

IVAN JURKOVIC

MAGNETITNO LEŽIŠTE MUHAMEDBEGOVA PRISJEKA
KOD KLJUČA U BOSNI

(Sa 1 geološkom kartom u prilogu)

UVOD

U području Muhamedbegove Prisjeka, oko 4 km sjeverozapadno od Ključa nalaze se brojne pojave gipsa, anhidrita, pirita, magnetita i hematita. Rudne pojave se javljaju u paleozojskom prodoru s obje strane potoka Rijeka. Pojave gipsa se nalaze isključivo u permskim vapnencima, a pojave pirita i magnetita u permokarbonskim škriljavcima. Dosad su ležišta pirita pronađena kod kuća Grubiša u usjecima potoka Korači, Jezerski i Osoje, zatim na pozicijama Točak, Brdo i Jarčevac. Pojave magnetita, odnosno hematita konstatirane su kod Damjanovića, Šikmana, Točka i Brda.

Za vrijeme Austrougarske, pa u doba Okupacije otvorene su piritne pojave kod Grubiša i kod Točka, te u potoku Jarčevac. Radovi su bili manjih razmjera. Magnetit je dosad istraživan samo na poziciji Šikman, i ti su radovi jedini pristupačni promatranju. God. 1957. izvela je ekipa prof. B a t u r i ć a geomagnetska ispitivanja i utvrdila je magnetske anomalije značajnog intenziteta na pozicijama Šikman i Kičer.

F. K a t z e r (1905) piše o piritnom ležištu Prisjeka i kaže, da se nalazi u gornjopaleozojskim filitima, u neposrednoj blizini kuća Grubiša. C. R a u s c h e r (1902) je opisao istražne radove na toj poziciji, kojima je otvoren rudni sklad debeo mjestimice do 8 m. G r i m e r, koji je rukovodio rudarskim istragama, smatra, da je ležište žičnog tipa i da je rudna žica, koja se pruža WNW-OSO, debela 1 m. Rudna pojava je bila otvorena u potocima Korači, Jezerski i Osoje. Naročito debeo izdanak je bio u potoku Osoje. Ukupna dužina izdanaka iznosila je oko 800 m. Pirit, koji se javlja kao jedra ruda i kao uprskanja, sadržavao je 0,25% Co, 0,02% Cu, tragove As i Pb, 0,12% Zn, a u nekim uzorcima 38,5 g/t Ag i 18,3 g/t Au. Na poziciji Šikman, koja se nalazi između po-

toka Jezerski i Dubravine, našao je Grimer (manuskript) valutice i fragmente limonita i magnetita i smatrao ih je oksidacionim produktima pirita. C. Rauscher (1902) naprotiv drži, da taj magnetit pripada jednom drugom ležištu.

F. Katzer (1925) kategorički tvrdi, da su mali paleozojski prodori zapadno od rijeke Sanice u oblasti Ključa karbonske starosti. Između ostalih prodora piše i o prodoru Kopljenice 3–4 km sjeverozapadno od Ključa (pag. 441). Na trećem kilometru od Ključa na serpentinama ceste pojavljuju se ispod šupljikavih vapnenaca i verfenskih škrljavaca »polufilitni« škrljavci slični argilošistima, koji u pravcu Kopljenice prelaze u prave filite. Jako su tektonski poremećeni i u diskordantnom položaju prema trijaskim sedimentima. Katzer te filite ubraja u karbon po nalazu jedne sigilarije. To su tinjčasti filiti, ispresijecani brojnim kvarcnim žilicama.

God. 1941. snimio je I. Soklić (manuskript) područje Muhamedbegove Prisjeka (u mjerilu 1 : 5.000) s obje strane Rijeke, pritoke Sanice. Snimljena površina iznosila je $4 \times 3,5 \text{ km} = 14 \text{ km}^2$. Polovina snimljenog terena pripada stratigrafski paleozoiku. Paleozojski prodor ima smjer pružanja NNW-SSO, zauzimajući najniže dijelove terena s obje strane potoka Rijeka, od Kopljenice na jugu do Brkića i Damjanovića na sjeveru. Širina prodora iznosi u prosjeku 1,5 km, dok mu je dužina poznata na preko 5 km. I. Soklić je izdvojio: a) permokarbonske kvarcite, b) permokarbonske vapnene breče i šupljikave vapnence, c) permske vapnence s gipsom i anhidritom i d) permske crvene i sive krupnozrnate pješčenjake. Paleozoik je prekriven ili je u diskordantnom položaju sa trijaskim sedimentima: verfenskim škrljavcima, te svijetlim je-drim i tamnim pločastim vapnencima. Zanimljivo je, da se sve pojave pirita, hematita i magnetita nalaze prema karti I. Soklića isključivo u permskim kvarcitima, dakle u jednom određenom stratigrafskom horizontu.

MAGNETITNO LEŽIŠTE ŠIKMAN

(Muhamedbegova Prisjeka)

Rudna pojava se nalazi između potoka Jezerski i Dubravine.

A. Petrografija okoline rudnog ležišta

Mikroskopiranjem uzoraka stijena iz neposredne okoline ležišta i salbandi rudnog tijela determinirali smo ove tipove stijena:

1. *Kvarcno – sericitski škrljavac* je tabličasta stijena sive boje izgrađena od vrlo fino-zrnatog agregata zrnaca kvarca i listića sericita. Stijenu presijecaju tanke žilice krupnije kristalastog kvarca i krupnijih listića muskovita. Dimenzije sastojaka stijene pokazuju, da se radi o »silt« škrljavcu. Postoji mogućnost, da se radi o hidrotermalno izmijenjenom tufu.

2. *Kvarcno-sericitski škrljavec s prijelazom u fino-zrnati kvarcno-sericitski pješčenjak* je stijena izgrađena od vrlo nepravilno raspoređenih partikula kvarca dimenzija od 50 do 100 mikrona u matriksu sericita i kvarc-kalcedona. Kvarc je uglavnom ekvidimenzionalan, angularan do subangularan, a uza nj se zapažaju i veći listići sericit-muskovita. I ta bi stijena mogla biti dijagenezom izmijenjen tuf.

3. *Sitnozrnati pješčenjak* se sastoji od partikula kvarca dimenzija 50–100 mikrona, koje se nalaze u matriksu vrlo fino listićavog i vrlo fino znatog pleohroitičnog klorita zelene boje, maksimalne dužine od 100 mikrona. U kloritu ima opakih minerala,

4. *Krupno-zrnati kvarcni pješčenjak* sastoji se od detritičnih partikula kvarca, kvarcita, čerta, koje se nalaze u matriksu kalcedon-kvarca, klorita i vrlo finog praha opakih minerala. Poneka kvarcna zrna sadržavaju crvenkastocrni prah hematita. U stijeni ima dosta idioblasta i nakupina opakih minerala. Veličine detritičnih partikula kvarca kreću se između 0,1 do 0,3 mm.

5. »*Tufozni*« *pješčenjak* izgrađen je od krupnih kristala opakih minerala, kvarca i nakupina aglomeriranih izrazito polisintetski bližjenih fragmenata plagioklasa. Plagioklasi (bazični) su posuti finim prahom i listićima sericita. Matriks je od kvarca (kalcedon), sericita i nekih neidentificiranih sitnih kristalića. Stijena je »tufozna« karaktera.

6. *Kloritni škrljavec* smo utvrdili u samom rudnom tijelu ili u neposrednim salbandima. Izgrađen je samo od klorita i impregnacija opakih minerala. U većini preparata klorit je kao listići 5 do 30 mikrona dužine, iako ima pojedinačno još sitnijih, ali i krupnijih listića klorita. Mjestimice smo zapazili sferolite i oolite radijalnolistićave strukture. Sferoliti klorita dosežu dimenzije i do 100 mikrona. U sitnolistićavom kloritu ima gnijezda, nakupina i »žilica« krupnijih listića klorita. Naročito je to izraženo oko nakupina krupnozrnatog magnetita. Kvantitativna kemijska analiza jednog sitnolistićavog agregata klorita, koju je izvršio ing. D. Šiftar, pokazala je, da se radi o kloritu bogatom na željezu. Količina FeO plus Fe₂O₃ kretala se između 15% do 18%, što karakterizira prelazne članove od običnog klorita prema željeznim kloritima šamozitu i turingitu.

Mikroskopska ispitivanja stijena u neposrednoj okolini ležišta magnetita Muhamedbegova Prisjeka pokazala su, da se ležište nalazi u seriji klastičnih sedimenata: silt škrljavaca, fino-zrnatih pješčenjaka, kao i »tufoznih« sedimentita. Takva serija sedimentita vezana je za epirogenu fazu jednog geosinklinalnog plitkomorskog obalnog pojasa.

B. Parageneza magnetitnog ležišta Šikman

Mikroskopiranjem rudnih preparata iz današnjih rudarskih istražnih radova u prolaznom i reflektiranom svijetlu utvrdili smo ovu paragenezu: *pirit*, *magnetit*, *martit*, *hematit*, *Fe-klorit*, *šamozit*, *kvarc*, *kalcedon* kao primarni minerali i *limonit* kao sekundaran mineral.

Glavni rudni minerali su pirit i magnetit, a od minerala jalovine najčešći su Fe-klorit i kvarc s kalcedonom. Martit je zapažen samo u uzorcima magnetita s površine rudnog tijela. U piritu su zamijećene mikroskopski fine inkluzije sulfida i sulfosoli, vjerojatno bakra i kobalta, prema prijašnjim kemijskim analizama:

Piritna i magnetitna tijela su u pravilu prostorno odijeljena, ali u magnetitu često nailazimo zamjetljive količine piritu.

C. Mikrofiziografija rudnih i nerudnih minerala

Magnetit je glavni rudni mineral u sada otvorenim istražnim radovima. Javlja se kao jedre, kompaktne mase, gnijezda i impregnacije. Izvanredno značajno i karakteristično je, da se radi o *mušketovitu*, t. j. o pseudomorfozi magnetita po hematitu (spekularitu). Mušketovit tvori snopove tanjih i debljih listića i pločica. Dužine se kreću od 0,1 do 1,5 mm, a debljine pojedinih listića od 20 do 60 mikrona. Često zapažamo jedne kraj drugih snopove različitih debljina i dužina, kao i različite prostorne orijentacije. Listići u snopovima su poredani ili subparalelno, ili divergentno, a ima i izuvijanih i među sobom isprepletenih listića u pojedinom snopu. Na nekim individuima se vide postrudne kataklaze. Mušketovit je nastao iz primarnog spekularita promjenom redox-potencijala (E_h). Najnovija istraživanja W. C. Krumbeina i R. M. Garrelsa (1952) su pokazala, da hematit nastaje kod $E_h = + 0,1$ do $+ 0,2$ elektronvolta, a magnetit kod $E_h = \pm 0,0$ eV, dakle, dok hematit nastaje uz pozitivan redox-potencijal, magnetit nastaje na prijelazu iz oksidacionog u reduktivno područje. U genetskom smislu to znači, da je neposredno nakon kristalizacije spekularita došlo do sniženja redox-potencijala i do djelomične redukcije Fe_2O_3 iz molekule hematita u FeO i time do pretvorbe hematita u magnetit. U rudištu osim mušketovita ima i izometrijskog magnetita u obliku idioblasta vrlo sitnih pa do veličina od 1 mm. Pri procesu idioblasteze došlo je do uklapanja tuđih komponenta, kao na pr. uklapanja piritu, kvarca, klorita i t. d. Idioblasti magnetita su ili kristali samci ili nakupine priraslih kristala. Ima i ksenoblastičnih nakupina zrnja magnetita, često proraslih piritom. Kod izvjesnog broja preparata magnetita, uglavnom onih sa površine ležišta, zapaža se proces martitizacije magnetita.

Martit se stvara uzduž oktaedrijskih ravnina magnetita tvoreći tako pravilnu geometrijsku mrežu. Martitizaciji su pogodovale kataklaze u magnetitu. Ponegdje se martit stvara i po obodu zrnja magnetita.

Limonitizacija magnetita je vrlo ograničenih razmjera, a to je i razumljivo s obzirom na veliku stabilnost molekule magnetita na atmosferičke uvjete. Limonitizirani su, a i to tek djelomice, samo uzorci s izdanaka rudnog tijela, kao i valutice u okolini rudišta.

Pirit je ili u zasebnim rudnim tijelima, ili u manjoj mjeri zajedno s magnetitom. Kad tvori samostalna rudna tijela pirit je intimno prorasao kvarcom, tako da rovni pirit sadržava zamjetljive količine SiO_2 . U magnetitnim rudnim tijelima pirit se javlja u proslojcima, ili kao ni-

zovi zrnaca, gnijezda i nakupine. Idioblasti pirita uklapaju zrnca magnetita, kvarca, a u jednom uzorku zapažen je u piritu ovalni uklopak hematita, koji je bio sačuvan od redukcije u magnetit. Mjestimice smo utvrdili u piritu mikroskopski sitne inkluzije dvaju minerala, jednog ružičastog, vjerojatno Co(Ni) sulfida, i jednog žućkastog, najvjerojatnije Cu-minerala. Ranije kemijske analize pirita pokazale su sadržaj Co, Pb, Zn i Cu, koji po našem mišljenju potječe od tih inkluzija.

Fe-klorit se javlja ili zasebno kao tanki slojčići i proslojci u salbandima magnetitnog rudnog tijela, odnosno u alternaciji sa sericitsko-kvarcnim škriljavcem, ili pak u samom rudnom tijelu. Fe-klorit je izvanredno sitnokristalast, veličine individua kreću se od 5 do 30 mikrona. Tek oko većih idioblasta ili nakupina krupnijih kristala magnetita ima i krupnije lisnatog klorita. Zbog plasticiteta klorita tektonska kretanja u postrudnoj fazi naročito su se odrazila na onim dijelovima rudišta, gdje se nalazilo više klorita. Pritom je došlo i do migracije i lokalne koncentracije klorita, kao i do prekrystalizacije. Pretežan broj rasjeda, makroflexura i mikroflexura nalazi se u jačim koncentracijama klorita. Diferencijalna kretanja u rudnom tijelu po slojčićima i nakupinama klorita uvjetovala su lokalno nenormalne epigene prostorne oblike, koji su neke istraživače naveli na misao, da se radi o žičnom tipu orudnjenja. Karakteristično je, da klorit dosad nije zapažen u kvarcno-piritnim rudnim tijelima već samo u magnetitnim. Kemijska analiza je pokazala, da je klorit veoma željezovit i da tvori prijelaz u šamozit-turingit. Zelene je boje i izrazito pleohroitičan.

Šamozit-turingit je u posve podređenoj količini prema Fe-kloritu. Krupno je lisnat, pleohroitičan, s plavkastim tonovima boja. Nalazimo ga lokalno u sitnolistićavom kloritu kao sitne nakupine krupnih listića u društvu s idioblastima magnetita, ili u epigenetskim žlicama, koje u različitim smjerovima presijecaju rudno tijelo, a koje uz šamozit sadržavaju i kalcedon, odnosno kvarc.

Kvarc je značajna sastavina piritnih tijela u rudištu. Optički je često anomalan i kataklaziran. Zrna dosežu veličine i do 1 cm, ali su pretežno nekoliko mm velika. Dio kvarca je svakako detritalnog porijekla.

Kalcedon izgrađuje sam ili s kloritom epigeno nastale spletove žilica u magnetitnim tijelima. Dio kalcedona je prekrystalizirao u kvarc.

D. Oblici rudnih tijela

Orudnjenje se javlja u obliku proslojaka i lećastih skladova, koji su konkordantno uloženi u seriju klastičnih sedimentita. Cijela rudna serija ima generalni pravac pružanja od ONO ka WSW s blagim padom na sjever. Česte su lokalne promjene pada. Epigenetska tektonika uzrokovala je lokalne rasjede, brojne flexure, klizne plohe, drobljenja, kataklaziranja, a nastale mikroprslina i makroprslina ispunjene su sekundarno-hidrotermalnim kvarcom, kalcedonom, kloritom i piritom.

U dosad otvorenom dijelu rudišta utvrdene su dvije magnetitne slojne zone debljine u prosjeku 0,5 do 1,0 m. U tim se zonama izmjenjuju pro-

slojci i lećice klorita i rude (pretežno magnetit s malo pirit) s proslojcima jalove stijene. Osim tih rudnih zona utvrđen je i jedan piritско-kvarcni horizont slične debljine.

E. Geneza rudne pojave

Karakteristična parageneza rudne pojave Šikman na Muhamedbegovoj Prisjeci, u kojoj prevladavaju Fe-klorit i pseudomorfoze magnetita po spekularitu, te skladovski oblik pojavljivanja kao proslojci, slojne leće u jednom određenom stratigrafskom horizontu, navode na zaključak, da se radi o marinskom sedimentnom rudištu.

U neposrednoj okolini rudišta Šikman nalazi se niz rudnih pojava, koje imaju vrlo slične ili identične parageneze, a nalaze se po L. Sokliću (1941) u istom stratigrafskom horizontu. Treba istaknuti, da između tih pojava postoje dvije grupe, od kojih su jedne piritско-kvarcne, a druge magnetitske, odnosno hematitske rudne pojave. Može se uočiti neka prostorna odijeljenost tih dvaju tipova parageneza. Magnetitne pojave se nalaze na istočnom, a piritne na zapadnom dijelu Muhamedbegove Prisjeke.

Istraživanja W. C. Krumbeina - R. M. Garrelsa (1952) utvrdila su laboratorijskim putem uvjete, kod kojih dolazi do kemijske sedimentacije pojedinih minerala. Uzmemo li za komparaciju one minerale, koji kao glavni minerali izgrađuju parageneze rudnih pojava na Muhamedbegovoj Prisjeci, a to su hematit, magnetit, pirit i Fe-klorit, tada vidimo, da su Fe-silikat i magnetit nastali kod vrlo silčnih uvjeta, t. j. uz $pH = 7,0$ do $7,8$ i uz redox-potencijal na prijelazu između oksidacijskog u reduktivno područje. Hematit i pirit su nastali uz sličan pH , ali dok je hematit izlučen uz izrazito pozitivan redox-potencijal, to je pirit nastao u reduktivnim uvjetima. Iz navedenog se vidi, da su rudne pojave nastale u vrlo labilnim uvjetima redox-potencijala, koji se u toku sedimentacije mijenjao i temporalno i lateralno. Temporalna promjena redox-potencijala uvjet je raznolikosti mineraloškog sastava pojedinih rudnih horizonata u određenoj vertikali u toku same sedimentacije, pa je došlo do alternacije magnetitskih (hematitskih), kloritskih i piritских proslojaka, odnosno horizonata. Zbog pomanjkanja istražnih rudarskih radova širih razmjera teško je utvrditi stvarno stanje temporalne promjene redox-potencijala u fazi sedimentacije, ali je činjenica, da se redox-potencijal mijenjao od pozitivnog (hematit), preko neutralnog (Fe-silikat) do reduktivnog područja (pirit), odnosno obrnuto. Osim temporalne promjene redox-potencijala za vrijeme primarne sedimentacije došlo je i do barem parcijalne promjene i u fazi dijageneze, i to u pravcu reduktivnih uvjeta, a to zaključujemo prema pseudomorfozi magnetita po spekularitu. Postoji mogućnost, da je i dio piritа u magnetitskim proslojcima rezultat temporalne promjene redox-potencijala djelovanjem H_2S juvenilnog ili organskog porijekla i njegova djelovanja na Fe u molekuli magnetita (ili hematita).

Lateralna promjena redox-potencijala očituje se u promjeni parageneze istog horizonta na pojedinim pozicijama ili lokalno. Prostorna odjeljenost piritiskih od magnetitskih, odnosno hematitskih tijela bila bi djelomična potvrda te pojave.

Držim, da je temporalna promjena redox-potencijala bila izrazitija od lateralne.

U literaturi postoje oprečna mišljenja o porijeklu Fe-iona marinskih sedimentnih željeznih rudišta. Dok jedni autori smatraju, da je željezo dospjelo u more tekućicama s kopna u obliku detritusa, ili u ionskom stanju, drugi drže, da je dovedeno pri geosinklinalnom vulkanizmu kao hidrolizirani fero-silikati ili FeCl_2 (vidi opširnije kod A. Cissarz, 1957).

Parageneza rudnih pojava na Muhamedbegovoj Prisjeci, zatim prisutnost »tufoznih« stijena kao i serije sericitsko-kvarcnih škrljavaca, koji su možda hidrotermalno i dijagenetski izmijenjeni submarinski tufovi, navodi nas, da se opredjeljujemo za submarinsko-vulkanski postanak navedenog ležišta. Za rješenje tog problema treba provesti svakako dalja detaljnija geološka istraživanja, koja izlaze iz okvira ovog rada.

Današnji mineraloški sastav i strukture rude u ležištu razlikuju se od primarnog (prvobitnog) sastava i strukture. Dijagenetski procesi uz istovremenu promjenu redox-potencijala uvjet su znatnoj preobrazbi strukture rude i izmjene u paragenezi.

Procesi mineralizacije na Muhamedbegovoj Prisjeci nisu se odvijali na cijelom orudnjenom terenu pod istim uvjetima redox-potencijala. Piritiska ležišta zapadnog dijela terena nastala su uz negativan, a hematitska ležišta istočnog dijela terena uz pozitivan redox-potencijal. Reduktivni uvjeti su ostvareni prisutnošću H_2S juvenilnog ili organskog porijekla, a oksidacioni uvjeti penetracijom O_2 s površine. Zajedničko pojavljivanje hematitskih i kloritskih proslojaka pokazuju, da su se oksidacioni uvjeti izmjenjivali s neutralnim uvjetima, kod kojih je nastao Fe-klorit. Zbog toga što su istražni radovi ograničeni samo na poziciju Šikman, nismo dosad uspjeli riješiti, da li je stvaranje piritita istovremeno sa stvaranjem hematita i Fe-klorita ili postoji vremenski razmak u postanku. To treba da riješe budući detaljniji geološki radovi.

U toku dijageneze rudnih ležišta mijenjali su se uvjeti redox-potencijala. Pokrivanje rudnih sedimenata novim nepropusnim sedimentima i time sprečavanje dovoda kisika, stvaranje H_2S gnijilenjem organske supstance uzrokovalo je prijelaz pozitivnog u neutralan i negativan potencijal. Time je došlo do redukcije hematita u magnetit i stvaranje mušketo-vita. U toj fazi dijageneze zbilja se i djelomična piritizacija hematita djelovanjem H_2S , o čemu svjedoče zaostali uklopci hematita u piritu.

Dijageneza je najviše izmijenila prvobitne koloidne taloge Fe-silikata. Oni su vrlo osjetljivi i labilni na svaku i najmanju promjenu redox-potencijala. Došlo je do prekrystalizacije gela u kriptokristalaste i mikrokristalaste mase listićavog Fe-klorita, kao i do djelomične pretvorbe u magnetit. Kasnije je došlo i do pojava blasteze i stvaranja idioblasta i ksenoblasta magnetita i piritita.

U toku procesa dijageneze oslobadala se dehidracijom primarno izlučenih gelova piritita i Fe-silikata znatna količina vode, koja je izvršila parcijalno otapanje mineralne supstance u rudnim sedimentima i transport u prsline i pukotine, koje su nastale u rudištu i salbandima u vrijeme mladih tektonskih faza. Tako su nastale mlađe sekundarno-hidrotermalne žilice i gnijezda klorita, kalcedona i piritita.

S obzirom na paragenezu rudno se ležište Šikman najviše približava paragenezi geosinklinalnih, staropaleozojskih ležišta željeznih silikata Makedonije (A. Cissarz, 1957). Razlikuju se po starosti, jer su ležišta na Muhamedbegovoj Prisjeci gornjopaleozojska.

U novije doba autor je utvrdio cijeli niz sedimentnih rudnih ležišta gornjopaleozojske starosti, u zoni unutarnjih Dinarida, koja do sada u literaturi nisu bila poznata. To su: 1. ležišta siderita, hematita i gips-anhidrita u Rudama kraj Samobora, 2. baritska ležišta s melnikovit-piritom u Gorskom Kotaru kod Mrzlih Vodica i Homera i u Lici kod Ričice i Pilara (I. Jurković, 1958b), 3. ležišta hematita kod Bukovice u Kordunu (I. Jurković, 1958a), 4. ležišta siderita na Debeloj Kosi kod Sinjakova (Jajce) i 5. piritko-magnetitska ležišta na Muhamedbegovoj Prisjeci kod Ključa. Time se prvi puta u našu literaturu o rudnim ležištima s obzirom na njihov položaj prema vulkanizmu i geotektonici unosi nov tip pojavljivanja ležišta u Jugoslaviji, koji je submarinskog porijekla, a vezan je na gornji paleozoik.

LITERATURA

- Cissarz, A. (1957): Lagerstätten des Geosynklinalvulkanismus in den Dinariden und ihre Bedeutung für die geosynklinal Lagerstättenbildung. *Nenes Jb. Mineral. Abh.* 91. pag. 485-540, Stuttgart.
- Jurković, I. (1958a): Metalogenija Petrove gore u jugozapadnoj Hrvatskoj. *Geološki vjesnik*, XI. Zagreb.
- Jurković, I. (1958b): Baritne pojave u Hrvatskoj. (Manuskript).
- Katzer, F. (1905): Die Schwefelkies- und Kupferkieslagerstätten Bosniens und der Hercegovina. Wien.
- Katzer, F. (1925): Geologie Bosniens und der Hercegovina, I. Bd. Sarajevo.
- Krumbein, W. C. & Garrels, R. M. (1952): Origin and classification of chemical sediments in term of p_H and oxydation/reduction potential. *J. of Geol.* 60, pag. 1-33, Chicago.
- Rauscher, C. (1902): Citat iz F. Katzer, 1905.
- Soklić, I. (1941): Manuskriptna geološka karta Muhamedbegove Prisjeka kod Ključa, M 1:5.000, izrađena god. 1941.

Summary

IVAN JURKOVIĆ

THE MAGNETITE OCCURRENCE OF MUHAMEDBEGOVA PRISJEKA NEAR KLJUČ

In the region of Muhamedbegova Prisjeka, circa 4 km. north-west of Ključ in north-western Bosnia, there are numerous occurrences of gypsum, anhydrite, pyrite, magnetite and hematite. According to F. Katzer's explorations, these ore occurrences are situated in the Palaeozoic protrusion on both sides of the Rijeka brook. Accor-

ding to I. Soklić's (1941) geologic map, the Palaeozoic is built of Permo-carbonic quartzites, calcareous breccias and porous limestones, Permian limestones with gypsum, as well as red and grey coarse-grained sandstones. The occurrences of gypsum are to be found exclusively in Permian limestones, while the occurrences of pyrite and magnetite are situated in Permo-carbonic schists (Annex 1).

Prior to World War I as well as during World War II the pyrite occurrences were explored and partly exploited. To-day, these works are filled-in. Through geomagnetic explorations in 1957 it was possible to establish conspicuous anomalies at Šikman and Kičer, whereafter mining explorations were started at Šikman. This year the author inspected the mining works and performed petrographic and mineragraphic examinations of the rock and ore specimens collected.

The ore occurrence is situated in a elastic series of sediments in which sericitic-quartzitic schists with fine-grained and more coarse-grained quartzose sandstones and »tuffose« sediments alternate. Such a series of sediments is bound to the epirogenic phase of a geosynclinal shallow-sea coastal belt. The occurrence of »tuffites« points to submarine effusions of lava in the nearer environs.

Ore-microscopic examinations established the following paragenesis: *pyrite, magnetite, martite, hematite, Fe-chlorite, chamoisite, quartz, chalcidony* and *limonite*. The principal ore minerals are pyrite and magnetite, and of the minerals of the gouges Fe-chlorite and quartz with chalcidony. Martite was observed only in specimens of magnetite from the surface of the ore body. Pyrite displayed microscopically small inclusions of undeterminate sulphides and sulphosalts and in places of hematite. It is conspicuous for the paragenesis that magnetite occurs predominantly as pseudomorphoses on specularite (hematite), i. e. in the form of muschketovite.

The ore deposition appears in the form of interlayers and lenticular formations, which are concordantly inserted into a series of elastic sediments. The whole ore series at Šikman is of the general extension ENE-WSW, with a mild but changeable gradient towards the north. The epigenetic tectonics caused local faults, crushings and cataclases, while the thus formed micro- and macro-cracks are filled with secondary-hydrothermal quartz, chalcidony, chlorite and pyrite. In the so far opened portion of the ore occurrence two magnetitic stratal zones of an average thickness of 0.5 to 1 m. as well as one pyritic-quartzitic horizon of a similar thickness have been established.

In the paragenesis of the ore occurrence of Šikman, in which are predominant Fe-chlorite and pseudomorphoses of magnetite by hematite, the occurrence in the form of interlayers and stratal lenses in a definite stratigraphic horizon are characteristic of marine sedimentary layers. The »tuffose« rocks as well as the series of sericitic-quartzitic schists, which are perhaps hydrothermally changed submarine tuffs, point to the marine-volcanic origin of the ore occurrences at Šikman and in this neighbourhood.

Iron and silicium were brought as hydrolized Fe-silicates (A. Cissarz, 1957). Owing to the temporal and lateral change of the redox potential in the mineralized region, the Fe-silicates are deposited with $E_h = 0.0$ as colloidal Fe-silicates, with $E_h = +$ as hydrohematite and gel SiO_2 , and with $E_h = -$ and in the presence of juvenile or organic H_2S as the mixed gel FeS_2 and SiO_2 .

The processes of diagenesis, as well as the predominance of a negative redox potential caused a recrystallization of the Fe-silicates into crypto- and microcrystalline masses of foliated Fe-chlorite, local formation of a more coarse-foliated chamoisite, as well as weaker or stronger transformation into magnetite. These same processes are responsible for the recrystallization of the mixed gels FeS_2 and SiO_2 into pyrite and quartz, which, by amassing and cementing the crystallites formed intimately ingrown more coarse-grained masses of pyrite and quartz. Hydrohematite yielded through recrystallization crypto- and microcrystalline masses of foliated specularite, which, by the change of the oxidation potential into a reductional one was reduced to magnetite in the pseudomorphic forms on hematite, or to muschketovite. The processes of blastasy also contributed to the change of the original structure of the ore.

The water formed by dehydration of the gels in the process of recrystallization caused partial dissolution of the ore substance as well as its transport into secondary

-hydrothermal plexuses of small veins in the ore body and along the surrounding rocks, which are filled with chlorite, pyrite and chalcedony.

As to its paragenesis, the ore occurrence of Šikman resembles most the Old-Palaeozoic geosynclinal layers of iron silicates in Macedonia (A. Cissarz, 1957), but it belongs to the Younger Palaeozoic.

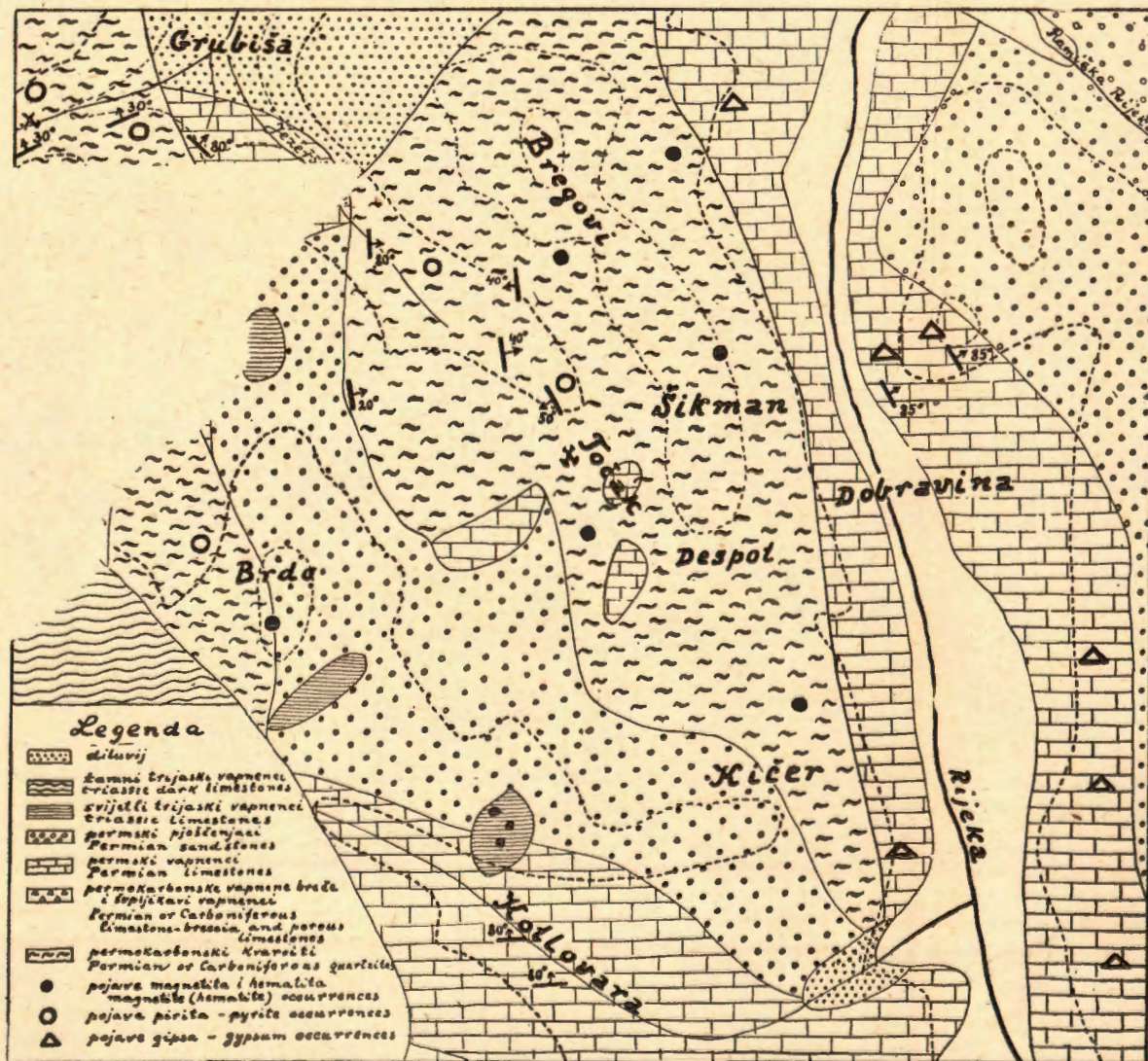
Through more recent explorations in the zone of the Inner Dinarids the author established a whole series of Upper Palaeozoic sedimentary marine layers thus far unknown in literature: gypsum, anhydrite, siderite and hematite at Rude near Samobor; barite with melnicovite-pyrite in the province of Gorski Kotar near Mrzle Vodice and Homer as well as in the province of Lika near Ričica and Pilar (I. Jurković, 1958b); hematite near Bukovica in the province of Kordun (I. Jurković 1958a); hematite and siderite at Debela Kosa near Sinjakovo; as well as the herein described layers of magnetite and pyrite with Fe-chlorite near Ključ. With these discoveries our literature on ore deposits receives for the first time data on the submarine-sedimentary type of layers of the Upper Palaeozoic.

Septembar 1958.

*Institut za mineralogiju, petrologiju i rudna ležišta,
Tehnološki fakultet, Sveučilište, Zagreb*

*Institute of Mineralogy, Petrology and Ore Deposits,
Technological Faculty, University of Zagreb.*

I. Jurković: Magnetitno ležište Muhamedbegova Prisjeka kod Ključa



MUHAMEDBEGOVA PRISJEKA KOD KLJUČA
(geologija po I. ŠOKLIČU)

0 200 400 600 m