načina: ali nadomešča starejše sulfide ali zapolnjuje razpoke. V prvem primeru je kovelin zelo drobnozrnat ter nadomešča tako bornit kakor tudi neodigenit. Zanimiva je predvsem druga oblika descendentnega kovelina, ki zapolnjuje razpoke. V tem primeru tvori nekajkrat tudi do 1,5 cm dolge vlaknate agregate, ki so zelo podobni azbestu. To nam potrjuje preiskava preseka, pravokotnega na vzdolžno smer vlaken. Pod mikroskopom opazujemo namreč skoraj enako velika zrna kovelina s preseki nekaj stotink milimetra, ki imajo različne oblike. Skupaj z njimi nastopa tudi sadra, ki je značilni descendentni mineral, v podrejeni količini tudi pirit, ki je v tem primeru verjetno prav tako descendenten. Ta kovelin spada med najmlajše rudne minerale, kar zaključimo tudi po tem, da nikjer ne opazujemo tektonsko deformiranih zrn, pa tudi vlakna kovelina so presenetljivo ravna in lepo ohranjena.

V Čoka Dulkanu je nastal manjši del kovelina že pred mineralizacijo z neodigenitom. V rudah Čoka Dulkana nastopajo namreč pravilno razviti lističi kovelina pogosto neposredno na piritno-kremenovi osnovi ter jih obdaja od vseh strani neodigenit, ki nastopa delno tudi med lističi kovelina. Nadalje opazujemo tudi oba ascendentna različka kovelina, ki sem ju popisal že pri Tilvi Miki, s to razliko, da je generacija kovelina s piritom manj razvita. Descendentni kovelin nadomešča tako neodigenit kot tudi enargit in sfalerit. »Vlaknati« kovelin je tu redkejši.

Tektonski procesi in mineralizacija

Po vseh teh podatkih je jasno, da je sledila bakrova mineralizacija neposredno tektonskim procesom, ki so ji z razpokami in prelomi napravili pot v piritna telesa. Od vseh bakrovih mineralov je le prva generacija enargita nastala malo kasneje kot pirit osnove, vendar pa malo pred kremenom, v katerem nastopa v obliki idiomorfni vključkov. Ta enargit opazujemo v zelo majhni količini tako v rudah Čoka Dulkana kakor tudi Tilve Mike. Pri poznejših mineralizacijah obeh rudnih teles pa obstajajo razlike. Zato podajam najprej mineralizacijo za Tilvo Miko, nato za Čoka Dulkan.

Osnova rudnega telesa Tilve Mike, ki sestoji iz pirita in kremenca, je bila nekajkrat tektonsko zdrobljena. Močnejši tektoniki je sledila glavna mineralizacija enargita. Tako je nastal debelo-zrnat enargit, ki nastopa delno v žilah in žilicah v osnovi, delno pa jo dobesedno impregnira. Njegova količina je v sorazmerju z ostalimi rudnimi minerali manjša. Istočasno je nastal tudi luzonit. Rudna raztopina, iz katere je nastal enargit, je bila zelo aktivna ter je močno nadomeščala pirit, tako da nahajamo od nekaj idiomorfni, pozneje zdrobljenih in nadomeščenih zrn pogostokrat le še ostanek. Mineralizaciji z enargitom in luzonitom je sledila tektonska faza, kar sklepamo po brečnih conah, ki so posute v enargitu in v katerih nastopajo mlajši sulfidi. Tej tektonski fazi je sledila mineralizacija s halkopiritom in manjšo količino pirita. Halkopirit je pogosto nadomeščen po bornitu, kar opazujemo predvsem v rudah

IX. obzorja. Mineralizacija z bornitom je malo mlajša od halkopiritove, oba minerala pa kažeta lokalno znake tektonike. Sledila je mineralizacija z neodigenitom, ki nastopa v isti obliki delno še sedaj, v glavnem pa je razpadel, tako da ga danes nahajamo v obliki paramorfno lamelnega in prekrystaliziranega halkozina. Neodigenit in oba razpadla različka so le prav redko tektonsko porušeni. V nadaljnjem se je v raztopini večala koncentracija S, tako da je nastal kovelin, istočasno pa tudi pirit. Starejšemu kovelinu sledi mlajši brez pirita, šele na koncu se pojavi v manjši količini pirit in lokalno enargit.

Za descendentno mineralizacijo, ki prav gotovo ni tako obsežna, kot so prvotno domnevali, sta značilna predvsem kovelin in halkozin, ki nadomeščata starejše ascendentne sulfide, delno pa tvorita žile in žilice. V močno podrejeni količini je nastal tudi descendentni enargit.

V Čoka Dulkanu je obstajala pred nastankom glavne količine enargita hidrotermalna faza s koloidnimi raztopinami, iz katerih je nastal melnikovit, ki ga opazujemo v majhni količini predvsem na zahodni strani dnevnega kopa. Ta raztopina je prešla nato v molekularno, tako da je nastal mlajši kristalni pirit. Da je melnikovit starejši od enargita, sklepamo po tem, ker nahajamo med natečnimi oblikami in v njihovih razpokah zrna enargita. Prav tako kot v Tilvi Miki je tudi v Čoka Dulkanu enargit te generacije debelozrnat, tektonsko zdrobljen ter nastopa sorazmerno v precej večjih količinah kot v Tilvi Miki. Nahajamo ga tako v manjših rudnih telesih kakor tudi v obliki žil, žilic in impregnacij. Skupaj z njim nastopa luzonit. Mineralizacija enargit-luzonit je torej v obeh rudnih telesih enako razvita.

Pričakovali bi, da sledi mineralizacija s halkopiritom in bornitom, vendar niti pri enem obrusku iz Čoka Dulkana nisem opazoval halkopirita ali bornita, če izvzamem bornit, ki nastopa v obliki primesi v lamelnem halkozinu. To je dovolj jasen dokaz, da mineralizacija halkopirit-bornit, ki je v rudah Tilve Mike močno razširjena, v Čoka Dulkanu ni nastopila. V tem je bistvena razlika v mineralizaciji obeh teles, katere vzrok še ni znan. Namesto halkopirita in bornita nastopajo v Čoka Dulkanu lokalno: sfalerit, medlica in galenit. Nadaljnja razlika med obema rudnima telesoma obstoji v tem, da nahajamo v Čoka Dulkanu pred mineralizacijo z neodigenitom manjšo količino kovelina v obliki idiomorfni kristalčkov s preseki pravokotno na (0001). Neodigenit in paramorfno lamelni halkozin nastopata v istih oblikah in na isti način kot v Tilvi Miki; namesto prekrystaliziranega halkozina pa najdemo tu v želo podrejeni količini ascendentni rombični halkozin. Mlajša ascendentna mineralizacija s kovelinom, enargitom in piritom je podobna mineralizaciji Tilve Mike.

Descendentni kovelin nadomešča starejše sulfide: neodigenit, sfalerit, enargit, delno nastopa v obliki žil in žilic. Descendentni halkozin nastopa v obeh rudnih telesih v enakih oblikah, toda v rudah Čoka Dulkana pogosteje kot v Tilvi Miki.

Zaključek

Na podlagi opisanih halkografskih preiskav rudnih vzorcev smo prišli do zaključka, da je potekala mineralizacija rudnih teles Čoka Dulkana in Tilve Mike takole:

Čoka Dulkan:

Ascendentna mineralizacija:

1. Pirit-enargit.
2. Melnikovit + pirit, tektonska faza.
3. Enargit + luzonit, tektonska faza.
4. Sfalerit-medlica-galenit, tektonska faza.
5. Kovelin-neodigenit + paramorfno lamelarni halkozin-rombični halkozin.
6. Kovelin + pirit.
7. Kovelin-enargit-pirit.

Descendentna mineralizacija:

8. Kovelin-halkozin.

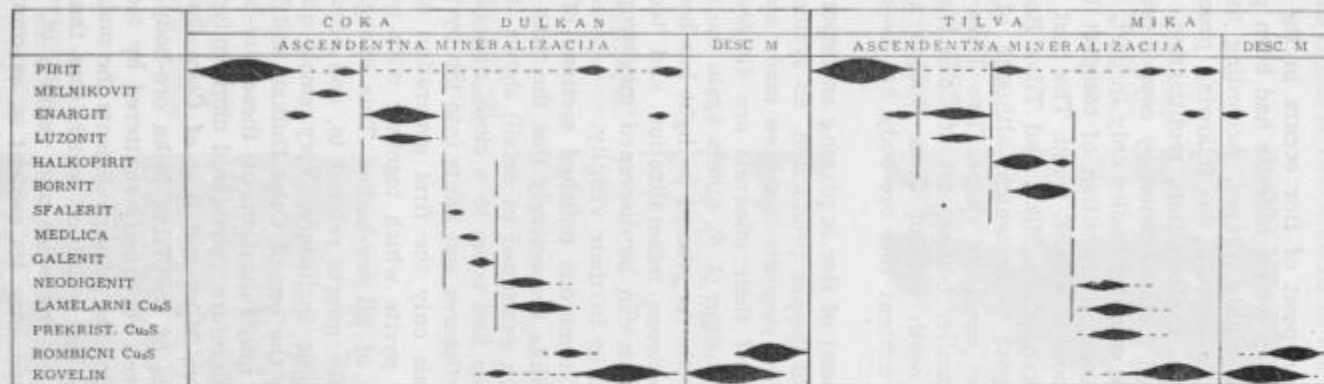
Tilva Mika:

Ascendentna mineralizacija:

1. Pirit-enargit, tektonska faza.
2. Enargit + luzonit, tektonska faza.
3. Halkopirit + pirit-bornit, tektonska faza.
4. Neodigenit + paramorfno lamelarni in prekristalizirani halkozin.
5. Kovelin + pirit.
6. Kovelin-enargit-pirit.

Descendentna mineralizacija:

7. Enargit-kovelin-halkozin.



STAROSTNO ZAPOREDJE RUDNIH MINERALOV
 POKONČNE ČRTKANE CRTE PREDSTAVLJAJO TEK-
 TONSKE FAZE

ON THE ORIGIN OF ORE-MINERALS IN THE BOR COPPER-MINE

The great copper-ore-deposit of Bor occurs in the andesite-massif of East Serbia in a region in which andesite had been propylitized, and later also hydrothermally highly altered. According to Lazarević, the classic explorer of this ore deposit, the following processes succeeded one another: propylitization, caolinization, zeolitization, silification, and eventually pyritization and mineralization by copper minerals. The impregnations of pyrite form compact bodies only in part, whereas weaker impregnations often represent a transition of compact bodies into barren rock. These bodies show a NW-SE trend. The best known compact ore-bodies are Čoka Dulkan, Tilva Mika, and Tilva Roš. Čoka Dulkan represents a compact pyrite body which, although often tectonically fractured, retained in the main its shape. The Tilva Mika ore-body represents a system of smaller bodies east of Čoka Dulkan. Tilva Roš is located between and north east of Čoka Dulkan and Tilva Mika. Due to its lower copper content this ore-body has been explored only in a limited extent.

Although the ore deposit of Bor is playing an important role in the Yugoslav as well as world copper production, no systematic chalcographic study of its known ore deposits has been made up to now. Hence opinions as to the origin of their minerals are divided, some authors advocating the descendant origin (4, 6), others again the ascendant origin (5) or, a combination of both. At present no light has been thrown upon the relations existing between mineralization and tectonic processes although the effects of both can be discerned megascopically either in the ore-bodies themselves or in their vicinity.

The examination of numerous polished sections of minerals from Čoka Dulkan and Tilva Mika respectively (for the time being the Tilva Roš ore-body has not been examined in detail) shows that immediately after the tectonic processes had come to a close, mineralization had set in working its way along fissures and joints into the pyrite bodies.

Of all copper minerals only the first generation of enargite is of a little later origin than pyrite which together with quartz forms the fine grained groundmass of all ore-bodies. This enargite, however, is only a little older than the quartz referred to, and occurs in the latter in the form of idiomorphic inclusions. Very small quantities of this enargite can be traced in the ore of Čoka Dulkan and Tilva Mika ore-bodies. The subsequent mineralization of these ore-bodies, however, shows differences. It is, therefore, considered more convenient to discuss the mineralization of Tilva Mika and that of Čoka Dulkan separately.

The main components of the Tilva Mika ore-body represented by pyrite and quartz, had been repeatedly shattered by tectonic processes. After a period of rather violent earth movements the main mineralization stage of enargite set in, the result of which was the coarse grained enargite which either filled the veins and veinlets of, or literally impregnated, the main components. Its content is, as compared with that of other minerals, smaller. Lusonite originated at the same time. The ore

O izvoru rudnih mineralov v borskem rudniku
On the Origin of Ore-Minerals in the Bor Copper-Mine

1. slika

Coka Dulkan, dnevni kop, kota 302 m, polar., 120 \times . Jedkano elektrolitsko z NH_4OH . Melnikovit (m) v značilnih koncentričnih oblikah, zunanji rob iz pirita (p), nastalega iz ionskih raztopin.

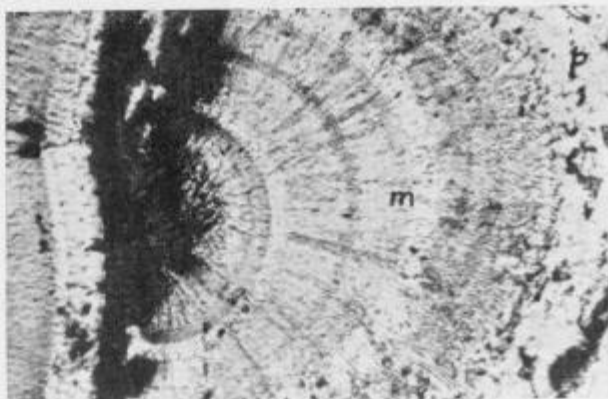


Fig. 1.

Coka Dulkan, open cast, altitude 302 m, polar., 120 \times , electrolytically etched with NH_4OH . Melnikovite (m) forming characteristic concentric aggregates with outer shell of pyrite (p), formed out of ionic solutions.

2. slika

Coka Dulkan, dnevni kop, kota 302 m, polar., 120 \times . Jedkano elektrolitsko z NH_4OH . Plastovita oblika melnikovita.

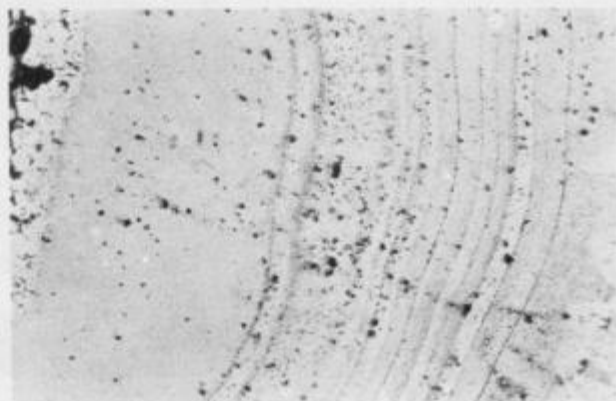


Fig. 2.

Coka Dulkan, open cast, altitude 302 m, polar., 120 \times , electrolytically etched with NH_4OH . Layer-structure of melnikovite.

3. slika

Coka Dulkan, dnevni kop, kota 302 m, polar., 120 \times . Jedkano elektrolitsko z NH_4OH . Radialno-trakasti agregat melnikovita; prehod gelastega v kristalno stanje.

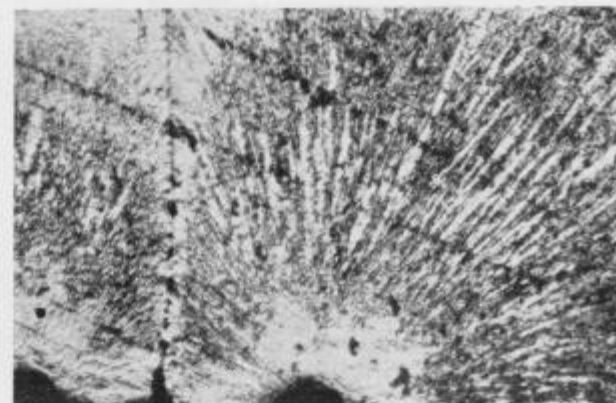


Fig. 3.

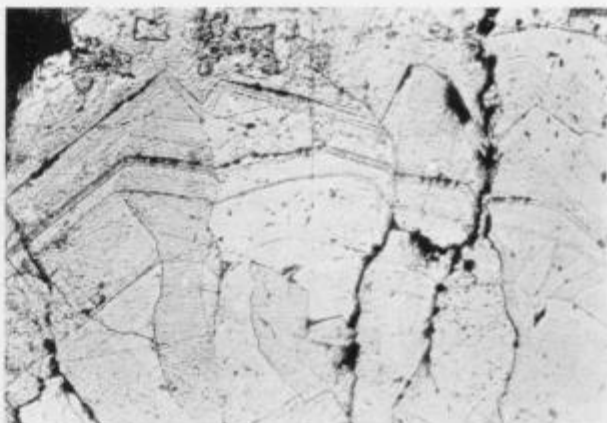
Coka Dulkan, open cast, altitude 302 m, polar., 120 \times , electrolytically etched with NH_4OH . Radial columnar aggregate of melnikovite. Transition of gel-melnikovite into crystal-state.

4. slika

Coka Dulkan, dnevni kop, kota 302 m, polar., 120 X. Jedkano elektrolitsko z NH_4OH . Conarna rast mlajšega pirita, nastalega iz ionskih raztopin.

Fig. 4.

Coka Dulkan, open cast, altitude 302 m, polar., 120 X, electrolytically etched with NH_4OH . Zonal growth of younger pyrite, crystallised out off ionic solutions.

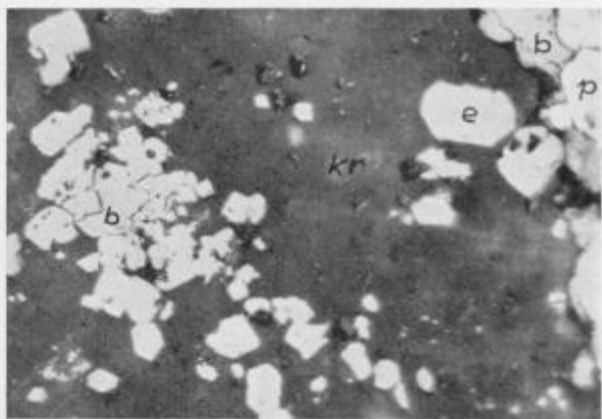


5. slika

Tilva Mika, IX. obzorje, polar., 325 X. Idiomorfni kristalički enargita v kremenu (kr), bornit (b) in pirit (p).

Fig. 5.

Tilva Mika, Level 9., polar. 325 X. Idiomorphic crystals of enargite in the quartz (kr), bornite (b) and pyrite (p).

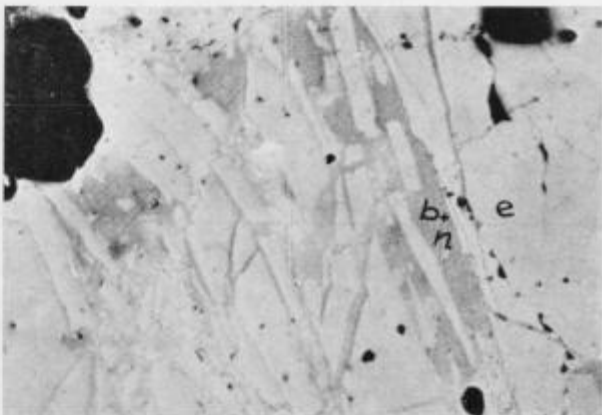


6. slika

Tilva Mika, IX. obzorje, polar., 110 X. Brečna cona v enargitu (e); v razpokah bornit (b) in neodigenit (n).

Fig. 6.

Tilva Mika, Level 9., polar. 110 X. Brecciated zone in enargite (e). Bornite (b) and neodigenite (n) in the cracks.

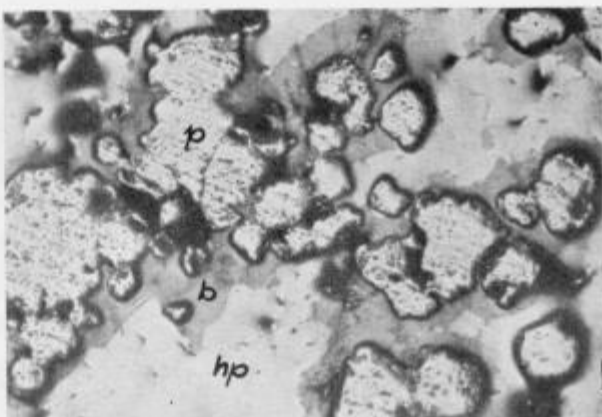


7. slika

Tilva Mika, IX. obzorje, polar., 125 X. Med piritom (p) in halkopiritom (hp) reakcijski pasovi iz bornita (b).

Fig. 7.

Tilva Mika, Level 9., polar, 125 X. Reaction-rims of bornite (b) between pyrite (p) and chalcopyrite (hp).

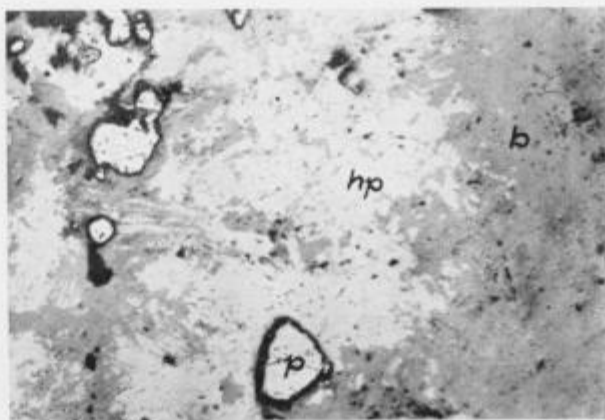


8. slika

Tilva Mika, IX. obzorje, polar., 110 X. Bornit (b) nadomešča halkopirit (hp) na desni strani slike povsem nepravilno, na levi pa pseudolamelarno. Osamljena zrna piritita (p).

Fig. 8.

Tilva Mika, Level 9., polar, 110 X. Bornite (b) replaces chalcopyrite (hp), quite irregularly on the right side, whilst on the left it is pseudolamellar. Isolated grains of pyrite (p).

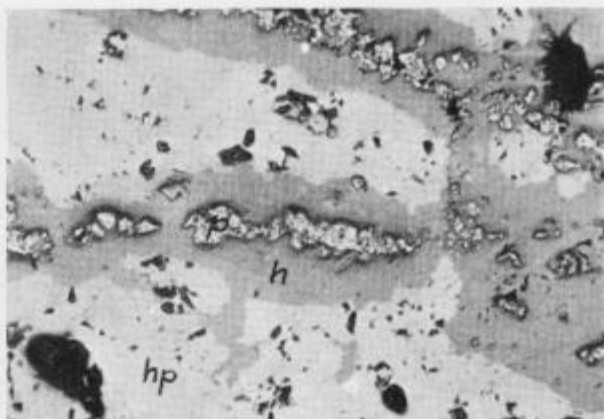


9. slika

Tilva Mika, V. obzorje, polar., 120 X. Descendentni rombični halkozin (h) nadomešča halkopirit (hp), predvsem ob piritnih zrnih (p).

Fig. 9.

Tilva Mika, Level 5., polar, 120 X. Descendent rhombic chalcocite (h) replacing chalcopyrite (hp), especially at pyrite grains (p).

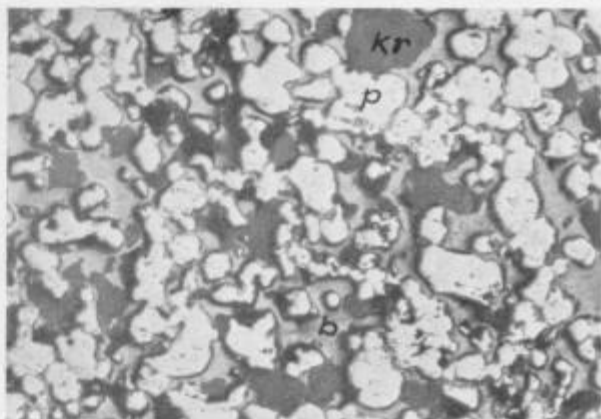


10. slika

Tilva Mika, IX. obzorje, polar., 125 X. Drobnozrnata ruda iz piritnih (p) in kremenovih (kr) zrn, med njimi bornit (b), s »konglomeratno« teksturo.

Fig. 10.

Tilva Mika, Level 9., polar, 125 X. Fine-grained ore of pyrite (p) and quartz (kr) grains, among them bornite (b), with "conglomerate texture".



11. slika

Čoka Dulkan, dnevni kop, kota 270 m, polar., 120 X. Lističasti kovelin (k) nadomešča neodigenit (n) v dveh smereh, pravokotnih druga na drugo.

Fig. 11.

Čoka Dulkan, open cast, altitude 270 m, polar, 120 X. Foliated covellite (k) replacing the neodigenite (n), especially in two rectangular directions.



12. slika

Tilva Mika, IX. obzorje, polar., 225 X. Na gornji polovici slike lamelarni halkozin z modro osnovo, na spodnji pa z rožnato. Meja ostra.

Fig. 12.

Tilva Mika, Level 9., polar, 225 X. In the upper part of the figure lamellar chalcocite with blue basis, in the lower part chalcocite with pink basis. Rather sharp boundary between them.

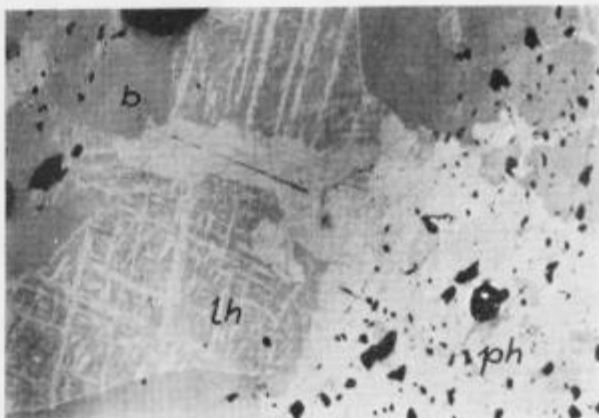


13. slika

Tilva Mika IX. obzorje, polar., 110 \times . Lamelarni halkozin (lh) z lamelami pod koti 80° v prekrizliziranem (ph), ki je močno luknjičav. Temnosiva polja bornit (b).

Fig. 13.

Tilva Mika, Level 9., polar. 110 \times . Lamellar chalcocite (lh) with lamellae in two directions forming the angle of 80° in porous recrystallised chalcocite (ph).

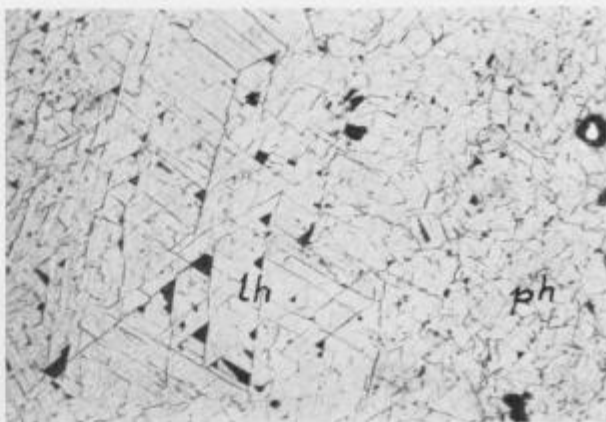


14. slika

Tilva Mika, IX. obzorje, polar., 110 \times . Jedkano s konc. HNO₃. Paramorfno lamelarni halkozin (lh) z značilno kubično strukturo po jedkanju. Prehaja v prekrizliziranega (ph).

Fig. 14.

Tilva Mika, Level 9., polar. 110 \times . Etched with HNO₃ conc. Paramorphic lamellar chalcocite (lh) with characteristic cubic structure after being etched. It passes over in recrystallized chalcocite (ph).

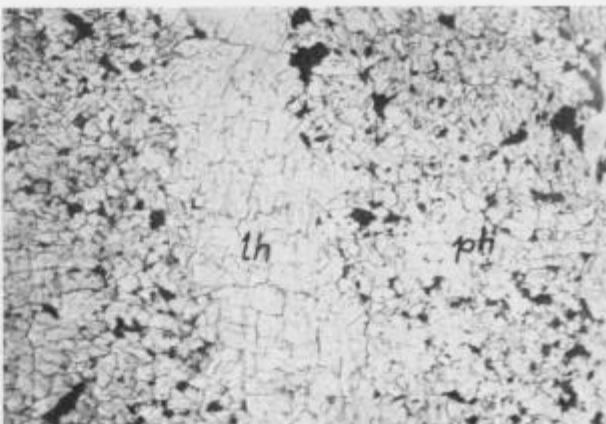


15. slika

Tilva Mika, IX. obzorje, polar., 110 \times . Jedkano s konc. HNO₃. V prekrizliziranem halkozinu (ph) žila lamelarnega (lh).

Fig. 15.

Tilva Mika, Level 9., polar. 110 \times . Etched with HNO₃ conc. In recrystallized chalcocite (ph) a vein of lamellar chalcocite (lh).



16. slika

Coka Dulkan, dnevni kop, kota 270 m, polar., 120 X. Jedkano s konc. HNO₃. Ascendentni rombični halkozin (h) z razkolnostjo po prizmi in kovelin (k). Osamljena zrnca pirita (p).



Fig. 16.

Coka Dulkan, open cast, altitude 270 m, polar., 120 X, etched with HNO₃ conc.

Ascendant rhombic chalcocite (h) with prismatic cleavage, and covellite (k). Isolated grains of pyrite (p).

17. slika

Tilva Mika, dnevni kop, polar., 120 X. V debelozrnatem kovelinu (k) žila descendentnega halkozina (h). Na meji med obema barit (bt).

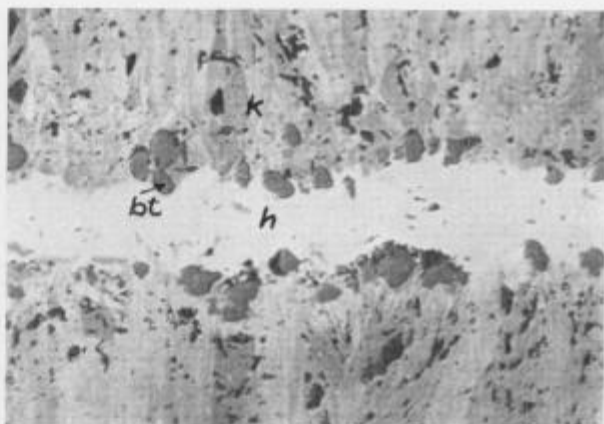


Fig. 17.

Tilva Mika, open cast, polar. 120 X.

In coarse-grained covellite (k) a vein of descendant chalcocite (h), barite (bt) on the boundary between them.

18. slika

Coka Dulkan, V. obzorje, odkop 13, polar., 120 X. Izredno drobnozrnat descendentni kovelin (k) nadomešča sfalerit (s).

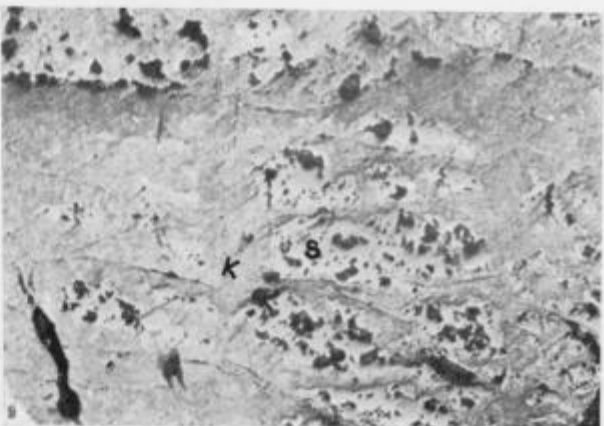


Fig. 18.

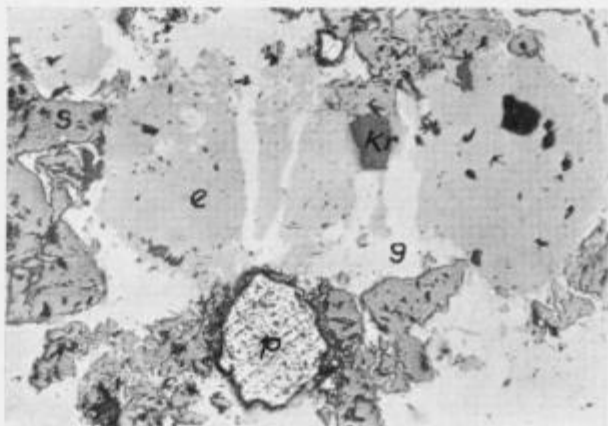
Coka Dulkan, Level 5., stope No. 13, polar. 120 X. Extremely fine-grained descendant covellite (k) replacing sphalerite (s).

19. slika

Coka Dulkan, V. obzorje, odkop 13, polar., 120 X. Zdrobljeni enargit (e) nadomešča galenit (g), ki zapolnjuje tudi razpoke v sfaleritu (s); pirit (p), kremen (kr).

Fig. 19.

Coka Dulkan, Level 5., stope No. 13, polar., 120 X. Fractured enargite (e) replaced by galena (g), it fills also the cracks in the sphalerite, pyrite (p) and quartz (kr).

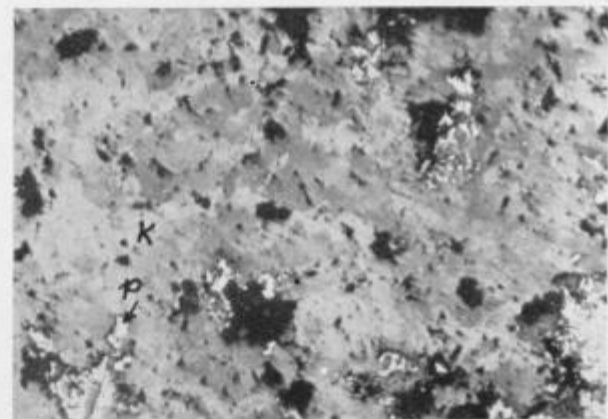


20. slika

Tilva Mika, dnevni kop, polar., 120 X. Drobnozrnat, ostrorobi kovelin (k) s piritom (p). Temna polja — luknjice.

Fig. 20.

Tilva Mika, open cast, polar., 120 X. Fine-grained, sharpbordered covellite (k) with pyrite (p). The dark spots—vugs.

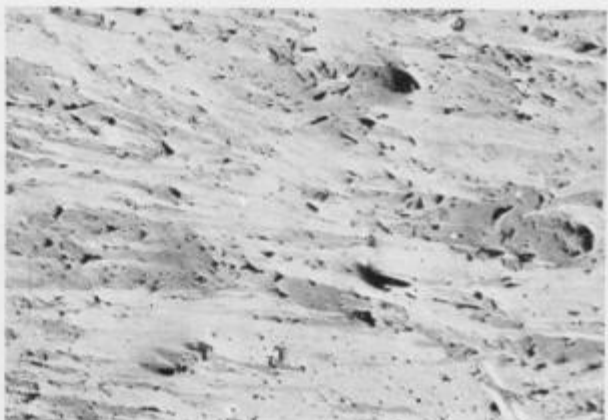


21. slika

Tilva Mika, dnevni kop, polar., 70:1. Genetsko mlajši kovelin z razpotegjenimi zrnji, brez pirita (temna polja — luknjice).

Fig. 21.

Tilva Mika, open cast, polar., 70 X. Elongated grains of younger covellite without pyrite, dark spots—vugs.



solution which had given rise to the origin of enargite had been so very actively replacing pyrite that often nothing but remains are found, of originally idiomorphous, subsequently crushed and replaced grains. The mineralization with enargite and luzonite was followed by a tectonic phase, an evidence of which are brecciated zones with younger sulphides frequently found in enargite. Subsequent to this tectonic phase the mineralization with chalcopyrite and in a lesser degree pyrite, set in. Chalcopyrite is often replaced by bornite; both, however, show here and there traces of tectonic processes. The concentration of the solution had been further altered in such a manner that the origin of neodigenite had been given rise to. Even now neodigenite can be found here and there in its original form. Its decomposition however, had made such a progress that it will be usually found in the form of the paramorphic lamellar or re-crystallized chalcocite.

Neodigenite and both forms of chalcocite are seldom tectonically fractured. Covellite, and small quantities of pyrite and enargite bring the ascendant mineralization to a close.

The descendant mineralization, not so extensive as formerly supposed, is characterized by covellite and chalcocite both of which either replace the older ascendant sulphides or form veins or veinlets. The descendant enargite, too, had been crystallized, its quantity, however, is small.

Prior to the crystallization of the bulk of enargite found in Čoka Dulkan, a hydrothermal phase with colloidal solutions gave rise to the genesis of melnicovite found in small quantities mainly in the western part of Čoka Dulkan. Subsequently the ionised solutions effected the development of pyrite crystals. It may be safely assumed that melnicovite is older than enargite, for the grains of the latter occur between the mammillary forms and in the cracks of the former mineral. Enargite is coarse-grained, tectonically shattered and occurs here in relatively greater quantities than in Tilva Mika. It is found in smaller ore-bodies, veins, veinlets and impregnations. Luzonite occurs together with enargite. The mineralization enargite-luzonite is equally developed in both ore-bodies.

Although it would seem that the subsequent mineralization would have been that with chalcopyrite and bornite no traces of these have been observed in the polished sections of ore specimens from Čoka Dulkan (bornite is found as an admixture in the lamellar chalcocite). This is a clear proof that the chalcopyrite-bornite mineralization which is a striking feature of the Tilva Mika ore-body, had not been effected in the Čoka Dulkan ore-body. This is the essential difference in the mineralization of the two ore-bodies, the cause of which, however, has as yet not been established. Instead of chalcopyrite and bornite there occur in one part of Čoka Dulkan sphalerite, tetrahedrite and galena. A further difference between the two ore-bodies is the occurrence of a small quantity of covellite which in Čoka Dulkan had originated prior to the mineralization with neodigenite. Here neodigenite and the paramorphic lamellar chalcocite occur in the same form and in the same

manner as in the Tilva Mika ore-body but instead of the re-crystallized variety of chalcocite a subordinate quantity of the ascendant romblic form is found. The younger ascendant mineralization with covellite, enargite, and pyrite shows the same features as that at Tilva Mika.

The older sulphides as neodigenite, sphalerite and enargite are replaced by the descendant covellite which occurs here and there in the form of veins and veinlets. Descendant chalcocite occurs more frequently in the ore of Čoka Dulkan than in that of Tilva Mika; its forms and mode of origin occurrence, however, follow the same pattern in both ore-bodies.

LITERATURA

Berg, G., 1919, Mikroskopische Untersuchungen an Erzen von Bor in Serbien. Zeitschrift für p. Geologie, 1919.

Dolenc, M., 1940, Potek mineralizacije borskega rudišča. Diplomsko delo.

Lazarević, M., 1909, Neue Beobachtungen über die Enargit-Covellin Lagerstätten von Bor und verwandte Vorkommen. Zeitschrift für praktische Geologie, 1909.

Lazarević, M., 1910, Ein Beispiel der Zeolithkupferformation in Andesitmassiv Ostserbiens, Zeitschrift für p. Geologie, 1910.

Lazarević, M., 1912, Die Enargit-Covellin-Lagerstätte von Čoka Dulkan bei Bor in Ostserbien. Zeitschrift für p. Geologie.

Lopez, V. M., 1939, Primary Mineralization at Chuquicamata, Chile. Economic Geology, 1939.

Mempel, 1937, Die Kupfererzlagerstätte von Bor in Jugoslawien. Metall und Erz.

Ramdohr, P., 1950, Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. Akademieverlag, Berlin.

Schneiderhöhn, H., 1931, Lehrbuch der Erzmikroskopie II. Berlin.