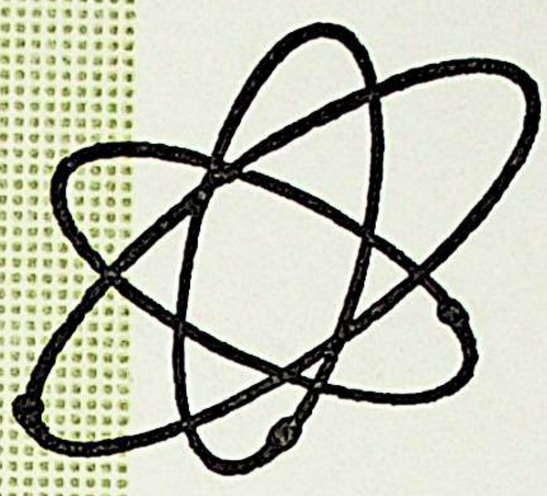


RADOVI

INSTITUTA ZA GEOLOŠKO-RUDARSKA ISTRAŽIVANJA
I ISPITIVANJA NUKLEARNIH I DRUGIH
MINERALNIH SIROVINA

GODINA XI / BROJ 11 / BEOGRAD 1977.

RADOVI

INSTITUTA ZA GEOLOŠKO-RUDARSKA ISTRAŽIVANJA I ISPITIVANJA NUKLEARNIH I DRUGIH MINERALNIH SIROVINA

SVESKA 11

BEOGRAD
1977.

REDAKCIJSKI KOLEGIJUM:

Stanojlo Cvetić
Nadežda Krstić
Jelena Luković
Gordana Martinović
Milovan Mladenović
Veljko Omaljev
Milan Petrović
Vladimir Sarić

ODGOVORNI UREDNIK:

Momčilo Vukasović

Republička Zajednica nauke SR Srbije učestvovala je u troškovima izdavanja ovoga broja časopisa »Radovi«.

Tiraž: 500 primeraka

Štampa: Grafičko preduzeće »Radiša Timotić«, Beograd, Jakšićeva 9

SADRŽAJ — CONTENTS

Strana
Page

1. Antonije Antonović i Verica Filipović: Neki aspekti geologije, petrologije i rudonosnosti kenotipnih vulkanita Jugoslavije . . 1
   Antonije Antonović and Verica Filipović: Some aspects of geology, petrology, geochemistry and ore mineralization of kainotype volcanites of Yugoslavia 25

2. Milan Ristić i Dušan Radusinović: Genetski tipovi i problemi stvaranja ležišta i mineralizacija urana u Jugoslaviji 27
   Milan Ristić and Dušan Radusinović: Genetic types and problems related to formation of uranium deposits and mineralization in Yugoslavia 34

3. Vojislav Vujanović i Milorad Teofilović: Geološko-strukturne i hidrogeološke karakteristike okoline Cetinja i Rijeke Crnojevića, sa posebnim osvrtom na područje Dobrska Župa — Meterizi i šire . . . 37
   Vojislav Vujanović and Milorad Teofilović: Geologic structural and hydrogeological features of the Cetinje — Rijeka Crnojevića area with review of the Dobra Župa — Meterizi one , ... 64

4. Slobodan Vukašinović: Zemljina kora i geotektonska rejonizacija Srednjeg Jadrana u svetlosti aeromagnetskih podataka 67
   Slobodan Vukašinović: Eart's crust and geotectonic subdivision of Middle Adriatic based on aeromagnetometric data 71

5. Đorđe Klajn: Geološke, geohemijske i metalogenetske odlike rudnih pojava Borovika u SR Makedoniji 73
   Đorđe Klajn: Geological, geochemical and metallogenetic characteristics of Borovik ore occurrences (SR Macedonia) 84

6. Radule Popović: Hidrotermalna mineralizacija kod s. Kolari (Kičevo) 85
   Radule Popović: Hydrothermal mineralization near the village of Kolari, Kičevo area, Macedonia 90

7. Radule Popović: Pojava bakrove mineralizacije kod s. Judovo (Kičevo) 91
   Radule Popović: The copper ore occurrence near Judovo (Kičevo) 96

8. Veljko Omaljev: Geološka građa terena Miduk u Iranu 97
   Veljko Omaljev: Geological features of Miduk area, Iran 119

9. Veljko Omaljev: Geostatičko ispitivanje rudnog tela V-1 u ležištu urana Žirovski vrh 125
   Veljko Omaljev: Geostatistical study of V-1 ore body, Žirovski vrh uranium mine 147

10. Milorad Arsenijević: Germanijum u sfaleritu olovno-cinkovih ležišta centralnog Kopaonika 153
    Milorad Arsenijević: Le germanium dans les blendes des gisements de Pb-Zn de Kopaonik central 166

11. Tiosav Novović: Rudne i mineralne pojave u okolini Lukovske banje (Kopaonik) 169
Tiosav Novović: Ore and mineral occurrences in the Lukovska banja (Kopaonik) 192

12. Tiosav Novović: Pojave olovnih troskvi u selu Belasici na Kopaoniku 193
Tiosav Novović: Lead slags occurrences in the Belasica village (Kopaonik) 196

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 11, 1977. god.

ANTONIJE ANTONOVIĆ
VERICA FILIPOVIĆ

UDK 55+552+550.4:552.3+553.1 (497.1)

NEKI ASPEKTI GEOLOGIJE, PETROLOGIJE, GEOHEMIJE I RUDONOSNOSTI KENOTIPNIH VULKANITA JUGOSLAVIJE*

(sa 17 slika)

Kenotipni vulkaniti Jugoslavije imaju uglavnom andezitsko-dacitski karakter. U petrološkom smislu mogu se razlikovati tri grupe: najbazičniji su vulkaniti Timoka—Peka, najkiseliji su vulkaniti Marijova, Krive Palanke, Surdulice, Golije i Borača, dok su ostali manje-više intermedijarni. Razdvajanje masiva po sadržaju kalijuma je drugojačije. Ovakva slika kao i specifična distribucija kalijuma po raznim masivima ukazuje na kalijsku feldspatizaciju. Starost zapadne grupacije vulkanita (zapadno od Morave) je pretežno srednjetercijarna, a starost istočne grupacije (Timok—Pek) većinom je gornjekredna. Vulkaniti zapadne grupacije pokazuju visoke sadržaje urana, torijuma, olova i barijuma što odgovara kiselim stenama, dok su isti elementi u masivu Timoka—Peka niži nego u intermedijarnim stenama uopšte, nasuprot sadržaju bakra koji je nešto viši nego u ovim zadnjim stenama. Korelacija kalijuma sa olovom i uranom pokazuje ascedentnu krivu samo u masivu Marijova i Severne Slovenije, gde nasuprot drugim masivima nije bilo naknadnog unošenja ili iznošenja oba ili pojedinih elemenata.

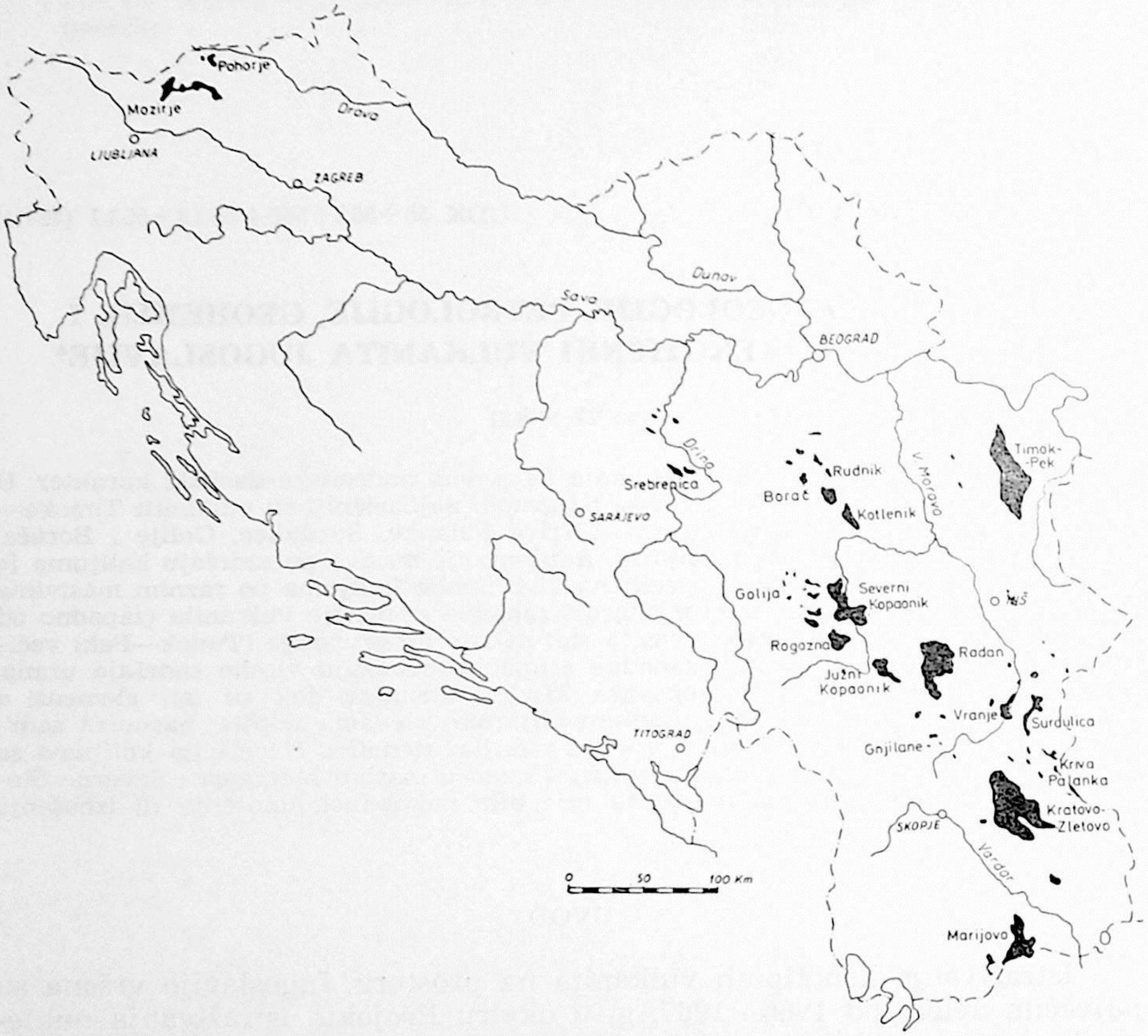
UVOD

Istraživanje kenotipnih vulkanita na prostoru Jugoslavije vršena su najvećim delom od 1966—1967. g. u okviru Projekta istraživanja nuklearnih sirovina pod temom Proučavanje vulkanita Jugoslavije. Ova proučavanja obuhvatala su: a) izučavanje geološkog položaja i sredine deponovanja vulkanita, b) morfološka i petrološka obeležja vulkanita, c) određivanje sadržaja pratećih elemenata i d) odnos metaličnih orudnjenja, prvenstveno urana, prema vulkanitima. U ovom radu su obrađena uglavnom ista poglavlja, sa posebnim akcentom na sadržajima pratećih elemenata.

Pod pojmom kenotipni vulkaniti podrazumevaju se produkti vulkanizma u vremenu od gornje krede do kvartara. U našim krajevima vulkanska aktivnost odvijala se gotovo neprekidno u pomenutom vremenskom rasponu, sa pomeranjem centra aktivnosti iz jednog prostora u drugi. U inače obimnoj literaturi ova aktivnost je gotovo bez izuzetka raščlanjavana po principu trojstva: početna, glavna i završna faza, pri čemu se po pravilu oko 90% aktivnosti vršilo u glavnoj fazi. Na primeru

* Primljeno za štampu 13. decembra 1976. god. Recenzent Stevan Divljan.

Kratovsko-zletovskog masiva, koji je jedan od najsvestranije izučenih (M i j a l k o v i ć i dr., 1971; P a n t i ć i dr., 1972), zapaža se obilje faza i podfaza vulkanske aktivnosti, bez nekih uočljivih diskontinuiteta koji bi ukazivali na neke megafaze.



Sl. 1 — Pregledna karta rasprostranjenja kenotipnih vulkanita Jugoslavije.
Fig. 1 — Generalized map of distribution of kainotype volcanites in Yugoslavia.

GEOGRAFSKI I GEOLOŠKI POLOŽAJ VULKANITA

Najveće mase kenotipnih vulkanita javljaju se u istočnim krajevima Jugoslavije (Srbija i Makedonija, sl. 1). Ukupna površina koju prekrivaju ovi vulkaniti iznosi oko 4600 km². Najveći deo (80%) nalazi se na prostoru Unutrašnjih dinarida i Srpsko-makedonske mase, a ostatak unutar Karpato-balkanskog luka.

Vulkaniti u našoj zemlji predstavljaju zapadni završetak jednog vatrenog lanca unutar Alpida, koji se proteže od Jugoslavije, preko Bugarske, istočne Anadolije (Turska), Zakavkazja (SSSR) i Irana, do Afganistana. Celokupna površina koju pokrivaju vulkaniti u tom lancu iznosi oko 350.000 km². Najveće homogene mase, koje zahvataju površinu od oko

80.000 km² nalaze se na prostoru istočne Anadolije i Zakavkazja, a vulkaniti Jugoslavije čine tek nešto preko 1% od celokupne površine. Ovaj lanac prate značajna orudnjenja obojenih metala, u prvom redu olova — cinka, bakra i antimona.

Vulkaniti se najčešće javljaju u vidu razbijenih masa, više ili manje grupisanih na određenom prostoru. Jedinstvenu homogenu površinu zauzimaju tri najveća masiva — Kratovsko-zletovski, Timočko-pečki i Radanski, koji čine polovinu ukupne površine pod vulkanitima. Na sledećem tabelarnom pregledu prikazane su pojedine grupacije vulkanita ili masivi sa površinama koje zahvataju samo vulkaniti (efuzivi i piroklastiti), a koji se u ovom radu tretiraju kao celine. Redosled prikazivanja je geografski, idući od jugoistoka ka severozapadu.

1. Marijovo — 400 km²
2. Kratovo — Zletovo — 950 km²
3. Gnjilane — 50 km²
4. Kriva Palanka — 63 km²
5. Surdulica — 108 km²
6. Radan — 595 km²
7. Južni Kopaonik — 150 km²
8. Severni Kopaonik — 470 km²
9. Rogozna — 170 km²
10. Golija — 120 km²
11. Kotlenik — 120 km²
12. Borač — 108 km²
13. Rudnik — 90 km²
14. Srebrenica — 210 km²
15. Timok — Pek — 760 km²
16. Slavonija — 20 km²
17. Pohorje — 35 km²
18. Mozirje — 152 km²

Ukupan zbir površina iznosi 4571 km², ali se ovde moraju uračunati i druge neobuhvaćene manje mase, tako da ukupna površina pod kenotipnim vulkanitima u Jugoslaviji iznosi najmanje 4600 km².

LITOLOŠKI KARAKTER VULKANITA

Pod pojmom vulkanit podrazumevaju se, kao što je poznato, svi očvrsli produkti vulkanske aktivnosti, tj. vulkanogene stene, koje se po uobičajenoj terminologiji dele na efuzive i piroklastite. U praksi je međutim često puta veoma teško povući jasnu granicu između normalnih sedimenata i piroklastita, isto kao što je ponekad teško razgraničiti efuzive od piroklastita. Ovaj poslednji slučaj se naročito javlja kada je reč o ignimbritima.

Ignimbriti se posebno javljaju u Kratovsko-zletovskom masivu, gde su veoma dobro izučeni (S. Divljan u radu Mijalković, i dr., 1971), a verovatno ih ima i u drugim masama. O ovim stenama postoje iscrpni podaci u radu V. I. Vlodaveca (1964). Od 1932. odnosno 1935. g. kada je novozelandski geolog P. Marchall uveo termin ignimbrit, o ovim stenama je mnogo pisano, ali način njihovog postanka nije dovoljno razjašnjen.

Ovde navodimo samo rad Boyd-a (1961) koji je na primeru ignimbrita (wellded tuffs) Yellowstone termodinamičkom analizom, uključivši i eksperimentalna ispitivanja, utvrdio da je količina toplote kod dovoljno velikih masa piroklastičnog materijala izbačenog na površinu, dovoljna da se izvrši pretapanje materijala, uprkos brzog hlađenja usled izračivanja. On međutim nije mogao da objasni homogenizaciju pojedinih tanjih slojeva sopstvenim toplotnim kapacitetom, pretpostavljajući mogućnost pre-

grevanja produkata erupcije zapaljivim gasovima iz samog vulkana, pri dodiru sa atmosferskim kiseonikom. Mi posebno ističemo mogućnost učešća ugljovodonika ne samo kao goriva pri nekim vulkanskim erupcijama (»nuée ardente«), već kao inkluzija u vulkanskim stenama. Poznato je da se u mnogim vulkanskim emanacijama nalaze i ugljovodonici, posebno CH_4, istina u manjim količinama (W h i t e, W a r i n g, 1963).

Količinski odnosi pojedinih litoloških članova (procenti površine) ukazuju na veliko učešće piroklastita u većim masivima. U Kratovsko-zletovskom masivu efuzivne stene zauzimaju 18%, ignimbriti 25%, a ostali piroklastiti 57%. U Marijovskom basenu piroklastiti čine 85%, slično kao i u Timočko-pečkom masivu. U Radanskom masivu piroklastiti su isto tako obilni.

PETROLOŠKI KARAKTER VULKANITA

Razmatranje petrologije vulkanita bazirano je u ovom radu gotovo isključivo na hemijskom sastavu, kao najpouzdanijem pokazatelju kod efuzivnih stena. Ukupno nam je stajalo na raspoloženju 255 hemijskih analiza, što predstavlja prilično reprezentativnu brojku, mada su i ovde analize neravnomerno raspoređene, tako npr. da se 25% svih analiza odnosi na Kratovsko-zletovski masiv.

Hemijske analize su poslužile za klasifikaciju i međusobna upoređivanja osnovnih tipova vulkanita u pojedinim homogenim masivima ili grupacionim celinama. Upoređivanje je vršeno i sa srednjim sadržajima pojedinih litoloških tipova efuzivnih stena prema D a l y -ju (1933) i N o c k o l du (1954), što je prikazano u vidu srednjih sadržaja za pojedine masive ili grupacije vulkanita (tabela 1). Izuzetak je masiv Kopaonika, gde su posebno prikazani vulkaniti I i II faze (andeziti i latiti sa kvarc-latitima, M i ć i ć, 1974), s tim što se andeziti pretežno javljaju u severnom Kopaoniku, dok druge stene gotovo u celosti prekrivaju južni Kopaonik i delom se javljaju i na severnom Kopaoniku. Drugi masivi pokazuju isto tako heterogen sastav, naročito Kratovsko-zletovski, ali se pojedini tipovi često javljaju na istom prostoru u raznim fazama, pa se ne mogu prikazati kao posebne grupacije. I pored toga smatramo da je indikativniji pristup raščlanjavanja pojedinih prostornih grupacija nego pojedinih litoloških tipova.

Upoređivanje pojedinih masiva vulkanita vršeno je na osnovu N i g g l i -jevih parametara (tabela 1). U pravouglom dijagramu na sl. 2 prikazan je odnos četiri osnovna parametra — al, alk, fm i c prema si (sl. 2b). Upoređivanja radi, na sl. 2a dati su isti parametri za osnovne litološke tipove efuzivnih stena prema D a l y -ju i N o c k o l d s-u; na osnovu ovih poslednjih uspostavljene su tipične prave za pojedine parametre, koje su projektovane i na sl. 2b. Uzgred treba napomenuti veliku proizvoljnost i nesigurnost u svrstavanju po litološkim tipovima (određivanim najčešće mikroskopski), što se ogleda u velikim razlikama između pomenuta dva autora na svim prikazanim dijagramima (sl. 2, 3, 4), naročito kada se radi o andezitu i dacitu. Slika 3 prikazuje iste masive na trouglastom QLM dijagramu. U oba dijagrama (sl. 2 i 3) jasno se ističu tri skupine vulkanogenih masiva. U najbazičnijem krilu se nalaze Timok—Pek i alkalne stene (Gnjilane, Kumanovo). U intermedijarnom predelu je većina masiva: Kratovo—Zletovo, Radan, južni i severni Kopaonik, Rogozna, Rudnik, Kotlenik

i Srebrenica. U trećoj, najkiselijoj skupini nalaze se masivi Marijova, Krive Palanke, Surdulice, Golije i Borača. U kπ dijagramu (sl. 4) imamo drugačije grupisanje masiva, manje ili nikako selektivno. Ovde se jasno vidi otuđen karakter kalije u odnosu na druge glavne komponente efuziva. Ovaj elemenat može da bude masovno prinošen. Pojave metazomatskog zamenjivanja fenokristala andezina kalijskim feldspatom u kvarclatitima Kopaonika su gotovo masovne (Divljan, Glišić, 1958). Na osnovu podataka petroloških ispitivanja (M. Cukućan, V. Ćebić) tokom izrade geološke karte razmere 1 : 10.000 severnog dela Kratovsko-zletovskog masiva (Mijalković, Milutinović, 1968), pokazalo se da je distribucija kalijskog feldspata nezavisna od distribucije pojedinih tipova vulkanskih stena, što ukazuje na feldspatizaciju širokih razmera. Ispitivanja u tom smislu biće nastavljena na pomenutom području, koje je interesantno i u pogledu raznih orudnjenja. U vezi sa pomenutim fenomenima, Vujanović i Teofilović (1974) smatraju sve kvarclatitske i srodne stene produktima feldspatizacije.

Tabela 1: Petrološki karakter vulkanita
Table 1: Petrological character of volcanites

	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO_2	72.77	75.57	60.68	58.31	57.65	54.02	65.68	63.58
TiO_2	0.29	0.17	0.38	0.66	1.00	1.18	0.57	0.64
Al_2O_3	13.33	12.58	17.74	18.05	16.68	17.22	16.25	16.67
Fe_2O_3	1.40	1.30	2.64	2.54	2.29	3.83	2.38	2.24
FeO	1.02	1.02	2.62	2.02	4.07	3.98	1.90	3.00
MnO	0.07	0.05	0.06	0.14	0.10	0.12	0.06	0.11
MgO	0.38	0.11	1.13	2.08	3.22	3.87	1.41	2.12
CaO	1.22	0.61	3.09	4.27	5.74	6.76	3.46	5.53
Na_2O	3.34	4.16	4.43	3.87	3.59	3.32	3.97	3.98
K_2O	4.58	4.76	5.74	7.42	4.39	4.43	2.67	1.40
P_2O_5	0.10	0.07	0.24	0.20	0.36	0.49	0.15	0.17
CO_2	—	—	—	—	—	—	—	—
H_2O^+ / H_2O-	1.50	0.66	1.26	0.53	0.91	0.78	1.50	0.56
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

	9	10	11	12	13	14	15	15
SiO_2	59.59	54.20	65.51	58.65	66.13	64.40	60.43	60.82
TiO_2	0.77	1.31	0.47	0.69	0.44	0.43	0.42	0.51
Al_2O_3	17.31	17.17	17.20	16.17	15.63	16.18	16.08	17.06
Fe_2O_3	3.33	3.48	1.90	4.68	2.92	3.15	3.96	3.26
FeO	3.13	5.49	1.21	1.86	1.09	1.13	1.81	2.25
MnO	0.18	0.15	0.10	0.13	0.11	0.14	0.09	0.10
MgO	2.75	4.36	0.92	2.25	0.70	1.46	2.58	2.00
CaO	5.80	7.92	2.84	5.70	3.33	4.02	6.14	4.54
Na_2O	3.58	3.67	4.35	3.38	2.89	3.50	3.90	3.16
K_2O	2.04	1.11	4.73	3.92	4.19	2.93	2.38	3.90
P_2O_5	0.26	0.28	0.17	0.25	0.21	0.13	0.03	0.29
CO_2	—	—	0.25	0.42	0.04	—	0.02	—
H_2O^+ / H_2O-	1.26	0.86	1.06	1.92	2.61	2.00	2.30	1.75 0.49
	100.00	100.00	100.71	100.02	100.29	97.47	97.84	100.13

	17	18	19	20	21	22	23	24	25
SiO_2	57.22	58.77	64.34	60.40	64.02	61.80	59.56	53.94	51.84
TiO_2	0.63	0.64	0.54	0.57	0.48	0.45	0.49	0.62	1.00
Al_2O_3	17.87	16.64	16.92	15.00	16.66	14.60	16.96	17.87	14.45
Fe_2O_3	4.14	3.26	1.13	4.30	3.20	3.86	2.54	3.64	4.57
FeO	2.56	2.06	1.33	2.78	1.20	2.30	2.72	3.19	2.76
MnO	0.11	0.09	—	0.08	0.08	0.10	0.08	0.22	0.12
MgO	2.97	2.85	1.98	2.71	1.81	2.25	2.72	3.75	6.15
CaO	6.68	5.59	3.63	6.55	3.58	4.26	5.05	8.18	6.93
Na_2O	3.08	2.15	3.73	2.95	3.07	3.03	2.55	3.28	3.05
K_2O	1.74	4.21	3.22	1.72	3.17	4.58	3.58	2.59	5.72
P_2O_5	0.19	0.66	0.22	0.20	0.22	0.27	0.22	0.29	0.48
CO_2	0.57	—	0.87	—	—	—	1.79	0.20	—
H_2O^+	1.88	3.46	1.73	2.93	2.77	2.21	1.82	2.48	2.79
H_2O-	0.70								
	100.34	100.06	99.81	100.19	100.26	99.71	100.02	100.25	99.86

Normativni sastav (CIPW-Lacroix)

	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Q	16.44	13.73	26.64	23.40	14.54	15.78	15.14	16.50	22.92
C	0.92	—	1.65	0.51	—	—	—	—	3.26
Or	27.83	23.37	25.04	17.81	14.47	23.37	11.13	25.60	18.19
Ab	36.70	28.31	25.17	30.41	33.56	27.26	27.26	18.87	32.51
An	10.85	17.80	15.02	18.64	19.47	21.14	29.76	23.92	11.30
En	2.21	3.41	1.71	3.71	2.31	—	—	7.33	4.62
Hy	—	—	—	—	—	5.81	7.83	—	0.93
Di	—	4.98	—	—	9.10	—	—	—	—
Mt	2.78	4.40	2.55	3.01	4.86	4.86	6.02	4.86	1.86
Hm	—	1.76	1.12	1.12	0.48	—	—	—	—
Il	0.91	1.37	0.76	0.76	0.76	0.91	1.21	1.37	1.06
Ap	0.62	0.67	0.67	0.67	—	0.67	0.67	1.35	0.67
Ct	0.50	1.00	0.10	—	—	—	0.80	—	—

	20	21	22	23	24	25
Q	21.36	24.84	16.74	21.24	4.81	—
C	—	2.14	—	4.49	—	—
Or	11.13	18.92	27.27	21.15	15.58	34.50
Ab	25.17	27.26	26.22	22.02	28.31	18.87
An	22.81	16.41	13.63	12.24	26.70	8.18
En	4.22	4.62	3.71	—	6.73	—
Hy	—	—	—	9.30	—	—
Ne	—	—	—	—	—	4.26
Di	7.09	—	5.33	—	10.06	18.40
Ol	—	—	—	—	—	5.07
Mt	6.48	2.78	5.56	3.70	5.56	6.25
Hm	—	—	—	—	—	0.48
Il	1.21	0.91	0.91	0.91	1.21	1.97
Ap	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	1.01
Ct	—	—	—	4.10	0.40	—

Nigglijevi parametri

	1	2	3	4	5	6	7	8
si	421.2	435.5	222.6	192.7	180.4	152.8	273.6	229.8
al	45.9	43.2	38.3	35.1	30.5	28.7	39.6	35.4
fm	14.0	11.8	21.1	22.3	30.9	34.1	22.2	26.1
c	7.2	3.8	12.0	15.0	19.2	20.4	15.3	21.6
alk	32.9	41.1	28.7	27.6	19.4	16.8	22.9	16.8
k	0.44	0.42	0.47	0.55	0.44	0.46	0.31	0.18
mg	0.24	0.08	0.28	0.46	0.48	0.48	0.39	0.43
Q	58.5%	55.2%	37.5%	34.5%	37.0%	32.8%	48.9%	46.1%
L	36.5%	41.5%	53.9%	53.0%	45.3%	45.8%	42.0%	42.1%
M	5.0%	3.3%	8.6%	12.6%	17.7%	21.4%	8.1%	11.8%
π	0.10	0.02	0.14	0.12	0.22	0.26	0.25	0.35
γ	0	0.13	0.10	0.25	0.23	0.20	0.39	0.10

	9	10	11	12	13	14	15	16
si	194.6	148.3	272.1	197.6	297.4	261.7	205.0	219.7
al	33.3	27.7	41.8	31.7	41.2	38.6	31.9	36.1
fm	30.9	37.3	15.9	28.8	18.2	22.6	27.7	26.5
c	20.3	23.3	12.4	20.4	16.1	17.4	22.4	17.0
alk	15.5	11.7	29.8	19.0	24.5	21.4	18.0	20.0
k	0.27	0.17	0.42	0.44	0.48	0.36	0.29	0.45
mg	0.43	0.47	0.34	0.39	0.25	0.39	0.47	0.40
Q	42.8%	35.6%	46.0%	40.6%	51.7%	49.2%	42.5%	44.1%
L	42.6%	41.1%	48.4%	43.7%	42.2%	42.7%	42.2%	44.8%
M	14.6%	23.3%	5.6%	15.7%	6.1%	8.1%	15.3%	11.1%
π	0.36	0.41	0.17	0.25	0.24	0.28	0.28	0.29
γ	0.08	0.16	0.03	0.21	0	0.01	0.23	0.04

	17	18	19	20	21	22	23	24	25
si	182.2	205.3	263.1	205.2	259.8	227.1	210.2	152.9	138.4
al	33.5	34.1	40.5	29.8	39.4	31.8	35.0	29.6	22.7
fm	30.5	29.4	20.5	32.9	24.7	29.9	29.4	31.8	40.0
c	22.6	19.9	15.9	23.8	15.4	17.0	19.0	25.0	19.7
alk	13.5	16.6	23.1	13.5	20.4	21.3	16.7	13.6	17.6
k	0.28	0.56	0.35	0.29	0.39	0.49	0.47	0.34	0.55
mg	0.45	0.50	0.58	0.41	0.44	0.41	0.49	0.49	0.61
Q	42.2%	43.9%	48.6%	45.3%	49.6%	43.8%	44.8%	35.6%	33.9%
L	42.7%	42.7%	43.7%	37.3%	40.3%	41.9%	42.8%	43.8%	53.9%
M	15.1%	13.4%	7.7%	17.4%	10.1%	14.3%	12.4%	20.6%	12.2%
π	0.28	0.34	0.26	0.38	0.27	0.20	0.35	0.37	0.13
γ	0.45	0.08	0	0.19	0	0.18	0.02	0.22	0.27

MORFOLOŠKI OBLICI VULKANITA

Ovde u prvom redu treba razlikovati morfologiju i građu površinskih delova vulkanskih aparata od kasnijih erozionih oblika, koji često imaju sličnost sa prvima samo po obliku, ali ne i po građi. Treba odmah reći da na teritoriji Jugoslavije ne postoji ni jedna sačuvana vulkanska kupa sa kraterom ili sličan vulkanski aparat, kao što su npr. Etna, Vezuv, Stromboli ili mnogobrojni neaktivni vulkani u centralnoj Anadoliji (Melendiz Daglari), gorostasi kao Büyük Agri, poznatiji kao Ararat, u istočnoj Anadoliji, Damavand kod Teherana, i drugi. Površinski delovi vulkanskog aparata, naročito ako su izgrađeni od rastresitog materijala, bivaju temeljito razoreni u uslovima humidne klime, u geološki veoma kratkom vremenu (najviše do milion godina). Istina, poznati su i krateri, izgrađeni u celosti od čvrstih efuziva (fonolita), čija je apsolutna starost preko 40 miliona godina, kao Kaf Tekut kod Gharyan-a u SZ Libiji. U Jugoslaviji je možda najbolje očuvan površinski deo vulkanskog aparata brdo Zebrnjak kod Kumanova, gde se međutim najverovatnije radi o pleistocenskoj vulkanskoj aktivnosti i o rezistentnom materijalu.

U novije vreme vršena su fotogeološka proučavanja mnogih vulkanogenih masiva, kao Kratovsko-zletovskog (Marković, 1971), JI Srbije, Radana (Jovanović i dr., 1972), Rudnika (Marković, Pavlović, 1967) i dr., pri čemu su konstatovane mnoge kaldere i vulkanski

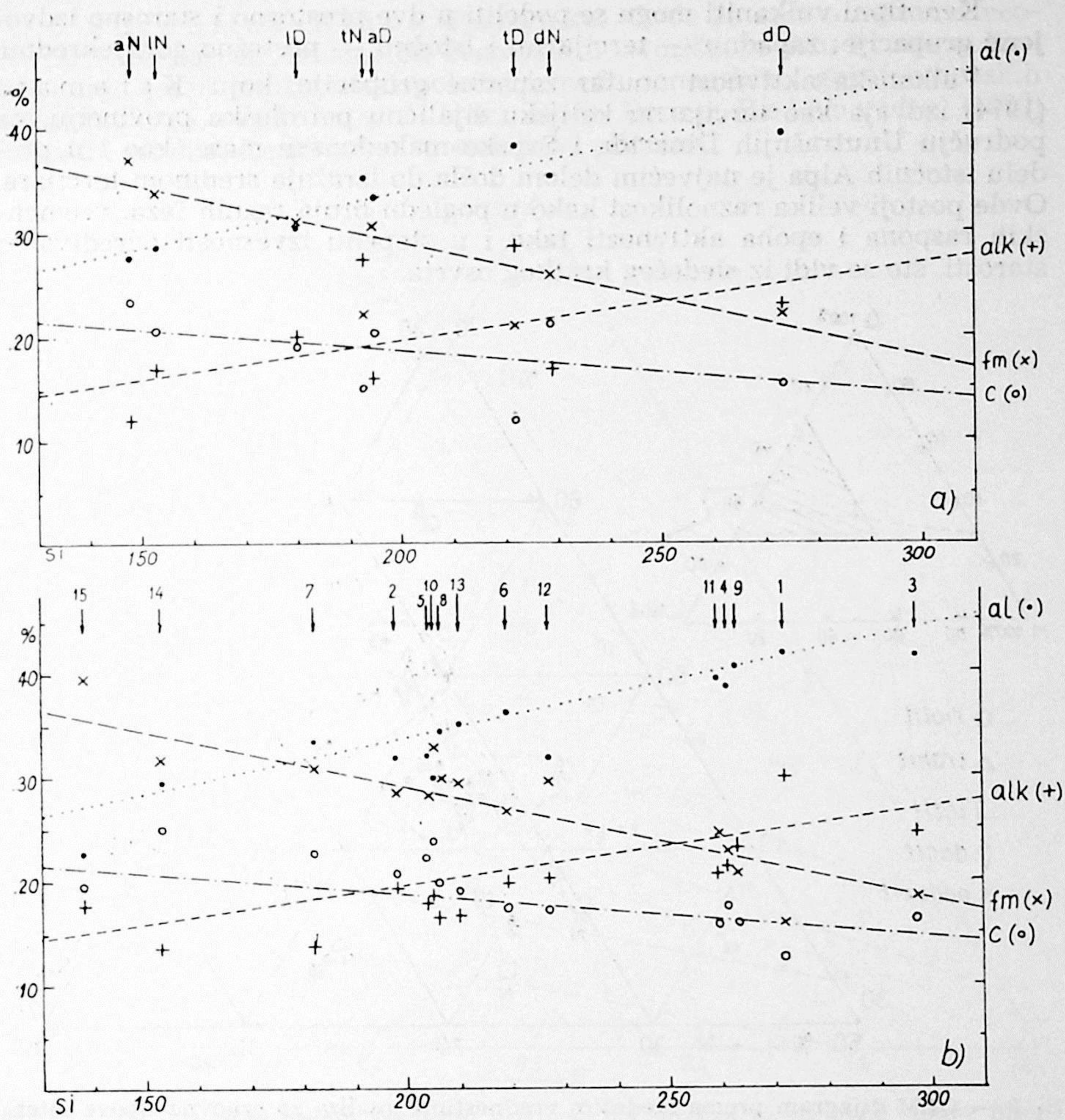
1. Riolit (D) — 102 analiza
2. Riolit (N)
3. Trahit (D) — 48 analiza
4. Trahit (N)
5. Latit (D) — 10 analiza
6. Latit (N)
7. Dacit (D) — 7 analiza
8. Dacit (N)
9. Andezit (D) — 87 analiza
10. Andezit (N)
11. Marijovo — 8 analiza
12. Kratovo — Zletovo — 69 analiza
13. Kriva Palanka — 9 analiza
14. Surdulica — 11 analiza
15. Radan — 15 analiza
16. Južni Kopaonik (latiti i kvarclatiti) — 30 analiza
17. Severni Kopaonik (andeziti) — 19 analiza
18. Rogozna — 6 analiza
19. Golija — 8 analiza
20. Kotlenik — 13 analiza
21. Borač — 19 analiza
22. Rudnik — 11 analiza
23. Srebrenica — 17 analiza
24. Timok—Pek — 7 analiza
25. Alkalne stene — 13 analiza

Napomena: (D)-Analize uzete iz Daly (1933)
(N)-Analize uzete iz Nockolds (1954)

centri, sa praćenjem pravaca lavičnih slivova. Ovde se najverovatnije radi o donjim delovima vulkanskih aparata odn. oblicima sačuvanim ispod produkata kasnijih erupcija, koji su erodovani.

STAROST VULKANSKE AKTIVNOSTI

Utvrđivanje starosti vulkanita predstavlja kompleksan problem koji se rešava bilo posredno, preko superpozicionih odnosa sa fosilonosnim sedimentima ili putem određivanja apsolutne starosti. Mi raspolažemo samo podacima prve vrste, koji su neujednačene verodostojnosti za pojedine masive i grupacije.



Sl. 2 — Varijacioni dijagrami odnosa Niggli-jevih parametara al, alk, fm i c prema si (srednje vrednosti analiza).

a) Osnovni tipovi intermedijarnih stena prema Nockoldsu (N) i Daly-ju (D): a — andezit, l — latit, t — trahit i d — dacit.

b) Vulkanogeni masivi u Jugoslaviji: 1. Marijovo (8), 2. Kratovo — Zletovo (69), 3. Kriva Palanka (9), 4. Surdulica (11), 5. Radan (15), 6. Južni Kopaonik (kvarclatiti i latiti, uključivši delom i severni Kopaonik; 30), Severni Kopaonik (19), 8. Rogozna (6), 9. Golija (8), 10. Kotlenik (13), 11. Borač (19), 12. Rudnik (11), 13. Srebrenica (17), 14. Timok — Pek (7), 15. Alkalne stene (13). U zagradi je broj analiza.

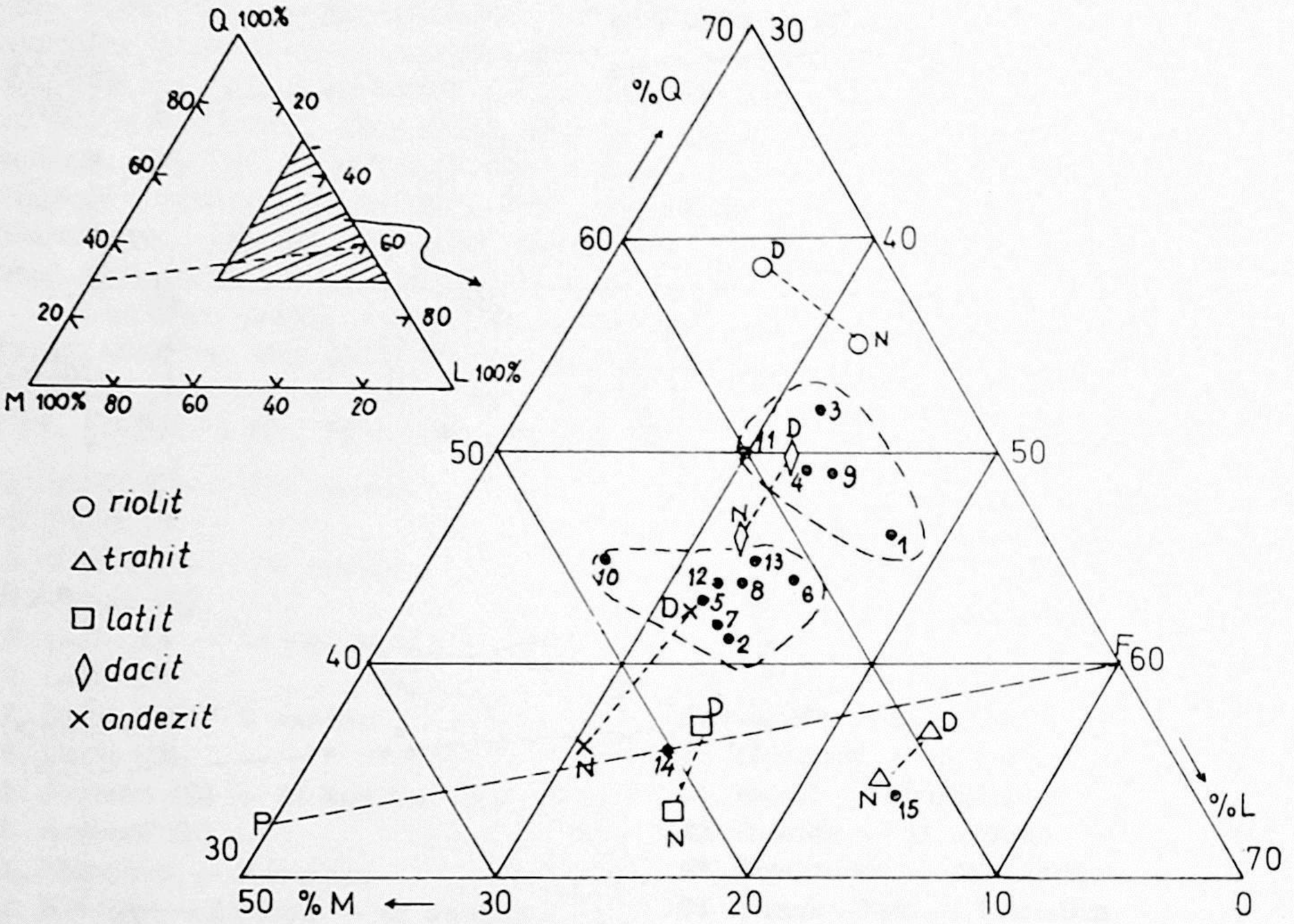
Fig. 2 — Variation diagrams of Niggli's parameters al, alk, fm, and c in relation with si (average values of analyses).

a) Intermediary rocks after Nockolds (M) and Daly (D): a — andesite, 1 — latite, t — trachyte, d — dacite.

b) Volcanic massifs of Yugoslavia. Numbers indicate separate massifs. Number of analyses is in brackets.

Kenotipni vulkaniti mogu se podeliti u dve prostorno i starosno izdvojene grupacije: zapadnu — tercijarnu i istočnu — pretežno gornjekrednu.

Vulkanska aktivnost unutar zapadne grupacije, koju K a r a m a t a (1974) izdvaja kao tercijarnu kalijsku sijaličnu petrološku provinciju, na području Unutrašnjih Dinarida i Srpsko-makedonske mase, kao i u predelu istočnih Alpa je najvećim delom došla do izražaja sredinom tercijara. Ovde postoji velika raznolikost kako u pogledu broja raznih faza, vremenskih raspona i epoha aktivnosti tako i u stepenu izvesnosti određivanja starosti, što se vidi iz sledećeg kratkog osvrta.



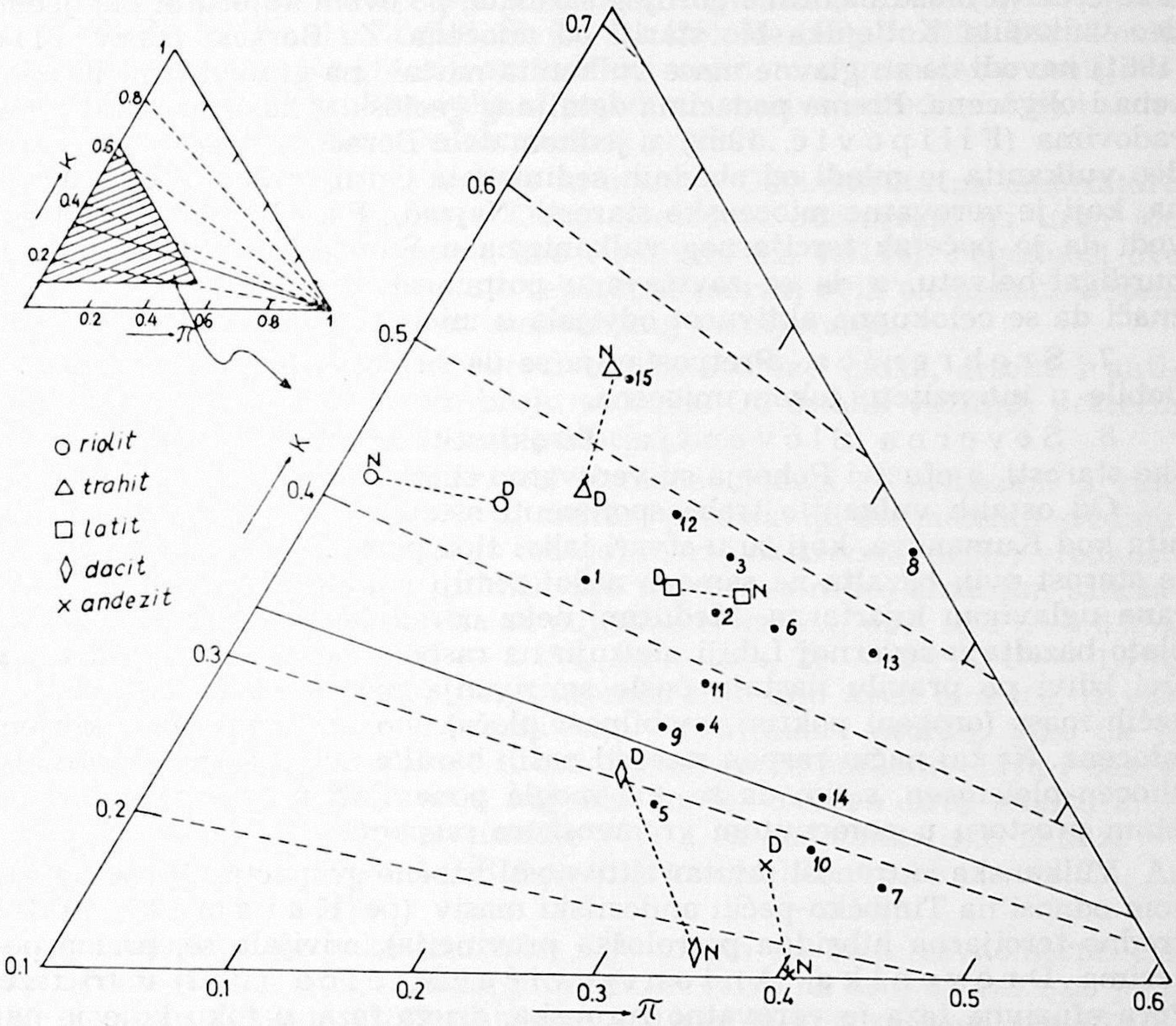
Sl. 3 — QLM dijagram prema srednjim vrednostima analiza za osnovne tipove intermedijarnih i kiselih stena u svetu prema Nockoldsu (N) i Daly-ju (D), kao i za vulkanogene masive Jugoslavije (objašnjenje brojeva kao u sl. 2).

Fig. 3 — QLM diagram of average values of analyses of intermediary and acidic rocks in the world after Nockolds (N) and Daly (D), and volcanic massifs of Yugoslavia (legend for numbers given in fig. 2).

1. M a r i j o v o. Prema rezultatima izrade osnovne geološke karte (H r i s t o v i dr., 1965), najveće mase vulkanita su uglavnom pleistocenske starosti.

2. K r a t o v o - Z l e t o v o. Starosni rasponi i odnosi u ovom masivu su veoma dobro izraženi. Vulkanska aktivnost je započeta uglavnom u gornjem eocenu i nije prestajala sve do kraja pliocena. Glavne mase vulkanita izbačene su u oligocenu i miocenu, ali se ne može govoriti o nekim posebno istaknutim fazama (P a n t i ć i dr., 1972).

3. S u r d u l i c a - K r i v a P a l a n k a. Ovde se radi o masama veoma različite starosti. Istočno od Trgovišta u izvorišnom delu Pčinje vulkaniti imaju jasan stratigrafski položaj između senonskih i gornjeeocenskih sedimenata (V e s e l i n o v i ć i dr., 1958). Prema P e t k o v i ć u (1932) vulkaniti okoline Leskovca nisu stariji od pliocena.



Sl. 4 — Kπ dijagram prema srednjim vrednostima analiza za osnovne tipove intermedijarnih i kiselih stena u svetu prema Nockoldsu (N) i Daly-ju (D), kao i za vulkanogene masive Jugoslavije (objašnjenje brojeva kao u sl. 2).

Fig. 4 — Kπ diagram of average values of analyses of intermediary and acidic rocks in the world after Nockolds (N) and Daly (D), and volcanic massifs of Yugoslavia (legend for numbers given in fig. 2).

4. R a d a n. Početak vulkanske aktivnosti u ovom masivu, prema interstratifikovanim fosilonosnim sedimentima, pada u gornji oligocen, dok završetak nije moguće utvrditi (J o v a n o v i ć i dr., 1972).

5. K o p a o n i k, R o g o z n a, G o l i j a. Za kopaoničku oblast P a v l o v i ć (1966) je izdvojio tri faze vulkanske aktivnosti. Najveće mase izlivene su u prvoj fazi, koja je započela pre taloženja slatkovodnog miocena, a završila se početkom stvaranja produktivne serije srednjeg miocena. Ostale dve faze odnose se na manje proboje odn. izlive kiselih i ba-

zičnih vulkanita. Na taj način, glavne mase vulkanita su oligomiocenske starosti. Sličnu starost treba da imaju i vulkaniti Rogozne i Golije.

6. Šumadija. Za vulkanite Rudničkih planina Anđelković (1956) navodi da su stvarani u tri faze. U prvu fazu spadaju efuzivi koji probijaju kredne sedimente i vezani su za paleogen. Prema nalazu valutaka efuziva u sedimentima gornjeg sarmata, po ovom autoru bi bar jedan deo vulkanita Kotlenika bio stariji od miocena. Za Borački masiv Ilić (1961) navodi da su glavne mase vulkanita nastale na granici između miocena i oligocena. Prema podacima detaljnog geološkog kartiranja i drugim radovima (Filipović, 1969) u jednom delu Boračkog masiva bar jedan deo vulkanita je mlađi od obodnih sedimenata Gornjemilanovačkog basena, koji je verovatne miocenske starosti. Najzad, Pavlović (1974) navodi da je početak tercijarnog vulkanizma u Šumadiji najverovatnije u burdigal-helvetu, a da se završava u potpunosti početkom šarmata, što znači da se celokupna aktivnost odvijala u miocenu.

7. Srebrenica. Pretpostavlja se da su erupcije počele ili znatno dobile u intenzitetu tokom miocena.

8. Severna Slovenija. Piroklastiti kod Mozirja su oligocenske starosti, a efuzivi Pohorja su verovatno slične starosti.

Od ostalih vulkanita treba spomenuti ostatke izlivnih pokrova kajanita kod Kumanova, koji su u stvari izlivi tipa plato bazalta. Smatra se da je starost ovih bazalta ne samo u našoj zemlji i u širem predelu Mediterana uglavnom kvartarna. Međutim, neka određivanja apsolutne starosti plato bazalta u severnoj Libiji ukazuju na raspone od eocena do pliocena. Ovi izlivi po pravilu nastaju posle smirivanja pokreta odn. mobilizacije većih masa (orogeni pokreti, mobilnost ploča), što se u nas desilo krajem miocena. Na taj način raspon starosti naših bazalta odn. kajanita može biti pliocen-pleistocen, s tim da se ona mogla ponavljati u više navrata i na istom prostoru u pomenutom vremenskom rasponu.

Vulkanska aktivnost unutar aktivnosti istočne grupacije, što se uglavnom odnosi na Timočko-pečki andezitski masiv (po Karamati, 1974— kredno-tercijarna hibridna petrološka provincija), odvijala se, prema podacima Drovenika, Antonijevića, Mićića (1952) u tri faze. Prva efuzivna faza je verovatno turonska, druga faza, u toku koje je nastalo oko 50% vulkanita, pretežno piroklastita, započeta je pre kampanjskog podkata i sinhrona je sa postojećim sedimentima senonske starosti. U južnom delu masiva postoje manje mase vulkanita koji su mlađi od prethodnih, i svakako su tercijarne starosti.

DISTRIBUCIJA PRATEĆIH ELEMENATA

Prikupljanje i obrada podataka o distribuciji pratećih elemenata predstavljao je najobimniji posao u okviru ove teme. Veći deo podataka dobiven je na osnovu analiziranja sopstvenih uzoraka, drugi deo predstavljaju podaci regionalne prospekcije, geološkog kartiranja i drugih vidova istraživanja u okviru drugih zadataka Geoinstituta u Beogradu. Izvestan deo ovih poslednjih primeraka analiziran je samo radiometrijski (U, Th, K), pa su ih autori davali na spektralnu i druge analize. Daleko manji deo analiza se odnosi na literaturne podatke (Ristić, 1963; Maksimo-

vić, Terzić, 1965; Čuturić, Karamata, 1966) koji su korišćeni u ovom radu.

Spektralne analize vršene su u Geoinstitutu u Beogradu na instrumentu tipa Hilger. Snimanje je vršeno u rasponu 2800—4700 Å, pri čemu su određivani sledeći elementi (u zagradi za svaki elemenat date su vrednosti donjih granica osetljivosti u ppm): Pb (8), Mn (10), Ga (5), V (1), Cu (1), Y (6), Ni (1), Co (1), Zr (10), Sc (5), La (25), Ba (10), Sr (10). Pored ovih dati su podaci i za Mo (1), čiji su sadržaji većinom u granicama osetljivosti metode. Za mali broj uzoraka iz pojedinih masiva određivani su i sadržaji Li i Rb, snimanjem u infracrvenom predelu.

Radiometrijske analize vršene su u istom Geoinstitutu na analizatoru visine impulsa tipa Victoreen. Ovom metodom određivani su uran (do 0.1 ppm), torijum (do 0.1 ppm), kao i kalijum (do 0.01%). Pogodnost ove metode je u tome što se određuje celokupni sadržaj ovih elemenata u steni bez razlaganja, pa često i bez mehaničkog usitnjavanja.

Kolorimetrijskim putem određivani su sadržaji cinka, arsena i antimona, ali u vrlo ograničenom broju uzoraka. Od ostalih važnijih pratećih elemenata u potpunosti nedostaju podaci o živi.

Za svaki masiv i svaki prateći elemenat podaci su prikazani u vidu srednjeg sadržaja ili klarka. Ovaj sadržaj predstavlja aritmetičku sredinu, pri čemu su ekstremno visoke (u manjoj meri i ekstremno niske) vrednosti odbacivane, tako da se oni približavaju najverovatnijim srednjim sadržajima. Ova redukcija je različita za pojedine elemente, npr. za Pb — 6.3%, Cu — 4.5%, Sr — 3.5%, Ni — 3.2%, Ba — 3%, Zr — 2.4%, U — 1.7%, Th — 1.6% itd. Kod prikupljanja uzoraka nije bilo uvek moguće, iz više razloga, da se odabere reprezentativan, »neutralan« uzorak, tako da je dolazilo do uzimanja uzoraka i iz orudnjenih zona, naročito olova i bakra, gde je i procenat odbacivanja najveći. Inače, ukupan broj analiziranih uzoraka iznosi za spektralne analize 968, a za radiometrijske analize — 838. Na alkalne elemente (Li, Rb) analizirano je 170 uzoraka, a na Zn, As i Sb — samo 92 uzorka.

Prikupljanje uzoraka isto tako nije moglo da bude ravnomerno čak ni u okviru jednog istog masiva, pri čemu se misli na broj uzoraka po jedinici površine. Gustina uzorkovanja na 100 km² je npr. za Marijovo 10 (U i Th — 15), Kratovo-Zletovo 33 (U i Th — 17), Surdulicu 43 (za sve elemente) itd. Ukoliko je unutar jednog masiva oprobavanje vršeno neravnomerno za pojedine površinske celine, onda je izračunavanje vršeno uzimanjem u obzir težine pojedinih površinskih celina (ponderisani srednji sadržaj). Isto tako, ukoliko bi se želelo da se izračuna srednji sadržaj svih vulkanita Jugoslavije, onda bi umesto broja analiza za svaki masiv moralo da bude uzeto u obzir procentualno učešće svakog masiva od ukupne površine svih vulkanita. Na taj način srednji sadržaj svih vulkanita bio bi ravan zbiru proizvoda površine i srednjih sadržaja pojedinih masiva, podeljenom sa ukupnom površinom svih masiva.

U tabeli 3 su prikazani srednji sadržaji u pojedinim masivima kao i srednji sadržaji u pojedinim tipovima stena prema Vinogradovu (1962) kao i Taylor-u (1964). Ovde treba napomenuti da za leucitonosne stene Gnjilana i za kajanite raspolažemo veoma malim brojem podataka. Za vulkanite Gnjilana koristili smo podatke Ristića (1963) u kojima nedostaju uran i torijum. Od ukupno 5 uzoraka alkalnih stena, 3 su

kumanovski kajaniti, a 2 su kajanit odn. matleucitit sa Rudnika, bez sadržaja U i Th (Maksimović, Terzić 1965).

Gledano u celini, vulkaniti zapadne skupine (zapadno od Velike Morave) sadrže visoke koncentracije u prvom redu olova, koje su više od sadržaja u kiselim stenama (tabele 2 i 3), zatim urana, torijuma i barijuma, uglavnom na nivou sadržaja kiselih magmatskih stena, nasuprot niskim sadržajima bakra. Vulkaniti Timoka—Peka pokazuju sadržaje Pb, U, Th i naročito Ba ispod srednjih sadržaja za intermedijarne stene, a bakra nešto iznad pomenutih srednjih sadržaja.

Kada se govori o pratećim elementima u vulkanitima i magmatskim stenama uopšte, najinteresantnije je pitanje da li je i u kom stepenu i obimu došlo do kontaminacije vulkanita pojedinim elementima, u prvom redu olovom i bakrom usled procesa orudnjenja, koji su najvećim delom mlađi od vulkanizma. Ako na tabeli 2 uporedimo sadržaje olova u nesumnjivo postrudnim vulkanitima Marijova sa vulkanitima Kratova-Zletova koji su nosioci mnogobrojnih orudnjenja olova, odnosno ako ove poslednje uporedimo sa isto tako rudonosnim vulkanitima severnog Kopaonika, teško je govoriti o bilo kakvom osetnijem uticaju sekundarne kontaminacije većih masa. Ovo pitanje je definisao Karamata (1974) na sledeći način: »Opšti stepen obogaćenja olovom i bakrom u stenama magmatskog postanka ovog područja (Balkansko poluostrvo i Mala Azija, prim. A. A.) veoma je značajan za objašnjenje visoke rudonosnosti ovog područja u celini, pri čemu stepen obogaćenja jednog ili drugog od ova dva elementa uslovljava i karakter rudonosnosti«.

»Metalogenija olova predstavlja, pritom, samo mobilizaciju olova u okviru jedne primarno olovom obogaćene kontinentalne kore, i pritom njegovu raspodelu u uslovima temperaturnog gradijenta pri konsolidaciji jedne magmatske mase i obrazovanju njenih magmatskih i postmagmatskih produkata.«

»Metalogenija bakra predstavlja, međutim, novi prinos materijala iz gornjeg omotača ili zona okeanske kore mešanih sa materijalom dubljih delova kontinentalne kore.«

Ovim međutim ovo pitanje nije skinuto sa dnevnog reda, jer je i u procesima orudnjenja moglo da dođe do velike disperzije rudnih rastvora. U vezi sa olovom značajni su i procesi vezani za alkalnu metasomatozu, o čemu će biti reči kasnije. Isto tako ovim razmatranjima treba dodati i uran, mada je pitanje kontaminacije a posebno i odvođenja urana uslovljeno, za razliku od olova i bakra, znatno većom mobilnosti u endogenim a naročito egzogenim uslovima. Isto tako nije jasno zašto su sadržaji nikla, kobalta i hroma, koji su isto tako elementi gornjeg omotača, niži u Timočko-pečkom masivu od mnogih vulkanogenih masa Unutrašnjih Dinarida.

Znatne varijacije sadržaja pojedinih elemenata svakako zavise od petrohemijskog karaktera vulkanita, često puta i u jednom istom mikropodručju. Ilustracije radi navodimo vulkanite severne Slovenije, kao mikropodručje koje je po svoj prilici bilo izvan dejstva endogenih rudonosnih agenasa, barem posle formiranja vulkanita. Ovde su se razvila dva petrološki različita tipa efuzivnih stena: daciti kod Pohorja i andeziti sa odgovarajućim tufovima na istočnim padinama Karavanki kod Mozirja. Iz tabele srednjih sadržaja vide se jasne razlike sadržaja pratećih elemenata i kalijuma. Dvostruko i veće od dvostrukog povećanja u dacitu pokazuju Pb, Ba, U, Th i K, a u andezitu V, Mn, Cu, Y, Ni, Co, Cr i Sc. Među-

Tabela 2
Table 2

Srednji sadržaji pratećih elemenata (u ppm) i kalijuma (u %) u kenotipnim vulkanitima Jugoslavije

Average contents of minor elements (in ppm) and potassium (in %) in the kainotype volcanites in Yugoslavia

	1		2		3		4		5		6		7		8	
	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$
Pb	40	73	303	31	15	34	46	28	53	20	19	81	55	22	21	29
U	60	9.7	163	5.7	19	3.9	47	4.2	54	3.1	20	6.3	57	3.2	23	5
Th	60	33	163	25	19	23	47	16	54	13	20	23	57	12	23	21
Ba	42	1460	309	880	15	940	48	940	54	270	20	885	57	245	21	600
Mo	43	1.6		1		1		1		1	19	2.8		1		1
Zr	43	147	311	122	15	143	47	116	54	90	20	312	57	91	22	105
Cu	43	10	309	17	14	9.5	42	9	50	10	20	22	54	7.1	23	5
Ni	43	13	310	7	15	14	48	3.5	53	9	19	17	56	9.4	22	11
Co	43	5.3	310	5.5	15	4.5	46	3.2	53	6.6	19	6.5	57	5	21	3.4
Cr	43	15	310	21	15	19	47	10	52	20	19	29	57	12	18	25
V	43	49	312	70	15	39	48	35	53	47	20	102	57	54	23	39
Zn	9	35	21	90			6	53	13	44	6	93				
As	9	2	21	2.5			8	2.5	12	2.5	7	2.5				
Sb	8	0.5	23	0.4			8	0.6	13	1.7	7	0.4				
Ga	43	12	312	6.6	15	13	48	5	53	5.5	20	19	57	4.8	23	4
Sr	38	950	311	460	15	340	48	280	54	240	20	1480	57	215	21	370
Mn	40	620	306	620	14	500	47	450	54	390	19	830	57	470	23	400
Li	24	42									19	34	35	103	23	44
Rb	24	304									20	250	35	390	23	720
Y	43	13	311	13	15	14	46	12	54	7	20	25	57	14	22	14
Sc	43	8	312	10	15	2.6	45	2.7	54	6	16	6.5	53	9.7	23	5
La	43	47	210	26	15	34	48	5	54	5	20	44	57	10	23	10
K	60	3.2	156	3.8	18	3.6	47	2.7	46	2.1	20	3.4	57	1.9	21	3.3

	9		10		11		12		13		14		15		16		17	
	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$
Pb	61	23	58	20	43	37	38	43			53	12	13	16	25	2	5	31
U	59	5.7	70	3.5	47	9.7	34	6.2	20	4	113	1.3	13	4.6	25	1.7	3	8
Th	60	20	70	13	47	32	34	19	21	15	113	4.6	13	16	25	5.7	3	26
Ba	56	240	58	620	45	985	38	1000	20	210	117	130	13	420	25	88	5	1200
Mo		1		1		1	38	1.5	21	1.8	111	2.1		—		—	3	1.3
Zr	61	99	60	170	45	210	38	200	21	100	113	42	13	70	25	86	5	240
Cu	61	6.7	60	5.3	45	12	38	9.2	20	17	113	38	13	1	22	22	5	45
Ni	59	10	58	11	45	22	38	20	20	29	113	18	13	2.8	25	7.1	5	166
Co	61	2.7	60	6.1	45	4.7	38	5.1	21	4.3	112	6.3	13	1.5	24	5.1	5	16
Cr	61	21	57	33	43	74	37	35	20	31	112	17	13	8	25	18	5	290
V	61	32	60	23	45	37	38	38	21	48	110	72	13	16	25	73	5	96
Zn					8	46	6	46			11	52	4	90	9	165		
As					8	3.2	5	2.5			11	3.6	4	3	8	3.8		
Sb					7	0.5	6	0.8			12	0.8	4	0.4	8	0.5		
Ga	61	7.4	60	2	45	9.6	38	14	21	6.2	116	6.7	13	12	25	12	5	16
Sr	60	250	59	240	45	640	38	630	19	390	111	320	13	188	25	106	5	1000
Mn	61	240	60	700	45	510	38	650	20	320	114	460	13	390	23	880	3	640
Li	23	61	6	48	14	185	37	186	14	17								
Rb	23	370	6	210	10	670	37	600	14	83								
Y	61	6.7	60	6.1	45	15	38	14	21	11	112	8.2	13	5	25	10	5	18
Sc	61	1.4	60	12	45	8.1	38	4.9	20	3.8	112	12	13	1	25	10	5	16
La	61	18	60	5	43	63	38	24	21	5	53	19	13	2	25	1	5	40
K	60	3.2	67	2.1	47	3.6	33	2.9	21	2.4	90	1.6	13	2.3	20	1.3	3	5.4

n — broj analiziranih uzoraka — number of analyzed samples

$\bar{x}$ — srednji sadržaj — mean content

1. Marijovo
2. Kratovo—Zletovo
3. Kriva Palanka
4. Surdulica
5. Radan
6. Južni Kopaonik
7. Severnik Kopaonik
8. Rogozna
9. Golija
10. Kotlenik
11. Borač
12. Rudnik
13. Srebrenica
14. Timok — Pek
15. Pohorje
16. Mozirje
17. Kajaniti

Tabela 3
Table 3

Srednji sadržaji elemenata u zemljinoj kori u ppm
Average contents of elements in the Earth crust in ppm

	Bazične stene Basic rocks		Intermedijarne stene — Intermediar rocks	Kisele stene Acidic rocks	
	Vinogradov	Taylor	Vinogradov	Vinogradov	Taylor
Pb	8	5	15	21	20
U	0.5	0.6	1.8	3.5	4.8
Th	3	2.2	7	18	17
Ba	300	250	650	830	600
Mo	1.4	1	0.9	1	2
Zr	100	150	260	200	180
Cu	100		35	20	10
Ni	160	150	55	8	0.5
Co	45	48	10	5	1
Cr	200		50	25	4
V	200	250	100	40	20
Zn	130	100	72	60	40
As	2	2	2.4	1.4	1.5
Sb	1	0.2	0.21	0.26	0.2
Ga	18	12	20	20	18
Sr	440	465	800	300	285
Mn	2000	1500	1200	600	400
Li	15	10	20	40	30
Rb	45	30	100	200	150
Y	20	25		34	40
Sc	24	38	2.5	3	5
La	27	10		60	40

tim, veći broj ovih elemenata (V, Y, Ni, Cr, La, Ba i Sr) pokazuje niže sadržaje od srednjih sadržaja srodnih stena (tabela 3), dok su ostali približno isti ili veći. Vulkaniti Mozirja pokazuju sličnost, i to upadljivu, jedino sa Timočko-pečkim masivom. Međutim, u ovom poslednjem se nalazi impozantan broj ležišta i pojava bakra, dok u vulkanitima Mozirja nisu poznata orudnjenja bakra.

Neki masivi, kao npr. Staravina u Marijovu pokazuju ekstremno visoke sadržaje pojedinih elemenata (Pb — 150 ppm, U — 14 ppm, Th — 54 ppm itd.) uz visok sadržaj kalijuma (4.12%, određivano radiometrijski) što nije posledica naknadnog prinosa. Mladi alkalni vulkaniti u oblasti Rima i Napulja pokazuju još veće sadržaje ovih i drugih elemenata.

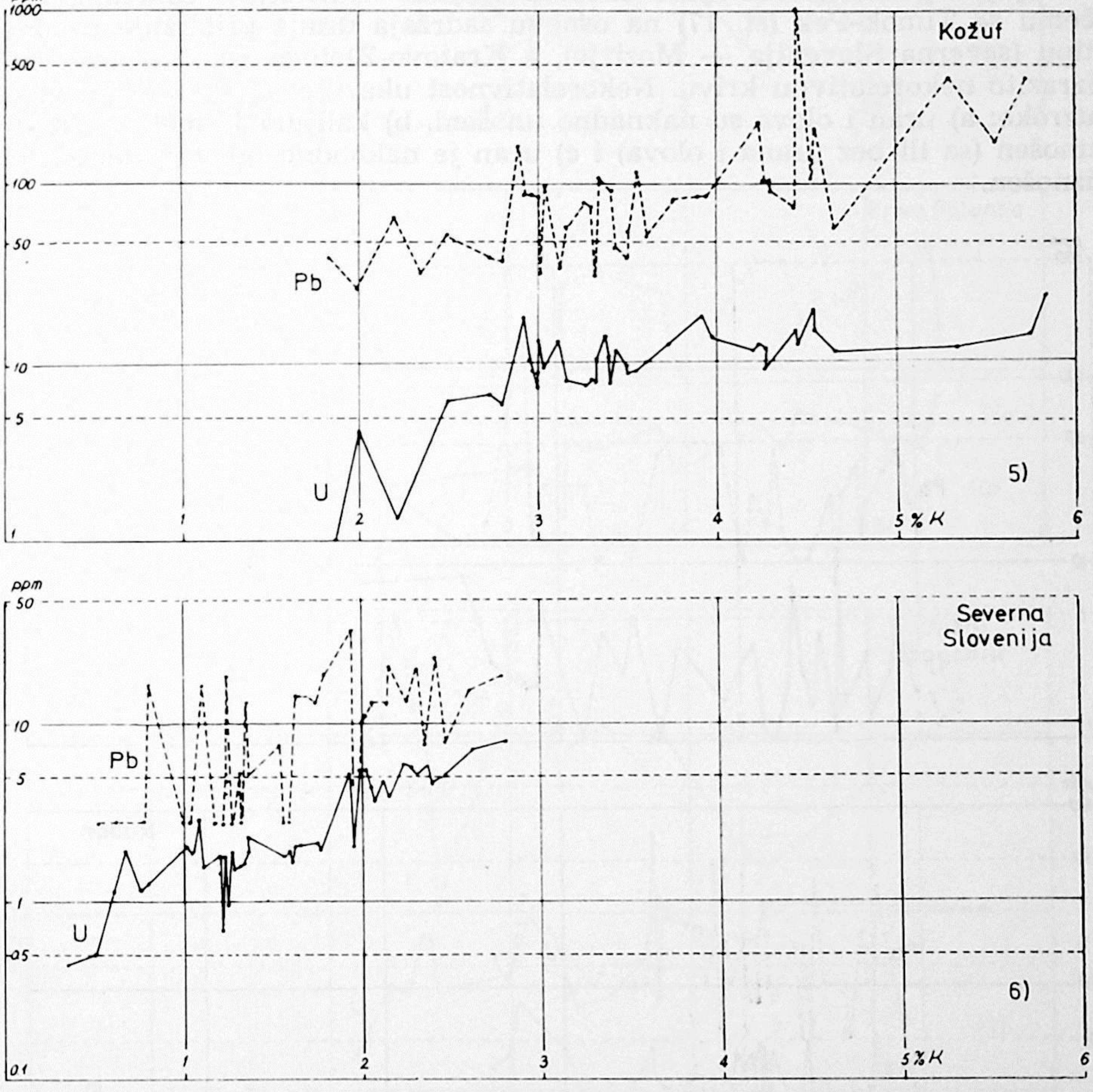
Odnosi sadržaja kalijuma, olova i urana

Mnogi autori smatraju da olovo u magmatskim stenama izomorfno zamenjuje one elemente koji imaju jonski radijus blizak Pb^{++}, a to su u prvom redu Ba^{++} i K^{+} (Vojtkevič, 1961). To se odnosi i na uran. Čuturić i Karamata (1966) navode podatke o uporednim analizama olova i kalijuma u nekim magmatskim stenama iz kojih se vidi njihova proporcionalna zavisnost. Još bolje korelativne odnose između urana

i kalijuma prikazao je F a u l (1955) u vulkanitima Lassen Peaka u Kaliforniji.

Na slikama 5—17 mogu se razlikovati dva osnovna tipa korelacionih kriva urana odn. olova prema kalijumu (određivanom radiometrijski).

Prvi tip se odnosi na vulkanite Kožufa i severne Slovenije (Pohorje, Mozirje) gde i uran i olovo pokazuju uzlaznu krivu korelacije u uslovima visokih i niskih sadržaja ovih elemenata (sl. 5 i 6). Ovo ukazuje na rela-



Sl. 5 — Dobro izražena korelacija olova i urana prema kalijumu u vulkanitima.

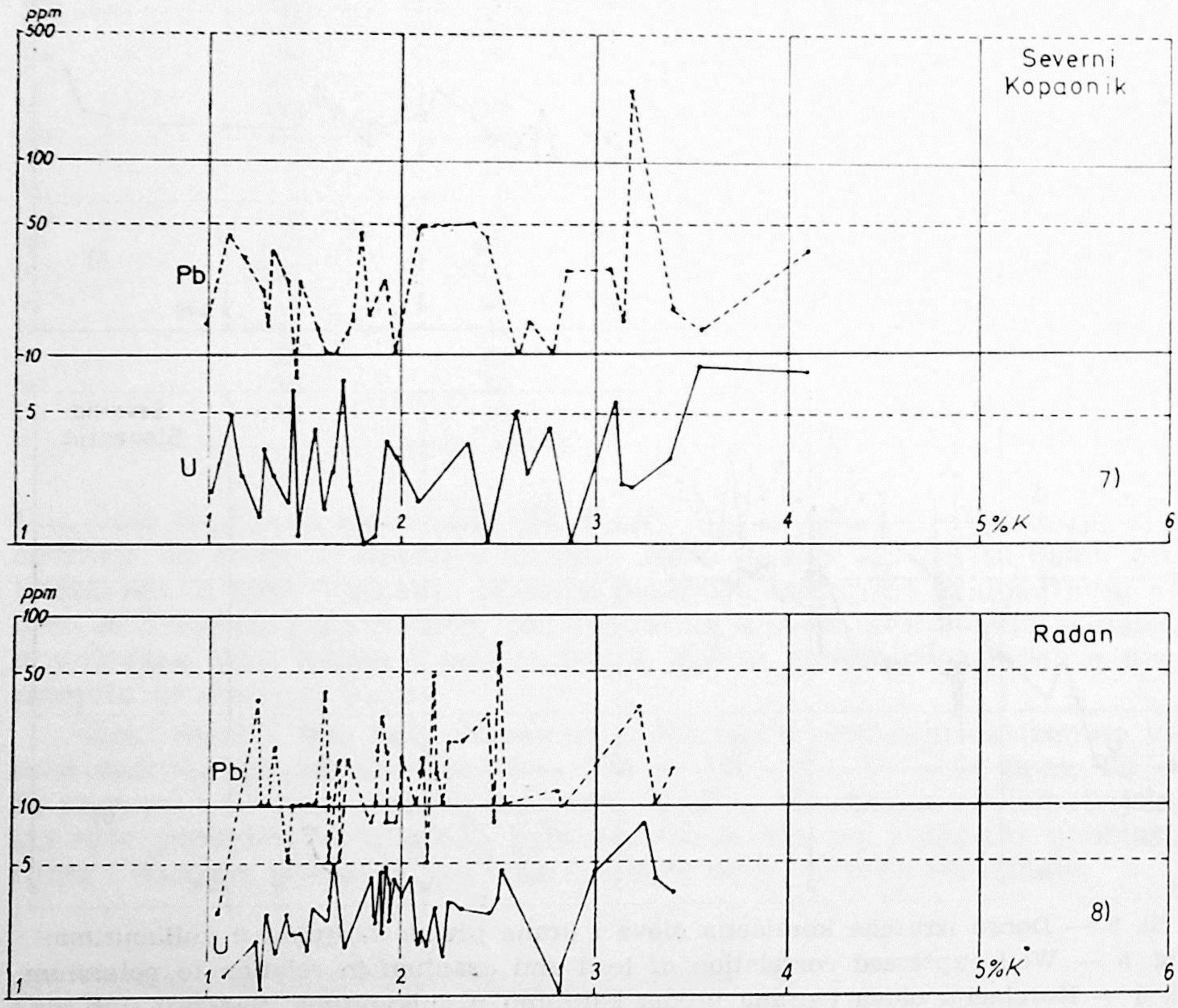
Fig. 5 — Well expressed correlation of lead and uranium in relation to potassium.

Sl. 6 — Korelacija olova i urana prema kalijumu u vulkanitima. Sadržaji svih elemenata su ekstremno niski.

Fig. 6 — Correlation of lead and uranium in relation to potassium in volcanites. Concentrations of all elements are extremelly low.

tivno dobro izraženu zavisnost sadržaja U i Pb od sadržaja kalijuma. Ostali masivi pokazuju raznovrsnost kako u karakteru krive tako i u dijapazonu sadržaja kalijuma odnosno olova i urana, veličini amplituda itd. (sl. 7—17).

Uran po pravilu ima izraženiju korelativnost od olova gotovo u svim masivima, mada u celini oba elementa pokazuju znatno slabiju korelativnost nego u prva dva pomenuta masiva. Za vulkanite Rudnika prikazan je odnos olova prema kalijumu određivanom hemijskim putem (M a k s i m o v i ć, T e r z i ć, 1965), gde se vidi potpuno slaganje ove korelacione krive (sl. 15, kriva b) sa krivom prema kalijumu određivanom radiometrijskim putem (kriva a). Vulkaniti Kratova-Zletova i Timoka-Peka predstavljaju specifične slučajeve sa vrlo visokim variranjem sadržaja, pri čemu se Timok-Pek (sl. 17) na osnovu sadržaja urana približuje prvom tipu (severna Slovenija — Mozirje), a Kratovo-Zletovo (sl. 16) pokazuje izrazito nekorelativnu krivu. Nekorelativnost ukazuje na sledeće moguće uzroke: a) uran i olovo su naknadno unošeni, b) kalijum je metasomatski unošen (sa ili bez urana i olova) i c) uran je naknadno preraspodeljen ili iznošen.

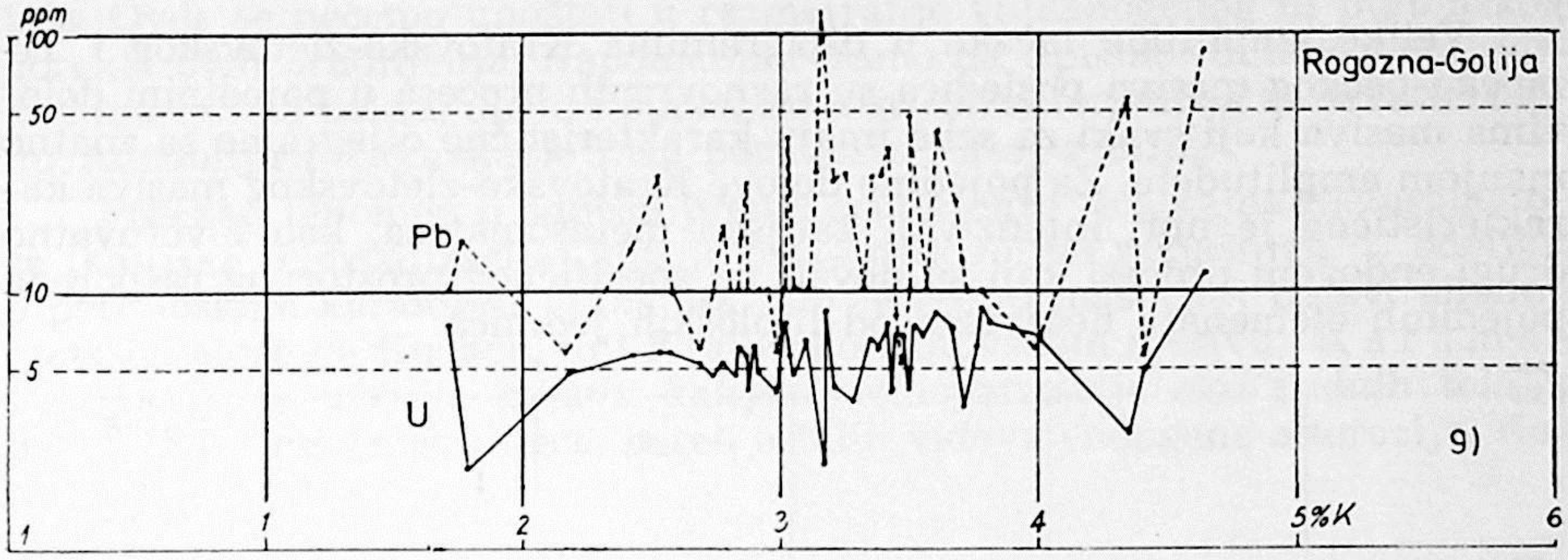


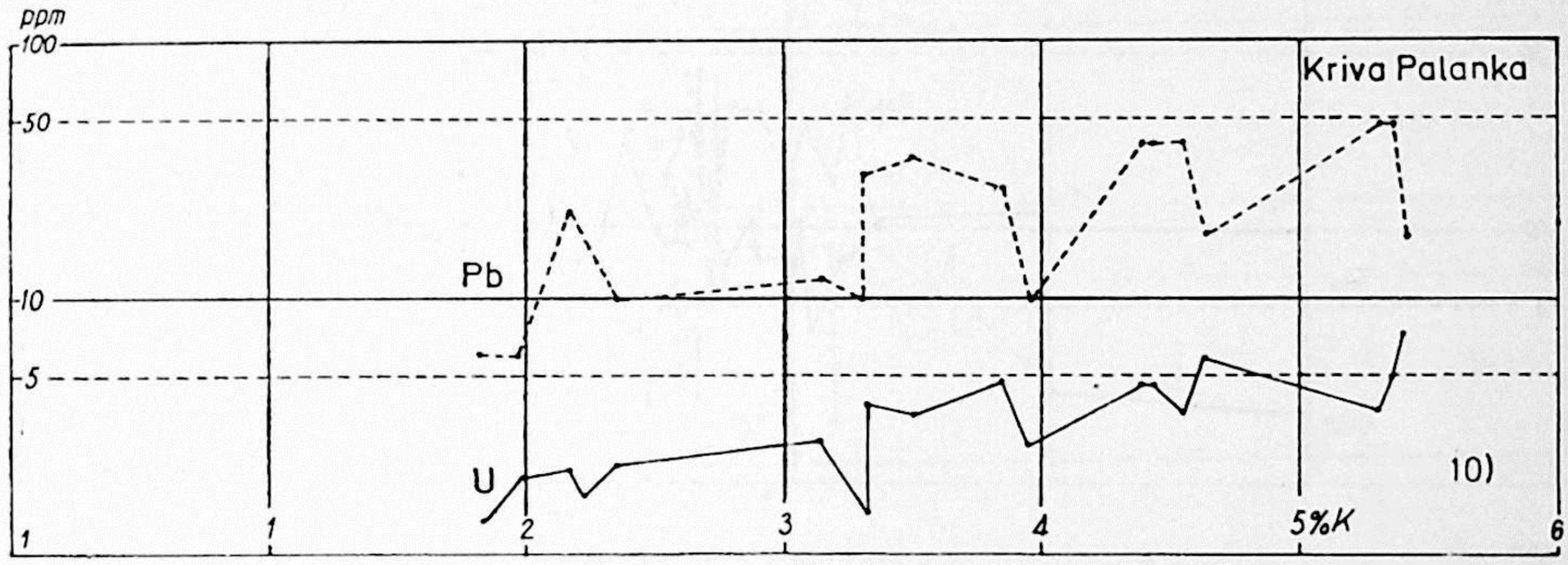
Sl. 7 — Korelacija olova i urana prema kalijumu u vulkanitima. Nekorelativnost unutar malog raspona sadržaja kalijuma.

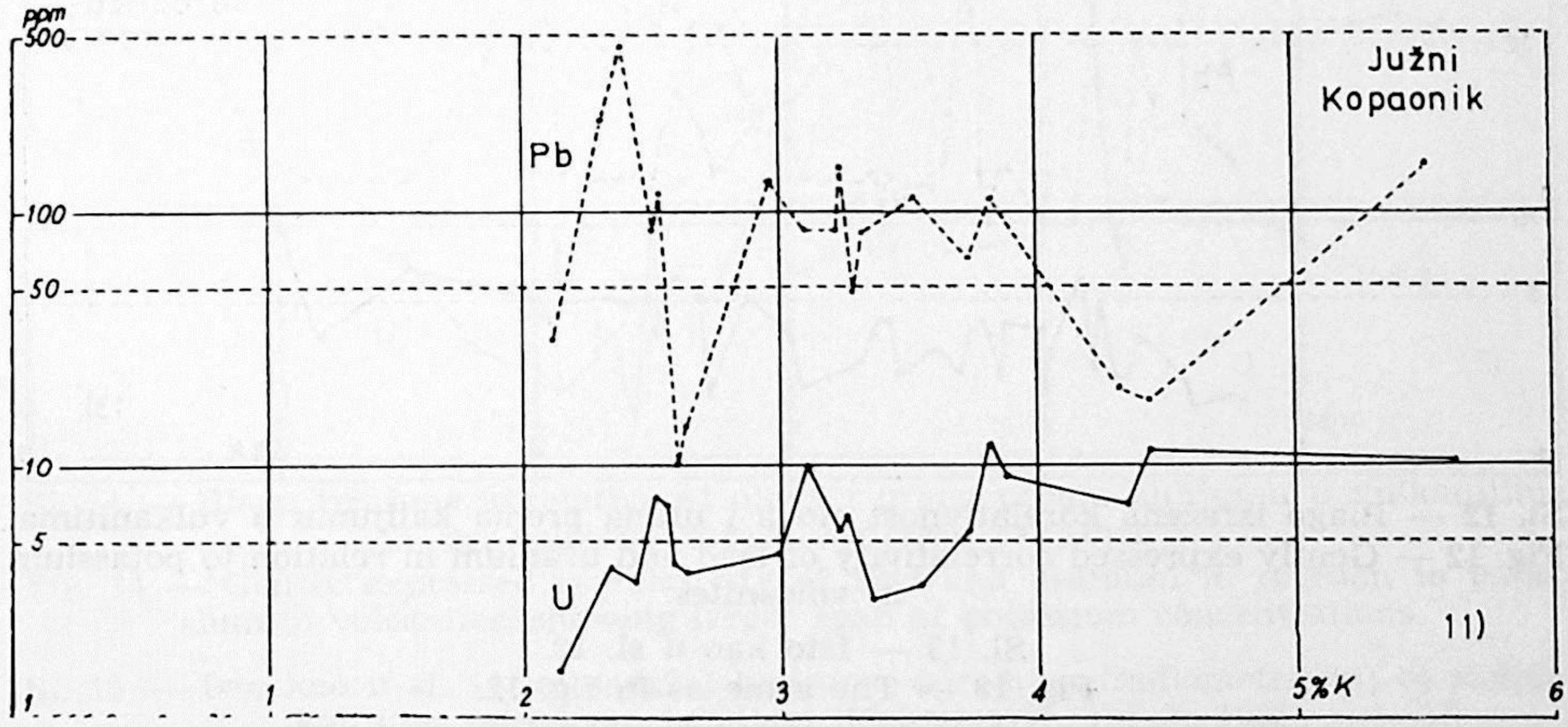
Fig. 7 — Correlation of lead and uranium in relation to potassium in volcanites. Noncorrelativity inside the span of low potassium concentrations.

Sl. 8 — Korelacija olova i urana prema kalijumu u vulkanitima; isto kao u sl. 7.

Fig. 8 — Correlation of lead and uranium in relation to potassium in volcanites; the same as in fig. 7.







Sl. 9 — Korelacija olova i urana prema kalijumu u vulkanitima; isto kao u sl. 7, pri nešto višim sadržajima kalijuma.

Fig. 9 — Correlation of lead and uranium in relation to potassium in volcanites; the same as in fig. 7, showing some higher potassium concentrations.

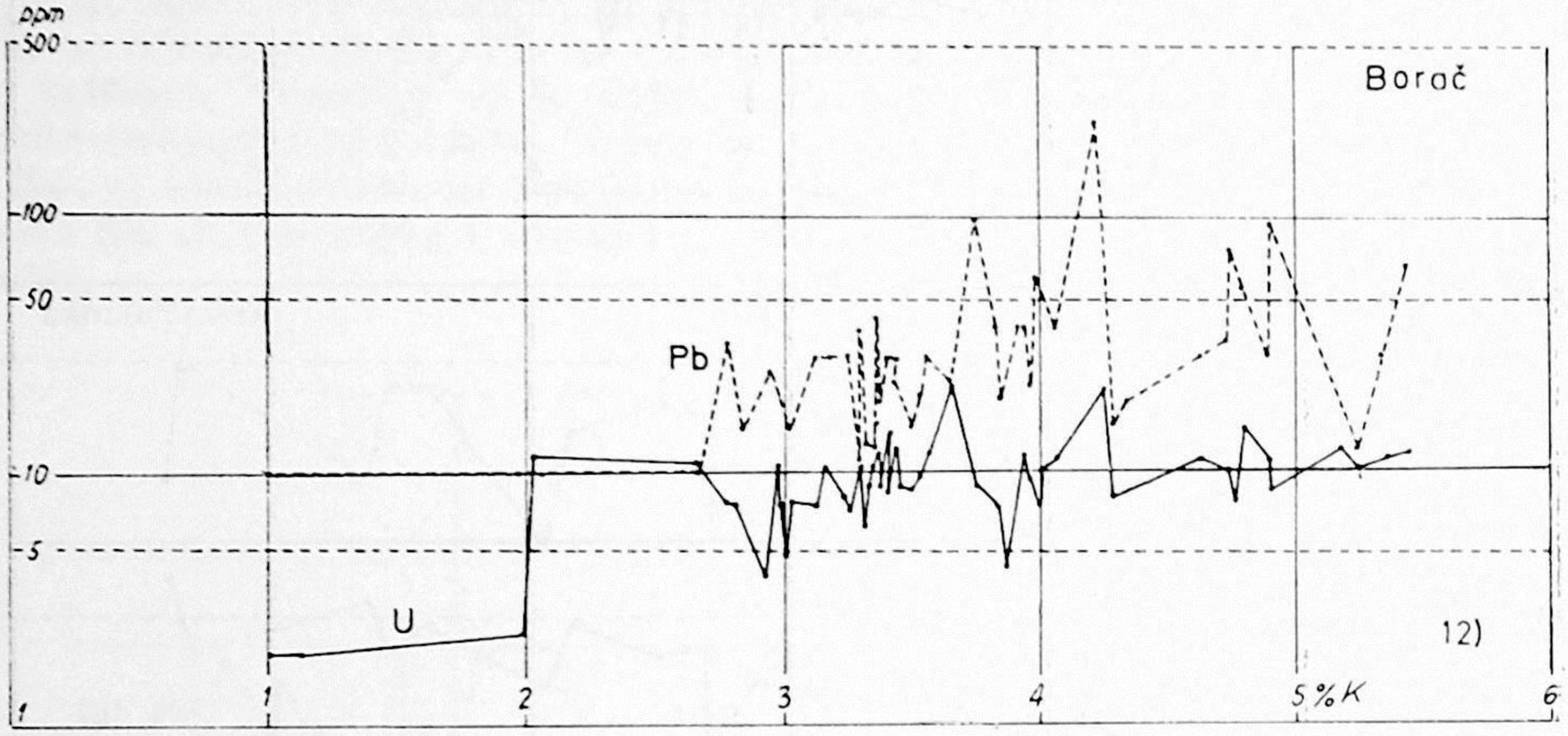
Sl. 10 — Bolje izražena korelacija olova i urana prema kalijumu u vulkanitima (vidi sl. 5).

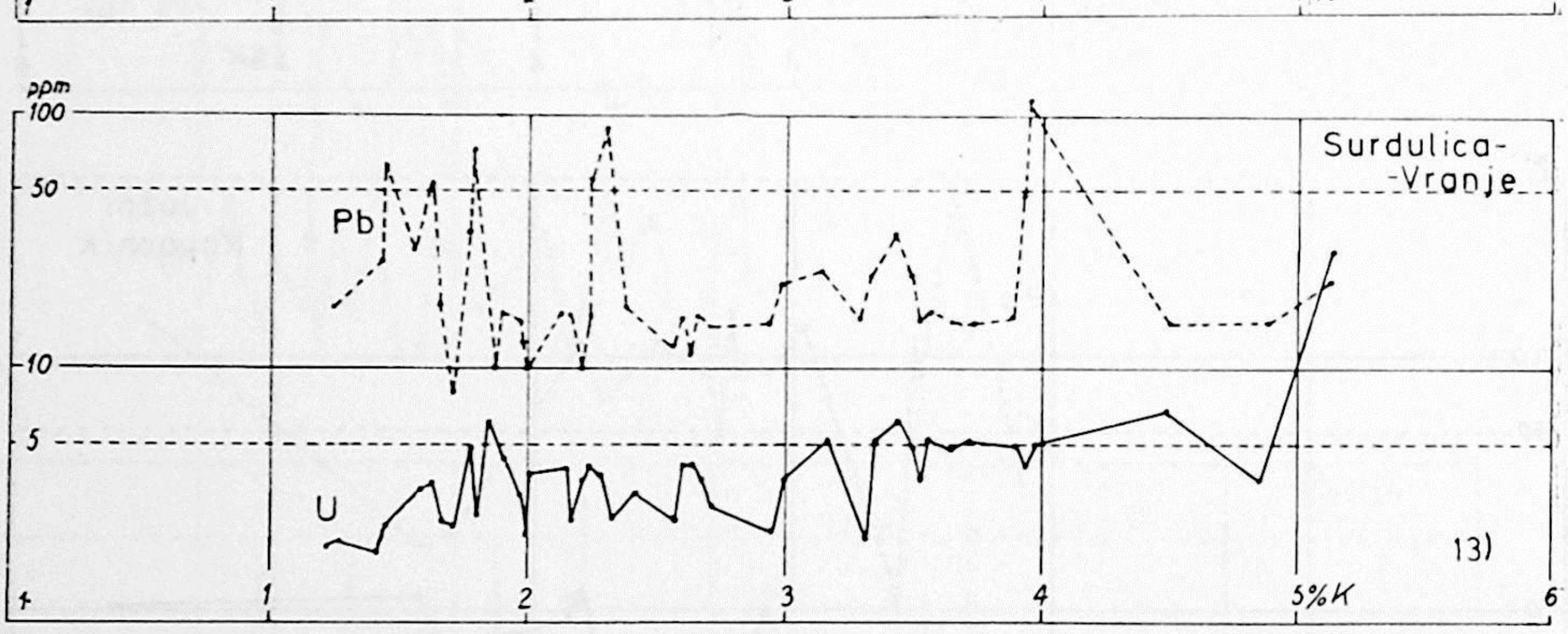
Fig. 10 — Better expressed correlation of lead and uranium in relation to potassium in volcanites (see fig. 5).

Sl. 11 — Bolje izražena korelacija urana prema kalijumu u vulkanitima.

Fig. 11 — Better expressed correlation of uranium in relation to potassium in volcanites.

Velike amplitude tačaka u dijagramima Kratovsko-zletovskog i Timočko-pečkog masiva posledica su raznovrsnih procesa u pojedinim delovima masiva koji svaki za sebe imaju karakteristične dijagrame sa znatno manjom amplitudom. Za pojedine delove Kratovsko-zletovskog masiva karakteristična je npr. intenzivna kalijska metasomatoza, kao i verovatno drugi endogeni procesi koji su doveli do specifičnog prostornog rasporeda pojedinih elemenata nezavisno od litoloških jedinica.





Sl. 12 — Blago izražena korelativnost olova i urana prema kalijumu u vulkanitima.
Fig. 12 — Gently expressed correlativity of lead and uranium in relation to potassium in volcanites.

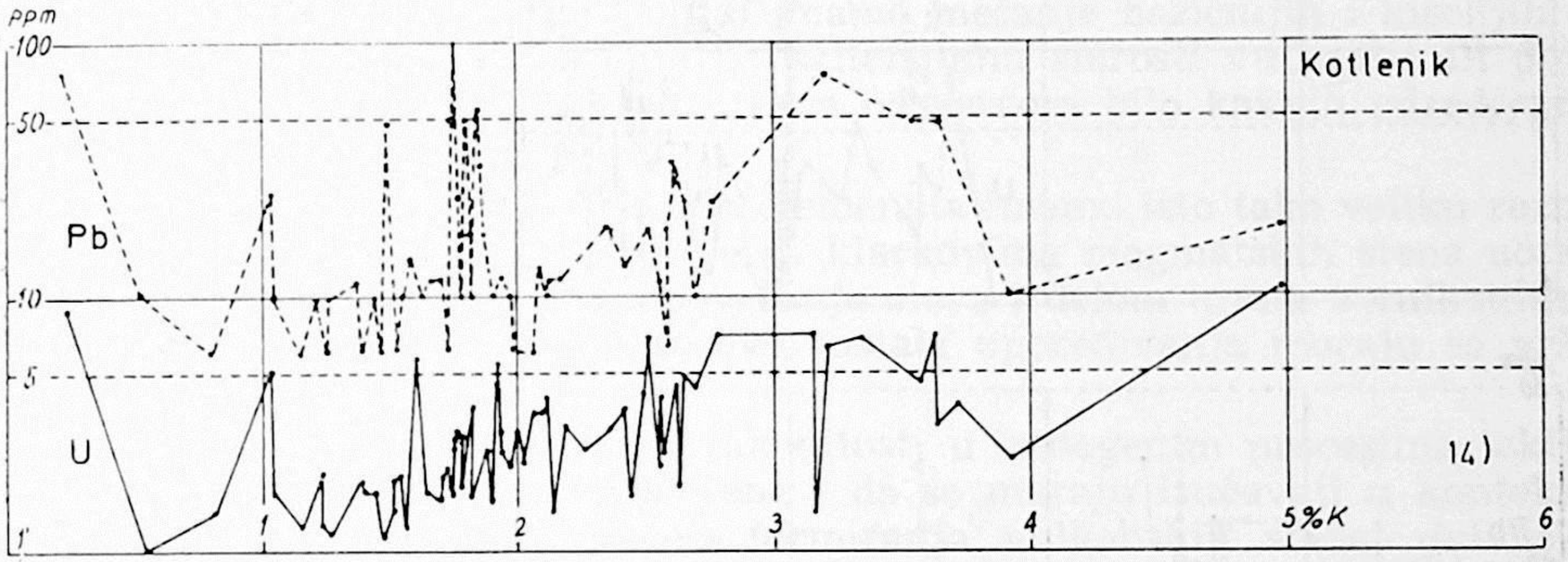
Sl. 13 — Isto kao u sl. 12.
Fig. 13 — The same as in fig. 12.

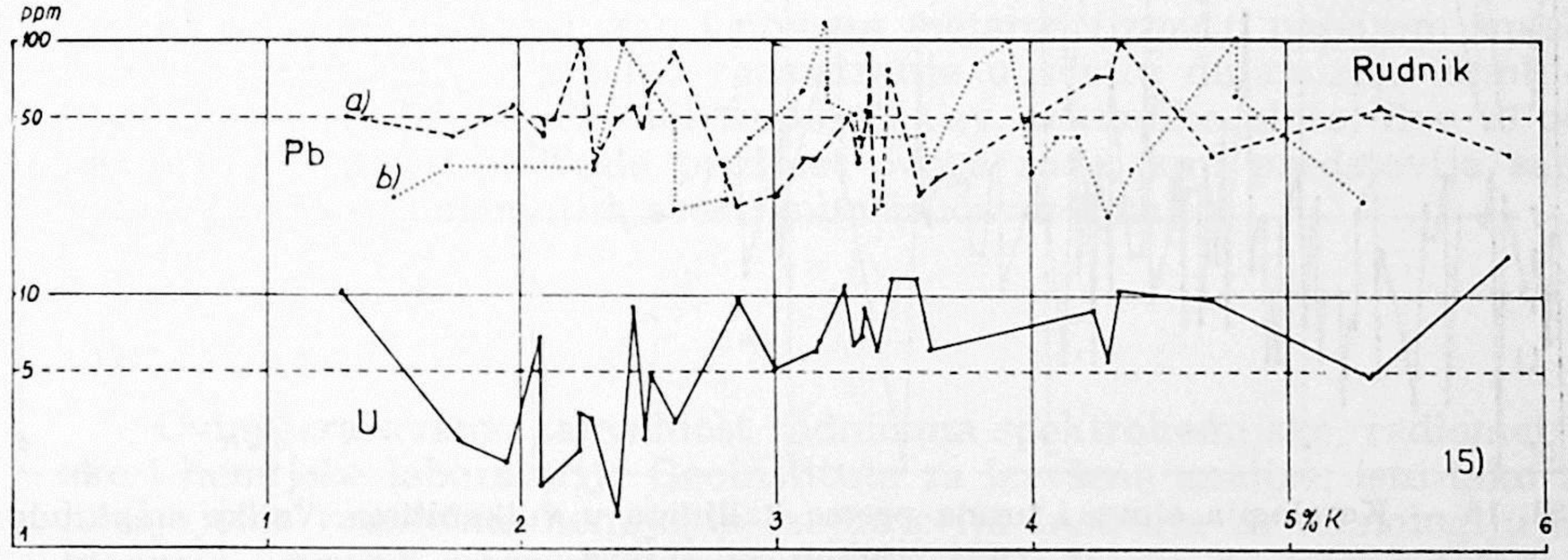
ORUDNJENJA U VULKANITIMA

Područje na kome se javljaju kenotipni vulkaniti Jugoslavije (Srbija, Makedonija) poznato je po velikoj koncentraciji ležišta i pojava pojedinih metala, u prvom redu olova, cinka i bakra, zatim antimona, arsena, molibdena, urana i dr. Mnoga od ovih ležišta i pojava zaležu u samim vulkanitima, koji kod nas imaju veliki značaj kao jedna od povoljnih sredina u kojoj je dolazilo do velikih koncentracija olova-cinka, bakra i drugih me-

tala. Ovde se nećemo upuštati u razmatranje vulkanogenog ili plutonskog porekla ovih orudnjenja. Napomenimo samo da tipična vulkanogeno-sedimentna ležišta bakra, olova i cinka, koja su karakteristična za severoistočnu Anadoliju i Zakavkazje nisu poznata u našoj zemlji.

Poseban fenomen u odnosu prema orudnjenju je alkalna metasomatoza (kalijska feldspatizacija) koji je ostao nedovoljno razjašnjen. U odeljku o petrološkom karakteru vulkanita bilo je reči o masovnoj pojavi alkalne metasomatoze na Kopaoniku i Kratovsko-zletovskom masivu. K a r a m a t a (1970) je utvrdio pojavu kalijske feldspatizacije oko rudnih tela u olovo-cinkovom ležištu Lece, pored ostalih vidova endogene alteracije. Ka-





Sl. 14 — Blago izražena korelativnost olova i urana prema kalijumu u vulkanitima, pri velikom rasponu sadržaja kalijuma.

Fig. 14 — Gently expressed correlativity of lead and uranium in relation to potassium in volcanites, showing larger span of potassium concentrations.

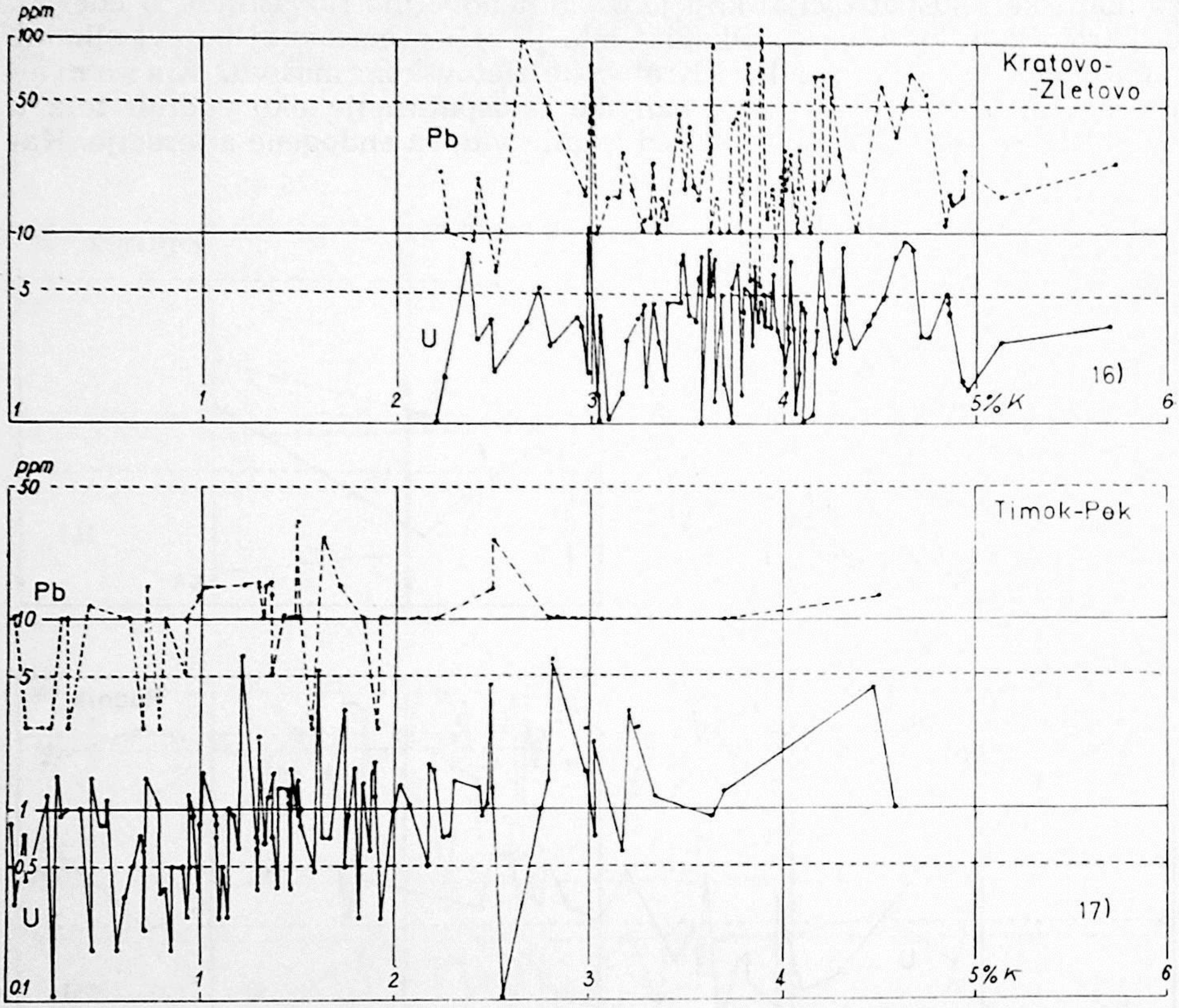
Sl. 15 — Isto kao u sl. 14; a) sadržaj kalijuma određivan radiometrijski; b) sadržaj kalijuma određivan hemijski (Maksimović, Terzić, 1965).

Fig. 15 — The same as in fig. 14; a) potassium concentrations, radiometrically determined; b) potassium concentrations, chemically determined (Maksimović, Terzić, 1965).

lijsku metasomatozu u vulkanitima Kopaonika pominje i M i ć i ć (1971) kao kontaktno-metamorfnu pojavu, navodeći da se prinos kalije bolje uočava po hemijskim analizama nego mineraloškim ispitivanjima. S druge strane, ispitivanjem nekih albitskih stena u Timočko-pečkom masivu S.

Divljan je utvrdio da su one proizvod albitizacije vulkanita (u radu Antonović, 1968).

Odnos prinosa alkalija prema orudnjenjima raznih metala treba tek razjasniti. Ta ispitivanja mogla bi biti važno oruđe u prospekcionom istraživanju orudnjenja raznih metala u vulkanitima i van njih.



Sl. 16 — Korelacija olova i urana prema kalijumu u vulkanitima. Velike amplitude pri visokim sadržajima.

Fig. 16 — Correlation of lead and uranium in relation to potassium in volcanites. High amplitudes follow the high concentrations of these elements.

Sl. 17 — Korelacija olova i urana prema kalijumu u vulkanitima. Velike amplitude pri niskim sadržajima.

Fig. 17 — Correlation of lead and uranium in relation to potassium in volcanites. High amplitudes follow the low concentrations of these elements.

ZAKLJUČAK

Kenotipni vulkaniti pokrivaju nešto ispod 2% ukupne teritorije Jugoslavije i čine tek 1% vulkanita evroazijskog kontinenta. Ovi vulkaniti pokazuju međutim veliku raznovrsnost u litološkom i petrološkom sastavu, vremenu ekstruzija (od gornje krede do kvartara), morfološkim oblicima, sadržaju pratećih elemenata. Oni isto tako predstavljaju sredinu za mnogobrojna važna orudnjenja, u prvom redu olova-cinka i bakra.

U petrološkom pogledu nisu mogle biti uočene neke izrazite regionalne prostorne grupacije srodnih tipova. Naprotiv, unutar pojedinih celina, kao što su vulkaniti Šumadije (Kotlenik, Rudnik i Borač) ili jugozapadne Srbije (Kopaonik, Rogozna, Golija) imamo mešanje bazičnijih i kiselijih tipova. Eventualno razdvajanje po kriterijumu starosti vulkanita ili pojedinih faza ozbiljno je hendikepirano odsustvom bilo kakvih određivanja apsolutne starosti.

U pogledu sadržaja pratećih elemenata imamo isto tako veliku raznolikost. Ako vršimo upoređivanje sa klarkovima magmatskih stena uopšte (tabela 3) uočava se izrazito povećanje olova i delom urana u vulkanitima zapadno od doline Velike Morave. Ostala upoređivanja moraju se vršiti pojedinačno.

Možemo zaključiti da su zakonitosti u endogenim procesima, uključivši i vulkanizam, veoma složene i da se moraju izučavati u kontekstu uporednog razmatranja procesa formiranja vulkanskih stena, dubinskih stena (kiselih i intermedijarnih), prinosa iz t.zv. zaostatka magme (hidrotermalni i drugi procesi), kao i procesa metamorfizma u najširem smislu. Ovde je isto tako neophodno razmatranje u svetlu dinamizma zemljine kore bilo u svetlu klasične tektonike ili t.zv. tektonike ploča. Sve to očigledno nije moglo da bude predmet ovoga rada, koji predstavlja samo jednu kariku u pomenutim svestranim izučavanjima.

*

* *

Ovim izražavamo zahvalnost radnicima spektrohemijske, radiometrijske i hemijske laboratorije Geoinstituta za izvršene analize; isto tako zahvaljujemo radnicima hemijskih laboratorija Instituta za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina kao i Rudarsko-geološkog fakulteta (Dr. V. Đorđević) na izradi hemijskih analiza stena. Zahvaljujemo D. Puriću, R. Stanojeviću i M. Stojkoviću na prikupljanju i obradi podataka, zatim R. Pantiću, N. Vlajić, Dr. V. Vujanoviću i drugim radnicima Geoinstituta navedenim u ovom radu na korisnim diskusijama i sugestijama pri izradi završnih izveštaja. Takođe zahvaljujemo radnicima biblioteke Geoinstituta M. Radičević i K. Vukasović na prikupljanju literature.

Posebnu zahvalnost dugujemo prof. Dr. S. Karamati na pregledu rukopisa ovoga rada i korisnim sugestijama.

LITERATURA

Anđelković M., 1956: Stratigrafija i tektonika planine Rudnika. Zapisnici S.G.D., 1957.

Antonović A., 1968: Proučavanje vulkanita Jugoslavije. Fond struč. dok. Inst. za istraž. nuk. sir. Beograd.

Boyd F. R., 1961: Welded tuffs and flows in the rhyikute plateau of Yelowsone Park, Wyoming. Geol. soc. of. Am. Bul. 72, No. 3.

Čuturić N., Karamata S., 1966: Sadržaj olova u tercijarnim magmatskim stenama SFRJ. VI Savet. geol. Jug. II, Ohrid.

Daly R. A., 1933: Igneous rocks and the depths of the Earth. Mc. Gray — Hill co.

Divljan M., Glišić M., 1958: Prilog istraživanju kvarclatita Kopaonika. Vesnik ZGGI, Knj. XVI, Beograd.

Drovenik M., Antonijević L., Mićić L., 1962: Novi pogledi na magmatizam i geološku građu Timočke eruptivne oblasti. Vesnik ZGGI, knj. XX, Beograd.

Faul H., 1955: Nuclear geology. A symposium on nuclear phenomens in the Earth sciences. John Willey & Sons Inc.

Filipović V., 1969: Istraživanje urana u oblasti Šumadije. Fond struč. dokum. Inst. za istraž. nuk. sir., Beograd.

Hristov S., Karajovanović I., Stračkov M., 1965: Osnovna geološka karta SFRJ — Tolkuvač za listot Kavadarci. S.G.Z. Beograd, 1973.

Ilić M., 1969: Vulkaniti tercijarnog finalnog magmatizma Dinarida. Geol. An. Balk. Pol. Tom XXXIV.

Ilić M. M., 1961: Geologija gornjomilanovačkog tercijarnog basena. Vesnik ZGGI, Knj. XIX, Beograd.

Jovanović M., Karajičić Lj., Karamata S., Vukanović N., 1972: Novi pogledi na razvoj vulkanizma u području Leckog andezitskog kompleksa. Geol. an. Balk. pol. Tom XXXVII, sv. 2.

Karamata S., 1970: Kalijska metasomatoza u području rudnika Lece. Zbor. rad. Rud. geol. fak., sv. 13, Beograd.

Karamata S., 1974: Geohemijske, petrološke i metalogenetske provincije kredno-tercijarne starosti dela Balkanskog poluostrva i Male Azije. Poseb. izd. SANU, knj. CDCXXV, Od. prir. mat. nauka, knj. 42.

Maksimović Z., Terzić M., 1965: Geohemija vulkanskih stena Rudničkih planina. I Simpoz. geohem., Beograd.

Marković M., 1971: Prilog poznavanju vulkanske morfologije Kratovsko zletovske oblasti. Geol. an. Balk. pol. Tom XXXVI.

Marković M., Pavlović Z., 1967: Fotogeološka ispitivanja vulkanita u eruptivnoj zoni Kotlenik — Borač. Vesnik ZGGI, knj. XXXIII, Beograd.

Mićić I., 1974: Kontaktne, pneumatolitske i hidrotermalne promene u vulkanskim stenama Kopaoničke oblasti. Doktorska disertacija, Rud. geol. fak., Beograd.

Mijalković N., Milutinović D., 1968: Izveštaj o strukturnom geološkom kartiranju SZ dela Kratovsko-zletovske oblasti 1967. g. Fond struč. dokum. Inst. za istr. nuk. sir., Beograd.

Mijalković N., Stanić B., Divljan S., Pešić D., 1971: Geološke i petrološke karakteristike SI dela Kratovsko-zletovske oblasti. Fond struč. dokum. Inst. za istr. nuk. sir., Beograd.

Nockolds S. R., 1954: Average chemical compositions of some igneous rocks. Geol. soc. Am. Bull., V. 65.

Pantić R., Simić V., Mijalković N., Koprivica D., Konjević S., Radusinović D., 1972: Kratovsko-zletovska oblast — istraženost i perspektivnost. Fond struč. dokum. Inst. za istr. nuk. sir., Beograd.

Pavlović Z., 1966: Pokušaj određivanja starosti pojedinih faza tercijarne vulkanske aktivnosti u Kopaoničko-rudničkom delu Vardarske zone. VI Savet. geol. Jug., Ohrid.

Pavlović Z., 1974: Hronološki razvoj tercijarnog magmatizma u području Šumadije. VIII Kong. geol. Jug., Bled.

Petković K. V., 1932: Mlade vulkanske stene na desnoj strani Južne Morave severno od Vlasotinaca. Vesnik Geol. inst. Kr. Jug., knj. I/1.

Ristić P., 1959: Kajaniti Rudnika. Geol. an. Balk. pol., Tom XXVI.

Ristić P., 1963: Vulkanske alkalne (leucitne) oblasti jugozapadno od Gnjilana. Arhiv za tehnol., god. I, br. 3, Tuzla.

Taylor S. R., 1964: Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table. Geoch. et. cosm. acta, No. 28.
Veselinović D., Pejović D., Pašić M., 1958: Izveštaj o geološkom kartiranju i istraživanju terena gornjeg toka reke Pčinje, okoline Buštranja i Klenike. Fond. struč. dokum. Inst. za istr. nuk. sir., Beograd.
Виноградов А. П., 1962: Средние содержания химических элементов в главных типах изверженних горных пород земной коры. Геохимия № 7.
Влодавец В. И., 1964: О термине „игнимбрит". Изв. АН СССР. Геол. № 6.
Войткевич Г. В., 1961: Проблемы радиогеологии. Госгеолтехидзат.
Vujanović V., Teofilović M., 1974: Poreklo kvarclatitskih i njima srodnih stena na teritoriji Jugoslavije. Zapisnici S.G.Z. za 1973. g.
White D. E., Waring G. A., 1963: Volcanic emanations. Data of geochemistry, G.S.P.P., 440 k., V.

Summary

ANTONIJE ANTONOVIĆ*
VERICA FILIPOVIĆ*

SOME ASPECTS OF GEOLOGY, PETROLOGY, GEOCHEMISTRY AND ORE MINERALIZATION OF KAINOTYPE VOLCANITES OF YUGOSLAVIA

Kainotype volcanics occupy an area of about 4600 sq. km., situated almost completely in the eastern part of Yugoslavia. These rocks are mostly of andesitic-dacitic character. In petrological sence three groups can be distinguished: the most basic are volcanites of the Timok-Pek Massif and the most acidic are the volcanites of Marijovo, Kriva Palanka, Surdulica, Golija and Borač massifs; others are intermediary (figs. 2 and 3). Separation of massifs according to the potassium content shows somewhat different features (fig. 4) due to the posterior introduction of this element (K-feldspatization).

The age of volcanites of the western group (west of Morava river) is generally Middle Tertiary, while of the eastern group (Timok-Pek) is mostly Upper Cretaceous.

The trace elements concentrations (table 2) vary in separate massifs. As a rule, the volcanic rocks of the western group show relatively high uranium, thorium, lead and barium concentrations (corresponding to acidic rocks in table 3). However, concentrations of these elements are in the Timok-Pek massif lower than the average concentrations for the intermediary rocks in general (table 3); the copper concentrations in this massif are slightly higher than in the intermediary rocks.

Correlation of potassium with lead and uranium (figs. 5—17) is regular (ascedent curve) only in Mariovo and North Slovenia massifs. In other massifs there is a secondary enrichment of lead and uranium or depletion of uranium.

No metallic ore deposits have been generally related to kainotype volcanics in Yugoslavia so far; however, these rocks represent a favorable medium for deposition of ores, mostly those of lead-zinc, copper and uranium.

* Institute for Geological and Mining Exploration and Investigation of Nuclear and Other Mineral Raw Materials, Beograd.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 11, 1977. god.

MILAN RISTIĆ
DUŠAN RADUSINOVIĆ

UDK 553.495 (497.1)

GENETSKI TIPOVI I PROBLEMI STVARANJA LEŽIŠTA I MINERALIZACIJA URANA U JUGOSLAVIJI*

(sa 1 slikom)

Vrlo raznovrsna i tipovima bogata metalogenija Jugoslavije posledica je njene veoma složene geološko-strukturne građe. Ležišta urana stvarala su se u veoma različitim genetskim uslovima i stoga obiluju raznovrsnim tipovima.

U SFRJ su otkriveni produkti endogenih, ekzogenih i metamorfogenih mineralizacionih procesa, koji su doveli do stvaranja mineralizacija i ležišta urana.

Prostorna, vremenska i materijalna zonalnost endogenih rudnih ležišta i mineralizacija urana posledica je razvoja magmatskih ognjišta, u toku koga su se stvarale magmatske, pegmatitske i hidrotermalne koncentracije urana i njihove različite rudne formacije.

Ekzogene mineralizacije i ležišta urana su najmnogobrojnije i sadrže i u našoj zemlji kao i u svetu najveće rudne rezerve urana. Različite geološke sredine i uslovi stvaranja uslovili su taloženje singenetskih i stvaranje epigenetskih mineralizacija i ležišta urana u uranonosnim marinskim škriljcima, hematogenim sedimentima, uranonosnim ugljevima, uranonosnim asfaltima i uslojenim mineralizacijama i ležištima urana u klastičnim sedimentnim stenama sa organskom materijom.

Ekzogene mineralizacije urana u klastičnim sedimentima na Žirovskom Vrhu bile su kasnije metamorfisane.

Izučavanje zakonitosti stvaranja ležišta urana je od posebnog značaja a naročito rešavanje onih genetskih problema koji se odnose na utvrđivanje uslova stvaranja produktivnih koncentracija urana, njihove veze sa određenim petrogenim kompleksima, poznavanje geološke starosti orudnjenja, kao i na utvrđivanje istražnih kriterijuma.

UVOD

Od početka istraživanja nuklearnih sirovina u SFRJ 1948. pa do 1971. godine, kada je praktično prestao interes u našoj zemlji za ovim sirovinama, otkriveno je jedno produktivno ležište urana (Žirovski Vrh), više drugih niskoprocentnih ležišta urana i desetina hiljada anomalija radioaktivnosti u stenama, rudama, muljevima i tekućim i podzemnim vodama. Ove su pojave uglavnom nedovoljno detaljno istražene, jer je politika istraživanja bila uglavnom zasnovana na pretpostavci da će se tek od 1975. godine pojaviti potreba da se i nuklearne elektrane uključe u energetski sistem Jugoslavije, te su samo na nekoliko lokalnosti vršena detaljna istraživanja u cilju utvrđivanja rudnih rezervi viših kategorija. Dosadašnje

* Primljeno za štampu 11. maja 1977. god. Recenzent Cvetko Markov.

utvrđene rudne rezerve urana metala samo u ležištu Žirovski Vrh, čine 1,9% ukupnih jugoslovenskih energetskih rezervi a to odgovara udelu bilansnih rezervi nafte (1%) i prirodnog gasa (0,9%) zajedno u ukupnim bilansnim energetskim rezervama.

Obimne studije uranonosnosti pojedinih petrogenih kompleksa — granitoida, vulkanita i sedimentnih stena, a naročito metalogenetska, ukazala su na znatnu verovatnoću postojanja ležišta nuklearnih sirovina bez izdanka na površini.

Energetska kriza u svetu, sve veće povećanje potreba nuklearnih sirovina, ograničene rezerve kako klasičnih izvora energije, tako i nuklearnih, a posebno veliko zagađenje čovekove sredine korišćenjem organskih izvora energije, izazvali su, kako veliko intenziviranje istraživanja ležišta nuklearnih sirovina u kapitalističkim zemljama, tako i ogromno povećanje njihovog korišćenja kao izvora energije. Opravdanost intenziviranja istraživanja ležišta urana je očigledna i čak se nameće kao jedna od prvorazrednih ekonomskih potreba i u našoj zemlji.

Stoga su autori i odabrali ovu temu kako bi istakli složenu problematiku u vezi sa utvrđivanjem zakonitosti stvaranja ležišta urana čije će korišćenje biti u narednom periodu sve intenzivnije.

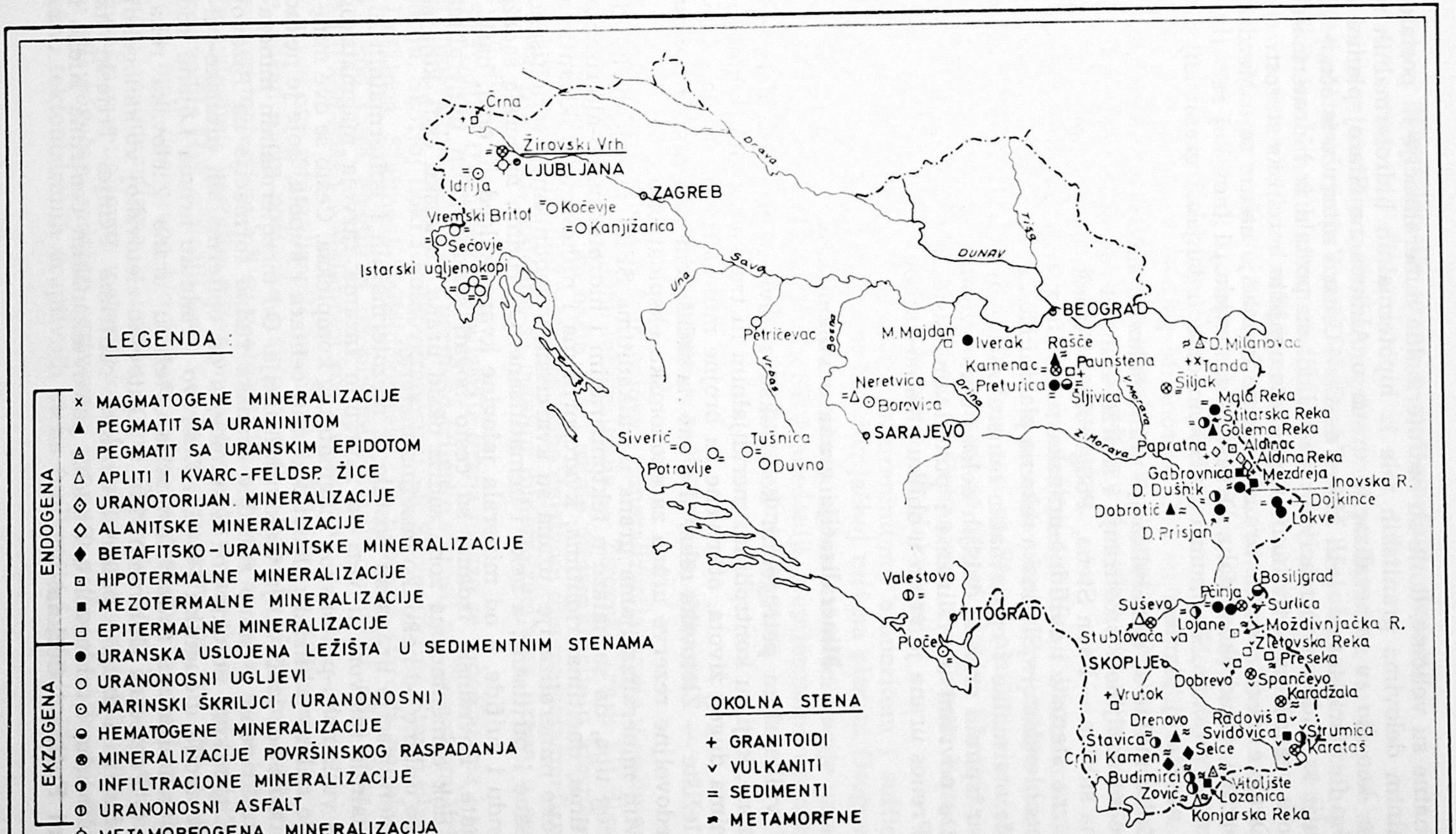
MINERALIZACIJE I LEŽIŠTA URANA U SFRJ

U našoj zemlji su, kao što je već u uvodu izneto, postojali veoma različiti geološko-strukturni uslovi za stvaranje mineralizacija i ležišta urana. Osim toga stepen istraženosti teritorije naše zemlje iako nije dovoljan, ipak omogućava da se za znatan deo istražene površine može gotovo sigurno pretpostaviti da ne sadrži izdanke značajnijih produktivnih ležišta urana, ali da mnoge mineralizacije urana ocenjene za vreme ranijih prospekcionih istraživanja kao neperspektivne, mogu da posluže kao indikatori skrivenih ležišta urana. Osim toga zbog povećanja cene koštanja klasičnih izvora energije i povećane potražnje nuklearnih sirovina vrlo je verovatno da će se već u dogledno vreme moći da koriste i niskoprocentne rude sa prostom tehnologijom dobijanja urana, kao što su ležišta na planini Bukulji, Staroj planini i dr.

Radi bolje preglednosti daje se prikaz genetskih tipova mineralizacija i ležišta urana u SFRJ prema petrogenom kompleksu u kome se nalaze.

Mineralizacije urana u granitoidima

U granitoidima mahom hercinske starosti nalaze se magmatske i hidrotermalne (hipo, mezo i epitermalne) mineralizacije urana. Za sve njih je karakteristično da sadrže uraninit, uranotorijanit i uranotorit (magmatske) i pehblendu (hidrotermalne mineralizacije) sa više ili manje sulfida Pb, Zn, Cu, Mo, Ni, Co, Bi i As a od minerala jalovine kvarc, kalcedon, kaolinit, sericit i karbonate. Mineralizacije su gnezdastog (magmatske) ili žičnog (hidrotermalne) oblika i vezane su za zdrobljene, kataklazirane i milonitisane više ili manje hidrotermalno alterisane delove granitoidnih tela. Dok su magmatske mineralizacije (Mezdreja, Aldina reka na Staroj planini i Tanda u Poreču) postale kristalizacijom iz magmatskog rastopa



SI. 1. -GENETSKI TIPOVI MINERALIZACIJA URANA U SFR JUGOSLAVIJI

i neznatne su veličine, dotle su hidrotermalne mineralizacije ili postale u apikalnim delovima granitskih tela iz hipotermalnih hidrotermalnih rastvora, kao što su mineralizacije urana u Aldincu na Staroj planini sa rudnim formacijama Mo—U, Mo—Fe—Cu—U i u Vrutoku u istočnoj Makedoniji sa rudnom formacijom Mo—U, ili su postale iz hidrotermalnih rastvora vezanih za aktivirano magmatsko ognjište hercinske starosti.

Ovakve mezotermalne uranske rudne formacije nalaze se u Mezdreji, Gabrovnici, Gradeškom dolu, Debeštičkoj, Janjskoj i Inovskoj reci i Golemom, Javorskom, Bajinom i Dubokom dolu u janjskoj granitskoj gromadi na Staroj planini.

Epitermalne se mineralizacije urana nalaze u sličnoj geološkoj sredini znatne su debljine i prostiranja i sadrže uransku rudnu formaciju sa tragovima sulfida — Paun Stena, Podgroblje i Cigankulja na planini Bukulji tercijarne starosti i sulfidno-uranska rudna formacija sa sulfidima Fe i Cu i pehblendom — Slatinska reka na planini Kukavici i hercinske starosti.

Mezotermalne i epitermalne mineralizacije su postale iz hidrotermi koje su ispirale uran iz dubljih delova tektoniziranih granitoida i taložile ga bliže površini u prslinama i pukotinama sistema tektonskih poremećaja. Prenos urana je vršen u obliku alkalno-karbonatnog uranata.

Mineralizacije urana u vulkanitima

U vulkanskim petrogenim kompleksima završne etape razvoja mobilne zone, koji su kontrolisani meridijalnim ili transferzalnim dubinskim razlomima dugog života, otkrivene su brojne mineralizacije urana i samo jedno ležište — Zletovska reka, ali i ono na sadašnjem stepenu istraženosti ima nedovoljne rezerve urana za ekonomsku eksploataciju.

Svim mineralizacijama urana u vulkanitima SFRJ je zajedničko, da su žičnog tipa, da se nalaze u tektoniziranim i hidrotermalno-alterisanim andezitima, dacitima, riolitima, kvarcporfirima i njihovim piroklastitima. Stene oko mineralizacije urana su kvarcisane, kaolinisane, sericitisane, hloritisane i piritisane, a neke i hematitisane. Od rudnih minerala sadrže pehblendu i sulfide, a od minerala jalovine kvarc, kalcedon, opal, barit i karbonate. Površinski izdanci su često bogati sekundarnim mineralima urana, dok cementaciona zona sadrži oksid urana »uransku čađ« koja se nalazi do dubine od nekoliko desetina metara.

Mineralizacije urana su postale iz mezotermalnih i epitermalnih hidrotermalnih rastvora u vezi sa završnim fazama razvoja magmatskog ognjišta vulkansko-plutonskog magmatskog kompleksa. Često se ove mineralizacije nalaze u blizini paleovulkanskih centara i kupola, koje je nekad teško otkriti bez izučavanja vulkanskih facija. Od mezotermalnih mineralizacija otkrivena je samo sulfidno-uranska rudna formacija na Bizavoj ritki i Ciganskom potoku kod Strumice, a od epitermalnih uransko-sulfidna formacija u rudniku Pb—Zn Dobrevo i rudniku hroma Lojane kod Kumanova i uranska rudna formacija u ležištu urana Zletovska reka, Spančevu, Pogledu i Golemom ridu u Kratovsko-zletovskoj vulkanogenoj oblasti, Surlici i drugim paleovulkanskim centrima Pčinje, Trijeski na planini Boraču, Stublovači u Binaču, paleovulkanskim centrima Nidže i u okolini Fužina i Cerkna.

Mineralizacije urana u metamorfnim stenama

U ovim se stenama nalaze mnogobrojne i po tipovima raznovrsne mineralizacije i orudnjenja urana. Nalazak većeg broja egzokontaktnih pegmatitskih kao i nekih pirometasomatskih mineralizacija urana, ukazuje na njihovu genetsku vezu sa magmatskim granitoidnim ognjištima.

Sočivasta pegmatitska tela sa uraninitom nalaze se u Dobrotiću kod Prokuplja (sa berilom), Drenovcima kod Prilepa, Golemoj reci na Staroj planini i Rašću na planini Bukulji, a sa uranonosnim epidotom u Vitolištu u SR Makedoniji i kod Donjeg Milanovca. Ova su tela malih razmera i veoma niskog sadržaja urana, a postala su iz pegmatitskih rastopa-rastvora, kao i aplitske i kvarcno-feldspatske žice u Konjskoj reci sa euksenitom i u Neretvici u Centralnoj Bosni sa uraninitom.

Pirometasomatskog su postanka mineralizacije urana u ekzokontaktnim delovima granitoida sa kojima su u genetskoj vezi, a pripadaju uranotorijanitskoj rudnoj formaciji u Aldinoj reci na Staroj planini, alanitskorudnoj formaciji u Aldinoj reci i Papratni na Staroj planini i betafitskouraninitskoj rudnoj formaciji u Selcu i Peštanima, a u Crnom Kamenu još i sa daviditom, na Selečkoj planini u SR Makedoniji.

Hipotermalna se mineralizacija sa uraninitom, braneritom i sulfidima Mo, Pb, Zn, Cu i Fe nalazi u Moždivnjačkoj reci na planini Osogovu.

Mezotermalne mineralizacije uransko-sulfidne rudne formacije nalaze se na Lozanici kod sela Vitolišta u SR Makedoniji, a epitermalna uransko-sulfidna rudna formacija na Preseci na planini Osogovu.

Mineralizacije urana u sedimentnim stenama

Pored mnogobrojnih rudnih pojava i mineralizacija urana u sedimentnim stenama se nalazi i jedno ležište urana — Žirovski Vrh u SR Sloveniji, koje je postalo na isti način kao i ostale mineralizacije u klastičnim stenama, ali je docnije bilo metamorfisano dejstvom dinamometamorfizma, te se prikazuje ovde zajedno sa ostalim mineralizacijama urana u sedimentnim stenama.

Sočivaste i trakaste mineralizacije urana nalaze se u peščarima i ređe u konglomeratima permske i permsko-trijaske starosti na Žirovskom Vrhu, Sovodnju, Škofjoj Loki i Polhovgradecu u SR Sloveniji i na Staroj planini kod Dojkinca, Slatine i Vodeničke reke, ili neogene starosti na planini Iverku kod Cera, Preturici na planini Bukulji, u dolini reke Pčinje, u Zaplanju kod Niša i u Maloj reci kod Knjaževca.

Za sve ove mineralizacije urana je zajednička geološka sredina stvaranja, sličan način postanka i sličan izvor urana. Srednjezrni peščari sa ugljevitom materijom bili su geohemijska barijera na kojoj su se u redukcionim uslovima, nastalim životnom aktivnošću anaerobnih bakterija koje su proizvodile H_2S, staložili uran i rudni elementi Fe, Pb, Zn, Cu, As i dr. Izvestan mali deo urana bio je apsorbovan ugljevitom materijom, ali je prilikom metamorfizma u ležištu urana Žirovski Vrh bio izdvojen uz frakcionaciju iz ugljevite materije koja je pretvorena u antracit. Izvor urana su bili povećani sadržaji rastvornog urana u petrogenim kompleksima pretežno tektoniziranih eruptivnih stena (vulkanita i granitoida).

Epigenetske gnezdaste niskoprocentne mineralizacije urana malih razmera taložile su se po prslinama u ugljenim slojevima rudnika uglja Kočevja, Kanjižarice, Sečovlja, Vremskom Britofu, Raši, Podlabinu, Podpičnju, Siveriću, Potravlju, Tušnici, Duvnu i Petričevcu, koji leže na karstifikovanoj krečnjačkoj podlozi. Uran je taložen iz podzemnih voda koje su ispirale uran iz okolnih stena, nekad i znatno udaljenim, i taložile ga u poroznijim delovima ugljenih slojeva. Poroznost uglja je bila uslovljena sadržajem mineralne materije sa čijim se povećanjem povećava poroznost uglja i količina uranonosnih vodenih rastvora koji su proticali kroz njih.

Najzad, singenetske veoma niskoprocentne i malih razmera mineralizacije urana u crnim marinskim škriljcima Idrije, Inova, Borovice, Velestova i Ploče, taložile su se zajedno sa glinovitom i organskom materijom u plitkovodnim epikontinentalnim morskim basenima, bilo mešanjem muljevitih uranonosnih voda sa morskom vodom, bilo adsorpcijom i redukcijom urana od strane organske materije. Pri tome je i jedan deo urana mogao da bude adsorbovan glinenim česticama.

PERSPEKTIVNA STRUKTURNO-METALOGENETSKA PODRUČJA

Primenjujući metodologiju prognoze verovatnoće nalaska rudnih ležišta metala, današnji stepen poznavanja geološke građe Jugoslavije, njeno raščlanjavanje na strukturne jedinice i lično iskustvo na istraživanju ležišta urana i drugih metala, autori su izvršili podelu teritorije SFRJ na sledeća strukturno-metalogenetska područja perspektivna za nalazak ležišta urana.

Za nalazak endogenih ležišta perspektivno je:

1) Područje Kratovsko-zletovske vulkanogene oblasti, područje paleoriolitskog kompleksa planina Belasice i Plačkovice, područje andezitsko-dacitskog kompleksa planine Borača i rejona Krive Lakavice, kao obodnih delova središnog masiva Srpsko-makedonske mase koji se sučeljava sa nabranim pojasom Dinarida, u kojima se nalaze duboki rasedi koji su kontrolisali rasprostranjenje magmatskih stena završne etape razvoja mobilne zone, a posebno delovi u kojima postoje široke zone paleovulkanskih centara.

2) Područje Stare planine kao unutrašnje depresije završne etape razvoja na geoantiklinali, koja je ispunjena kontinentalnim tvorevinama, a gornji strukturni kat sadrži preorogene i sinorogene intruzije, koje su intenzivno izrasedane, a rasedi kontrolišu raspored malih intruzija nešto bazičnijih granitoida i dajkova intermedijarnih i bazičnih stena.

3) Područja Bukulje, Pčinje, Binača i Nindže kao delova nabranih struktura ili kontura središnih masiva presečenih longitudinalnim rasedima sa dugim kretanjima, koji su bili putevi izlivanja efuziva i nešto kasnije i utiskivanja dijabaza i lamprofira.

Za nalazak ekzogenih ležišta urana perspektivna su:

1) Područja Žirovskog Vrha — Sovodnja, Škofje Loke, Polhovgradeca, Savskih bora i Stare planine kao basena na aktiviranoj platformi, u kojima se sedimentacija vršila pod povoljnim litološko-facijalnim i klimatskim uslovima sa preovlađivanjem na kopnu hemijskog nad mehaničkim raspa-

danjem, a naročito u priobalskim delovima basena gde su se taložili sedimenti sa organskom materijom.

2) Područja zaliva Panonskog basena Ukrinskog, Korenite — Jadra (Iverka), Mioničko-Valjevskog (Belanovički) i Timočkog basena, kao plitkovodnih basena sa razuđenom obalom stvorenim na području središnog masiva unutar nabranih struktura završnog stadijuma razvoja mobilne zone, u kojima su za vreme sedimentacije vladali slični uslovi kao na području Savskih bora.

3) Područja Knićskog, Knjaževačkog, Zaplanjskog, Pčinjskog, Strumičkog i Moriovskog tercijarnog basena, kao međuplaninskim basenima na aktiviranoj platformi, koji su bili plitkovodni marinski baseni u kojima su se taložili terigeni i karbonatni sedimenti, i u koje je za vreme žarke klime donošen materijal od erodovanih stena sa povećanim sadržajem ili mineralizacijama urana.

GENETSKI PROBLEMI

Problemi stvaranja rudnih ležišta su složeni i mnogobrojni, ali su mnogi od njih doskora bili u okviru hipoteza. Savremen razvoj minerogeneze omogućava, međutim, rešavanje ovih problema sa dovoljnim stepenom verovatnoće. Veliki značaj koji ima poznavanje geneze i rudnih formacija produktivnih ležišta urana za prognozu, metalogenetsku i formacijsku analizu, pomoću kojih se vrši izbor perspektivnih površina sa najvećom verovatnoćom za otkrivanje ležišta urana, postavio je u prvi plan rešavanje sledećih genetskih problema:

1) Određivanje uslova stvaranja produktivnih koncentracija urana. Ovaj problem može da se reši izučavanjem stepena iskristalisanosti okolnih stena, njihove poroznosti i drugih fizičkih osobina, određivanjem hemijskog sastava, sadržaja i vrste organske materije i drugih sastojaka stena, određivanjem vrednosti za pH i Eh sredine u kojoj su se vršili rudni procesi i određivanja temperature stvaranja orudnjenja i fizičko-hemijskih odlika mineralizacionih fluida izučavanjem tečnih i gasovitih inkluzija i dr.

2) Određivanje vrste veze (genetske, paragenetske i prostorne) orudnjenja urana sa određenim petrogenim kompleksom. Ovaj problem može da se reši kompleksnim izučavanjem, naročito korišćenjem izotopskih analiza a prema geološko-strukturnim, mineraloškim, petrološkim, geohemijskim i metalogenetskim kriterijumima za utvrđivanje ove veze.

3) Određivanje izvora uranonosnih materija, koje mogu da vode poreklo iz rudne magme, iz materija ispod zemljine kore, iz dinamometamorfnih stena, iz podzemnih voda vadoznog porekla ili iz stena kroz koje su proticali agresivni rastvori različitog porekla (magmatskog, metamorfnog i ekzogenog). Ovaj genetski problem može da se reši kompleksnim izučavanjem u prvom redu elemenata indikatora i izotopskih odnosa O^{16}/O^{18}, S^{32}/S^{34} i drugih elemenata (olova, urana i dr.).

4) Određivanje starosti orudnjenja i utvrđivanja metalogenetske pripadnosti ležišta urana. Ovaj problem može da se reši geohronološkim metodama za određivanje apsolutne geološke starosti korišćenjem izotopskih odnosa olova, argona, stroncijuma i kalijuma.

5) Određivanje geološko-strukturnih, litološko-facijalnih, mineraloško-petroloških, geohemijskih i geohronoloških istražnih kriterijuma, što se može da izvrši sintezom rezultata izvršenih izučavanja raznovrsnih genetskih tipova produktivnih koncentracija urana.

Ovi problemi ustvari predstavljaju glavna pitanja minerogeneze — izvor urana, njegov prenos i uslovi njegove koncentracije. Da bi ovi problemi bili što uspešnije rešavani, neophodno bi bilo izvoditi usmerena i sistematska izučavanja, koja se u našoj zemlji nažalost veoma malo koriste. Nesumnjivo da bi ovakav metodološki prilaz istraživanjima genetskih problema doprineo preciznijoj prognozi pa i otkrivanju produktivnih ležišta urana, čiji se izdanci ne nalaze na površini zemlje.

LITERATURA

1. Billibin Ju. A., 1955: — Metallogeničeskie provincii i metallogeničeskie epohi, Gosgeoltehizdat, Moskva.
2. Heinrich E. W., 1958: — Mineralogy and Geology of radioaktive raw materials, New York.
3. Markov C. & Ristić M., 1974: — Caracteres mineralo-geochimiques et genese du gisement d'uranium de Žirovski Vrh. IAEA Symposium on the Formation of Uranium Ore Deposits. Athens.
4. Nininger R. D., 1960: — The genesis of uranium deposits, ICG Kopenhagen.
5. Pavlović S. i dr., 1963: — Geološka, tektonska i petrohemijska proučavanja nekih granitoida Jugoslavije i njihova metalogenija. II Jug.-Polj. simp., Herceg-Novi.
6. Radusinović D., 1974: — Zletovska Reka Uranium Deposit. IAEA Symposium on the Formation of Uranium Ore Deposits. Athens.
7. Ristić M., 1956: — Uranium and Thorium Deposits in Yugoslavia. ICPUAE, Ženeva.
8. Ristić M., 1960: — Tipovi pojava i ležišta urana Jugoslavije. I Jug.-Polj. simp., Kovari.
9. Ristić M., 1965: — Genetsko-strukturni tipovi uranskih mineralizacija Jugoslavije. Teza.
10. Smirnov V. I., 1963: — Očerki metallogenii. Moskva.

Summary

MILAN RISTIĆ[1]
DUŠAN RADUSINOVIĆ[1]

GENETIC TYPES AND PROBLEMS RELATED TO FORMATION OF URANIUM DEPOSITS AND MINERALIZATIONS IN YUGOSLAVIA

The uranium deposits and mineralizations in Yugoslavia have been formed, similar to other mineral deposits in this area, as a result of highly comlex geological and structural features, under different genetic conditions, belonging to numerous genetic types. The products of endogene, exogene and metamorphic mineralization processes have been indetified, which resulted in formation of corresponding mineral deposits.

The spatial, time, and actual zonality of endogene uranium deposits and mineralizations have been introduced by the development of magmatic chambers, which resulted in magmatic, pegmatitic and hydrothermal concentrations of uranium and its different mineral formations.

The exogene mineral deposits are the most numerous, and, similar to other parts of the word, contain the largest reserves of uranium. Due to the different geological environments and conditions of formation, both the syngenetic and epigenetic uranium deposits and mineralizations have been formed in uranium-bearing marine shales, hematogene sediments, uranium-bearing coals and asphalts, and in the stratiform uranium deposits in clastic rocks with organic matter.

The exogene uranium mineralization in clastic deposits in Žirovski Vrh area were later subjected to metamorphic processes.

Study of different factors influencing the formation of uranium deposits, particularly of genetic problems related to the origin of ore-grade uranium concentrations, their relation with the specific petrogene complexes, age of mineralization, and the determination of particular exploration criteria, are considered as of highest importance in present and future exploration of uranium deposits.

---

[1] Institute for Geological and Mining Exploration and Investigation of Nuclear and Other Mineral Raw Materials, Beograd.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 11, 1977. god.

VOJISLAV VUJANOVIĆ
MILORAD TEOFILOVIĆ

UDK 551.761.+551.24:551. 49 (497.16)

GEOLOŠKO-STRUKTURNE I HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE OKOLINE CETINJA I RIJEKE CRNOJEVIĆA, SA POSEBNIM OSVRTOM NA PODRUČJE DOBRSKA ŽUPA—METERIZI I ŠIRE*

(sa 1 slikom i 1 prilogom)

Ovaj rad predstavlja sintezu ranije objavljenih i sopstvenih rezultata ispitivanja, kako u pogledu na geološko-strukturne, tako i na hidrogeološke osobenosti okoline Cetinja i Rijeke Crnojevića. Pri tom su autori posebno detaljno izučili šire područje Dobrske Župe i Meteriza.

Ovom prilikom su aktivirani i neki noviji kao i veoma stari objavljeni podaci i uklopljeni u sintetičku analizu autora (Jezero na Lovćenu i njegove podzemne vode, potez Cetinje — Rijeka Crnojevića, bivši površinski tokovi u Cetinjskom polju i dr.).

Na taj način ovde su plasirani svi podaci koji su objavljeni poslednjih stotinak godina i sintetizovani, a delom i provereni od strane autora.

Šire područje Dobrske Župe i Meteriza do sada nije bilo predmet ozbiljnijih proučavanja, tako da su autori morali da rešavaju niz ključnih problema iz osnova. Izuzev geologije, koja je data na osnovu podataka Z. Bešića i A. Pavića, svi ostali podaci predstavljaju plod naših ispitivanja i proučavanja. Tako je u ovom radu tektonika šireg područja Dobrska Župa — Meterizi prvi put detaljnije raščlanjena, pri čemu je nedvosmisleno dokazano da ono predstavlja jedinstvenu strukturnu celinu. Ni problematika karsta nije u ovom području ranije proučavana, pa su autori vršili detaljna ispitivanja u navedenom smislu i dokazali prisustvo mnogobrojnih karstnih oblika i utvrdili zavisnost njihovog razvoja od geologije i tektonike i obratno.

Karstni oblici u okolini Cetinja i Rijeke Crnojevića proučavani su od strane većeg broja geologa i geografa, a autori ovog rada su izvršili dopunska ispitivanja, što im je, uz detaljna ispitivanja u području Dobrska Župa — Meterizi, omogućilo da šire sagledaju procese karstifikacije i dokažu da oni ovde uglavnom nisu jače izraženi po dubini.

Analizirajući ranije, kao i sopstvene rezultate ispitivanja, autori su uspeli da utvrde generalne pravce podzemnih vodenih tokova na celom tretiranom području. Tako su, na osnovu ranije objavljenih podataka, autori dali generalne pravce podzemnih tokova na potezu Cetinjsko Polje — Obodska vrela, a na osnovu sopstvenih generalne pravce na potezu SI od Cetinja i Rijeke Crnojevića, uključujući i Dobrsku Župu, Meterize, Rvaše i dr.

U ovom radu izneti su i dokazi da šire područje Dobrske Župe i Meteriza nije potpuno bezvodno, kako to iz objavljenih radova proizilazi, jer ovde postoji niz aktivnih izvora, iako su glavna izvorišta i tokovi spušteni ispod površine. Autori su utvrdili i postojanje podpovršinskih vodenih akumulacija i tokova u ovom delu ispitivanog područja, a slične pojave su opravdano pretpostavili i za veći deo crnogorskog karsta. Takođe, prvi put se u ovom radu opisuju veoma značajna podvodna i nadzemna izvorišta na Grabu.

* Primljeno za štampu 8. novembra 1976. god. Recenzent Zarija Bešić.

Sopstvena proučavanja strukturnih i hidrogeoloških osobenosti kao i karstnih oblika, omogućila su autorima ne samo da utvrde generalne pravce i dubine podzemnih vodotokova na velikom prostoru, tj. u području SI od Cetinja i R. Crnojevića, već i da dokažu da najveći deo podzemnih vodenih tokova gravitira ka Skadarskom jezeru. Na taj način je dokazano da su u pravu bili autori koji su smatrali da ovi tokovi spadaju među glavne faktore koji izazivaju dizanje nivoa Skadarskog jezera. Po nama, uz dalji razvoj karsta i erozije u slivnom području Skadarskog jezera, ovi tokovi će nesumnjivo postati dominantni faktor u navedenom procesu.

GEOLOGIJA TERENA

Geologija terena data je uglavnom prema A. P a v i ć u (12), a ona se u celini uzev uklapa u raniju geološku kartu Crne Gore koju je uradio Z. B e š i ć (2).

Oblast Stare Crne Gore je većinom izgrađena od mezozojskih krečnjaka i dolomita, a u znatno manjoj meri i od paleogenih flišnih sedimenata. U mezozojskim formacijama ređe se sreću laporoviti krečnjaci, laporci i rožnaci kao i grube krečnjačke breče i konglomerati. Mezozoik je predstavljen trijaskim, jurskim i krednim serijama, koje ćemo u sledećem ukratko opisati.

Gornji trijas. Stene gornjeg trijasa predstavljaju prostranu formaciju u oblasti Stare Crne Gore. Predstavljene su bankovitim, slojevitim i masivnim dolomitima, a u manjoj meri i krečnjacima. Dolomiti često postepeno prelaze u krečnjake ili se sa njima smenjuju. Dolomiti su uglavnom stariji i zauzimaju donji, najveći deo serije, a krečnjaci su mlađi, manje debljine i leže u gornjem delu. Dolomiti su debeli do 500, a krečnjaci 15—50 metara.

Starost gornjotrijaskih sedimenata utvrđena je na osnovu prisustva brojne faune, uglavnom iz grupe megalodonata (5).

Jurski sedimenti zauzimaju mnogo veće prostranstvo od trijaskih i krednih. Konstatovana su sva tri odeljka jure: donja, srednja i gornja.

D o n j o j u r s k i s l o j e v i facijalno se razlikuju od trijaskih. U njihov sastav, uglavnom, ulaze sivi i beli, jedri, oolitični, bankoviti krečnjaci i dolomiti, zatim laporoviti krečnjaci i laporci, breče, konglomerati i rožnaci. Debljina donjojurskih slojeva kreće se od 300—500 metara.

Donjojurska serija pokazuje facijalne razlike, pri čemu se uočavaju dva tipa razvića. Prvi tip je predstavljen serijom krečnjaka i dolomita sa znatnim interkalacijama laporaca i rožnaca i naročito je rasprostranjen u predelu Lovćena, Njeguša i Grahovskog polja, kao i u predelima koji su bliži primorju. Drugi tip se karakteriše dominantnim prisustvom krečnjaka i dolomita sa retkim laporovitim slojevima. On je naročito zastupljen istočno od Grahovskog i Cetinjskog polja, zatim u predelu Cuca, Meteriza, Odrinjske Gore i dr.

Lijaski slojevi, kao i gornjotrijaski, ispoljeni su u antiklinalnim delovima terena. Široko su rasprostranjeni u predelima u kojima su zastupljeni i gornjotrijaski sedimenti, tj. u području Cetinja, Rijeke Crnojevića, Skadarskog jezera i na drugim mestima, gde krečnjaci često sadrže dosta glinovite komponente.

U oblasti Lovćena i Njeguša lijaski krečnjaci sa rožnacima leže preko dolomita trijasa u koje postupno prelaze. Debljina lijaskih krečnjaka u ovoj oblasti iznosi 400—500 metara.

U širim oblastima Grahovskog polja, Trešnjeva, Čekanja, Cetinja i Rijeke Crnojevića, sve do Zetske ravnice, razvijeni su lijaski slojevi debljine oko 600 metara. I ovde su uočeni postupni prelazi donjojurskih krečnjaka i dolomita u odgovarajuće trijaske stene.

U lijaskim krečnjacima nađena je na više mesta litiotska fauna.

S r e d n j a i g o r n j a j u r a su po Z. B e š i ć u razvijene u tipičnoj sprudnoj krečnjačko-dolomitskoj formaciji. Ovde su rasprostranjeni krečnjaci sa proslojcima dolomita, koji se na terenu teško razlikuju od odgovarajućih stena kredne starosti u ovim terenima. Z. B e š i ć dalje kaže da su stene gornje jure najčešće bankovite do masivne, jako ubrane i polomljene. Krečnjaci srednje i gornje jure razvijeni su na celoj zaravni Stare Crne Gore.

Kredni sedimenti. Do sada su otkrivene donjokredne i gornjokredne tvorevine koje ćemo u sledećem ukratko opisati.

D o n j a k r e d a. Predstavljena je bancima krečnjaka i dolomita koji se naizmenično smenjuju. Donja kreda je razvijena u jednom pojasu koji predstavlja antiklinalni prostor i koji se proteže od Čumajevica preko Čeva, Štitara i Brežina i dalje na obodu Zetske ravnice.

U severoistočnom predelu Dobrske Župe, preko jurskih sedimenata sa tragovima boksita, javljaju se donjokredne tvorevine sa faunom.

G o r n j a k r e d a javlja se u svim prostorima gde i opisani donjokredni sedimenti, ali je gornjokredna formacija zastupljena na mnogo širem prostoru. Izuzev Boke Kotorske, ove dve formacije uvek postepeno prelaze jedna u drugu. Gornjokredni sedimenti predstavljeni su krečnjacima i dolomitima u kojima je utvrđeno prisustvo dobro očuvane faune. Na osnovu ovih faunističkih nalaza gornja kreda je detaljnije raščlanjena, tako da su izdvojeni slojevi cenoman-turona i senona.

TEKTONIKA

Dosadašnja proučavanja tektonskog sklopa šireg područja Cetinja i Rijeke Crnojevića, ukazuju na neke osnovne strukturne karakteristike ovog terena (2,12). Dominantne su sledeće strukture:

1. Antiklinalna struktura generalno na potezu Lovćen—Cetinje—Rijeka Crnojevića i Ljubotin;
2. Antiklinalna struktura Cuca i Bijelih Rudina;
3. Plitkosinklinalni prostor Bjelica.

Pored ovih osnovnih nabornih struktura utvrđen je i niz dislokacija, među kojima Ljubotinska i Štitarska mogu da budu od interesa i za tumačenje tektonike šireg prostora Dobrske Župe i Meteriza.

Sve ove strukture imaju generalno dinarski pravac. Ako se baci pogled na geološku kartu Crne Gore koju je uradio Z. B e š i ć (2) ili geološku kartu Stare Crne Gore A. P a v i ć a (12), vidi se da i geološke formacije, naročito u Staroj Crnoj Gori, imaju takođe dinarski pravac, tj. pružaju se u pravcu SZ—JI, a to važi i za područje Dobrske Župe, Meteriza i Rvaša (prilog 1). Pružanje geoloških formacija na površini, međutim, u velikoj je zavisnosti od tektonskog sklopa terena, naročito u ispitivanom prostoru, jer je i razvoj erozionih procesa bio u velikoj meri zavisan od ovog sklopa. Tako su kredni slojevi, uglavnom, erodovani u antiklinalnoj

oblasti Cuca, kao i u antiklinalnim oblastima Lovćena, Cetinja i Rijeke Crnojevića, gde je erozija u velikoj meri otkrila trijaske i jurske slojeve.

Geološko-strukturne osobenosti terena, kako ćemo docnije videti, imaju izvanredan značaj za proučavanje njegove vodonosnosti, odnosno za otkrivanje podzemnih vodotokova i utvrđivanje mogućnosti snabdevanja vodom ovih krajeva, koji su najvećim delom bez značajnijih površinskih tokova.

Pored gornjih, od posebnog su značaja i dosadašnja proučavanja karstnih oblika u Staroj Crnoj Gori, koje je Z. B e š i ć detaljno opisao u svojim radovima (2,3). Kako ovaj autor navodi, površ Stare Crne Gore jako je razorena usled karstnih procesa, tako da se zbog njih prvobitna površ često ne može rekonstruisati. Tereni koji su se razvili u ljuti karst najčešće su predstavljeni krednim krečnjacima, dok su dolomiti, posebno trijaski, mnogo manje karstificirani.

HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE OKOLINE CETINJA I RIJEKE CRNOJEVIĆA

Iz pristupačne literature, kao i drugih podataka, proizilazi da je ova oblast u navedenom smislu veoma neujednačeno proučena, tako da su neki delovi terena prilično detaljno ispitani, dok o drugima ima malo pouzdanih podataka. Najbolje je proučen teren na potezu Cetinjsko polje — Rijeka Crnojevića, a u mnogo manjoj meri cetinjska brda sa Lovćenom. Prostor severoistočno od ovog poteza nije, izgleda, detaljnije proučavan, mada on uključuje prostrane terene između Stavora i Kosijera na severozapadu i Rijeke Crnojevića i Karuča na jugoistoku, kao i šire. Isto tako nema detaljnijih pristupačnih podataka o području Ljubotina.

Što se tiče Dobrske Župe, kao i njene okoline, nismo našli ni jedan, makar osnovni podatak u literaturi, dok je na pristupačnim topografskim kartama ovo područje prikazano kao potpuno bezvodno.

U sledećem ćemo dati osnovne hidrogeološke karakteristike pojedinih lokalnosti i područja u celom ispitivanom terenu, dok će područje Dobrska Župa — Meterizi biti prikazano u posebnom odeljku.

Područje Lovćena i Cetinjskog polja

Lovćen

Na topografskim kartama ovde je registrovano nekoliko izvora, među kojima je najznačajniji izvor Ivanova korita, a severno od kote 1660 (Jezerski vrh), okonturena je na karti 1 : 50.000 jedna udoljica koja nosi ime Jezero (Crkvine). Ova udoljica je izdužena u pravcu severa, a močvarni deo se proteže na dužini od oko 200 metara, dok mu širina iznosi oko 120 metara. Pre desetak godina ovde je, čak i u sušnim periodima, postojala omanja bara.

U opisanoj udoljici očigledno je u svoje vreme postojalo jezero, koje je u međuvremenu skoro sasvim presušilo, o čemu, između ostalog, svedoče i neki podaci koji se mogu smatrati pouzdanim. Naime, ovu udoljicu

je svojevremeno opisao Vuk Stef. Karadžić, koji je posetio Lovćen u vreme Petra II Petrovića-Njegoša, i on na jednom mestu kaže da je pod Jezerskim vrhom »negda bilo jezero u kome sad nema svagda vode, ali kako se malo zakopa iziđe i usred ljeta«.

Iz svega navedenog može se zaključiti da je u prvoj polovini prošlog stoleća ovde doista postojalo jezero, koje je u toku leta često presušivalo, kao i to da je još ranije u jezeru uvek bilo vode.

S obzirom na konfiguraciju terena, kao i neke druge elemente, može se pretpostaviti da je ovo jezero, u vreme visokih vodostaja, bilo dugo oko pola kilometra.

Navedeno jezero najverovatnije je glacijalnog porekla, a ovo se može potkrepiti i podacima koje iznosi Z. B e š i ć (2, 3), a koji govore da su u vreme glacijacije na Lovćenu postojali glečeri. Oni se, po ovom autoru, nisu spuštali u Cetinjsko polje, ali su pri kraju glacijalnog perioda i kasnije svojim otapanjem davali velike količine vode koja se spuštala u niže delove terena.

Jezero u Crkvinama nije, po nama, nestalo posle otapanja glečera, već se ono održalo skoro do današnjih dana postepeno se spuštajući ispod površine u vidu podzemnih tokova i akumulacija.

Ovakva naša interpretacija (13) sasvim je u skladu sa najnovijim rezultatima ispitivanja Z. B e š i ć a (4) koji je utvrdio da se u području lovćenskog planinskog masiva odvija intenzivna cirkulacija podzemnih voda i to najvećim delom na pravcima ka Skadarskom jezeru, Boki Kotorskoj i donjem toku reke Zete. Sistemu podzemnih tokova Z. B e š i ć priključuje i podzemno jezero u jami Duboki do (Petrova Ljut), koje leži na dubini od 350 metara, kao i niz površinskih izvora uključujući Ivanova korita.

U svetlu gornjih otkrića trebalo bi, po našem mišljenju, tražiti rešenje ne samo za problem nestajanja jezera u Crkvinama, već možda i za kompletnu hidrogeologiju lovćenskog masiva.

Cetinjsko polje

Ovo polje, kao i njegova okolina, danas su praktično bez površinskih vodotokova, iako je ovo područje poznato po velikim padavinama. Stari podaci, međutim, govore da Cetinjsko polje nije oduvek bilo bezvodno i da je kroz njega, između ostalog, proticala i reka, koja se po J. D. M a r t i n o v i ć u (10) zvala C e t i n j a. M a r t i n o v i ć je ovom problemu posvetio posebnu pažnju i on tvrdi da je Cetinja imala najduži vek od svih površinskih tokova i da je ona tekla čak i u XVII veku. On dalje navodi da je glavni krak Cetinje izvirao u vidu jakog vrela ispod Vranje Stijene na jugozapadnom obodu Bajičkog polja. Cetinja je zatim proticala kroz Suvodo i dalje tekla ka jugoistoku, a zatim se kod Vlaške crkve račvala u dva rukavca. Desni se ulivao u ponor ispod Cetinjskog manastira, a levi u veliki ponor ispod samog jugoistočnog oboda Cetinjskog polja. Ove istorijske podatke M a r t i n o v i ć smatra sigurnim, a njih dokazuje i otkrićem očuvanog fosiliziranog korita reke Cetinje u Bajičkom polju i to naročito na Mliništima. Po našem mišljenju, etimološki gledano izraz »mlinište« sam po sebi sugerira zaključak da su vodenice u navedenoj lokalnosti u svoje vreme doista postojale.

Z. B e š i ć (2, 3), takođe ukazuje na nekadašnje postojanje reke u Cetinjskom polju, koju on naziva Cetinjskom rekom i za koju kaže da je glečerskog porekla i da nema nikakve veze sa Cetinjom. Po ovom autoru glečeri su se ovde kretali na pravcu Lovćen—Ivanova korita—selo Bjeloši. U predelu sela oni su se uveliko otapali i davali reku koja je zatim proticala kroz Cetinjsko polje. Z. B e š i ć dalje kaže da se Cetinjska reka u međuvremenu spustila u podzemlje i da su »vrela Rijeke Crnojevića (na Obodskoj pećini) svakako vode te stare reke«. Po ovom autoru u Cetinjskom polju postojalo je svojevremeno i jezero koje je tokom vremena presušilo, ali su površinski vodotokovi cirkulisali skoro do današnjih dana. Od današnjih površinskih tokova Z. B e š i ć pominje potok koji silazi u Cetinjsko polje od Bjeloša podnožjem Đinovog brda, za koga kaže da se pojavljuje samo posle jačih kiša. Od stalnih izvora danas postoji samo jedan koji se zove Pištet i koji izbija u severnom obodu Bajičkog polja. Ovaj izvor je kaptiran u bistijernu iz koje se donjeseljani u Bajicama snabdevaju vodom.

Po Z. B e š i ć u Cetinjsko polje je u stvari karstno polje, a po J. C v i j i ć u (8) i Z. B e š i ć u (2, 3) njegovi sedimenti su dobrim delom fluvioglacijalnog porekla.

Po F. K o c h -u (5) Cetinjsko polje predstavlja antiklinalu Dinarskog pravca u gornjem trijasu, koja je rasednuta paralelno sa pružanjem. Ovaj rased, po istom autoru, usmerava i podzemno odvodnjavanje okoline Cetinja na pravcu ka izvoru Rijeke Crnojevića.

Područje između Cetinja i Rijeke Crnojevića i šire

Većina izvora se ovde koncentriše J i JZ od Rijeke Crnojevića, tj. u području Ljubotina, gde je zabeleženo desetak izvora sa površinskim otokama kao i više izvora bez otoke. Dobar deo ovih izvora gravitira ka Rijeci Crnojevića, dok se potok koji izvire iza njiva (zapadno od k. 262) direktno uliva u Skadarsko jezero kod Poseljana. Prema Z. B e š i ć u (3), jedan deo izvora sa Ljubotinja mogao bi imati i privredni značaj.

Na pristupačnim kartama nisu registrovani stari bunari u Gornjem Ceklinu i Dobrskom Selu, čijim se kopanjem na više mesta došlo do dobre pijaće vode.

Niz drugih izvora takođe nije registrovan na pomenutim kartama kao ni neke česme (Kosijer, Dobrštak i dr.).

Pored gore navedenih, poznati su i izvori iznad Oćevića i kod Šinđona, ali o njima nema podataka u novijoj literaturi.

Područje Dobrske Župe, Meteriza i Rvaša označeno je na opisanim kartama kao potpuno bezvodno. Međutim, u nekim delovima ovog područja postoje izvori, kao što su oni u Kašičkoj i Pržničkoj jami, zatim Lokanj na Pržniku (istočno od k. 455), kao i izvori u okolini Vlahinje i dr. Većina ovih izvora je bez otoke.

Istočno od mesta Rijeka Crnojevića nalaze se veoma značajna izvorišta i to na Grabu i Karuču.

Izvorišta na Grabu nisu registrovana na opisanim kartama. Ona su nekada bila površinska a danas su to podvodna okna i samo se u kišnim

periodima javljaju i iznad nivoa Rijeke. Snažan dotok iz ovih vrela može se naročito uočiti posle jačih kiša kada se ona, kao i ceo ovaj deo Rijeke Crnojevića, zamute usled prisustva veće količine humusnog materijala.

Izvorišta na Karuču registrovana su na gornjim kartama kao tri obična izvora. Ona su aktivna u toku cele godine, a u kišnim periodima to su snažna vrela. Ipak, glavni dotok vode ovde je podvodnog karaktera.

Najznačajnija izvorišta na celom ispitivanom području su ona na Obodu, od kojih nastaje Rijeka Crnojevića. Ova izvorišta, zajedno sa onima na Karuču i Grabu, daju glavne količine izvorske vode na celom području.

Treba na kraju ukazati i na značajna izvorišta na lokalnosti Vrelo, južno od Cetinja, bez obzira što se ona nalaze van ispitivanog područja.

Vrela Rijeke Crnojevića

Obodska vrela ne predstavljaju primarno izvorište Rijeke Crnojevića, a takođe ni periodična vrela koja izbijaju u njihovoj blizini. Na ovo su ukazali još J. Inokomović i S. Milojević (11) koji su utvrdili da na Obodu u stvari počinje samo površinski deo toka ove reke, a da se izvor Rijeke Crnojevića nalazi u Obodskoj pećini, gde ona izvire iz sifonskog jezera koje se nalazi na oko 300 metara od otvora pećine. Primarni izvor Rijeke Crnojevića, dakle, kao i njen početni tok su podzemni, pri čemu Rijeka teče pećinom na dužini od oko 200 metara, da bi 100 metara pre otvora pećine nestala u jednom kratkom bočnom kanalu, pojavljujući se ponovo u vidu vrela na površini. Podzemna Rijeka Crnojević je dosta detaljno ispitana još pre 40 godina, naročito od strane J. Inokomovića i S. Milojevića koji su bojenjem vode pratili njen tok. Tako je S. Milojević obojio vodu podzemne rijeke (20. jun 1935. god.) i to na izlazu iz sifonskog jezera, pri čemu je upotrebio jedan kilogram fluorescina i 100 cm^3 amonijaka. Bojenje je izvršeno u 15 časova i 35 minuta, a u vrelima na Obodu obojena voda se pojavila u 17 časova i 50 minuta. Rastojanje između jezera u Obodskoj pećini i Obodskih vrela, koje iznosi oko 500 m u vazdušnoj liniji, obojena voda je prešla za 2 časa i 15 minuta. S obzirom da otoka jezera, tj. podzemna Rijeka, teče mnogo većom brzinom (oko 0,5 m/sek.), Milojević je zaključio da u delu podzemne Rijeke Crnojevića od ponora u Obodskoj pećini do vrela na Obodu mora postojati »znatniji sifonski rezervoar u kome se obojena voda relativno dugo zadržala« (11).

Rijeka Crnojevića, prema V. Žunjiću (14), izvire na nadmorskoj visini od oko 420 metara, a njena maksimalna izdašnost dostiže 60 m^3 u sekundi. Žunjić, međutim, navodi da je ova izdašnost veoma zavisna od vremenskih prilika.

Po D. Dukiću (9) Rijeka je kod vrela na Obodu uzana i duboka, dok se nizvodno postepeno širi i već ispod mesta Rijeke Crnojevića ulazi u širu aluvijalnu ravan, koja je poplavljena posle izdizanja nivoa Skadarskog jezera. Tako Rijeka u svom najnižem delu toka danas u stvari predstavlja jezerski zaliv.

Prema Dukiću porast nivoa jezera počeo je 1858. godine i otada se nastavlja sve do danas. Po našem mišljenju, međutim, za sada se još

ne može sa sigurnošću govoriti o tome kada je nivo Skadarskog jezera stvarno počeo da raste, sem ukoliko 1858. godine, koju Đukić navodi, nije bilo jačih trusnih poremećaja u ovom području, o čemu inače nema pouzdanih podataka.

U vezi vodonosnosti ispitivanog područja značajno je ukazati i na podatke do kojih je došao Z. Bešić (2, 3) ispitujući karstne oblasti u Crnoj Gori. Ovaj autor je vršio terenska ispitivanja u toku dve uzastopne kišne godine (1956. i 1957.) i utvrdio da su dolomitske stene, naročito trijaske, mnogo vodonosnije od krečnjaka. Bešić takođe kaže da su »te kiše koje su padale takoreći satima bez prestanka dale veoma obilati vodeni talog, pa tamo gde je teren izgrađen od čistih krečnjačkih masa voda se izgubila bez traga kroz mnogobrojne škripove, pukotine, jame i vrtače, a da nije ni malo oticala površinom«. Nasuprot ovome, po navedenom autoru, tamo gde su zastupljeni čisti dolomiti, posle ovih kiša često su se javljale čitave mreže površinskih tokova, pa čak i rečica, a na brdskim padinama i mnogobrojni izvori. Bešić dalje kaže da se i u jugoistočnom delu Stare Crne Gore, tj. oko Cetinja, Ljubotinja i Rijeke Crnojevića, pa prema Skadarskom jezeru, gde trijaski dolomiti imaju veliko prostranstvo, javljaju izvori na više mesta i to ne samo povremeni, već i stalni, kao što su na primer izvor u Dobrskom Selu na putu Cetinje — Rijeka Crnojevića i izvori Poseljanske Rijeke.

PODZEMNI VODOTOKOVI I NJIHOVA VEZA SA POVRŠINSKIM

Mnogi nekadašnji izvori (kao i jezera) presušili su još u stara vremena, pri čemu se najčešće radilo o spuštanju vodotokova ispod površine. Većina bivših površinskih tokova nije ostavila iza sebe nikakve tragove, dok se drugi mogu sa sigurnošću rekonstruisati, naročito u terenima u kojima su se stara rečna korita manje-više dobro očuvala.

Pored toga, neki podzemni vodotokovi su dosta detaljno proučeni, dok za druge postoje dobre indikacije u pogledu na njihove pravce.

Na osnovu gornjih, kao i drugih podataka, može se pouzdano tvrditi da najveći deo proučavanog područja hidrografski gravitira ka Skadarskom jezeru, s tim što jedan deo tokova predstavlja sliv Rijeke Crnojevića, dok se drugi deo direktno uliva u Skadarsko jezero. Podzemni tokovi su za sada najbolje ispitani u području između Cetinja i Rijeke Crnojevića i šire, dok su tokovi u ostalim delovima terena, bar prema pristupačnoj literaturi, znatno slabije, ili nisu uopšte proučavani.

Hidrografska veza na potezu Cetinje—Rijeka Crnojevića i šire

Hidrografska veza između Cetinjskog Polja i Rijeke Crnojevića relativno je dobro proučena još pre četrdesetak godina, kada je sigurno dokazano postojanje ove veze. Tako je još S. Milojević vršio ispitivanja u navedenom pogledu (11), primenivši, između ostalog, i metodu bojenja vode na glavnom ponoru Cetinjskog polja (23. oktobar 1935. god.). Ovo

bojenje je vršeno posle višednevnih kiša, a obojena voda pojavila se na Obodu posle 41 čas. U Suhodolicama, u periodičnim vrelima koja izbijaju u blizini Obodskih vrela, obojena voda se takođe pojavila. S. Milojević navodi da na potezu Cetinje — Obod voda vrlo sporo teče, tj. prosečnom brzinom od oko 370 metara na čas. Ovu brzinu Milojević je dobio tako što je rastojanje između Cetinja i Oboda, koje u vazdušnoj liniji iznosi oko 8 km, udvostručio, računajući da voda ne teče pravolinijski.

Po našem mišljenju sporost podzemnih tokova na pravcu Cetinjsko polje — Obod rezultat je nekoliko faktora i to:

1. Visinska razlika između Cetinjskog polja i izvora Rijeke Crnojevića iznosi jedva 200 metara. S obzirom da u pravoj liniji ova razdaljina iznosi oko 8—9 kilometara, ugao pod kojim bi voda, u idealnim uslovima, tekla iznosi svega 1,30 stepeni;

2. Podzemne vode sigurno ne teku pravolinijski, ali nije mnogo verovatno da je njihov put duplo duži od vazdušne linije između Cetinja i vrela na Obodu. Zbog toga bi možda razloge za usporavanje vodenih tokova trebalo tražiti i u podzemnim prirodnim barijerama, tj. postojanju podzemnih rezervoara, mestimičnom sužavanju kanala, prisustvu manjih podzemnih vodopada i sl., što sve može da uspori brzinu podzemnih tokova;

3. Izvori Rijeke Crnojevića se, po našem mišljenju, ne hrane isključivo vodom iz Cetinjskog polja, već verovatno postoje i sabirni kanali kojima se podzemni tokovi na potezu Cetinje — Obod obogaćuju vodom i iz drugih pravaca, što sve može da utiče i na srednju brzinu glavnih podzemnih tokova na generalnom pravcu od Cetinja ka Obodu. U vezi ovoga treba ukazati i na rad D. Dukića (9) koji smatra da slivnom području Rijeke Crnojevića, u ovom delu terena, pripadaju takođe i Dobrsko-Ceklinske uvale.

. . . . . .

Ako sada rezimiramo sve navedene podatke moguće je grubo rekonstruisati hidrografske prilike na potezu Cetinjsko polje — Rijeka Crnojevića u vreme kada su kroz ovo polje cirkulisali površinski tokovi. Po našem mišljenju u Cetinjskom polju postojala su dva glavna površinska vodotoka u glacijalnom, odnosno post-glacijalnom periodu, i to Cetinjska reka i Cetinja.

Cetinja je izvirala ispod Vranje Stijene (JZ obod Bajičkog polja) i proticala je kroz Cetinjsko polje da bi se kod Vlaške crkve račvala u dva kraka. Desni se zatim ulivao u ponor ispod Cetinjskog manastira, a levi u veliki ponor na obodu Cetinjskog polja. Odavde je Cetinja tekla kao ponornica i ponovo izbijala na površinu tek na Obodu, pod imenom Rijeka Crnojevića. Cetinja se u međuvremenu spustila ispod površine i danas celim svojim tokom teče kao podzemna reka sve do Oboda. Ovo isto treba, uglavnom, da važi i za Cetinjsku reku, koja je nekad tekla od sela Bjeloša kroz Cetinjsko polje.

Tačno vreme nastanka Cetinje i Cetinjske reke teško je utvrditi, ali je Cetinja verovatno mlađa i, kako izgleda, tekla je još u XVII veku.

Ostaci Cetinjske reke i Cetinje, zajedno sa svojim podzemnim slivovima daju, po svoj prilici, glavne količine podzemnih vodotokova koji snabdevaju izvor Rijeke Crnojevića.

Kako smo napred videli, Rijeka Crnojevića već ispod istoimenog mesta ulazi u širu aluvijalnu ravan, koja je poplavljena posle dizanja nivoa Skadarskog jezera pa danas predstavlja jezerski zaliv. Gde se svojevremeno Rijeka ulivala u Skadarsko jezero tačno se ne zna, ali je, po nama, njeno ušće moralo ležati jugoistočno od Graba. Pri tom je značajno ukazati i na okolnost da se na starim kartama tok Rijeke može pratiti preko s. Ploča (istočnim obodom sela) i zapadno od Odrinjske gore, pa sve do na oko 0,5 km južno od Liponjaka (k. 81). Tako, prema ovim kartama, proizilazi da se nekadašnje ušće Rijeke Crnojevića nalazilo približno na oko 4 kilometra severozapadno od Lesendra, a to je danas već duboko u Skadarskom jezeru.

Podzemni vodotokovi severoistočno od zone Cetinje—Rijeka Crnojevića i njihova veza sa površinskim tokovima

Za ovo područje postoji mnogo manje egzaktnih podataka, a prema pristupačnim kartama ovde praktično nema izvora, sem poznatih izvorišta na Karuču. Međutim, kako smo već napred rekli, pored ovih postoje i drugi izvori i to pre svega podvodna vrela na Grabu, zatim nekoliko izvora sa otokom (Vlahinja[1], Pržnički potok) kao i bez otoka (okolina s. Lahinje, Kašička i Pržnička jama i Lokanj). Istorijski podaci govore da je izvor Vlahinja nekada bio mnogo jači, a prema kazivanju meštana na istočnom rubu Dobrske Župe postojalo je i tzv. Četanovo jezero, ili kako ovu udoljicu danas zovu Četanova rupa. Istočno i severoistočno od Cetinja registrovano je na opisanim kartama nekoliko izvora bez otoka, kao i izvorište zvano Studenac na zapadnom obodu Kosijera. Južnije, takođe na Kosijeru, postojala je pre nekoliko desetina godina i česma čiji izvor nikad nije presušivao, ali autorima nije poznato da li je on i danas aktivan.

Na osnovu svih ovih podataka, zatim terenskih osmatranja, naročito u području Dobrske Župe, Meteriza i šire, te na kraju geologije terena i stupnja razvijenosti karstnih oblika u njemu, autori ove studije pokušali su da utvrde pravce podzemnih tokova u području SI od zone Cetinje — Rijeka Crnojevića, i došli su do zaključka da oni gravitiraju, generalno, ka jugoistoku, tj. ka Rijeci Crnojevića i Skadarskom jezeru. Jedan od glavnih smerova podzemnih vodotokova u ovom delu ispitivanog terena prati, po nama, zonu počev od Stavora (i južnije) na severu, preko Dobrske Župe, Meteriza i Rvaša sve do izvorišta na Karuču i eventualno drugih (podvodnih) vrela. Drugi deo podzemnih tokova generalno se verovatno kreće na pravcu Kosijer — Papale — Tmor — Pržnik — Rijeka Crnojevića, uključujući ovde i podvodna vrela na Grabu. Opravdano je, međutim, pretpostaviti da između ova dva glavna podzemna toka postoji veza, ali se u donjem delu tokovi po svoj prilici »rasipaju« dajući veći broj izvora (često podvodnih) na celom prostoru od mesta Rijeke Crnojevića do Karuča, a možda i dalje.

Ako sada rezimiramo rezultate ispitivanja raznih autora kao i naše podatke, može se zaključiti da u širem ispitivanom prostoru postoje dva glavna podzemna slivna područja i to:

---

[1] Zaseok sela Lahinje.

1. Područje na potezu Cetinjsko polje — Rijeka Crnojevića kome treba priključiti i Dobrsko-Ceklinske uvale, i koje u stvari predstavlja slivno područje Rijeke Crnojevića. Ovom slivnom području takođe pripada i Čisto polje sa Ljubotinom, iako ovdašnji vodotokovi dolaze iz drugih pravaca;

2. Područje između Stavora i Kosijera na severozapadu i Karuča i Rijeke Crnojevića na jugoistoku. Podzemni tokovi ovog područja delom su u slivu Rijeke Crnojevića, a delom se direktno ulivaju u Skadarsko jezero (Karuč i druga podvodna vrela, možda čak i izvorišta kod Sinjca?).

U oba područja generalni pravci podzemnih vodotokova su ka jugoistoku, a to znači da ovi tokovi prate dinarske strukture, ili bolje reći one ih kontrolišu. Isto tako, bez obzira na međusobnu vezu ili odsustvo iste, svi ovi vodotokovi predstavljaju jedinstveno slivno područje Skadarskog jezera.

PODRUČJE DOBRSKA ŽUPA — METERIZI I ŠIRE

Najveću pažnju pri terenskim proučavanjima posvetili smo baš ovom području, s obzirom da je ono prema pristupačnim podacima, najslabije proučeno i to kako u geološkom tako i hidrogeološkom pogledu. S druge strane iz gore opisanih topografskih karata proizilazi da je ovo jedino potpuno bezvodno područje na celom ispitivanom terenu. Poznato je, međutim, da Dobrska Župa sa Meterizima i širom okolinom, predstavlja jedan od najplodnijih krajeva u Staroj Crnoj Gori, pa je već sama ova činjenica ukazivala da ne može biti reč o području koje je potpuno bezvodno i čije su se geološke formacije razvile u ljuti karst.

I doista, ko iole poznaje ove krajeve, mogao je da se uveri da čak i pri najvećim sušama letina nikad ne propadne, i da ovde od vajkada uspevaju kako žitarice i vinova loza, tako i detelina, zatim razne vrste voćaka, posebno smokve, nar i druge poljoprivredne kulture od kojih neke zahtevaju skoro konstantnu vlažnost tla. Kako ćemo docnije videti, odgovor na pitanje zašto ovde ni u toku sušnih perioda žetva nikad potpuno ne »omane«, ne leži samo u činjenici da je zemlja u Dobrskoj Župi i šire dobrog kvaliteta, a kulturni sloj debeo, već je od posebnog značaja i prisustvo podpovršinskih voda o čemu će kasnije biti detaljnije diskutovano.

Razlozi da se ovo područje ispita u pogledu na njegove osnovne geološke i hidrogeološke karakteristike, kako se već iz gore navedenih podataka vidi, bili su veoma ubedljivi, čak ako se i ne uzme u obzir činjenica da se radi o području koje je izloženo karstnim promenama čiji nekontrolisani razvoj, po prirodi stvari, dovodi do potpune drenaže kulturnog sloja i do stvaranja ekonomski sterilnog ljutog karsta.

OSNOVNE GEOLOŠKO-STRUKTURNE KARAKTERISTIKE ISPITIVANOG PODRUČJA

U sledećem ćemo ukratko prikazati geologiju ispitivanog područja i šire, kao i njegove osnovne tektonske karakteristike.

Geologija terena

Ispitivano područje izgrađuju tvorevine jure i krede. Od jurskih formacija zastupljene su stene donje, srednje i gornje jure, a od krednih donja kreda, cenoman i turon.

Donja jura dominira u zapadnim, južnim i jugoistočnim delovima terena, gde se javlja u vidu jedne kontinuirane formacije, koja se na jugu spušta do Rijeke Crnojevića i dalje, a na jugoistoku do Skadarskog jezera. Donjojurske tvorevine, uglavnom, su predstavljene krečnjacima i dolomitima.

Srednja i gornja jura obuhvataju ceo prostor Dobrske Župe, kao i njenu okolinu, uključujući tu i Rvaše, Kilibardu (k. 277) i Karuč, izbijajući tako na Skadarsko jezero.

Srednja i gornja jura predstavljene su bankovitim i slojevitim krečnjacima i dolomitima.

Na severnom obodu Dobrske Župe, kao i u istočnom, zapažene su mestimične pojave crvenih boksita u jurskim sedimentima, ali ovi boksiti nisu detaljnije istraživani. Tako su (prema V. V u j a n o v i ć u) konstatovani izdanci crvenih boksita kraj njive Jovana Pejanovića u Carevom lazu, ali nema pristupačnih podataka koji bi ukazivali da su ovde vršena istraživanja u pogledu na ovu mineralnu sirovinu.

Donja kreda zauzima relativno mali prostor, a javlja se u severnom delu ispitivanog terena. Zastupljena je bankovitim krečnjacima i dolomitima, koji se naizmenično smenjuju. Sedimenti donje krede leže preko jurskih tvorevina i sadrže očuvane ostatke faune.

Gornja kreda javlja se na krajnjem severu ispitivanog terena, u predelu s. Zagore. Ovde takođe dominiraju krečnjaci i dolomiti, a u njima je nađena dobro očuvana fauna, na osnovu koje je gornja kreda mogla biti detaljnije raščlanjena (cenoman, turon).

Tektonika

Područje Dobrske Župe karakteriše se monoklinalnim strukturama, koje su osnovno obeležje ovog prostora. Krečnjačke i dolomitske tvorevine pokazuju izrazitu slojevitost i bankovitost. Slojevi generalno padaju u severoistočno polje (azimut 20—50), a pod uglom od 20—30°, mada ima mestimičnih, čak značajnih odstupanja, kako u pogledu na azimut tako i na padne uglove. Ova odstupanja su naročito izražena u neposrednim blizinama ponora, kao i na rubovima vrtača, i to zbog lokalnih poremećaja koji po pravilu prate razvoj pojedinih karstnih oblika.

Monoklinalne strukture mogle su biti praćene ne samo u delovima terena sa izraženim reljefom (Hrid, Motovilo i dr.), već i u samoj Dobrskoj dolini u kojoj se većim delom očuvao debeli humusni pokrivač, ali iz koga ipak na više mesta štrče ostenjaci uslojenih karbonatnih stena.

Zapadni obod Dobrske Župe čini niz ovećih brda dinarskog pravca pružanja (SZ—JI), među kojima se ističu Tmor (k. 550) i Pržnik (k. 455). U ovom delu terena, od s. Lahinje pa preko Tmora, Pržnika i Meteriza, monoklinalne strukture se uočavaju samo mestimično, pošto su karbonatne stene jako polomljene usled mlađeg rasedanja koje je takođe dinarskog pravca. Ova rasedna struktura verovatno predstavlja deo Ljubotinske ra-

sedne zone, što bi se moglo proveriti izradom profila na potezu Dobrska Župa — Ljubotin. U međuvremenu nije moguće utvrditi da li monoklinalne strukture Dobrske Župe i šire predstavljaju severoistočno krilo Pržničko-Tmorske antiklinale, ili je ovaj prostor samo deo antiklinalne strukture Lovćen — Ljubotin.

Ako izuzememo njen zapadni rub Dobrska Župa, sa svojim istočnim obodom i šire, karakteriše se lepo uslojenim i bankovitim karbonatnim stenama, čiji su padni uglovi dosta blagi. Ovaj opšti utisak se unekoliko menja pri detaljnijem posmatranju, jer se tada vidi da su opisane stene redovno ispucale i polomljene i često manje ili više zdruzgane. Tektonika koja je dovela do ovakvih »mikrostruktura« veoma je mlada, a mestimično se karakteriše i manjim rasednim strukturama koje su lokalnog značaja. Uz gore opisane poremećaje koji prate razvoj karstnih oblika ove »mikrostrukture« čine tektoniku terena znatno složenijom, iako ne menjaju njena osnovna obeležja koja smo gore naveli (monoklinalni padovi, blagi padni uglovi, očuvana slojevitost i sl.).

Karstni oblici

Prema Z. B e š i ć u (2, 3) površ Stare Crne Gore jako je razorena karstnom erozijom tako da je to danas »haotična ruina od karstnih fenomena: uvala, vrtača, jama, škripova i karstnih uzvišenja«. B e š i ć takođe navodi da zbog ovih fenomena staru površinu nije moguće lako uočiti. U Dobrskoj Župi i šire razvoj karstnih oblika nije ni izdaleka dostigao stupanj koji karakteriše neke druge delove Stare Crne Gore, o čemu između ostalog svedoče očuvane monoklinalne strukture kao i slojevitost karbonatnih stena.

Razlozi zašto karstni fenomeni u ovom području nisu došli do jačeg izražaja vrlo su složeni, ali se ipak mogu svesti na nekoliko osnovnih faktora:

1. Dobrska Župa predstavlja u stvari jednu uvalu čiji reljef nije pogodan za eroziju. Naprotiv, sa okolnih bližih, kao i udaljenijih brdskih terena vrši se pod uticajem atmosferilija drenaža humusnih pokrivača, a erodovani materijal spira se u Župu, kao i u druge delove terena sa relativno malom nadmorskom visinom (Carev laz, Rvaši i dr.).

2. Lepo uslojene karbonatne stene sa blagim monoklinalnim strukturama uz odsustvo većih rasednih struktura ne predstavljaju pogodnu sredinu za razvoj karstnih procesa. Mada ove geološko-strukturne osobenosti terena nisu same po sebi dovoljne da spreče karstifikaciju terena, one bez sumnje predstavljaju faktor koji deluje u smislu usporavanja navedenih procesa.

3. Proučavanja koja je Z. B e š i ć svojevremeno vršio pokazala su da se u Staroj Crnoj Gori najizrazitiji karstni oblici sreću u krečnjacima gornje krede, gde su oni i najtipskiji i odgovaraju ljutom karstu. Kako smo gore naveli, u području Dobrske Župe, Meteriza, Rvaša i šire dominiraju jurske tvorevine, a u manjoj meri donjokredne, dok se sedimenti gornje krede javljaju samo na krajnjem severnom rubu ispitivanog terena, tj. u Zagori.

Iako u Dobrskoj Župi i šire nije razvijen ljuti karst, ipak su ovde prisutni brojni karstni oblici od kojih ćemo neke ukratko opisati.

Vrtače

Ispitane su dve izrazite vrtače. Jedna se nalazi između s. Lahinje i Peleša, a druga u blizini Dobrske crkve.

Peleška vrtača leži u istočnom podnožju Bijele Stijene. Ona je ovalnog oblika, a prečnik dna joj iznosi oko 70 metara. Dno ove vrtače potpuno je zaravnjeno i kultivisano. Okolne karbonatne stene jako su polomljene i poremećene, a samim tim i njihovi elementi pada. Tako na istočnom obodu vrtače azimut pada stena ima severozapadni pravac (310), što znači da je on približno upravan na generalni pravac stena u Dobrskoj Župi, i da je usmeren ka vrtači. Ovi poremećaji stena vezani su za razvoj vrtače i ograničeni su na njen neposredni obod.

Dobrska vrtača leži s leve strane puta koji vodi za Ždrijelo i Pipere i to u blizini dobrske crkve, koja se nalazi na istočnom obodu ove vrtače. Dno joj je ovalnog oblika, dimenzija 70×100 metara. Zaravnjeno je i kultivisano. Okolne stene su, slično kao i u prethodnom slučaju, polomljene i poremećene, a ovi poremećaji su posledica razvoja same vrtače, kao i tektonskih procesa u širem zapadnom prostoru.

PONORI I PEĆINE

Ponori u zapadnom podnožju Hrida

Na jugozapadnom obodu Hrida nalazi se veće udubljene sa ponorom. dužine oko 40, a širine oko 20 metara. Duža osa ponora ima pravac severoistok (60). Udubljenje ponora (kao i veći deo otvora) zapunjeno je odronjenim karbonatnim materijalom i humusom; zatravljeno je i pod šumom. Karbonatne stene na obodu ponora, odnosno uvale, jako su polomljene i zdruzgane, a primećeno je i obrušavanje blokova ka ponoru. U neposrednoj blizini jugozapadnog oboda ponora, u podnožju Hrida, stene su zadržale slojevitost i bankovitost, ali je utvrđeno odstupanje azimuta pada u pravcu severa. Na severoistočnom obodu ponora, takođe u podnožju Hrida, otkrivena je i jedna pećinica dimenzija 3,5×2 m, čije je dno u vreme našeg obilaska bilo ispunjeno vodom, koja se slivala duž slojevitosti krečnjaka.

Na oko 200 metara vazdušne linije od opisanog velikog ponora, u SSZ pravcu, nalaze se dva ponora, koji su na karti registrovani kao jedan (prilog 1). U stvari, ova dva ponora nalaze se jedan do drugog i verovatno se ispod površine spajaju. Prvi, bliži Hridu, ovalnog je oblika a prečnik mu iznosi oko 6 metara. Drugi ponor je izdužen, a duža osa mu upire u Hrid. Njegove dimenzije iznose 6×2,5 m.

Na oko 150 metara zapadno od SSI kraja Hrida, zapaža se u jednoj njivi ponor ovalnog oblika, čiji prečnik iznosi oko četiri metra. Otvor ponora je velikim delom zapunjen karbonatnim i humusnim materijalom, tako da ovaj ponor ima izgled uvalice.

Kako se iz izloženog vidi duž zapadnog podnožja Hrida javlja se niz ponora koji su, po svoj prilici, u međusobnoj vezi preko podzemnih karstnih kanala. S obzirom da se ovi ponori nalaze u najnižim delovima Dobrske

Župe, oni u stvari predstavljaju kolektore atmosferskih voda koje se spuštaju niz padine (i podpovršinski) iz zapadnih i severnih pravaca. U izrazito kišnim periodima preko ovih ponora transportuje se veliki deo atmosferske vode podzemnim tokovima i na taj način se sprečava plavljenje terena. U sušnim periodima, međutim, povremeni snažni pljuskovi nisu od velike koristi za poljoprivredu, zbog brzog otoka vode kroz opisane ponore. Ovaj zaključak važi ne samo za severozapadni deo Dobrske Župe, već takođe i za ostale prostore u kojima se javljaju ponori a koji su u vezi sa podzemnim kanalima.

Po svemu sudeći razvoj ponora oko Hrida, uz razvoj karsta u okolnim brdskim terenima, odigrao je značajnu ulogu u obezvodnjavanju ovog dela Dobrske Župe. Ovaj razvoj doveo je kako do spuštanja vodotokova u okolnim terenima ispod površine, tako i do sve bržeg poniranja vodene akumulacije u širem prostoru oko Hrida, koji je svojevremeno verovatno predstavljao ostrvo u jezeru, ili je dopirao do njegove obale.

Ponori na potezu Lahinja — Meterizi

Konstatovana su četiri ponora i to jedan na južnom obodu Peleške vrtače, jedan na Tmoru i dva u podnožju ovog brda.

Ponor kod Peleške vrtače nalazi se u njenoj neposrednoj blizini na južnom obodu iste. Kao i veliki ponor kod Hrida i ovaj je dobrim delom zatrpan odronjenim karbonatnim i humusnim materijalom, zbog čega je i danas najvećim delom pod vegetacijom. Okolne stene su polomljene i poremećene i to delom zbog samog ponora, a delom zbog razvoja opisane vrtače.

Ponor na Tmoru. Nalazi se na severoistočnoj padini ovog brda u šumi Sava Petričevića na nadmorskoj visini od oko 450 metara. Otvor mu je nepravilnog oblika, dužine oko 3 i širine oko 1 metra, ali se vidi da se ponor ka dubini naglo širi. Dubina ponora ispod otvora iznosi oko tri metra, a odavde se on nastavlja niz padinu u pravcu Hrida. Zapaženo je jače strujanje vazduha u ponoru, uz treperenje žilica korenja, trava i sl., iako je u vreme našeg obilaska vreme bilo sasvim mirno. Svi ovi elementi ukazuju da ovaj ponor u stvari predstavlja gornji otvor pećine, čiji se donji otvor nalazi u nivou Dobrske doline, odnosno u podnožju Tmora, gde je takođe registrovan ponor koji će dole biti opisan. Tako je moguće da ponor na Tmoru i ponor u SI podnožju ovog brda čine ulazne, odnosno izlazne otvore jedne pećine koja, moguće, ponire pod Dobrsku Župu. S obzirom da je Dobrska dolina na znatno nižoj nadmorskoj visini, opisana vazdušna strujanja u ovoj pećini treba da predstavljaju prirodnu pojavu.

*Ponor u SI podnožju Tmora. Ov*aj ponor se nalazi na stazi koja vodi u Vlahinju. Na površini se u stvari vide dva karstna otvora i to jedan sa leve a drugi sa desne strane staze, ali se oni neposredno ispod površine spajaju. Do ovog zaključka su još ranije došli sami meštani, a naša provera je ovo samo potvrdila. Naime, tanak krečnjački sloj koji razdvaja ova dva otvora veoma je nestabilan i sklon obrušavanju s obzirom da se neposredno ispod njega nalazi karstna kaverna. Kako se ova dva ponora spajaju neposredno ispod površine, oni predstavljaju jedinstven karstni oblik, dimenzija 12×8 metara, a duža osa ovog ponora ima azimut 10.

Ostali ponori. Manji ponori i udubljenja utvrđeni su i u drugim delovima ispitivanog terena, od kojih, pre svega, treba pomenuti otvore zapadno od Glavice i u Papratskom dolu. U području između Pipera i Moštrokolove gomile opisani karstni oblici nisu zapaženi, ali se oni često javljaju u Carevom lazu. Većina opisanih kao i drugih ponora nisu za sada ugrozili kultivisane delove ispitivanog terena u celini, mada ima i ovakvih slučajeva.

Karakterističan je na primer slučaj sa ponorom u njivi Jovana Pejanovića, koja se nalazi u lokalnosti Rupa u Carevom lazu. Reč je o jednoj udoljici jajastog oblika koja podseća na plitku vrtaču, koja se odvajkada obrađivala. Pre pedesetak godina na pomenutoj njivi pojavio se otvor čiji je prečnik iznosio svega dvadesetak santimetara. Mada je ovaj otvor zatrpavan kamenim pločama, on se ipak širio, dok su se ispod površine sve više razvijali kavernozni i drugi karstni oblici. Danas je ova njiva, veličine oko 0,2 hektara, napuštena jer se zbog nestabilnosti tla ne može više obrađivati.

POJAVE IZVORSKIH VODA

Mada je na opisanim kartama ispitivano područje označeno kao potpuno bezvodno, ovde postoji niz izvora i to u predelu Jarčeg potoka (Z i SZ od Lahinje) i na Pržniku.

Izvori u području Jarčeg potoka

Jarči potok leži u jednoj rasednoj zoni pravca skoro istok—zapad, a pruža se SZ i S podnožjem Tmora u pravcu Vlahinje gde se i završava. Jarči potok je danas bezvodan, ali se u njegovoj blizini nalazi nekoliko izvora bez otoke, a u Vlahinji i jedan sa otokom.

Izvor Vlahinja. Izvire u istoimenom zaseoku koji u stvari predstavlja zapadni deo s. Lahinje. Izvor se nalazi iznad kuće Voja Petričevića, pri dnu Jarčeg potoka. Karbonatni slojevi ovde padaju ka severoistoku (azimut 57), a pod uglom od 30°. S obzirom da je krečnjačka masa, naročito u donjem delu Jarčeg potoka, kretana, stena je i na mestu pojavljivanja izvora delom poremećena. Izvor se nalazi na rasedu generalnog pravca I—Z, kao i sam Jarči potok. Izvor nije stalan, s obzirom da u periodu maj—septembar skoro sasvim presuši. U vreme našeg obilaska ovaj izvor je davao oko 0,2 litra/sek. Usled ispucalosti krečnjačke mase potočić koji ovaj izvor stvara ubrzo ponire. U svoje vreme ovaj izvor je bio neosporno mnogo jači, o čemu svedoče i istorijski podaci koji govore da se ovaj kraj nekada zvao »Voda«. Da se ovde svojevremeno nalazilo jako izvorište ukazuje između ostalog i činjenica da se iznad ovog javlja još nekoliko izvora bez otoke, kao i to da se svi ovi izvori nalaze u rasednoj zoni. U vezi sa ovim treba se podsetiti da se u blizini Vlahinje nalazi tzv. Peleški lug, čiji naziv može da ima i etimološki značaj, naročito ako se uzme u obzir da su svi lugovi na listovima Cetinje 1 i 2 (1 : 50.000) manje-više podvodni, pošumljeni i ispresecani površinskim vodotokovima (Lješkopoljski, Babin, Mataguški, Seneski lug i dr.).

Izvor Nova jama javlja se severno od Jarčeg potoka, na udaljenosti od oko 60 metara od istog. Pojava vode je u rasedu azimuta 125. Karbonatni

slojevi su poremećeni i zdruzgani tako da nije bilo moguće merenje elemenata pada. Voda se nalazi u samom rasedu, nekoliko metara ispod površine. Otvor u steni je sledećih dimenzija: visina 3 m, širina oko 1,5 m. Otvor je trouglastog oblika.

Izvor Mala jarčica. Nalazi se oko 100—120 metara od Nove jame u pravcu SZ/305, a na rasedu pravca sever—jug. Slojevi su ovde jako polomljeni, tako da je nemoguće vršiti merenje elemenata pada. Nivo vode u ovom rasedu je takođe ispod površine.

Izvor Velika jarčica. Nalazi se na oko 50 metara od Male jarčice u pravcu 320. To je jama u sivom krečnjaku, dužine tri a širine oko 1,5 metra, dok se nivo vode u jami nalazi na oko 6 metara ispod površine terena. Pristup do jame je strm. Jama generalno tone ka severoistoku, zapravo u pravcu pada slojeva (generalno azimut 30). U ovoj jami ima vode preko cele godine.

Izvori na Pržniku

Ovde ima tri izvora i to dva bez i jedan sa otokom. To su Pržnički potok, Pržnička jama i Lokanj.

Pržnički potok. Izvire na JZ padini Pržnika i teče ka Jankovićima, da bi se na kraju ulio u Rijeku Crnojevića kod Graba. Površinski tok ovog potoka je u stvari kratak, jer voda ponire nedaleko od izvora.

Pržnička jama. Nije detaljnije ispitana. Nalazi se ispod Varinog vrha, približno stotinak metara ispod vrha i to na njegovoj jugozapadnoj strani. Neposredna okolina jame je pod humusom i zatravljena je, a voda se nalazi na 2—3 m ispod površine terena. Vodena površina iznosi oko 1,5 m.

Izvor Lokanj. Javlja se skoro istočno od k. 455 (Pržnik), oko dvadesetak metara levo od automobilskog puta koji preko Pavlove strane vodi u Dobrsku Župu. I ovde je reč o jami koja je uvek puna vode i čija površina iznosi oko 4 m². Izvor je dobio navedeno ime, jer se na njemu napajala stoka.

Ostali izvori

U ovom području javlja se još nekoliko izvora i to u Kašičkoj jami, zatim na Grabu i Karuču. Kako se poslednja dva izvorišta javljaju praktično van proučavanog područja, a nalaze se u nivou Skadarskog Jezera, to ih ovde nećemo detaljnije opisivati. Što se tiče izvora u *Kašičkoj jami,* on se nalazi u krajnjem SZ delu karte (prilog 1) i to takođe u karbonatnim stenama. Kašička jama je na topografskim kartama registrovana kao pećina, ali se u njoj, već na dubini od oko 5 metara, nalazi voda i to na površini od oko 1 m². Ova jama je po svoj prilici u vezi sa podzemnim kanalima, na šta, između ostalog, ukazuje i činjenica da u njoj uvek ima vode tako da se prilikom jačih kiša vodena površina ovde često uzburka, ili kako to narod kaže »prokljuca«.

Podzemni vodotokovi i njihova veza sa površinskim

Ako pogledamo geološku kartu u razmeri 1 : 25.000 (prilog 1), videćemo da se svi poznati izvori nalaze u zapadnom delu terena, i to u krečnjačko-dolomitskim stenama *donje jure*. To važi kako za izvore zapadno od s. Lahinje, tako i za one na Pržniku, kao i za podvodna vrela na Grabu.

U krečnjačko-dolomitskim stenama *srednje i gornje jure*, izvori se javljaju na krajnjem jugoistočnom obodu terena, i to na Karuču, gde pored tri površinska, postoje i podvodna vrela. Ovo su u isto vreme i najjača izvorišta u celom ispitivanom terenu.

U karbonatnim stenama donje i gornje krede, koje su zastupljene u severnom delu terena, do sada nije registrovan ni jedan izvor.

Sve ovo govori da su *jurske tvorevine* neuporedivo vodonosnije od krednih, a ovaj zaključak važi i za šire područje koje smo ispitivali. Međutim, kako je i napred ukazano, izuzev izvorišta na Karuču i Grabu, ostali izvori ovde nisu od većeg značaja i uglavnom su bez otoke.

U pogledu na podzemne vodotokove autori ovog rada nisu naišli ni na jedan podatak koji bi se odnosio na ovu problematiku, niti im je poznato da su ovde vršena makar i preliminarna hidrogeološka istraživanja.

Zbog svega navedenog morali smo da se oslonimo isključivo na rezultate sopstvenih proučavanja, uzimajući kao osnovu podatke o geološko-strukturnim i drugim karakteristikama Stare Crne Gore, a koji su nam stajali na raspolaganju.

Geološko-strukturne karakteristike terena generalno se uklapaju u odgovarajuće karakteristike šire okoline Cetinja i Rijeke Crnojevića, s tim što ovde odsustvuju trijaske tvorevine i što dominiraju monoklinalne strukture. Geološke formacije kao i glavne tektonske strukture imaju dinarski pravac (SZ—JI).

Veza između površinskih i podzemnih vodotokova ovde nije sigurno dokazana, ali je opravdano pretpostaviti da se izvorišta na Karuču i Grabu i dr. bar delom hrane tokovima koji podzemnim putem cirkulišu kroz Dobrsku Župu, Meterize i Rvaše ili se približno kreću na ovim pravcima. Ovi tokovi su, po nama, deo slivnog sistema koji od Stavora i Kosijera gravitira ka Rijeci Crnojevića i Skadarskom jezeru (Grab, Karuč, kao i druga podvodna vrela, možda čak i Sinjac).

Generalni pravac podzemnih tokova je, prema tome, usmeren ka jugoistoku, a to znači da on treba da je saglasan sa generalnim pravcima nabornih i rasednih struktura u ovom području, a takođe i pravcima pružanja geoloških formacija. Ovaj zaključak nalazi potvrdu i u činjenici da je ovde u stvari reč o dinarskim pravcima koji inače karakterišu okolinu Cetinja i Rijeke Crnojevića u celini.

U području Dobrske Župe, Meteriza i šire, karstifikacija stena po dubini nije uzela veće razmere, pa samim tim podzemni vodotokovi cirkulišu relativno blizu površine, a možda su delom i podpovršinskog karaktera. Čak i u delovima terena gde je usled jače karstifikacije ili prisustva rasednih struktura moguće dublje poniranje vode, jedan deo tokova se, po svoj prilici, mestimično zadržava u vidu podzemnih akumulacija, odnosno sifonskih rezervoara i sl. Manje ili veće podpovršinske akumulacije takođe se pretpostavljaju, naročito u neposrednom području Dobrske Župe. Ovaj poslednji zaključak baziran je ne samo na osnovu podataka koji su dati u

ovoj studiji i koji se odnose na šire područje Cetinja i Rijeke Crnojevića, već takođe i na osnovu određenih pojava u samoj Dobrskoj Župi kao i njenoj okolini, koje ćemo u sledećem ukratko prikazati.

Poznato je, na primer, da Dobrska Župa oskudeva u padavinama baš u vreme kada su poljoprivredi ovog kraja najpotrebnije kao i to da odsustvo vlage, praćeno jakim žegama, po pravilu ne dovodi do potpunog uništenja žetve, što je inače normalna pojava u drugim krajevima sa sličnom klimom.

Objašnjenje za ovaj fenomen ne može se tražiti samo u kvalitetu i debljini humusnog pokrivača, već takođe i u prisustvu podpovršinskih voda na više mesta u Dobrskoj Župi i njenoj široj okolini. Prisustvom ovih voda može se objasniti i niz drugih pojava koje su karakteristične za opisano područje, između ostalog i činjenica da na pojedinim mestima kulturni sloj ne ispuca ni u vreme jakih suša (Bobov do, Papratski do i dr.), zatim mestimične pojave paprati u njivama, i to onih vrsta koje traže podvodnu, ili bar relativno vlažnu podlogu, odnosno hladovinu.

Da li se ovde radi samo o lokalnim akumulacijama potpovršinskih voda, ili su one delom u vezi sa podzemnim vodotokovima na pravcu Stavor, Kosijer — Grab, Karuč i šire, nije utvrđeno, ali se ova veza bar mestimično pretpostavlja. Isto, tako, za sada se ne može tvrditi da neke od ovih potpovršinskih akumulacija imaju karakter sifonskih rezervoara, mada ovu mogućnost ne bi trebalo odbaciti.

PROBLEMI VODOSNABDEVANJA

Kako se iz izloženog vidi, u Dobrskoj Župi kao i mnogo široj okolini, postoji mogućnost da se dođe do pijaće vode koja leži na relativno maloj dubini, kao i realna mogućnost za snabdevanje vodom za navodnjavanje.

Međutim, stepen istraženosti ovog područja nije takav da bi bilo opravdano preduzimanje detaljnih istraživanja, pa se za sada predlaže hidrogeološka prospekcija, praćena dopunskim kartiranjem, kojom bi se utvrdili generalni pravci i dubina podzemnih vodotokova. Ova prospekcija dala bi mnogo jasniju sliku u pogledu mogućnosti vodosnabdevanja ispitivanog prostora.

Pozitivni rezultati hidrogeološke prospekcije predstavljali bi svakako najbolje, ali ne i jedino rešenje u pogledu vodosnabdevanja ovih krajeva, jer postoje bar još dve, po našem mišljenju dobre alternative, i to:

Prva alternativa je izgradnja vodovoda na potezu Obodska vrela — Dobrska Župa, koji bi išao preko manje istaknutih delova reljefa na Pržniku i Tmoru. Na celom pravcu od Obodskih vrela do ovog zapadnog ruba Dobrske Župe vodovodni sistem bi uglavnom pratio reljef terena, jer bi voda sa Oboda po zakonu o spojenim sudovima stizala u Dobrsku Župu automatski, tj. bez ugrađivanja crpnih pumpi, s obzirom da se izvor Rijeke Crnojevića nalazi na oko 420 metara nadmorske visine. Pri tom se ne uzima u obzir okolnost, koja je inače vrlo značajna, da se vrela Rijeke Crnojevića snabdevaju vodom koja potiče sa znatno većih visina, i da podzemna Rijeka teče u Obodskoj pećini brzinom od 0,5 metara u sekundi. Preko ovakvog vodovodnog sistema bilo bi omogućeno vodosnabdevanje ne samo Meteriza i Dobrske Župe, već i šireg prostora, uključu-

jući tu i Carev laz, Rvaše i dr. Treba na kraju naglasiti da se Dobrska Župa nalazi u stvari nedaleko od Obodskih vrela i da, u vazdušnoj liniji, rastojanje između otvora Obodske pećine i grebena Pržnika iznosi manje od 4,5 kilometara.

Ova alternativa, opravdano, pretpostavlja razradu projekata za eksploataciju podzemnih vodotokova na celom potezu Cetinje — Rijeka Crnojevića, kojom bi se, moguće, rešio problem vodosnabdevanja, kako ova dva grada tako i njihove šire okoline.

Druga alternativa se sastoji u izgradnji jedne ili nekoliko crpnih stanica u predelu Graba, i postavljanju vodovodnih cevi do Pržnika, odakle bi voda imala slobodan pad u pravcu Dobrske Župe i mnogo šire. Za domaću upotrebu koristila bi se filtrirana voda. Ova alternativa dolazi u obzir samo ukoliko prethodne ne budu prihvaćene.

*

U međuvremenu vredelo bi pokušati sa detaljnijim ispitivanjem izvora Velika Jarčica, posebno iz razloga što ovaj izvor, iako bez otoke, prema kazivanju meštana, nikad ne presušuje.

Za sada se predlaže da se ovde postavi jedna gumena ili plastična cev dužine do 100 metara, u pravcu pada terena, a do nivoa koji bi bio znatno ispod nivoa izvora. Drugi kraj cevi treba postaviti na oko jedan metar ispod vodene površine, u samom izvoru; za izvlačenje prvih količina vode primenio bi se uobičajeni postupak, a voda bi zatim sama oticala kroz ovu cev po zakonu o spojenim sudovima. Ukoliko vremenom, a naročito u toku leta, nivo vode u izvoru ne bi znatnije opao, perspektive Velike Jarčice bi se u velikoj meri povećale.

Treba ipak ukazati da bi i pri najpovoljnijem ishodu ovo bilo samo delimično i privremeno rešenje.

Na sličan način ovim jednostavnim postupkom mogli bi biti provereni i neki drugi izvori kao Lokanj, Kašička jama itd.

OSNOVNI PRAVCI I DUBINA PODZEMNIH TOKOVA I NJIHOVA ZAVISNOST OD GEOLOŠKO-STRUKTURNIH KARAKTERISTIKA TERENA

Kako smo napred videli oblast Cetinja i Rijeke Crnojevića izgrađena je od mezozojskih krečnjaka i dolomita, u kojima se mestimično sreću laporoviti krečnjaci, laporci, nekad i rožnaci, kao i krečnjačke breče i konglomerati. Mezozoik je predstavljen trijaskim, jurskim i krednim formacijama, pri čemu su najzastupljeniji sedimenti trijasa i jure. U području Dobrske Župe, Meteriza, Rvaša i šire dominiraju krečnjačko-dolomitske formacije jurske starosti, dok su kredne tvorevine daleko manje zastupljene. U ovom području, mestimično se u jurskim sedimentima javljaju pojave crvenog boksita koje nisu istražene. U nekim kotlinama (Cetinjsko polje i dr.) razvijeni su i jezerski, kao i fluvioglacijalni sedimenti. Aluvijalni sedimenti u dolini Rijeke Crnojevića danas su skoro potpuno pod vodom.

Tektoniku terena karakterišu sledeće strukture:

a) antiklinalna struktura na potezu Lovćen — Cetinje — Rijeka Crnojevića — Ljubotin,

b) antiklinalna struktura Cuca i Bijelih rudina,

c) plitkosinklinalni prostor Bjelica.

Pored ovih osnovnih nabornih struktura utvrđen je i niz dislokacija, među kojima Štitarska i Ljubotinska, koje mogu da budu od posebnog interesa za tumačenje tektonike prostora Meteriza, Dobrske Župe i šire.

Sve ove strukture, kako antiklinalne tako i rasedne, imaju generalno dinarski pravac.

Tektoniku Dobrske Župe karakterišu monoklinalne strukture, sa pretežno blagim padom slojeva u severoistočno polje. Zapadni obod Dobrske Župe čini niz ovećih brda, dinarskog pravca, među kojima se ističu Tmor i Pržnik. Monoklinalne strukture se ovde ređe zapažaju usled mlađeg rasedanja koje je takođe dinarskog pravca.

U oblasti Cetinja i Rijeke Crnojevića, jasno se uočavaju fenomeni karstifikacije stena, i to naročito u terenima u kojima se javljaju gornjokredni krečnjaci.

U ostalim delovima terena oblici ljutog karsta ređe se uočavaju. Razvoj karsta po dubini u najvećem delu ispitivanog terena za sada nije došao do jačeg izražaja. U području Dobrske Župe i šire karstni fenomeni mnogo manje su uočljivi nego u ostalim delovima terena, a po dubini su relativno slabo razvijeni.

Ispitivani prostor je još ranije okarakterisan kao bezvodan, mada se u njemu javlja veći broj izvora sa ili bez otoke. Najveći broj ovih izvora, međutim, slabe je izdašnosti i jedino su izvorišta na Obodu i Karuču od većeg značaja. Po našem mišljenju njima treba priključiti i podvodna vrela na Grabu, koja do sada nisu bila registrovana, kao i druge podvodne izvore na potezu Rijeka Crnojevića — Skadarsko Jezero, koji su za sada samo indicirani.

Iz navedenog proizilazi da se glavna izvorišta, izuzev Obodskog, nalaze u nivou Skadarskog jezera, a to znači i do više stotina metara ispod površine ispitivanog terena.

Iako najveći deo ispitivanog područja oskudeva u vodi, hidrogeološki gledano ono nije bezvodno. Naprotiv, ispod suve karstificirane površine cirkulišu mnogobrojni podzemni vodotokovi koji su generalno usmereni u pravcu jugoistoka, a u manjoj meri u pravcu severa, severoistoka i istoka (deo Ljubotina, Čisto polje i dr.).

Naša ispitivanja pokazala su da se podzemni tokovi često kreću u blizini ili čak neposredno ispod površine, a ne na velikoj dubini kako su neki autori smatrali. U vezi ovoga treba se podsetiti na još ranije utvrđenu hidrografsku vezu na pravcu Cetinjsko polje — Rijeka Crnojevića. Ova veza sama po sebi ne predstavlja dokaz za naše tvrđenje, već činjenica da visinska razlika između Cetinjskog polja i podzemne Rijeke Crnojevića iznosi svega oko 200 metara. Ovaj podatak ukazuje da se podzemni tokovi u navedenom prostoru najvećim delom kreću u blizini površine terena i da su delom čak podpovršinskog karaktera! Takođe, geološki gledano, ne postoje elementi koji bi omogućili poniranje značajnijih količina atmosferske vode u velike dubine, s obzirom na tektonski sklop ovog terena u kome dominiraju naborne strukture. I relativno slab razvoj karstnih oblika po dubini na potezu Cetinje — Rijeka Crnojevića i šire, kao i usme-

renost ovdašnjih vodotokova ka jugoistoku (Obod, Skadarsko jezero) predstavljaju negativne faktore za poniranje značajnijih vodenih masa u velike dubine, jer ove mase manje-više neometano cirkulišu, tako da je njihovo hemijsko dejstvo na okolne stene veoma usporeno. Nedavno spuštanje Cetinjske rijeke, tj. Cetinje, ispod nivoa Cetinjskog polja predstavlja potvrdu više za gore iznete zaključke.

Podzemni tokovi na potezu Cetinjsko polje — Obodska vrela, uključujući tu i Dobrsko-Ceklinske uvale i Čisto polje sa delom Ljubotina, predstavljaju slivno područje Rijeke Crnojevića.

U ispitivanom području postoji još jedan sistem podzemnih vodotokova i to severoistočno od zone Cetinjsko polje — Rijeka Crnojevića. Reč je o području između Stavora i Kosijera na severozapadu i Rijeke Crnojevića i Karuča na jugoistoku i šire. Podzemni vodotokovi su i ovde usmereni ka jugoistoku i delom se ulivaju u Rijeku Crnojevića i Grab, a delom direktno u Skadarsko jezero (Karuč i druga podvodna vrela, kao i izvorišta kod Sinjca?). Za ovo područje postoji mnogo manje egzaktnih podataka. Ipak, ovde je registrovano više izvora sa ili bez otoke, kao što su, na primer, oni u Kosijeru, na Pržniku, u okolini Vlahinje, i u Kašičkoj jami, od kojih su neki svojevremeno predstavljali jača izvorišta. U opisanom području, do nedavno su postojala i neka manja jezera (Ćetanova rupa i dr.) koja su u međuvremenu presušila. Svi ovi podaci, uključujući tu i geološko-strukturne karakteristike terena, kao i relativno slab razvoj karstnih oblika po dubini, ukazuju ne samo da se ispod površine odvija živa cirkulacija voda, već da ove vode, naročito u nižim delovima terena, ne poniru suviše duboko. Podzemni vodotokovi iz ovog područja delom predstavljaju slivno područje Rijeke Crnojevića, a delom se direktno ulivaju u Skadarsko jezero.

U oba područja, a to znači na skoro celom ispitivanom terenu, podzemni vodotokovi usmereni su ka jugoistoku, što znači da ovi tokovi prate dinarske strukture, ili bolje reći, one ih kontrolišu. Isto tako, bez obzira na međusobnu vezu, ili odsustvo iste, svi ovi vodotokovi predstavljaju jedinstveno slivno područje Skadarskog jezera.

PROBLEMI DALJEG RAZVOJA KARSTA I DIZANJA NIVOA SKADARSKOG JEZERA

Već i dosadašnji razvoj karsta u ispitivanom prostoru (i mnogo šire) doveo je s jedne strane do obezvodnjavanja terena i u znatnoj meri uticao na dizanje nivoa Skadarskog jezera. Naime, novija proučavanja su pokazala da su bili u zabludi autori koji su dizanje nivoa jezera isključivo vezivali za zasipanje reke Bojane, ili su ovom procesu pridavali prvorazredni značaj.

Zasipanje Bojane je samo jedan od uzroka, dok su pravi razlozi znatno složeniji.

Na ovo je ukazao još R. Nedeljković (11a), koji tvrdi da dizanje nivoa Skadarskog jezera nije samo posledica zasipanja Bojane i sprečavanja oticanja vode iz jezera, već je, po ovom autoru, isto tako moćan faktor i ogroman priliv vode u vreme jesenjih i zimskih padavina putem Morače, Rijeke Crnojevića, Karuča i bezbroj drugih obalskih sublakustrijskih izvora koji dovode vodu sa šireg područja karstnog terena. R. Ne-

d e l j k o v i ć takođe iznosi podatak da je za poslednjih desetak godina (do 1959. god.), na ovaj način oduzeto poljoprivredi oko 10.000 hektara ziratnog zemljišta. Mada je već i ovaj podatak dovoljan da ukaže na težinu problema o kome je reč, trebalo bi se ipak podsetiti da je dizanje nivoa Jezera zapaženo još pre 120 godina i da ovaj proces nije do danas zaustavljen. Koliko je hektara izgubljeno u međuvremenu za poljoprivredu danas je teško utvrditi, mada neki podaci i te kako mogu da budu od koristi pri ovakvim razmišljanjima. Naime, poznato je da Rijeka Crnojevića već ispod istoimenog mesta prelazi u jezerski zaliv, a poznato je i to da se ona svojevremeno ulivala čak ispod Liponjaka (oko 4 km SZ od Lesendra), koji danas leži duboko u Skadarskom jezeru.

Ovi podaci bez sumnje svedoče o direktnoj povezanosti između razvoja karsta u jednom delu Stare Crne Gore, i dizanja nivoa Skadarskog jezera, kao o jednom od bitnih faktora koji izazivaju navedeni proces. Samim tim nameće se i pitanje kako će se odraziti dalji razvoj karsta u proučavanom prostoru (i šire) i to ne samo u pogledu na njegov dalji ekonomski rast, već takođe i na dizanje nivoa jezera, a samim tim i u pogledu na budućnost priobalskog ziratnog zemljišta, uključujući i Ćemovsko polje.

Odgovor na ovo pitanje je koliko jednostavan, toliko zabrinjavajući i to iz sledećih razloga:

1) Proces karstifikacije proučavanog terena, u celini gledano, nije uzeo velike razmere iz razloga koje smo napred naveli. Jedan od važnih razloga je svakako i postojanje humusnog pokrivača u skoro svim zonama u kojima dolazi do akumulacije atmosferskih voda, kao i u rejonima koji su pod šumom. Međutim, činjenica je da su karstni fenomeni dovoljno razvijeni da omoguće podzemni transport atmosferskih voda, koje se zatim ulivaju u Skadarsko jezero.

U periodima jakih kiša ovaj transport, iako podzemni, ima bujični karakter, a to znači da je spiranje humusnog pokrivača često vrlo intenzivno, što je dokazano u više slučajeva (Primeri: nanosi humusnog materijala na Grabu, posle kiša, zatim znatne količine humusa u mnogim jamama, pećinama, ponorima itd.). Po prirodi stvari ovako intenzivno ispiranje humusa u karstu dovodi do relativno brzog odnošenja kulturnog sloja i ogoljavanja terena. Što u ispitivanom području kulturni sloj još uvek postoji na mnogim mestima, razlog uglavnom leži u činjenici da se kraška polja, kotline, uvale i sl. »hrane« humusom iz viših delova terena, sa kojih se humus spira u niže delove. Ovaj proces spiranja, nažalost, veoma je odmakao u proučavanom području, o čemu svedoče i mnoge ogoljene površine, naročito u istaknutim delovima reljefa, koji su praktično bez humusnog pokrivača. Kako je ova vrsta procesa u karstnim terenima po pravilu destruktivna, njegov prirodni razvoj uvek vodi ka daljem spiranju humusa u niže delove terena, tj. u kotline, uvale i sl., a preko ponora i drugih karstnih oblika u ovim kotlinama atmosferske vode transportuju ovaj materijal podzemnim tokovima u najniže delove terena, gde ga akumuliraju. Krajnji ishod ovog složenog procesa je potpuno ogoljavanje ne samo istaknutijih delova terena, već celog karstnog područja o kome je reč i to u relativno kratkom periodu. Ovako ogoljen i karstificiran teren predstavlja idealnu sredinu za kompletno poniranje atmosferskih voda, s obzirom na odsustvo humusnih pokrivača kao i drugih sedimenata sa vegetacijom koji inače apsorbuju velike količine padavina i, iz-

među cstalog, usporavaju podzemni transport vode koju nisu u stanju da zadrže.

S druge strane sav ovaj humusni, kao i drugi materijal koji se transportuje podzemnim vodotokovima, a koji potiče iz okolnih stena, deponuje se na kraju, zajedno sa vodom koja ga nosi u Skadarsko jezero, što, pored zasipanja reke Bojane, obavezno dovodi do konstantnog dizanja nivoa jezera, bez obzira na njegova povremena variranja.

U krajnjem ishodu sasvim je verovatno da će dalje dizanje nivoa Skadarskog jezera ugroziti i samo Čemovsko polje, s obzirom na njegovu malu nadmorsku visinu.

Tako će karstni procesi u proučavanom delu Stare Crne Gore i šire, ako se i dalje dozvoli njihov nekontrolisani razvoj, dovesti s jedne strane do skoro potpunog ogoljavanja ovog područja i njegove ekonomske propasti, a s druge strane, zajedno sa ostalim faktorima, do plavljenja velikih površina ziratne zemlje u području Skadarskog jezera i mnogo šire.

Stoga problem karsta u proučavanom području nije moguće tretirati i rešavati nezavisno od problema dizanja nivoa Skadarskog jezera, niti pak obratno, jer ova dva faktora stoje u neposrednoj uzajamnoj vezi.

ZAKLJUČCI

1. Šira okolina Cetinja i Rijeke Crnojevića uglavnom je izgrađena iz mezozojskih sedimenata i to poglavito krečnjaka i dolomita gornjotrijaske i jurske, a u manjoj meri i kredne starosti.

2. Tektonika se karakteriše plikativnim strukturama dinarskog pravca (SZ—JI), među kojima dominiraju antiklinalne strukture Cetinje—Ljubotin i Cuce—Bijele rudine kao i plitkosinklinalni prostor Bjelica. Pored ovih osnovnih nabornih struktura postoji i niz dislokacija (Ljubotinska, Štitarska), koje su, generalno, takođe dinarskog pravca.

3. U području Dobrska Župa — Meterizi i šire takođe su razvijene krečnjačko-dolomitske formacije mezozojske starosti, ali ovde dominiraju jurski sedimenti, dok se trijaski sasvim povlače. Pretpostavljamo da oni leže ispod jurskih sedimenata.

Tektonika Dobrske Župe karakteriše se monoklinalnim strukturama sa relativno blagim padovima i to uglavnom u severoistočno polje. Na njenom zapadnom obodu javljaju se rasedne strukture koje su možda deo Ljubotinske rasedne zone.

4. Geološke formacije okoline Cetinja i Rijeke Crnojevića imaju takođe dinarski pravac. Pružanje ovih formacija na površini je, prema tome, u zavisnosti i od tektonskog sklopa terena, jer je i razvoj erozionih procesa bio u velikoj meri zavisan od ovog sklopa. Tako su u antiklinalnim oblastima Cuca, Lovćena, Cetinja i Rijeke Crnojevića kredni slojevi najvećim delom erodovani, dok je s druge strane erozija u velikoj meri otkrila trijaske i jurske tvorevine.

5. U okolini Cetinja i Rijeke Crnojevića karstni procesi su veoma uočljivi, ali, u celini uzev, oni nisu doveli do stvaranja ljutog karsta, naročito ne po dubini. Razloge za ovako usporenu karstifikacije treba tražiti u plikativnim strukturama koje ovde dominiraju, zatim u pretežnom odsu-

stvu gornjokrednih krečnjaka, kao i prisustvu humusnih pokrivača na mnogim mestima.

6. Ispitivana oblast ne odlikuje se bogatstvom površinskih izvora i vodotokova što je u velikoj meri posledica dosadašnjeg razvoja karsta, usled čega su se mnoge vode i tokovi spustili ispod površine (Lovćensko i druga jezera, Cetinjska rijeka, kao i brojni drugi površinski tokovi). Ovde je ipak registrovan veći broj izvora sa ili bez otoke, od kojih su najznačajnija vrela Rijeke Crnojevića kao i ona na Karuču i Grabu. Rijeka Crnojevića izvire u Obodskoj pećini, na nadmorskoj visini od oko 420 metara, dok su ova dva poslednja izvorišta uglavnom podvodnog karaktera, jer se javljaju u nivou Skadarskog jezera.

7. Iako su u široj okolini Cetinja i Rijeke Crnojevića značajnija izvorišta retka, ovo područje se, hidrogeološki gledano, ne može okarakterisati kao bezvodno. Naprotiv, ispod pretežno suve i u znatnoj meri karstificirane površine, odvija se živa cirkulacija podzemnih voda, koja u kišnim periodima često poprima bujični karakter. Postoje dva glavna podzemna slivna područja u ispitivanoj oblasti i to:

a) *Područje na potezu Cetinjsko polje — Obod,* kome treba priključiti i Dobrsko-ceklinske uvale. Ovo područje pripada slivu Rijeke Crnojevića, što je dokazano još pre 40 godina. Podzemni vodotokovi cirkulišu kroz Cetinjsko polje i dalje ka jugoistoku, obogaćujući se usput preko sabirnih kanala, i izbijajući na površinu pod imenom Rijeke Crnojevića. To znači da Rijeka Crnojevića teče kao podzemna reka na celom potezu od Cetinjskog polja do Obodskih vrela.

   Podzemni vodotokovi na ovom potezu cirkulišu na relativno maloj dubini, a delom su čak potpovršinskog karaktera.

b) *Područje SI od poteza Cetinje — Rijeka Crnojevića i šire.* Reč je, grubo uzev, o prostoru između Stavora i Kosijera na severozapadu i Karuča i Rijeke Crnojevića na jugoistoku. Za ovo područje nema dovoljno egzaktnih podataka, ali se, po svoj prilici, podzemni vodotokovi takođe kreću u pravcu jugoistoka, tj. saglasno geološko-strukturnim karakteristikama terena o čemu, između ostalog, svedoče i pojave izvorišta na Grabu i Karuču, a možda i onih na Sinjcu. Glavnina podzemnih tokova ni ovde ne cirkuliše na velikim dubinama, naročito u JI delu prostora, tj. u širem području Dobrske Župe, Meteriza kao i Rvaša.

   Podzemni vodotokovi u opisanom prostoru delom predstavljaju slivno područje Rijeke Crnojevića (Grab i dr.), a delom se direktno ulivaju u Skadarsko jezero (Karuč i druga, za sada samo indicirana podvodna vrela).

8. Skoro svi podzemni vodotokovi u okolini Cetinja i Rijeke Crnojevića, bez obzira na njihovu međusobnu vezu ili odsustvo iste, predstavljaju jedinstveno slivno područje Skadarskog jezera i najvećim delom su usmereni u pravcu jugoistoka.

9. Problemi vodosnabdevanja ispitivane oblasti do sada su rešavani parcijalno, iako postoje realni uslovi za njihovo kompleksno rešavanje. Tako bi se eksploatacijom podzemnih vodotokova na potezu Cetinjsko

polje — Obod, kao i eksploatacijom samih Obodskih vrela, mogao rešiti problem vodosnabdevanja velikog dela proučavanog terena, uključujući i Cetinje sa Cetinjskim poljem. S druge strane, eksploatacijom bar jednog dela podzemnih vodotokova koji cirkulišu u prostoru Stavor, Kosijer — Rijeka Crnojevića, Karuč i šire, rešio bi se problem vodosnabdevanja u ovom prostoru.

10. Stepen istraženosti ispitivanog terena nije dostigao nivo koji bi opravdao preduzimanje detaljnih istraživanja, pa se za sada predlažu sledeći radovi:

a) Potez Cetinjsko polje — Obodska vrela. Predlaže se hidrogeološka prospekcija uz dopunsko kartiranje, kao i mestimična bušenja radi provere dubine podzemnih vodotokova na ovom potezu. Bušenja se prvenstveno predviđaju u Cetinjskom polju (naročito u koritu bivše reke Cetinje), zatim u Gornjem Ceklinu i Dobrskom Selu, približno na mestima gde su svojevremeno kopani bunari i gde očekujemo pojave površinskih vodotokova.

Ovim radovima bi se, između ostalog, preciznije odredio glavni pravac podzemnih vodotokova, njihova maksimalna, minimalna kao i prosečna izdašnost i dubina, zatim eventualno postojanje podzemnih vodenih rezervoara, te na kraju mogućnost ekonomične eksploatacije podzemnih voda kao i izvorišta na Obodu.

S obzirom na velike količine atmosferskih padavina u kišnim, kao i odsustvo istih u sušnim periodima, trebalo bi takođe ispitati mogućnost stvaranja veštačkih površinskih vodenih akumulacija, koje bi služile kao rezervoari za sušne periode.

b) Područje SI od poteza Cetinje — Rijeka Crnojevića i šire. S obzirom da za ovo područje postoji mnogo manje egzaktnih podataka, za sada se predlaže samo hidrogeološka prospekcija, uz dopunsko kartiranje, naročito u delovima terena gde nisu precizno izdvojeni kredni (posebno gornjokredni) sedimenti i gde nema detaljnijih podataka o zastupljenosti krečnjačkih i dolomitskih stena. Ova poslednja ispitivanja mogu biti od posebnog značaja s obzirom da je poznato da su dolomiti po pravilu manje podložni karstnim procesima nego krečnjaci.

c) Područje Dobrska Župa — Meterizi prikazano je u posebnom odeljku ovog rada u kome su, između ostalog, dati i predlozi za dalje radove. Stoga ćemo ih ovde dati sasvim ukratko.

Problem vodosnabdevanja Dobrske Župe, Meteriza, Rvaša, Carevog laza i šire moguće je rešiti na više načina, ali autori predlažu tri alternative, koje su po njihovom mišljenju najrealnije. Prva alternativa se sastoji u eksploataciji podzemnih vodotokova koji cirkulišu kroz ovo područje i ona opravdano pretpostavlja prethodnu hidrogeološku prospekciju radi preciznijeg utvrđivanja glavnih pravaca i dubina na kojima podzemni tokovi cirkulišu, kao i izdašnosti ovih tokova. Druga alternativa se sastoji u eksploataciji izvorišta Rijeke Crnojevića, odnosno postavljanju vodovodne mreže na potezu Obod — Pržnik, odakle bi voda imala slobodan pad ka Dobrskoj Župi i drugim delovima ovog područja sa nižim reljefom. Ova alternativa, opravdano, pretpostavlja razradu projekta za eksploataciju podzemnih voda na celom potezu Cetinje — Rijeka Crnojevića. Treća alternativa sastojala bi se u postavljanju jedne ili nekoliko crpnih stanica u području Graba i postavljanju vodovodnih

cevi do Pržnika, odakle bi voda imala slobodan pad u pravcu Dobrske Župe i šire.

11. Hidrogeološka i druga ispitivanja i istraživanja koja se predlažu trebalo bi da budu praćena i proučavanjima u pogledu zaštite od daljih erozionih procesa koji se u opisanoj oblasti odvijaju, uglavnom, nekontrolisano. Ovde je od posebnog značaja sprečavanje, odnosno usporavanje, karstifikacije i to naročito u delovima terena u kojima se očuvao humusni pokrivač i koji nisu izgubljeni za poljoprivredu. Pri tom posebnu pažnju treba obratiti na pojave ponora u kotlinama koje su pod vegetacijom, jer ovi ponori predstavljaju izvanredno povoljne sredine za razvoj erozionih i karstnih procesa.

Geološka i hidrogeološka istraživanja trebalo bi svakako da budu praćena i speleološkim ispitivanjima i to svuda gde je to moguće obaviti. Speleološka ispitivanja bi svakako pružila dragocene podatke i to kako u pogledu na intenzitet karstifikacije terena po dubini, tako i u pogledu otkrivanja podzemnih vodotokova i akumulacija, zatim postojanja prirodnih barijera i dr.

12. *Problem dizanja nivoa Skadarskog jezera.* O ovom problemu već je diskutovano u radu, pri čemu je ukazano da zasipanje Bojane predstavlja samo jedan od uzroka dizanja nivoa jezera i da su pravi razlozi znatno složeniji. Naime, gornjem procesu, pored ostalog, veoma doprinosi i ogroman priliv vode u kišnim periodima putem Rijeke Crnojevića, Morače, Karuča i bezbroj drugih podvodnih izvora koji dovode vodu i humus u jezero sa šireg područja karstnih terena Stare Crne Gore. Okolnost da se dizanje nivoa jezera zapaža čak i u sušnim periodima ukazuje da u ovim terenima postoje brojni podzemni rezervoari koji hrane podzemne tokove koji se ulivaju u Skadarsko jezero.

Regulisanjem podzemnih vodotokova u široj okolini Cetinja i Rijeke Crnojevića, kao i njihovom eksploatacijom i sprečavanjem, odnosno usporavanjem, daljih erozionih i karstnih procesa, naročito u kultivisanim delovima terena, rešio bi se s jedne strane problem vodosnabdevanja ispitivane oblasti, dok bi s druge strane bio eliminisan jedan od najznačajnijih faktora koji utiču na dizanje nivoa Skadarskog jezera.

LITERATURA

1. Bešić Z. (1951): Prilog poznavanju rasporeda i starosti geološke građe u Dinaridima. — Glasnik Prirodnjačkog muzeja srpske zemlje, Serija A, sv. 4, Beograd.
2. Bešić Z. (1959): Geološki Vodič kroz Narodnu Republiku Crnu Goru. — Titograd.
3. Bešić Z. (1969): Geologija Crne Gore — Karst Crne Gore, Knjiga II. — Izdanje Zavoda za geol. istraživanja, Titograd.
4. Bešić Z. (1974): Problemi podzemnih voda u području karsta planine Lovćena. — Geološki glasnik, Titograd.
5. Koch F. (1933): Prilog geologiji Crne Gore. — Vesnik Geološkog instituta Kralj. Jugoslavije za god. 1932, Beograd.
6. Cvijić J. (1889): Glacijalne i morfološke studije u planinama Bosne, Hercegovine i Crne Gore. — Glas Srpske akademije nauka, knj. 57, Beograd.
7. Cvijić J. (1924): Geomorfologija, knjiga II. — Beograd.
8. Cvijić J. (1957): Podzemna hidrografija i morfološka evolucija karsta. — Posebna izdanja Srpskog geogr. društva, sv. 34, Beograd (prevod).

9. Dukić D. (1959): Vode u NR Crnoj Gori. — Zbornik radova V Kongresa geografa Jugoslavije, Cetinje.

10. Martinović D. (1964): Cetinjsko Polje. — Glasnik Srpskog geografskog društva, sv. XLIV, Beograd.

11. Milojević S. (1936): Utvrđivanje hidrografske veze Cetinjskog Polja sa Rijekom Crnojevića. — Glasnik geogr. društva, sv. XXII, Beograd.

11a. Nedeljković R. (1959): Skadarsko Jezero. Studija organske produkcije u jednom karstnom jezeru (Doktorska disertacija). — Univerzitet u Beogradu, Beograd.

12. Pavić A. (1967): Geologija Stare Crne Gore. — Geološki glasnik, knj. V, Titograd.

13. Vujanović V i Teofilović M. (1975): Geološko-strukturne i hidrogeološke karakteristike okoline Cetinja i Rijeke Crnojevića, sa posebnim osvrtom na područje Dobrska Župa — Meterizi i šire. Fondovi SIV-a, Beograd i Republičkog Izvršnog Vijeća, Titograd i Jugoslovenske autor. agencije, Beograd.

14. Zunjić V. (1970): Turističko-geografski potencijal Skadarskog jezera (Magistarski rad). — Prirodno-matematički fakultet, Beograd.

Summary

VOJISLAV VUJANOVIĆ*
MILORAD TEOFILOVIĆ*

GEOLOGIC STRUCTURAL AND HYDROGEOLOGICAL FEATURES OF THE CETINJE — RIJEKA CRNOJEVIĆA AREA WITH REVIEW OF THE DOBRSKA ŽUPA — METERIZI ONE

General directions of the subterrain waters circulation in the Cetinje — Rijeka Crnojevića area (Montenegro) as well as the approximate depth of the waters have been discussed in this paper.

In this area the only rocks are sedimentary, notably limestones and dolomites, in which the beds of cherts, marls, breccias and conglomerates have been recognized. The sedimentary formation is of the Triassic, Jurassic and occasionally of Cretaceous ages.

In view of tectonics the following structures are dominating:

a) Lovćen — Cetinje — Rijeka Crnojevića anticline
b) Anticlinal structure of the Cuce — Bijela Rudina and
c) Synclinal area of the Bjelica.

Besides of the said structures a number of fault-lines have been recognized too (Ljubotin, Štitari etc.).

The folding structures and the rocks have NW—SE direction.

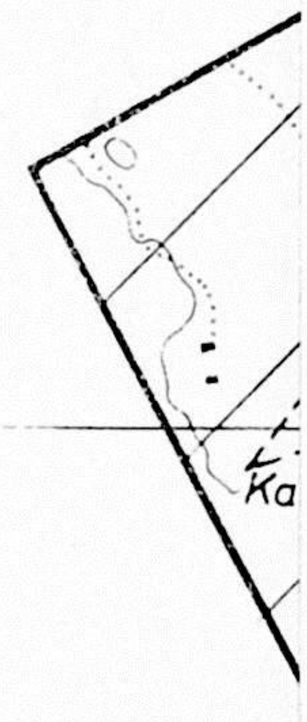
In the Dobrska Župa — Meterizi area monoclinal structures are predominant and the base rocks are limestones and dolomites of Jurassic and Cretaceous age.

On the basis of the above cited and another data and of the locations of surface waters, the authors concluded that almost all of subterranean waters in the examined areas are circulating at the southeast and that

* Institute for Geological and Mining Exploration and Investigation of Nuclear and Other Mineral Raw Materials, Beograd.

IA GEOLOŠKA KARTA
DOBRSKE ŽUPE I METERIZA
M OBLICIMA I IZVORIMA

250 500 750 1000
m



$K_2^1 + K_2^2$ Cenoman i tur

K_1 Donja kreda

$J_2 + J_3$ Srednja i gorn

J_1 Donja jura

Rasedi i predp

Izvori

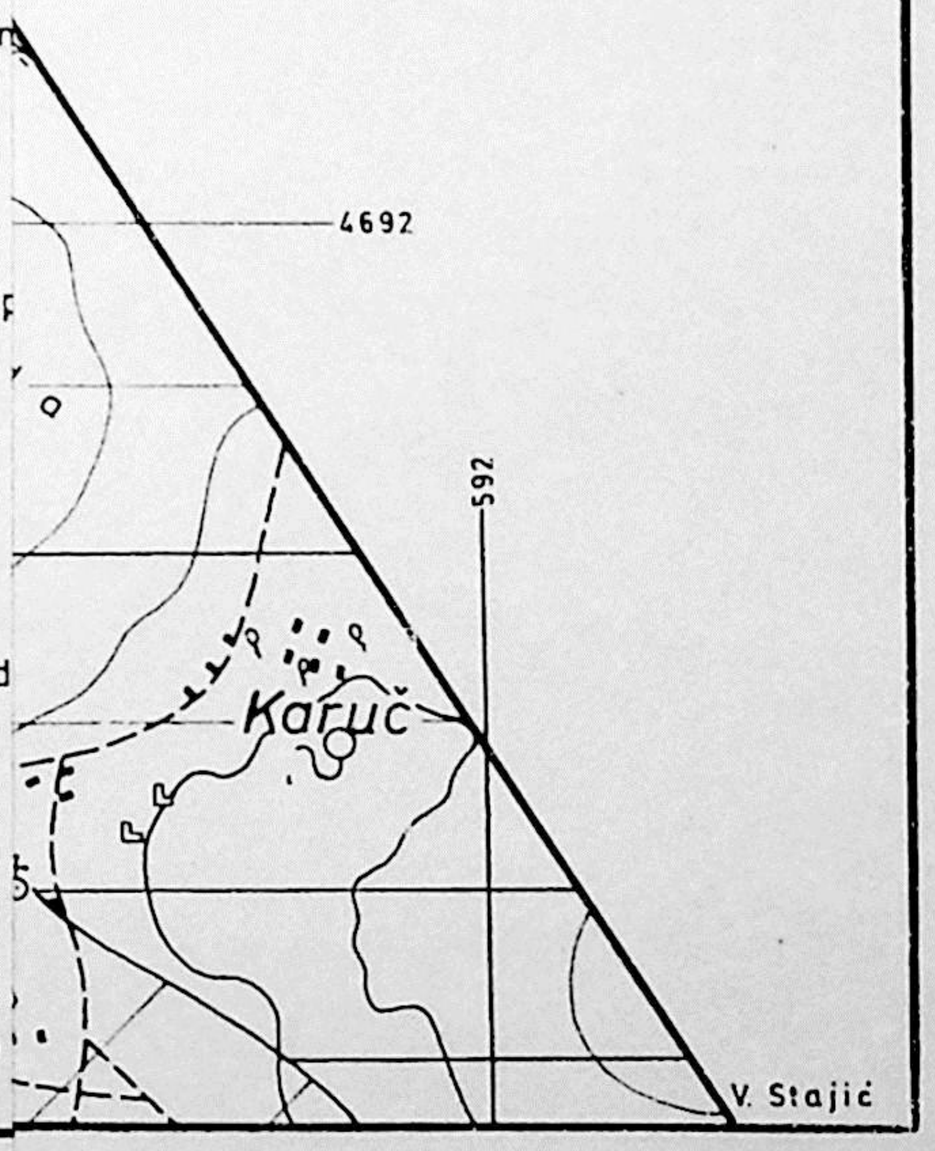
Izvori

Podvod

Vrtače

Pećine

Ponori



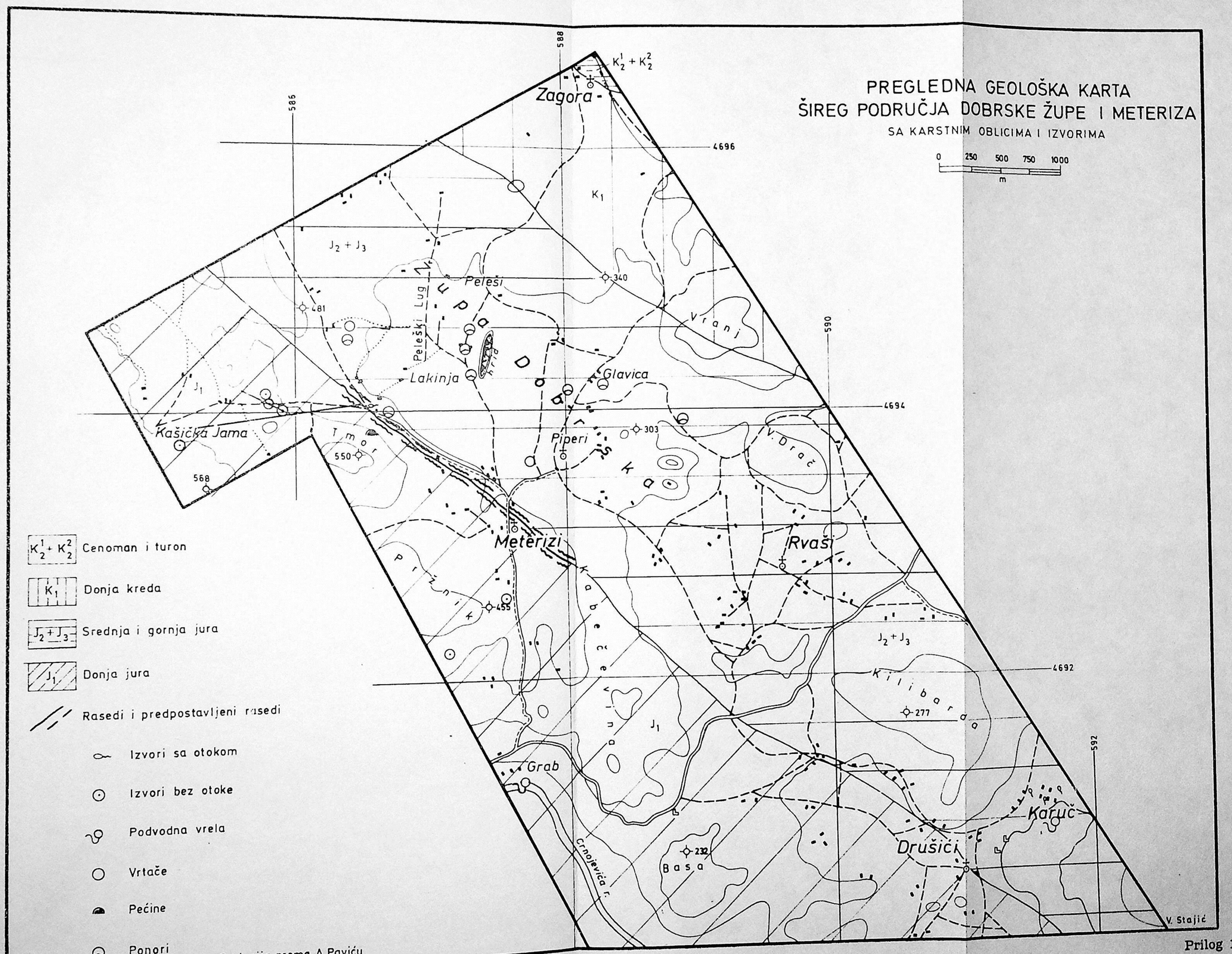
V. Vujanović i M. Teofilo

Prilog 1

PREGLEDNA GEOLOŠKA KARTA ŠIREG PODRUČJA DOBRSKE ŽUPE I METERIZA

SA KARSTNIM OBLICIMA I IZVORIMA

0 250 500 750 1000 m



$K_2^1 + K_2^2$ Cenoman i turon

K_1 Donja kreda

$J_2 + J_3$ Srednja i gornja jura

J_1 Donja jura

Rasedi i predpostavljeni rasedi

Izvori sa otokom

Izvori bez otoke

Podvodna vrela

Vrtače

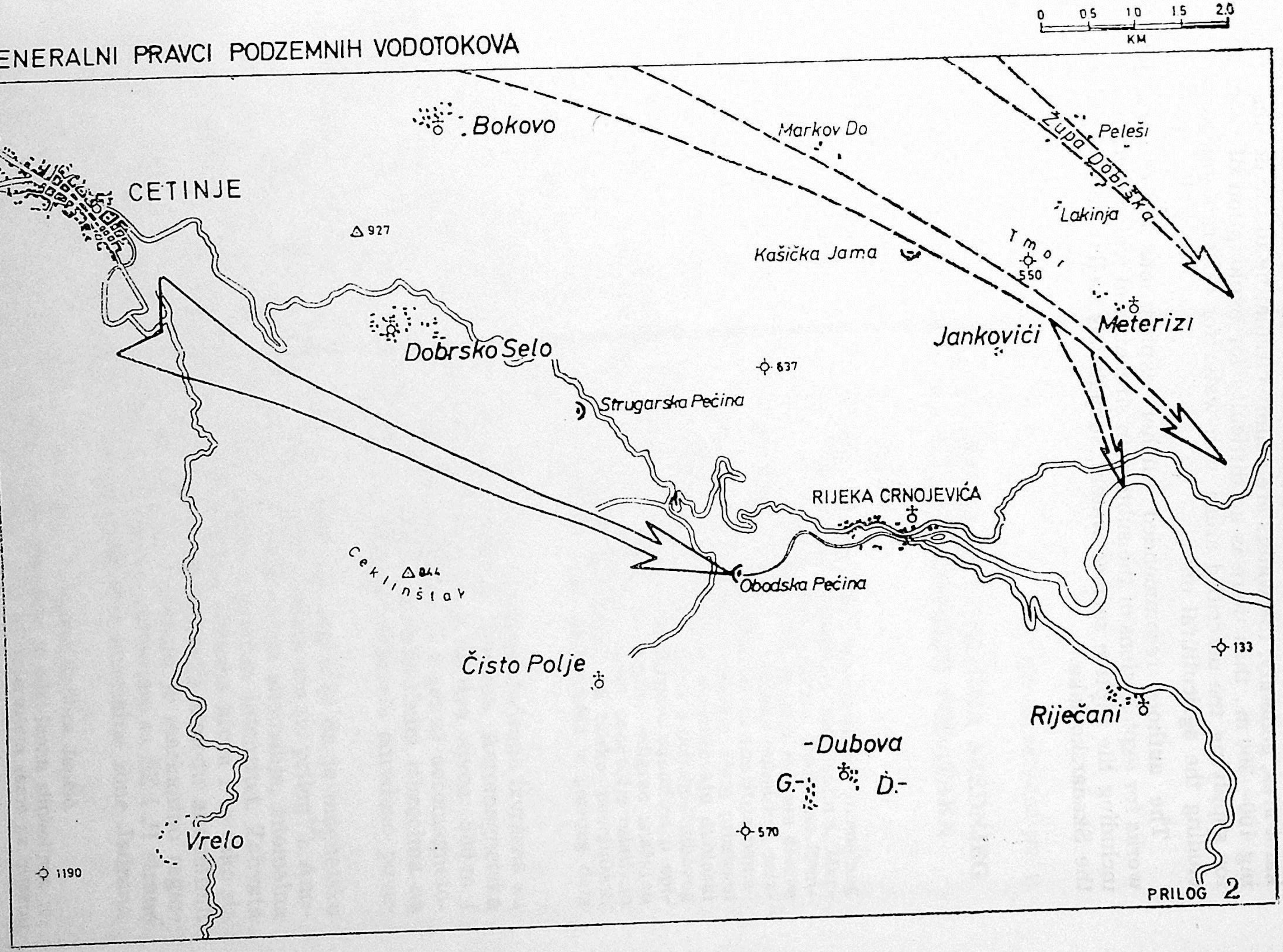
Pećine

Ponori

Geologija prema A.Paviću

Prilog 1

GENERALNI PRAVCI PODZEMNIH VODOTOKOVA



belong to the Skadarsko lake catchment. Although the case is of the naked karst area, generaly, the waters are mainly circulating in the depths ranging 100—300 m., thus there is no difficulty for exploitation of them and for supplying the described areas with water for different purposes, including the agricultural ones.

The authors recommended further explorations and constructions works for exploitations of the subterrain streams and water accumulations including the captive surface waters, subaqueous wells and the water of the Skadarsko lake.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 11, 1977. god.

SLOBODAN VUKAŠINOVIĆ

UDK 551.24:550.38 (497.1)

ZEMLJINA KORA I GEOTEKTONSKA REJONIZACIJA SREDNJEG JADRANA U SVETLOSTI AEROMAGNETSKIH PODATAKA

(sa 1 prilogom)

U ovom radu prikazana je kvantitativna i geološka interpretacija anomalnog magnetskog polja Srednjeg Jadrana, utvrđenog aeromagnetskim ispitivanjima. Markantna regionalna anomalija pripisuje se uzročniku koji zauzima donji deo Zemljine kore, na varijabilnoj dubini od 17 do 32 km, i čija donja granica zahvata delove gornjeg omotača. S obzirom na dubinski nivo uzročnika i podatke dubinskog seizmičkog sondiranja opravdano je njegovu prirodu identifikovati sa izrazitije namagnetisanim delom bazaltnog sloja i delimično sa gornjim omotačem. Ovaj prostrani uzročnik — »magnetski masiv« sa severoistoka i jugozapada ograničavaju dubinski razlomi za čiju aktivnost se vezuju pojave magmatita i seizmizma u domenu njihovog rasprostranjenja. Po položaju koji zauzima i geološko-strukturnim odnosima u epidermalnom delu kore pretpostavlja se da je »magnetski masiv« odigrao značajnu ulogu u geološkoj evoluciji južne grane Alpida. Lokalne i ostale anomalije relativno manjeg prostranstva objašnjavaju se uticajem površinskih ili blisko površinskih magmatita (dijabaza i dr.), odnosno magnetoaktivnim strukturama iz gornjeg dela Zemljine kore.

Aeromagnetska ispitivanja na području Srednjeg Jadrana izvršena su 1974. godine za potrebe INA — Naftaplina iz Zagreba. Aeromagnetska merenja izvedena su po maršrutama (v. prilog) na dva nivoa: 500 m i 2500 m. Merenja su izvršena visokoosetljivim (0,1 gama) aeromagnetometrom, sa konstantne barometarske visine, sa delimičnim izuzecima na nižem nivou, preko terena čija je morfologija zahtevala određeno povećanje visine leta.

Na osnovu dobijenih podataka merenja proističe da je magnetsko polje na području Srednjeg Jadrana znatno poremećeno (v. prilog**). Anomalno polje se u globalu ispoljava kao jedinstvena anomalija, anomalna zona, koju karakteriše veliko prostranstvo i priličan intenzitet. Zahvata čitavo prostranstvo ispitivanog terena na oba visinska nivoa i to tako da skoro i ne postoji razlika u generalnoj konfiguraciji između anomalnih polja utvrđenih na nižem i višem nivou. U pitanju je markantno regionalno anomalno polje, koje s obzirom da nije zatvoreno sa SZ i JI strane očito predstavlja integralni deo jedne prostrane anomalne zone Jadrana,

---

* Primljeno za štampu 19. maja 1977. god. Recenzent Toplica Jančić.

** Na prilogu anomalno magnetsko polje prikazano je određenim simbolima, jer su po oceni merodavnih organa visoko precizne karte ΔT intenziteta samo za internu upotrebu.

čije postojanje je još ranije utvrđeno brodskim magnetskim merenjima (3) zahvaljujući njenom visokom intenzitetu. Na aeromagnetski ispitanom delu, na Srednjem Jadranu, pojas maksimuma anomalne zone zauzima pretežno »ostrvski« deo Jadrana, pružajući se u pravcu SZ—JI, praktično paralelno obali. Prema pučini mora intenzitet polja se spušta ispod —70 gama, na osi anomalne zone intenzitet ΔT dostiže preko 300 gama, da bi se dalje u pravcu severoistoka spustio na oko 125 gama, a na produženim maršrutama i do —60 gama.

Na nižem mernom nivou utvrđeno je nekoliko izrazito lokalnih anomalija (Jabuka, Svetac, Hvar, Brač). Četiri lokalne anomalije registrovane su iznad vodene površine, dok su ostale utvrđene iznad kopnenog dela. Sigurno je da na prilogu predstavljeno prostranstvo lokalnih anomalija sasvim verno odražava stvarno stanje po pravcu maršruta, dok se naravno to ne može tvrditi za prostiranje po poprečnom pravcu, jer je međumaršrutno odstojanje bilo isuviše veliko. Po prosečnom vertikalnom gradijentu, razlici anomalnih polja dva nivoa, zapaženo je postojanje i relativno prostranih magnetskih struktura čiji je pravac pružanja upravan na generalni pravac ose regionalne (Jadranske) magnetske anomalije — rejon južno od Jabuke, severoistočno od Sveca i severno od Palagruže.

Razmatrajući uzroke postojanja ustanovljenog anomalnog magnetskog polja Srednjeg Jadrana došli smo do zaključka da je ono izazvano superponovanim uticajem tri vrste uzročnika, različitih po veličini rasprostranjenja, dubini zaleganja i litološkoj prirodi.

Opštu, regionalnu konfiguraciju anomalnog polja uslovljava veoma prostrani i duboki uzročnik, koji zauzima donji deo Zemljine kore, verovatno dosežući i ispod granice Mohorovičića diskontinuiteta, tj. čija donja granica zahvata delove gornjeg omotača. Kvantitativnom interpretacijom ustanovljeno je da dubina gornje granice ovog uzročnika raste od JI ka SZ. Vrlo verovatno da je rasedima izrazlaman i doveden u različite dubinske nivoe, u prilog čemu pored sračunatih dubina ide promena pravca i pomeraj ose anomalijske zone, kao i osobenost konfiguracije anomalnog polja severno od Hvara. Poprečnim rasedima uzročnik je raščlanjen na tri osnovna bloka: jugoistočni, središni i severozapadni. U predelu maksimuma anomalne zone prosečne dubine ovih blokova su sledeće: za jugoistočni, u pojasu od Korčule ka severozapadu — 17 km, za središni 25 km i za severozapadni blok, koji je samo delimično zahvaćen aeromagnetskim ispitivanjima, 32 km. Uzdužnim rasedom u predelu Hvara jugoistočni blok je razbijen na dva dela od kojih je severniji dosta dublji. S obzirom na dubinski nivo osnovnog uzročnika Jadranske anomalije i podatke dubokog seizmičkog sondiranja (1) proizilazi opravdanost da se njegova priroda identifikuje uglavnom sa izrazitije namagnetisanim delom bazaltnog sloja i delimično sa gornjim omotačem, čiji se uticaj sve više ispoljava prema severozapadu, u kom pravcu raste i namagnetisanje. Uzroke da se na Dalmatinskom prostoru Jadrana razvije ovako prostran uzročnik anomalnog polja — »magnetski masiv« teško je za sada, na ovom nivou prikupljenih geološko-geofizičkih podataka, objasniti. Međutim, po našoj oceni, s obzirom na položaj koga zauzima i geološko-strukturne odnose u epidermalnom delu kore opravdano je pretpostaviti da je »magnetski masiv« odigrao značajnu ulogu u geotektonskoj evoluciji južne grane Alpida. Jer, realno je očekivati da je uzročnik Jadranske anomalije, kao markantna struk-

tura iz graničnog pojasa Zemljine kore, imao znatnog uticaja na geostrukturni sklop površinskog dela kore.

Po prostranstvu koga zauzimaju, drugu vrstu uzročnika anomalnog polja Srednjeg Jadrana predstavljaju magnetoaktivne strukture koje imaju poprečno pružanje u odnosu na »magnetski masiv«. S obzirom na pravac i gustinu maršruta, po kojima su aeromagnetska merenja ostvarena, iz dobijenih podataka ne može se sa sigurnošću sračunati dubina njihovog zaleganja. Moguće je samo zaključiti da se uzročnici nalaze u gornjem delu Zemljine kore. Takođe, teško je određenije identifikovati litološku prirodu ovih uzročnika. Nije isključeno da su u pitanju magmatiti (baziti i dr.) ali i druge magnetoaktivne tvorevine — strukture koje bi mogle biti i interesantne sa aspekta naftno-geološke problematike.

Treća vrsta uzročnika ispoljava se na nižem mernom nivou preko jasno izraženih lokalnih anomalija. Po formi anomalija očito je da su u pitanju površinski ili bliskopovršinski uzročnici. Za neke od njih koje se nalaze u rejonu Jabuke, Sveca i na Visu to sasvim jasno proizilazi iz geološkog sastava površine terena, po geološkim kartama. Naime, na ovim ostrvima, u neposrednoj blizini aeromagnetnih maršruta sa lokalnim anomalijama, utvrđeni su baziti (dijabazi), stene višeg magnetskog susceptibiliteta. Prostranstvo ovih stena po pravcu maršruta sasvim verno iskazuje konfiguracija anomalnog polja. Međutim, njihovo prostranstvo u poprečnom pravcu ne može se utvrditi na osnovu dobijenih aeromagnetskih podataka, jer je međumaršrutno odstojanje bilo isuviše veliko. Ostale lokalne anomalije verovatno uslovljavaju magnetske inhomogenosti sedimentnih serija (crvenica i dr.), a ne može se isključiti i eventualni uticaj prekrivenih (sedimentima, morem) magmatita, naročito na delovima terena koji se nalaze u domenu izdvojenih razlomnih struktura.

Proučavajući prikazano uverenje o uzročniku — uzročnicima utvrđenog anomalnog polja u kontekstu ostalih raspoloživih geološko-geofizičkih podataka i shvatanja o geološkoj građi Srednjeg Jadrana i susednih regiona, stekli smo određene predstave koje se tiču geotektonske rejonizacije aeromagnetski ispitanog prostora.

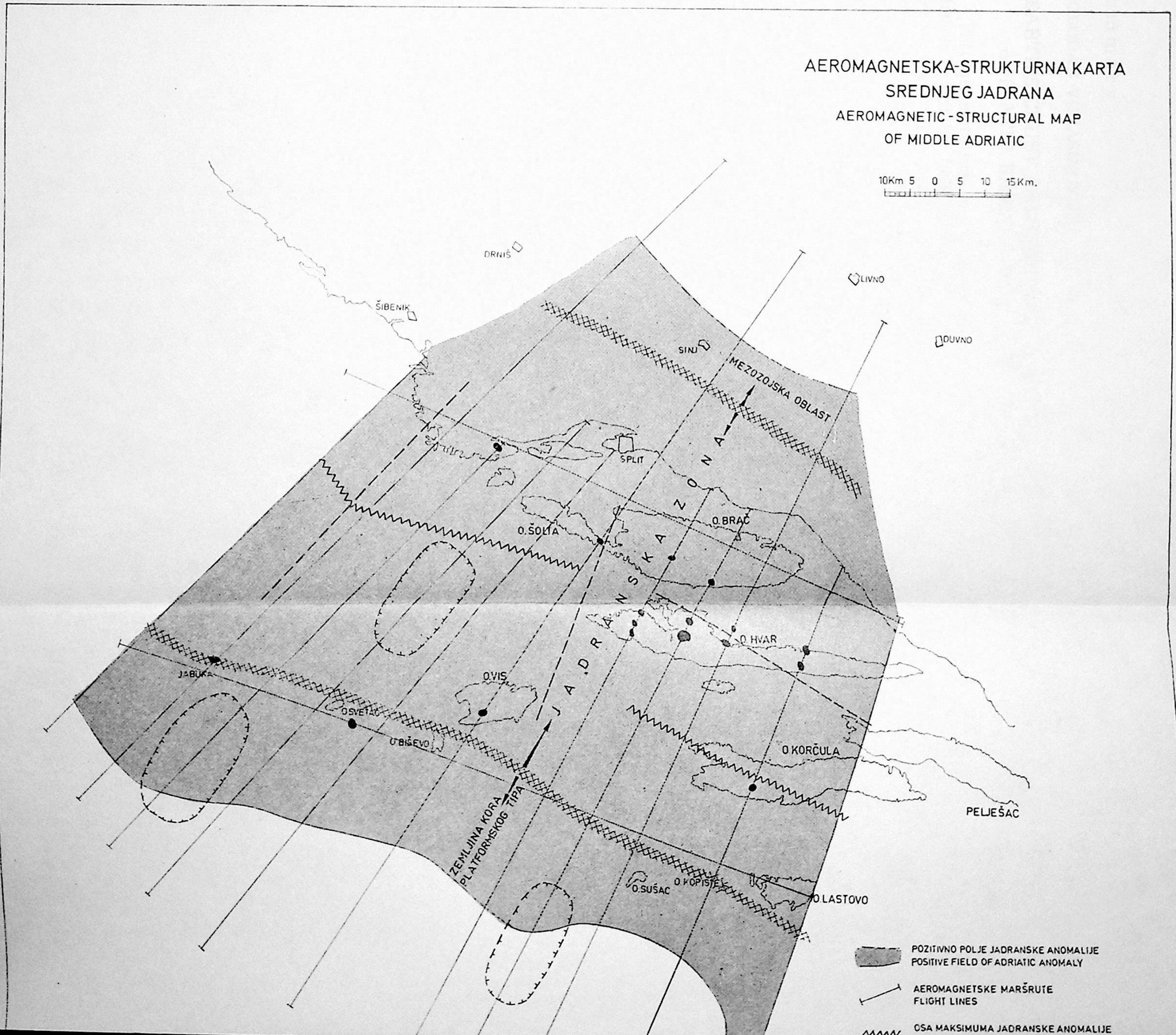
Naše je mišljenje da »magnetski masiv«, osnovni uzročnik anomalnog polja Srednjeg Jadrana, sa severoistoka i jugozapada ograničavaju dubinski razlomi, za čiju aktivnost vezujemo pojave magmatita i seizmizma u domenu njihovog rasprostranjenja. Postojanje jugozapadnog dubinskog razloma delimično se sagledava i po litološkom sastavu ostrva, markiraju ga pojave bazita na Jabuci, Svecu, Biševu i Visu. Imajući u vidu izuzetnost pojave Jadranske anomalije i položaj koga zauzima, smatramo da njen uzročnik — »magnetski masiv« kao dubinska struktura obeležava granični pojas južnog stabla Alpskog orogena. U celini posmatrano Zemljina kora graničnog pojasa, koji smo nazvali »Jadranska zona«, po magnetskim, gravimetrijskim i duboko seizmičkim podacima, znatno se razlikuje od susedne geotektonske jedinice prema severoistoku, od mezozojske oblasti. Razlike u geološkoj građi ostrva, priobalnog pojasa i terena dalje u pravcu severoistoka isticane su i od strane drugih autora, s tim što razgraničavanje geotektonskih jedinica nije istovetno.

Posebno markantno se ispoljavaju razlike u geološkom sklopu terena Srednjeg Jadrana i susednih regiona u anomalnom magnetskom polju. Tip Jadranske magnetske anomalije nije nigde registrovan u Jugoslaviji, a to svakako nije slučajno, već potiče od navedenog geotektonskog značenja

njenog uzročnika; odnosno od uloge »magnetskog masiva« u geotektonskoj evoluciji Dinarida, koja se ogledala u uticaju na građu epidermalnog dela kore i na ograničavanje razvoja Dinarida prema jugozapadu. Po rezultatima brodskih magnetskih merenja ova dubinska struktura se u pravcu severozapada nastavlja do Istre, a po aeromagnetskim merenjima duž profila dubokog seizmičkog sondiranja Čilipi — Krstur i Sv. Stefan — Radujevac (16) ona se u pravcu jugoistoka postepeno isklinjava, na crnogorskom primorju prelazi u usku anomalnu zonu koju uslovljavaju površinske pojave porfirita. Što se tiče građe Zemljine kore Srednjeg Jadrana jugozapadno od dubinskog razloma Jabuka — Sušac pretpostavljamo da je kora platformskog tipa, kojoj je M. Roksandić pripisao najveći deo Jadrana (11). Ima izgleda da bi bilo uputno istraživanja nafte i gasa orijentisati na ovaj deo Jadrana. Posebno bi trebalo proučiti izdvojene magnetske strukture južno od Jabuke i severno od Palagruže, jer se ističu određenom specifičnošću, koja bi mogla označavati prisustvo pogodnih struktura za akumulaciju nafte i gasa.

LITERATURA

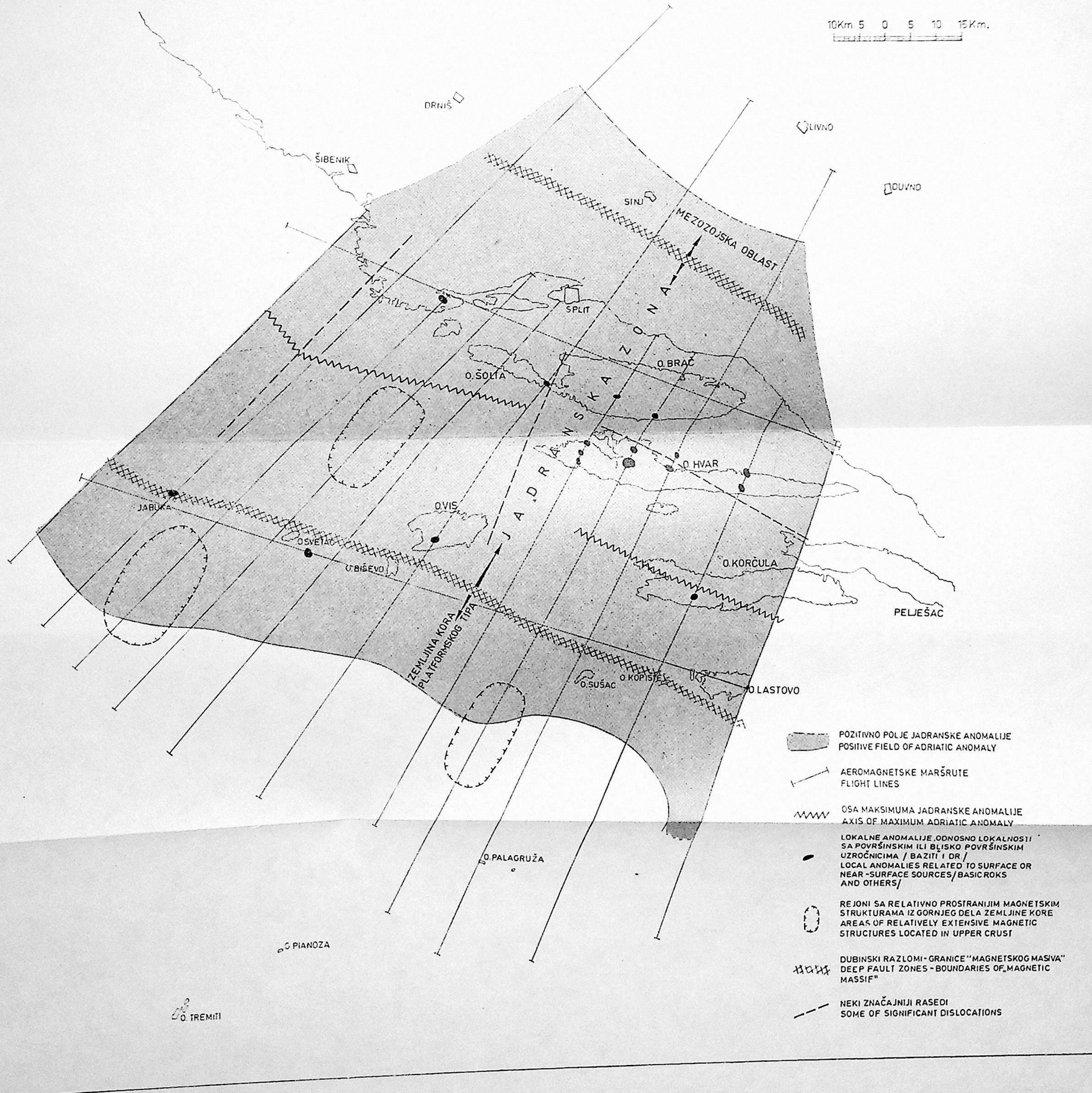
1. Andrić B., Blago Ž., 1971.: Izveštaj o ispitivanju građe Zemljine kore dubokim seizmičkim sondiranjem na profilu Palagruža — Sl. Brod — Valpovo. Fond stručnih dokumenata SGZ, Beograd.
2. Ćirić B., 1968.: Mohorovičićev diskontinuitet i geotektonska rejonizacija — tektogenetska uloga gornjeg omotača — (na primeru Dinarida). Simpozij o Mohorovičićevom diskontinuitetu. Izdanje JAZU, 1972., Zagreb.
3. Damjanović K. i dr. 1968.: Jadranska magnetska anomalija. Ibid.
4. Koščec B., 1971.: Površinske pojave ugljikovodika u zoni Vanjskih Dinarida i na morskom dnu Severnog Jadrana. Simpozij Zadar, Nafta 4—5, Zagreb.
5. Maksimović B., Sikošek B., 1971.: Značaj teoretskih koncepcija geotektonskog sklopa i rejonizacije za istraživanje nafte u Jadranskom pojasu. Ibid.
6. Miljuš P., 1971.: Naftoplinonosni baseni cirkumjadranske oblasti. Ibid.
7. Miljuš P., 1973.: Osnovne crte geološko-tektonske građe Dinarida i osvrt na perspektivnost naftnih istraživanja u savsko-vardarskoj zoni.
8. Morelli C. i dr. 1969.: Regional geophysical study of the adriatic sea. Bolletino di geofisica teorica ed applicata, vol. XI 41—42, Trieste.
9. Roksandić M., 1964/65.: Skica geotektonske rejonizacije Jadranskog mora. Vesnik ZGGI, knj. XXII/XXIII, serija A, Beograd.
10. Roksandić M., 1966.: Geotektonska priroda Sredozemnog mora u svetlosti geofizičkih podataka. Vesnik ZGGI. knj. VII, serija C, Beograd.
11. Roksandić M., 1966.: Dubinske i površinske strukture u spoljašnjim Dinaridima u Jadranskom moru. Ibid.
12. Roksandić M., 1971.: Geološke i naftnogeološke karakteristike kontinentalnog praga južnog dela Jadranskog mora. Simpozij Zadar, Nafta 4—5, Zagreb.
13. Sikošek B., Maksimović B., 1971.: Geotektonska rejonizacija Jadranskog pojasa. Ibid.
14. Turk M., 1971.: Građa tercijarnog bazena u severoistočnom dijelu Jadranskog mora. Ibid.
15. Vukašinović S., 1974.: Jedan pogled na pitanje geotektonske i metalogenetske rejonizacije Jugoslavije. Zbor Srpskog geološkog društva, Beograd.
16. Vukašinović S., 1974.: Prilog izučavanju građe zemljine kore na teritoriji Jugoslavije na bazi aeromagnetskih podataka, dobijenih duž profila dubokog seizmičkog sondiranja. VIII Kongres geologa, Bled.
17. Vukašinović S., 1975.: Izveštaj o aeromagnetskim ispitivanjima na području Srednjeg Jadrana. Fond stručnih dokumenata IGRI, Beograd.


AEROMAGNETSKA-STRUKTURNA KARTA
SREDNJEG JADRANA
AEROMAGNETIC - STRUCTURAL MAP
OF MIDDLE ADRIATIC
10Km 5 0 5 10 15Km.
DRNIŠ
ŠIBENIK
SINJ
LIVNO
DUVNO
MEZOZOJSKA OBLAST
SPLIT
O.ŠOLTA
O.BRAČ
O.HVAR
O.VIS
JABUKA
O.SVETAC
O.BIŠEVO
O.KORČULA
PELJEŠAC
O.SUŠAC
O.KOPISTE
O.LASTOVO
JADRANSKA ZONA
ZEMLJINA KORA PLATFORMSKOG TIPA
POZITIVNO POLJE JADRANSKE ANOMALIJE
POSITIVE FIELD OF ADRIATIC ANOMALY
AEROMAGNETSKE MARŠRUTE
FLIGHT LINES
OSA MAKSIMUMA JADRANSKE ANOMALIJE

AEROMAGNETSKA-STRUKTURNA KARTA SREDNJEG JADRANA

AEROMAGNETIC - STRUCTURAL MAP OF MIDDLE ADRIATIC

10Km 5 0 5 10 15Km.



Summary

SLOBODAN VUKASINOVIĆ*

EARTH'S CRUST AND GEOTECTONIC SUBDIVISION OF MIDDLE ADRIATIC BASED ON AEROMAGNETOMETRIC DATA

This quantitative and geological interpretation of anomalious Middle Adriatic magnetic field is based on aeromagnetometric data. A well-expressed regional anomaly bas been attributed to a source located in the lower crust, at a depth warying between 17 and 32 km, with its lower part extending into the parts of upper mantle. When the depth of this source and the data of deep seismic sounding are considered, it can be related to a more magnetic part of the basalt layer, and partly to the upper mantle. This extensive source zone or »magnetic massif« is limited in the northeast and southwest by deep fault zones, which probably represent the focuses of magmatism and seismic activity in their domains. According to its position and geological and structural relations in epidermal part of Earth's crust, it can be concluded that this »magnetic massif« has played and important role in geological evolution of surfaces part of Alps. The local and other limited anomalies can be explained by the surface and near-surface magnetic bodies (thinness and others, i.e. the magnetoactive structures in the upper parts of Earth's crust.

* Institute for Geological and Mining Exploration and Investigation of Nuclear and Other Mineral Raw Materials, Belgrade

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 11, 1977. god.

ĐORĐE KLAJN

UDK 55+550.4:549.1 (497.17)

GEOLOŠKE, GEOHEMIJSKE I METALOGENETSKE ODLIKE RUDNIH POJAVA BOROVIKA U SR MAKEDONIJI*

(sa 1 slikom i 1 prilogom)

Određivanje geoloških, geohemijskih i metalogenetskih karakteristika rudnih pojava Borovika, kao i studija zonalnosti hidrotermalne alteracije stena oko orudnjenja, izvršeno je sa ciljem da se primenom savremene metodologije utvrdi mogućnost nalaska skrivenih koncentracija ruda bakra ekonomske vrednosti, znatno većih od do sada otkrivenih rudnih pojava i mineralizacija klasičnom geološkom, geofizičkom i geohemijskom metodologijom.

Rezultati izvršenih ispitivanja ukazali su da u području Borovika, kao nastavka bakronosnog rudnog polja Zlatica — Plavice — Borovika, postoji geološka sredina povoljna za stvaranje endogenih hidrotermalnih koncentracija bakra, da postoje endogeni oreoli rasejavanja bakra i da postoje hidrotermalno alterisane vulkanske stene, što sve ukazuje na moguće postojanje skrivenih orudnjenja bakra. Kako su neki važni problemi za precizniju ocenu verovatnoće postojanja skrivenih koncentracija bakra, ostali neispitani to bez dopunskih geoloških, geofizičkih i geohemijskih ispitivanja nije moguće dati precizniju prognozu.

UVOD

Rudne pojave Borovika otkrivene su prilikom kompleksnih geoloških istraživanja obojenih metala u Zletovsko-kratovskoj oblasti, koja su vršena u okviru prospekcije nuklearnih sirovina, od strane saradnika Geoinstituta.

Ispitivano područje nalazi se na oko 8 km zapadno od Kratova, severno od sela Filipovci, a severozapadno od sela Topolović.

Područje Borovika je deo planinskog predela Zletovsko-kratovske oblasti u kome se ističu grebeni: Gradište, Borovik i Golak.

Apsolutne visine variraju između 450 i 700 m. Područje je dosta razuđeno, ispresecano većim brojem potoka i jaruga, koje se ulivaju u reku Povišicu — levu pritoku Krive reke. Vodeni tokovi su oskudni sa vodom i presušuju u letnjem periodu, osim reke Povišice.

* Primljeno za štampu 10. januara 1977. god. Recenzent Dušan Kleut.

ISTORIJAT

U Zletovsko-kratovskoj vulkanskoj oblasti vršena su počev od 1924. godine geološka izučavanja i ispitivanja od čitavog niza geologa. O izvršenim ispitivanjima objavili su svoje radove: J. Cvijić, J. Tomić, L. Marić, I. Jurković, K. Bogojevski, D. Jovanović, J. Penđerkovski, M. Teofilović, N. Mijalković i dr., R. Pantić i dr., M. Ristić i dr.

Mada su bili nađeni brojni tragovi ranijeg rudarenja u ovoj oblasti, oni se ne nalaze na području Borovika, već nešto južnije na Zlatici-Plavici. Ni pojave bakra, olova i cinka nisu bile poznate.

Prilikom geohemijske prospekcije Kratovsko-zletovske oblasti 1 : 25.000 dobijene su anomalije sa povećanim sadržajem olova, cinka i bakra u vodama i aluvijonima (S. Pokrajac, Đ. Denkovski i dr., 1962—1967.).

Aeromagnetska ispitivanja (S. Vukašinović, 1965.) ukazala su na glavne strukturne pravce u prostoru Sokolovci — Filipovci — Pčinja sa probojima u obliku manjih masa i dajkova eruptivnih stena.

Geološko-geofizičku prospekciju 1 : 10.000 ovog područja izvršila je ekipa Geoinstituta (Đ. Klajn i D. Lakić, 1973.).

GEOLOŠKO-STRUKTURNA GRAĐA

Položaj u geološko-strukturnoj građi SFRJ

Područje Borovika nalazi se u Zletovsko-kratovskoj oblasti koja predvlja lineament (B. Sikošek, 1964.) na granici geotektonske katerije orogenog stabla Dinarida i kristalaste međuvenačne Srpsko-makeonske mase. Sama Zletovsko-kratovska vulkanska oblast nalazi se na stočnom obodu tektonske jedinice Dinarida — Vardarske zone. Ona je izgrađena od donjeg i gornjeg strukturnog kata.

Donji strukturni kat i obodni deo kristalastog kompleksa Srpsko-makedonske mase izgrađeni su od gnajseva (muskovitsko-hloritskih), hloritošista, filitično-grafitičnih škriljaca i kvarcita kao najmlađih članova.

U ovim petrogenim kompleksima donjeg strukturnog kata nalaze se kako plikativni tako i disjunktivni strukturni oblici starijih orogenih faza. U lineamentnom sistemu nalazi se niz reversnih raseda duž kojih je u pojedinim fazama alpske orogeneze izvršeno horizontalno premeštanje kompleksa stena, a u fazama dekompresija stvoreni su duboki razlomi, koji su poslužili kao putevi kretanja velikih količina magmatskih masa. Ove su se mase izlivale na površinu i u novonastale depresije u kojima je vršena intenzivna sedimentacija.

Pokrivač od vulkanskih stena prekrio je staru kristalastu seriju stena, a naročito onu u aksijalnim delovima orogena izrasedanu u obliku mozaika. Mlađi tektonski pokreti su aktivirali stare strukture u osnovi i reflektovali ih kroz mlađi vulkanski pokrivač na površinu, ali su stvorene i nove dislokacije.

Glavni pravci pružanja razloma u Kratovsko-zletovskoj oblasti su SSZ—JJI (S—J) i ISI—ZJZ (I—Z) sa dosta strmim padom u SI ili JZ

polje. Preovladava prvi pravac uslovno označen kao S—J, dok su u pravcu I—Z reflektovani stari tektonski poremećaji u kristalastoj osnovi.

Veličina osnovne mreže presecanja razloma iznosi od 2 km do nekoliko stotina metara, a širina tektonskih zona uz primarne strukture iznosi preko stotinak metara.

Gornji strukturni kat ili vulkanogeni kompleks izgrađen je od (N. Mijalković, S. Divljan i dr.) andezita, dacita, ignimbrita i tufova. U početnoj fazi vulkanske aktivnosti nastali su hornblenda andeziti preko kojih leže ignimbriti, najrasprostranjenije stene, koje su nastale posle izlivanja andezitskih stena u eksplozivnoj fazi i imaju sastav hornblenda-biotitskog dacita i kvarclatita. Preko ignimbrita leže tufovi i tufne breče, nekad stratifikovani i sa izgledom pelitskih peščara, a njih probijaju hornblenda-biotit daciti i kvarclatiti sa dacitoidnim i andezitskim vrstama kao i trahiti. Najmlađu fazu čine pokrovi labradorsko-augitskih andezita i njihovih tufova, koji leže preko ignimbrita.

Sve ove stene po petrohemijskim odlikama pripadaju jednoj magmi granodioritskoj (S. Divljan), pri čemu ignimbriti imaju više odlike monconitskih, odnosno kalkosijenitskih i delom granodioritskim tipovima, dok kvarclatiti imaju odlike normalnih granodiorita. Andeziti su pretežno sijenitski (monconitski) tipovi magme.

Debljina pojedinih članova litološke serije prilično varira — od 150 do 300 m. Tako je tufozna serija dacitskog sastava debela oko 150 m, ignimbriti dacitskog sastava oko 300 m, dok andeziti i njihovi tufovi i breče ne prelaze debljinu od 200 m.

U tektoniziranim zonama (andezita i breča) i rasedima nalaze se mnogobrojne rudne i mineralne pojave olova, cinka i bakra, a oko njih se nalaze na velikom prostranstvu propilitisane, hidrotermalno izmenjene alterisane stene duž orudnjenih pukotina, razloma i zona drobljenja. Od njih samo orudnjenja bakra ne grade velika ležišta niti su nađeni njihovi površinski izdanci, sem u dolini Kiselice i na Plavici, gde ima enargitskih rudnih žica i jedan piritsko-halkopiritski štokverk porfirskog tipa, koje su pre drugog svetskog rata Englezi istraživali i otkopavali.

M. Ristić u svojoj tezi (1965.) proučavajući metalogeniju Kratovsko-zletovske oblasti dolazi do zaključka da su rudne pojave i ležišta obojenih metala i urana epitermalnog načina postanka. Rudonosni rastvori su postvulkanski i vezani su za zajedničko magmatsko ognjište, koje je bilo izvor kako vulkanskog materijala, tako i rudonosnih rastvora, te su rudne pojave i ležišta prostorno i paragenetski vezane sa vulkanskim petrogenim kompleksom.

Rudni rastvori su izazvali intenzivne promene okolnih stena. Ova hidrotermalna alteracija je karakteristična za sva rudna ležišta vulkanogene oblasti bez razlike da li su ona bakarna, olovo-cinkana ili uranska. Orudnjenja najvećeg broja otkrivenih pojava kontrolisana su razlomnim strukturama, što uslovljava i njihove strukturno-morfološke odnose. Rudna tela u ovim rudonosnim strukturama obično se javljaju u obliku žica, sočiva i impregnacija, a mestimično u zonama intenzivnih drobljenja na mestima presecanja razloma stvaraju se štokverkna orudnjenja. Preovladavajući je oblik složenih žica. Punjenja razlomnih struktura čine najčešće orudnjene tektonske breče, cementovane i impregnisane rudnim mineralima i mineralima jalovine, sa mestimičnim koncentracijama rudnih minerala u ob-

liku individualisanih žica. Orudnjene rudonosne strukture su različite debljine, od nekoliko desimetara do nekoliko metara, pružaju se često i nekoliko kilometara, a po dubini se prostiru nekoliko stotina metara.

Morfologija rudnih tela orudnjenja bakra je vrlo različita, ali preovladavaju žice, štokverci i impregnacioni tipovi. Mnogobrojne rudne pojave i ležišta olova, cinka, bakra i urana u Kratovsko-zletovskoj oblasti pripadaju zajedničkom hidrotermalnom tipu, ali se međusobno razlikuju i po morfologiji rudnih tela i po raznovrsnom mineralnom sastavu. Međutim, mineralna parageneza pojedinih ležišta i pojava ovih metala su međusobno dosta slične i to kako u pogledu sadržaja rudnih minerala, tako i u pogledu mineralnog sastava jalovina. Za olovo-cinkane pojave karakteristični su glavni rudni minerali: galenit i sfalerit u takvim odnosima, da je galenit zastupljen nekoliko puta više od sfalerita.

Mineralizacije bakra sadrže minerale enargit i tenantit, dok se halkopirit javlja ređe.

Sve navedene mineraloške odlike mogu da se objasne različitim geotektonskim uslovima, koji su vladali za vreme mineralizacionih procesa u celoj oblasti.

Međusobna prostorna povezanost parageneza olova, cinka i bakra na velikom prostranstvu, dozvoljava zaključak o njihovom zajedničkom izvoru orudnjenja.

Na osnovu mineralnog sastava može se uočiti vertikalna zonalnost samo kod olovo-cinkanih orudnjenja, dok kod bakrovih i uranovih ona nije zapažena. Vertikalna zonalnost olovo-cinkanih orudnjenja ogleda se u prvom redu u promeni mineralnog sastava jalovine, dok kod drugih orudnjenja takva zonalnost nije zapažena. Prema dosadašnjem stepenu istraženosti olovo-cinkanih i bakarnih orudnjenja ona još nisu nigde okonturena po dubini a na površini se javljaju različito — u obliku izdanaka ili se završavaju blizu površine što ukazuje na mogućnost nalaska skrivenih tzv. slepih rudnih tela u ovoj oblasti.

Mineralni sastav rudnih ležišta i pojava Kratovsko-zletovske oblasti je vrlo složen i raznovrstan. U olovo-cinkanim orudnjenjima (D. R a d u s i n o v i ć) nalaze se: galenit, sfalerit, pirit, pirhotin, markasit, halkopirit, jakobsit, arsenopirit, magnetit, hematit, bizmutit, samorodni bizmut, kubanit; u bakarnoj paragenezi: enargit, tenantit, bornit, halkozin i kovelin; i u uranskoj paragenezi: pehblenda, radioaktivni kalcedon sa mineralima jalovine: kvarcom, kalcedonom, oligonitom, baritom, kalcitom i sekundarnim mineralima olova, cinka, bakra i urana.

Na osnovu mineralnog sastava može se izvesti zaključak da sve primarne mineralne vrste do sada određene u rudnim i mineralnim pojavama Kratovsko-zletovske oblasti pripadaju tipičnoj hidrotermalnoj paragenezi. Prema mineralnom sastavu i načinu pojavljivanja pojedinih mineralnih vrsta moguće je izdvojiti više mineralnih parageneza u olovno-cinkanim, bakarnim i uranskim mineralizacijama, a u svakoj od njih po nekoliko generacija pojavljivanja. Tako se mineralne parageneze sa koloidnim strukturama kao i višetemperaturne parageneze u kojima se nalaze minerali geološki termometri izdvajaju samo u rudniku olovo-cinka Dobrevo, a bakarna parageneza javlja se kao enargitsko-tenantitska asocijacija, najviše razvijena na Zlatici, dok se samo retko nalazi i u drugim delovima Kratovsko-zletovske oblasti.

GEOLOŠKA KARTA BOROVIKA

0 0.5 1

KM

MATERIJAL IZ FONDA GEOINSTITUTA

7591 000

7593 000

TULAREVO

Borovik

664

703

Povišnica

Dolno Osoe

605

640

696

Beli Breg

676

790

801

931

Ghadiste

1009

DACITOID

ANDEZIT

CRVENI TUF

STRATIFIKOVANI TUF

HIJALOANDEZIT

HIDROKVARCITI

OZNAKA PROBOJA

GRANICA FORMACIJA

RAZLOMI I PUKOTINE

INDIKACIJE ZONE NISKE OTPORNOSTI

HIDROGEOHEMIJSKE ANOMALIJE

PRILOG BR. 1

Raspodela metala u pojedinim rudnim pojavama ove oblasti je neravnomerna, čemu su uzrok različiti geološki uslovi stvaranja, kao i nejednaka migrativna sposobnost pojedinih elemenata. Ovo se odnosi kako na glavne sastojke ruda, tako i na elemente u tragovima (Ta, Ga, Bi i dr.), za koje je od znatnog uticaja temperatura stvaranja.

Stepen istraženosti Kratovsko-zletovske oblasti nije dovoljan da bi se uočila zonalnost raspodele elemenata. Metali koji su već utvrđeni ipak ukazuju na određenu zakonitost zonalnosti.

Ležište i rudne pojave urana nalaze se samo u istočnom i severoistočnom obodu vulkanskog kompleksa. Zona pojavljivanja urana prati kontakt vulkanita sa kristalastim škriljcima, ali se orudnjenja u većini slučajeva nalaze u vulkanitima (Spančevo, Zletovska reka, Drenak i Bajlovci). Sa ovakvom sigurnošću se ne može govoriti o rasporedu metala, delom i zbog manje istraženosti, ali na prostorima gde je stepen istraženosti veći, uočeni su sledeći elementi zonalnosti u rudnim pojavama olova, cinka i bakra:

— Idući od istoka ka zapadu od sela Lukova i Lesnova preko Blizanaca i Dobreva ka Plavici, povećava se sadržaj bakra u rudnim žicama.

— U rudnim žicama Dobreva utvrđeno je povećanje sadržaja bakra sa dubinom.

— Na Boroviku otkrivene su pojave mineralizacije bakra zapadno od linije Zdravči Kamen — Žguri.

Raspored mineralizacija i rudnih ležišta u ovoj oblasti ukazuju na njihovu regionalnu zonalnost u odnosu na duboke tektonske poremećaje sistema pružanja SZ—JI, s tim što duž tih generalnih pravaca mogu da se uoče određeni centri prema kojima postoji zonalnost. Takvi su centri Plavica — Zlatica, Crni Vrh i Borovik. Naime idući od linije Zlatica — Borovik u pravcu severoistoka zonalnost je uočljiva i odgovara normalnom rasporedu rudnih elemenata: zlato, bakar, olovo, cink i uran. To je naročito uočljivo u istočnom delu oblasti.

Geološka građa užeg područja Borovika

Uže područje rudne pojave Borovika izgrađeno je od vulkanskih stena i njihovih subvulkanskih ekvivalenata i tufova (prilog 2). Od vulkanskih stena zastupljeni su: biotitski andeziti, augit-andeziti, andezitske breče i tufogena serija. Od subvulkanskih stena nalaze se proboji diorit-porfirita, dok se najmlađe stene javljaju u vidu kvarcnih žica.

Biotitski andeziti, andezitske breče i tufogena serija su zahvaćene hidrotermalnim izmenama, koje su negde jače a negde slabije izražene.

Biotitski andeziti (N. K r e m i n a c) su najrasprostranjenije stene na području Borovika. Na celoj površini nisu istih odlika, što zavisi od stepena alteracije. Andezitske breče zauzimaju malo prostranstvo i lokalizovane su oko Stroma i Osoja.

Tufogena serija nalazi se u istočnom delu Borovika od Zdravske Male na jugu do Borovika na severu. Stene ove serije su intenzivno alterisane — potpuno argilizirane, silifikovane i sericitisane. Ove stene su manje-više obogaćene jarozitom. Augit-andeziti su najmlađe stene vulkanogenog kompleksa. Javljaju se u vidu proboja ili ploča u tufogenoj seriji a i u

biotitskom andezitu. Stena je sive boje i porfirske strukture. Kvarcne žice se ređe javljaju, uglavnom su vezane za rasedne zone, malog su pružanja a debljina im ne prelazi više od 1 m.

U strukturnom pogledu područje Borovika je jednostavno i izdvojene su razlomne strukture koje se grupišu u dva pravca I—Z i SI—JZ. Geneza ovih raseda nije određena izvršenim osmatranjem.

Postoji mišljenje da su one rezultat aktiviranja dubinskih raseda koji se nalaze ispod vulkanskog kompleksa u kristalastoj podlozi koje je koristila magmatska aktivnost pri intrudovanju (D. V u l o v i ć), (prilog 2).

Petrogeni kompleksi ovog područja su većim delom hidrotermalno izmenjeni (S. Ha d ž i - P o p o v i ć i D. P e š i ć). Alteracioni procesi su veoma složeni po vrsti i po međusobnim odnosima. Osim toga, oni su uglavnom regionalnog rasprostranjenja. Najrasprostranjeniji su sledeći procesi hidrotermalne alteracije:

— silifikacija (kvarc, opal, kalcedon),
— argilizacija (kaolinit, ilit, sericit),
— jarozitizacija, i limonitizacija,
— karbonatizacija, hloritizacija i alunitizacija nemaju regionalno rasprostranjenje već su lokalnog karaktera.

Silifikacija je opšte rasprostranjen proces koji je zastupljen u svim stenama i različitog je intenziteta. Razlikuju se dva tipa:

— Jedan je produkt raspadanja feldspata i Fe-Mg minerala;
— Drugi tip je nastao dovođenjem SiO_2 rastvora duž tektonskih poremećaja i najzastupljeniji je u tufogenoj seriji.

Argilizacija je regionalnog karaktera promenljivog intenziteta, a uslovljena je bila kiselom sredinom bogatom aluminijumom. Argilizacija, prema tome nastala je pri dejstvu kiselina na stene i razaranjem silikata i razlaganjem na njihove glavne sastojke: kiseonik i aluminiju. Prva izaziva kvarcizaciju, a aluminija se fiksira pretežno u obliku glinenih minerala. Drugi sastojci silikatnih minerala: K, Na, Ca, Fe, Mn itd. dovoljno su pokretljivi u kiseloj sredini i iznose se u spoljne zone alterisanih stena, sjedinjujući se u razne minerale: pirit, alunit, karbonate i dr. Argilitisane stene se stvaraju u istim procesima kiselog ispiranja. Argilizacija obično prethodi taloženju orudnjenja, a kaolinizacija se često nalazi u orudnjenim ili blizu njih te može da posluži kao indikator. Piritizacija može ali ne mora da bude indikacija orudnjenja bakra.

Ispitivanjem kiselosti (pH) izdvojeno je nekoliko zona na osnovu interpolacije tačaka dobijenih vrednosti kiselosti ispitivanih uzoraka. Minimalna vrednost pH je 3,7 a maksimalna 7,5.

Nedovoljan broj analiza na alkalije (Na_2O, K_2O) ne mogu dati jasnu predstavu odnosa ovih oksida, sem da je K_2O obilnije od Na_2O, što su potvrdili i rezultati mineraloško-petroloških ispitivanja. Analizom rezultata spektrohemijskih ispitivanja zapaža se nizak sadržaj olova (8—100 ppm), dok relativno visok sadržaj Mo (200 ppm) ukazuje na prisustvo kiselih tipova stena (diorit-porfirit). Karbonatizacija je zahvatila andezite i diorit-porfirite, dok je u tufovima vrlo retko zastupljena, te je ona autometasomatski proces, koji se odigrao pri formiranju ovih stena. Karbonatizacija ima izolovan karakter, što je razlikuje od ostalih hidrotermalnih procesa karbonatizacije u Kratovsko-zletovskoj oblasti.

Pojave mineralizacije

Sve pojave bakrove mineralizacije prema litološkoj sredini u kojoj se javljaju mogu se podeliti: na pojave pirita sa halkopiritom u tufogenoj seriji, koja je intenzivno alterisana, argilizirana i sa pojavama jarozita. U njoj se javljaju »gvozdeni šeširi«. Naročito je zapažena piritizacija sa »gvozdenim šeširima« u levoj pritoci reke Povišice južno od Borovika. Oprobavanjem raskopa i istražnih bušotina dobijeni su sadržaji Cu do 0,1% uz obilje pirita koga ima i preko 20% od celokupne stenske mase.

Bakar je vezan za kristalnu rešetku pirita (D. R a d u s i n o v i ć), a javlja se i u vidu halkopirita rasutog u piritu ili u veoma finim samostalnim individualisanim zrnima.

Sekundarni minerali bakra su retko zastupljeni a javljaju se kao malahit i azurit uglavnom duž pukotina i prslina u alterisanim stenama. Ovde je veći deo bakra najverovatnije ispran prilikom stvaranja »gvozdenih šešira«.

Geofizička ispitivanja izvođena su primenom metode izazvane polarizacije. Merenja su vršena (D. Đ o š i ć) duž paralelnih profila sa međusobnim rastojanjem od 100 m. Unutar anomalijske zone, na izabranim mestima vršeno je jednopolno geoelektrično sondiranje ispitivanjem IP i električne otpornosti. Normalne vrednosti IP variraju od nekoliko do 20 m/sek, a anomalijski intenziteti dostižu čak i preko 70 m/sek. Na ispitivanom terenu anomalijske zone se prostiru na dužini od 1500 m a širina je približno oko 700 m. Uzročnik anomalije IP je nesumnjivo sulfidna mineralizacija u kojoj je pirit količinski najzastupljeniji (S. V i š i ć).

Prema rezultatima geohemijskih ispitivanja primarnog oreola rasejavanja Cu, Mo i Ag u stenama, može se zaključiti da se oreoli rasejavanja ovih metala nalaze na području već poznatih mineralizacija.

Anomalijske koncentracije Cu i Mo u stenama su konstatovane SZ od Žlebišta prema Boroviku, zatim na lokalnosti Smreka i JI od reke Povišice. Anomalijska zona Žlebište — Borovik se prostire na dužini od 1500 m, i širini do 700 m. Iz ovog se vidi da se geofizičke i geohemijske anomalije približno poklapaju.

Geofizičko-geohemijske anomalije su proveravane potrebnim obimom raskopavanja i istražnog bušenja. Raskopi a i istražne bušotine su potvrdili postojanje intenzivne piritizacije, dok sadržaji Cu i Mo ne prelaze vrednosti 0,1% za Cu i 0,025% za Mo.

Po modelu L o w e l l a i G u i l b e r t a ovaj nabušeni deo koji je intenzivno piritisan odgovarao bi »piritskoj ljusci« u kojoj se Cu javlia inače najniže do 0,1%, dok je sadržaj Mo konstatovan i vezan za kiselije tipove stena, na Boroviku za diorit-porfirit. Ukupna debljina takve »piritske ljuske« može da dostigne do 500 m.

Uporedo sa napred opisanim izučavanjima izvršena su i metalogenetska izučavanja, čiji je cilj bilo utvrđivanje stepena verovatnoće nalaska produktivnog orudnjenja bakra na području rudnih pojava Borovika. Procena perspektivnosti vulkanskog kompleksa izvršena je na osnovu geološko-strukturne građe područja Zlatice — Plavice — Borovik, kao dela Kratovsko-zletovske vulkanogene oblasti, njenog položaja u regionalnoj građi tektonske jedinice Vardarske zone i na osnovu metalogenetske analize. Kako izvestan broj problema koji su bitni za precizno okonturivanje skrivenih produktivnih orudnjenja nije bio izučen u potpunosti, to je izvr-

šeno uopštavanje postojećih podataka i izvršeno tumačenje načina postanka rudnih pojava otkrivenih na području Zlatice — Plavice — Borovik, a korišćeni su geološki, strukturni, mineraloški, petrološki, genetski, geohemijski i geohronološki kriterijumi, sastavljeni na osnovu podataka o ležištima bakra kod nas i u svetu.

Smatrajući da je cilj metalogenetske analize naučna razrada osnova za istraživanje ležišta bakra, odnosno da je njen cilj utvrđivanje regionalne zakonitosti metalogeneze područja Zlatice — Plavice — Borovika kao dela Kratovsko-zletovske vulkanogene oblasti, izvršena je metalogenetska analiza na sledeći način. Najpre je usvojen položaj područja Zlatice — Plavice — Borovika u građi Kratovsko-zletovske vulkanogene oblasti, a ove u građi tektonske jedinice Vardarske zone. Zatim je izvršena podela otkrivenih rudnih pojava u području Zlatice — Plavice — Borovika na rudne formacije, na osnovu njihove geneze, mineralnog sastava, strukture i teksture. Najzad je izvršena procena perspektivnosti bakronosnih petrogenih kompleksa područja na osnovu rezultata izvršenih izučavanja, na osnovu usvojenih uopštavanja i pretpostavki i na osnovu istražnih kriterijuma.

Za naznačene probleme izvršena su sledeća uopštavanja i usvojene su sledeće pretpostavke:

a) Područje rudnih pojava Zlatice — Plavice — Borovik pripada prostranoj Kratovsko-zletovskoj vulkanogenoj oblasti koja je deo tektonske jedinice Vardarske zone, a nalazi se na zapadnom, aktiviranom obodu središnog masiva kristalaste međuvenačne Srpsko-makedonske mase — internida.

b) Vardarska zona čiji istočni obod sačinjava područje Zlatice — Plavice — Borovik je rudonosni lineament koji predstavlja prostor sučeljavanja Srpsko-makedonske mase sa nabranim pojasom alpske orogeneze — Dinaridima ispresecan dubokim longitudinalnim rasedima pravca SZ—JI.

c) Rudonosni lineament ima takođe pravac SZ—JI i začet je još u prekambriji. On je od tada više puta obnavljan, te stoga njegovi petrogeni kompleksi mogu da sadrže kaledonsku, hercinsku i alpsku metalogeniju.

d) Prostor ovog lineamenta je ne samo dublji i prostraniji, nego je i značajniji od neotektonskih ploča, te je stoga veoma perspektivan za nalazak velikih ležišta mineralnih sirovina.

e) Kratovsko-zletovska vulkanogena oblast nalazi se u aktiviranom delu ovog rudonosnog lineamenta, a izgrađena je od donjeg kristalastog i gornjeg tercijarnog vulkanogeno-sedimentnog petrogenog kompleksa.

f) U Kratovsko-zletovskoj vulkanogenoj oblasti postoji zonalan raspored rudnih pojava i ležišta zlata, bakra, olovo-cinka i urana, prema sistemu dubokih raseda, tako da su najbliže sistemu raseda rudne pojave zlata i bakra Crnog vrha i Zlatice — Plavice — Borovika, dalje je ležište olovo-cinka Dobreva, a najdalje je ležište urana Zletovske reke.

g) Petrogeni kompleksi Zlatice — Plavice — Borovik ispresecani su sistemom raseda generalnog pravca SZ—JI, odnosno ZSZ—IJI, koji predstavlja delom reflektovane strukture donjeg strukturnog kata u petrogene komplekse gornjeg strukturnog kata. Ovi su rasedi delom obnovljeni više puta.

h) Područje Zlatice — Plavice — Borovik predstavlja gornji paleovulkanski oblik vulkansko-plutonske asocijacije, čiji je petrogeni kompleks veoma malo erodovan, znatnim je delom hidrotermalno alterisan i delom orudnjen mineralizacijama bakra i olovo-cinka.

i) Pretpostavlja se da su orudnjenja i mineralizacije bakra štokverknog i žičnog oblika postale iz mezotermalnih hidrotermalnih rastvora, koji vode poreklo iz granitoidne subvulkanske intruzije, za čije se dublje — magmatsko ognjište vezuje i vulkanska aktivnost.

Na osnovu rezultata izvršenih izučavanja ovih metala na Boroviku, postojanja hidrotermalnih procesa predstavljenih, argilitisanim vulkanskim stenama, kiselog ispiranja, kalcijske metasomatoze, alunitizacije, i dr. kao i postojanja mineralizacije bakra; zatim na osnovu izvršenih uopštavanja i pretpostavki; i na osnovu istražnih kriterijuma i analogije sa sličnim ležištima bakra u svetu i kod nas, može se sa određenom verovatnoćom pretpostaviti, da se skriveno orudnjenje ili orudnjenja mogu da nalaze ispod zone argilizacije stena područja Zlatice — Plavice — Borovik, a na dubini većoj od 300 m. Radi toga i dubine oksidacione zone geofizička ispitivanja (Ip merenja i sondiranja) indicirala su najverovatnije sporednu mineralizaciju i orudnjenja druge faze, a u širem području i olovo-cinkovo-bakarnu mineralizaciju treće faze orudnjenja, koje u ovoj zoni nisu od ekonomske vrednosti, ali su njeni izdanci bili ranije istraživani bez većeg uspeha.

ZAKLJUČAK

Kao zaključak prikazanih rezultata izučavanja područja Borovik može da se navede sledeće:

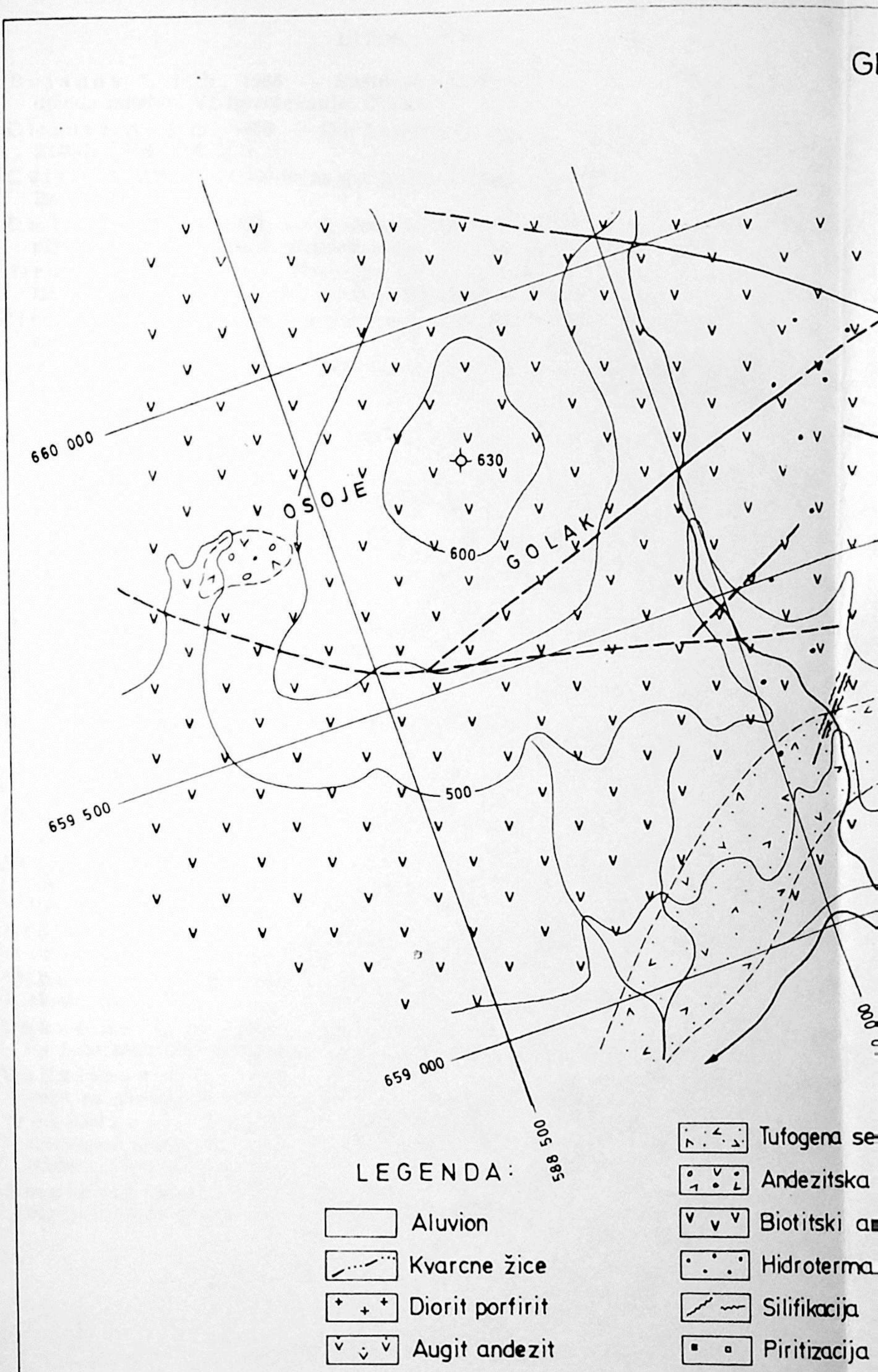
1. Područje rudnih pojava Zlatice — Plavice — Borovik nalazi se u rudonosnom lineamentu, začetom još u prekambriji i veoma povoljne geološke sredine za stvaranje velikih ležišta mineralnih sirovina, jer je ispresecano dubokim longitudinalnim razlomima pružanja SZ—JI.

2. Područje Borovik izgrađeno je od intermedijarnih vulkanskih stena i njihovih tufova, koje su najviši vulkasnki deo vulkansko-plutonske asocijacije gornjeg strukturnog kata tercijarne starosti i veoma povoljne geološke sredine za stvaranje ležišta mineralnih sirovina.

3. Postojanje hidrotermalno alterisanih stena, primarnih oreola rasejavanja bakra i molibdena sa povećanim sadržajima ovih metala i mineralizacija i orudnjenja bakra, uz veoma plitak erozioni nivo, čine ovo područje veoma perspektivnim za nalazak ležišta bakra ekonomske vrednosti.

4. Na osnovu rezultata metalogenetskih izučavanja i metalogenetske analize može se sa određenom verovatnoćom pretpostaviti, da se skriveno orudnjenje može nalaziti ispod zone argiliziranih stena područja Borovika a na dubini većoj od 300 m.

5. Za precizniju prognozu potrebno je izvršiti dopunska izučavanja — geološka, mineraloško-petrološka, geohemijska i geofizička, metodologijom za otkrivanje skrivenih ležišta bakra i drugih metala.


660 000
659 500
659 000
630
600
500
OSOJE
GOLAK
LEGENDA:
Aluvion
Kvarcne žice
Diorit porfirit
Augit andezit
Tufogena se
Andezitska
Biotitski a
Hidroterma
Silifikacija
Piritizacija

h) Područje Zlatice — Plavice — Borovik predstavlja gornji paleovulkanski oblik vulkansko-plutonske asocijacije, čiji je petrogeni kompleks veoma malo erodovan, znatnim je delom hidrotermalno alterisan i delom orudnjen mineralizacijama bakra i olovo-cinka.

i) Pretpostavlja se da su orudnjenja i mineralizacije bakra štokverknog i žičnog oblika postale iz mezotermalnih hidrotermalnih rastvora, koji vode poreklo iz granitoidne subvulkanske intruzije, za čije se dublje — magmatsko ognjište vezuje i vulkanska aktivnost.

Na osnovu rezultata izvršenih izučavanja ovih metala na Boroviku, postojanja hidrotermalnih procesa predstavljenih, argilitisanim vulkanskim stenama, kiselog ispiranja, kalcijske metasomatoze, alunitizacije, i dr. kao i postojanja mineralizacije bakra; zatim na osnovu izvršenih uopštavanja i pretpostavki; i na osnovu istražnih kriterijuma i analogije sa sličnim ležištima bakra u svetu i kod nas, može se sa određenom verovatnoćom pretpostaviti, da se skriveno orudnjenje ili orudnjenja mogu da nalaze ispod zone argilizacije stena područja Zlatice — Plavice — Borovik, a na dubini većoj od 300 m. Radi toga i dubine oksidacione zone geofizička ispitivanja (Ip merenja i sondiranja) indicirala su najverovatnije sporednu mineralizaciju i orudnjenja druge faze, a u širem području i olovo-cinkovo-bakarnu mineralizaciju treće faze orudnjenja, koje u ovoj zoni nisu od ekonomske vrednosti, ali su njeni izdanci bili ranije istraživani bez većeg uspeha.

ZAKLJUČAK

Kao zaključak prikazanih rezultata izučavanja područja Borovik može da se navede sledeće:

1. Područje rudnih pojava Zlatice — Plavice — Borovik nalazi se u rudonosnom lineamentu, začetom još u prekambriji i veoma povoljne geološke sredine za stvaranje velikih ležišta mineralnih sirovina, jer je isprasecano dubokim longitudinalnim razlomima pružanja SZ—JI.

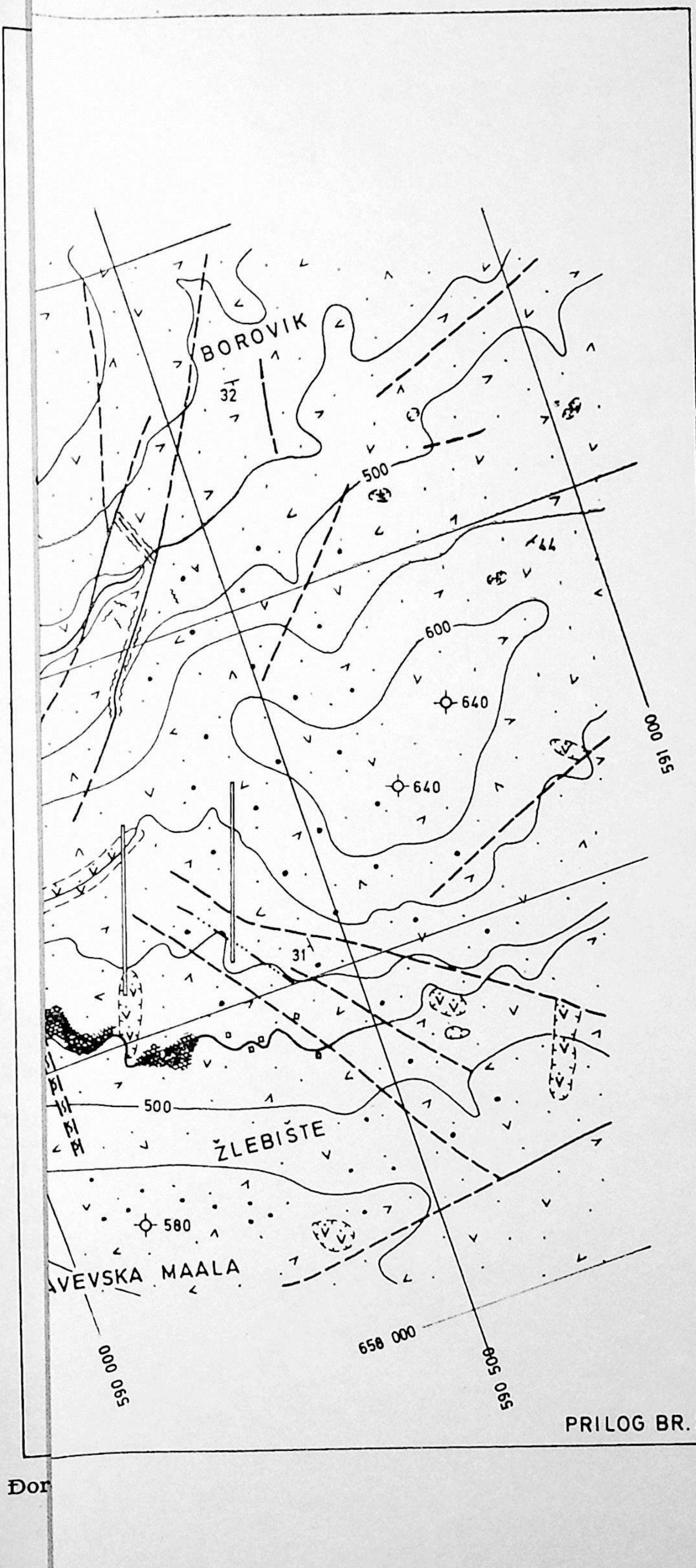
2. Područje Borovik izgrađeno je od intermedijarnih vulkanskih stena i njihovih tufova, koje su najviši vulkasnki deo vulkansko-plutonske asocijacije gornjeg strukturnog kata tercijarne starosti i veoma povoljne geološke sredine za stvaranje ležišta mineralnih sirovina.

3. Postojanje hidrotermalno alterisanih stena, primarnih oreola rasejavanja bakra i molibdena sa povećanim sadržajima ovih metala i mineralizacija i orudnjenja bakra, uz veoma plitak erozioni nivo, čine ovo područje veoma perspektivnim za nalazak ležišta bakra ekonomske vrednosti.

4. Na osnovu rezultata metalogenetskih izučavanja i metalogenetske analize može se sa određenom verovatnoćom pretpostaviti, da se skriveno orudnjenje može nalaziti ispod zone argiliziranih stena područja Borovika a na dubini većoj od 300 m.

5. Za precizniju prognozu potrebno je izvršiti dopunska izučavanja — geološka, mineraloško-petrološka, geohemijska i geofizička, metodologijom za otkrivanje skrivenih ležišta bakra i drugih metala.

Rad



PRILOG BR. 2

Đor

Summary

ĐORĐE KLAJN*

GEOLOGICAL, GEOCHEMICAL AND METALLOGENIC CHARACTERISTICS OF BOROVIK ORE OCCURRENCES (SR Macedonia)

The study of geological, geochemical and metallogenic characteristics of ore occurrences from Zlatica — Plavica — Borovik area in Northen Macedonia, together with the study of zonality of hydrothermal rock alteration has been undertaken in order to determine the possibility of finding of important blind ore deposits of base metals by application of modern methodology.

The results of these studies indicated that Zlatica — Plavica — Borovik area is situated in a orebearing lineament whose embrional stage originated still in Pre-Cambrian. This lineament subsequently has been cut by extensive longitudinal deep faults oriented in NW—SE direction. Mentioned deep faults are estimated as very favourable for formation of large ore deposits.

On the other side the investigated area is composed of intermediar volcanic rocks and their pyroclastics which represent the uppermost part of volcanic-plutonic association, belonging to upper structural etage of Tertiary age, and are very favourable as geological environments for metallic ore deposits formation.

The resoults of investigations of the Borovik area, which could be considered as an extention of the Zlatica — Plavica ore field, show the presence of favourable conditions for copper concentrations by hydrothermal processes. They are manifested as endogene haloes of copper dispersion and as altered volcanic rocks. All this indicates the possible existance of the burried copper mineralization. Since some important problems related to the discovery of burried copper concentrations are not solved, the more precise prediction is not possible without additional geological, geophysical and geochemical investigations.

The copper mineralization is represented by cupriferous pyrite and chalcopyrite, emplaced in altered (silicified, argillized — kaolinized, illitized — sericitized, carbonatized, jerositized — alunitized) tuffs. These two minerals appear as individual grains, dispersed in altered pyritized rocks. The copper contents are low, not more than 0.1%, although the pyrite quantities reach sometimes 20%.

---

* Institute for Geological and Mining Exploration and Investigation of Nuclear and Other Mineral Raw Materials, Beograd.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 11, 1977. god.

RADULE POPOVIĆ

UDK 552:549.1 (497.17)

HIDROTERMALNA MINERALIZACIJA KOD S. KOLARI (KIČEVO)[1]

(sa 2 slike)

Teren u neposrednoj blizini hidrotermalne mineralizacije kod Kolara, izgrađen je od hloritsko-sericitskih škriljaca i sericitskih kvarcita, koji pripadaju mlađem proterozoiku, sericitskih filita paleozojske starosti, metamorfisanog gabra i metamorfisanog dijabaza.

Proterozoik i paleozoik su međusobno diskordantni.

Rudna mineralizacija, na izdanku, danas predstavlja jedan gvozdeni šešir u kome se nalaze ostaci sulfida. Tu su do sada utvrđeni: limonit, kao najobilniji, zatim slede magnetit, galenit, sfalerit, halkopirit, halkozin i pirit.

Ova mineralizacija leži u rasednoj zoni duž koje su dobijene i magnetske anomalije, a što je posledica prisustva magnetita u navedenoj mineralizaciji, a to dalje sugeriše mogućnost prisustva ovih mineralizacija duž pomenute rasedne zone.

Prvi podaci o ovoj pojavi datiraju iz 1963. god. (Jančić, Popović, Cvetić), a predstavljaju rezultate provere aeromagnetskih anomalija u području Kičeva. Dve godine docnije ovu pojavu pominju autor ovog rada i Vujanović (1965/1969).

Mineralizacija o kojoj je reč nalazi se JZ od sela Kolari za oko 500 m (sl. 1).

Litostratigrafski sastav je, relativno jednostavan. Naime, najužu okolinu rudne pojave izgrađuju hloritsko-sericitski škriljci, manje mase sericitskog kvarcita, zatim sericitski filit, a izdvojene su i po jedna manja masa metamorfisanog i uralitisanog gabra i metamorfisanog dijabaza.

Osnovu parametamorfita čine hloritsko-sericitski škriljci, često feldspatizirani. U njihov sastav ulaze pretežno kvarc, hlorit, sericit, ređe muskovit, feldspat i kalcit.[2] Preko ovih škriljaca leži horizont sericitskih kvarcita, debljine do 50 m, koji je karakterističan za parametamorfikum zapadne Makedonije, jer preko njega leži diskordantno filitoidna serija. Sledeći superpozicioni član je sericitski filit, koji se nalazi u najdonjim delovima filitoidne serije. Ovaj filit je obično tamnosive do crne boje i pored sericta i kvarcita sadrži često ugljevitu materiju i pirit. Unutar filitoidne serije nađeni su fosili, prvo ordovicijumske (Antonović, Po-

[1] Primljeno za štampu 1. novembra 1976. god. Recenzent Antonije Antonović.

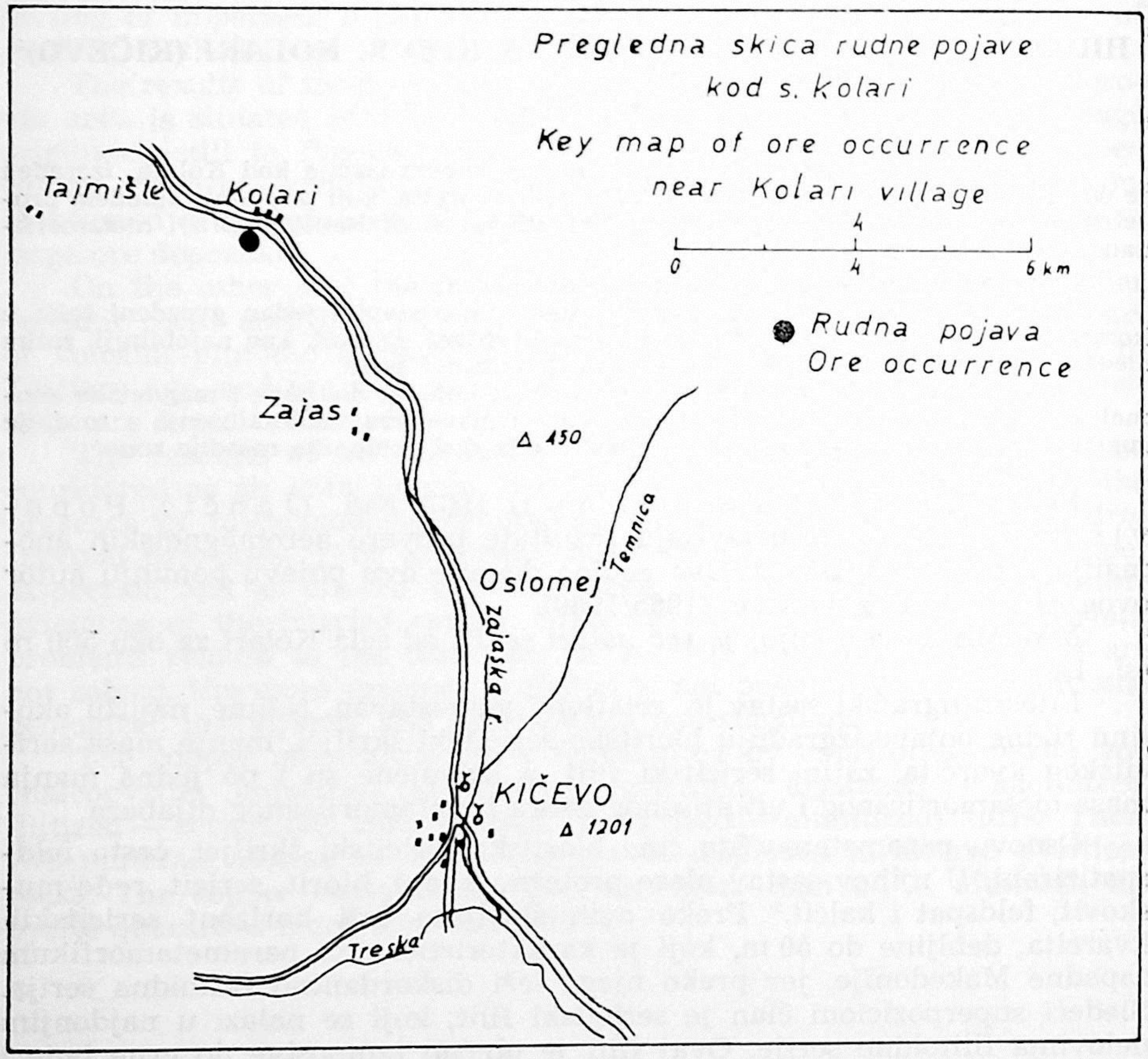
[2] Odredbu petrografskih preparata izvršio je S. Cvetić, rudnih D. Kleut, spektrohemijske analize uradio je M. Arsenijević, a hemijske Z. Červenjak, svi iz Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina — Beograd.

pović, Stojanović-Kuzenko, 1966), a zatim i donjokambrijske starosti (Radoičić, Petkovski, 1974), na osnovu čega proizlazi da hloritsko-sericitski škriljci pripadaju mlađem proterozoiku.

Metamorfisani gabro i metamorfisani dijabaz, sudeći po podudarnosti planara sa okolnim škriljcima, metamorfisani su istovremeno sa njima.

Metamorfisani gabro se sastoji od bazičnog feldspata, albita, pertita, augita i hornblende, a kao sporedni sastojci javljaju se sfen, leukoksen, alanit i apatit. Pored uralita sadrži još hlorit, albit i kalcit kao sekundarne minerale.

Dijabaz je jače metamorfisan i pretvoren je u smešu hlorita, epidota i albita u kojoj su sačuvani retki kristali augita kao ostaci prvobitnih sastojaka.



NEKE KARAKTERISTIKE RUDNE MINERALIZACIJE

Rudna pojava koja se javlja na ovom terenu predstavlja, u stvari, jedan gvozdeni šešir koji leži delimično preko jednog sočiva krečnjačkog škriljca i delimično na sericitskom filitu. Međutim, on nije i genetski vezan za te stene već za jedan rased koji je prikazan i na karti (sl. 2). Ovaj gvo-

zdeni šešir osmatran je na dužini od 15 m, a raskopavanjem otkriven je po dubini 0,50 m. Rasedna zona na kojoj leži je, verovatno bila kanal kojim su došli rudni rastvori, a koje bi, na osnovu dosadašnjeg poznavanja, mogli vezati za metavulkanite čiji su izdanci, u neposrednoj blizini ove lokalnosti i otkriveni. To su u prvom redu metamorfisani rioliti koji se javljaju kod Kolara. S obzirom da se tragovi Cu-mineralizacija nalaze u blizini železničke stanice Tajmište i da se u hematitskoj rudnoj pojavi kod s. Midinci javljaju i minerali iz termalne parageneze, mišljenja smo da su sve te manifestacije vezane za jedinstvene procese i da su jednovremene. Osim toga pojave termalnih mineralizacija vezanih za metamorfisane riolit-porfire kod Berikova, Judova, Strelaca i Vrutoka, navodi nas na zaključak da i ovu pojavu dovedemo u vezu sa metamorfisanim riolitima.

Što se tiče same pojave može se reći da su osmatranju dostupni samo delovi oksidacione zone, jer nam erozija, a ni dosadašnji radovi nisu otkrili dublje delove sa primarnom mineralizacijom. Međutim, na osnovu podataka sakupljenih na izdanku, moguće je utvrditi osnovne mineraloške i genetske odlike ove pojave.

U mineralnoj paragenezi ovde se javljaju, pored limonita, kao najobilnijeg sastojka, još i magnetit, galenit, sfalerit, halkopirit, halkozin i pirit.

Mineralizacija iz hidrotermalne parageneze je veoma neravnomerna što je i razumljivo kada se ima u vidu da se tu radi o oksidacionoj zoni gde su najvećim delom, primarno sulfidni minerali raspadnuti i da je na račun njih izvršeno koncentrisanje limonita. Posledica toga su niski sadržaji pojedinih metala, kao što se to vidi i iz priložene tabele:

Cu = 0,1 do 0,7%	TiO_2 = 0,84%
Pb = 0,32 do 1,0%	Al_2O_3 = 8,49%
Ag = 0,015%	SiO_2 = 37,42%
Bi = 0,012 do 0,027%	S = 0,04%
Mn = 2,42%	P = 0,40%

Po zastupljenosti redosled minerala bio bi sledeći: limonit, magnetit, galenit, sfalerit, halkopirit, halkozin i pirit. Ovakav redosled učešća pojedinih minerala dobijen je na osnovu ispitivanja uzoraka iz gvozdenog šešira.

Spektrohemijska ispitivanja uzoraka, takođe iz gvozdenog šešira, su pokazala da se ovde radi o jednoj paragenezi čiji su minerali stvarani na različitim temperaturama postanka uključujući tu visokotemperaturne i niskotemperaturne, a što se delimično vidi i iz mineralnog sastava.

Posmatrajući učešće pojedinih elemenata pada u oči visok sadržaj bizmuta, a koji se kreće od 120 do 270 gr/t. S obzirom na sadržaj olova, koji se kreće od 0,32 do 1%, može se pretpostaviti da sav bizmut nije vezan za galenit već i za druge minerale, a moguće je da ima malo i metalnog bizmuta.

Interesantno je i jedno drugo poređenje. Naime, ovaj gvozdeni šešir leži delimično na krečnjačkom škriljcu, a sadržaj kalcijuma u njemu je nizak i kreće se oko 0,30%, što dovoljno ubedljivo govori da ova mineralizacija nema genetske veze sa sočivom krečnjačkog škriljca.

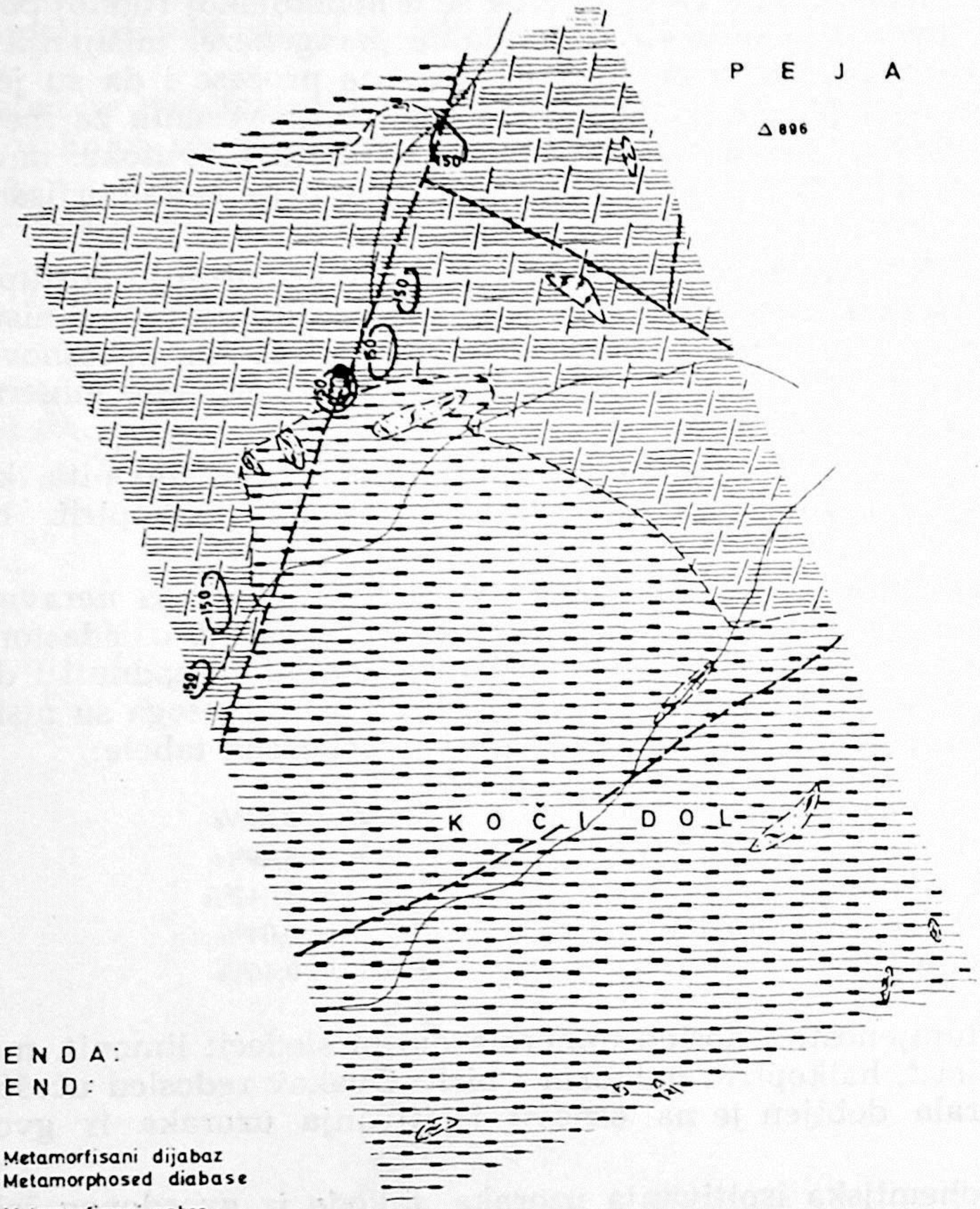
GEOLOŠKA KARTA

UŽE OKOLINE RUDNE POJAVE KOD S. KOLARI (KIČEVO)

GEOLOGICAL MAP

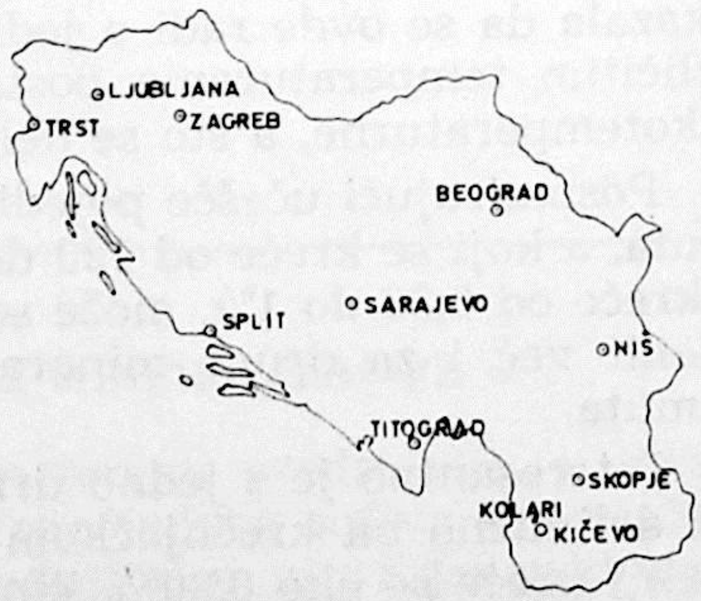
OF VICINITY OF THE ORE OCCURRENCE NEAR KOLARI VILLAGE (KIČEVO)

0 100 200 300 m



L E G E N D A:
L E G E N D:

- Metamorfisani dijabaz / Metamorphosed diabase
- Metamorfisani gabro / Metamorphosed gabbro
- Sericitski filit / Sericite phyllite
- Sericitski kvarcit / Sericite quartzite
- Sericitski škriljac / Sericite schist
- Izodiname Δz / Isodynamic line ΔZ
- Gvozdeni šešir sa Cu i Pb mineralizacijom / Gossan with Cu, Pb - mineralization
- Rased / Fault
- Geološka granica osmatrana i pokrivena / Visible and covered geological boundary



Pored navedenih utvrđeno je učešće i drugih elemenata kao što su:

Ca = 3 000 gr/t	Ni=18 gr/t
Ga=11 gr/t	Co=2,5 gr/t
Mo=5 gr/t	Cr=5 gr/t
Y =10 gr/t	Ba=400 gr/t
Zr = 110 gr/t	

Ovakvo učešće pojedinih elemenata, na ovoj pojavi i minerala koji su utvrđeni u njoj jasno govori da se ovde radi o hidrotermalnoj paragenezi. Međutim, pitanje porekla magnetita za sada ostaje otvoreno.

Pored navedenog potrebno je istaći da je na ovom gvozdenom šeširu dobijena i jedna magnetska anomalija, relativno niskog intenziteta, što je, razumljivo posledica prisustva magnetita, a kao što smo videli napred, to je i dokazano.

Magnetnim ispitivanjima, koja je obavio Jančić (1963) dobijeno je više anomalija, približno istog reda, koje su poređane u pravcu SI—JZ. Ako se uporede te anomalije, kao što smo to uradili nanoseći ih na priloženu geološku kartu, onda se jasno vidi kako se te anomalije podudaraju sa rasednom zonom koja je na geološkoj karti izdvojena. Sve te anomalije su istog intenziteta (150 γ), dok je jedino na gvozdenom šeširu, odnosno na rudnoj pojavi dobijena nešto veća anomalija (200 γ). Ovakva podudarnost magnetnih anomalija i geološke karte (sl. 2), konkretno rasedne zone na njoj, može se dovesti u vezu sa mogućim postojanjem sličnih mineralizacija duž rasedne zone. Isto tako bi se moglo pretpostaviti da je najplića ona gde se javlja gvozdeni šešir i da u njoj ima najviše magnetita, dok bi se eventualne mineralizacije duž rasedne zone nalazile nešto dublje te je zbog toga i intenzitet ostalih anomalija nešto niži.

Na bazi iznetih podataka proizlazi da bi budućim radovima bilo neophodno utvrditi ponašanje ove mineralizacije po dubini, a takođe izvršiti njeno praćenje po pružanju.

LITERATURA

1. Antonović A., Popović R., Stojanović-Kuzenko S., 1966: Ordovicijumska trilobitska fauna na Stogovu. Referati VI savetovanja geologa SFRJ, deo I, Ohrid.
2. Vukašinović S., 1961: Aeromagnetska ispitivanja u Makedoniji 1960. god. Fond stručnih dokumenata Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd.
3. Jančić T., Popović R., Cvetić S., 1963: Izveštaj o geološko-geofizičkim istraživanjima na području zapadne Makedonije. Fond stručnih dokumenata Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd.
4. Popović R., Vujanović V., 1969: Pojava regeneracije u Fe-ležištu kod s. Midinci (Kičevo). Zapisnici Srpskog geološkog društva za 1965. god. Beograd.
5. Radoičić R., Petkovski P., 1974: A note about the discovery of the Cambrian in Western Macedonia. Bulletin scientifiique. Conseil des academies des sciences et des arts de la RSF de Yougoslavie — section A: sciences naturelles, techniques et medicales, tom 19, No. 3—4, Zaoreb.

Summary

RADULE POPOVIĆ*

HYDROTHERMAL MINERALIZATION NEAR THE VILLAGE OF KOLARI, KIČEVO AREA, MACEDONIA

The oldest rocks in the area surrounding this mineralization are the sericite-chlorite schists, which are considered as belonging to Late Proterozoic. It is overlain by a phyllitic sequence of Cambrian age; a sericite quartzite horizon separates the Late Proterozoic from Cambrian rocks.

Among the igneous rocks, only two minor bodies, composed of metamorphosed and uralitized gabbro and metamorphosed diabase, occur in this area.

The mineralization occurs inside a fault zone, and only the part of zone of oxidation is exposed on the surface. The mineralization, which is of hydrothermal origin, contains limonite, magnetite, galena, sphalerite, chalcopyrite, chalcosite and pyrite.

* Institute for Geological and Mining Exploration and Investigation of Nuclear and Other Mineral Raw Materials, Beograd.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 11, 1977. god.

RADULE POPOVIĆ

UDK 549.1:552.4 (497.17)

POJAVA BAKROVE MINERALIZACIJE KOD S. JUDOVO (KIČEVO)*

(sa jednom slikom u tekstu)

Najuža okolina sa bakrovom mineralizacijom izgrađena je od parametamorfita i metamorfisanih vulkanskih stena. Od prvih zastupljeni su: sericitski filit, metamorfisani kvarcni peščar i konglomerat, krečnjački škriljac i krečnjak. Metavulkanske stene su predstavljene metaandezitom i metamorfisanim riolitporfirom. Smatra se da su sericitski filit, metaandezit i metamorfisani riolitporfir ordovicijumske ili silurske starosti, da je krečnjački škrljac silurske, a krečnjak devonske starosti.

Mineralizacija se javlja u vidu impregnacija i prožilaka. Od rudnih minerala zastupljeni su: halkopirit i bornit, kao primarni, a malahit, azurit, halkozin, kovelin i limonit, kao sekundarni minerali.

Ova mineralizacija je vulkanogeno-hidrotermalnog porekla.

Bakrova mineralizacija kod sela Judovo prvi put se pominje 1956. godine u radu »Rudni pojavi na terenot na sekcija Resen—Kruševo 1«, koji su objavili Izmajlov, Ivanovski i Nestorovski (1956). U tom radu oni navode najužu lokaciju same pojave za koju kažu da »se javuva hidrotermalni kvarcit so bakarni karbonat (malahit, azurit i dr.)«. Istovremeno navode sadržaje u dva uzorka od kojih je jedan imao 0,93%, a drugi 1,45% bakra. Pored toga metamorfisani riolit-porfir, u kome se javlja bakrova mineralizacija, petrološki je obradila Tošić (1962), a 1963. obišao ju je i autor ovog rada u vreme istraživanja ruda gvožđa kod Judova i Malkoeca.

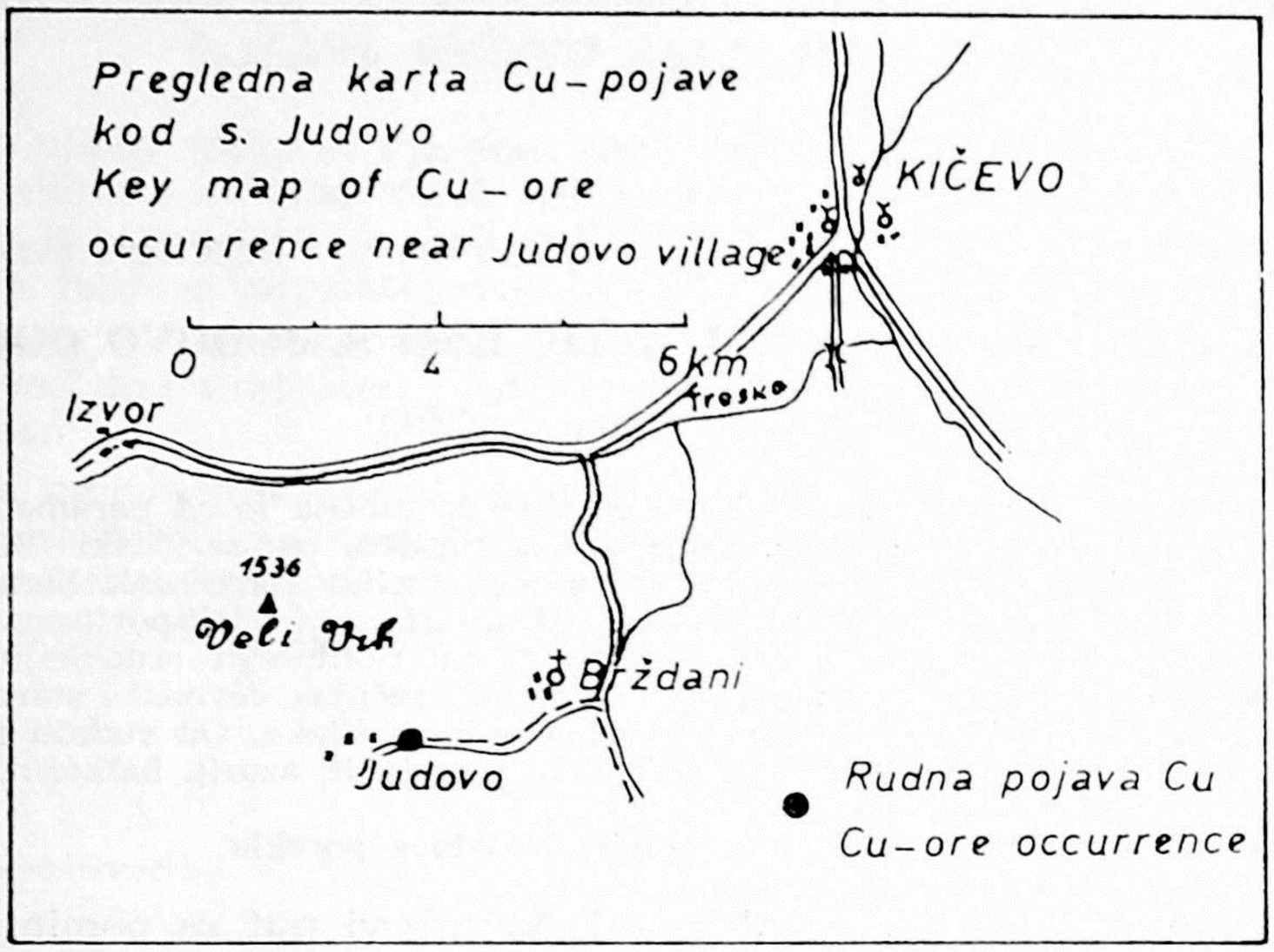
Ova rudna pojava se nalazi JZ od Kičeva (sl. 1), u dolini Judovskog potoka na samom izlazu iz sela prema Brždanima, gde se Judovski potok uliva u Belički reku. Mineralizacija je vezana za metamorfisani riolitporfir koji se nalazi istočno od Judova. Ovoj pojavi do sada nije pridavan značaj, međutim, kako su u zapadnoj Makedoniji pojave bakrove mineralizacije redovno vezane za metamorfisane riolit-porfire, smatramo da i ovoj pojavi treba posvetiti veću pažnju kako bi se za nju, a i za ostale pojave bakrovih mineralizacija kao i metalogenetske osobenosti obojenih metala u zapadnoj Makedoniji, zainteresovala stručna javnost.

GEOLOŠKI SASTAV

Na osnovu faunističkih podataka sakupljenih na Stogovu, Bistri i kod Brždana (Antonijević, Đorđević, 1957; Antonović, Popović, Stojanović-Kuzenko, 1966; Bouček, Stojano-

* Primljeno za štampu 1. novembra 1976. god. Recenzent Antonije Antonović.

vić-Kuzenko, Nestorovski, 1966; Popović (1968), Radoičić, Petkovski, 1974) vidi se da su u paleozoiku zapadne Makedonije zastupljeni: kambrija, ordovicijum, silur i devon. Kambrija, ordovicijum i silur su razvijeni u filitskoj, a devon u karbonatnoj seriji.



Sl. 1. Pojava Cu-mineralizacije kod s. Judovo (Kičevo)

S obzirom na navedene podatke i na blizinu Brždana, gde je u krečnjacima nađena devonska fauna (Antonijević, Đorđević, 1957), možemo sa velikom verovatnoćom pretpostaviti da delovi filitske serije, koje imamo kod Judova, pripadaju gornjem ordovicijumu ili donjem siluru. Naime, u stratigrafskom stubu ovde su zastupljeni, kao najdonji, odnosno najstariji sericitski filit koji naviše, postupno prelazi u metamorfisane kvarcne peščare i konglomerate, a ovi dalje prelaze u krečnjačke škriljce, da bi ovi, takođe postupno, prešli u krečnjake. Kako su krečnjaci devonske starosti, a na Stogovu je dokazan ordovicijum, u filitskoj seriji, onda pretpostavka koju smo izneli ima svoju realnu osnovu.

U litološkom sastavu najuže okoline rudne pojave učestvuju: sericitski filit, metamorfisani kvarcni peščar i konglomerat, metamorfisani andezit, metamorfisani riolitporfir i krečnjački škriljac.

Sericitski filit je svilaste sjajnosti, boje sive do tamnosive, strukture lepidoblastične, a teksture škriljave. U sastav ulaze, kao glavni sastojci: kvarc, sericit, hlorit i feldspat, a kao sporedni: epidot, apatit, cirkon i turmalin*.

Deo filitoidne serije koji je ovde zastupljen, kao i u drugim lokalnostima karakterišu brze facijalne promene kako u vertikalnom tako i u horizontalnom pravcu, a najčešće se manifestuju kao peskovite, karbonatne

* Odredbu petrografskih preparata izvršio je S. Cvetić, rudnih preparata D. Kleut, a spektrohemijske analize uradio je M. Arsenijević, svi iz Geoinstituta — Beograd.

i grafitične facije. Zastupljeni su kvarciti, metamorfisani peščari, krečnjački škriljci, grafitični filiti, metaalevroliti, glinoviti škriljci, tufozni metapeščari, a nisu retki ni metamorfisani tufovi.

Pored parametamorfita, na ovom terenu utvrđeno je i prisustvo metamorfisanih vulkanskih stena istovremenih sa filitoidnom serijom. To su metaandezit i metamorfisani riolitporfir. Metaandezit je zapažen samo u obliku jedne manje mase na oko 300 m SZ od pojave bakrove mineralizacije. Prvi put je registrovan 1963. godine od strane autora ovog rada u toku radova na istraživanjima pojava ruda gvožđa kod Judova. Ta stena je maslinasto zelene boje, porfiroblastične i kataklastične strukture, a škriljave teksture. Sastavljena je od porfiroblasta plagioklasa, jako alterisanih i deformisanih krupnih kristala kalcita i manje-više limonitisanog hlorita, a kao sporedni sastojci javljaju se rutil, sfen, leukoksen i po neko zrno metaličnog minerala.

Osnovnu mikro do kriptokristalastu masu izgrađuju mikroliti feldspata, kalcita i hlorita.

Na osnovu načina pojavljivanja, uškriljenosti i kataklaziranosti može se reći da je ova stena sinhrona sa parametamorfitima u kojima leži.

Metamorfisani riolitporfir je za nas najinteresantnija stena, jer se u njoj javlja bakrova mineralizacija. Ovo je jedna manja masa izdužena u pravcu sever—jug i u njenom severnom delu duboko je zasečena Judovskim potokom, gde je, u stvari i najdublje erodovan. A r s o v s k i (1962) smatra da je ovaj metamorfisani riolitporfir u tektonskom odnosu sa okolnim stenama, međutim, za takvo tvrđenje nema dokaza. Istina, kontaktno-metamorfne promene nismo ni mi zapazili na okolnim stenama s čim u vezi se može pretpostaviti da njegovo očvršćavanje nije obavljeno u dubini. S obzirom na njegovu metamorfisanost, prisustvo tufogenih metapeščara i metatufova u filitskoj seriji, zatim prisustvo uklopaka drugih metamorfisanih riolitskih stena u ovom metamorfisanom riolitporfiru, njegovu uškriljenost i kataklaziranost, kao i izostajanje kontaktnog metamorfizma u okolnim stenama, dovoljan su razlog za pretpostavku da se ovde radi o steni nastaloj u vreme sedimentacije današnjih parametamorfita. Na ovakvu mogućnost upućuje i drugi deo zaključka T o š i ć (1962) koja kaže da metamorfisani riolitporfiri »sa zapadne strane postepeno se smenjuju sa filitima i drugim paleozojskim škriljcima«. Sve ovo ide u prilog pretpostavci da su ovi metamorfisani riolitporfiri sinhroni sa sericitskim filitima, a da im krečnjački škriljci i dalje krečnjaci predstavljaju samo krovinu. Na osnovu toga sledio bi zaključak da su metamorfisani riolitporfiri i bakrova mineralizacija ordovicijumske ili silurske starosti i da je mineralizacija vulkanogenog porekla.

Što se tiče same stene može se reći da je jače ili slabije metamorfisana, jedra i kompaktna, sa jasno izraženom škriljavom teksturom i holokristalastoporfirskom i porfiroblastičnom strukturom. Kao fenokristali javljaju se kvarc, albit i manja količina K-feldspata. Osnovna masa izgrađena je od sitnozrnog kvarca, feldspata, sitnih liski sericita i manje količine hlorita. K-feldspat je delimično kaolinisan. Sporedni sastojci su metalični mineral, cirkon, sfen, epidot, apatit i turmalin. Pored toga, kao što je već rečeno, zapaženo je i prisustvo uklopaka drugih riolitskih stena.

U steni je jasno izražen paralelan raspored sastojaka, a fenokristali su često mehanički deformisani, što uz teksturu i ostale osobenosti jasno

ukazuje na njenu metamorfisanost. Ovaj metamorfisani riolitporfir detaljno je petrološki obradila T o š i ć (1962).

Prisustvo metaandezita i metamorfisanog riolitporfira, kao i prisustvo bakrove mineralizacije i jednog manjeg ležišta rude gvožđa ovde, na malom prostoru, jasno govore o metalogenetski interesantnom terenu.

Generalno posmatrano ta masa metamorfisanog riolitporfira leži u jednoj zoni čije je pružanje približno sever—jug. To su, relativno male mase metamorfisanog riolitporfira koje se javljaju SZ od Tajmišta, kod Kolara i Raštana, kod Judova i u području Plakenske planine. Istočno od ovog pravca javlja se, takođe, veći broj, relativno manjih masa koje čine drugu zonu za koju su vezane termalne mineralizacije Cu, Pb, Zn i Mo. Imajući to u vidu kao i pojavu bakrove mineralizacije u lokalnosti Judovo, ovu poslednju smatramo interesantnom sa aspekta upoznavanja metalogenetskih obeležja zapadne Makedonije.

NEKE KARAKTERISTIKE BAKROVE MINERALIZACIJE

Na osnovu dosadašnjeg poznavanja, bakrova mineralizacija kod Judova, vezana je za metamorfisani riolitporfir. Našim ispitivanjima nije utvrđeno prisustvo mineralizacije drugih metala iako spektrohemijska ispitivanja pojedinih uzoraka govore da se mestimično javlja nešto povišen sadržaj olova. Prikupljeni podaci govore da se bakrova mineralizacija javlja u zoni endokontakta i u oksidacionoj zoni. To su primarna i sekundarna mineralizacija. U primarnoj mineralizaciji utvrđeni su halkopirit i bornit, dok je sekundarna predstavljena malahitom, azuritom, kovelinom, halkozinom i limonitom. Svi ovi sekundarni minerali, pa i limonit, nastali su raspadanjem halkopirita i bornita, što se jasno da zapaziti po tragovima primarnih minerala u njima. Skoro potpuno izostajanje pirita govori da je limonit pretežno nastao od halkopirita i bornita, uz to vrlo često se zapaža prisustvo limonita na obodima zrna halkopirita i bornita, što znači da je najveći deo limonita nastao raspadanjem ovih minerala, pri čemu su odvođeni bakar i sumpor, a zaostajalo je gvožđe. To je naročito uočljivo u delovima gde je limonit jače zastupljen i gde se nalaze ostaci halkopirita ili bornita, dakle u oksidacionoj zoni. Ova zona je, u celini posmatrano, slabo razvijena, što je posledica intenzivnog spiranja površinskih delova izdanka.

Što se tiče učešća pojedinih minerala, može se reći da su i primarni i sekundarni minerali bakra neravnomerno zastupljeni. Naime, od mesta do mesta čas dominira halkopirit, čas bornit, a od sekundarnih malahit ili azurit. Međutim, u ukupnoj zastupljenosti, u delovima metamorfisanog riolitporfira dostupnim osmatranju, sekundarni minerali, količinski nadmašuju primarne, a posmatrano u celini i jedne i druge, zastupljenost im nije velika, što pokazuju i orijentacioni sadržaji bakra oko 0,5 do 1%.

Najobilnije se javljaju malahit i azurit i makroskopski daleko nadmašuju ostale minerale. Ovi sekundarni minerali najviše se javljaju po površinama škriljavosti, prslina i pukotina kao i na površinama samog izdanka metamorfisanog riolitporfira. To su najčešće tanke kore i prevlake.

Halkopirit se javlja u obliku rasutih zrna, tj. u vidu fine impregnacije, a isto tako i u vidu prožilaka. Ovakav način pojavljivanja primarne mineralizacije najbliži bi bio štokverknom tipu. Sličan ili istovetan je način pojavljivanja i bornita.

Interesantno je istaći da se pirit vrlo retko javlja, što govori o relativno malom privođenju gvožđa u rudnoj fazi, a koje je najvećim delom vezano za halkopirit i bornit.

Redosled stvaranja minerala u ovoj paragenezi bio bi sledeći: halkopirit-bornit-sekundarni mineral.

Što se tiče učešća ostalih metaličnih minerala za sada ne možemo govoriti, jer ih nismo zapazili; pa ipak, ističemo da ovde treba očekivati i minerale olova, ali u manjem obimu. Naime, spektrohemijska ispitivanja pojedinih uzoraka metamorfisanog riolitporfira su dala sledeće rezultate:

Si	= > 1%	Pb	= 0,45%
Al	= > 1%	Cu	= 0,55%
Fe	= > 1%	Ag	= 30 gr/t
Mg	= 0,25%	Y	= 35 gr/t
Ca	= 700 gr/t	Zr	= 180 gr/t
Ti	= 0,12%	Ni	= 3 gr/t
Mn	= 300 gr/t	Co	= 2,5 gr/t
V	= 3 gr/t	Cr	= 5 gr/t
Mo	= 5 gr/t	Ba	= 200 gr/t

Ovakvo učešće ostalih metala, izuzev glavnih, zatim način pojavljivanja mineralizacije i njena parageneza, sredina u kojoj se javlja, u ovom slučaju metamofisani riolitporfir i njegova geneza, sugerišu vulkanogeno-hidrotermalnu genezu ove mineralizacije.

Posmatrajući ovu mineralizaciju u okviru zapadne Makedonije i upoređujući je sa ostalim pojavama obojenih metala vidi se da i ova lokalnost ima svoju metalogenetsku specifičnost. Naime, kao što je u Openici dominirajući metal olovo, u Strelcima i Vrutoku molibden, ovde u Judovu to je bakar. Sve to govori, u izvesnom smislu, o monometaličnoj specifičnosti većine pojava obojenih metala u zapadnoj Makedoniji. Od ovog odstupaju pojave mineralizacije u lokalnostima Berikovo i kod Kolara, koje su polimetalične i gde su zastupljeni bakar, cink, olovo, a u Berikovu i molibden.

LITERATURA

1. Antonijević I., Đorđević M., 1957: Prilog za stratigrafiju jugozapadne Makedonije. Zapisnici Srpskog geološkog društva za 1955. godinu, Beograd.
2. Antonović A., Popović R., Stojanović-Kuzenko S., 1966: Ordovicijumska trilobitska fauna na Stogovu. Referati VI savetovanja geologa SFRJ, deo I, Ohrid.
3. Arsovski M., 1962: Rezultati od strukturno-geološko kartiranje kaj s. Malkoec i Judovo. Fond stručnih dokumenata Železarnice Skopje.
4. Bouček B., Stojanović-Kuzenko S., Nestorovski I., 1966: Novi nalasci gornjosilurske faune na pl. Bistri (zapadna Makedonija). Referati VI savetovanja geologa SFRJ, deo I, Ohrid.
5. Izmajlov N., Ivanovski A. i Nestorovski I., 1956: Rudni pojavi na terenot na sekcija Resen — Kruševo 1. Trudovi na geološkiot zavod na N. R. Makedonija, sv. 5, Skopje.
6. Jančić T., Popović R., Cvetić S., 1963: Izveštaj o geološko-geofizičkim istraživanjima na pojavama ruda gvožđa u oblasti Kičeva i Gostivara. Fond stručnih dokumenata Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd.

7. Popović R., 1968: Prilog poznavanju sedimentnih metamorfisanih ležišta ruda gvožđa zapadne Makedonije. Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 4, Beograd.

8. Radoičić R., Petkovski P., 1974: A note about the discovery of the Cambrian in Western Macedonia. Bulletin scientifique. Conseil des academies des sciences et des arts de la RSF de Yougoslavie — section A: sciences naturelles, techniques et médicales, tom 19, No. 3—4, Zagreb.

9. Tošić M., 1962: Škriljavi kvarcporfiri iz okoline sela Judova zapadna Makedonija. Trudovi na Geološkiot zavod na N.R. Makedonija, sv. 9, Skopje.

Summary

RADULE POPOVIĆ*

THE COPPER ORE OCCURRENCE NEAR JUDOVO (KIČEVO)

Environment of the copper ore occurrence is built up of parametamorphic and metamorphic volcanic rocks. Parametamorphic rocks are sericite phyllite, quartz metasandstone and metaconglomerate, carbonate schist and limestone. Metavolcanic rocks are metaandesite and metarhyolite porphyre. The age of sericite phyllite, metaandesite and metarhyolite is Ordovician or Silurian. Limestone is Devonian in age.

The copper minerals occur in form disseminated ore and veinlets, forming the stockwork.

Chalcopyrite and bornite are primary minerals and malachite, azurite, chalcocite, covellite and limonite appear as secondary ones.

The Cu-mineralization is volcanic hydrothermal in origin and it is genetically related to the metarhyolite porphyre extrusions.

* Institute for Geological and Mining Exploration and Investigation of Nuclear and Other Mineral Raw Materials, Beograd.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 11, 1977. god.

VELJKO OMALJEV

UDK 55+552:553.43 (55)

GEOLOŠKA GRAĐA TERENA MIDUK U IRANU*

(sa 3 slike i 1 prilogom)

U ovom radu su izloženi podaci dobijeni istraživanjem šire okoline polimetaličnog ležišta Čah Mesi u oblasti Kerman u Iranu. Tom prilikom identifikovane su stene koje nisu bile poznate prilikom rada na geološkoj karti 1 : 100.000. Obrađeni teren je veoma mali (4,5 km²) ali njegova geološko-petrološka građa je specifična i u izvesnom smislu »kontradiktorna« interpretaciji pomenute regionalne geološke karte.

U široj okolini Miduka nalazi se više pojava i ležišta bakra porfirskog tipa, Lačah (Lachah) i Sara, a takođe i žične polimetalične pojave i ležišta, kao npr. Čah Mesi, koje su genetski vezane za plutonske stene. Nažalost, plutonske stene nisu razvijene na istraživanom terenu. Izdvojene su subvulkanske stene za koje nije jasno šta predstavljaju, jer ranije nisu bile zapažene. Ovim radom prezentira se autorovo shvatanje geološkog mesta ovih stena, njihova petrološka specifičnost kako u materijalnom sastavu tako isto i u sukcesiji stvaranja stena ovoga dela Kermanskog regiona.

UVOD

Lokalnost Miduk se nalazi u severozapadnom delu Kermanskog bakronosnog regiona (sl. 1), oko 30 km severno od Šar-i-Babaka (Shahr-e-Bābak). Radovi su izvođeni u okviru Kerman Projekta čiji je finansijer bilo Ministarstvo ekonomije Irana (Ministry of Economy) preko Geološkog zavoda Irana (Geological Survey of Iran). Izvođač radova je bio Institut za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina iz Beograda. Terenski radovi su izvođeni u 1972. godini (1350/51. godine po iranskom računanju vremena).

Ispitivani teren se nalazi na listu Shahr-e-Bābak osnovne geološke karte 1 : 100.000 i zahvata površinu 4,5 km² istočno od sela Miduk (sl. 2). Preko terena vodi lokalni put od Šar-i-Babaka za Anar (Anār), preko Džovzama (Jowzam) koji je prohodan u letnjim mesecima.

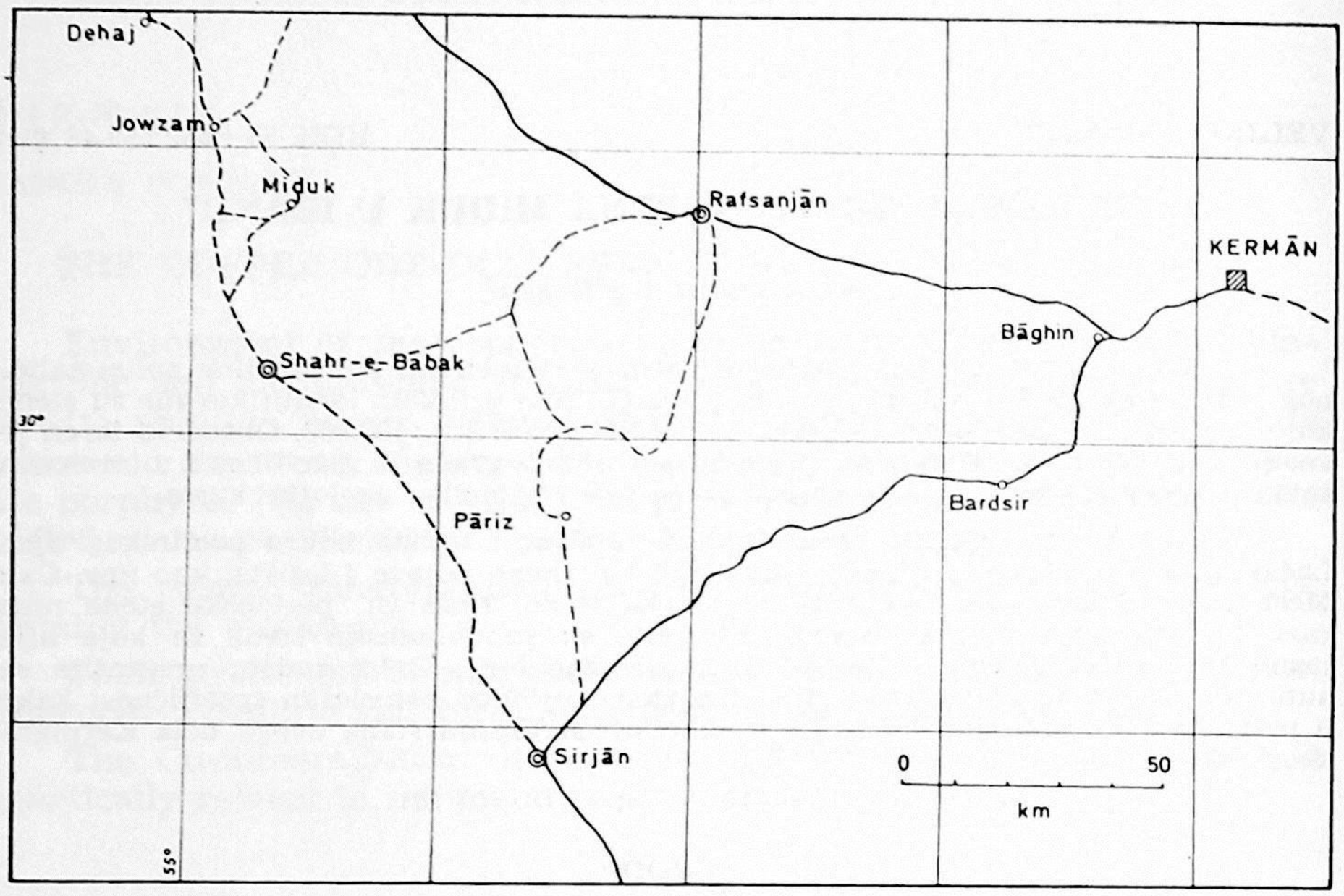
Teren je brdovit, mestimično veoma ispresecan. Maksimalna visinska razlika je oko 200 metara, od 2.280 do 2.485 metara.

Hidrografska mreža je veoma razvijena jer se najveći deo terena nalazi u izvorišnoj čelenki jednog potoka istočno, a na zapadu se nalazi Midučki potok sa izvorištem severoistočno van ovog terena. Ovi potoci

* Primljeno za štampu 17. februara 1976. godine. Recenzent Antonije Antonović.

nikada nemaju mnogo vode te se nisu formirale duboka rečna korita (izostaju prave aluvijalne naslage). Potoci imaju vode za vreme kišnog perioda zime i proleća, odnosno za vreme topljenja snega.

Biljni pokrivač na ovom terenu je krajnje oskudan. Padine brda su gole i najčešće kamenite, a doline potoka su pokrivene deluvijalnim naslagama, uglavnom bez vegetacije. Jedino u proleće za kratko vreme doline ozelene.



Sl. 1 — Skica položaja istraživanog terena.
Fig. 1 — Sketch map indicating the investigated area.

Pojava sekundarne bakrove mineralizacije na lokalnost Čah Mesi (Chah Mesi) istraživana je raskopima i manjim potkopom u ranijem periodu. Terenske opservacije u okviru karte 1 : 100.000 na ovoj lokalnosti izvršili su V. Omaljev i Z. Radovanović (1970), a interpretaciju iste karte uradio je A. Srdić (1971).

Ova lokalnost je detaljno obrađivana na osnovu rezultata regionalne geološke prospekcije (R. Milošaković i dr., 1971).

Detaljno geološko kartiranje i obradu istražnih radova uradio je autor. Petrografsku determinaciju stena uradila je Vera Ćebić, a determinaciju rudnih minerala uradio je Dušan Radusinović. Hemijske analize proba iz istražnih radova izrađene su u hemijskoj laboratoriji GSI u Teheranu.

Dugujem zahvalnost Geološkom zavodu Irana (Geological Survey of Iran) i njegovom direktoru g. Rezi Asafiju (Mr. Reza Asefi) na dozvoli objavljivanja geoloških podataka sa ovog interesantnog terena.

GEOLOŠKO-PETROLOŠKA GRAĐA TERENA

Geološku osnovu ovoga terena izgrađuju stene vulkanogeno-sedimentnog kompleksa, eocenske starosti. Međutim, najveća površina ispitivanog terena je izgrađena od stena koje nisu jasno definisane, s obzirom na malu površinu obrađivanog terena. Slične stene nisu identifikovane prilikom obrade ovoga regiona u sitnijim razmerama. Prema podacima ispitivanja ovoga terena u krupnoj razmeri (1 : 5.000 do 1 : 1000) smatramo da najveću površinu izgrađuju intruzivne stene, stvarane u relativno plitkom subvulkanskom nivou, a ima indicija da ove stene prelaze i u subaerske ekstruzije (?) Bez preterivanja možemo smatrati da je teren okoline Miduka veoma složene geološko-petrološke građe.

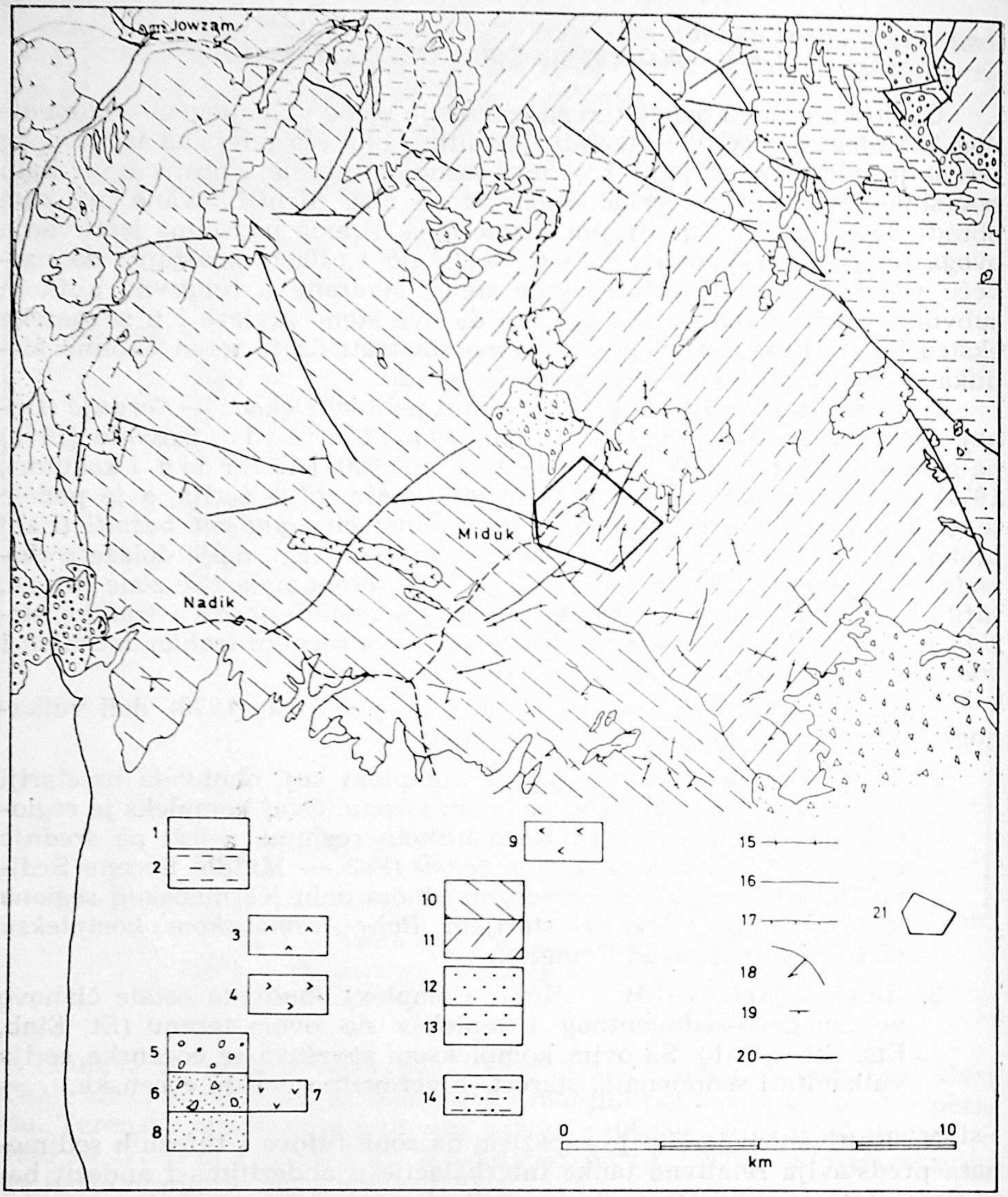
Ispitivani teren pripada geotektonskoj jedinici *Dehadž — Sarduje* (Dehaj — Sarduiyeh belt) koju je M. D. Dimitrijević izdvojio (1973) na geološkoj karti 1 : 500.000. Na karti 1 : 100.000 (A. Srdić i koautori, 1971) litološki je raščlanjena vulkanogeno-sedimentna serija, a ta podela je globalno data i u sitnijoj razmeri. Osnovu čine *andezit bazalti* (Eab) preko kojih leže *crveni tufovi* i *tufozni sedimenti* (Et), dalje dolaze *trahiandeziti* i *trahibazalti* (Etab). Van ispitivanog terena nalazi se zona *tufova, tufita* i *tufoznih peščara* (Ets), zatim serija *trahiandezitskih* i *trahibazaltskih slivova* (Etb), a eocenska serija se završava serijom *trahiandezitskih* i *trahibazaltskih tufova* i *slivova lave* (Ettb).

Kasnija interpretacija M. D. Dimitrijevića (1973) deli vulkanogeno-sedimentni kompleks na dva dela:

1. *Razak kompleks* (ER — Razak Complex) koji obuhvata najstariji član andezit bazalta (Eab) na ovom terenu. Ovaj kompleks je regionalno razvijen na celom Kermanskom regionu, a leži na *srednje eocenskom sedimentnom kompleksu* (Es2 — Middle Eocene Sedimentary Complex). Na severozapadnom delu Kermanskog regiona Razak kompleks leži na starijem *Bahr-Asemanskom kompleksu* (EB — Bahr Asemān Complex).
2. *Hezar kompleks* (EH — Hezar Complex) obuhvata ostale članove vulkanogeno-sedimentnog kompleksa na ovom terenu (Et, Etab, Ets, Etb i Ettb). Sa ovim kompleksom završava se eocenska serija vulkanita i sedimenata, starost je verovatno gornje eocenska.

Na ispitivanom terenu je zapaženo da zona tufova i tufoznih sedimenata predstavlja relativno tanke interkalacije u andezitima i andezit bazaltima. Zato je verovatnije da zona Et nije razvijena na ispitivanom terenu. Takođe i drugi rezultati terenskih i ostalih ispitivanja ne razlikuju stene sa istočnog i zapadnog dela ispitivanog terena. Na karti 1 : 5.000 (prilog 1) nema granice koja bi odgovarala granici ova dva kompleksa. Najverovatnije, granica između Razak i Hezar kompleksa se nalazi nešto zapadnije (sl. 2), van ispitivanog terena; odnosno, da ovaj teren pripada samo Razak kompleksu i to *gornjem subkompleksu* (ER_3 — Upper Razak Subcomplex).

Stene eocenskog Razak kompleksa probijaju *subvulkanske intruzivne stene*, koje takođe predstavljaju kompleks subvulkanita vrlo široke skale diferencijata, verovatno dioritske magme. Osnovnu stenu *diorit porfirit* najčešće probijaju kiseliji ili bazičniji diferencijati i dajkovi. Međutim, na



Sl. 2 — Pregledna geološka karta okoline Miduka, po V. Omaljevu.
1 — kvartarni nanos; 2 — cementovani kvartarni nanos (terase); 3 — olivin bazalt; 4 — mlađi dacito-andeziti (Dehadž tip); Neogen: 5 — konglomerat; 6 — piroklastiti, konglomerati i peščari; 7 — slivovi andezit bazaltske lave; 8 — andezitski aglomerati i peščari; 9 — stariji dacito-andeziti (Kuh-i-Pandž tip); Eocen: 10 — Hezar kompleks; 11 — Razak kompleks; 12 — konglomerati; 13 — fliš; Kreda: 14 — fliš (cenoman — turon); 15 — dajkovi; 16 — geološka granica; 17 — intruzija; 18 — fotogeološki pad; 19 — pad; 20 — rased; 21 — ispitivana površina.

Fig. 2 — Geological map of the Miduk area, by V. Omaljev.
1 — Quaternary deposits; 2 — cemented Quaternary deposits (terraces); 3 — Olivine basalt; 4 — Younger dacite and andesite (Dehaj type); Neogene: 5 — Conglomerate; 6 — Pyroclastics, conglomerates and sandstones; 7 — Andesite basalt lava flows; 8 — Andesitic agglomerates and sandstones; 9 — Older dacite and andesite (Kuh-e-Panj type); Eocene: 10 — Hezar Complex; 11 — Razak Complex; 12 — Conglomerates; 13 — Flysch; Cretaceous: 14 — Flysch (Cenomanian — Turonian); 15 — Dykes; 16 — Geologic boundary; 17 — Intrusion; 18 — Dip (air photos); 19 — Dip; 20 — Fault; 21 — Investigated area.

terenu se vrlo retko i nejasno zapaža pločasto lučenje tj. kao da se gornje partije diorit porfirita javljaju kao sliv (?) ili kao razoreni dajk (što je verovatnije).

Regionalna interpretacija autora data je na sl. 2, koja locira granicu između Razak i Hezar kompleksa zapadnije van ispitivanog terena. Ova granica nije jasno locirana na terenu niti u jednoj interpretaciji, tako da smatramo da je ovaj problem i dalje otvoren. Glavna razlika je u shvatanju subvulkanskih intruzivnih stena dacito-andezitskog sastava, Po M. D. Dimitrijeviću svi *dacito-andeziti* okoline Miduka pripadaju mlađem *Dehadž tipu* (Dehaj type) gornje pliocenske starosti, koji su stvarani između stratigrafskog člana Ng3 (upper unit) i vM piroklastita i vulkanita *Mozahim tipa* (Mosāhim type). Autor smatra da na ovom terenu veći deo dacito-andezita pripada starijem *Kuh-i-Pandž tipu* (Kuh-e-Panj type) koji je stvaran pre plutonskih stena *Džebal Barez tipa* (Jebāl Bārez type) na središnjem delu Kermanskog regiona (V. Omaljev, 1974).

Kvartarni nanos je zastupljen samo u rečnim dolinama, a takođe pokriva i zaravnjene delove terena uz reke i potoke.

Na ispitivanom terenu vrlo je česta pojava kvarcnih žica, koje su nekad mineralizovane sa sulfidima, odnosno produktima njihovog raspadanja.

Eocen — Razak kompleks

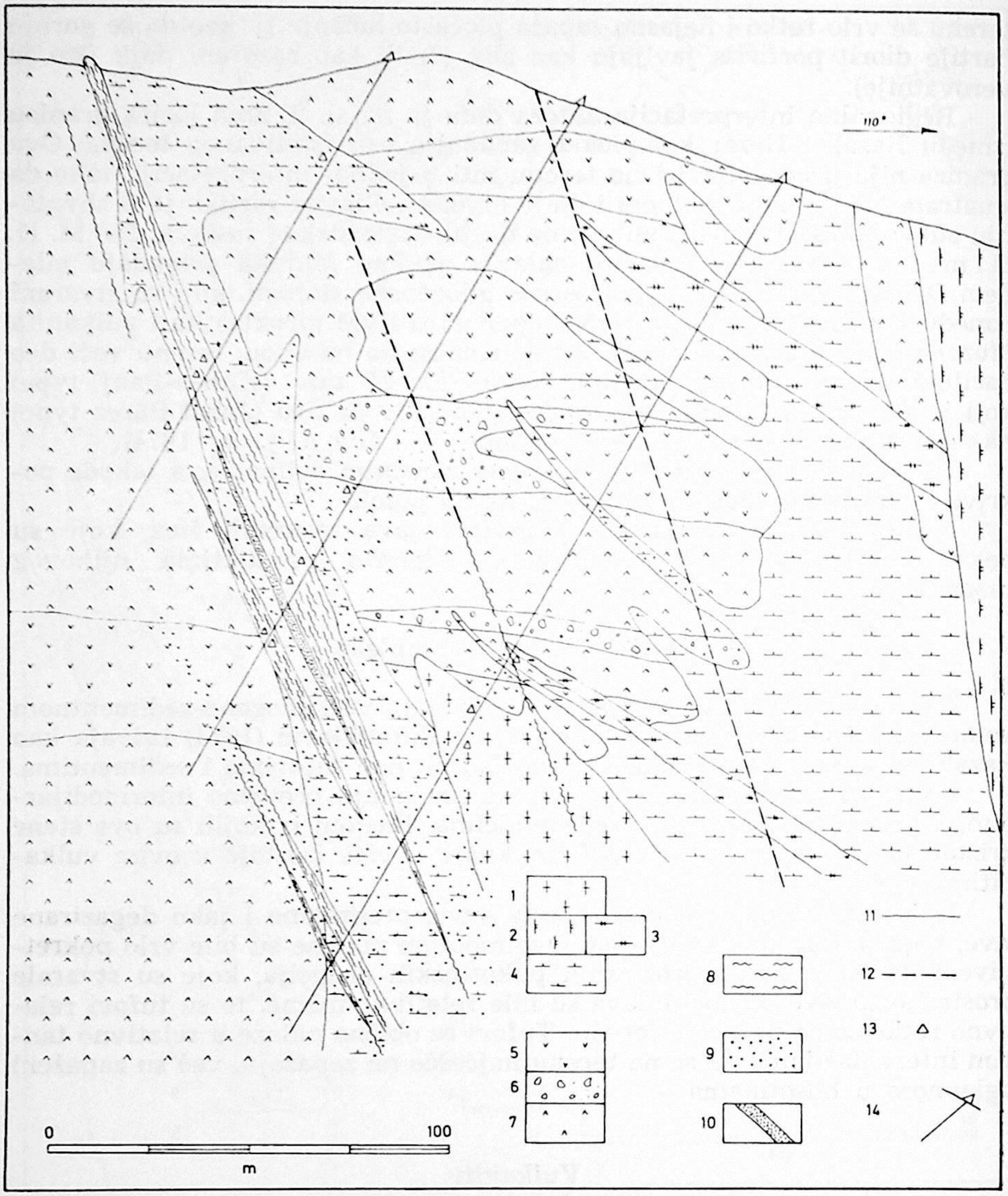
Najstarije stene na ovom terenu pripadaju vulkanogeno-sedimentnom kompleksu eocenske starosti, koje M. D. Dimitrijević (1973) izdvaja kao Razak kompleks. Efuzivi daleko preovlađuju nad tufovima i sedimentima.

Eocenski vulkaniti na ovom terenu pripadaju pretežno intermedijarnim, a podređeno bazičnim predstavnicima. Rastopi iz kojih su ove stene kristalisale imale su manjak silicije, kvarc uopšte izostaje u ovim vulkanitima.

Ispitivane stene kristalisale su iz suve, pregrejane i jako degazirane lave, koja je bila slabo viskozna. Ove mobilne magme su bile vrlo pokretljive i dovodile su do prostranih pukotinskih erupcija, koje su stvarale prostrane slivove. Erupcije lava su bile relativno mirne, te su tufovi relativno retke stene na ovom terenu. Tufovi se obično nalaze u relativno tankim interkalacijama, te se na terenu najčešće ne zapažaju, već su zapaženi uglavnom u bušotinama.

Vulkaniti

Vulkaniti se na terenu vide kao masivne stene. Pojedini slivovi vulkanita retko se mogu na terenu zapaziti. Pojedini litološki predstavnici se najčešće makroskopski ne razlikuju; razlika u boji ili strukturi ne odvaja pojedine vrste vulkanita. Međutim, u jezgru bušotina zapaža se smenjivanje različitih vrsta vulkanita, breča i tufova i to kako u vertikalnom, tako isto i u horizontalnom pravcu. Ova heterogenost litološkog sastava posledica je diferencijacije vulkanskog ognjišta, svaka naredna erupcija davala je drugi varijetet ili drugu vrstu vulkanske stene. Svaki naredni sliv bio je u izvesnom smislu diskordantan u odnosu na prethodne, ali se to na terenu ne može zapaziti zbog malih dimenzija pojedinih slivova. Na



Sl. 3 — Geološki profil kroz ležište Čah Mesi.
1 — granodiorit porfir; 2 — trahiandezit; 3 — kvarcdiorit porfirit; 4 — diorit porfirit; Eocen: 5 — andezit; 6 — breča; 7 — andezit bazalt; 8 — kvarcna žica; 9 — hidrotermalne alteracije; 10 — rasedna zona; 11 — geološka granica; 12 — rased; 13 — sulfidna mineralizacija; 14 — bušotine.

Fig. 3 — Geological cross section trough the Chah Mesi ore deposit.
1 — Granodiorite porphyry; 2 — Trachyandesite; 3 — Quartzdiorite porphyrite; 4 — Diorite porphyrite; Eocene: 5 — andesite; 6 — Breccia; 7 — Andesite basalt; 8 — Quartz veins; 9 — Hydrothermal alteration; 10 — Fault zone; 11 — Geologic boundary; 12 — Fault; 13 — Mineralization of sulfides; 14 — Drill holes.

terenu se zapaža izvesno nepravilno smenjivanje pojedinih varijeteta vulkanita, ali se to ne može pratiti jer je maskirano površinskim raspadanjem.

Vulkaniti predstavljaju superpozicionu seriju kako u geološkom tako isto i u petrološkom smislu. Srednji sastav rastopa je bio na granici intermedijarnog i bazičnog, jer je najčešća stena ove serije andezit bazalt, a andeziti su često vrlo bliski andezit bazaltima (ove stene se najčešće makroskopski ne razlikuju).

Makroskopski posmatrano, vulkaniti su najčešće jedre masivne stene, sa veoma sitnim fenokristalima raspadnutog bojenog minerala. Retke su partije jasne porfirske teksture, tada mogu biti šupljikave i liče na lavu.

Mikroskopskim ispitivanjem određene su sledeće vrste vulkanita: *trahiandezit, andezit, andezit bazalt* i *dolerit bazalt.*

Trahiandeziti su veoma retke stene, zapažene su samo u jednoj bušotini (dva sliva). Makroskopski se ne razlikuju od ostalih vulkanita, crvene su boje, porfirske do mikroporfirske strukture. Stariji sliv je porfirske strukture, sa fenokristalima sericitisanih i kalcitisanih plagioklasa i malo bojenog minerala pretvorenog u hlorit i Fe-okside. Mlađi sliv je brečaste i porfirske strukture sa fenokristalima i fenoklastima K-feldspata i sericitisanih i albitisanih plagioklasa i izvesnom količinom fragmenata alterisane stene. Osnovna masa je mikrokristalasta do sitnozrna, a izgrađena je od sericitisanih plagioklasa, kalcita, Fe-oksida i malo kvarca. Sadrži kvarcne i kalcitske žilice.

Andeziti su crvenkaste porfirske stene, nekad su mandolaste teksture te predstavljaju tipične izlivne stene. Ukoliko su bliže andezit bazaltima, predstavljaju jedru masivnu stenu, crvenkaste do zelenkaste boje, sa jedva vidljivim fenokristalima raspadnutog bojenog minerala. Nalaze se samo na severnom i južnom delu terena u većim masama, a na središnjem delu terena (u bušotinama) predstavljaju samo partije u andezit bazaltima (sl. 3).

Andeziti na severnom delu terena su izgrađeni od fenokristala delimično kalcitisanih plagioklasa i potpuno hloritisanih i oksidisanih feromagnezijskih sastojaka. Osnovna masa je od krupnih mikrolita delimično sericitisanih plagioklasa, hlorita i kalcita kao i sitno raspršenog neprovidnog minerala.

Crveni andezit (koji liči na lavu) na središnjem delu terena je intenzivno oksidisan, karbonatisan, silifikovan, slabo argilisan i epidotisan sa reliktima porfirske strukture.

U bušotinama, u blizini orudnjenih kvarcnih žica, andeziti su više promenjeni, sericitisani i silifikovani. Često sadrže kvarcne i kalcitske žilice, nekad sa rudnim mineralima. Fenokristali su plagioklasi, a bojeni minerali su pretvoreni u hlorit, hidroliskun, Fe-okside i kalcit. Osnovna masa je mikrokristalasta, a izgrađuju je alterisani plagioklasi i bojeni minerali. sekundarni kvarc i retko zeolit. Akcesorije su rudni minerali, apatit i cirkon.

Andezit bazalti su najčešće stene eocenske starosti na ispitivanom terenu. Razvijeni su u dve zone pružanja istok—zapad. Najviše ih ima na severnom delu terena. Makroskopski, ove stene su jedre ili vrlo sitnozrne, sa retkim i sitnim fenokristalima raspadnutih bojenih minerala. Boja im varira od zelenkaste do crvenkaste. Ređi je slučaj da je andezit bazalt crvena stena porfirske teksture. Prelazni varijeteti prema andezitima ne mogu se makroskopski razlikovati od tipičnih andezit bazalta.

Mikroskopskim ispitivanjem je utvrđeno da su andezit bazalti sa istočnog dela terena bliski bazaltima. Struktura je pilotaksitna. Fenokristali su potpuno razoreni feromagnezijski minerali (olivin?), malo svežeg monokliničnog piroksena i sericitisanog plagioklasa. Osnovna masa je pilotaksitna, izgrađuju je mikroliti plagioklasa, obilje kalcita, neprovidna materija i malo hlorita. Česte su kalcitske i kvarcne žilice.

Na središnjem i zapadnom delu terena andezit bazalti su takođe bliski bazaltima. Struktura im je porfirska. Fenokristali su potpuno razoreni feromagnezijski minerali, ređe albit i sasvim podređeno plagioklasi. Osnovna masa je mikrolitska i fluidalno je orijentisana.

U blizini orudnjenih kvarcnih žica ove stene su hidrotermalno promenjene. U jednoj bušotini andezit bazalti su na prelazu ka trahibazaltu.

Dolerit bazalti su retke stene, nađene su samo u bušotinama. Makroskopski se ne razlikuju od ostalih vulkanita eocenske starosti. Struktura im je holokristalasto porfirska sa elementima ofitske. Fenokristali su sericitisani plagioklasi, karbonatisani pirokseni, olivin? potpuno pretvoren u neprovidni mineral i limonit. Osnovna masa je izgrađena od mikrolita istih minerala, uz sekundarni hlorit i kalcit, kao i limonitisanih neprovidnih minerala, sekundarnog kvarca i sericita.

Tufovi i sedimenti

Tufovi i sedimenti eocenske starosti nalaze se kao interkalacije u vulkanitima. Debljina ovih proslojaka je veoma različita, od nekoliko metara do blizu 100 metara. Tanke interkalacije tufova nije moguće grafički prikazati na karti (prilog 1), ali su prakazani na profilima (sl. 3).

Ove stene su zastupljene na središnjem i severnom delu terena. Idući ka severu, tj. ka dubljim nivoima eocenske serije, interkalacije ovih stena su sve deblje.

U ovu grupu stena dolaze *tufovi, breče, tufozni peščari* i *konglomerati.*

Tufovi su vrlo često zastupljeni, po pravilu se nalaze kao relativno tanki proslojci, najčešće u vulkanitima. Posebno su izdvojeni samo na profilima bušenja krupne razmere. Ima ih i u diorit porfiritima, ali nije jasno šta zapravo predstavljaju. Na terenu se dobija utisak da su to uklještene partije ili veći ksenoliti, ali nije potpuno isključeno da se radi o nepravilnim interkalacijama. U debelim partijama eocenske formacije, tufovi se nalaze u relativno tankim interkalacijama u seriji sa tufoznim peščarima i konglomeratima.

Na severnom delu terena tufovi su izgrađeni od obilja fenoklasta alterisanih plagioklasa, malo K-feldspata i mnogo oksidisanih feromagnezijskih minerala. Fragmenti alterisanih vulkanita su znatno ređi. Osnovna masa je izgrađena od alterisanih feldspata, limonitske materije, malo kalcita i sekundarnog kvarca. Akcesoran sastojak je apatit. Struktura je kristaloklastična.

U bušotinama se nalaze andezitski i trahiandezitski tufovi, kristaloklastične strukture. Trahiandezitski tufovi idu uz trahiandezitske slivove. Fenoklasti su od sericitisanih plagioklasa, alkalnog feldspata i fragmenata alterisanih stena. Osnovnu masu izgrađuju feldspati, kvarc, izbeljeni biotit, kalcit i neprovidni minerali.

U jednoj bušotini tuf je andezit bazaltskog sastava. Izgrađen je od mikrolita alterisanih plagioklasa, potpuno oksidisanih bojenih minerala i malo svežeg augita. Fenoklasti su veoma retki oksidisani bojeni minerali. Osnovna masa je od stakla i malo hematitske i limonitske materije. Amigdaloide su ispunjene sa sekundarnim kvarcom i kalcitom.

Breče idu obično uz tufove, to su u stvari grubozrni piroklastiti. Javljaju se kao interkalacije u vulkanitima, uz tufove; obično naglo isklinjavaju. Izgrađene su od oštroivičastih fragmenata eocenskih vulkanita svih vrsta. Kao cementna materija nalaze se sitnozrni piroklastiti — tufovi. Nekad je i lava u ulozi cementne materije, tada prelaze u lavobreče.

Tufozni peščari su relativno česte stene na severnom delu terena. Obično su dobro uslojeni i makroskopski se malo razlikuju od tufova. Smenjuju se sa tufovima i konglomeratima. Tufozni peščari su u stvari pretaloženi tufovi, sa prilivom stranog materijala.

Ove stene su izgrađene od obilja fenoklasta sericitisanog plagioklasa, malo K-feldspata i znatne količine oksidisanih bojenih minerala. Fragmenti alterisanih vulkanskih stena su obilni. Cementna materija je izgrađena od mešavine sericitisanih feldspata, hematit-limonitske materije, sekundarnog kvarca, kalcita i vrlo malo hlorita.

Konglomerati su u stvari pretaloženi grubozrni piroklastiti, gde su fragmenti vulkanita zaobljeni. Stepen zaobljenosti je po pravilu vrlo mali, što ukazuje na kratak transport. Konglomerati obično idu uz peščare i tufove kao relativno tanke interkalacije u debljim partijama ovog litološkog člana. Materijalni sastav ovih stena je sličan kao i kod eocenskih piroklastita.

Subvulkanske stene

Intruzije subvulkanskih stena su česta pojava na ovom terenu. Stene ove grupe izgrađuju najveću površinu na geološkoj karti.

Ove stene su stvarane u plitkom subvulkanskom nivou i relativno su bliske vulkanitima. Neke partije sličnih stena leže diskordantno preko eocenskih vulkanita i tufova, te je moguće da je izvestan deo sličnih stena stvaran i subaerski, ili u vidu dajkova (što je verovatnije).

Sve stene ove grupe se veoma dobro makroskopski razlikuju od eocenskih vulkanita. Nigde na terenu nisu zapaženi piroklastiti koji bi materijalno odgovarali bilo kojem članu ove grupe. Zapaženi su tufovi koji su uklješteni u diorit porfirite, ali oni uvek materijalno odgovaraju eocenskim vulkanitima. Na nekoliko mesta na terenu zapaženi su jasni intruzivni kontakti sa eocenskim vulkanitima. Na jugozapadnom delu terena je, međutim, zapaženo da mala partija diorit porfirita leži preko eocenskih andezita; ovde se radi o erozionim ostacima pokrova ili dajkova. U stenama ove grupe nije izraženo paralelno lučenje, jedino se na brdu iznad Miduka iz daljine zapaža »slojevito« lučenje, gde se smenjuju fonoliti i sijenit porfiri.

Vreme stvaranja ovih stena je nemoguće jasno odrediti iz raspoloživih podataka, koji su prikupljeni na istraživanom terenu. Subvulkaniti su mlađi od stena Razak kompleksa, a verovatno su mlađe od cele vulkanogeno-sedimentne serije. Mlađe stene na ovom terenu nisu zastupljene, a takođe nema ni plutonskih stena Džebal Barez tipa.

Subvulkanske stene ovoga terena nisu slične sa plutonitima Džebal Barez tipa sa susednih terena (severno od Čenara — Chenār — oko 30 km JZ od Miduka), te je najverovatnije da je njihovo stvaranje bilo u posebnom magmatskom ciklusu. Vreme stvaranja je najverovatnije počelo u gornjem eocenu (?), a završilo se u oligocenu, pre vremena stvaranja plutonskih stena. Takođe smatramo da su subvulkaniti stariji i od starijih dacito-andezita Kuh-i-Pandž tipa lokalnosti Lačah i Sara, severno od istraživanog terena.

Najstarija i najzastupljenija subvulkanska stena je diorit porfirit. Ostale stene su nešto mlađe, jer su zapaženi intruzivni kontakti prema diorit porfiritima. Redosled stvaranja nije potpuno razjašnjen, jer nedostaju kompletni odnosi mnogobrojnih vrsta stena koje su na terenu zastupljene. Na legendi geološke karte istraživanog terena (prilog 1) redosled pojedinih vrsta subvulkanita približno odgovara redosledu stvaranja.

Sve stene ove grupe, petrološki, predstavljaju diferencijate magme intermedijarnog sastava, a stvarane su praktično u jednom ciklusu magmatizma. Zavisno od mineraloškog sastava, subvulkanite smo podelili u pet grupa: *grupa diorita, grupa granita, grupa sijenita, grupa fonolita* i *grupa gabra.*

Grupa diorita

Ovu grupu subvulkanskih stena čine *diorit porfiriti, dioriti, kvarcdiorit porfiriti, trahiandeziti* i *alterisani andeziti.*

Diorit porfiriti su najzastupljenije stene ove grupe, a istovremeno i svih subvulkanita ovoga terena. Takođe izgrađuju najveću površinu na istraživanom terenu.

Makroskopski su zapažena dva osnovna varijeteta diorit porfirita: *sivi* i *crveni.*

S i v i d i o r i t p o r f i r i t i imaju bele fenokristale feldspata u sivoj sitnozrnoj osnovi. Veličina i količina fenokristala varira u vrlo širokom opsegu. Ukoliko je malo fenokristala, stena liči na porfiroidni diorit. Vrlo je redak slučaj da se fenokristali makroskopski ne zapažaju. Najčešći je slučaj da u steni ima obilje fenokristala mm-dimenzija. Sivi varijetet je veoma otporan na površinsko raspadanje, padine brda izgrađene od ovog varijeteta su često kamenite.

C r v e n i v a r i j e t e t ima slične fenokristale belih feldspata u crvenoj osnovnoj masi. Crveni diorit porfiriti su podložniji površinskom raspadanju. Partije ovog varijeteta su najčešće nepravilne i dobro se raspoznaju po morfološkim karakteristikama padina, koje su blaže i nekad zaravnjene, a ponekad i grusirane.

Između ova dva makrovarijeteta postoje mnogobrojni prelazi. Sivi varijetet preovlađuje na istočnom delu, a crveni varijetet preovlađuje na zapadnom delu istraživanog terena.

Mikroskopskim ispitivanjima nije zapažena bitna razlika među ovim makrovarijetetima. Najizraženija razlika je u stepenu oksidacije, crveni varijetet je redovno znatno više oksidisan. Pojedine partije diorit porfirita bile su podložnije oksidaciji, verovatno su sadržavale veće količine bojenih ili rudnih minerala.

Na istočnom delu terena ove stene su izgrađene od fenokristala delimično sericitisanih i kalcitisanih plagioklasa, ređe karbonatisanih i hloritisanih bojenih sastojaka (hornblenda, biotit), ređe svežeg piroksena. Osnovna masa je relativno krupnozrna, nekad pseudoofitska. Izgrađena je od albitisanog plagioklasa, oksidisanih feromagnezijskih sastojaka, malo kvarca (primarnog i sekundarnog), oksidisanog i limonitisanog neprovidnog minerala i dosta sekundarnih niskotemperaturnih minerala (kalcita, hlorita, retko zeolita). Nekad u osnovi ima K-feldspata, tada je stena na prelazu ka monconitskim tipovima. Ukoliko sadrži manju količinu fenokristala, diorit porfirit je na prelazu u diorit. Takođe su zastupljeni i tipovi sa obiljem fenokristala, tako da je osnovna masa u tom slučaju vrlo oskudna. Akcesorni sastojci su apatit (nekad obilan), cirkon i neprovidni minerali. Struktura je holokristalasto porfirska.

Na severnom delu terena mala masa diorit porfirita leži diskordantno preko eocenskih andezita i tufova. Ova stena je slična sa opisanim diorit porfiritom.

Na središnjem delu terena preovlađuje zelenkasti diorit porfirit. Fenokristali su slični kao i kod drugih tipova, a u osnovnoj masi ima malo K-feldspata, te je ova stena na prelazu monconitima.

Na zapadnom delu terena preovlađuju crvenkasti diorit porfiriti, koji su izgrađeni od sericitisanih i kalcitisanih fenokristala plagioklasa i manje količine oksidisanih, hloritisanih i epidotisanih bojenih sastojaka. Osnovna masa je relativno krupnozrna, izgrađena je od istih minerala kao i fenokristali. Akcesorije su neprovidni minerali i apatit. Struktura je holokristalasto porfirska.

Sivi varijetet na zapadnom delu terena je piroksenski diorit porfirit, holokristalasto porfirske strukture. Osnovna masa je veoma krupnozrna, skoro hipidiomorfno zrnasta, sadrži i alkalne feldspate (prelaz ka monconitskom tipu). Akcesorni sastojci su apatit i neprovidni minerali.

Apofize diorit porfirita su relativno retke. Samo na jugoistočnom delu terena zapaženi su dajkovi diorit porfirita, koji probijaju matičnu i okolnu stenu. Ove stene su holokristalasto porfirske strukture. Ovi dajkovi su verovatno apofize dubljeg dela subvulkanskog intruziva.

Direktne apofize obodnog dela subvulkanskog intruziva poznate su na središnjem delu terena, na lokalnosti Čah Mesi. Bušotine su probušile više ovih apofiza. Zbog blizine orudnjenih rasednih zona, ovi diorit porfiriti su najčešće znatno alterisani (sl. 3). Po sastavu i strukturi ne razlikuju se od matičnog intruziva, razlika je u većoj hidrotermalnoj promeni svih sastojaka, povećanoj količini sekundarnog kvarca i argilitske materije, čestim kvarcnim i kalcitskim žilicama, tektonskoj milonitizaciji i sadržaju rudnih minerala.

Na krajnjem jugoistočnom delu terena izdvojeni su posebni varijeteti ovih stena, koji predstavljaju prelaz u andezite. To su verovatno mlađi diferencijati iste magme. Granica prema osnovnom tipu diorit porfirita je često nejasna i nedefinisana, mestimično su vidljivi intruzivni kontakti te je nesumnjivo da je ovaj mikrovarijetet nešto mlađi. Ove stene su tamnosive boje, holokristalasto porfirske strukture. Fenokristali su promenjeni plagioklasi i sitni amfiboli. Osnovna masa je sitnozrna i mikrolitska, istog mineralnog sastava kao i fenokristali. Akcesorije su neprovidni minerali i apatit. Verovatno se kristalizacija odvijala u dinamičkim uslovima, rastop se kretao za vreme kristalizacije osnovne mase, tako da se nekad

javlja fluidalna tekstura. Vrlo je verovatno da se kristalizacija završila blizu površine, moguće je da se ovde radi o dubljim delovima vulkanskih nekova?

Dioriti su retke stene na ispitivanom terenu, najčešće se javljaju kao dajkovi, retko kao mali intruzivni štokovi. Dajkovi probijaju stene eocenske starosti, zatim diorit porfirite, trahibazalte i stene iz grupe fonolita i sijenita, a starije su od kvarcdiorit porfirita i trahiandezita. To je sivozelenkasta vrlo sitnozrna stena, mikroskopski je utvrđeno da pripada varijetetu mikrodiorita.

Štokovi i dajkovi na zapadnom, severnom i istočnom delu terena su od sivog mikrodiorita, holokristalasto porfirske strukture. Fenokristali su relativno retki i sitni plagioklasi. Osnovna masa je relativno krupnozrna, pseudoofitska, izgrađena je od kristalića promenjenih plagioklasa i augita, zatim hlorita, kalcita i prenita. Nekad sadrži i malo kvarca. Akcesorije su neprovidni minerali i apatit.

Na središnjem i južnom delu terena zastupljen je piroksenski mikrodiorit holokristalasto porfirske strukture. Sastoji se od retkih fenokristala augita, ređe alterisanih plagioklasa i razorenih bojenih minerala potpuno zamenjenih hloritom i neprovidnom materijom. Osnovna masa je srednjezrna, istog sastava kao i fenokristali.

Kvarcdiorit porfiriti se javljaju samo u dajkovima, često znatne debljine. Stariji su samo od trahiandezita, a mlađi su verovatno od svih drugih subvulkanita. Na površini terena razvijene su samo apofize, a veće mase ovih stena verovatno se nalaze u dubini.

Na severnom delu terena razvijen je dajk veće debljine (prilog 1), kvarcdioritskog sastava, holokristalasto porfirske strukture. Fenokristali su promenjeni plagioklasi, konture hornblende ispunjene hloritom, kalcitom i hidroliskunom, ređe obezbojeni biotit i kvarc. Osnovna masa je srednjezrna. Akcesorije su apatit (čest) i cirkon.

Jedna bušotina presekla je apofize (sl. 3) kvarcdiorit porfirita, holokristalasto porfirske strukture. Fenokristali su promenjeni plagioklasi, razoreni feromagnezijski minerali i malo K-feldspata. Osnovna masa je srednjezrna.

Na jugoistočnom delu terena nalaze se dajkovi hornblenda kvarcdiorit porfirita, holokristalasto porfirske strukture. Izgrađuju ga obilni fenokristali sericitisanih plagioklasa, sveže zelene hornblende i retko kvarca. Osnovna masa je mikrolitska do srednjezrna.

Trahiandeziti se javljaju kao mali proboji, a najčešće kao dajkovi, nekad veće debljine. Mlađi su od svih stena sa kojima su u kontaktu (problematično je jedino za alterisane andezite).

Trahiandeziti se makroskopski dobro razlikuju od ostalih subvulkanita po sitnim, igličastim, fenokristalima hornblende u jedroj osnovi svetlosive boje. Izgrađeni su od fenokristala zelene hornblende i retkog plagioklasa i zelene hornblende koji su nekad fluidalno raspoređeni u staklastoj i kriptokristalastoj masi. U nekim tipovima izostaje igličasta hornblenda, a zastupljeni su alterisani feromagnezijski minerali. Nekad se u osnovi pojavljuje nešto alkalnih feldspata i kvarca. Tada se ova stena nalazi na prelazu ka sijenit porfirima. Akcesoran sastojak je apatit.

Alterisani andeziti su retke stene, nalaze se samo na istočnom delu terena u jednoj isprekidanoj zoni koja se pruža od severa ka jugu i pod-

seća na dajk. Ove stene se makroskopski dobro razlikuju od okolnih subvulkanita po prljavobeloj boji. Mikroskopski su determinisani kao alterisani andeziti, u kojoj su svi sastojci veoma promenjeni. Pravu prirodu ovih stena ne poznajemo, verovatno se radi o dajku neke od stena grupe diorita koja je veoma promenjena. Zato ih posebno izdvajamo pod ovim malo neuobičajenim nazivom.

Fenokristali ovih stena su veoma promenjeni plagioklasi i konture feromagnezijskih minerala, koji su potpuno kalcitisani i limonitisani. Osnovna masa je sitnozrna, izgrađuju je alterisani feldspati, sekundarni kvarc, kalcit, sericit i limonit. Akcesorije su apatit i neprovidni minerali.

Grupa granita

U ovu grupu stena dolaze kiseli diferencijati dioritske magme, koji su presićeni silicijom. Na ispitivanom terenu zastupljeni su samo granodiorit porfiri.

Granodiorit porfiri su veoma retke stene, nema ih na površini terena već su nađeni samo u bušotinama (sl. 3). Probijaju diorit porfirite i eocenske vulkanite u vidu debelih apofiza, odnosno malih štokova. Nekad su brečizirani, što je svakako posledica tektonskih pokreta za vreme kristalizacije. Granodiorit porfiri su holokristalasto porfirske strukture. Fenokristali su K-feldspati, kiseli plagioklasi, kvarc i bojeni minerali koji su potpuno izbeljeni i pretvoreni u hlorit i kalcit; ima malo svežeg biotita. Osnovna masa je srednjezrna, izgrađuju je feldspati i kvarc, zatim sericit, kalcit i hlorit. Akcesorije su apatit, neprovidni minerali i cirkon.

Grupa sijenita

U ovu grupu stena dolaze kiseli diferencijati dioritske magme, zasićene silicijom. Ove stene na ispitivanom terenu se javljaju kao mali štokovi i dajkovi. U ovu grupu stena dolaze *sijeniti, sijenit porfiri* i *trahiti.*

Sijeniti su vrlo retke stene na ispitivanom terenu, nalaze se u vidu malih proboja i dajkova, na središnjem delu terena. Sijeniti su zelenkaste sitnozrne stene, makroskopski slične dioritima. Mikroskopska odredba je mikrosijenit, holokristalasto porfirske strukture. Sadrži sitne i retke fenokristale albita, ređe K-feldspata. Osnovna masa je relativno krupnozrna i delimično fluidalno orijentisana. Sastoji se od štapićastih mikrolita kiselog plagioklasa, K-feldspata, hlorita i malo kalcita. Akcesorije su rudni minerali i apatit.

Sijenit porfiri su relativno česte stene na ovom terenu. Nalaze se kao mali štokovi i još češće kao dajkovi. Makroskopski, to je sitnozrna stena sive boje, slična mikrodioritu. Mikroskopski, stena je holokristalasto porfirske strukture. Fenokristali su dosta oskudni, a predstavljeni su albitiziranim plagioklasom, ređe K-feldspatom. Osnovna masa je srednjezrna, sastoji se od albita, alkalnog feldspata, manje hlorita, kalcita i sitno raspršenog neprovidnog minerala. Akcesoran je apatit.

Jugoistočno od Miduka, vrh najvišeg brda izgrađuje sijenit porfir, moguće je da se ovde radi o slivu? To je, makroskopski, porfirska stena, u

zelenkasto-ružičastoj sitnozrnoj osnovi (ružičasti feldspati) nalaze se sitni, zaobljeni, fenokristali zelenkastih feldspata. Mikroskopski, stena je holokristalasto porfirske strukture. Fenokristali su izgrađeni od promenjenog plagioklasa, koji se nalaze u relativno krupnozrnoj osnovi izgrađenoj od alkalnih feldspata, malo piroksena, alterisanog bojenog minerala, nešto zeolita, kalcita i neprovidnog minerala. Akcesoran je apatit.

Trahiti su zastupljeni istočno od Miduka. Probijaju diorit porfirite, verovatno su stvarani u subvulkanskom nivou. Znatna površina terena izgrađena je od trahita. Makroskopski, to je porfirska stena, gde u jednoj vrlo sitnozrnoj osnovi leže retki i sitni fenokristali ružičastog feldspata, verovatno ortoklas. Mikroskopski, stena je trahitske strukture. Fenokristali su alkalni feldspati i malo augita. Osnovna masa se sastoji od mikrolita feldspata koji su trahitski raspoređeni, od augita, malo epidota i fino raspršenog neprovidnog minerala. Nije isključeno da u ovoj steni ima i feldspatoida, koji je zamenjen zeolitom, te bi ovaj trahit bio na prelazu prema fonolitu. Akcesoran sastojak je apatit.

Grupa fonolita

U ovu grupu stena dolaze alkalni diferencijati izvorne magme, koji su nezasićeni silicijom. Probijaju diorit porfirite. Relativno velika površina ispitivanog terena izgrađena je od stena ove grupe. Makroskopski, ove stene se malo razlikuju međusobno, a i od diorit porfirita. Zapaženo je da često sadrže krupne fenokristale piroksena (pored feldspata). Ovu grupu stena čine *fonoliti* i *fonolit porfiri.*

Fonoliti se nalaze istočno od Miduka. Makroskopski se zapaža krupan fenokristalan augit. Mikroskopski je utvrđeno da pripada varijetetu fonolita sa analcimom. Struktura je holokristalasto porfirska. Fenokristali su plagioklasi, analcim, augit i konture feromagnezijskih minerala potpuno zamenjenih oksidima, hidroliskunom i ređe hloritom. Osnovna masa je mikrolitska do srednjezrna, sastoji se od alkalnog feldspata, alterisanog plagioklasa, hloritisanog i kalcitisanog augita, ređe svežeg augita i dosta analcima. Akcesorije su neprovidni minerali i apatit.

Pored sijenit porfira, istočno od Miduka, razvijena je zona fonolita sa analcimom (koji se makroskopski zapaža). Struktura stene je holokristalasto porfirska, fenokristali su sericitisani i kalcitisani plagioklasi, analcim i kalcitisani feromagnezijski minerali. Osnovna masa je mikrolitska do srednjezrna, izgrađuju je alkalni feldspati, malo piroksena, alterisani bojeni sastojci, nešto zeolita, kalcita i neprovidnog minerala. Akcesoran je apatit.

Fonolit porfir je zastupljen na južnom delu terena u jednoj velikoj masi koja, verovatno, probija diorit porfirite, od kojih se razlikuje sivom bojom i fenokristalima amfibola? (pored feldspata). Strukture je holokristalasto porfirske. Fenokristali su alterisani plagioklasi, malo analcima, albita i razorenog feromagnezijskog minerala. Osnovna masa je relativno krupnozrna, sličnog mineralnog sastava kao fenokristali. Sadrži dosta analcima i K-feldspata.

Grupa gabra

Ove stene predstavljaju bazične diferencijate dioritske magme. Probijaju diorit porfirite. Razvijeni su na jugozapadnom delu terena, blizu Miduka. Ovoj grupi stena pripadaju *trahibazalti* i *dijabazi*.

Trahibazalti se nalaze, kao mlađi proboji, kroz diorit porfirite, istočno od Miduka. Jasno su zapaženi intruzivni kontakti prema okolnim stenama. Trahibazalti su holokristalasto porfirske strukture. Fenokristali su plagioklasi, augit i konture feromagnezijskih minerala, potpuno zamenjenih hloritom. Osnovna masa je izgrađena od mikrolita plagioklasa, alkalnih feldspata, zeolita, kalcita, malo hlorita i fino raspršenog neprovidnog minerala.

Dijabazi su nađeni samo u dubini, nabušeni su jednom bušotinom. To su zelene, vrlo sitnozrne stene, ofitske strukture. Izgrađeni su od albitisanih, sericitisanih i kalcitisanih plagioklasa, dosta hlorita, manje kalcita i neprovidnog minerala.

Kvartarne naslage

Kvartarne naslage se nalaze samo u dolinama većih potoka. Na osnovu stepena vezanosti materijala, ove stene su podeljene na starije i mlađe.

Starije kvartarne naslage su dobro vezani padinski materijali i ostaci starih rečnih terasa. Relativno su retke stene, zadržali su se samo ostaci oko Miduka i na severnom delu terena (prilog 1). Izgrađene su od fragmenata svih starijih stena, a cementovane su karbonatnim cementom.

U ovu grupu stena dolaze i krečnjački slojevi koji se nalaze samo na severnom delu terena. Krpa belog bigrovitog krečnjaka se nalazi, verovatno, na bivšem izvoru u blizini velike rasedne zone.

Mlađe kvartarne naslage se nalaze po celom ispitivanom terenu kao relativno tanak nevezani pokrivač, u nižim delovima terena. U ovu grupu stena uvršteni su deluvijalni i aluvijalni nanosi (zbog povremenih tokova i male količine vode izostaju pravi aluvijalni nanosi).

TEKTONIKA

Ispitivani teren okoline Miduka nalazi se u severozapadnom delu geotektonske jedinice Dehadž — Sarduje (M. D. Dimitrijević, 1973), koja je najmarkantnija strukturna jedinica u Kermanskom regionu.

Po interpretaciji A. Srdića (1971 — karta 1 : 100.000 listovi Anar i Shahr-e-Bābak) na ovom prostoru je razvijena antiklinala, sa flišnim sedimentima u jezeru (sl. 2). Oblast Miduka se nalazi u jugozapadnom krilu ove antiklinale. Regionalno pružanje ovog nabora je severozapad—jugoistok, sa generalnim padom pomenutog krila ka jugozapadu.

Na ispitivanom terenu najveća površina je izgrađena od subvulkanskih stena. Kod eocenskih vulkanita »uslojenost« nije izražena, a kod tufova i sedimenata uslojenost je relativno malo zastupljena. Na severnom delu terena slojevi padaju ka jugozapadu, a padni uglovi variraju od 12 (?) do 40°, što je saglasno sa regionalnom strukturom terena.

Tektonska ispucalost terena je znatna, no uglavnom su zastupljene pukotine i mali rasedi, kod kojih se ne zapaža veće rasedno pomeranje. Ove rasedne strukture se na terenu uglavnom zapažaju po hidrotermalnim alteracijama stena i po kvarcnim žicama. Najveći je rased na kontaktu eocenskih vulkanita i diorit porfirita, u kojem se nalazi glavna rudonosna kvarcna žica Čah Mesi (prilog 1).

U odnosu na regionalni pravac pružanja nabornih struktura, rasedi i pukotine imaju longitudinalni, transverzalni i dijagonalni pravac pružanja. Veći rasedi su najčešće longitudinalni, ređe transverzalni, a pukotine pripadaju svim pomenutim sistemima (ovi sistemi nisu posebno proučavani).

Po rasedima i pukotinama cirkulisali su hidrotermalni rastvori, te se oko većine istih zapažaju hidrotermalne alteracije stena. Kvarcne žice su na kraju tog procesa zapunile sve šupljine ovih tektoniziranih zona i pukotina. Dalje od raseda i pukotina stene su uglavnom nepromenjene, u smislu hidrotermalnih alteracija.

HIDROTERMALNA PROMENA STENA

Hidrotermalne promene stena uglavnom su kontrolisane rasedima i pukotinama i po pravilu se nalaze oko tektonski zdrobljenih zona. Hidrotermalna alteracija zahvata sve stene u blizini ruptura, bez obzira na njihov mineraloški sastav. Takođe je očigledno da su hidrotermalni rastvori dejstvovali posle stvaranja ovih stena u jednoj kasnijoj magmatogenoj fazi.

Hidrotermalni rastvori su dolazili iz znatne dubine, verovatno iz plutonskih intruzija, koje nisu otkrivene na istraživanom terenu. Do ovog prostora hidrotermalne rastvore su doveli veći tektonski razlomi, kao npr. glavna rasedna zona Čah Mesi. Manji rasedi i pukotine su samo razvodili hidrotermalne rastvore na veće prostore.

Suvulkanske intruzivne stene nisu praćene hidrotermalnim rastvorima, verovatno zbog male dubine stvaranja. Spoljni pritisak u subvulkanskom nivou stvaranja je nedovoljan da spreči rasturanje lako isparljivih magmatskih sastojaka. Subvulkanske stene su pretrpele samo kasnomagmatske promene petrogenih minerala (naročito feromagnezijskih minerala), koje su izvršili sopstveni volatili. Najveću promenu pretrpeli su bojeni sastojci, koji su uglavnom potpuno razoreni i pretvoreni u sekundarne minerale: hlorit, zeolit i kalcit. Feldspati su pretrpeli relativno slabu sericitizaciju, karbonatizaciju i argilizaciju. Ove automorfne promene ne smatramo za hidrotermalne.

Intenzitet hidrotermalne alteracije varira u vrlo širokim granicama. Ove alteracije kontrolisane pukotinama, ako su dalje od većih rasednih zona relativno su niskog intenziteta i obično zahvataju samo zidove pukotina. Ovakve alteracije se veoma često sreću na ispitivanom terenu. Karakteristična je intenzivna hloritizacija po pukotinama i prslinama, koja je pretežno razvijena na zapadnom delu terena. Sericitizacija i argilizacija su tada podređene.

Najveći intenzitet hidrotermalnih promena je zapažen u većim rasednim zonama. Stene su tada izbeljene, intenzivno sericitisane, argilizirane,

karbonatisane, hloritisane i silifikovane. Diorit porfiriti i ostale srodne stene pretvaraju se u belu silifikovanu masu u kojoj su razoreni svi primarni minerali. Silifikacija je naročito intenzivna, na pogodnim mestima dolazi do stvaranja agregata kvarca u vidu žica i žilica. Ovakve alteracije su istraživane i proučavane u istražnim radovima (bušotine i raskopi).

Eocenski vulkaniti su nešto otporniji na dejstvo hidrotermalnih agenasa, ali u većim rasednim zonama takođe su promenjene do najvećeg intenziteta, tako da se ne mogu razlikovati od subvulkanita.

Nije jasno šta zapravo predstavljaju alterisani andeziti pa su iz tog razloga izdvojeni na karti (prilog 1). Moguće je da to i nije posebna vrsta stena već samo izmenjena zona. Međutim, na terenu se ne zapažaju rasedne zone ili pukotine kao kontrolni faktor ovih promena, već se stena javlja kao »proboj« sa nejasnim intruzivnim kontaktom. Zato je najverovatnije da su ove stene pretrpele automorfnu alteraciju, jer okolne stene nisu alterisane. Intenzitet promena je visok.

Kvarcne žice

Silifikacija kao vid hidrotermalne alteracije bila je naročito intenzivna na ispitivanom terenu. Proces silifikacije se verovatno više puta obnavljao sa različitim intenzitetom. Najintenzivnija silifikacija se po pravilu odvija na nižim temperaturama i ona najčešće predstavlja završnu fazu hidrotermalnog stvaranja minerala.

Kvarcne žice su veoma česta pojava na istraživanom terenu. Po pravilu, ove tvorevine se nalaze u rasednim zonama, pukotinama i prslinama, te je njihova orijentacija u prostoru određena sistemima raseda i pukotina, tj. nasleđena je.

Na središnjem delu terena ističe se kvarcna žica debljine do 3 metra, koja se po pružanju može pratiti preko 100 metara (glavna žica Čah Mesi). U pravcu juga ova žica se račva u više sporednih, koje se nalaze u perastim pukotinama velikog raseda (prilog 1). Pored ovih žica nalazi se više paralelnih ili dijagonalnih žica. Neke od njih su otkrivene bušenjem (sl. 3) jer nemaju izdanak na površini. Ove žice su orudnjene.

Istočno od Miduka nalazi se velika kvarcna žica koja se sa prekidima može pratiti preko 700 metara (prilog 1), debljine oko 1 metar. Uz žicu se po pravilu nalazi alterisana i silifikovana zona. Retko se zapaža malahitna mineralizacija. Prati je više paralelnih žica, na središnjem delu terena.

Na severnom obodu karte, od velikog raseda se perasto odvaja kvarcna žica, koja se može pratiti preko 100 metara. U rasednoj zoni se takođe mestimično nalazi kvarcna žica. Debljina ovih žica je 1 m.

Ostale kvarcne žice su znatno manje debljine, najčešće ispod 0,5 metara. Po pružanju su najčešće isprekidane.

Opšta karakteristika svih kvarcnih žica je intenzivna hidrotermalna alteracija salbandi. Usled površinskog raspadanja dolazi do intenzivne limonitizacije, što ukazuje na redovno prisustvo pirita i drugih sulfida. Nekad se u kvarcnim žicama nađe malo malahita. Kontinuitet žica po dubini je znatno regularniji nego što se to vidi na površini. Površinsko raspadanje razara mineralizovani deo žice, ostaju intenzivnije silifikovane partije, koje su najčešće sterilne u sulfidnoj mineralizaciji. Ove sterilne

partije koje su praktično izgrađene samo od kvarca, strče u reljefu kao rifovi. Ako su ove sterilne partije male, onda se nalaze samo kao blokovi i komadi kvarca u drobini, koji su poređani u nizu, često malo i kretani.

Hidrotermalni rastvori su bili rudonosni i na pogodnim mestima su odlagali sulfidnu mineralizaciju. Ova rudna mineralizacija se najčešće nalazi u kvarcnim žicama i žilicama.

Hidrotermalni rastvori na ovom terenu nesumnjivo su došli iz dubine, kao prateća pojava magmatskih procesa geneza intruzivnih stena. Severno od ispitivanog terena (sl. 2) nalazi se intruzivni štok Lačah (Lāchah) dacito-andezitskog sastava, za koji autor smatra da je starija faza (Kuh-e-Panj type). Istočno, kod Čenara (Chenār) nalazi se štok plutonskih stena granodioritskog sastava (Jebāl Bārez type) za koje autor smatra da je oligocen-miocenske starosti, odnosno mlađi je od starijih dacito-andezita. Smatramo da je verovatnije da hidrotermalni rastvori vode poreklo od plutonita Džebal Barez tipa, odnosno, da se u dubini nalazi skriveni plutonit granodioritskog sastava. Takođe autor smatra da je porfirsko orudnjenje bakra Lačah takođe u vezi sa plutonitima Džebal Barez tipa.

POLIMETALIČNO LEŽIŠTE ČAH MESI

Na središnjem delu istraživanog terena nalazi se polimetalično ležište Čah Mesi. Na ovom ležištu je zastupljen tipično žični tip orudnjenja, prvenstveno rude bakra, uz koje po pravilu ide orudnjenje olova i cinka. Ova orudnjenja se po pravilu nalaze u hidrotermalno promenjenim i intenzivno silifikovanim rasednim zonama i pukotinama, koje su nekad pretvorene u kvarcnu masu.

Najznačajnije rudne pojave se nalaze u glavnoj rasednoj zoni, odnosno u glavnoj kvarcnoj žici (prilog 1 i sl. 3). Sterilni delovi ove rudne žice i drugih perastih kvarcnih žica strče u reljefu kao rifovi, a mineralizovani delovi su razoreni površinskim raspadanjem. Zato se na terenu glavna žica prati jedva pedesetak metara, a raskopavanjem i bušenjem utvrđen je znatno veći kontinuitet. Naravno da žica nije na celoj dužini jednako orudnjena, postoje bogato orudnjene partije i potpuno sterilni delovi.

Glavna rudna žica se pruža u pravcu 10—190° sa padom ka istoku 65—70°. Debljina žice varira 2 do 3 metra. Peraste žice su pod uglom u odnosu na glavnu 20 do 30°, a njihova debljina varira 1 do 2 metra.

Na površini su uglavnom zastupljeni sekundarni minerali bakra, malahit, retko azurit, relativno siromašno. Iz starih radova je vađena bogata ruda, koja se delimično nalazi na haldama.

Na severnom obodu karte, u kvarcnim žicama glavne rasedne zone, nalazi se vrlo siromašna mineralizacija malahita. Takođe i u tufovima blizu ovog raseda ima prevlaka malahita po prslinama.

Velika kvarcna žica istočno od Miduka ima mestimično malo malahita, naročito u severoistočnom delu. Mineralizacija je zastupljena i u paralelnim kvarcnim žicama.

Dajkovi diorita i sijenita takođe nekad imaju malo bakrove mineralizacije, obično su to prevlake malahita po prslinama na kontaktu dajkova. Ove pojave mineralizacije su mineraloške.

Severno od Miduka ima pojava siromašne mineralizacije bakra u kvarcnim žicama i pukotinama. Žice su intenzivno limonitisane i veoma

raspadnute. Takođe na ovom prostoru ima više pojava pukotina iz koje idu hidrotermalne alteracije sa siromašnim prevlakama malahita. U diorit porfiritima ima malahita po prslinama.

Pored puta za Džovzam (Jowzam) nalazi se jedna pojava sa intenzivnom malahitnom mineralizacijom na relativno maloj površini. Malahit se javlja po prslinama i pukotinama kao prevlake u eocenskim vulkanitima. Stepen hidrotermalne alteracije je relativno mali i nejednak, a sama pojava nema neku strukturnu kontrolu. Mineralizacija bakra je nekad veoma intenzivna, do procentnih sadržaja.

Ležište Čah Mesi je istraživano bušenjem, po profilima (sl. 4). Bušenjem su dobijeni kvalitetniji podaci o geološko-petrološkoj strukturi ležišta. Eocenski vulkaniti su relativno heterogenog sastava, smenjuju se andeziti, trahiandeziti, andezit bazalti i dolerit bazalti sa tufovima i brečama. Smenjivanje je nekad često, kako po stratigrafskoj vertikali tako isto i po stratigrafskoj horizontali. Debele partije vulkanita su takođe heterogene po svojoj strukturi i u slučaju da su izgrađene od iste vrste stena, što je svakako posledica različitih uslova prilikom izlivanja lave. Najčešće se menja boja, od crvene do sive. Petrografski sastav vulkanita nije zavisan od boje.

Diorit porfiriti su homogenijeg makrosastava, ali i oni po boji mogu znatno varirati. Jasno se izdvajaju mlađi dajkovi.

Rasedna zona je intenzivno milonitisana, hidrotermalno promenjena i silifikovana, nekad toliko intenzivno da je pretvorena u kvarcnu žicu. Glavna zona je redovno praćena manjim zonama i žicama, koje su kontrolisane paralelnim ili perastim pukotinama.

Intenzitet orudnjenosti je veoma različit, zastupljeni su svi prelazi od masivne rude u žicama do siromašnih impregnacija u okolnoj steni. Glavni rudni minerali koji su značajni za sadržaje korisnih metala su halkopirit, galenit i sfalerit. Najznačajniji korisni metal je bakar, zatim dolazi cink pa olovo, uz koje ide izvestan sadržaj plemenitih metala srebra i zlata. Zapaženo je nekad izvesno opadanje sadržaja olova i cinka sa dubinom. Maksimalni sadržaji sva tri metala je preko 20%, a maksimalni sadržaji bakra i cinka su preko 10%, a olova ispod 10%. Po količini rezervi izračunatih na bazi retkih profila bušenja, na prvom mestu je cink ispred bakra i olova.

Parageneza mineralizacije

Rudni minerali su razvijeni u hidrotermalno izmenjenim rasednim zonama i redovno su praćeni veoma intenzivnom silifikacijom. Međutim, najbogatije orudnjenje nije u kvarcnim žicama, koje u stvari predstavljaju sterilne i siromašnije mineralizovane delove rudonosne strukture. Najintenzivnije su orudnjeni oni delovi rudonosne strukture gde proces silifikacije nije išao do kraja, te su zaostale šupljine kroz koje su cirkulisali hidrotermalni rastvori.

Mikroskopskim ispitivanjem rudnih uzoraka iz jezgra bušotina, a takođe i makroskopskim opažanjem, utvrđena je mineralna parageneza ležišta. Primarni rudni minerali su sulfidi, oksidi i samorodno zlato, a sekundarni minerali su sulfidi, oksidi i bazni karbonati.

Primarnu sulfidnu paragenezu izgrađuju *pirit, halkopirit, galenit, sfalerit, tetraedrit, enargit, luzonit, markasit, sartorit, hematit* i *samorodno zlato.*

Sekundarni minerali su *halkozin, kovelin, bornit, malahit, azurit* i *limonit.*

Glavni minerali jalovine (ganga) su kvarc, kalcit i hidrotermalno promenjeni petrogeni minerali.

Pirit je najčešći rudni mineral. Nekad se nalazi idiomorfan, ali je najčešće u nepravilnim zrnima. Sadrži inkluzije galenita, sfalerita i halkopirita (koji se nekad transformiše u halkozin i bornit, retko kovelin). Nekad je korodovan i potiskivan od halkopirita, galenita, sfalerita i enargita (starija generacija pirita). Mladi pirit se nalazi u asocijaciji sa halkopiritom, enargitom i tetraedritom (tada je mlađi od sfalerita).

Halkopirit je najčešći korisni rudni mineral. U masovnoj rudi nekad ga ima u izobilju. Nalazi se po pravilu u ksenomorfnim zrnima, nekad znatne krupnoće da se jasno makroskopski zapaža. U bogatijim partijama rude jasno se vide asocijacije halkopirita u vidu plaža, žilica i mlazeva. Sadrži inkluzije sfalerita i enargita, retko tetraedrita. Nekad ga potiskuju sfalerit i galenit.

Galenit je vrlo čest rudni mineral, koji je redovno prisutan u bogatijim partijama rude. Lako se zapaža po karakterističnim osobinama. Obično je udružen sa sfaleritom i halkopiritom. Potiskuju ga pirit i delimično halkopirit. Retko sadrži inkluzije enargita, halkopirita i tetraedrita.

Sfalerit je redovno udružen sa galenitom i halkopiritom. Teško se makroskopski zapaža zbog žućkaste boje te se dobija utisak da je nešto ređe zastupljen. Međutim, sadržaji cinka u probama ukazuju da ga ima u izobilju. Nalazi se u ksenomorfnim zrnima. Zastupljen je nižetemperaturni žuti varijetet, koji se teško makroskopski zapaža. Sadrži inkluzije halkopirita. Potiskuju ga halkopirit i galenit.

Tetraedrit najčešće pripada varijetetu *tetraedrit-tenantit.* Nalazi se u asocijaciji sa halkopiritom i enargitom. Redak je mineral u ležištu. Retko sadrži inkluzije halkopirita i minerala ganga, a takođe se retko sam javlja kao inkluzija u halkopiritu.

Enargit je redak mineral u ležištu i nalazi se u asocijaciji sa halkopiritom i tetraedritom, koji ga nekad potiskuju. Retko se javlja kao inkluzija u galenitu i halkopiritu.

Bornit je vrlo redak mineral u ležištu. Javlja se kao inkluzija u piritu, gde obično zamenjuje halkopirit. Moguće je da je produkt alteracije halkopirita, tj. da je sekundaran mineral u ležištu.

Luzonit je vrlo redak mineral u ležištu, nalazi se kao lamelaran sastojak uz enargit. Takođe je vrlo redak i *sartorit* koji se nalazi kao inkluzija u kvarcu.

Markasit je veoma redak i nalazi se uz pirit.

Hematit je finozrn i idiomorfan, vrlo je redak mineral. Nalazi se u asocijaciji sa piritom i sfaleritom (u formi prorastanja).

Samorodno zlato se javlja veoma retko i to kao inkluzija u sfaleritu (verovatno i u drugim sulfidima i kvarcu).

Halkozin i *kovelin* se javljaju kao produkti transformacije halkopirita, nekad u asocijaciji sa bornitom. Nalaze se samo bliže površini, te su retki minerali u ležištu.

Malahit je veoma čest mineral u površinskoj zoni oksidacije. Javlja se u vidu prevlaka po pukotinama i prslinama ili kao impregnacija zaklopljen u kvarcu. *Azurit* je znatno ređi mineral, nalazi se u dubljim delovima oksidacione zone. Ovi minerali postaju površinskim raspadanjem svih bakrovih sulfidnih minerala.

Limonit je produkt transformacije pirita i halkopirita u zoni oksidacije. Vrlo je čest u površinskoj zoni, a sve ređi u dubljim delovima ležišta (ide do znatnih dubina).

Geneza sulfidne mineralizacije

Geneza sulfidne mineralizacije nije posebno proučavana, autor iznosi svoje shvatanje minerogeneze ovoga polimetaličnog rudišta.

Primarni rudni minerali su postali iz hidrotermalnih rastvora, koji su se kretali po rasednim zonama, pukotinama i prslinama. Hidrotermalni rastvori su imali znatnu količinu metaličnih jona iz kojih su iskristalisali rudni minerali. Ne možemo ulaziti u pitanje porekla metaličnih jona, ali je najverovatnije da joni korisnih metala bakra, olova i cinka vode poreklo iz matičnog plutona (glavna količina), a gvožđa ima svuda te nije problem porekla.

Kristalizacija rudnih minerala je bila praktično jednofazna. Svi glavni rudni minerali se nalaze u jedinstvenoj asocijaciji, jedan drugog zaklapaju ili potiskuju. Minerogeneze rudnih minerala se odvijale u jednom relativno dugom vremenu, koje se uglavnom poklapale sa vremenom stvaranja kvarca. Glavni rudni minerali su, makroskopski posmatrano, u kvarcnoj masi individualisani u zrnima znatne veličine. Kvarc takođe zaklapa sitna zrna rudnih minerala. Nije zapažena neka određena pravilnost u razmeštaju korisnih rudnih minerala, u odnosu na minerale ganga (uključujući i pirit). Razmeštaj korisnih rudnih minerala je veoma neravnomeran i zavisan je od lokalnih uslova kristalizacije za vreme minerogeneze.

Redosled stvaranja rudnih minerala je veoma složen i nedovoljno proučen. Najverovatnije je da je kristalizacija počela sa piritom i halkopiritom, za kojima odmah slede sfalerit i galenit. Nema jasnog diskontinuiteta u redosledu kristalizacije, u ležištu je razvijena asocijacija istih minerala stvaranih jednovremeno.

Kristalizacija rudnih minerala bila je verovatno u mezotermalnoj fazi hidrotermalnog stvaranja. Opadanjem temperature nastaje teletermalna faza, koja je na ovom terenu dala sterilne kvarcne žice.

Dubina plutonskog tela koje predstavlja izvor hidrotermalnih rastvora je sada, verovatno mala, mada nije isključeno da je pomenuti pluton na većoj dubini od jednog kilometra.

U površinskim uslovima dolazi do oksidacije primarnih sulfida i razaranja rudnih žica, koje spoljne sile uništavaju (zato praktično izostaju rudni izdanci). Sterilni delovi rudnih žica nisu podložni hemijskom raspadanju, pa su tako sačuvani (pretežno) i oni sulfidi koji su zaklopljeni u

kvarcnoj masi. Poznatim procesima dolazi do stvaranja sekundarnih korisnih sulfida bakra, a cink i olovo se raznose ili ostaju u oksidacionoj zoni. Nisu vršena ispitivanja zone sekundarnog obogaćenja bakra, te je neizvesno u kojoj je meri razvijena cementaciona zona. Uslovi za formiranje cementacione zone bili su relativno povoljni, jer su rudne zone na površini potpuno oksidisane i razorene.

ZAKLJUČAK

Ispitivani teren se nalazi na severozapadnom delu Kermanskog bakronosnog regiona u centralnom Iranu, oko 200 km zapadno od Kermana. Istraživana je neposredna okolina polimetaličkog ležišta Čah Mesi kod sela Miduk, oko 30 km severno od Šar-i-Babaka.

Šira okolina Miduka je izgrađena od stena eocenske vulkanogeno-sedimentne serije, koja je najznačajniji geološki član geotektonske jedinice Dehadž — Sarduje. Od krupnih nabornih oblika razvijena je antiklinala sa flišnim sedimentima u jezgru, a jugozapadno krilo je izgrađeno od vulkanita i piroklastita Razak i Hezar kompleksa. Mlade intruzivne stene probijaju vulkanogeno-sedimentnu seriju. Stariji dacito-andeziti Kuh-i-Pandž tipa su najstariji, slede plutoniti Džebal Barez tipa, a najmlađi su dacito-andeziti Dehadž tipa i retki proboji olivin bazalta.

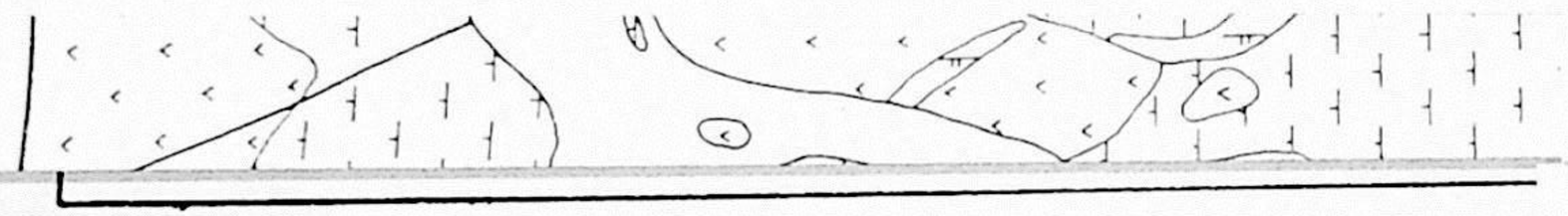
Na istraživanom terenu osnovu čine vulkaniti Razak kompleksa u koje je utisnut do sada nepoznati tip subvulkanskih stena, koje nisu bile zapažene regionalnim ispitivanjem. Na maloj istraživanoj površini nema dovoljno podataka za preciznije određivanje starosti. Autor pretpostavlja da su starije od dacito-andezita Kuh-i-Pandž tipa, te predstavljaju najstarije intruzivne stene u okolini Miduka.

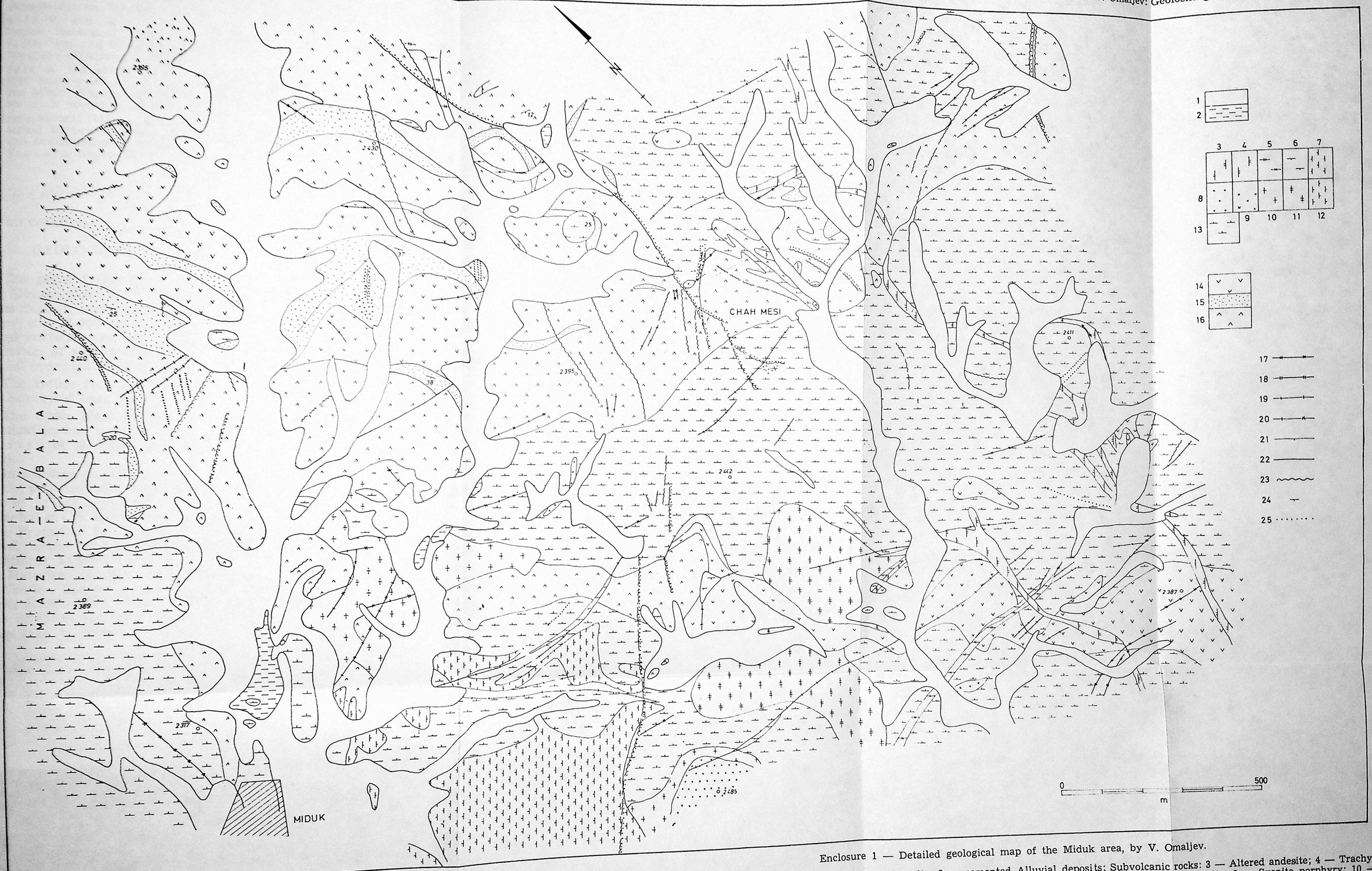
Polimetalično ležište Čah Mesi je žičnog tipa. Glavni rudni minerali su pirit, halkopirit, galenit i sfalerit koji su deponovani u kvarcnim žicama većih rasednih zona. Geneza je mezotermalna, a hidroterme vode poreklo iz plutonita Džebal Barez tipa.

LITERATURA

1. Bazin D. et Hübner H., 1969: — La région cuprifère à gisements porphyriques de Kerman (Iran). Geological Survey of Iran. Teheran.
2. Bazin D. and Hübner H., 1969: — Copper Deposits in Iran. Geological Survey of Iran, Report No. 13. Teheran.
3. Dimitrijević M. D., 1973: — Geology of Kerman Region. Geological Survey of Iran and Institute for Geological and Mining Exploration and Investigation of Nuclear and Other Mineral Raw Materials — Beograd, Report 52/YU. Teheran.
4. Dimitrijević M. D. and Đoković I., 1973: — Geological map of Kerman Region. Geological Survey of Iran and Institute for Geological and Mining Exploration and Investigation of Nuclear and Other Mineral Raw Materials Beograd — Yugoslavia. Teheran.
5. Halaviaty J., 1974: Principal Metallogenetic Features of Kerman Copper Region in Iran (doktorska disertacija). Fond Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu.
6. Milosaković R., Ćirić V. and Gojković S., 1971: — Report on prospecting for useful minerals, sheets Dehaj, Anar, Robat, Shahr-e-Babak and Zardu, Report 29/YU. Teheran.

19
it,
dž
ık
an
ng
ıls
et
al
w
o-
on
—
ne
on
ut
er
w
us
o-
er
)-
i ć
ed
as
re
rt
n-
al
al
an
m
a
er
ar





Prilog 1 — Detaljna geološka karta okoline Miduka, po V. Omaljevu.

1 — Kvartarni nanos; 2 — cementovani aluvijalni nanos; Subvulkanske stene: 3 — alterisani andezit; 4 — trahiandezit; 5 — kvarcdiorit porfirit; 6 — diorit; 7 — trahit; 8 — sijenit; 9 — sijenit porfir; 10 — fonolit; 11 — fonolit porfir; 12 — trahibazalt; 13 — diorit porfirit; Eocen: 14 — andezit; 15 — tufovi i sedimenti; 16 — andezit bazalt; Dajkovi: 17 — alterisani andeziti i trahiandeziti; 18 — kvarcdiorit porfiriti i diorit porfiriti; 19 — dioriti; 20 — sijeniti i sijenit porfir; 21 — geološka granica; 22 — rased; 23 — kvarcna žica; 24 — pad; 25 — hidrotermalne alteracije.

Enclosure 1 — Detailed geological map of the Miduk area, by V. Omaljev.

1 — Quaternary deposits; 2 — cemented Alluvial deposits; Subvolcanic rocks: 3 — Altered andesite; 4 — Trachyandesite; 5 — Quartzdiorite porphyrite; 6 — Diorite; 7 — Trachyte; 8 — Syenite; 9 — Syenite porphyry; 10 — Phonolite; 11 — Phonolite porphyry; 12 — Trachybasalt; 13 — Diorite porphyrite; Eocene: 14 — andesite; 15 — Tuffs and sediments; 16 — andesite basalt; Dykes: 17 — Altered andesites and trachyandesites; 18 — Quartzdiorite porphyrite and diorite porphyrite; 19 — Diorite; 20 — Syenite and Syenite porphyry; 21 — Geologic boundary; 22 — Fault; 23 — Quartz veins; 24 — Dip; 25 — Hydrothermal alteration.

7. Omaljev V., 1972: — Report on exploration of Chah Mesi copper deposit, Report 43/YU, fond GSI. Teheran.

8. Omaljev V., 1974: — Geološko-petrološka građa terena Pariz — Kuh-i-Pandž u Iranu. Radovi IGRI, sveska 9. Beograd.

9. Ristić M. and Pejatovic S., 1969: — Geological Report on the Miduk concession area. Teheran.

10. Sarić V. and Mijalković N., 1973: — Metallogenic map of Kerman Region. Geological Survey of Iran and Institute for Geological and Mining Exploration and Investigation of Nuclear and Other Mineral Raw Materials Beograd — Yugoslavia. Teheran.

11. Srdić A. i koautori, 1971: — Geological map of Iran 1 : 100.000 series sheet 7050 Shahr-e-Babak. Geological Survey of Iran and Institute for Geological and Mining Exploration and Investigation of Nuclear and Other Mineral Raw Materials Beograd — Yugoslavia. Teheran.

12. Grupa autora, 1973: — Exploration for ore Deposits in Kerman Region. Geological Survey of Iran and Institute for Geological and Mining Exploration and Investigation of Nuclear and Other Mineral Raw Materials Beograd — Yugoslavia, Report 53/YU. Teheran.

Summary

VELJKO OMALJEV*

GEOLOGICAL FEATURES OF MIDUK AREA, IRAN

This paper treats the results of exploration of the area around the Chah Mesi polymetallic mineral deposit in Iran. In addition to investigation of this deposit, geological mapping of the surrounding area, of about 4.5 km², in 1 : 5.000 scale, was conducted as well. Although it was a rather limited surface area, the results were highly interesting, and the new association of subvolcanic intrusive rocks, not detected by the previous regional investigation, has been identified.

The author feels grateful to Mr. Reza Asefi, Director of Geological Survey of Iran, for permission for publication of this work.

The Chah Mesi deposit was known earlier; however, the further investigation has been suggested after the regional prospecting (Milošaković et al., 1971) and the studies by Ristić and Pejatović (1969).

In addition to author of this work, Vera Ćebić has participated into the petrological determinations, and Dušan Radusinović was engaged in ore-microscopic investigations. The chemical analyses were conducted at GSI laboratories in Teheran. All these works represent a part of the Project of Exploration of Copper Deposits in Kerman Region, conducted, for the Ministry of Economy of Iran, by the Institute for Geological and Mining Exploration and Investigation of Nuclear and Other Mineral Raw Materials, Beograd, Yugoslavia.

The investigated area is situated in the northwestern part of Kerman Copper Region (Fig. 1), about 200 km west of Kerman, and about 30 km north of Shahr-e-Babak. The area was named the Miduk Area, after a village (Fig. 2), located at western rim of this area. The porphyry copper

* Institute for Geological and Mining Exploration and Investigation of Nuclear and Other Mineral Raw Materials, Beograd.

deposit of Lachah is located immediately to the north of this area. The investigated area is covered by 1 : 100.000 geological map of Iran, sheet 7050, Shahr-e-Babak.

The area is mountaneous, and locally with highly intersected topography; the elevation ranges between 2280 and 2480 m. The main communication is the Shahr-e-Babak — Jowzam — Anar local road, motorable during the summer.

Most of the area consists of Eocene volcanic-sedimentary complex. However, most of the rock were not investigated in detail, due to the limited size of this area; the similar rocks, were, however, identified during the more detailed investigations. According to detailed geological mapping (1 : 5.000 to 1 : 1.000), most of the area consists of intrusive rocks, formed at shallow subvolcanic level, with some indications of a transition into the sub-aereal extrusions (?). Without any exaggeration, it can be stated that the Miduk area is featured by a rather complex geology.

The investigated area belongs to Dehaj — Sarduiyeh belt, according to Dimitrijević's 1 : 500.000 geological map (Dimitrijević, 1973). Srdić et al. (1971) have lithologically subdivided the volcanic-sedimentary complex in 1 : 100.000 geological map, and this subdivision has been applied in a more detailed mapping as well. The base is composed of andesite-basalt (Eab), overlain by red tuffs and tuffaceous sediments (Et), trachy-andesite (Etab) and trachy-basalt. Outside the investigated area is a zone composed of tuff, tuffite, and tuffaceous sandstone (Ets), overlain by trachy-andesite and trachy-basalt flows (Etb), and topped by Eocene trachy-andesite and trachy-basalt tuffs and lava flows (Ettb).

Later, Dimitrijević (1973) has divided the volcanic-sedimentary complex into two parts, i. e.:

1. Razak Complex (ER) which includes the oldest andesite-basalt member (Eab) in this area. This complex is developed all over the Kerman Region, and overlies the Middle Eocene sedimentary complex (Es2). In the northwestern part of Kerman Region, the Razak complex overlies the older Bahr Aseman complex (EB).
2. Hezar Complex (EH), which includes the all other members of volcanic-sedimentary complex in this area (Et, Etab, Ets, Etb and Ettb), and ends the Eocene volcanic-sedimentary sequence; its age is most probably Upper Eocene.

It has been noted, in the Miduk area, that the zones of tuff and tuffaceous sediments forms the relatively thin intercalations inside the andesite and andesite-basalt; most probably, the Et zone is not developed in this area. The other investigations do not differ the rocks presents in the eastern and western part of Miduk area, and no boundary, which might separate these two complexes, exist in the enclosed geological map 1:5.000 (Enclosure 1). The boundary between the Razak and Hezar complexes, most probably, is located to the west of investigated area (Fig. 2), and the entire area belongs only to Razak komplex, i.e., to its uppermost subcomplex (ER3).

The Eocene Razak complex has been intruded by subvolcanic intrusive rocks, of highly varying composition, but belonging mostly to dioritic magma. The main diorite-porphyrite bodies were intruded by more acid

or more basic differentiates and dykes. However, some sort of barely expressed »stratification«, which has been infrequently observed in the field, indicates that the upper parts of diorite-porphyrite occur as the flows (?), or, more probably, as the destroyed dykes.

In the author's regional interpretation (Fig. 2) boundary between the Razak and Hezar complexes is located to the west of investigated area. However, this boundary was not clearly defined in any interpretation, and this problem, in author's opinion, remains open. The main difference has been introduced by various treatment of dacito-andesitic subvolcanic intrusive rocks. According to Dimitrijević (1973), all dacito-andesites in the Miduk area belong to Upper Pliocene Dehaj type, formed after the Ng3 upper unit and before the pyroclastites and volcanites of Mosahim type (vM). This author is, however, in the opinion, according to his opservations during the regional mapping, that most of the dacito-andesites here belong to the older Kuh-e-Panj type, formed before the Jebal Barez type plutonites in central parts of Kerman Region (Omaljev, 1974).

The Eocene volcanites, in investigated area, consist of trachy-andesite, andesite, andesite-basalt and dolerite-basalt. On the surface occur only andesite and andesite-basalt (Encl. 1), and the other volcanites were identified in drill holes. Most of these rocks is difficult to distinguish megascopically; andesite looks more as a lava, and the andesite-basalt is usually a compact and hard rock.

The Eocene pyroclastites and sediments occur as the intercalations in volcanites, and consist of tuff, breccia, tuffaceous sandstone and conglomerate.

Most of the area is composed of intrusive rocks, formed in the shallow subvolcanic levels. These rocks are easily distinguished megascopically from Eocene volcanites, as well from the dacito-andesitic intrusive rocks and the true, granodioritic plutonic rocks. No pyroclastites or tuffs, which can correspond to any member of this group, were noted in Miduk area. The clearly visible intrusive contacts with Eocene volcanites were observed. The subvolcanic rocks do not show the expressed »stratification«, except for a hill east of Miduk, where some sort of »stratification« is visible from the distance.

Most of the data indicate that these rocks were formed in the shallow subvolcanic level; however, it is possible that a minor part was formed in the subaereal level as well (some diorite-porphyrite, phonolite, and syenite,-porphyry).

The determination of age of these rocks was impossible to obtain on the basis of available data. These subvolcanic rocks are younger than the Razak complex, and probably younger than the entire volcanic-sedimentary sequence. The younger rocks, as well as the Jebal Barez type plutonic rocks, are not present in investigated area.

These subvolcanic rocks are different from those in the adjacent areas (north of Chenar, about 30 km southwestwards of Miduk), so it can be concluded that they were formed during a separate magmatic phase, most probably in Eocene-Oligocene. The author also considers these subvolcanic rocks as older that the Kuh-e-Panj type dacito-andesites in Lachah and Sara, .i.e, to the north investigated area.

The oldest and the most widespread, of subvolcanic rocks, is the diorite-porphyrite; the other rocks are slightly younger, due to the fact that their intrusive contacts with diorite-porphyrite were locally seen. The succession is not entirely clear, because the mutual relations between the numerous types of rocks was not always possible to observe (Encl. 1).

From petrological standpoint, all these rocks are the differentiates of intermediate magma, and were formed in practically single magmatic phase. Depending on mineral composition, the author has subdividede these rocks into five groups — diorite, granite, syenite, phonolite and gabbro.

The diorite group consists of diorite-porphyrite, andesite with transition into diorite-porphyrite, quartzdiorite-porphyrite, trachy-andesite and altered andesite. The rocks of this group, as well as the all other subvolcanic rocks, have basically originated from the diorite-porphyrite. Megascopically, two varieties of diorite-porphyrite, the gray and red, can be disctinguish. However, there are no microscopic differences between these varieties, except for the degree of oxidation. The diorite-porphyrite is of a clear porphyrite structure, with megascopically visible feldspar phenocryst in the fine-grained groundmass. The altered phenocrysts of ferromagnesian minerals (hornblende, biotite) are visible in thin sectins. The groundmass is frequently coarse-grained, and consists of plagioclase and dark minerals altered into the secondary chlorite, calcite and ocasionally zeolite. The presence of potassium feldspar indicates the transition into the monzonite.

The andesite with transition into diorite-porphyrite (and reverse) is a younger differentiate; the boundary towards the diorite-porphyrite is not clearly defined, and this rock was not individually presented in the map.

Diorite is infrequent, and usually forms the dykes, rarely small stocks. The quartzdiorite-porphyrite occurs only in dykes. The trachy-andesite and altered andesite are the youngest rocks, and can be easily distinguished by needle-shaped hornblende phenocryst.

The acidic differentiates, over saturated by silica, were included in group of granite. Only the granodiorite-porphyry, which intrude the diorite-porphyrite, belong to this group; however, this rock was observed in the drill holes only.

The acidic differentiates of dioritic magma, saturated by silica, were included in the syenite group, which includes the syenite, syenite-porphyry and trachyte. Syenite is rather infrequent, and occurs as small intrusives and dykes. Syenite-porphyry is more frequent, and forms small stocks and numerous dykes; the top of the highest peak in this area consists of this rock. The trachyte occurs usually in vicinity of syenite-porphyry. These rocks are similar to diorite-porphyrite, and the differences are visible in thin sections only.

The alkalic differentiates, unsaturated by silica, form the group of phonolite, which consists of phonolite and phonolite-porphyry. Phonolite occurs in the east of Miduk. The large augite phenocrysts are conspicuous; the rook belongs, according to thin sections, to variety of phonolite with analcime. The phonolite-porphyry is similar, and contains, in addition to feldspar, the coarse amphibolite phenocrysts.

The basic differentiates of dioritic magma, trachybasalts and diabase, are included in the gabbro group. The trachybasalt occurs, as the small intrusions in diorite-porphyrite (clear intrusive contacts are visible) in the east of Miduk. Diabase is highly infrequent, and was observed in drill holes only.

According to S r d i ć (1971), an anticline, with flysch-type sediments in its core, is developed in this area (Fig. 2), and the Miduk area is located in its southwestern flank. These fold-type structures trend northwestwards. The layering in Eocene volcanites is not expressed; the tuffs and sediments dip southwestwards at 12—40°, conformable with regional structures.

The minor faults and fractures are the most frequent fault-type structures. The larger faults are mostly longitudinal relative to folds; the transversal faults are infrequent. The fractures are of different trends, including the diagonal.

Hydrothermal alterations were mostly controlled by faults and fractures, and are present usually around the fractured zones. These alterations have affected all rocks around such zones, independently of their composition. The hydrothermal solutions originated from appreciable depths, probably from plutonic intrusives not exposed at the surface in investigated area. The larger faults served as the feeders, and the minor faults and fractured distributed these solutions over wider areas.

The subvolcanic intrusives were not accompanied by hydrothermal activity, and here only the late magmatic alterations of petrogene minerals, by intrusive own volatiles, have occurred. The ferromagnesian minerals were usually completely destroyed and transformed into the secondary chlorite, zeolite and calcite. The feldspar were affected by relatively mild sericitization, carbonitization and argillization. However, these late magmatic alterations are not considered as hydrothermal.

The intensity of hydrothermal alterations varies appreciably. Inside the larger fault zones, the intensity is highest, and the rocks are bleached, intensively sericitized, argillized, carbonatized, chloritized and silicified. The silicification is particularly intensive, and the quartz aggregates, veins and veinlets occurs at numerous places. This process was repeated several time, with different intensity. The most intensive silicification, however, occured at low temperature, representing the final hydrothermal phase; it has produced the numerous quartz veins inside the larger fault zones, fractures and fissures. The spatial position of these veins is conformable with the trend of fault-type structures, i.e., it has been »inherited«.

The typical Chah Mesi polymetallic deposit occurs in the central part of the area. The mineralization is confined mostly to hydrothermally altered and intensively silicified fault and fractures, which were transformed locally into the quartz masses. The most important mineralization occurs inside the main fault zone (Fig. 3), or the main quartz vein. The sterile parts of this vein forms the conspicuous ridges on the surface.

Mostly the secondary copper minerals, malachite and, less frequently, azurite, occur sporadically on the surface. The high-grade ore, locally occurring at the old dumps, was mined in the past. The malachite occurs sporadically also in other quartz veins, and sometimes the tuffs around the faults contain infrequently malachite as well.

Locally, the Eocene volcanites contain the malachite stains along the fractures and fissures; sometimes such mineralization is of high grade, but confined to a very small area.

The sulphide mineralization occurs at depth, with pyrite as the most abundant mineral, and chalcopyrite, sphalerite and galena as the most imporant ore minerals. Tetrahedrite, enargite, lusonite, marcasite, sarthorite, hematite and native gold are the other primary minerals, and chalcosite, covellite and bornite are the secondary minerals.

The intensity of mineralization is highly variable, and ranges from massive ore veins to low-grade impregnations in surrounding rocks. The maximum concentrations of all three useful metals combined (i.e., copper plus zinc plus lead) are over 20%.

However, the genesis of sulphide mineralization was not investigated in detail; this author considers it as a hydrothermal, related to mesothermal phase, with hydrothermal solutions released, most probably, by the magma which has produced the Jebal Barez type of plutonites.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 11, 1977. god.

VELJKO OMALJEV

UDK 622.349 (497.12)

GEOSTATISTIČKO ISPITIVANJE RUDNOG TELA V-1 U LEŽIŠTU URANA ŽIROVSKI VRH*

(sa 7 slika i 2 tabele)

U ovom radu je prikazana nova metodologija geostatističkog ispitivanja rudnih tela, na primeru jednog rudnog tela u ležištu urana Žirovski vrh. Dosadašnja statistička ispitivanja geoloških podataka svodila su se na primeni obrazaca varijacione statistike, eventualno proširene obrascima korelacije i regresije. Najčešće se pri tome nije vodilo računa da li su ispunjeni osnovni uslovi za primenu ovih obrazaca, tj. da li je raspodela korisne komponente u rudi normalna ili nije. Čak i u slučaju da je raspodela logaritamska primenjivali su se obrasci klasično, a nisu vrednosti sadržaja zamenjeni logaritmima.

Ostaje nada autora da će ova metodologija geostatističkog ispitivanja naći primenu u praksi. Potrebno je napomenuti da je ova metodologija još u fazi razvoja, te ovom prilikom neće biti primenjeni obrasci varijacione statistike. Primena ovih obrazaca u stvari znači normiranje krive distribucije slučajne promenljive, tj. zamenu stvarnog rasporeda teorijskim.

UVOD

Na ležištu urana Žirovski vrh izvođeno je relativno obimno prethodno eksploataciono istraživanje rudnih tela, kroz delimično ili potpuno otkopavanje. Rezultati ovih istraživanja obrađeni su i objavljeni (V. O m a l j e v, 1969. i 1971), te se nećemo posebno na njima zadržavati.

Prilikom ovog eksploatacionog istraživanja sakupljena je velika količina numeričkih podataka o uranovom orudnjenju, koji do sada još nisu zadovoljavajuće obrađeni. Takođe je slična situacija i na drugim ležištima metaličnih mineralnih sirovina. Posle dugogodišnjih detaljnih istraživanja, a naročito za vreme eksploatacije, ogroman broj numeričkih podataka o orudnjenju često ostaje nedovoljno obrađen. Ova činjenica ima, sem naučnog i ekonomski značaj, jer osnovne karakteristike distribucije korisnih komponenti u orudnjenjima ostaju nepoznate. Sakupljeni numerički podaci postepeno padaju u zaborav, a karakteristike orudnjenja se iskazuju samo srednjim vrednostima. Ne stiču se nova saznanja, sem onih makroskopski vidljivih karakteristika orudnjenja.

* Primljeno za štampu 23. maja 1977. Recenzent Stanimir Putnik.

Već je ustaljena metodologija statističkog ispitivanja karaktera distribucije korisnih komponenti u orudnjenju preko obrazaca varijacione statistike. Međutim, standardna devijacija, a sa tim i koeficijent varijacija su statističke veličine koje vrede za Gausovu normalnu raspodelu slučajne promenljive, tj. sadržaja korisne komponente. U praktičnom radu se najčešće ne ispituje da li je raspodela korisne komponente u rudi normalna ili nije.

Najčešći slučaj raspodele korisnih metala u ležištima je po logaritamskom zakonu, i u tom slučaju se ne mogu jednostavno primeniti obrasci varijacione statistike na uobičajeni način. Tom prilikom je potrebno vrednosti sadržaja zameniti njihovim logaritmima. Sa logaritmima sadržaja korisne komponente možemo primeniti pomenute obrasce samo u slučaju kada utvrdimo da je raspodela logaritamski normalna, tj. da se može dobiti kriva slična Gausovoj. Ova računica je veoma složena i dugotrajna, čak i uz upotrebu stonih elektronskih računara. Ovako dobijena standardna devijacija ima drugi karakter jer odražava relativnu meru rasturanja logaritama sadržaja. Ovakva metodologija statističkog izučavanja karaktera distribucije korisnih metala kod nas još nije našla masovniju primenu.

Prilikom dugogodišnjih eksperimentisanja sa raznim varijantama statističkog analiziranja uranove mineralizacije ležišta Žirovski vrh (zbog velikog broja numeričkih podataka ovo ležište je pogodno za statističko eksperimentisanje), autor je došao do saznanja da je sadašnja klasična metodologija nedovoljna i ograničeno primenljiva.

Proučavajući obilnu literaturu pretežno sovjetskih autora, stekli smo utisak da se primena geostatistike uglavnom svodi na teoretska razmatranja ovoga problema, odnosno da retko kad nudi praktična i efikasna rešenja u okviru kompleksne metodologije istraživanja ležišta mineralnih sirovina.

Ovakvo stanje u toj oblasti, navelo je autora na razmišljanje o razradi nove metodologije geostatističkog ispitivanja orudnjenja, u cilju što efikasnijeg usmeravanja iste na rešavanje nekih praktičnih problema istraživanja ležišta mineralnih sirovina.

Geostatistička struktura orudnjenja najbolje se ilustruje *dvojnim histogramom,* koji je autor razvio iz klasičnog histograma (V. O m a l j e v, 1977).

Poseban problem u ovom radu je adekvatna geostatistička terminologija. Osnovna terminologija u ovoj oblasti je nedovoljno razrađena, geostatistički aspekt zahteva prilagođavanje osnovnih pojmova koji u geostatistici dobijaju posebno značenje, koje nekad nije identično sa terminologijom u ekonomskoj geologiji. Upotrebljena terminologija je preliminarna, jer se nalazi u procesu razvoja. Autor je ubeđen da samo živi rad na razvoju geostatističke metodologije može dovesti do utvrđivanja adekvatne geostatističke terminologije, te je unapred zahvalan na sugestijama i savetima u ovoj oblasti.

Zamena konkretnog rasporeda teorijskim, tj. normiranje krive distribucije korisnih metala u ležištima je viša faza geostatističkog ispitivanja. Ova problematika nije zastupljena u ovom radu, te ostaje obaveza autora da rezultate ovih ispitivanja uporedi sa rezultatima teoretskog rasporeda korisne komponente u ležištu Žirovski vrh.

OSNOVNI POJMOVI I DEFINICIJE

Pod pojmom geostatistika, u ovom slučaju, autor podrazumeva izučavanje određenog geološkog prostora matematičkim aparatom. Pri tome je matematički aparat pomoćna veština sređivanja i analize geoloških informacija i uvek se prilagođava geološkom rezonu. Bliže objašnjeno znači, osnovno u ispitivanjima je geološka problematika, koja mora da je potpuno jasna i dominirajuća u svim fazama geostatističkog proučavanja. Pri tome je osnovno da se niukom slučaju ne sme narušiti geološki kontinuitet prostora, događaja i posledica. Računski aparat se primenjuje samo toliko koliko se može geološki kontrolisati, ne ulazeći u matematičku nadgradnju koja nije geološki jasno definisana u kontinuiranom geološkom prostoru.

U ležištu mneralnih sirovina osnovni geološki pojam je *ruda,* odnosno *rudno telo.* Ležište je agregacija rudnih tela u jednoj određenoj geološkoj sredini — najčešće geološkoj formaciji.

Ruda je geološko-ekonomski pojam petrološkog materijala koji sadrži korisnu komponentu (ređe ja sam materijal korisna komponenta, kod nemetala, uglja, itd.). Pojam rude je uvek vezan za ekonomiku, ruda je geološki materijal koji se može ekonomski eksploatisati. Za sav drugi petrološki materijal koji sadrži korisne komponente u neekonomskim koncentracijama odomaćen je termin *mineralizacija* (ne ulazimo u stvarno jezičko i geološko značenje ovoga termina).

Korisna komponenta u ležištima metaličnih mineralnih sirovina je u najčešćem slučaju rasuta u velikoj zapremini stene. Koncentracije korisne komponente su po pravilu rasute zakonomerno, sledeći određene strukture u ležištu (kontrola orudnjenja). Prostori sa povećanim koncentracijama se izdvajaju kao rudna tela.

Rudno telo je geološko-ekonomski pojam određenog prostora u kome se nalaze povećane koncentracije korisne komponente u ležištu. Granica rudnog tela u prostoru je geološki definisana konturom *minimalnog graničnog sadržaja,* zamišljena površina okonturava prostor sa većim sadržajem od minimalnog. Konture rudnih tela kod ovakvih tipova ležišta sa vrlo neravnomernom distribucijom korisne komponente, izvlače se isključivo na bazi podataka sistematskog oprobavanja.

Ovakva stroga definicija rudnog tela kao okonturenog prostora nije u praksi uvek sprovodljiva. Rudu, odnosno rudno telo, treba istražiti sa ciljem da se ona eksploatiše. Prilikom eksploatacije nije moguće iskopati samo geološku rudu (V. O m a l j e v, 1969), uglavnom iz tehničkih razloga. Uvek se uz rudu otkopava i izvesna količina mineralizacije i stenovitog materijala, koji se skupno naziva jalovinom. Ruda je u rudarsko-ekonomskom smislu petrološki materijal koji je otkopan i izvezen iz jame, pod uslovom da se može ekonomično preraditi u fabrikat korisne komponente.

Na osnovu svega izloženog, imajući u vidu eksploataciju kao krajnji cilj svakog istraživanja mineralnih sirovina, dajemo geostatističku definiciju rudnog tela: *Rudno telo je okontureni prostor u ležištu koji ima ekonomskog smisla, a nije u suprotnosti sa rudarskim mogućnostima da se ceo prostor otkopa.* Srednji sadržaj korisne komponente u ovako definisanom rudnom telu treba obavezno da je veći od minimalnog ekonomskog sadržaja.

Ekonomski posmatrano, u ovako okonturenom rudnom telu nalazi se *ruda* i *jalovina* (sl. 2). U nedostatku pogodnijeg termina, celokupnu količinu materijala u rudnom telu nazivamo o r u d n j e n j e. Ovaj termin u radu ima prvenstveno geostatističko značenje.

Cilj geostatističkog ispitivanja rudnog tela je ispitivanje zakona raspodele korisne komponente u rudnom telu, tj. okonturenom prostoru. Geostatistička analiza treba da je razumljiva i verna za celo rudno telo, a istovremeno i za svaki pojedini detalj istog. Kao rezultat ovog istraživanja treba da bude geostatistička struktura orudnjenja, ne neka imaginarna, već konkretna, koja se može dokumentovati na uobičajeni način.

Raspodela korisne komponente u orudnjenju pokorava se kao svaka slučajna pojava zakonu velikih brojeva. Rudno telo je definisano kao geološki prostor — zapremina. *Ova zapremina ima dva geostatistička obeležja* — k o l i č i n u o r u d n j e n j a i k o l i č i n u k o r i s n e k o m p o n e n t e. Ova dva obeležja predstavljaju osnovne geostatističke parametre, te se analiza svodi na ispitivanje odnosa ovih obeležja — parametara. Geostatistički prikaz odnosa ovih obeležja rudnog tela daje se na *dvojnom histogramu.*

Svako rudno telo možemo izdeliti na beskonačno mnogo *elementarnih zapremina* Δv, od kojih svaka ima osnovne osobine celine, a to su dva obeležja — *elementarnu količinu orudnjenja* Δq i *elementarnu količinu korisne komponente* Δx. Elementarne veličine Δv i Δq su konstante, jedino je promenljiva veličina Δx, i ona igra ulogu srednjeg sadržaja svake elementarne ćelije rudnog tela.

Ovako definisana slučajno promenljiva može imati svaku vrednost od x_{min} do x_{max} za beskonačno veliki broj ispitivanja. Minimalna vrednost izuzetno može biti i nula, a maksimalna vrednost je ograničena sadržajem korisne komponente u najbogatijem mineralu.

Kod geostatističkog ispitivanja rudnog tela polazimo od konačnog broja ispitivanja. Informacije o rudnom telu dobijamo po pravilu oprobavanjem istražnih radova u ležištu. Tačan položaj i oblik rudnog tela u prostoru je uglavnom nedovoljno poznat, većom gustinom istražnih radova, odnosno proba, postižemo verniju i tačniju definiciju oblika i zapremine rudnog tela.

Kod verodostojnosti statističkog ispitivanja poseban je problem broja podataka-proba (informacija), koji najčešće nikad nije veliki; jedan od osnovnih problema je taj kada je broj podataka dovoljno veliki da stvarno reprezentuje rudno telo, naravno pod pretpostavkom jednolikog rasporeda proba u celoj zapremini rudnog tela.

Informacije o orudnjenju dobijamo po pravilu oprobavanjem. Ukupan broj proba koje su jednoliko raspoređene u okonturenom prostoru rudnog tela predstavljaju g e o s t a t i s t i č k i u z o r a k, koji reprezentuje rudno telo. Znači, ispitivanje rudnog tela zamenjujemo ispitivanjem geostatističkog uzorka.

Pojedinačna proba predstavlja najmanju količinu informacija koja je uopšte moguća. Struktura geostatističkog uzorka, a i rudnog tela, je korpuskularna, a jedna proba je *jedinična veličina* (kvant). Svaka proba ima realne dimenzije u prostoru, koje definišemo kao jedinične veličine: *jedinična zapremina v, jedinična količina orudnjenja q* i *jedinična količina korisne komponente x.*

Ukupna zapremina svih jediničnih zapremina proba u geostatističkom uzorku *(V)* je veličina uzorka i ona se nalazi u nekom određenom odnosu prema veličini rudnog tela, koji treba definisati. U istom odnosu se nalazi i ukupna količina orudnjenja geostatističkog uzorka *(Q)* prema ukupnim rezervama u rudnom telu.

Kod geostatističkog ispitivanja autor je uveo *pojam* razmere (V. Omaljev, 1977). Kod izrade dvojnog histograma potrebno je utvrditi veličinu i broj klasa na koje se raspoređuju podaci-probe geostatističkog uzorka. Pri tome je potrebno poći od nekog nivoa. Apsolutni nivo je nula (0), jer ne postoje negativni sadržaji korisne komponente u orudnjenju. Polazeći od analogije sa topografskim i geološkim kartama i planovima, autor je uveo pojam razmere koja,u ovom slučaju, definiše veličinu svake klase u skali rasporeda slučajno promenljive.

Kod normalne skale raspodele razmera definiše veličinu jedne klase, tj. koliko je jedinica sadržano u svakoj klasi slučajno promenljive (klase su obavezno jednake). Razmeru bi pisali uobičajeno, kao npr. 1 : 1, 1 : 2, 1 : 10, 1 : 100, itd. do najviše 1 : 1.000. U koordinatnom početku bi, po pravilu bila nula (0) kao najniži mogući nivo.

Kod logaritamske skale raspodele razmera je definisana na drugi način, jer su klase nejednake po broju jedinica (a jednake su po rasponu na apscisi). Kao prirodne granice logaritamske skale rasporeda javljaju se *logaritamske dekade*, koje imaju logaritme kao cele brojeve. Ako usvojimo segmente logaritamske dekade kao univerzalne u celoj skali, onda određujemo razmeru kao broj klasa na koji je taj segment podeljen, odnosno na koji je svaki segment podeljen. Osnovna podela segmenta dekadnih logaritama ($\log_{10}$) je na 10 klasa, što pišemo 1 : 10. Krupnija razmera bi bila 1 : 5, a sitnija 1 : 20. U ovoj logaritamskoj skali praktično bi upotrebljavali samo ove tri razmere.

GEOSTATIČKO ISPITIVANJE RUDNOG TELA *V*-1

Rudno telo *V-1* se nalazi u I rudonosnom paketu ležišta urana Žirovski vrh, u okolini bušotine V-1. Ovo rudno telo je detaljno istraženo i delimično otkopano sa nekoliko otkopa. S obzirom da su rezultati ovih eksploatacionih istraživanja objavljeni (V. Omaljev, 1969. i 1971) neće biti ponavljanja geoloških podataka. Naziv, rudno telo *V*-1, sada se prvi put pojavljuje, do sada su to bili otkopi i hodnici u otkopnom polju A pomenutih publikacija.

Detaljno istraživanje rudnog tela je izvršeno profilom jamskih perkusivnih bušotina iz potkopa *Pi*. Na osnovu podataka 6 bušotina, od kojih je centralno mesto zauzela *V*-1, okontureno je ovo rudno telo na preko 20 metara dužine (u smeru pada). Na osnovu 6 radiometrijskih proba (gama karotaž) dobijeni su sledeći parametri rudnog tela: srednja debljina je 1,24 m, srednji aritmetički sadržaj 878 ppm U, a srednji ponderisani sadržaj 707 ppm U.

Rudno telo je delimično otkopano, ukupno je otkopano oko 3.000 tona rude-iskopine (sl. 1). Celokupna količina rude je oprobavana van jame u masovnim probama prosečne težine oko 25 tona. Srednji sadržaj otkopane rude bio je 627 ppm U. Orudnjenje je pre otpucavanja oprobavano u jami

radiometrijskim probama u tački (sl. 2), metodom koju je autor razradio prilikom ovih radova (V. O m a l j e v, 1968). Ukupno je izmereno oko 5.900 radiometrijskih proba u tački, a srednji sadržaj je bio 652 ppm U. Interesantno je da se ovaj srednji sadržaj nalazi između sredina proba u bušotinama i sredine masovnih proba. Sem toga gustina oprobavanja bila je veoma različita, i to:

	Orudnjenje Q (t)	Broj proba n	Gustina proba Q/n (t/probi)
Perkusivno bušenje	3.000	6	500
RM oprobavanje u tački	3.000	5.900	0,51
Masovno	3.000	120	25

Operativno oprobavanje rude pre otpucavanja izvodilo se na otkopnim čelima neposredno pre otpucavanja. Odmah je u jami preliminarno računat srednji sadržaj urana radi klasifikacije orudnjenja na rudu i jalovinu: U slučaju da je srednji sadržaj bio iznad minimalnog (300 ppm U) pristupalo se okonturenju rude za otkopavanje. Zbog sigurnosti praćenja veoma nepravilne rudne konture uz rudu se otpucavalo i nešto jalovine (sl. 2). Realna kontura rudnog tela bila je geometrijski prilagođena mogućnostima otkopavanja. Zato smatramo da i za geostatistička ispitivanja orudnjenja treba obavezno uzeti ovu realnu konturu rudnog tela, a ne neku geološku konturu (geološka ruda) po kojoj nije tehnički moguće otkopati orudnjenje.

Radiometrijske probe su merene u čvorovima pravougaone mreže. Gustina mreže oprobavanja zavisila je od karaktera orudnjenja i od veličine površine otkopanog čela. Najčešće je primenjivana mreža 30×30 cm, ređe 50×30 cm. Gustina proba u pravcu maksimalne promenljivosti sadržaja je bila stalna, a rastojanja po pravcu minimalne promenljivosti je bila promenljiva. Zato kažemo da je raspored proba u rudnom telu bio jednolik, uzimajući još u obzir i relativno nejednako rastojanje između susednih otkopnih čela.

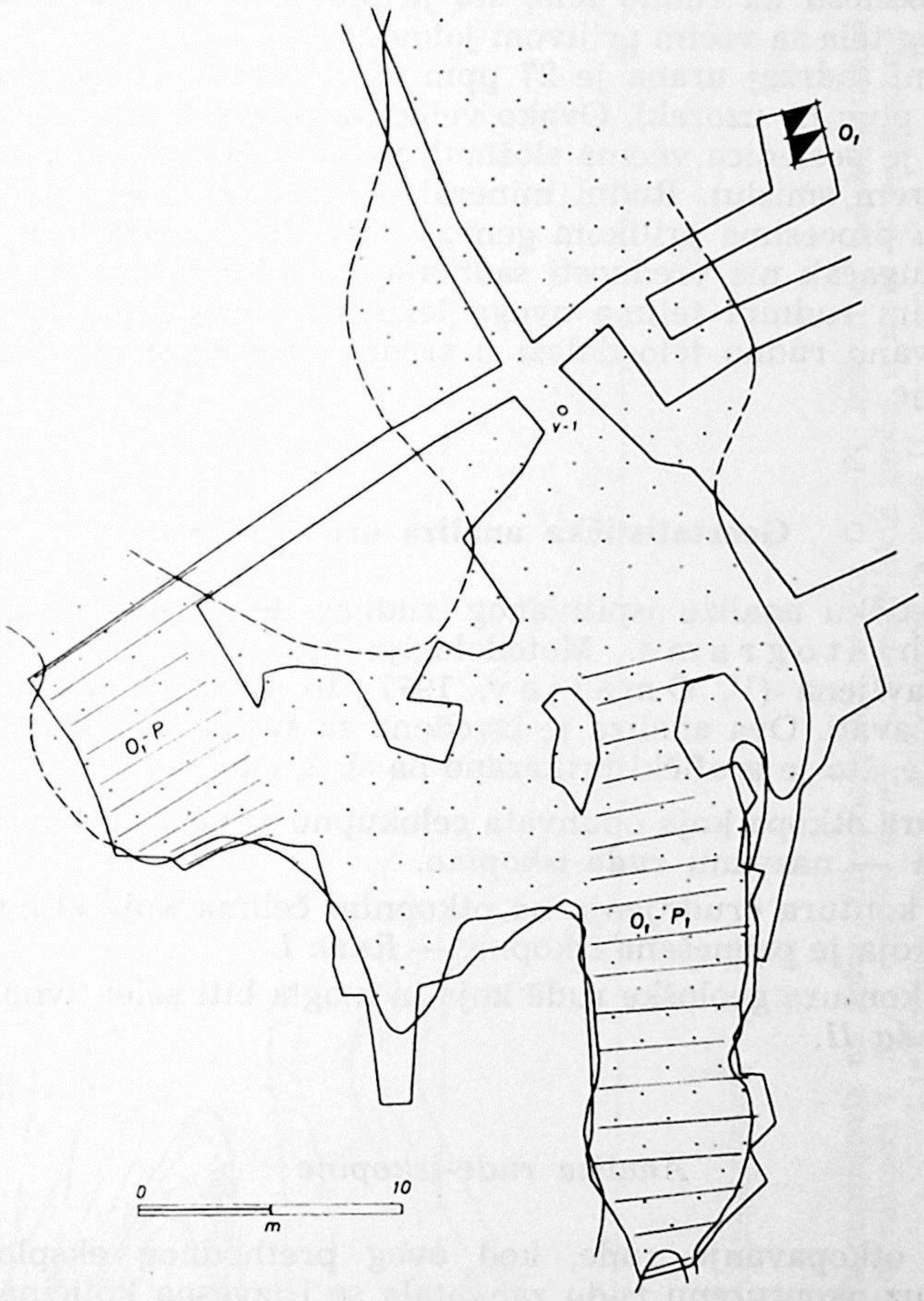
U konturi rudnog tela *V*-1 uzeta su dva geostatistička uzorka u smeru lokalnog pružanja rudnog tela (sl. 1). Na ostalim delovima otkopavanje je bilo različito usmereno, te ove etaže nisu korišćene kao uzorak. Moguće je da bi bilo najpravilnije uzeti sve radiometrijske probe u tački (5.900) kao uzorak, bez obzira na smer otkopavanja, ali to do sada nije bilo moguće uraditi (zbog obima posla).

Geostatistički uzorci nose nazive otkopa: *1. uzorak je* O_1—P *od 726 proba,* a *2. uzorak je* O_1—P_1 od 861 probe. Ova dva uzorka čine geostatistički *uzorak V-1* od 1.587 podataka-proba.

1. uzorak je bio geostatistički ispitivan (V. O m a l j e v, 1977), te nećemo ponavljati objavljene podatke. Ova ispitivanja predstavljaju nastavak i dublju analizu ove nove metodologije geostatističkog ispitivanja.

Već je utvrđeno da jedinična zapremina radiometrijske probe u tački iznosi oko 2 dm^3, a da jedinična količina orudnjenja iznosi oko 5 kg. Suma jediničnih količina orudnjenja svih proba uzorka V-1 iznosi oko 8 tona, što čini oko 0,27% od ukupno otkopane količine rude. Srednji sadržaj ura-

na u ovom uzorku je 807 ppm što je za oko 25% više od srednjeg sadržaja svih proba otkopa. To je posledica uticaja relativno velike količine siromašne rude i jalovine na rubovima ovog velikog rudnog tela. Konstatujemo da je ovaj geostitistički uzorak obogaćen, ali pretpostavljamo da to ne igra značajnu ulogu budući da je izazvano uticajem primešane (ili otsutne) jalovine.



Sl. 1 — Plan otkopa O_1—P i O_1—P_1 u rudnom telu V—1 (istačkano), sa otkopnim etažama geostatističkih uzoraka.

Fig. 1 — Plan of excavations O_1—P and O_1—P_1 in V—1 ore body (dotted), with excavation levels of geostatistical samples.

Uzorak O_1—P učestvuje sa oko 1,25% u količini otkopane rude. Srednji sadržaj uzorka je 719 ppm U, što se zadovoljavajuće slaže sa srednjim sadržajem svih proba otkopa (691 ppm) i svih masovnih proba (690 ppm).

Uzorak O_1—P_1 reprezentuje deo rudnog tela sa ukupnom količinom otkopane rude 1.556 tona sa srednjim sadržajem masovnih proba 611 ppm.

Pre otkopavanja orudnjenje je oprobavano sa 1.581 radiometrijskom probom sa srednjim sadržajem 618 ppm, što se idealno slaže sa srednjim sadržajem masovnog oprobavanja. Suma jediničnih količina orudnjenja ovoga uzorka iznosi oko 4,3 tone, što čini oko 0,28% od ukupno otkopane količine orudnjenja. Srednji sadržaj urana u uzorku iznosi 881 ppm U, što je takođe znatno više od srednjeg sadržaja otkopane rude. I ovaj uzorak je obogaćen u odnosu na rudno telo, što je posledica otkopavanja obodnih delova rudnog tela sa većim prilivom jalovine.

Minimalni sadržaj urana je 27 ppm (1. uzorak), a maksimalan sadržaj je 22.860 ppm (2. uzorak). Ovako veliki raspon sadržaja urana u ovom rudnom telu je posledica veoma složenih procesa geneze uranove mineralizacije (u širem smislu). Rudni mineral *pehblenda* je više puta stvaran *reciklacionim* procesima prilikom geneze, tako da je u rudnom telu stvoren veoma dugačak niz vrednosti sadržaja, od minimalnog do maksimalnog. U drugim rudnim telima ovoga ležišta nalazimo još više sadržaje urana, ispitivano rudno telo dolazi u srednje bogata, a od otkopanih je najsiromašnije

Geostatistička analiza orudnjenja

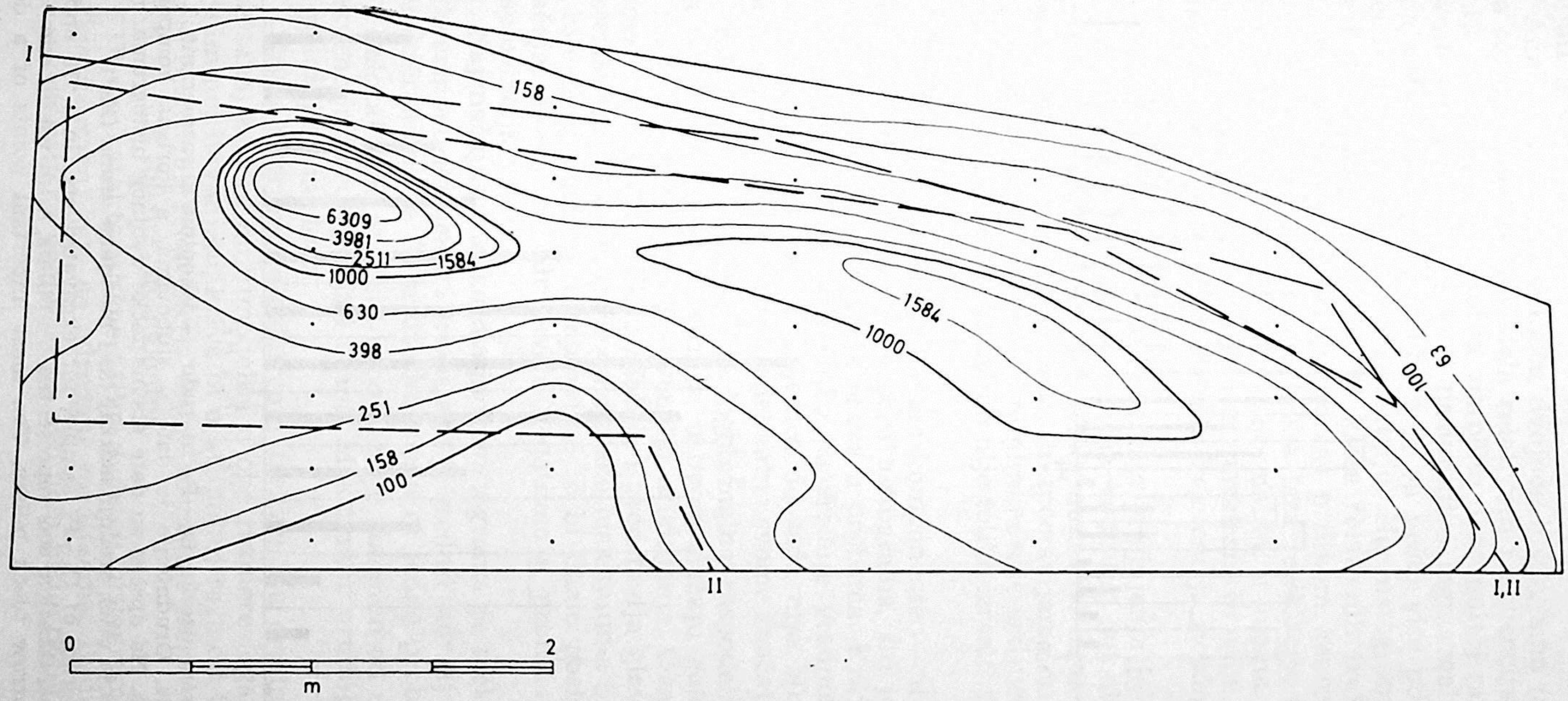
Geostatističku analizu ispitivanog rudnog tela izvodićemo pomoću d v o j n o g h i s t o g r a m a. Metodologija konstrukcije dvojnog histograma je objavljena (V, O m a l j e v, 1977), te se na tehničkim detaljima nećemo zadržavati. Ova analiza je izvođena za svaki geostatistički uzorak u tri varijante, što je grafički prikazano na sl. 2, i to:

1. Kontura otkopa koja obuhvata celokupnu količinu otkopanog orudnjenja — nazvanu *ruda-iskopina.*
2. Nova kontura orudnjenja na otkopnim čelima koja eliminiše jalovinu koja je primešana iskopini — *Ruda I.*
3. Nova kontura geološke rude koja bi mogla biti selektivno otkopana — *Ruda II.*

Analiza rude-iskopine

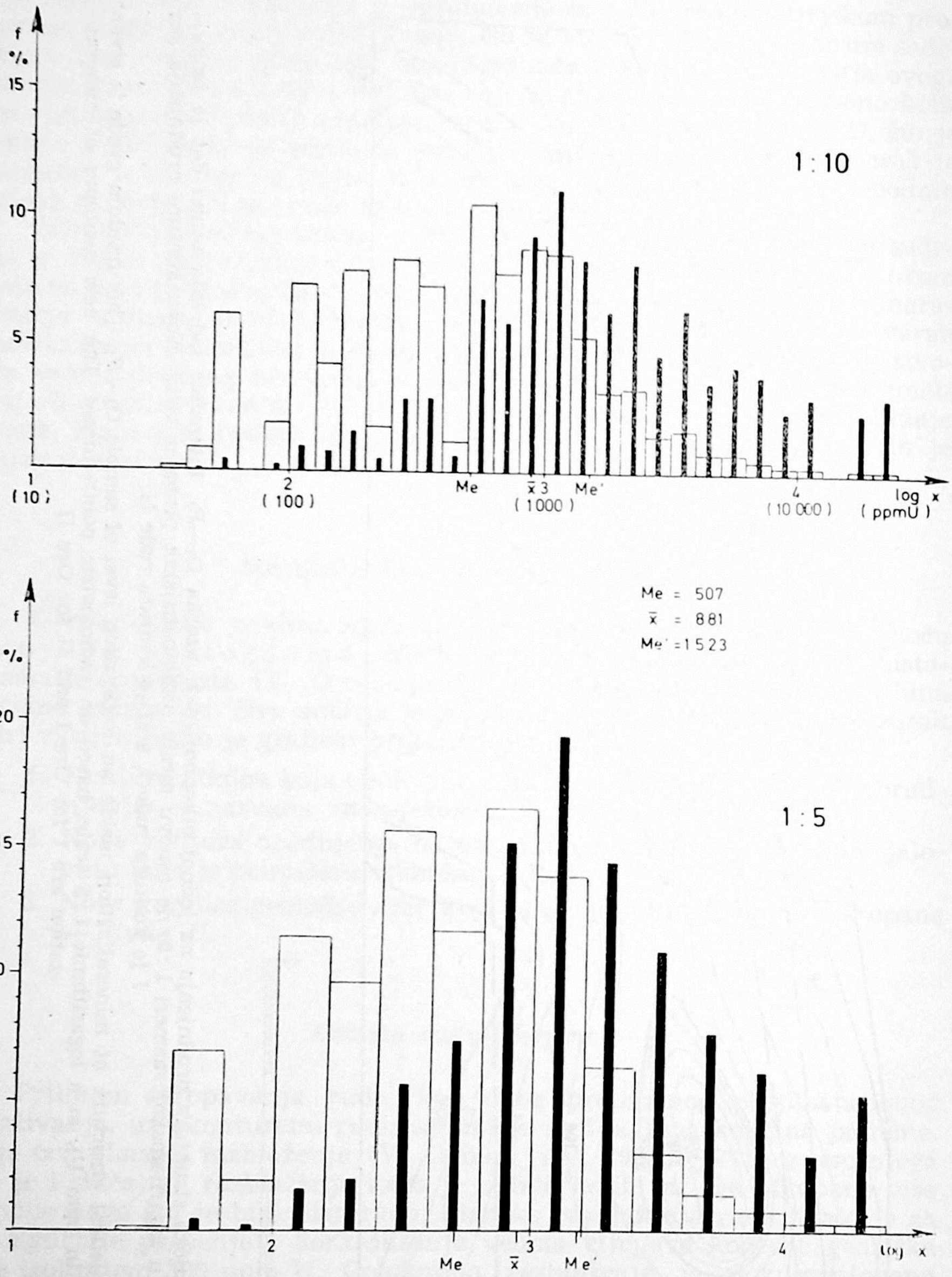
Prilikom otkopavanja rude, kod ovog prethodnog eksploatacionog istraživanja, uz okonturenu rudu zahvatala se i izvesna količina jalovine. To je tzv. plansko razblaženje (V. O m a l j e v, 1969. i 1971), a sem njega bilo je i slučajnih razblaženja kada je iz bilo kojih razloga otkopano više jalovine nego što je bilo planirano. Plansko razblaženje rude imalo je za cilj sigurnije praćenje i kontrolisanje veoma vijugave konture geološke rude izolinijom 300 ppm U. Celokupno razblaženje je dokumentovano oprobavanjem celokupne površine otkopnog čela. Otkopani materijal je nazvan ruda-iskopina, za razliku od geološke rude koja je takođe dokumentovana na skicama radilišta i planovima otkopa (V. O m a l j e v, 1969).

Veliki rasponi u sadržajima urana zahtevaju upotrebu logaritamske skale. Izrađeni su dvojni histogrami u razmerama 1 : 10 i 1 : 5 za sva tri geostatistička uzorka.



Sl. 2 — Geostatistička struktura orudnjenja na jednoj otkopnoj etaži uzorka O_1—P_1. Intenzitet sadržaja urana dat je izolinijama (u ppm U) u logaritamskoj razmeri 1 : 5, na osnovu mreže radiometrijskih proba u tački. Nove konture orudnjenja su: I je kontura rude I, a II je kontura rude II.

Fig. 2 — Geostatistical structure of mineralization inside an excavation level of sample O_1—P_1. The uranium grade is given in contour lines (in ppm U), in a logarithmic 1 : 5 scale, based on radiometric point-survey. The new contours of mineralization are I for Ore I and II for Ore II.



Sl. 3 — Dvojni histogram uzorka O_1—P_1 za rudu — iskopinu u razmerama 1 : 10 i 1 : 5 logaritamske skale. Orudnjenje je dato u stubovima, a korisna komponenta (uran) punim stubićima. Na apscisi su date glavne tačke dvojnog histograma: medijana orudnjenja (Me), srednji sadržaj ($\bar{x}$) i medijana urana (Me′).

Fig. 3 — Double histogram of O_1—P_1 sample, for excavated ore, in 1 : 10 and 1 : 5 logarithmic scales. Mineralization was represented by pillars, with useful component (uranium) given in narrow black pillars. The most important points of a double histogram, median of mineralization (Me), mean concentration ($\bar{x}$) and median of uranium are given on the abscisa.

Geostatistička analiza 1. uzorka je objavljena (1977), te je nećemo ponavljati u detalju.

Analiza 2. uzorka pomoću dvojnog histograma (sl. 3) je sledeća. Zapaža se lognormalna raspodela relativnih frekvencija orudnjenja, koja je jasnije izražena od 1. uzorka, naročito u krupnijoj razmeri. Raspodela relativnih frekvencija urana je nesumnjivo lognormalna, jedino nešto odstupaju dve najbogatije probe koje su nešto više pomerene na desno na apscisi, te izazivaju blagu asimetriju. Na histogramima sitnije razmere dolazi do izražaja varijabilnost klasa relativnih frekvencija, što je svakako posledica reciklacionih procesa prilikom geneze uranove mineralizacije. Pretpostavljamo da je svaka faza reciklacije dala određenu populaciju podataka, normalnu ili lognormalnu, u veoma sitnoj razmeri (1 : 20 ili još sitnijoj). Sada su ti procesi maskirani prostim preklapanjem populacija, ali ih kolebanja relativnih frekvencija orudnjenja i urana otkrivaju, mada nedovoljno precizno.

Maksimum relativnih frekvencija orudnjenja je u 8. klasi treće logaritamske dekade (histogram počinje sa 2. log dekadom), za dve klase je pomeren u desno od 1. uzorka. Maksimum nije izrazit, jedino je čudno da dolazi posle izrazitog minimuma. Pretpostavljamo da metoda oprobavanja igra izvesnu ulogu, odnosno da minimum nije isključivo posledica reciklacionih procesa, odnosno minimum nije toliko izrazit, što se vidi u krupnijoj razmeri.

Relativne frekvencije korisne komponente — urana — su fazno pomerene u desnu stranu po apscisi histograma, što je normalna posledica sve većih jediničnih sadržaja urana u probama. Krajnji desni članovi populacije nesrazmerno više utiču na srednje vrednosti od krajnjih levih članova niza. Ova važna činjenica do sada nije bila ilustrovana te nije bila ni zapažena ni shvaćena adekvatno svome značaju.

Karakteristično je da je lognormalna raspodela relativnih frekvencija urana pravilnija i mirnija, u ovom slučaju gotovo idealno pravilna, od raspodele relativnih frekvencija orudnjenja. Ova osobina rude ležišta Žirovski vrh je od velikog značaja i predstavlja glavnu geostatističku karakteristiku. Ukoliko bi varijacije oko maksimuma (i desno od njega) urana bile neujednačene i nepravilne to bi imalo posledice od ekonomskog značaja, one bi se odražavale negativno u proračunu rezervi i kasnijoj eksploataciji.

Najznačajnija tačka dvojnog histograma je *tačka jednakih relativnih frekvencija orudnjenja i urana,* a to je srednji sadržaj uzorka $x = 881$ ppm U. Karakteristično je da u uzorku nema ni jedne probe sa ovim sadržajem.

Položaj $\bar{x}$ na apscisi histograma je pomeren od maksimuma relativnih frekvencija i orudnjenja i urana. Maksimumi orudnjenja i urana određeni su položajem *modusa.*

Kriva distribucije relativnih frekvencija orudnjenja (koja nije konstruisana) bila bi multimodalna u obe razmere logaritamske skale. Sa izvesnim uopštavanjem, kriva bi u krupnijoj razmeri bila unimodalna. Oscilacije relativnih frekvencija urana su znatno mirnije, u krupnijoj razmeri kriva bi bila idealno unimodalna.

Druge karakteristične tačke dvojnog histograma su *sredine geostatističkih uzoraka,* koje su određene *medijanom.* Budući da rudno telo ima dva geostatistička obeležja, na dvojnom histogramu postoje dve medijane

— medijana orudnjenja $Me_2 = 507$ ppm U) i medijana urana ($Me'_2 = 1.523$ ppm U). Ove medijane dele uzorak, odnosno rudno telo, na dve polovine — osiromašenu i obogaćenu polovinu.

Medijana orudnjenja se nalazi u 8. klasi treće logaritamske dekade, odnosno u maksimalnoj klasi. Karakteristično je da u krupnijoj razmeri medijana dolazi u jednom minimumu između dva maksimuma, što predstavlja poseban kuriozitet. U odnosu na 1. uzorak ova medijana je pomerena u desno za dve klase.

Medijana urana se nalazi u drugoj klasi 4. logaritamske dekade i dolazi posle maksimuma relativnih frekvencija urana. To je posledica uticaja krajnjih desnih članova populacije. U krupnijoj razmeri ova medijana je normalno u maksimalnoj klasi.

Ove dve medijane su veoma udaljene jedna od druge, a među njima se nalazi srednji sadržaj, što predstavlja osnovni zakon dvojnog histograma (V. Omaljev, 1977). Matematički izraz zakona dvojnog histograma je sledeći:

$$Me < \bar{x} < Me'$$

Ova činjenica do sada nije bila uočena, u bogatoj literaturi nije bilo primera koji bi ovo konstatovao. Naprotiv, do sada se smatralo da u idealnoj normalnoj raspodeli relativnih frekvencija, medijana i srednji sadržaj treba da se poklope, ili da su bar veoma bliski (I. P. Šarpov, 1971). Međutim, ove vrednosti se ne mogu poklopiti, samo u krajnjem slučaju one se izjednačuju. Tada imamo samo jednu vrednost slučajno promenljive tj. korisne komponente u orudnjenju, što možemo matematički izraziti:

$$x = \bar{x}$$

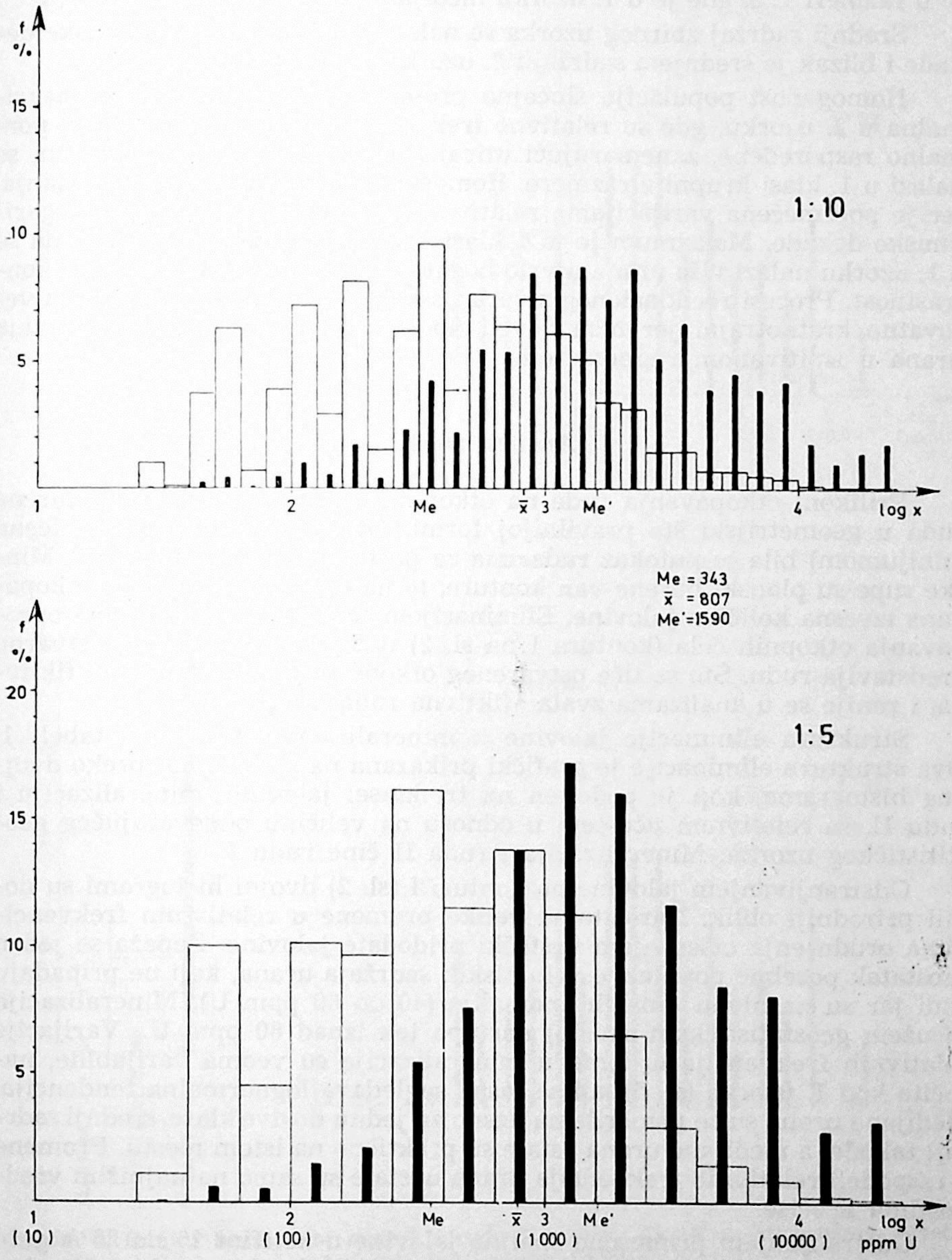
a tada je:

$$Me = \bar{x} = Me' = x$$

Položaj maksimalno bogatih proba (preko 1% urana, probe u 5. logaritamskoj dekadi) na apscisi dvojnog histograma nesumnjivo ukazuju da ove probe pripadaju posebnoj populaciji u smislu parcijalnih populacija reciklacionog niza. Međutim, ove probe pripadaju zajedničkoj zbirnoj populaciji isto toliko koliko i druge probe u uzorku. U krupnijoj razmeri je jasno da ove probe pripadaju zajedničkom zbirnom skupu u logaritamskoj raspodeli. Ove maksimalno bogate probe ne možemo smatrati za anomalne probe, već samo za ekstremno bogate probe. Autor je ranije bio u dilemi zbog sugestija da se ove probe posebno tretiraju kao anomalne, ali sada je konačno dokazano da su to normalni članovi zajedničke populacije. Zato ne dolazi u obzir njihovo isključenje iz uzorka. S obzirom da u drugim rudnim telima postoje još bogatije probe, problem ekstremno bogate rude još nije dovoljno analiziran, a svakako da ovaj problem zaslužuje izuzetnu pažnju jer ima izuzetno velikog uticaja na proračun rezervi urana u ležištu.

Zbirni geostatistički uzorak *V-1* je prikazan na dvojnom histogramu na sl. 4. Relativne frekvencije orudnjenja su takođe uslovno lognormalno raspoređene, ali kriva distribucije bi bila veoma razvučena, naročito u krupnijoj razmeri. Raspodela relativnih frekvencija urana je takođe lognormalno raspoređena, slično kao u 2. uzorku, u krupnijoj razmeri kriva bi bila idealna i unimodalna. Ektremno bogate probe ne izazivaju asime-

triju, već se skoro idealno uklapaju u Gausovu krivu, naročito u krupnijoj razmeri. Varijacije relativnih frekvencija orudnjenja, u sitnijoj razmeri, su veoma izražene, a kod urana dolazi do smirivanja, u odnosu na parcijalne geostatističke uzorke.



Sl. 4 — Dvojni histogram uzorka V—1 (detalji kao na sl. 3).

Fig. 4 — Double histogram of V—1 sample (details are the same as in fig. 3).

Medijana orudnjenja se nalazi u 6. klasi treće logaritamske dekade, poklapa se sa maksimumom relativnih frekvencija orudnjenja, a takođe je bliska medijani 1. uzorka.

Medijana urana je desno pomerena od maksimuma i nalazi se u 3. klasi 4. logaritamske dekade, opet je približna medijani 1. uzorka (razlika je u razmeri 1: 5, gde je u 1. uzorku medijana u maksimumu).

Srednji sadržaj zbirnog uzorka se nalazi u 9. klasi 3. logaritamske dekade i blizak je srednjem sadržaju 2. uzorka.

Homogenost populacije slučajno promenljive — urana — je maksimalna u 2. uzorku, gde su relativne frekvencije idealno logaritamski normalno raspoređene, zanemarujući uticaj najbogatije probe. Maksimum se nalazi u 1. klasi krupnije razmere. Homogenost 1. uzorka je znatno manja, jer je poremećena varijacijama relativnih frekvencija na kraju 4. logaritamske dekade. Maksimum je u 2. klasi krupnije razmere, što znači da se u 1. uzorku nalazi više urana u vrlo bogatoj rudi što izaziva povećanu kontrastnost. Procesi reciklacionog stvaranja pehblende bili su nemirniji i verovatno kratkotrajni jer nisu doveli do stvaranja maksimalnih sadržaja urana u ispitivanom rudnom telu.

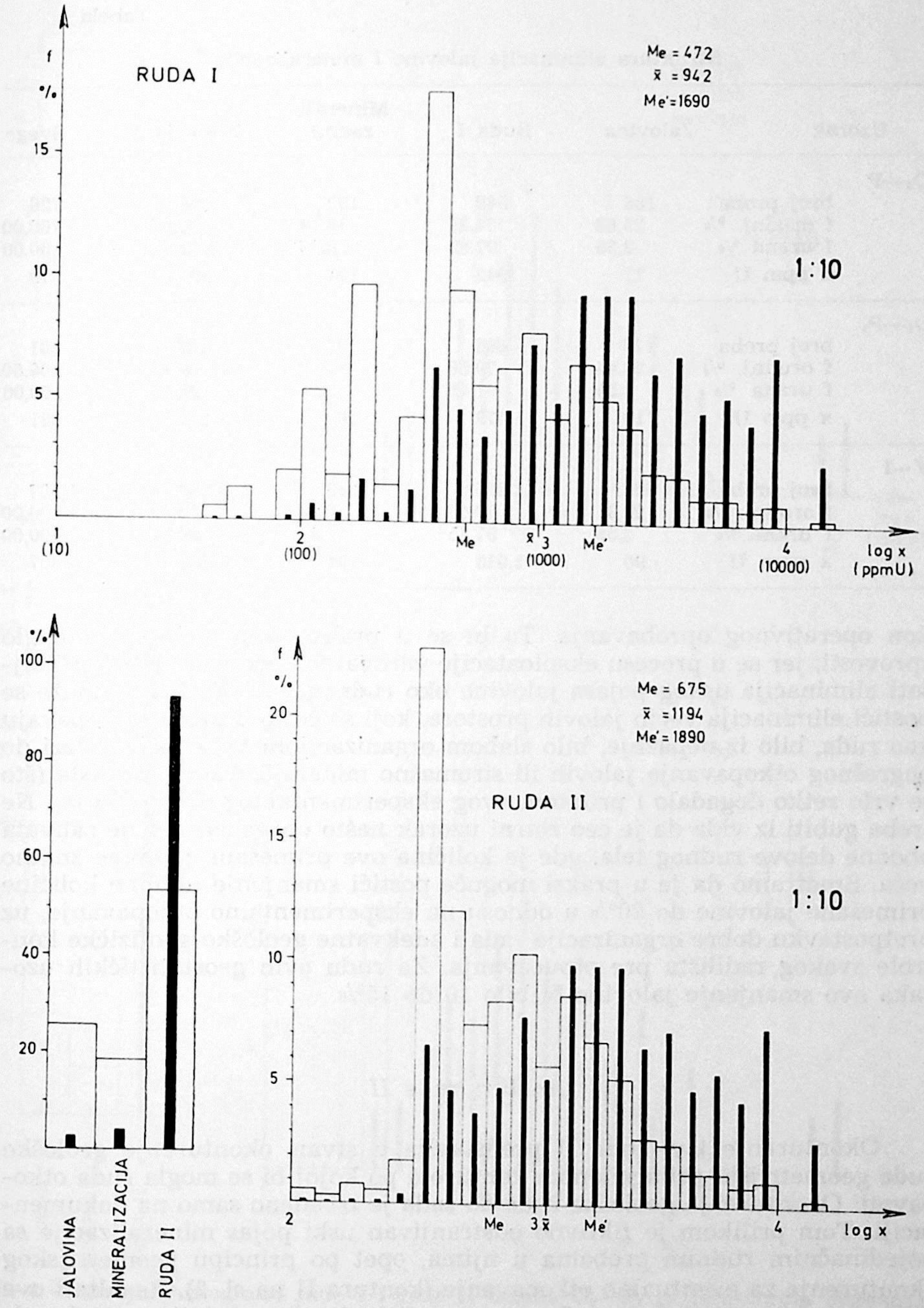
Analiza rude I

Prilikom otkopavanja rude na otkopnim čelima je bila okonturena ruda u geometrijski što pravilnijoj formi. Ova rudna kontura (izvučena minijumom) bila je putokaz rudarima za postavljanje minskih rupa. Minske rupe su planski bušene van konture, te na taj način su rudom otkopavana izvesna količina jalovine. Eliminacijom te jalovine na skicama oprobavanja otkopnih čela (kontura I na sl. 2) dobijamo rudu I, koja stvarno predstavlja rudu. Što se tiče ostvarenog otkopavanja, ova ruda I je fiktivna, i ranije se u analizama zvala »fiktivna ruda-iskopina«.

Struktura eliminacije jalovine (i mineralizacije) data je u tabeli 1. Ova struktura eliminacije je grafički prikazana na sl. 5, 6. i 7, preko dvojnog histograma, koji je podeljen na tri klase: jalovinu, mineralizaciju i rudu II, sa relativnim učešćem u odnosu na veličinu odgovarajućeg geostitističkog uzorka. Mineralizacija i ruda II čine rudu I.

Odstranjivanjem jalovine po konturi I (sl. 2) dvojni histogrami su dobili prirodniji oblik. Naročito su velike promene u relativnim frekvencijama orudnjenja otsecanjem veštački pridodate jalovine. Zapaža se jedan zaostatak posebne populacije vrlo niskih sadržaja urana, koji ne pripadaju rudi jer su na nivou fonskih anomalija (40 do 60 ppm U). Mineralizacija (u užem geostatističkom smislu) nastupa tek iznad 80 ppm U. Varijacije relativnih frekvencija u domenu mineralizacije su veoma varijablne, naročito kod 1. uzorka (sl. 5), ali se jasno sagledava lognormalna tendencija. Medijane urana su se pomerile na desno za jednu do dve klase, srednji sadržaji takođe, a medijane urana ostale su praktično na istom mestu. Promene u raspodeli relativnih frekvencija urana nastale su samo na najnižim vrednostima apscise.

Odstranjenjem primešane spoljne jalovine u količini 20 do 25% gubi se samo oko 2,5% količine urana. Jasno je da bi bilo ekonomski optimalno kada bi se rudno telo moglo otkopavati po stvarno izvučenoj konturi, na-



Sl. 5 — Dvojni histogrami rude I i rude II uzorka O_1—P sa strukturom otsecanja jalovine i mineralizacije.

Fig. 5 — The Double histogram of Ore I and Ore II, sample O_1—P, with the structure of removal of waste and mineralization.

Tabela 1

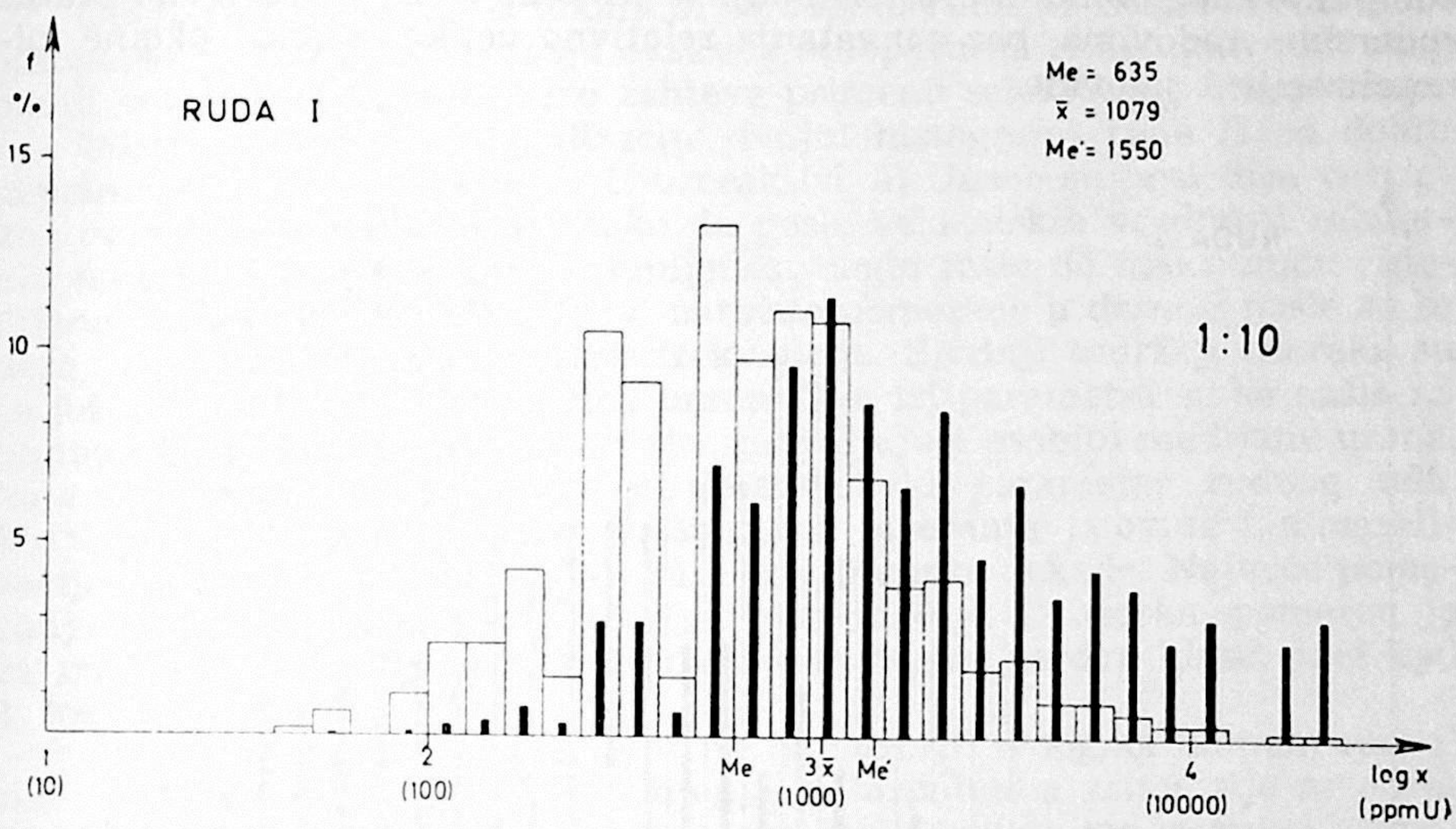
Struktura eliminacije jalovine i mineralizacije

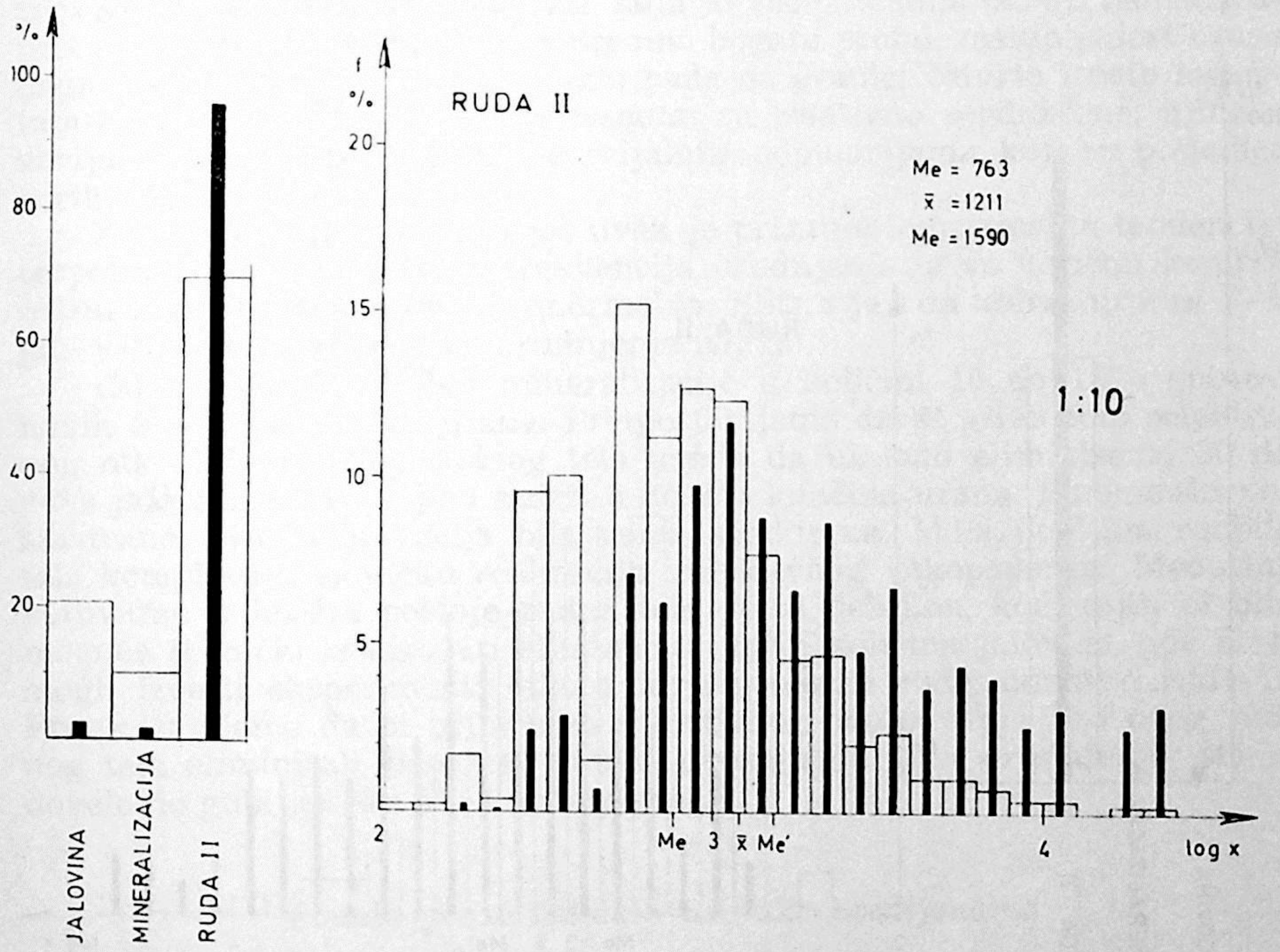
Uzorak		Jalovina	Ruda I	Mineralizacija	Ruda II	Svega
O_1—P						
	broj proba	186	540	132	408	726
	f orudnj. %	25,62	74,38	18,18	56,20	100,00
	f urana %	2,56	97,45	4,06	93,38	100,00
	$\bar{x}$ ppm U	72	942	161	1.194	719
O_1—P_1						
	broj proba	176	685	87	598	861
	f orudnj. %	20,44	79,56	10,10	69,45	100,00
	f urana %	2,55	97,45	1,94	95,51	100,00
	$\bar{x}$ ppm U	110	1.079	169	1.211	881
V—1						
	broj proba	362	1.225	219	1.006	1.587
	f orudnj. %	22,81	77,19	13,80	63,39	100,00
	f urana %	2,55	97,45	2,81	94,64	100,00
	$\bar{x}$ ppm U	90	1.018	164	1.204	807

kon operativnog oprobavanja. To bi se u praksi samo delimično moglo sprovesti, jer se u procesu eksploatacije verovatno neće moći bitno poboljšati eliminacija uskog pojasa jalovine oko rudnog tela. Međutim, može se postići eliminacija većih jalovih prostora, koji se često u praksi otkopavaju kao ruda, bilo iz nepažnje, bilo slabom organizacijom rada kada dolazi do pogrešnog otkopavanja jalovih ili siromašno mineralizovanih radilišta (što se vrlo retko događalo i prilikom ovog eksperimentalnog otkopavanja). Ne treba gubiti iz vida da je ceo zbirni uzorak nešto obogaćen, jer ne zahvata obodne delove rudnog tela, gde je količina ove primešane jalovine znatno veća. Smatramo da je u praksi moguće postići smanjenje ukupne količine primešane jalovine do 20% u odnosu na eksperimentalno otkopavanje, uz pretpostavku dobre organizacije rada i adekvatne geološko-geofizičke kontrole svakog radilišta pre otpucavanja. Za rudu ovih geostatističkih uzoraka ovo smanjenje jalovine bi bilo 10 do 15%.

Analiza rude II

Okonturenje tzv. rude II predstavlja u stvari okonturenje geološke rude geometrijski prilagođenom konturom po kojoj bi se mogla ruda otkopavati. Okonturenje geološke rude do sada je izvođeno samo na dokumentaciji. Tom prilikom je fiktivno odstranjivan uski pojas mineralizacije sa pojedinačnim rudnim probama u njima, opet po principu geometrijskog okonturenja za eventualno otkopavanje (kontura II na sl. 2). Rezultati ove operacije dati su u tabeli 1. Ova geometrijska kontura relativno malo odstupa (prostija je) od geološke konture na nivou izolinije 300 ppm urana (koja je teoretski ograničila rudno telo u prostoru). Za geostatističko ispitivanje, po pravilu se ne uzima ova teoretska kontura, zbog njenog veoma

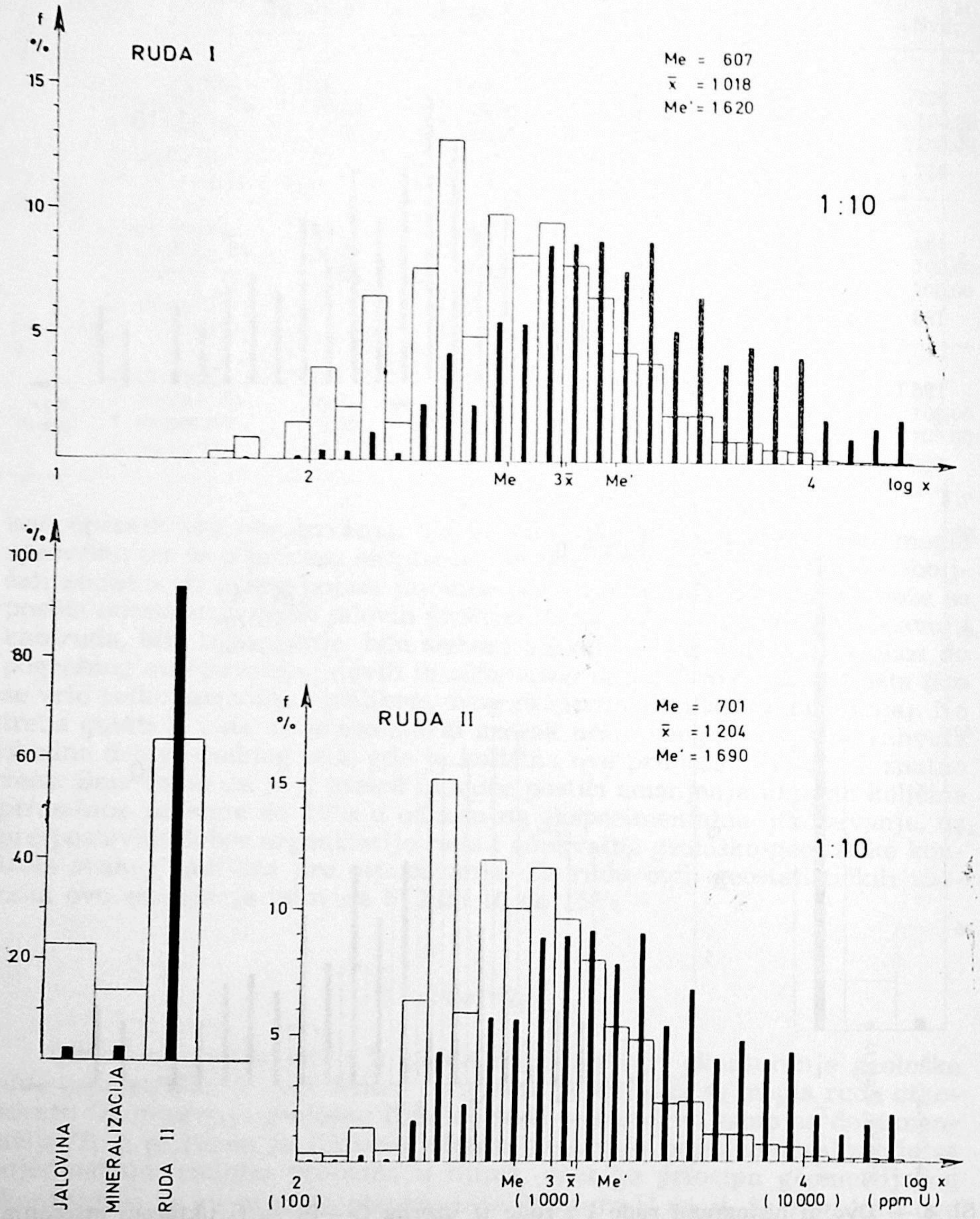




Sl. 6 — Dvojni histogrami rude I i rude II uzorka O_1—P_1 sa strukturom otsecanja jalovine i mineralizacije.

Fig. 6 — The double histogram of Ore I and Ore II, sample O_1—P_1, with the structure of removal of waste and mineralization.

komplikovanog oblika u prostoru, koji se često ne može jednostavno pratiti rudarskim radovima, bez zahvatanja relativno velike količine okolne mineralizacije i jalovine.



Sl. 7 — Dvojni histogrami rude I i rude II uzorka V—1 sa strukturom otsecanja jalovine i mineralizacije.

Fig. 7 — The double histogram of Ore I and Ore II, sample V—1, with the structure of removal of waste and mineralization.

Otkopavanjem rude II dobila bi se bogata ruda. U eksperimentalnom otkopavanju nije bilo pokušaja ovakvog otkopavanja rude uglavnom zbog malih debljina rudnih tela, što zahteva primenu selektivnog otkopavanja.

Odstranjivanjem mineralizacije dvojni histogrami rude II su dobili neprirodne oblike, naročito za 1. uzorak (sl. 5). Jasne su posledice veštačkog otsecanja mineralizacije, tako da posle vrlo niskih vrednosti relativnih frekvencija orudnjenja zastupljenost naglo raste do maksimuma. Medijane orudnjenja (sl. 5, 6. i 7) su naročito pomerene u desno i našle su se desno od maksimuma relativnih frekvencija. Srednji sadržaji uzoraka su se još više približili medijanama urana. Ova tri parametra su se našla na najmanjem međusobnom rastojanju, zahvaljujući osobini medijane urana, koja se pokazala kao najstabilniji geostatistički parametar rudnog tela. Medijana urana i posle ovog dvostepenog otsecanja jalovine i mineralizacije još uvek se nalazi u istoj klasi logaritamske dekade. Najveće pomeranje po apscisi bilo je kod medijane orudnjenja 1. uzorka, pomeren je za tri klase, a srednji sadržaj je najviše pomeren za dve klase, opet kod 1. uzorka.

Za orudnjenje 1. uzorka ne može se govoriti o lognormalnom rasporedu relativnih frekvencija orudnjenja, a ta potpuna asimetrija se odražava i na zbirni uzorak *V*-1. Tolika asimetrija orudnjenja izaziva i asimetriju relativnih frekvencija urana, koja je veoma čudna (sl. 5). Zanemarujući zaostalu mineralizaciju i ekstremno bogatu probu, zastupljenost urana naglo raste u 6. klasi treće, i naglo pada na granici četvrte i pete logaritamske dekade. Klase u ovom rasponu su relativno ujednačene, njihove varijacije su svakako izazvane parcijalnim populacijama, koje su posledica reciklacionih procesa geneze.

Za orudnjenje 2. uzorka još uvek je prisutna lognormalna tendencija rasporeda (sl. 6) relativnih frekvencija orudnjenja, a za korisnu komponentu kriva je nesumnjivo lognormalna. Slično je i za zbirni uzorak *V*-1, gde jedino strči maksimum orudnjenja (sl. 7).

Odstranjenjem pojasa mineralizacije u količini 10 do 18% gubimo novih 2 do 4% količina urana. Pretpostavljamo da bi primenom selektivnog otkopavanja ovog rudnog tela uspeli da ukupno eliminišemo 30 do 44% jalovine koja ukupno sadrži 5 do 7% količina urana. Ekonomski posmatrano, ova bi operacija bila vema atraktivna. Mala debljina rudnog tela komplikuje tehničku realizaciju selektivnog otkopavanja. Međutim, verovatno u ležištu postoje rudna tela većih debljina, kod kojih bi bilo moguće tehnički realizovati eliminaciju većih količina jalovine, gde bi se mogli izvesti eksperimenti otkopavanja geološke rude, odnosno rude II. Pretpostavljamo da bi primenom selektivnog otkopavanja kod ovog rudnog tela eliminisali jalovinu i mineralizaciju do 40% orudnjenja, što bi dovelo do gubitka oko 5% količine urana.

Podela geostatističkih uzoraka medijanama

Medijane dele uzorak, odnosno rudno telo, na dve polovine — *osiromašenu i obogaćenu*. U tabeli 2 dati su numerički podaci podele ispitivanih uzoraka medijanama.

Medijana orudnjenja deli uzorak približno na rudu i jalovinu (sa mineralizacijom). Gubitkom 50% količine orudnjenja gubimo svega 9 do

Podela uzoraka medijanama na osiromašenu i obogaćenu polovinu

Tabela 2

Uzorak	Osiromašenje					Me	Obogaćenje				
	f orudnjenja		f urana				f orudnjenja		f urana		
	n	%	X	%	$\bar{x}$		n	%	X	%	$\bar{x}$
Medijana orudnjenja											
O_1—P uzorak	363	50,00	47.730	9,15	131	338	363	50,00	474.094	90,85	1.306
— ruda I	270	50,00	69,750	13,72	258	472	270	50,00	438.757	86,28	1.625
— ruda II	204	50,00	86.638	17,78	425	675	204	50,00	400.648	82,22	1.924
O_1—P_1 uzorak	431	50,06	92.673	12,22	215	507	430	49,94	665.662	87,78	1.548
— ruda I	343	50,07	126.550	17,12	369	635	342	49,93	612.451	82,88	1.791
— ruda II	299	50,00	141.395	19,52	473	763	299	50,00	582.876	80,48	1.949
V—1 uzorak	794	50,03	134.197	10,48	169	343	793	49,97	1,145.988	89,52	1.445
— ruda I	613	50,04	192.527	15,43	314	607	612	49,96	1,054.981	84,57	1.724
— ruda II	503	50,00	227.438	18,77	452	701	503	50,00	984.129	81,23	1.957
Medijana urana											
O_1—P uzorak	650	89,53	260.849	49,99	401	1.690	76	10,47	260.975	50,01	3.434
— ruda I	468	86,67	254.282	50,01	543	1.690	72	13,33	254.225	49,99	3.531
— ruda II	342	83,82	243.866	50,05	713	1.890	66	16,18	243.420	49,95	3.688
O_1—P_1 uzorak	748	86,88	379.244	50,01	507	1.523	113	13,12	379.091	49,99	3.355
— ruda I	578	84,38	362.104	49,95	639	1.550	107	15,62	369.897	50,05	3.457
— ruda II	496	82,94	362.164	50,00	730	1.590	102	17,06	362.107	50,00	3.550
V—1 uzorak	1.399	88,15	640.603	50,04	458	1.590	188	11,85	639.582	49,96	3.402
— ruda I	1.047	85,47	624.096	50,03	596	1.620	178	14,53	623.412	49,97	3.502
— ruda II	839	83,40	606.545	50,06	723	1.690	167	16,60	605.022	49,94	3.623

12% količine urana. Najpovoljniji odnos je u 1. uzorku, gde je osiromašena polovina sa niskim srednjim sadržajem (131 ppm U). To je posledica dva »povoljna« faktora: izrazitog maksimuma relativnih frekvencija orudnjenja u 6. klasi treće logaritamske dekade i desnog položaja maksimuma relativnih frekvencija urana.

U 2. uzorku osiromašena polovina je najbogatija (215 ppm), što je posledica desnog položaja maksimuma relativnih frekvencija orudnjenja, a istovremeno levog položaja maksimuma relativnih frekvencija urana.

Obogaćene polovine ovih uzoraka predstavljaju relativno bogatu rudu jer su srednji sadržaji urana iznad 1.300 ppm, što odgovara rudi koja se može ekonomski eksploatisati (uz druge uslove) bez nekih posebnih teškoća.

Kod osiromašenih polovina rude I i II dolazi do zahvatanja siromašne rude tako da srednji sadržaji nekad odgovaraju orudnjenju siromašnijih ležišta, naročito kod rude II 2. uzorka (473 ppm). Obogaćene polovine pa predstavljaju bogatu rudu jer su srednji sadržaji uvek iznad 1.600 ppm, a kod rude II približavaju se 2.000 ppm, što odgovara sadržajima relativno bogatih ležišta urana u svetu.

Medijana urana takođe deli uzorak na dve polovine, od kojih obe imaju srednje sadržaje iznad 400 ppm urana. Osiromašene polovine bi odgovarale siromašnim ležištima urana u terigenim sedimentima tercijarne starosti. Obogaćene polovine odgovarale bi srednjim sadržajima vrlo bogatih ležišta urana u svetu, čija se ruda može transportovati na relativno velika rastojanja. Obogaćene polovine se relativno malo razlikuju po srednjim sadržajima, karakteristično je da su srednji sadržaji veći u 1. uzorku iz već navedenog razloga. Činjenica je da je ruda 1. uzorka kompaktnija pri kraju 4. logaritamske dekade, a ruda 2. uzorka je kompaktnija na prelazu iz 3. u 4. logaritamsku dekadu. Značaj ovih konstatacija za sada ne možemo sagledati.

Obogaćene polovine po medijani urana predstavljaju vrlo bogatu rudu, koja čini srce rudnog tela. Ova ruda zauzima relativno malu zapreminu rudnog tela, kao što je to slučaj kod 1. uzorka gde je 50% količine urana skoncentrisano u jedva nešto iznad 10% zapremine rudnog tela. Od značaja je da ova vrlo bogata ruda predstavlja kompaktnu masu koja zauzima središnji položaj (ne u geometrijskom smislu) u rudnom telu (sl. 2), a oko nje se nalazi relativno jednoliko mineralizovani prostor sa sadržajima iz druge logaritamske dekade (100 do 1.000 ppm) bez nekih posebnih geostatističkih karakteristika.

Ukoliko je proces reciklacije za vreme geneze uranove mineralizacije bio dugotrajniji utoliko je, pretpostavljamo, stvorena bogatija ruda. Kao krajnji produkt ovih višestepenih obogaćenja reciklacijom, stvorena je ekstremno bogata ruda, koja u ovom rudnom telu predstavlja samo krunu orudnjenja, jer zauzima zanemarljivo malu zapreminu. Jasno je da vrlo bogata i ekstremno bogata ruda ne mogu biti predmet posebne eksploatacije, ali je isto tako jasno da bez ove rude imamo relativno siromašnu rudu sa sadržajima do 1.000 ppm urana, retko više. Ova vrlo bogata ruda zauzima svega 10 do 13% zapremine rudnog tela.

Ekstremno bogata ruda zauzima svega 0,3% ukupne zapremine zbirnog uzorka, jer je predstavljena samo sa 5 proba. U ovoj zapremini nalazi se 5,96% količine urana, a ova ruda ima srednji sadržaj preko 1,5% urana.

U 1. uzorku ima samo jedna proba sa jediničnom zapreminom 0,14% i sa 2,46% količine urana. U 2. uzorku se nalaze 4 ekstremno bogate probe, koje u orudnjenju učestvuju sa 0,47% a sadrže 8,36% urana, a ova ruda ima srednji sadržaj 1,58%.

Količina ekstremno bogate rude je simbolična, ali količina urana u njoj nije zanemarljiva. Takođe je vrlo veliki uticaj ove rude na srednji sadržaj uzorka: u 1. uzorku sadržaj pada sa 719 na 702 ppm, u 2. uzorku sa 881 na 811 ppm, a u zbirnom uzorku sa 807 na 761 ppm urana. Ova ruda je kao so u jelima, po količini mala ali bez nje ruda je manjeg kvaliteta.

Uticaj ekstremno bogate rude u ovom rudnom telu je relativno mali, ali u drugim bogatijim rudnim telima je značajan, nekad i veoma značajan.

ZAKLJUČAK

Na ležištu urana Žirovski vrh bilo je obavljeno prethodno eksploataciono istraživanje rudnih tela kroz probno otkopavanje rude. Tom prilikom sakupljena je velika količina numeričkih podataka o uranovoj mineralizaciji, koja do sada nije bila dovoljno obrađena.

Geostatističko ispitivanje jednog otkopanog rudnog tela je obavljeno novom metodologijom, analizom dvojnog histograma.

Pod pojmom geostatistika autor podrazumeva izučavanje geološkog prostora matematičkim aparatom, koji je samo veština sređivanja geoloških informacija i uvek se prilagođava geološkom rezonu. Poseban problem predstavlja geostatistička terminologija, koja se takođe nalazi u fazi razrade.

Imajući u vidu eksploataciju kao krajnji cilj istraživanja ležišta data je geostatistička definicija rudnog tela: Rudno telo je okontureni prostor u ležištu koji ima ekonomskog smisla, a nije u suprotnosti sa rudarskim mogućnostima otkopavanja. Ekonomski posmatrano, u rudnom telu se nalazi ruda i jalovina. Celokupnu količinu materijala u rudnom telu nazivamo orudnjenje, a ovaj novi termin ima geostatističko značenje.

Informacije o orudnjenju po pravilu dobijamo oprobavanjem. Ukupan broj proba u rudnom telu nazivamo geostatistički uzorak, koji reprezentuje rudno telo. Pojedinačna proba predstavlja najmanju količinu informacija, te predstavlja jediničnu veličinu.

Rudno telo kao zapremina ima dva geostatistička obeležja — količinu orudnjenja i količinu korisne komponente, u ovom slučaju urana. Jedinična zapremina i jedinična količina orudnjenja su konstante, a jedinična količina urana je slučajno promenljiva veličina. Geostatističkim ispitivanjem utvrđujemo odnose orudnjenja i urana po klasama slučajno promenljive.

Kod geostatističkog ispitivanja dvojnim histogramom uveden je pojam razmere, koji definiše veličinu i broj klasa u normalnoj i logaritamskoj skali raspodele slučajno promenljive.

Analiza jednog rudnog tela izvedena je preko dva geostatistička uzorka i zbirnog uzorka, u tri varijante konture rudnog tela.

Relativne frekvencije orudnjenja su uslovno lognormalno raspoređene, a kod rude II nekad je ekscentricitet toliko veliki da raspodela nije lognormalna. Relativne frekvencije urana su po pravilu lognormalno raspoređene, nekad idealno.

Glavne tačke dvojnog histograma su srednje vrednosti: srednji sadržaj, koji predstavlja tačku jednakih jediničnih relativnih frekvencija orudnjenja i urana, i dve medijane — medijana orudnjenja i medijana urana. Ove dve medijane se nalaze na relativno velikom rastojanju po apscisi, a među njima se nalazi srednji sadržaj. Autor smatra da ova činjenica predstavlja osnovni geostatistički zakon.

Odstranjivanjem jalovine gubimo 20 do 25% orudnjenja i svega oko 2,5% urana, a eliminacijom i mineralizacije gubimo novih 10 do 18% orudnjenja sa 2 do 4% urana. Primenom odgovarajućeg otkopavanja debljih rudnih tela možemo postići eliminaciju do 40% orudnjenja sa oko 5% urana, što bi ekonomski posmatrano bilo veoma atraktivno.

Medijana orudnjenja deli uzorak približno na rudu i jalovinu. Medijana urana deli uzorak na siromašnu i bogatu rudu. Obogaćena polovina sa 50% urana predstavlja malu količinu vrlo bogate rude, 10 do 13%. Ekstremno bogata ruda je veoma malo zastupljena u ovom rudnom telu i zauzima manje od 0,5% orudnjenja, a sadrži oko 6% urana. Srednji sadržaj ekstremno bogate rude je iznad 1,5%.

Ispitivano rudno telo predstavlja srednje bogato rudno telo u ležištu Žirovski vrh, a od otkopanih je najsiromašnije.

LITERATURA

1. Omaljev V., 1968: — Primena nove metode radiometrijskog oprobavanja u tački. Rudarsko-metalurški zbornik, št. 4/68, Ljubljana.
2. Omaljev V., 1969: — Eksploatacijsko raziskovanje v uranovem rudišču Žirovski vrh. Geologija 12, Ljubljana.
3. Omaljev V., 1971: — Eksploataciono istraživanje I rudonosnog paketa u ležištu uranijuma Žirovski vrh. Nuklearna energija br. 2—3, godina 1970/71, Beograd.
4. Omaljev V., 1974: — Ispitivanje uslova primene i kontrola radiometrijskih metoda oprobavanja u ležištu urana Žirovski vrh. Tehnika, RGM 9/74, Beograd.
5. Omaljev V., 1977: — Geostatistički prikaz rudnog tela pomoću dvojnog histograma. Tehnika, RGM 10/77, Beograd.
6. Radević V., Vujić S. i Pavlović V., 1976: — Primena matematičkog modeliranja ležišta mineralnih sirovina. Savetovanje JKLMS: Nove metode geoloških istraživanja i oprema. Opatija.
7. Simić N., 1967: — Matematička obrada podataka radiometrijskog oprobavanja, uzroci sistematskih grešaka i načini njihovog uklanjanja. Radovi IGRI, broj 3, Beograd.
8. Šarapov I. P., 1971: — Primenenie matematičeskoj statistiki v geologiji. Izdateljstvo »Nedra«, Moskva.
9. Vukadinović S., 1963: — Primena teorije verovatnoće i matematičke statistike u geologiji i geofizici. Povremena izdanja Zavoda za geološka i geofizička istraživanja, Beograd.

Summary

VELJKO OMALJEV*

GEOSTATISTICAL STUDY OF V-1 ORE BODY, ŽIROVSKI VRH URANIUM MINE

The Žirovski Vrh uranium deposit has been covered by relatively extensive investigation for exploration of ore bodies by the application of partial or complete excavation. Such works supplied the large amount of

numerical data related to uranium mineralization; however, these data were not, up to the present, treated in a satisfactory way.

After several years of experimenting with different approaches of statistical treatment of this uranium mineralization, author of this paper has concluded that the presently applied methods are restricted and limited in their application. Consequently, he has attempted to develop a new practical methodology applied in geostatistical study of mineralization, which can be effectively employed in solving the practical problems related to investigation of mineral deposits.

Geostatistics, in this work, represents the application of mathematical technic in the study of geological space; this mathematical technic here represents only an auxiliary tool, applied in arranging the geological data, and being always adapted to geological reasoning. The geological problems should be stated clearly and should be dominant in all phases of geostatistical studies. It is also important that in no instance the continuity of geological space, events and consequences, should be disturbed.

One of the specific problems in this work represents the correct geostatistical terminology, and the author is particularly grateful for any suggestion or idea.

In the deposits of mineral raw materials, the basic unit represents the ore, or an ore body. The deposit represents an aggregate of ore bodies inside a specific geological environment, usually a geological formation.

The ore, in both the geological and economic sense, represents the petrological material containing a useful component. This component is usually dispersed inside a large volume of rock masses, and the areas of higher concentrations are considered as the ore bodies. The spatial extension of an ore body is, in geological and economic sense, limited by the cut-off grade, and the boundaries of an orebody delineate the space where the ore grade is higher of the given cut-off value.

When the exploitation is considered as the final goal of any exploration, the geostatistical definition of an orebody can be stated as: — »The orebody represents a delineated space inside a mineral deposit, which can be considered as of economic importance, and where the exploitation is feasible by mining methods«.

From economic points of view, the delineated ore body contains the ore and the waste (fig. 2). The entire material inside an ore body is described as the mineralization.

The task of geostatistical study of an ore body is to investigate the structure of mineralization and the character of distribution of the useful component.

The ore body is defined as a space where the mineralization by the useful component is located. Consequently, it has two geostatistical characteristics — the amount of mineralization Q and the amount of useful component X. The geostatistical representation of the two characteristics can be graphically presented on a double histogram, which author has produced from a normal histogram (V. O m a l j e v, 1977).

The information on mineralization is obtained by sampling. The total amount of samples, distributed evently inside the delineated space of an

---

* Institute for Geological and Mining Exploration and Investigation of Nuclear and Other Mineral Raw Materials, Beograd.

ore body, constitutes the geostatistical sample, which represents the given ore body. Consequently, the investigation of an ore body is replaced by the study of samples.

The individual sample represents the smallest possible amount of information. Each sample has the real dimensions in space, defined as the unit volume v, unit of mineralization q and the unit of useful component x. The total volume (V) or mass of sample (Q) are in the definite relations with the size of the ore body, and these relations should be determined for a specific case.

The useful component is a variable, which ranges from x_{min} to x_{max}. The minimum can be zero, and the maximum is limited by the concentrations of useful component in the richest ore mineral.

In application of double histogram in geostatistical study of ore bodies, the author has introduced the scale (V. O m a l j e v, 1977), similar to scales used in other geological documents. It extends from the absolute minimum 0 towards the maximum concentration. In a normal distribution, the scale shows how many samples are inside a given class, i.e., defines a class, usually expressed as 1 : 1, 1 : 5, 1 : 10 and similar. On a logarithmic scale, the distribution is defined in a different way, due to the fact that the classes are inequeal in number of units. The logarithmic decades, with logarithms as the integer, represent here the natural limits of a distribution. Each logarithmic decade is divided into equal parts, and the scale shows how many classes are inside a logarithmic decade. The basic subdivision of decade logarithms is in 10 scales, noted as 1 : 10; a coarse one is 1 : 5, and the finer one is 1 : 20. Practically, in $\log_{10}$ subdivision there are only three scales.

The V-1 ore body, excavated during the experimental investigations, has been treated by geostatistical methods in this paper. The ore body is represented by two geostatistical samples, collected along its strike (fig. 1). This ore body was initially explored by underground drilling, and subsequently by excavation (V. O m a l j e v, 1969).

Total of about 3,000 tons of ore material was excavated. Prior to excavation, the ore was surveyed radiometrically along a regular grid network, and the density of samples is rather uniform inside the entire volume of investigated ore body. Total of 5,900 points were radiometrically surveyed.

Geostatistical analysis was based on the double histogram method. The analysis contains the three variants (fig. 2), i.e.,

1. Contour of excavation containing the entire mineralization, defined here as the excavated ore;
2. New contour of mineralization at the excavation fronts, which eliminates the waste in the excavated ore (Ore I);
3. New contour of geological ore which can be excavated selectively (Ore II).

The histograms show the lognormal distribution of relative frequencies of mineralization and uranium, which is better expressed on the finer scale. In 1 : 10 scale, the variation of the distribution curve are noticable, which is particularly unstable at the lower values on abscissa. The distribution of relative frequencies of uranium is more stable, and the 1 : 5 scale curve is unmistakably unimodal and ideally lognormally distributed. Only

the samples of highest concentrations in the extreme right part of distribution indicate some new population and introduce some dextral excentrity. It is clear that these samples also belong to the same group, representing the anomalius concentrations. The ore containing more than 1% U has been treated separately as the extremely rich ore (O m a l j e v, 1969), as confirmed by geostatistical study.

After removal of waste, the histograms of Ore I have a more natural shapes (fig. 5, 6 and 7), with particularly expressed differences in relative frequency of mineralization to the left of maximum. By removal of mineralization, the Ore II histograms have obtained an unnatural shape; such treatment disturbs the natural composition of ore by artificial removal of lower grade parts of an ore body.

By removal of waste, about 20 to 25% of mineralization, and only 2,5% of uranium, are excluded. By a good organization, and a constant geological and geophysical control at each excavation site, this is feasible in praxis. By further removal of the external part of mineralization, additional 10 to 18% of mineralization, including 2—4% of uranium, are excluded. By application of selective excavation methods, the waste with up to 40% of mineralization, containing up to 5% of uranium, can be excluded. However, the complicated conditions of excavation makes such an exploitation approach questionable.

The most important point on a double histogram is the point of relatively equal frequency of mineralization and uranium, which is actually the mean sample concentration.

The other characteristic points on such histogram are the mean values of samples, defined by the medians. Due to the fact that the ore body has two geostatistical characteristics, there are two medians — the median of mineralization *(Me)* and the median of uranium (Me′). The medians divide the sample into the depleted and enriched portion (Table 2).

These two medians are appreciably mutually separated, with the mean sample located somewhere between these two medians. This represents the basic conclusion of double histogram (V. O m a l j e v, 1977), expressed mathematically as:

$$Me < \bar{x} < Me'$$

This conclusions was apparently not reached so far, and was not found in the available literature. On the contrary, it was assumed that in an ideal normal distribution of relative frequencies, median and the mean value should coincide (I. P. S h a r a p o v, 1971). These values, however, will coincide in an extreme case only, where there is an only one value of the useful component in a mineralization, i.e.,

when $x=\bar{x}$, other values are also equal, or $Me=\bar{x}=Me'=x$

The mentioned characteristics of a double histogram shift to the right when mineralization and the waste are excluded. The largest shift was observed in median of mineralization, which has moved for up to three classes. The mean concentration has also drifted appreciably. However,

the median of uranium has shifted insignificantly, remaining in the same class; it represents the most stable point in a double histogram.

The median of mineralization of excavated ore approximately divides the sample into the geological ore and the waste (Table 2), but in Ore I and Ore II includes the low-grade ore as well. The median of uranium divides the sample in Ore I and Ore II into the low-grade and high-grade ore. The high-grade ore constitutes only 10 to 13% of the total volume of ore, but contains 50% of uranium, as the useful component.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 11, 1977. god.

MILORAD ARSENIJEVIĆ

UDK 553.46:553.44 (497.11)

GERMANIJUM U SFALERITU OLOVNO-CINKOVIH LEŽIŠTA CENTRALNOG KOPAONIKA*

(sa 4 table i 4 slike)

U olovno-cinkovim ležištima Koporić i Žuta Prlina, na centralnom delu Kopaonika, sadržaj germanijuma u sfaleritu dostiže 0—190 gr/t. Crni i mrkocrni sfaleriti su siromašni ovim elementom ne prelazeći granicu od 30 gr/t, dok u mrkim, mrkožutim i žutim sadržaj Ge se kreće do 190 gr/t. Pojava germanijuma u sfaleritima iz ovih ležišta ističe prisustvo germanijumovog metalogenog polja u oblasti Kopaonika a vezana je za ležišta u kojima preovlađuju srednje i niže temperature stvaranja mineralnih parageneza.

Istraživanje germanijuma i proučavanje njegovog rasporeda u sulfidnim paragenezama naših ležišta dostiglo je značajne razmere. Osim ležišta Mežice, poznatog kao nižetemperaturni germanijumonosni alpski tip, ova ispitivanja su do sada zahvatila ležišta Cu i Pb-Zn među kojima su po sadržaju Ge najznačajnija ležišta bakra u istočnoj Srbiji (1—3). Mnoga olovo-cinkova ležišta, pretežno raspoređena u Srbiji i Makedoniji, krajnje su siromašna ovim elementom (4, 15). Germanijum se samo pojavljuje u ležištu Dobrevo i Sase, dok u drugim nije zapažen a naročito na prostoru južnog dela Kopaonika (Trepča, Lece, Ajvalija, Kišnica, Novo Brdo i dr.). U stvari, takvo stanje predstavlja osnovnu odliku dosadašnjeg poznavanja raspodele germanijuma u sfaleritu kao glavnom koncentratoru. Istina, ovaj se sreće u nekim silikatima iz skarnovsko-hidrotermalnih parageneza ove vrste ležišta, što naglašava nepovoljne uslove za njegovo koncentrisanje u sulfidnoj fazi.

METODIKA ISPITIVANJA

U nastavku ovakvih ispitivanja na centralnom delu Kopaonika zahvaćena su ležišta olova i cinka Koporić i Žuta Prlina. Pri tome su na ležištu Koporić sakupljeni uzorci sa dnevnog kopa, dok je ležište Žuta Prlina uzorkovano na svim horizontima.

Proučavanje sadržaja Ge u sfaleritu izvođeno je na monomineralnim frakcijama. Izdvajanje je vršeno ručno a zatim je obavljeno prečišćavanje putem elektromagnetne separacije, teških tečnosti i optičkom metodom.

* Primljeno za štampu 11. maja 1977. god. Recenzent Dragan Pešić.

Kod pripreme monomineralnih koncentrata, u cilju dobijanja što vernijih podataka o rasporedu germanijuma, posebna pažnja je posvećena bojenim varijetetima i uočavanju njihovih odnosa u paragenezi. Na taj način bilo je omogućeno izdvajanje crnih sfalerita-marmatita, mrkih i, najzad, žutih. Ovo je postignuto optičkim posmatranjem pojedinačnih koncentrata, dok su odnosi bojenih vrsta kontrolisani bilo na frakcijama ili na poliranim presecima preparata, kao i na znatno većim površinama poliranog rudnog uzorka (M. Arsenijević).

Rudnomikroskopska ispitivanja su bila samo kontrolnog karaktera (D. Kleut) s obzirom da su ove parageneze ranije proučavane.

Određivanje sadržaja germanijuma i drugih elemenata u sfaleritu i pratećim mineralima vršeno je spektrohemijskom metodom sa greškom ±25% (M. Arsenijević). Sadržaj Fe u sfaleritu (Z. Červenjak) dobijen je hemijskim putem, kako bi se još jasnije okarakterisali varijeteti i paragenetski odnosi između Ge i izvesnih pratilaca.

Pri razmatranju analitičkih podataka korišćeni su različiti statistički parametri među kojima $\overline{X}$ — aritmetička sredina, γ — geometrijska sredina, $t = \frac{\overline{\gamma}_1 - \overline{\gamma}_2}{s}$ kao mera važnosti jednakosti ili nejednakosti sredina, r — koeficijent korelacije, N — broj osmatranja i df — broj stepena slobode.

Sve terenske radove i pripremu koncentrata sfalerita vršio je autor, dok su pripremne radove za spektrohemijske analize obavili tehnički saradnici: J. Simić, V. Ivanović i S. Nedeljković na čemu im se posebno zahvaljujem.

U uslovima ovakve metodike pripreme i analize ostvarene su povoljne mogućnosti za proučavanje rasporeda sadržaja germanijuma u ležištima Koporić i Žuta Prlina o čijim geološko-genetskim osobinama postoje brojni podaci.

OSNOVNE OSOBINE GEOLOŠKOG SKLOPA LEŽIŠTA I ODLIKE SFALERITA

Prema dosadašnjim geološkim proučavanjima ležišta Koporić i Žuta Prlina nalaze se na području koje leži na dubokoj regionalnoj dislokaciji koja prolazi preko srednjeg Kopaonika (8, 9, 11, 12, 13, 14, 16, 22). Uže područje se odlikuje linijskim rasedima pravca ZSZ—IJI (18) koje presecaju kasniji rasedi (SI—JZ ili ISI—ZJZ) dajući blokovsku strukturu. Za ove mlađe strukture, nastale posle izlivanja vulkanita tercijarne starosti, vezana je rudna mineralizacija i ovih Pb—Zn ležišta.

U stvari, posmatrani tereni predstavljaju deo ofiolitske zone izgrađene od serpentina, gornjejurskih tvorevina sa dijabaz-rožnom formacijom i krednih sedimenata. U užoj okolini posmatranih ležišta sreću se krečnjaci u tufovima (18).

Sve ove formacije probijaju vulkaniti a mestimično i granodioriti. Vulkaniti prve faze geosinklinalnog tipa predstavljeni su sanidin-dacitima i andezitima sa tufovima, a druga faza se odlikuje takođe sanidinskim dacitima i andezitima iza kojih je došlo do odlaganja rudne mineralizacije sa

pulsacijama u kraćim vremenskim razmacima. Vulkanska aktivnost se završava bazaltima koji probijaju andezite i dacite (18).

Ležište Koporić je stvoreno na kontaktu serpentina i crvene flišne serije (12, 18), pri čemu su obe formacije toliko izmenjene da je nastala moćna kvarcna masa. Kvarcna masa je tektonski ispucala duž pravaca ISI—ZJZ gde je odložena rudna mineralizacija Pb i Zn. Orudnjenje je izvršeno i u probojima kvarc-latita, kao i u flišnoj seriji ili u izmenjenim serpentinima u vidu žica, žilica i impregnacija.

U mineralnim paragenezama nalaze se sfalerit, galenit, markasit, pirit, pirhotin, arsenidi i diarsenidi Ni—Co i drugi minerali. Uglavnom u mineralnom sastavu ležišta učestvuje oko 50 minerala (18). Kao osnovni procesi, pratioci orudnjenja, javljaju se karbonatizacija sa sideritom u najmanje dve faze, dolomitom, ankeritom i kalcitom, a zatim silifikacija i sericitizacija uz obrazovanje zelenog hromnog ilita karakterističnog indikatora hidrotermalnih promena serpentina.

Sfalerit se javlja u vidu retkog mrkocrnog, mrkog i žutog varijeteta. Mrkocrni varijetet, po svojim osobinama i sadržaju In (do 150 gr/t), pripada visokotemperaturnoj fazi i sreće se kao najbolje očuvan u vulkanitu. Inače je raspršen i gotovo potpuno potisnut kasnijim procesima karbonatizacije. Usled toga se u sideritu pojavljuje u dispersnom stanju, tako da siderit sadrži veće količine In ($\bar{X}=14$ gr/t), kao indikatora ove faze, nego mrki sfalerit ($\bar{X}=4{,}5$ gr/t).

Mrki sfalerit je najviše zastupljen od svih varijeteta, dok je žuti ređi. Ovi sfaleriti predstavljaju drugu fazu nastalu u nižetemperaturnim procesima. Mestimično se zapaža da mrki obrasta crni sfalerit sa oštrim kontaktima. Međutim, sam mrki pokazuje bojene prelaze prema žutom ili se žuti ređe nalaze u vidu žilica duž pukotina u mrkom sfaleritu pripadajući zadnjem niskotemperaturnom stadijumu (6).

Ležište Žuta Prlina se nalazi u serpentinima isprobijanim vulkanitima (7, 8, 18). Rudna mineralizacija se stoga javlja u serpentinima, na kontaktu serpentina i vulkanita ili slabije u samom vulkanitu. Praćena je silifikacijom, karbonatizacijom (siderit, kalcit) i sericitizacijom uz stvaranje zelenog hromnog ilita ili čak obrazovanjem talka koji ispunjava međuprostore u sfaleritu, odnosno rudi, što ukazuje na intenzivne procese promena serpentina i vulkanita. Prema ranijim podacima (8), mineralni sastojci su nastali u dve faze: u katatermalnoj su odloženi pirhotin, sfalerit, stanin i halkopirit, a u mezotermalnoj nastupaju pirit-markasit, arsenopirit, zlato, tetraedrit, argentit, galenit, bulanžerit, falkmanit, plumozit i drugi minerali. Međutim, prema najnovijim proučavanjima (7) sfalerit se javlja u najmanje dve temperaturne faze a predstavljen je crnim i mrkocrnim marmatitima i mrkim sfaleritima.

Crni sfalerit-marmatit sadrži retka halkopiritska izdvajanja ili izdvajanja stanina koji se javlja i na kontaktu sfalerita i galenita (8). Izrazito obogaćenje indijumom (do 650 gr/t), nizak odnos Ga/In (ispod 0,05), pomenuta izdvajanja i visok sadržaj Fe vezuju ove marmatite pretežno za visokotemperaturnu katatermalnu fazu stvaranja. Samo u nekim slučajevima odnos Ga/In prelazi vrednost 0,1 ukazujući i na mezotermalni postanak marmatita u prvoj fazi sfalerita.

Mrki sfaleriti čine grupaciju u kojoj je izraženo nijansiranje boje od mrkih preko mrkožutih do oranžžutih a prisutni su i mrkocrveni. Ovaj va-

rijetet obrasta marmatite gradeći oštre kontakte a karakteriše ga nizak sadržaj In ili njegovo odsustvo ili odnos Ga/In koji leži u okviru 0,1—18,0 pokazujući nižetemperaturne uslove, odnosno posebnu fazu obrazovanja ove grupe sfalerita.

Mrkocrveni sitnodispersni sfalerit nekada oblaže crne i mrke varijetete i zalazi u njihove pukotine drobljenja a takođe potiskuje i galenit (7). Najčešće je udružen sa nešto mlađim sulfoantimonidom Pb iz plagionitske grupe, prvi put određenim kod nas (7; M. Vukasović, M. Arsenijević) kao mineral semseit — $9PbS \cdot 4Sb_2S_3$. Ovaj sfalerit se nalazi kao okca u kružnim agregatima semseita ili brečastim komadima. On predstavlja treću i poslednju fazu stvaranja sfalerita ili je usled finog drobljenja mrkih sfalerita nošen kasnijim rastvorima oblažući ranije stvorene minerale. U svakom slučaju, položaj ovoga sfalerita i semseita uslovljen je novim tektonskim i hidrotermalnim aktivnostima s obzirom da se u ležištu nalaze i u žičnim telima (T. Janković; 7). Treba istaći da posle dolomitizacije dolazi i naknadna faza silifikacije koja seče kako karbonatsku masu tako i sulfidnu paragenezu sa mrkocrvenim sfaleritom i semseitom.

Kao što se vidi, iako se ne ulazi u detaljniju analizu genetskih uslova parageneza, u oba ležišta se zapažaju jako izražene sličnosti a takođe i razlike u mineralnim i geohemijskim paragenezama, stepenu reakcionih promena sulfida, odnosno marmatita, kao i u uslovima njihovog odlaganja. Između ostalog ovo se ogleda u arsensko-antimonskoj orijentaciji parageneza u Koporiću i antimonsko-kalajnoj u Žutoj Prlini.

Gornji odnosi i faze sfalerita omogućili su da se germanijum prati kroz crne, mrke i žute varijetete a takođe da se posmatra i povezanost sa nekim drugim sastojcima. Takav pristup dozvoljava da se potpunije razmotre raspored i uslovi koncentrisanja ovog sastojka u ležištima.

RASPORED GERMANIJUMA U SFALERITU

Germanijum je u ovim ležištima vezan isključivo za sfalerit koji je istovremeno i njegov glavni koncentrator. Nalazi se u sadržajima od 0—190 gr/t i nije prisutan u svim slučajevima (Tabela 1). U sfaleritu ležišta Koporić učestanost pojavljivanja je znatno veća nego u Žutoj Prlini, što se odražava kako na varijetetima tako i na ukupnom sadržaju germanijuma. U stvari, prema prisutnim sadržajima germanijuma sfalerit iz Žute Prline je mestimično više obogaćen, ali se retko sreće u brojnije zastupljenom i manje potisnutom marmatitu, naročito u onom izrazito visokotemperaturnom.

Pa ipak, zbog jače homogenosti raspodele germanijuma u sfaleritu iz ležišta Koporić njegov sadržaj izgleda nešto viši nego u onome iz Žute Prline. Međutim, ovo se jasnije sagledava preko kritične razlike (t_1) geometrijskih sredina ($\bar{\gamma}$) koja iznosi $t_1 = 0{,}940$. Vrednost »t_1« ne ističe razlike u prosečnom koncentrisanju germanijuma u pomenutim ležištima, jer je $t_2 = 2{,}04$ a $t_3 = 2{,}75$ pri čemu je $t_1 < t_2 < t_3$. Ovakav odnos srednjih sadržaja, bilo da je reč o $\bar{X}_{(\text{Ž. Prlina})} : \bar{X}_{(\text{Koporić})} = 42 : 48$ ili $\bar{\gamma}_{(\text{Ž. Prlina})} : \bar{\gamma}_{(\text{Koporić})} = 30 : 36$, ukazuje na toliko po jačini blisku germanijumonosnost da prosečno ne postoji gotovo nikakva razlika između sfalerita posmatranih ležišta. Jedino u

Tabela 1 — Srednje vrednosti sadržaja Ge u sfaleritu Pb—Zn ležišta Koporić, Žuta Prlina i Crnac (Rogozne; uporedno ležište), gr/t.

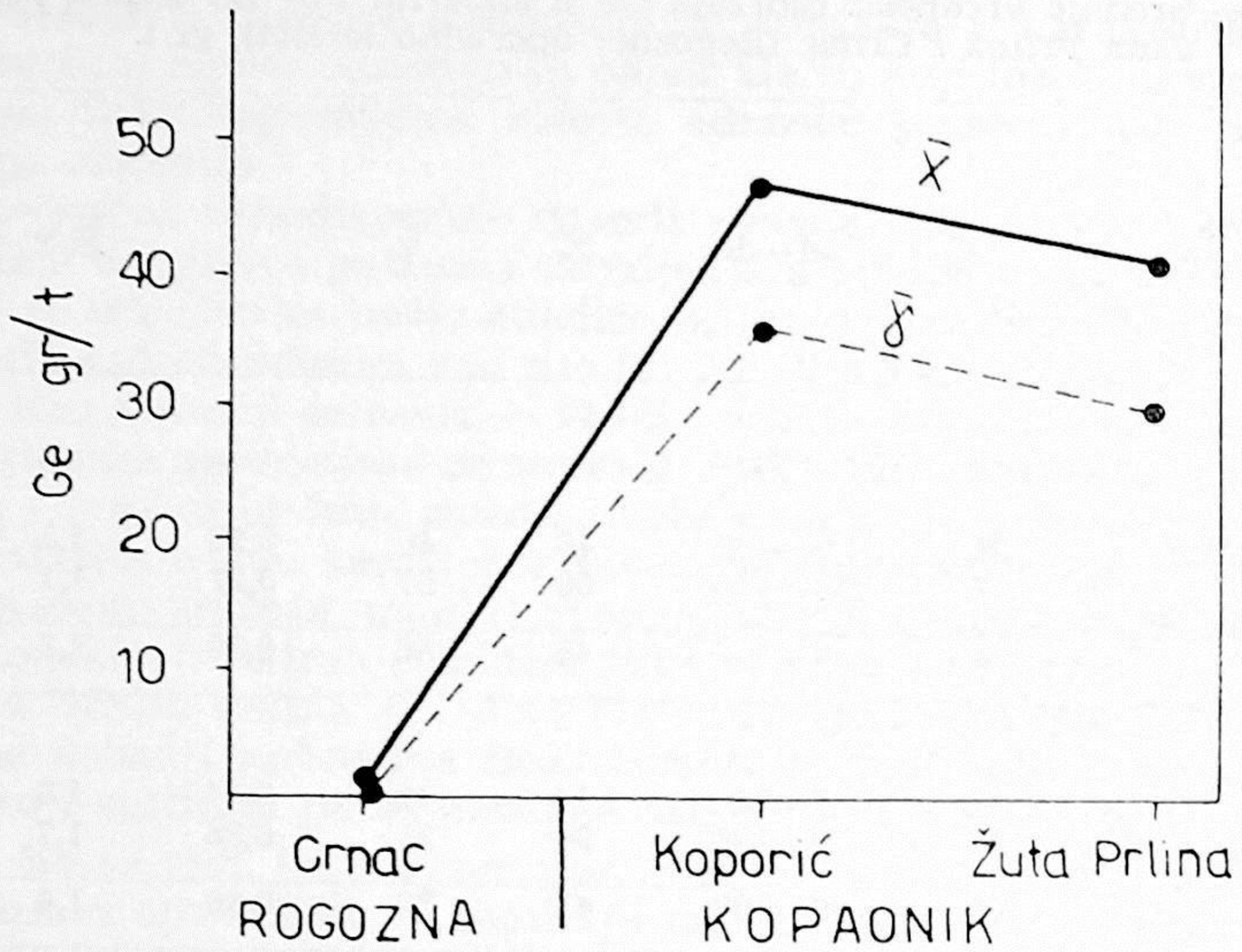
Ležište	Vrsta sfalerita	N	od—do	$\bar{X}$	$\bar{\gamma}$	$\bar{\sigma}$	$\overline{X/\gamma}$	Učestanost pojavljivanja Ge u sfaleritu %
Koporić								
	crni	1	(20)	—	—	—	—	3
	Mrk, mrkožut	24	0—100	46	40	0,26	1,1	91
	žuti	7	23—100	66	57	0,21	1,1	100
N		32	0—100	48	36	0,30	1,3	93
Žuta Prlina	crni	11	0—30	14	18	0,14	1,0	62
	mrki	25	0—190	54	36	0,36	1,7	80
N		36	0—190	42	30	0,36	1,4	75
Crnac (Rogozna; uporedno ležište)	crni	14	0—35	3	—	—	—	14
	mrki	42	0—22	1,6	—	—	—	7
	žuti	11	—	—	—	—	—	—
N		67	0—35	1,4	—	—	—	7

poređenju sa sadržajem Ge u sfaleritu ležišta Crnac, koje ne pripada ležištima srednjeg Kopaonika, ove razlike su zaista značajne (sl. 1).

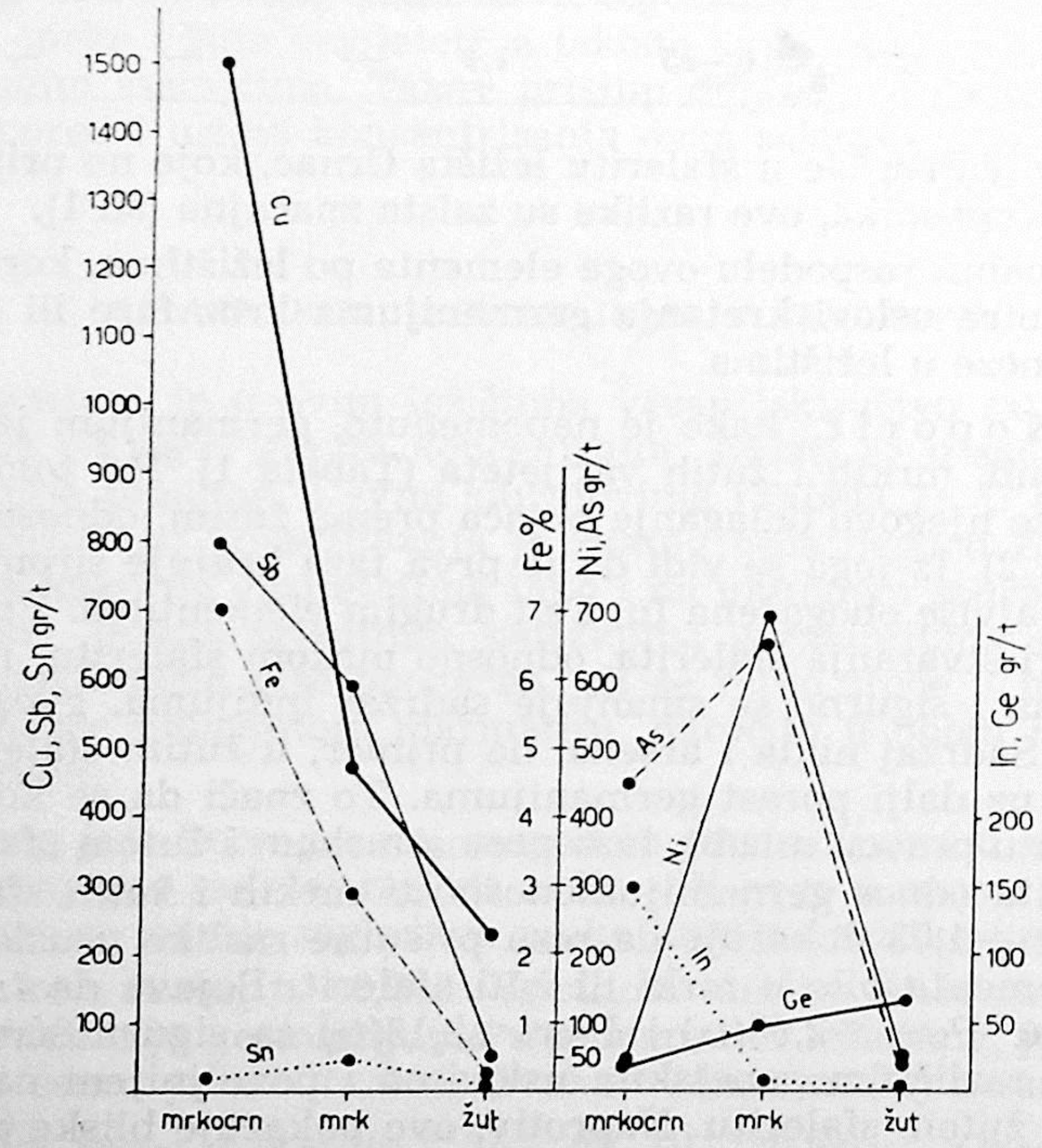
Ističući globalnu raspodelu ovoga elementa po ležištima, korisno je da se posebno osmotre uslovi kretanja germanijuma kroz faze ili stadijume razvitka parageneze u ležištima.

U ležištu Koporić, kako je napomenuto, germanijum je raspodeljen između crnih, mrkih i žutih varijeteta (Tabela 1). Pri tome je izražena težnja da se njegovo odlaganje pojača prema žutim, odnosno mlađim varijetetima (sl. 2). Iz toga se vidi da je prva faza krajnje siromašna germanijumom a najviše obogaćena In, Fe i drugim elementima. Prema srednjoj temperaturi stvaranja sfalerita, odnosno mrkom sfaleritu, raste sadržaj germanijuma i sigurno se smanjuje sadržaj indijuma, gvožđa, bakra i dr. sastojaka. Sadržaj nikla i arsena, na primer, u žutim sfaleritima dostiže minimum uz dalji porast germanijuma. To znači da se koncentrisanje Ge odigrava u pravcu mlađih faza prema mrkom i žutom sfaleritu.

Ako se ispita odnos germanijumonosnosti mrkih i žutih sfalerita odmah se, preko $t_1=1{,}73$ dokazuje da nisu prisutne razlike u uslovima ulaženja ovoga elementa bilo u mrki ili žuti sfalerit. Pojava da t_1 nije značajno na nivou $P_{001\%}=2{,}95(t_3)$ i $P_{005\%}=2{,}13(t_2)$ sa sigurnošću odbacuje pretpostavku o različitim genetskim uslovima i povoljnijem nagomilanju germanijuma u žutom sfaleritu. Naprotiv, ovo pokazuje bliske osobine hidrotermalnih rastvora u nižetemperaturnim stadijumima razvića parageneza koje karakteriše opšta germanijumonosnost. Time se sfaleritu u ovo-



Sl. 1 — Porast germanijumonosnosti sfalerita na liniji Crnac — Koporić — Žuta Prlina.



Sl. 2 — Ponašanje srednjih sadržaja Ge i drugih elemenata po vrstama sfalerita, ležište Koporić.

me pogledu daje zajedničko obeležje bez obzira na sukcesiju stvaranja samog sfalerita. Na taj način niže temperature u ležištu postaju jedan od faktora kontrole migracije i odlaganja posmatranog elementa.

Tabela 2 — Učešće pojedinih faza stvaranja sfalerita u opštem balansu Ge, ležište Koporić.

Vrsta sfalerita	Zastupljenost sfalerita %	Deo Ge na fazu gr/t	% Ge na fazu	Ukupni Ge gr/t
Mrkocrni	(3,1)	0,62	1,2	(20)
Mrki	75,0	34,5	69,55	46
Žuti	21,8	14,5	29,2	66
		49,6	99,9	48 $\Delta s = +1,6$

Ako se, dalje, germanijumonosnost varijeteta izrazi preko njihove relativne zastupljenosti u ležištu, onda je jasno da mrki sfalerit nosi glavne količine (Tabela 2). Ova osobina je u punoj saglasnosti sa najjačom zastupljenošću mrkih varijeteta koji istovremeno predstavljaju i glavnu ekonomsku komponentu u populaciji sfalerita. Završni stadijum nosi samo oko 1/3 količine germanijuma i ima podređeni značaj u balansu germanijuma u ležištu.

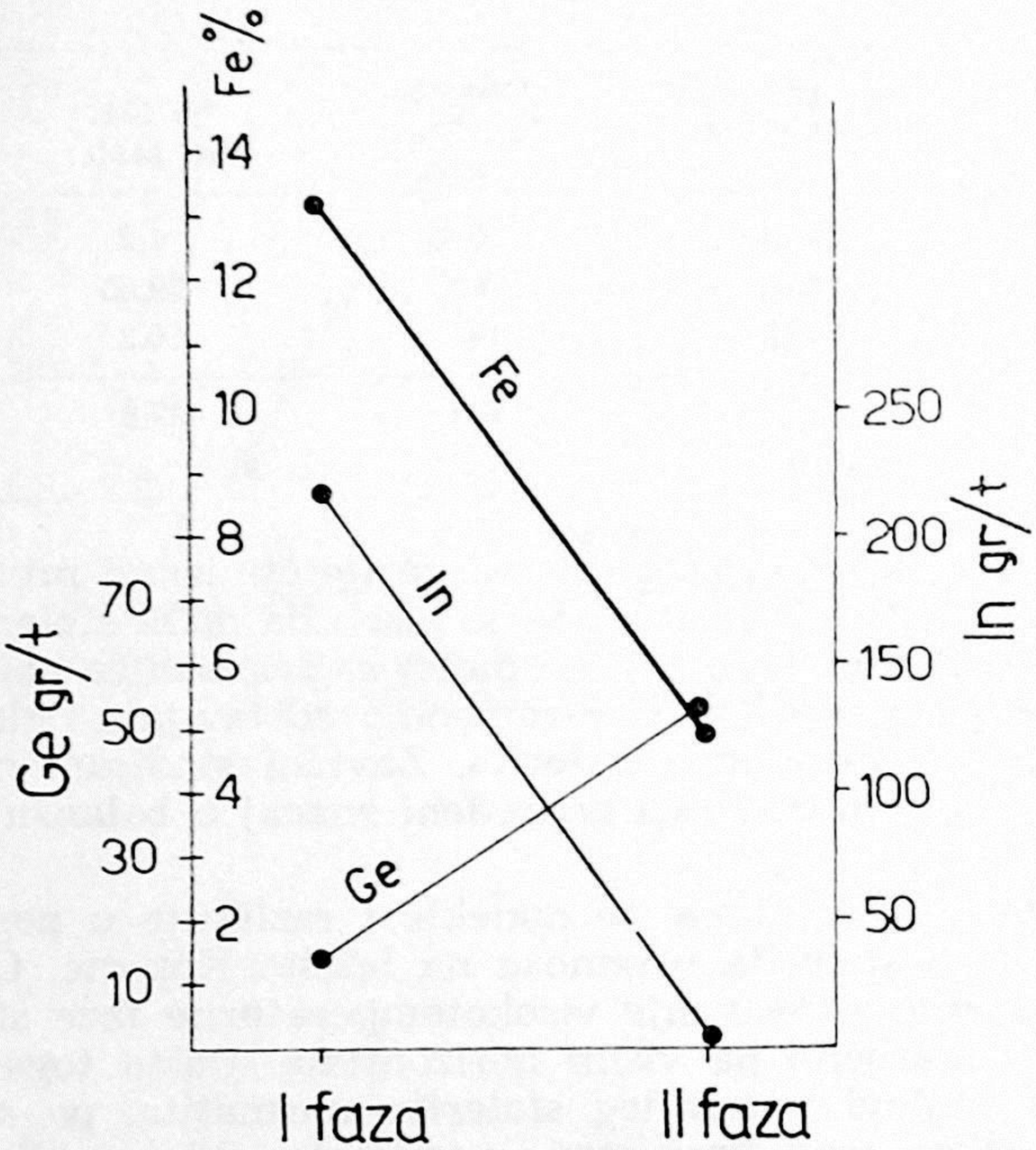
Ležište Žuta Prlina se donekle i razlikuje u pogledu jasnijeg razgraničenja faza sfalerita u odnosu na ležište Koporić. Ovde nije bilo tako oštro izraženo potiskivanje visokotemperaturne faze sfalerita kasnijim rastvorima, naročito na višim horizontima. Usled toga nisu ni tako jako izbrisani tragovi najranijeg sfalerita-marmatita, pa se i raspodela germanijuma lakše prati kroz razne varijetete. Odnosi bilo aritmetičkih sredina $\bar{X}_{\text{II faza}} : \bar{X}_{\text{I faza}} = 54 \text{ gr/t} : 14 \text{ gr/t} = 3,8$ ili geometrijskih sredina $\gamma_{\text{II faza}} : \gamma_{\text{I faza}} = 36 : 18 = 2,0$ svedoče da je prva faza sfalerita 2,0—3,8 puta siromašnija germanijumom od druge faze — mrkih sfalerita.

Ovakav smer kretanja i odlaganja germanijuma iz rudonosnih rastvora kontroliše se kritičnom razlikom geometrijskih sredina crnih marmatita i mrkih sfalerita. U tom slučaju je $t_1 = 6,0$ značajno na nivou važnosti $P_{001\%} = 2,95$ (t_3) i $P_{005\%} = 2,13$ (t_2) za $df = 27$, jer je $t_1 > t_3 > t_2$. Iz toga proizilazi da je druga faza jače koncentrisala Ge pri čemu su mrki sfaleriti i najviše obogaćeni. Nasuprot ovakvom ponašanju germanijuma srednji sadržaji Fe i In opadaju u grupaciji mrkih varijeteta, (sl. 3).

Pa ipak, germanijum se mestimično povlači iz žutomrkih, mrkožutih ili oranžžutih sfalerita, inače ređih, a ponekada je i odsutan u mrkom-mrkocrvenkastom, udruženom sa semseitom-heteromorfitom. To označava opadanje intenziteta germanijumonosnosti rastvora prema završnoj aktivnosti hidrotermi, svakako sa padom temperature, uz najjače odlaganje u srednje do nižetemperaturnoj pulsacionoj fazi obrazovanja ovoga minerala.

Iz analize opšte raspodele germanijuma u oba ležišta, i u svakom posebno, primećuje se određena zajednička zakonitost migracije i njegovog odlaganja u sfaleritu uprkos razlikama u mineralnom i delimično hemij-

skom sastavu parageneza. Glavna germanijumonosna faza vezuje se za grupaciju mrkih srednjetemperaturnih varijeteta sfalerita u Koporiću kao i u Žutoj Prlini (Tabela 3). Naročito u ovom poslednjem ležištu za sada germanijum dostiže, posle ležišta Mežice, najviše pojedinačne sadržaje u našim olovno-cinkovim paragenezama, odnosno sfaleritima, a ne zapaža se prostorna zonarnost rasporeda.



Sl. 3 — Ponašanje srednjih sadržaja Ge, Fe i In po fazama stvaranja sfalerita, ležište Žuta Prlina (Kopaonik).

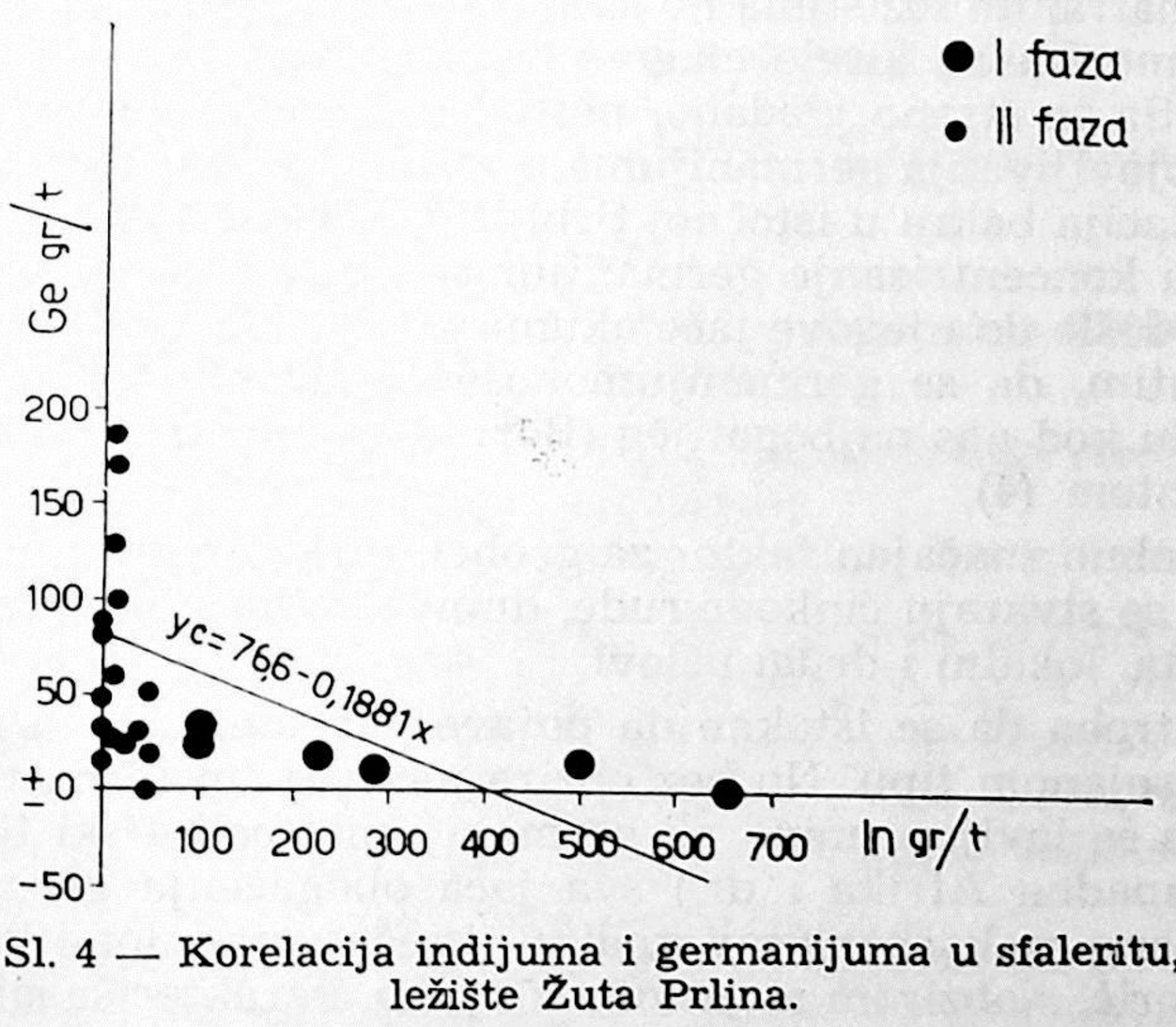
Tabela 3 — Relativna zastupljenost germanijuma po fazama stvaranja sfalerita, ležište Žuta Prlina.

Vrsta sfalerita	N	Zastupljenost faza sfalerita %	Deo Ge na fazu gr/t	% na fazu	Ukupni Ge u sfaleritu gr/t
I faza marmatit	11	30,5	4,2	10,1	
II faza mrki varijeteti	25	69,4	37,5	89,9	
			41,7	100,0	42,0 = — 0,3

USLOVI KONCENTRISANJA GERMANIJUMA U SFALERITU

Imajući u vidu iznete opšte težnje migracije germanijuma kroz hidrotermalne rastvore, naročito u oblasti srednje temperature stvaranja sfalerita, značajno je da se bliže definišu odnosi visokotemperaturne i nižetemperaturne formacije elemenata u ovome području. Indijum i gvožđe, u slučaju sfalerita, kao predstavnici visoke temperature i germanijum indikator nižih temperatura njegovog stvaranja, bez sumnje su nagovestili ili odredili karakter uslova odlaganja germanijuma.

Ako posmatramo ove odnose u sfaleritu Žuta Prlina, gde su i najizraženiji, izlazi da par Fe—In odražava pozitivnu korelaciju. To se utvrđuje pomoću $y_c = 0{,}0130 + 0{,}002x$ čiji je koeficijent korelacije $r_1 = 0{,}59$ značajan na nivou $P_{005\%} = 0{,}47 (r_2)$ i $P_{001\%} = 0{,}59 (r_3)$ za $df = (N-2) = 16$. Ovo znači da prosečno sa opadanjem sadržaja Fe opada i sadržaj indijuma. Jačina ove zavisnosti izražena sa 35% ipak utvrđuje izvesno razilaženje puteva indijuma i gvožđa u procesu stvaranja sfalerita. Prema nižim temperaturama gvožđe se povlači do izvesne granice (1,5—1,0% Fe), dok indijum mestimično je čak i odsutan u sfaleritu. Varijacije sadržaja indijuma su široke i u oblasti visokih sadržaja gvožđa, što sve utiče na njihovu međuzavisnost. Po svemu je sigurno da sadržaji oba elementa padaju prema fazi mrkih sfalerita, posebno u ovome ležištu, ili, obrnuto, njihov sadržaj procentualno raste u visokotemperaturnom području ukazujući na promenu genetskih uslova.



Sl. 4 — Korelacija indijuma i germanijuma u sfaleritu, ležište Žuta Prlina.

Sa druge strane, par In—Ge preko $y_c = 76{,}6 - 0{,}188x$ daje koeficijent korelacije $r_1 = -0{,}46$ za $df = 15$. Vrednost koeficijenta korelacije jedva dostiže važnost na nivou $P_{005\%} = -0{,}47 (r_2)$, tako da je $r_1 = r_2 < r_3$, što znači da su prisutne sigurne težnje negativne korelacije ovih sastojaka.

Ovakvim posrednim odnosima Fe—In i direktnim indijuma i germanijuma se jasno dokazuju suprotni smerovi njihovog koncentrisanja (sl. 4), odnosno utvrđuju povoljniji uslovi za odlaganje germanijuma pri

sniženim temperaturama stvaranja sfalerita u ležištu. U svakom slučaju koncentracioni nivoi sadržaja indijuma i germanijuma u rastvoru odražavaju genetske uslove a izražavaju se u praktičnom poklapanju minimuma indijuma sa kulminacijom odlaganja germanijuma u mlađim fazama sfalerita uz »čišćenje« hidrotermalnih rastvora od indijuma. Na taj način se nedvosmisleno razdvajaju elementi visokotemperaturne formacije (In, Fe i dr.) od nižetemperaturne (Ge) u proučavanim ležištima i verovatno je to opšta zakonitost njihovog odlaganja i na širem prostoru. Međutim, sama pojava germanijuma u ovome području zahteva bar delimičnu uporednu analizu ovoga elementa u sfaleritu.

Ako se dobijeni podaci uporede sa izvesnim dosadašnjim poznatim kriterijumima onda se mogu izvući i određeni zaključci. Pre svega, utvrđeno je da se germanijum koncentriše u ležištima vezanim za magmatizam koga odlikuju procesi izlivanja magme bazičnijeg sastava i njihovih efuziva u prisustvu krupnih linijskih raseda i blokovske strukture područja. S obzirom na prisustvo ofiolita regionalni rasedi silaze duboko ispod stenovitog omotača, u oblast magmatskih ognjišta, a smatra se da su bazičnije gabroidne magme pogodniji izvori Ge nego kiselije granitoidne koje su siromašnije ovim retkim i rasejanim elementima (10).

Opšti geološko-tektonski uslovi proučavanog područja su veoma bliski odnosima koji se sreću u svetu i na osnovu kojih su i dobijeni određeni kriterijumi za Ge. Osim toga, uticaj sastava magme se ogleda i u pojavi da se u posmatranim ležištima ne sreću visokotemperaturne formacije elemenata tipomorfne za kisele magme (Be i dr.), bar ne u karakterističnim sadržajima. Sa te strane gledano, postoji i izvesna geohemijska analogija u pogledu pojavljivanja germanijuma u srednjem delu Kopaonika i u oblasti mineralizacija bakra u istočnoj Srbiji. Razlike se sastoje, pored ostalog, u intenzitetu koncentrisanja germanijuma u oblasti Kopaonika i u oblasti Bora gde je došlo do njegove jače akumulacije u Cu paragenezama. Sigurno je, međutim, da se germanijumonosno područje srednjeg Kopaonika nalazi između kod nas najbogatijeg (Bor; 1—3) ležišta i ostalih siromašnih ovim elementom (4).

Kao posebno značajan faktor za geohemiju germanijuma je uticaj sredine u kojoj se stvaraju cinkove rude, dubina zaleganja, temperatura stvaranja sfalerita, lokalni i drugi uslovi.

Odmah treba da se istakne da pojave germanijuma u našem slučaju pripadaju rasejanom tipu. No bez obzira na ovaj tip ili na tip mineralizacija u kojima se javljaju minerali germanijuma (bolivijski tip; Cumeb-Kipuši—Jugozapadna Afrika i dr.) sva jača obogaćenja germanijumom su pretežno vezana za karbonatnu sredinu (krečnjaci, dolomiti). Ležišta Žuta Prlina i Koporić, s obzirom na uslove u njima, karakteriše silikatno-karbonatna sredina čemu ide u prilog karbonatizacija parageneza (siderit, dolomit i dr.) i prisustvo krečnjaka u užoj i široj okolini. Stoga njihova germanijumonosnost i položaj su očigledni ako se uporede sa poznatim provincijama i ležištima (Tabela 4) sa rasejanim tipom germanijuma u sfaleritu. Po koeficijentu koncentracije ona spadaju u grupu čiji se sadržaji germanijuma $(\overline{x})$ nalaze u granicama mineralnog klarka za ovaj elemenat u sfaleritu (43 gr/t Ge).

Kao što se vidi (Tabela 4), niskotemperaturna olovno-cinkova ležišta u krečnjacima i dolomitima odlikuju se najvišim stepenom obogaćenja Ge

izuzimajući Cu—Pb—Zn ležišta Cumeba i Kipušija ili uopšte ležišta bakra sa arsenom. Mnoga niskotemperaturna ležišta sa povišenim sadržajem srebra, antimona i arsena imaju koeficijent koncentracije od 0,5—1,0. Bakar-

Tabela 4 — Koeficijenti koncentracije Ge u sfaleritu iz raznih metalogenih provincija, ležišta i geoloških sredina

Provincije, oblasti, ležišta	Geološka sredina	Koeficijent koncentracije Ge
— Koporić Srbija, srednji Kopaonik: — Žuta Prlina (Pretežno srednje do niskotemperaturna Pb-Zn ležišta)	Silisatno-karbonatna sredina sa sideritom i drugim karbonatima	1,1 (do 2,3) 0,95 (do 4,4)
Niskotemperaturna ležišta Pb-Zn	Karbonatna sredina	4,0
Niskotemperaturna ležišta Pb-Zn	Silikanta sredina	2,5
Srednje i niskotemperaturna ležišta Pu-Zn	U raznim stenama	0,9
Visokotemperaturna Pb-Zn ležišta	U skarnu i silikatnim stenama	0,1
Severna Amerika	Karbonatna sredina	4,7
Engleska	Karbonatna sredina (krečnjaci)	1,0
Debajšajr (Engleska)		8,0
Severozapadna Evropa (alpski tip)	Karbonatna sredina (krečnjaci i dolomiti)	4,0
Jugoistočna Evropa (alpski tip) niskotemperaturna Pb-Zn ležišta	Karbonatna sredina (krečnjaci i dolomiti)	3,9

no-olovno-cinkova ležišta u silikatnim stenama (sedimenti, vulkaniti) dostižu K_{Ge} oko 0,1 i samo nekada se približavaju 1,0 u prisustvu karbonatne i organske materije. U alpskom tipu posebno su obogaćeni germanijumom crvenkasti i oranžžuti varijeteti sfalerita i virciti (Rajbl) gde doseže i do 520 gr/t. Najzad, treba da se istakne da većinu ležišta u svetu odlikuje $K_{Ge} < 1,0$.

Po dubini zaleganja ova orudnjenja odgovaraju ležištima stvorenim u višim nivoima, blizu površine (17, 18). Takva se pojava kod mnogih germanijumonosnih ležišta (sa sfaleritom) ističe kao povoljan uslov za koncentrisanje ovoga metala s obzirom na pad temperaturnog gradijenta sa dužinom putovanja rastvora od ognjišta kroz serije karbonatnih i drugih stena (10).

Uticaj sredine u pravcu rasejavanja germanijuma, s obzirom na njegove litofilne i halkofilne osobine, pokazao se kao važan činilac. Karbonatna sredina potpomaže migraciju germanijuma, ali pri akumulaciji i njegovom odlaganju naročitu ulogu imaju karbonati i disulfidi Fe, kao i

organska materija, u nižetemperaturnim procesima gde nastaju markasit i razni karbonati. Kako je taloženje germanijuma najpovoljnije pri povišenoj kiselosti, što odgovara nastajanju markasita, ili niskoj alkalnosti rastvora dolazi do zaustavljanja rasejavanja i migracije germanijuma u karbonatnoj sredini. Sa druge strane, silikatna sredina, u skarnovima ili grajzenima, vodi rasejavanju ovoga elementa u raznim mineralima (granati, pirokseni, amfiboli, topaz, ilvait i dr.).

U posmatranim ležištima Koporić i Žuta Prlina nije došlo do rasejavanja Ge u silikatima, jer nisu prisutne skarnovske parageneze, kao što je to slučaj u nekim našim ležištima (Sase: ilvait — 450 gr/t Ge; johansenit do 80 gr/t Ge, itd.). Ne zapaža se, takođe, rasejavanje ni u drugim sulfidima, a prisutna visokotemperaturna faza crnih marmatita, niske zastupljenosti u ležištu, zaista je siromašna germanijumom u odnosu na visoko zastupljene mrke varijetete. Sa druge strane, pulsacione faze su mogle da izazovu kolebanje kiselosti rastvora o čemu svedoči i obilno stvaranje markasita i da germanijum usmere prema sfaleritu nižetemperaturnih faza. Ako se uzme u pomoć još i prisustvo karbonatne sredine (karbonatizacija) ili izlučivanje sfalerita posle glavne silicijske faze onda se u ovome metalogenom polju javljaju mnogi povoljni činioci za koncentrisanje germanijuma u nižetemperaturnim mrkim i žutim sfaleritima.

ZAKLJUČAK

Na osnovu dosadašnjeg poznavanja i analize podataka iz ovoga područja, odnosno iz ovih ležišta, može da se zaključi sledeće:

1. Ovim sistematskim proučavanjem raznih minerala u pomenutim olovno-cinkovim ležištima na sadržaj Ge, o kome nije bilo podataka, utvrđeno je da je sfalerit njegov glavni i jedini nosilac. Sadržaji germanijuma se nalaze u granicama 0—190 gr/t sa srednjim vrednostima na nivou mineralnog klarka za sfalerit uopšte (43 gr/t).

2. Raspored Ge u sulfidima istakao je mrke i žute sfalerite kao glavne koncentratore postavljajući njegovo pojačano koncentrisanje u oblast srednje do niske temperature stvaranja, u kojoj opada sadržaj Fe, In, Sn i drugih elemenata karakterističnih za više temperature stvaranja proučavanih parageneza.

3. Ovakvo stanje raspodele svakako je uslovljeno i germanijumovom specijalizacijom rastvora i, sudeći po bliskim koncentracionim nivoima i koeficijentima koncentracije u oba ležišta, ističe se pojava germanijumonosnog polja. Ova geohemijska odlika sfalerita i asocijacija elemenata sigurno prevazilazi rudna polja ispitivanih ležišta i ima širi regionalni značaj računajući na moguća odstupanja zbog lokalnih paragenetskih uslova. To bi značilo da se germanijum verovatno prostire na sfalerit iz brojnih pojava koje nose slična hemijska obeležja. Usled toga, germanijumovo metalogeno polje predstavlja novu karakteristiku područja srednjeg Kopaonika i gde mogu da se očekuju i jače koncentracije ovoga elementa na raznim nižetemperaturnim pojavama olova i cinka.

LITERATURA

1. Arsenijević M., 1957: — Prethodno saopštenje o otkriću germanijuma u Boru, Glasnik Prir. Muz., knj. 11, Beograd; Zapis. srp. geol. društva za 1957., Beograd.
2. Arsenijević M., 1957: — Germanijum u mineralima bakra i topioničarskoj prašini iz Bora, Fond str. dok., Bor.
3. Arsenijević M., 1958: — Germanijum u nekim našim mineralima, Vesnik zavoda za geol. geofiz. istraž., knj. XVI, Beograd.
4. Arsenijević M., 1968: — Opšti pregled rasporeda sadržaja retkih i drugih mikroelemenata u glavnim sulfidnim mineralima nekih olovno-cinkovih ležišta Jugoslavije. Radovi Inst. za geol. rudar. istraž. i ispit. nuklearnih i dr. min. sirovina, knj. 5, Beograd.
5. Arsenijević M., 1975: — Retki i rasejani mikroelementi u glavnim sulfidnim mineralima olovno-cinkovog ležišta Crnac (Rogozna), Fond struč. dok. Geološke službe, Leposavić.
6. Arsenijević M., 1976: — Retki i rasejani elementi u olovno-cinkovom ležištu Koporić. Fond struč. dok. Geološke službe, Leposavić.
7. Arsenijević M., 1976: — Retki i rasejani elementi u olovno-cinkovom ležištu Žuta Prlina (Kopaonik), Fond struč. dok. Geološke službe, Leposavić.
8. Vanđel V., Novaković R., Tomić R., 1958: — Olovno-cinkova mineralizacija u području sela Jelakce (Kopaonik), Vesnik Zavoda za geol. geofiz. istraž. knj. XV, Beograd.
9. Žujović J., 1900: — Geologija Srbije II, Posebno izdanje srpske kraljevske Akademije, Beograd.
10. Иванов В. В., 1966: — Геохимия рассеянних элементов в гидротермальних месторождениях, Москва.
11. Janković S., 1962: — Tercijarna metalogenija antimona u Jugoslaviji, V Savetovanje geologa Jugoslavije, Beograd.
12. Janković N., Janković T., 1974: — Strukturno-litološke karakteristike ležišta Koporić i njihov uticaj na proces orudnjenja, X Kongres geologa SFRJ, Bled.
13. Kandić M., Simić D., Mićić I., Klisić M., 1967: — Elaborat o strukturno-geološkoj građi ležišta Kopaonik, Fond. struč. dok. Zavoda za geol. geofiz. istraž. SR Srbije, Beograd.
14. Mićić I., Kandić M., Marković D., Klisić M., 1973: — Rezultati istraživanja u području Jelakce, I Savetovanje »Istraživanje olovno-cinkove mineralizacije na teritoriji SFRJ, Zvečan.
15. Mudrinić Č., Arsenijević M., Petković M., Đurković B., 1975: — Perspektive razvoja istraživanja retkih i rasejanih metala u Jugoslaviji, Savetovanje »Potencijali mineralnih sirovina i mogućnost njihovog korišćenja kao faktor dugoročnog razvoja privrede SFRJ«, knj. »Ostali metali«, Split.
16. Novović T., 1957: — Novo nalazište olova i cinka u Koporiću, Zbornik radova geol. Inst. SAN, »J. Žujović«, knj. IX, Beograd.
17. Radukić M., Novović T., 1962: — Prilog poznavanju olovno-cinkovog rudišta u Koporiću (Kopaonik), Glasnik Prir. muz., serija A, knj. 16—17, Beograd.
18. Novović T., 1967: — Geološko tektonska studija terena Šatorica—Jelakce—Koporić (na Kopaoniku), Zvečan, posebno izdanje.
19. Pavlović S., 1949: — Mineraloško-petrografska i rudarska proučavanja centralnog Kopaonika i Željina, Glasnik, SAN, knj. I, sv. 3, Beograd.
20. Pavlović S., Todorović Ž., 1961: — Tipovi sulfidne mineralizacije i olovno-cinkovog orudnjenja na Rogozni, Glas. SAN, knj. 21, Beograd.
21. Todorović Ž. 1971: — Metalogenetska oblast Rogozne, Zajed. nauč. ustanova, Priština, posebno izdanje.
22. Ćirić B., 1957: — Tercijarni magmatski pokreti na Kopaoniku, Zbornik II Kongresa geologa FNRJ, Sarajevo.

Résumé

M. ARSENIJEVIĆ[1]

LE GERMANIUM DANS LES BLENDES DES GISEMENTS DE Pb—Zn DE KOPAONIK CENTRAL

Les gisements de Pb—Zn Koporić et Žuta Prlina sont situés dans la région centrale de la montagne Kopaonik. La minéralisation, affleure au milieu constitué par les roches plutoniques basiques (les serpentines), les roches volcaniques et les roches sédimentaires jurassiques et crétacées. L'ensemble des roches volcaniques (les dacites et les andésites) signifie le produit de plusieurs phases tectoniques. Les structures tectoniques représentent les directions de mouvement de magmas. Auprès du placement de magmas ont été formés les gisements de Pb—Zn sous les conditions différentes.

Dans le gisement de Koporić les transformations hydrothermales des serpentines ont mis en place une masse quartzeuse deformée par les actions tectoniques posterieures. Cette masse se trouve au contact des serpentines et des sédiments crétacés. Dans les fissures de cette masse quartzeuse avait été incorporée la minéralisation filonienne de Pb—Zn. Plutôt, ont été enregistrées cinquante sortes minérales associées aux arsenides et diarsenides de Ni et Co. Parmi eux comme les mineraux les plus fréquents apparaissent la sphalerite, la galène, le pyrite, les carbonates (le siderite, le calcite, l'ankerite), etc.

La blende apparaît sous forme des variétés noir-brunâtres, brun-jaunâtres et jaunes. L'espèce noir-brunâtre appartient à la phase catathermale, tandis que les autres sphalerites représentent la phase meso-epithérmale. La plus abondante est la blende brune, mais les variétés jaune et noir-brunâtre se caractérisent par la fréquance très faible.

Le gisement Žuta Prlina se trouve dans les serpentines percés par les roches volcaniques. La minéralisation a été formée sous les conditions catathermales et aussi mesothermales. Cette dernière phase represente la phase principale de formation de la sphalerite (brune et rougeâtre) en comparaison avec la phase de la sphalerite noire catathermales associée au pyrhotite, pyrite, etc.

Le minéral de Pb—Sb, determiné comme le semseite — $9PbS \cdot 4Sb_2S_3$ (heteromorphite — $7PbS \cdot 4Sb_2S_3$), apparaît sous forme des agregats ronds, massifs et bréchifiés (M. Vukosović, M. Arsenijević). Il est associé au boulangerite en traces et au plumosite. Dans ce gisement, la phase de dolomitisation et silification a lieu à la fin des actions tectoniques et hydrothermales.

Les teneurs du germanium se trouvent dans les limites de 0 à 100 gr/t au gisement de Koporić, mais à Žuta Prlina ils ne depassent pas la limite de 190 gr/t. Il est evident que la disposition de germanium au cours de différentes phases des sphalerites depende de la température de la génèse.

La première phase de la blende noire at noir-brunâtre (les marmatites) est déficitaire en Ge (à 30 gr/t) par rapport aux sphalerites brunes et

---

[1] L'Institut des récherches géologiques et minières d'uranium et des autres matières premières Rovinjska 12, Belgrade).

jaunes de la deuxième phase. Dans la dernière, les teneurs aboutissent jusqu'à 100 gr/t à Koporić (brunes et jaunes) ou à 190 gr/t d'origine de Žuta Prlina (brunes, brun-jaunâtre, et rougeâtres). Le coéficient de concentration de Ge est exprimé par les index de 0,95—1,1 en calculant cette valeur à partir du »clarcke minéral« dans les sphalerites (43 gr/t Ge) et de la moyenne $(\overline{X})$ pour le germanium dans ce minéral des gisements en question (Tabele 4).

Dans la sphalerite de ces gisements on apperçoit une correlation positive des teneurs de Fe et de l'indium. D'autre part, il existe une correlation negative entre l'indium et le germanium. Ça signifie que les teneurs de l'indium plus elevées caractérisent les marmatites (à 650 gr/t In) de la première phase d'une température haute (catathermale). Au contraire, le germanium a été concentré sous les conditions d'une température plus basse tandis que la quantité de l'indium diminue jusqu'aux traces (1 gr/t In).

Tous les deux gisements germanifères ci-dessus nommés présentent les exemples uniques dans le groupe des gisements de Pb—Zn en Serbie. De telle façon, apparaît une zone germanifère dans la région centrale de la montagne de Kopaonik. En réalité, dans cette zone se trouvent plusieurs affleurements de minerai de Pb—Zn et quelques d'eux ne sont encore examinés. Il faut constater que les teneurs en germanium liées aux sphalerites sont plus basses que les teneurs révélées dans les mineraux de Cu de la mine de Bor et aussi dans les sphalerites de la région des Alpes (la mine de Mežice, Slovenie).

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 11, 1977. god.

TIOSAV NOVOVIĆ

UDK 55+549.1 (497.11)

RUDNE I MINERALNE POJAVE U OKOLINI LUKOVSKE BANJE (KOPAONIK)*

(sa 9 slika)

U radu su prikazane geološko-tektonske karakteristike terena u okolini Lukovske banje, koji je u Srednjem veku u rudarskom pogledu bio vrlo aktivan. Geološki su obrađene raznovrsne rudne i mineralne pojave, kao: magnetita, sulfida bakra, olova, cinka i antimona. Zatim značajne pojave hrizotol azbesta. Ukazuje se, da su i na pojedinim lokalnostima neke od mineralnih pojava do sada detaljnije obrađivane, čiji rezultati daju podstrek za dalja istraživanja.

*

Poznato je da se u okolini Lukovske banje na istočnom Kopaoniku javljaju brojne sulfidne Pb—Zn pojave, kao i pojave ostalih mineralnih sirovina, koje nisu dovoljno istražene. Puštanjem u proizvodnju rudnika u Koporiću i Žutoj Prlini, čija se ruda zajedno sa rudom iz Belog Brda i Crnca prerađuje u Leposaviću s jedne strane i izgradnja relativno dobrog puta, kao i električne mreže Leposavić — Žuta Prlina — Lukovska banja s druge strane, stvaraju se povoljniji uslovi da se istraže i ostale brojne rudne pojave na pomenutom delu Kopaonika (sl. 1).

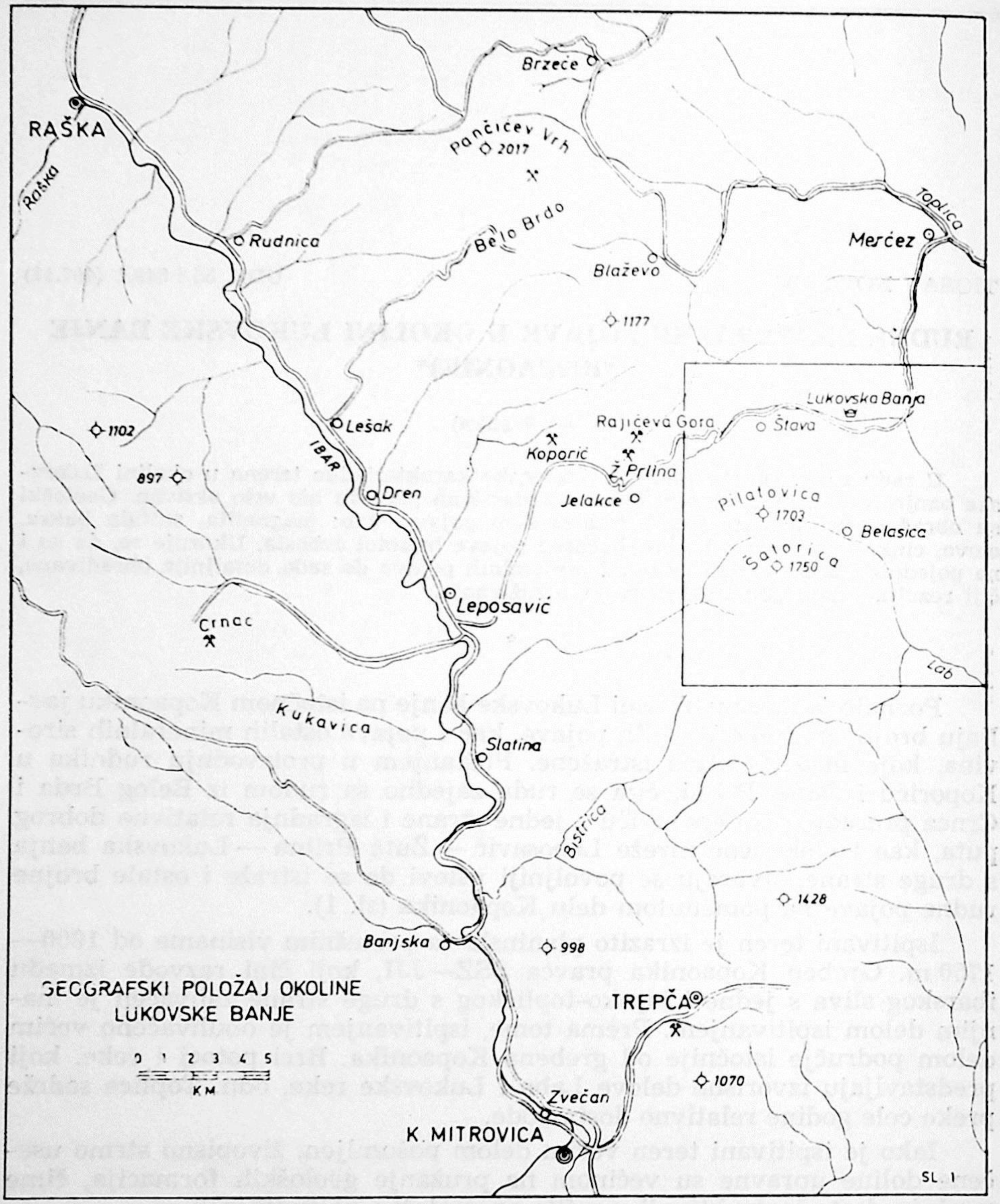
Ispitivani teren je izrazito planinski sa pretežnim visinama od 1000—1750 m. Greben Kopaonika pravca SSZ—JJI, koji čini razvođe između ibarskog sliva s jedne i lapsko-topličkog s druge strane zahvaćen je manjim delom ispitivanjem. Prema tome, ispitivanjem je obuhvaćeno većim delom područje istočnije od grebena Kopaonika. Brzi potoci i reke, koji predstavljaju izvorišne delove Laba i Lukovske reke, odn. Toplice sadrže preko cele godine relativno dosta vode.

Iako je ispitivani teren većim delom pošumljen, živopisno strmo usečene doline upravne su većinom na pružanje geoloških formacija, čime pružaju dosta instruktivnih profila za geološka promatranja.

ISTORIJAT ISTRAŽIVANJA

U srednjem veku ovo područje je u rudarskom pogledu bilo vrlo aktivno. O tome govori i naziv mnogih mesta kao Zlatna Ravan i Srebrenica, na kojima se nalaze brojni ostaci starih radova. Stari radovi u vidu svrt-

* Primljeno za štampu 10. januara 1977. god. Recenzent Dušan Radusinović.



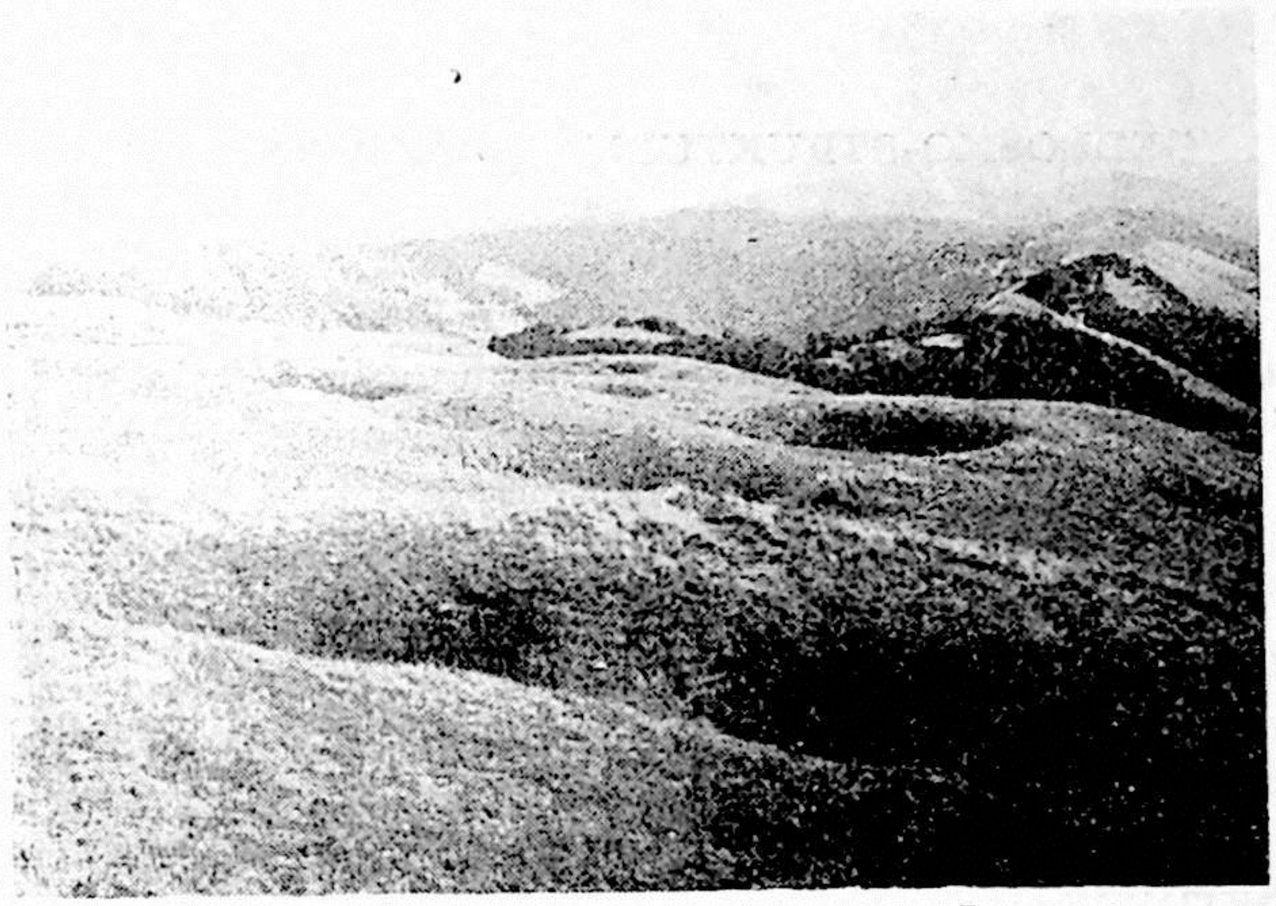
njeva, nalaze se u većoj meri na Šatorici (preko 1000 svrtnjeva i nekoliko potkopa) zatim Kušavici, Pilatovici, Zlatnoj Ravni i Srebrenici (sl. 2). U obližnjim rekama nalaze se znatne količine troskvi, kao u gornjem toku reke Lab, kod Belasice, u Štavi i Lukovskoj banji. Troskve sadrže visok procenat olova, što znači da je vađena ruda bila bogata ovim metalom. Važno je da se konstatuje da su troskvišta znatno više zastupljena u potocima istočno od grebena Kopaonika, na području koje je ovom prilikom ispitivano, nego zapadno.

Pojedine troskve su sa ovog terena u novije vreme eksploatisane, kao sirovine za naše metalurške kapacitete. Sa terena Štave i Lukovske banje u toku 1960. godine prerađeno je 1278 t troskvi sa 13,32% olova.

Belasica se pominje kao rudnik u XVI veku za vreme turske vladavine kao Blasica (1536).

S. Trojanović (1902) pišući o srednjevekovnim rudnicima na Kopaoniku, dao je istorijat rudišta u okolini Štave kod Lukovske banje.

J. Cvijić (1906) pominje srednjevekovne rudarske radove na južnom Kopaoniku.



Sl. 2 — Stari radovi (svrtnjevi) na Šatorici.

Englesko društvo »*Trepča Mines Limited*« iz Londona vršilo je posle I svetskog rata od 1927—1934. godine istraživanja olovno-cinkanih ruda u ovoj oblasti, koja je bila obuhvaćena pod koncesijom »Belasica«. Najstariji izveštaj pronađen u arhivi »Trepče« pisan je od G. Wilsona — 1927. god. »Geological summary Ut. Šatorica«, gde autor kao zanimljiva područja za rudna ispitivanja navodi Šatoricu, Jelakce, Belasicu i Štavu. Pomenuto društvo vršilo je delimična istraživanja u Šatorici, kao i manje prospekcione radove u Belasici, na Pilatovici i Srebrenici. Od geologa toga vremena pominju se B. Brock, W. Regen i A. Bramall. M. Ilić i R. Jovanović (1950) dali su kratak prikaz bazalta sa Radenovca. V. Simić (1951) je prikazao istorijski razvoj našeg rudarstva, gde napominje da je rudarstvo obojenih i plemenitih metala na Kopaoniku teklo od rimskog vremena, sa manjim prekidima sve do kraja XVII ili početkom XVIII veka. M. Protić (1952) opisao je petrografski sastav okoline Lukovske banje.

Geološko odeljenje Trepče je od 1952. sa prekidima do 1962. izvodilo u ovoj oblasti prospekcijska istraživanja, a na pojedinim delovima (Šatorica) i dubinska bušenja. Tom prilikom sam lično bio angažovan na rukovođenju istragama ruda na ovom terenu.

S. Rakić i D. Pešut (1957) obradili su mineraloški sastav i petrografske karakteristike Pb—Zn pojava u Štavama. T. Novović i M. Vitić (1959. i 1960.) prvi su otkrili azbestne pojave u okolini Lukov-

ske banje, kao i Medveđaku južno od Šatorice i ukazali na njihovu ekonomsku vrednost. T. Novović i D. Deleja (1962) prikazali su geološki sastav i tektonski sklop Šatorice sa naročitim osvrtom na sulfidne rudne pojave. T. Novović (1965) u geološko-tektonskoj studiji terena Šatorica — Jelakce — Koporić na Kopaoniku sa naročitim osvrtom na pojave olovo-cinkanih ruda obuhvatio je i ovaj teren. Tom prilikom, pored ostalog, dao je i kratak prikaz rudnih pojava na ovom terenu.

Osim pomenutih publikovanih radova, postoji nekoliko izveštaja u fondu Geozavoda Srbije i Trepči, koji se odnose na pojedine lokalnosti ovoga terena.

GEOLOŠKO-STRUKTURNA GRAĐA TERENA

Geološki sastav

Serpentinit koji izgrađuje centralni Kopaonik javlja se i na ovom terenu, gde čini zapadnu granicu ostalih formacija. Osim toga, u vidu izolovanih partija otkriven je tektonski i erozijom ispod mezozojskih sedimenata kao u okolini Štave (Parduška i Grašnička reka) i rasedne linija Trebinje — Lukovska banja. Predstavljen je pretežno harcburgitskim tipovima a ređe dunitima.

U zapadnim delovima ispitivane oblasti otkriveni su dublji nivoi serpentinita. Manje partije serpentinita otkrivene ispod jurskih i krednih sedimenata u istočnim delovima terena, su tektonskim pokretima uškriljene i sdruzgane. Škriljavost serpentinita se zapaža u blizini skoro svih kontakta, ali je jače izražena na istočnom, nego na zapadnom delu terena. U okolini sela Štave u serpentinitu se pojavljuje talk. Usled dejstva površinskih agenasa, serpentinit je na površini delom raspadnut i obojen mrkožutom bojom. Usled intenzivne hidrotermalne aktivnosti peridotiti su na više mesta izmenjeni i pretvoreni u kvarcne limonitisane partije, naročito duž kontakta. U serpentinitima ove oblasti česte su pojave azbesta.

Jura

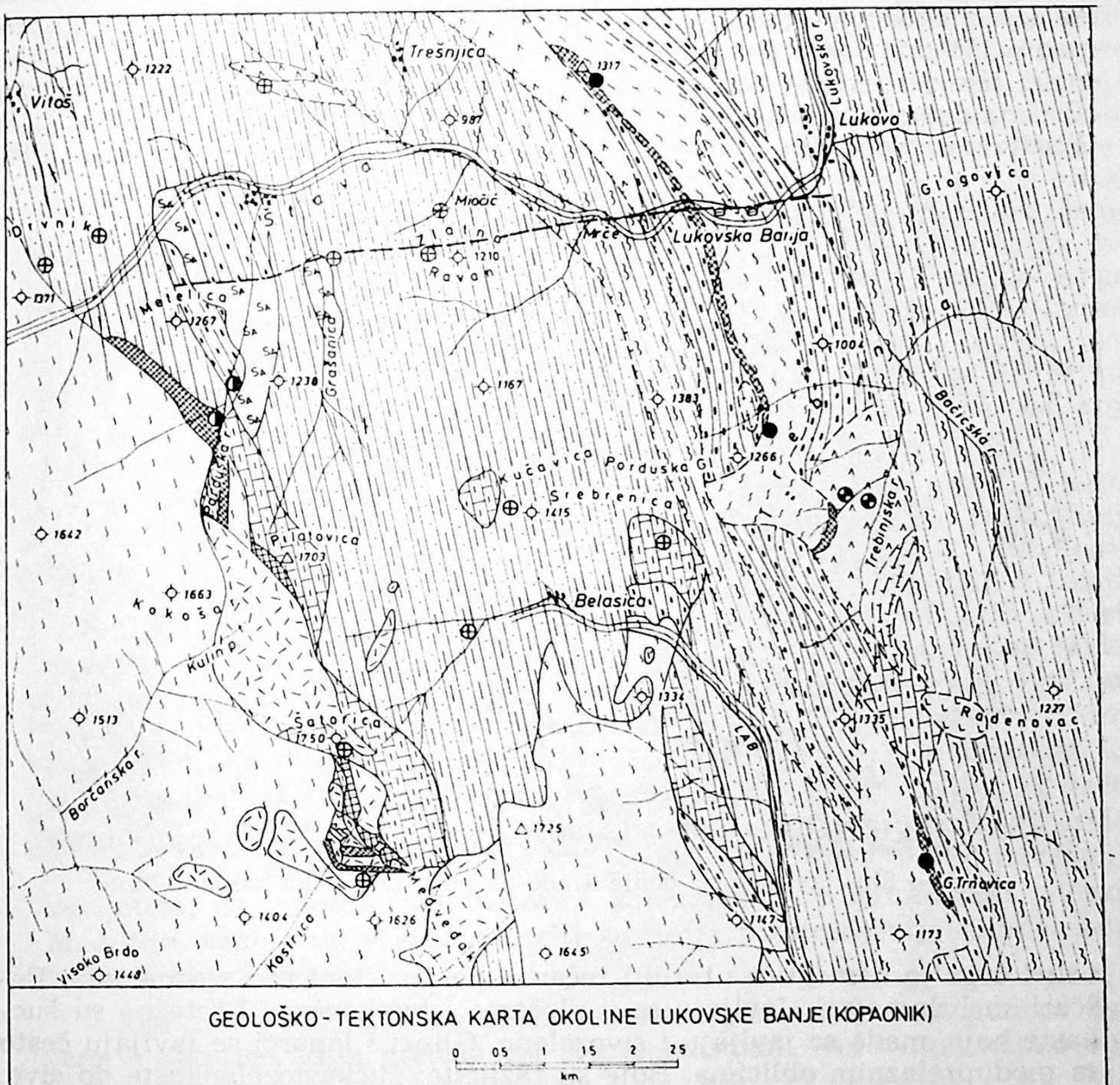
Jurske tvorevine u ovoj oblasti su otkrivene duž rasednih linija i antiklinalnih struktura, kao što je Trebinje — Lukovska banja, kao i na još nekoliko manjih mesta (sl. 3). Leže preko serpentinita i predstavljene su stenama dijabaz-rožnačke serije, masivnim krečnjacima i titon-valendinskim flišom.

Dijabaz-rožnačka serija je najzastupljenija od jurskih tvorevina na ovom terenu i predstavljena je kvarcnim peščarima, obojenim crnom bojom od hidroksida mangana duž prslina. Zatim običnim peščarima, grauvakama, glinovitim i filitičnim škriljcima, sočivima krečnjaka, dijabazima, melafirima i rožnacima. Dijabazi su delom metamorfisani i pretvoreni u zelene hloritske škriljce. Pružanje ovih stena je SSZ—JJI a pad prema SI. Na karti su izdvojene iz ove serije samo veće partije dijabaza.

Titon-valendiski krečnjaci su predstavljeni nestratifikovanim krečnjacima, belosive do plave boje. Masivni su i većim delom prekristalisali.

Čine više nivoe jurskih sedimenata, gde grade istaknute vrhove u ovoj oblasti. Bočno prelaze u glince, peščare i škriljce sa rožnacima titon-valendiskog fliša. Razvijeni su u okolini Lukovske banje u vidu tri izolovane partije.

Titon-valendiski fliš je uočen južno od Lukovske banje. Krečnjaci titona prelaze bočno u flišne glince, peščare i škriljce sa rožnacima mestimično. U višim nivoima primećuju se beli i crvenkasti laporci.



GEOLOŠKO-TEKTONSKA KARTA OKOLINE LUKOVSKE BANJE (KOPAONIK)

0 05 1 15 2 25
km

- Serpentinit
- G JURA
  - Dijabaz rožnačka formacija
  - Titonvalendiski krečnjaci
  - Titonvalendiski fliš
  - Dijabaz i gabro
- Donjekredni fliš
- G. KREDA
  - Laporoviti krečnjaci
  - Fliš
- Andeziti i daciti
- Andezitsko-dacitski tuf
- Bazalt
- Skarn
- Hidrokvarcit
- Sulfidne Pb, Zn, Fe pojave
- Sulfidne Sb pojave
- Sulfidne Cn pojave
- Sulfidne pojave nikla
- S_2 S_A Pojave hrizolit azbesta

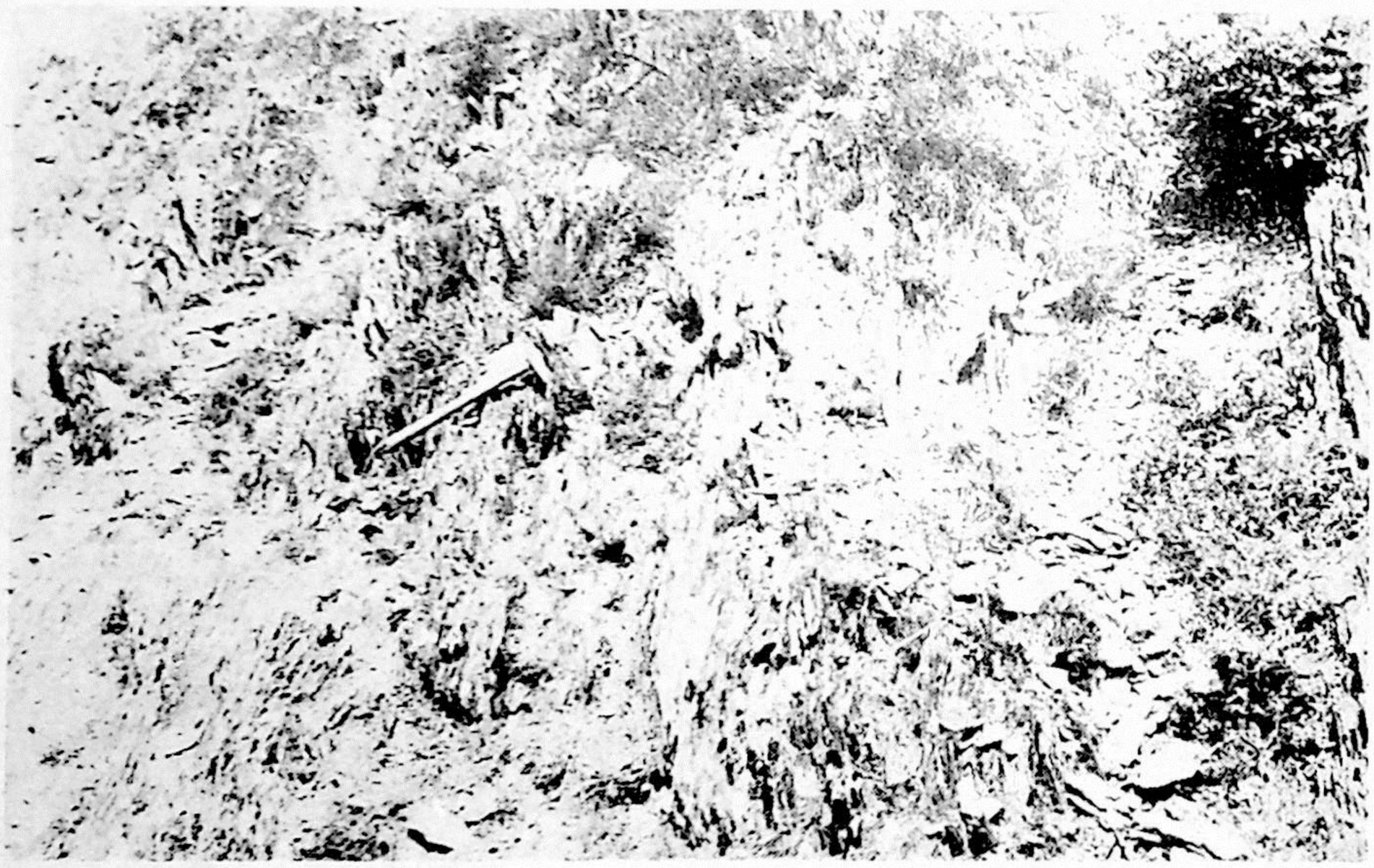
SL. 3

Kreda

U ovoj oblasti su konstatovane donje i gornjekredne tvorevine.

a) Donja kreda

Donja kreda u ovoj oblasti je razvijena u faciji fliša, koji su zastupljeni u dvema uzanim zonama sa pružanjem SSZ—JJI (sl. 3). Prva zona se nalazi istočno od rasedne linije Lukovska banja — Trebinje, a druga zapadno. Prema tome one čine istočno i zapadno krilo nekadašnje antiklinale, čije je teme tektonikom i erozijom razneto. Donjekredni sedimenti fliša na ovom terenu su predstavljeni peščarima, glincima, laporcima i jako škriljavim pločastim krečnjacima (sl. 4). Oni se naizmenično smenjuju,



Sl. 4 — Škriljavi laporci donje krede na putu Lukovska banja — Mrče.

usled čega je nemoguće utvrditi tačan superpozicioni red sedimenata. Peščari su liskunoviti. Javljaju se u pločama i bankovima. Pretežno su žućkaste boje, mada se javljaju i sivozelene. Glinci i laporci se javljaju često sa međuprelaznim oblicima. Boje su različite; žućkastozelenkaste do sive. Pločasti krečnjaci su delimično škriljavi i crvenkastosive boje.

b) Gornja kreda

Gornja kreda na ispitivanom terenu je predstavljena u faciji laporovitih krečnjaka i u faciji fliša.

Laporoviti krečnjaci su pločasti. Boje su belocrvenkaste i sive. Čine niže nivoe gornjekrednih sedimenata. Imaju znatno rasprostranjenje. Pru-

žaju se od Parduške reke preko Pilatovice, zatim sa manjim prekidom preko Šatorice na jug. Ova partija laporovitih krečnjaka se na zapadu graniči sa andezito-dacitima, koji su izbili na kontaktu njih i serpentinita. Laporoviti krečnjaci padaju prema ISI, gde naviše prelaze u flišne sedimente. Istočnije je uočeno još nekoliko manjih partija laporovitih krečnjaka, otkrivenih ispod flišnih sedimenata.

Flišni sedimenti gornje krede imaju najveće rasprostranjenje na ispitivanom terenu Kopaonika. Razvijeni su kako zapadno tako i istočno od rasedne zone Lukovska banja — Trebinje. U zapadnom pojasu flišni sedimenti izgrađuju, sa manjim izuzecima, teren od Vitoša i Trešnjice na severu do Belasice i dalje prema JJZ. Predstavljeni su konglomeratima, peščarima, laporcima i glincima. Konglomerati čine pretežno podinski deo flišne serije, a naviše prelaze u peščare. Boje su većinom crvenkaste. Debljina peščara dostiže mestimično i 100 m. Glinci i laporci čine više nivoe gornjekrednih sedimenata. Zastupljeni su većinom u sinklinalnim delovima, naslanjajući se na laporovite krečnjake Pilatovice i Šatorice na zapadu i peščara Tumbe i Belasice na istoku. U peskovitim laporcima ovoga terena određena je brojna mikrofauna, predstavljena većinom Globotruncana-ma. Istočno od Lukovske banje, gonrjekredni sedimenti su razvijeni u krajnjem istočnom pojasu studirane oblasti. Predstavljeni su peščarima sive boje, krupnozrnim, koji čine niže nivoe i od glinaca i laporaca, koji čine viši nivo ove serije.

Andeziti i daciti se javljaju pretežno u vidu proboja i to na Šatorici i Pilatovici. Najvećim delom su zastupljeni na rasednoj kontaktnoj liniji serpentinit-laporoviti krečnjak, pravca pružanja SSZ—JJI. Duž ovih struktura nastale su i veće mase skarna. U nešto mlađoj fazi, duž rasednih linija SZ—JI, na levoj strani Kostritskog potoka, na kontaktu andezito-dacita i serpentinita nastale su veće mase kvarca (hidrokvarcita). Andezitsko-dacitske žice i cevi javljaju se i na poprečnim rasednim linijama I—Z, ili SI—JZ, na kojim se strukturama javljaju i sulfidne Pb—Zn mineralizacije. Na Šatorici i Pilatovici su konstatovani različiti varijeteti andezito-dacita; hornblenda andezit, piroksenski i biotitski andeziti i daciti kao i sanidinski. Kompaktni su, a boja im varira u zavisnosti od mineraloškog sastava i stepena hidrotermalne izmenjenosti stene. Pored navedenih varijeteta, na južnom delu Šatorice konstatovan je labradorski andezit. Međutim, sanidinski andezito-daciti su najrasprostranjenije mlađe eruptivne stene na terenu.

Andezitski tuf zauzima relativno malu površinu na zapadnom delu terena Šatorice, koja predstavlja erozioni ostatak, verovatno nekad veće rasprostranjenosti.

Bazalt je konstatovan južno od Lukovske banje na Radenovcu, gde probija sedimente gornje jure i donje krede. Ranije je bio opisan od M. Ilića i R. Jovanovića. Bazalt je tamnosive do crne boje. Izgrađuje vrh brda i javlja se u većim blokovima na površini. Fluidalne je strukture olivin i augit se jasno ističu u osnovnoj masi stene, sastavljenoj od plagioklasa. U steni se ređe zapaža biotit, a od akcesornih minerala magnetit. Ove stene verovatno predstavljaju finalni produkt tercijarnog vulkanizma.

Eruptivne stene razvijene na ispitivanom terenu razlikuju se među sobom, kako po mineraloškom sastavu, tako i po vremenima nastajanja. Za uspon magme glavnu ulogu je odigrala tektonika, jer je kretana duž rasednih linija. U paleozoiku su stvarani peridotiti, a u gornjoj juri dijabazi i gabrovi.U gornjoj kredi je počelo stvaranje andezitsko-dacitskog vulkanizma. Nakon toga u tercijaru nastaju sanidinski andeziti i daciti, labradorski andeziti i na kraju bazalti.

Strukturne karakteristike terena

Geološko-tektonska struktura ispitivanog terena u celini ima pravac pružanja SSZ—JJI. Duž njih je vršeno kraljušasto navlačenje formacija od ISI prema ZJZ. Kontaktni delovi serpentinita prema sedimentima su većinom škriljavi, laminirani i jasno ukazuju na kretanja masa. Na terenu je konstatovano više uzdužnih rasednih linija. One su poslužile kao putevi za probijanje mlađih eruptivnih stena, kao i hidrotermalnih rastvora. Na terenu su naročito vidljive duž kontakta. Jedna markantna rasedna linija, konstatovana u istočnom delu ispitivanog terena, je *trebinjski rased,* koji se pruža od Lukovske banje preko Trebinja u pravcu SSZ—JJI. Ovaj rased kako severno, tako i južno, prelazi iz okvira studirane oblasti. Nalazi se u temenu polegle antiklinale, čija se osa pruža u pravcu SSZ—JJI. Duž nje je izvršeno kraljušasto navlačenje starijih formacija preko mlađih. Druga važna rasedna linija je *Pilatovičko-šatorički rased* pravca SSZ—JJI. On se pruža kontaktom serpentinita i flišnih sedimenata. Serpentinit je duž kontakta jako škriljav i limonitisan, sa padom škriljavosti prema ISI. U JJI produžetku, od Parduške reke do Pilatovice, duž raseda se nalazi kvarcna limonitisana masa. Andezitsko-dacitske erupcije Pilatovice i Šatorice iskoristile su delom ovu rasednu liniju i konsolidovale na kontaktu serpentinita i flišnih sedimenata. Ovaj rased je dubok i praćen je na većoj dužini andezitsko-dacitskim erupcijama, koje su na Šatorici i Pilatovici izvele kontaktnu metamorfozu, a zatim su hidroterme izvršile intenzivnu silifikaciju i olovno-cinkanu mineralizaciju.

Pored ova dva veća raseda, na terenu je konstatovano još nekoliko uzdužnih manjeg intenziteta.

Veće uzdužne rasedne linije pravca SSZ—JJI, na terenu prate jaka dijagonalna pravca ISI—ZJZ i poprečna SI—JZ rasedanja i pucanja. Veći poprečni rased postoji dolinom Štavske reke. Na preseku njega i trebinjskog raseda nalaze se mineralni izvori Lukovske banje. Duž istog raseda se verovatno u Štavi nalaze sulfidne mineralizacije. Sličnog rased konstatovan je kod Trebinja, duž koga je izvršeno bočno pomeranje južnog krila prema zapadu i na rasedu se nalaze piritne pojave. Naročito su izražena i vidljiva poprečna rasedanja i pucanja na pilatovičko-šatoričkom rasedu koji se nalazi na centralnom delu Kopaonika a na zapadnom delu ispitivane oblasti. Javljaju se kako u serpentinitu i mezozojskim sedimentima, tako i andezitsko-dacitskim stenama i hidrokvarcitu. Ove strukture su u većini slučajeva bile pogodne da se kroz njih kreću hidrotermalni rastvori. Pukotine i prsline dijagonalnog i poprečnog pravca su jako uočljive u obodnim partijama serpentinita, otkrivenim u okolini Štave.

Usled intenzivnih tektonskih pokreta, pored disjunktivnih, nastali su na ispitivanom terenu i plikativni oblici, prouzrokovani tangencijalnim pokretima. Pored kraljušastog navlačenja, duž većih uzdužnih rasednih linija, izvršeno je ubiranje i poremećaj slojeva. Gornje jurski i donjekredni sedimenti su više ubrani. Oni padaju prema ISI. Gornjekredne tvorevine, u celini uzeto, čine deo istočnog krila kopaoničkog antiklinorijuma. Na ispitivanoj oblasti u gornjokrednim sedimentima konstatovano je nekoliko antiklinala i sinklinala, kao što je *trebinjska antiklinala,* koja je polegla prema ISI. Njeno teme je erozijom i tektonikom kasnije razneto čime su otkrivene starije tvorevine. Osim ove, konstatovano je više manjih antiklinala i sinklinala na terenu, čije se ose pružaju uglavnom u pravcu SSZ—JJI, a lokalno i SI—JZ.

Postvulkanske promene stena

Ove promene su nastale u vezi sa intenzivnim tektonskim pokretima i andezitsko-dacitskim erupcijama.

Propilitizacija je zahvatila vulkanske proboje i izlive i naročito je izražena na Šatorici i Pilatovici, kojom prilikom su femični minerali dacitsko-andezitskih stena dobili svetlozelenu boju.

Kaolinizacija je zahvatila kako eruptivne, tako i sedimentne stene. Izražena je duž kontakta i rasednih zona. Transformacijom feldspata u kaolin na području Šatorice i Pilatovice nailazimo na potpuno bele partije andezita i dacita.

Silifikacija je od svih hidrotermalnih procesa najviše izražena. Ovim procesom su zahvaćene kako eruptivne tako i sedimentne stene, kojom prilikom su pojedine stene pretvorene u hidrokvarcite, gde im se prvobitno poreklo teško raspoznaje. Naročito je silifikacija intenzivno izražena duž kontakta serpentinita sa andezito-dacitima i sedimentima, tako da na području Šatorovice, Pilatovice a delom i Lukovske banje nailazimo na hidrokvarcite. Oni zbog svoje otpornosti prema atmosferilijama strče u vidu kamalja na površini, tako da su morfološki na terenu u većini slučajeva jasno izraženi. Ređe se sastoje od čistog kvarca, a u većini slučajeva su šupljikavi. Šupljine su im često ispunjene limonitom, nastalim oksidacijom pirita, a ređe kristalima kvarca razne veličine (od vrlo sitnih do veličine i preko 8 cm). Ove stene su naknadno karbonatisane i mestimično mineralizovane sulfidima Pb i Zn.

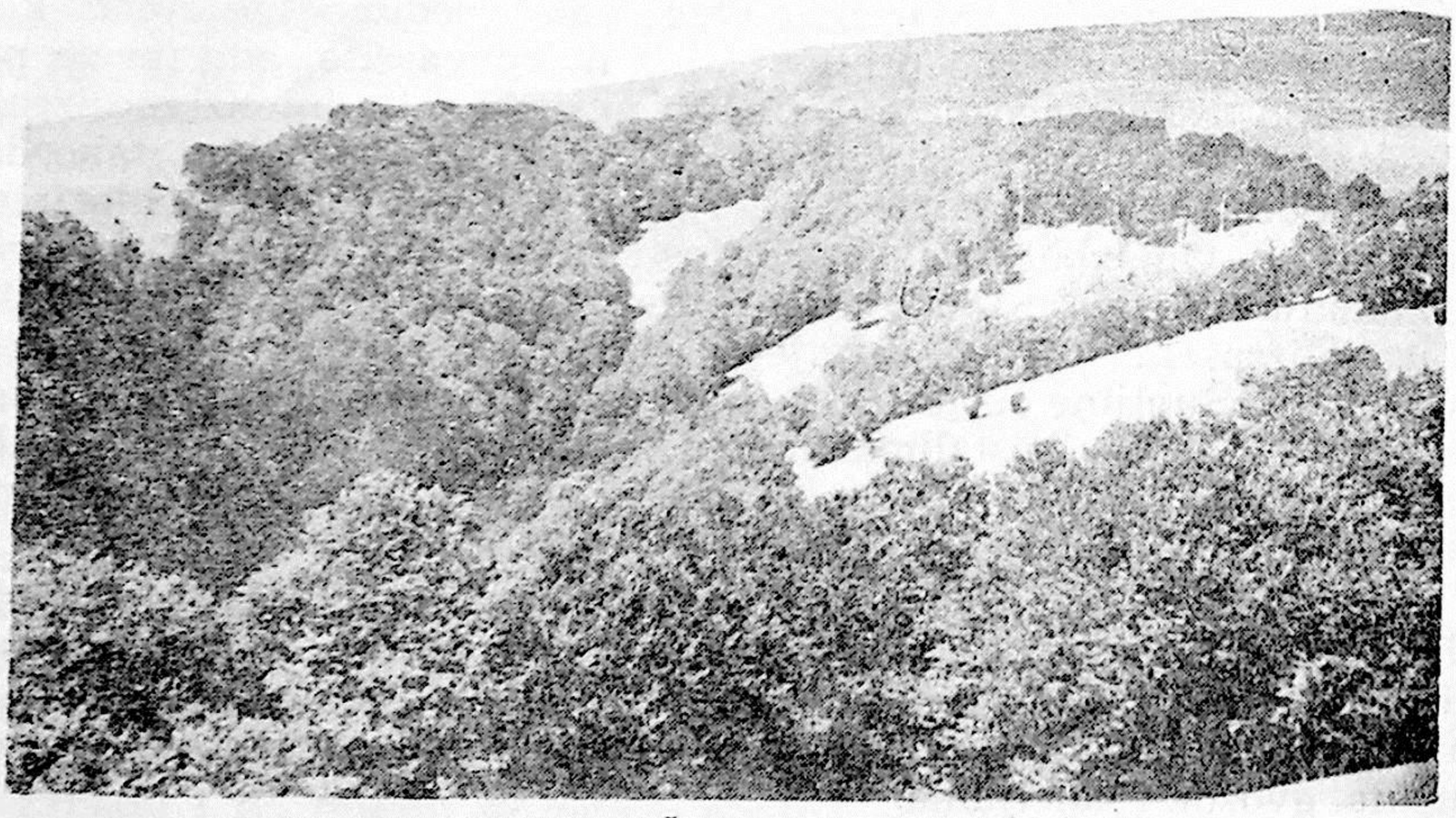
Karbonatizacija je prilično izražena na terenu, a javlja se kao mlađi produkt hidrotermalnih akcija, zapunjavajući pretežno poprečne rasedne linije i pukotine pravca I—Z ili SI—JZ, kako u sedimentnim stenama, tako i u hidrokvarcitu. Često su silifikovane stene praćene karbonatima mangana, gvožđa i kalcijuma.

RUDNE I MINERALNE POJAVE

U vezi sa intenzivnim tektonskim pokretima, vulkanizmom i hidrotermalnim akcijama, na ovom terenu su nastale brojne pojave sulfidnih mineralizacija i Pb, Zn, Fe, Cu i Sb orudnjenja. U daljem izlaganju biće ukratko opisane značajnije rudne pojave na ovom terenu.

Pojave magnetita i Pb-Zn sulfida na Šatorici

Ovo rudište je bilo aktivno u srednjem veku, o čemu govore brojni stari radovi, predstavljeni pretežno svrtnjevima i manje potkopima (sl. 2). Najviše su zastupljeni na platou Šatorice, gde se pružaju u širokim zonama, pravca I—Z ili ISI—ZJZ, kako u sedimentima gornje krede tako i u andezitsko-dacitskim stenama. Englesko društvo »Trepča Mines Limited« izvodilo je od 1927—1932. godine istraživanja Pb—Zn rude na Šatorici, kojom prilikom su napravili nekoliko potkopa i šahti u neposrednoj blizini starih radova. Oni su usmeravali svoje istražne hodnike ispod samog platoa Šatorice, tj. ispod starih srednjevekovnih radova. Pošto su dobili nezadovoljavajuće rezultate napustili su dalja istraživanja. Geološko odeljenje Trepče je odmah posle II svetskog rata ispitivalo teren Šatorice u cilju otkrivanja Pb—Zn rude. U tom periodu sam lično bio angažovan u rukovođenju istraga na ovom objektu. Detaljnom geološkom prospekcijom, geofizičkim ispitivanjem i dubinskim bušenjem ustanovljena je jedna skarnovska masa sa pirhotinom, piritom i magnetitom, koja se na površini manifestuje skarnovskim mineralima i gvozdenim šeširom. U toku 1964, 1967. i 1969. godine na Šatorici a delom i na Pilatovici je Geozavod Beograd vršio istrage magnetita.



Sl. 5 — Pogled na Šatoricu sa južne strane.

Osnovu terena na ovom području čini serpentinit, koji je na površini uglavnom uočljiv na zapadnom i južnom delu terena (sl. 3). Preko njih naležu laporoviti krečnjaci, koji naviše prelaze u peščare i laporce. Na osnovu napred iznetih dosadašnjih radova može se zaključiti da je rudište Šatorice nastalo u tri glavne faze:

U prvoj fazi, na kontaktu andezitsko-dacitske mase, konsolidovane na kontaktu serpentinita i krečnjaka u pravcu SSZ—JJI, nastala je veća masa skarna.

Pod uticajem hidrotermalnih rastvora u drugoj fazi, pretežno duž rasednih linija pravca SZ—JI sa prelazima ka ZSZ—ISI stvarane su veće količine kvarca (hidrokvarciti).

U trećoj fazi, duž poprečnih rasednih linija i pukotina, pravca SI—JZ, koje seku prethodne strukture, dolazi do izbijanja sanidinsko-dacitskih žica i do stvaranja sulfidne Pb—Zn mineralizacije i orudnjenja.

Skarnovi su stene prilično rasprostranjene u Šatorici. Javljaju se u vidu velike mase na kontaktu andezit-laporoviti krečnjaci (pružanja SSZ—JJI i padom prema ISI). Dužina ove skarnovske i kornitizirane zone iznosi oko 2 km, a širina od nekoliko metara do 100 m. Pokazuje sočivaste oblike. Skarn Šatorice sadrži dosta pirhotina i pirita, a manje sfalerita i halkopirita. Odmah uz kontakt sa eruptivom preovlađuju kontaktni silikati, pirokseni i amfiboli, a zatim granati, impregnisani pirhotinom i piritom, koji postepeno prelaze u pirhotinsko i piritno telo. Osim toga u skarnu se primećuju mestimično žilice sfalerita i galenita. Bušotinom Š-1 nabušeno je rudno telo od 60 m debljine a bušotinom Š-4 od 73 m sa sledećim sadržajem:

	Pb%	Zn%	Fe%	FeS_2%	FeS%	S%	FeAsS%	Cu%
Š-4	0,09	0,61	37,22	28,78	39,0	24,18	0,88	0,037
Š-1	0,17	0,19	34,05	31,77	30,9	20,47	0,61	0,085

Iz priloženih analiza se vidi da u nabušenoj skarnovskoj masi preovlađuju pirhotin i pirit, a da su ostale komponente u znatno manjoj meri zastupljene.

Na osnovu dosadašnjeg poznavanja ležišta mogu se proceniti rezerve C_2 kategorije pirita i pirhotina na preko 6,000.000 tona.

Pojave magnetita su vezane za istu skarnovsku zonu pružanja SSZ—JJI. Javljaju se pretežno na levoj strani Kostritskog potoka. Magnetit je mestimično otkriven na površini. Javlja se u vidu kompaktnih rudnih tela i u vidu jačih i slabijih impregnacija na većoj površini, držeći se skarnovske zone na kontaktu eruptivnih stena i laporovitih krečnjaka. Pojave magnetita su jako rasprostranjene duž čitave ove skarnovske zone, ali su između Kostritskog potoka i Medveđaka u znatno većoj meri zastupljene. Orudnjenje magnetita je predstavljeno kompaktnim magnetitiskim rudnim telima, kao i zonama jačih i slabijih impregnacija u skarnovima. Sudeći prema površinskim zapažanjima, kao i rezultatima dubinskog bušenja, rudna tela imaju sočivaste oblike. Po V. Jeremiću hemijske analize proba, uzetih tačkastom metodom u raskopima na površinama, pokrivenim geofizičkim anomalijama, dale su zadovoljavajuće sadržaje gvožđa. Srednji sadržaj Fe iznosi 57,74%. Količinsko učešće magnetita, sulfida i jalovine u nabušenom orudnjenju u Šatorici, dobijeno integracijom preparata po V. Jeremiću je sledeći:

	Kompaktna rudna tela	Jače impregnacije	Slabije impregnacije
magnetit	59,5	39	17,4
sulfidi	1,5	36	35,2
jalovina	39,0	25	47,4

Uzimajući u obzir činjenicu da se pojave magnetita na Šatorici javljaju na većem prostranstvu i da je kvalitet rude zadovoljavajući, to bi trebalo ispitivanju istih posvetiti veću pažnju. Ovo tim pre, što je teren obrastao gustom vegetacijom, tako da se izdanci na površini teško uočavaju, tako da su količine i kvalitet rude u rudištu do sada nedovoljno poznati.

Kvarcne mase (hidrokvarciti) prilično su rasprostranjene na području Šatorice, gde uglavnom zapunjavaju rasedne linije pravca SZ—JI i ZJZ—ISI. Sadrže mestimično veće količine pirita. Pirit je na površini uglavnom transformisan u limonit, koji je većim delom naknadno ispran, tako da su kvarcne mase šupljikave. Veće mase hidrokvarcita konstatovane su na južnom delu Šatorice na levoj strani Kostritskog potoka.

Sulfidne Pb—Zn pojave. Okonturena zona pirhotinsko-piritnog i magnetitskog skarna o kojoj je u prethodnom izlaganju bilo dosta govora, sadrži nizak sadržaj Pb i Zn, što se vidi iz iznetih analiza iz bušotina. Četiri bušotine su u 1953. godini izbušene u skarnovskoj zoni, dok četiri izvan nje i bušene su kroz jaču piritizaciju sa nižim sadržajem Pb i Zn. Izuzev jedne bušotine (Š-6), locirane u području starih radova) koja je nabušila i jaču Pb—Zn mineralizaciju, ostale bušotine su pokazale slabe rezultate na ovim metalima. Sudeći prema karakteru sulfidnih Pb—Zn pojava na jednom relativno većem području, ovakav mali obim istražnih radova je apsolutno nedovoljan. Sulfidne Pb i Zn pojave se javljaju u vidu žica, žilica a delom i impregnacija duž poprečnih strukturnih linija sa sočivastim zadebljanjima i isklinjenjima i to većim delom izvan skarnovske zone. Do sada konstatovane žice su relativno male moćnosti. Na južnom delu Šatorice, u srednjevekovnom potkopu, javlja se žica Pb—Zn rude debljine oko 30 cm, pružanja ZSZ—IJI i sadržajem Pb 10% i 140 gr/t Ag. U žici se javlja pored kvarcne jalovine i arsenopirit. Od nje prema severu konstatovano je još nekoliko tanjih žica. Usled pokrivenosti terena teško ih je otkriti i pratiti.

Činjenica, da se na Šatorici nalazi veliki broj starih rimskih srednjevekovnih radova izvan zone skarna i da se istočnije kod Belasice nalaze brojna troskvišta, upućuje na to da je na ovom području bilo intenzivno rudarstvo. U izbačenom materijalu iz starih radova, nalaze se mestimično i bogati komadi rude koji takođe ukazuju na žično-sočivasti karakter orudnjenja. Međutim, na terenu do sada nigde nije konstatovana neka deblja rudna žica, koja bi dala podstrek za intenzivnije istraživanje. To ipak ne znači da se većim istraživanjem ovaj intenzivno pokriven teren bujnom vegetacijom, ne bi otkrio i ekonomski interesantne rezerve Pb—Zn rude.

Minerali i mineralne parageneze. Skarnovi, koji su obilato zastupljeni na ispitivanoj lokalnosti predstavljaju starije kontaktno-pneumatolitske

parageneze. Sastoje se od kontaktnih minerala; ilvaita, granata, hedenbergita, aktinolita, epidota i magnetita. Ovi minerali su naročito zastupljeni na kontaktu laporovitih krečnjaka i andezito-dacita, u već opisanoj skarnovskoj zoni.

Od hidrotermalnih parageneza zastupljeni su pirhotin, arsenopirit, pirit, kvarc, sfalerit-halkopirit-pirhotin, halkopirit, galenit, kalcit i opal. Ovi minerali su deponovani u hipo-mezo-epi i teletermalnom stadijumu.

Rudište na Šatorici je kako na površini tako i duž pukotina bilo izloženo dejstvu descedentnih rastvora, kojom prilikom je izvršena transformacija u smislu oksidacije pojedinih primarnih minerala. Na površini pirhotinskog i piritnog skarna stvorena je kora debljine oko 5 m gvozdenog šešira. Hemijske analize jednog primerka iz ove oksidne partije, vršena u laboratoriji Trepča — Zvečan dala je sledeće rezultate:

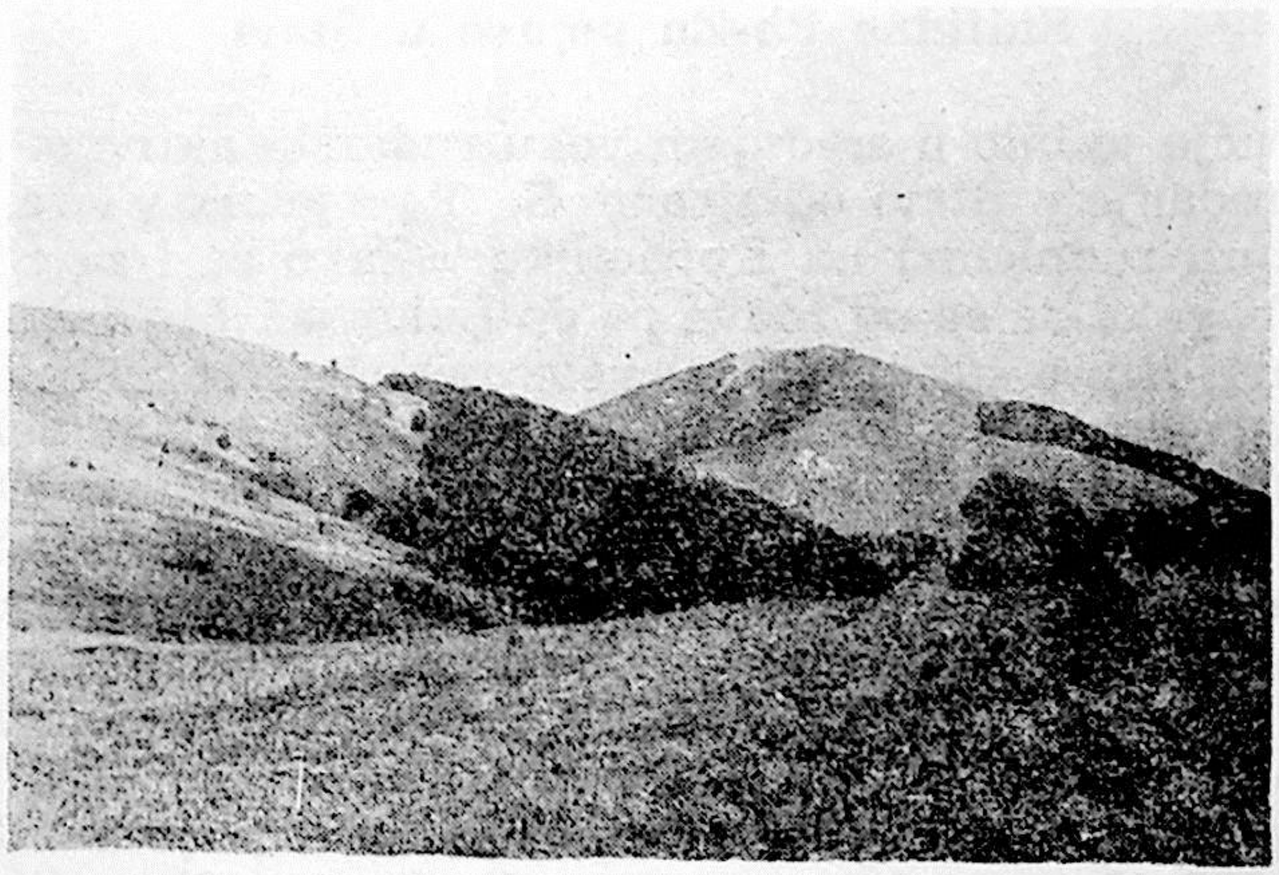
SiO_2	Fe	As	S
9,52	51,25	0,80	0,20

Od descedentnih minerala u rudištu su konstatovani pirit, markasit, meljnikovit, limonit i psilomelan.

Pojave magnetita na Pilatovici

Geološku građu užeg područja Pilatovice čine serpentiniti, laporoviti krečnjaci i fliš gornje krede. Zatim andezitsko-dacitske stene i stene kontaktnog oreola.

Serpentiniti izgrađuju zapadni deo terena a sedimenti gornje krede istočni, dok su andezitsko-dacitske stene stvarane uglavnom duž njihovog kontakta koji ujedno označava i glavnu rasednu liniju pravca SSZ—JJI (Šatoričko-pilatovički rased).



Sl. 6 — Pogled na Pilatovicu sa južne strane.

Izbijanjem andezitsko-dacitskih eruptiva sedimentne stene gornje krede, pogotovu njihov niži nivo laporoviti krečnjaci pretrpeli su intenzivne kontaktno-pneumatolitske i hidrotermalne promene. Stene su delom

skarnizirane, kao i silifikovane i karbonatisane. Na pojedinim mestima javljaju se kvarciti. Lateralno od ove velike mase andezita dacita nalaze se mestimično dajkovi daciti stena, koji probijaju kako serpentinite tako i flišne sedimente.

Strukturna građa ovoga terena čini deo strukturne građe kopaoničkog antiklinorijuma. Glavni tektonsko-strukturni pravci su SSZ—JJI, a pad formacija prema ISI. Međutim, primećuju se i poprečna manja rasedanja i pucanja.

Magnetitske pojave se javljaju u vidu kompaktnih rudnih tela i impregnacija. Sudeći prema rezultatima dubinskog bušenja, koje je izvodio Geozavod Beograd, granice kompaktnih rudnih tela najčešće su oštre dok se impregnacije javljaju u vidu nepravilnih — neravnomernih mineralizacija sa postepenim prelazom prema jalovini. Iako su dosadašnji istražni radovi nedovoljni da bi se nešto pouzdanije iznelo o oblicima rudnih tela, može se pretpostaviti da su rudna tela sočivastog oblika sa češćim promenama moćnosti. Magnetitska ruda je impregnisana pirhotinom i piritom, a mestimično se javlja i halkopirit.

Na površini Pilatovice, kako u skarnovima, tako u andezito-dacitima i sedimentima nalazi se veliki broj starih srednjevekovnih radova (svrtnjeva). Na tom delu engleski geolozi su vršili manja raskopavanja. U izbačenom materijalu pored napred nabrojanih minerala nalaze se retko sulfidne Pb—Zn mineralizacije. One se javljaju u vidu žilica i slabih impregnacija sa kvarcnom jalovinom.

Makroskopskim pregledom ustanovljeno je da magnetit nastupa kao vrlo čest i u ekonomskom pogledu najinteresantniji rudni mineral. Javlja se kao sitnozrn i krupnozrn. U pojedinim uzorcima je skoro kompaktan. Od sulfidnih minerala javljaju se često pirhotin i pirit, zatim ređe halkopirit, galenit i sfalerit. Na površini je čest limonit.

Sulfidne Pb-Zn pojave u Štavi

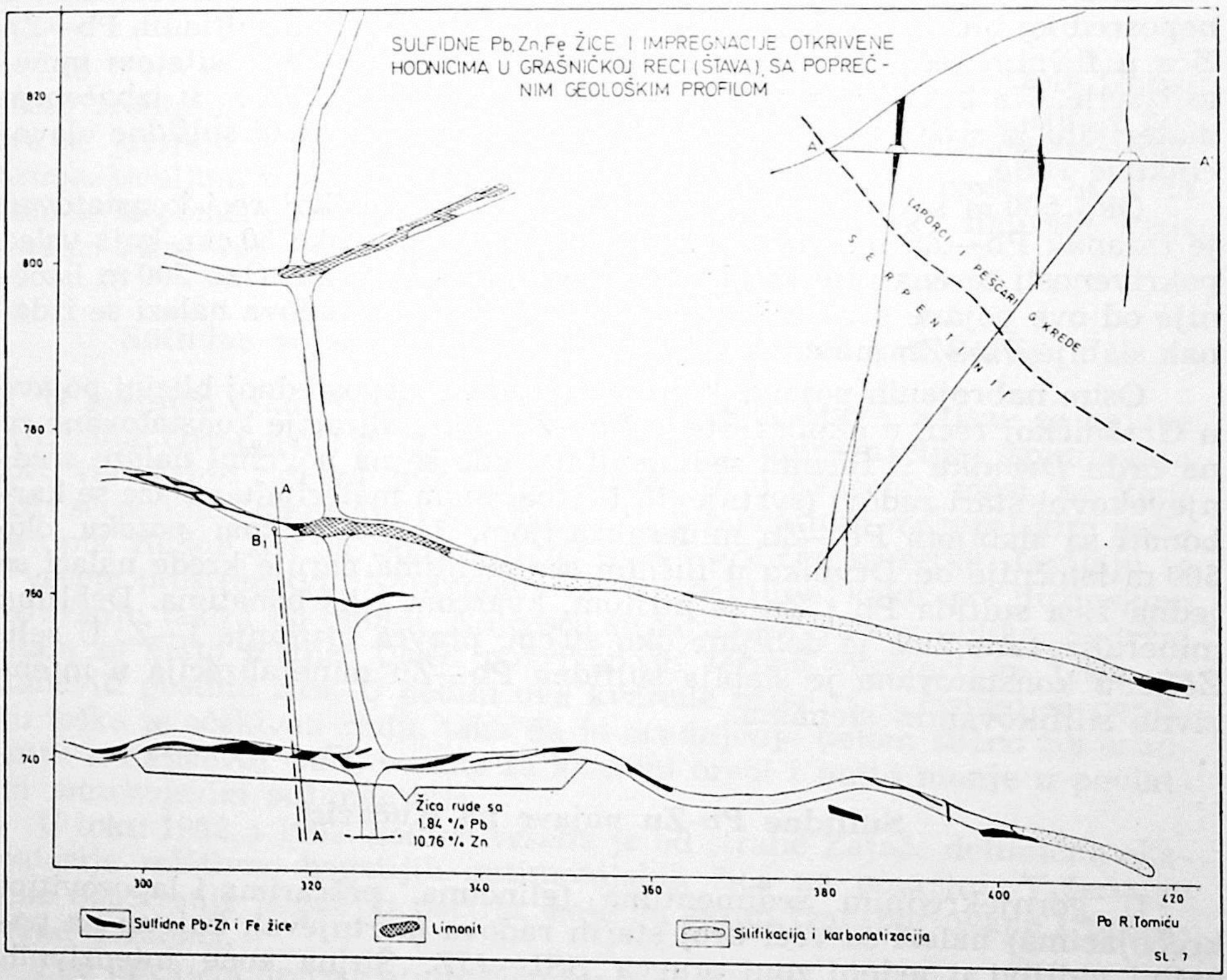
Ovo područje je bilo u srednjem veku rudarski aktivno. Interesantno je zapisano predanje o Štavi od strane S. Trojanovića, koji piše o srednjevekovnim rudnicima na Kopaoniku: »Tako se i za Štavu veli da je bila toliko bogata, da su od Štave pa do Lukova 1 čas daljine čohu prostirali te po njoj išli, a štavljanke su vele, papuče srebrnim klincima potkivale«. O intenzivnoj rudarskoj aktivnosti u srednjem veku govore i brojni stari rudarski radovi u gornjekrednim sedimentima. Oni su usmereni u pravcu I—Z. Ujedno su se do 1961. godine u neposrednoj blizini nalazila i brojna troskvišta, koja su zbog visokog sadržaja olova transportovana i prerađena u Trepči. Geološku osnovu orudnjenog područja čini serpentinit. Preko njega naležu kredni sedimenti, predstavljeni idući odozdo naviše, laporovitim krečnjacima, peščarima i glinovitim škriljcima.

Kontakt serpentinita i sedimenata gornje krede je pravca SSZ—JJI sa padom prema ISI. Na kontaktu se uočava škriljavost, limonitizacija, silifikacija, a delom i karbonatizacija serpentinita.

Poprečne skoro vertikalne rasedne linije pravca I—Z presecaju kako serpentinit tako i povlatne flišne sedimente. Duž raseda se konstatuju brečaste partije, sastavljene od fragmenata okolnih stena. Ove strukture su delom zapunjene kvarcem, karbonatima kao i sulfidima Pb i Zn. Pruža-

nje ovih rudnih i mineralizovanih žica poklapa se sa smerom starih radova (svrtnjeva) na površini.

Istražnim rudarskim radovima Geološkog zavoda — Beograd od 1955—1957. godine utvrđeno je nekoliko mineralizovanih, a mestimično orudnjenih Pb—Zn žica sa kvarcnom i karbonatnom jalovinom. Rastojanje između pojedinih žica je od 30—40 m a mestimično i veće. Značajnija olovo-cinkova mineralizacija i orudnjenje javlja se u Grašničkoj reci i to na njenoj desnoj strani. Na ovoj lokalnosti po R. Tomiću (1958) na površini je konstatovana sulfidna olovo-cinkova pojava na dužini od 110 m. Ista rudna žica je praćena potkopom, ispod površine na dužini od 130 m. Žica je nepravilne debljine i vrlo neravnomernog rasporeda korisne supstance, kako po pružanju tako i po padu. U njoj je izdvojena na hodnicima detaljnom analizom jača mineralizacija dužine 54 m a prosečne širine oko 1 m sa 1,84% Pb i 10,76% Zn. Ostali deo žice je znatno siromašan sulfidima Pb i Zn. Rezultatima dubinskog bušenja, na dubini od 60 m ispod nivoa hodnika, nabušen je limonitisan škriljav serpentinit sa tragovima PbS i ZnS (sl. 7). Ovaj podatak očito govori, da su jače koncentracije korisnih komponenti vezane za rased u višim nivoima u flišnim sedimentima.



Mikroskopskim ispitivanjem (S. Rakić, 1957) konstatovano je prisustvo mezo, epi i teletermalnih mineralnih parageneza, deponovanih u okolnim stenama putem metasomatskog zamenjivanja. U mezotermalnom stadijumu stvarani su: arsenopirit, pirhotin, sfalerit, halkopirit i siderit.

Minerali stvarani u ovom stadijumu obrazuju manja rudna nagomilanja, ili se sreću u fragmentima, cementovanim mlađom epitermalnom parageneza. U epitermalnom stadijumu samorodno zlato — kvarc, markasit, pirit, sfalerit, halkopirit, arsenopirit, tetraedrit, burnonit, bulanžerit, antimonit, barit i kalcit, koji obrazuju žična i sočivasta nagomilanja a ređe impregnacije u starijim tvorevinama u karbonatisanim i silifikovanim stenama. U teletermalnom stadijumu izlučeni su amorfni SiO_2 markasit, pirit, meljnikovit-pirit. Minerali nastali u ovom stadijumu imaju podređenu količinu i javljaju se u vidu žilica i manjeg sočiva, a ređe u impregnacijama, kako u orudnjenju, tako i u okolnim stenama.

Od descedentnih minerala konstatovan je markasit, a na površini i duž pukotina limonit, cerusit, bakronosni limonit i psilomelan. S. Rakić je u rudištu konstatovao i grafit, koji je nastao prekristalisavanjem organskih materija.

Ostale sulfidne Pb-Zn pojave u bližoj okolini Štave

Osim ovih pojava u Grašničkoj reci, koje su rudarski istraživane, u neposrednoj blizini Štave konstatovano je više paralelnih sulfidnih Pb—Zn žica u flišnim sedimentima, sa različitom moćnošću i intenzitetom mineralizacije. Na brdu zvanom *Zlatna Ravan* kod kote 1210 m u izbačenom materijalu iz srednjevekovnih svrtnjeva nalaze se komadi sulfidne olovocinkove rude.

Oko 500 m severno od rudnih pojava u Grašničkoj reci konstatovan je izdanak Pb—Zn mineralizacije na putu, debljine oko 30 cm, koja usled pokrivenosti terena nije mogla po pružanju da se prati. Oko 200 m istočnije od ove pojave u zaseoku *Miočiću* u zoni starih radova nalazi se izdanak slabije Pb—Zn mineralizacije.

Osim nabrojanih pojava, koje se javljaju u neposrednoj blizini pojave u Grašničkoj reci, u okolini Štave Pb—Zn mineralizacije konstatovane su na brdu *Drvniku* u flišnim sedimentima, gde se na površini nalaze srednjevekovni stari radovi (svrtnjevi). U izbačenom materijalu nalaze se karbonati sa slabijom Pb—Zn mineralizacijom. U *Drvničkom potoku* oko 500 m istočnije od Drvnika u flišnim sedimentima gornje krede nalazi se jedna žica sulfida Pb i Zn sa piritom, kvarcom i karbonatima. Debljina mineralizovane žice je debljine oko 40 cm, pravca pružanja I—Z. U selu *Željevu* konstatovana je slabija sulfidna Pb—Zn mineralizacija u intenzivno silifikovanim stenama.

Sulfidne Pb-Zn pojave na Kučavici

U gornjekrednim sedimentima (glincima, peščarima i laporovitim krečnjacima) nalazi se veći broj starih radova (svrtnjeva), koji su na površini vidljivi u jednoj zoni pravca SSI—JJZ. Širina zone intenzivnih starih radova je od 30—50m, a dužina oko 1 km. U izbačenom materijalu nalaze se čisti komadi antimonita prečnika oko 20 cm.

Na krajnjem severnom kao i južnom obodu ovoga pojasa Englezi su u predratnom periodu vršili raskopavanja, upravo na pravac pružanja

starih radova. U toku 1960. godine, od strane Geološkog odeljenja Trepča vršena su raskopavanja na ovoj lokalnosti. Tom prilikom je ustanovljena mineralizacija predstavljena galenitom, sivim sfaleritom i rede piritom koja se javlja u vidu tanjih žica, žilica i impregnacija u jako karbonatisanim glincima i peščarima. Sulfidi su praćeni karbonatima mangana koji su delom transformisani u okside.

Sulfidne Pb-Zn pojave na Srebrenici

Izvestan broj svrtnjeva orijentisanih u pravcu S—J nalazi se na površini ove lokalnosti. Ispod starih radova vidljiva je jedna sulfidna Pb—Zn žica, takođe pravca S—J. Ovu žicu su otkrili Englezi raskopavanjem posle I svetskog rata. Žica je debljine oko 30 cm i sastavljena je od galenita i sivog sfalerita sa karbonatnom i kvarcnom jalovinom. Analiza orijentacione probe iz ove žice pokazala je

Pb 5,8% Zn 7,2%.

Sulfidne Cu pojave u Trebinju

Na levoj strani Trebinjske reke, oko 500 m severnije od Oble Glave u selu Trebinju, nalaze se pojave halkopirita sa piritom. Ove sulfidne pojave se javljaju u vidu žica, sočiva i impregnacija u silifikovanim dijabazima. Debljina žica je različita, ali je u većini slučajeva ispod 1 m. Vrlo retko se sa pomenutim mineralima uočavaju zrna galenita i sfalerita. Pirit je na površini transformisan u limonit.

Sulfidne pojave antimona u Parduškoj reci kod Štave

U gornjem toku Parduške reke, u ataru sela Štave, nalaze se pojave antimonita. Ove pojave se javljaju u vidu žica i impregnacija i ispunjavaju skoro vertikalne rasedne pukotine i strukture u kvarcnoj masi, na kontaktu serpentinit-mezozojski sedimenti, ili u povlatnim mezozojskim sedimentima. Rudne žice su ispod 1 m debljine i prilično su retke. Javljaju se na većem prostranstvu. Neravnomerne su debljine kako po dužinskom prostiranju tako i po dubini. Najčešće su žično-sočivastog oblika. Sadržaj metala se često menja. Usled pokrivenosti terena vegetacijom teško je ustanoviti gustinu žica. U podini ove kvarcne mase tj. u čistom serpentinitu teško je očekivati rudu, tako da je orudnjenje delom slično Sb orudnjenju u Rajičevoj Gori, vezano za kvarcni oreol i nešto manje u povlatnim mezozojskim sedimentima.

U toku 1962. i 1963. godine vršena je od strane Zajače delimična eksploatacija relativno bogatijih antimonitskih žica na površini. Vršeno je ručno odabiranje bogatijih partija, koje su zatim transportovane i prerađivane u Zajači.

Pod uticajem descedentnih rastvora, izvršena je transformacija u smislu oksidacije i hidratacije pojedinih primarnih minerala, tako da umesto antimonita, mestimično nailazimo valentinit i senarmontit. Karbonati mangana su transformisani u hidrokside mangana (psilomelan i pirolu-zit), zbog čega je nastalo crno bojenje stena na ovom delu terena.

Pojava nikla

U hidrokvarcitima, koji predstavljaju produkt intenzivne silifikacije serpentinita, javljaju se pojave nikla, a mestimično i kobalta. Hemijska analiza ovih kvarcnih masa sa lokalnosti Seoski Krš kod Lukovske banje po M. Protiću iznosi:

0,60% Ni; 0,24% Cr i 8,42% Fe

U selu Trebinju vršene su od Geozavoda Srbije istrage na nikl u izmenjenim serpentinitima. Dobiveni sadržaj kreće se uglavnom ispod 1%. Pojave nikla konstatovane su i u izmenjenim serpentinima u selu G. Trnovica. Njegovo pojavljivanje sa sličnim sadržajem se može očekivati na širem prostoru gde se javljaju produkti izmenjenog serpentinita.

Od diarsenida Ni—Co iz sličnih stena (izmenjenih serpentinita-hidrokvarcita) Koporića određeni su saflorit-ramelsbergit, lelingit i dr.

Poreklo nikla, kobalta, a delom i gvožđa dolazi od serpentinita. Dokaz da su Ni i Co preuzeti hidrotermalnim rastvorima iz serpentinita je potpuno odsustvo sulfidnih minerala Ni i Co u samom sanidinskom dacitu.

Pojava azbesta

Studijom serpentinita ove oblasti (T. Novović i M. Vitić, 1959. i 1960), konstatovane su značajne pojave hrizotil azbesta u okolini Lukovske banje. S obzirom da se hrizotil azbest pojavljuje na više mesta na Kopaoniku, to su uslovi postanka i koncentracije istog bili predmet našeg proučavanja. Osim toga, obratili smo posebnu pažnju na ekonomsku vrednost pojavljivanja azbesta na pojedinim lokalnostima. Hrizotil azbest je nastao u vezi sa tektonikom i hidrotermalnim akcijama u serpentinitima ove oblasti. Značajnije pojave azbesta vezane su za harcburgite u blizini kontakta, kako sa sedimentima, tako i eruptivnim stenama. Ovo je razumljivo, jer je u blizini kontakta serpentinit više zdrobljen i poseduje bezbroj pukotina i prslina, duž kojih su cirkulisali alkalni rastvori, kojom prilikom je stvoren hrizotil azbest. Ovi uslovi su bili pogodniji u blizini istočnog kontakta i obodnim partijama serpentinita, gde su bila veća kretanja i gde su stvorene značajnije koncentracije azbesta. U blizini azbestnih pojava često se nalaze kvarcne mase.

Pojave hrizotil azbesta ustanovili smo na nekoliko mesta u ovoj oblasti i to u Štavi, Trebinju i Medveđaku. Među njima pojave azbesta u Štavama zaslužuju posebnu pažnju, naročito zbog veće količine pojavljivanja.

Glavne karakteristike hrizotil azbesta na ovim trima lokalnostima su sledeće:

1. Azbestna vlakna su najvećim delom zlatnožute, zatim bele do bledozelene boje. Sjaja su smolastog, a pod prstima su masna.

2. Dužina vlakna se kreće od 1—9 mm, a ređe kao u Medveđaku, do 12 mm, što znači da su zastupljena vlakna od III do VII klase.

3. Vlakna su poprečna na zidove žica (poprečno vlaknasti tip), a ređe se sreću sa dijagonalnim položajem (koso vlaknasti tip).

4. Pružanje azbestnih žica je uglavnom pravca SZ—JI i SI—JZ, mada ih ima i drugih pravaca, tako da grade mrežu, pošto se gusto pojavljuju (zamršeno vlaknasti tip).

5. Mestimično se žice azbesta smenjuju sa antigoritom, tako da azbestno vlakno izgleda duže. Azbestno vlakno je retko obloženo karbonatnim filmom.

Sl. 8 — Izgled žica hrizotil azbesta u serpentinitu Parduške reke (Štava).

Hrizotil azbest u Štavi (Parduška i Grašnička reka) otkriven je na većoj površini sa napred iznetim karakteristikama i sa 1,5 do 2% azbesta u masi. Ova ležišta su slična sa Korlaćem i Piceljem na Kopaoniku, a prema glavnim karakteristikama mogu se uvrstiti u Baženovski tip azbestnih ležišta, otkrivenih na Uralu. U SSZ produžetku od Štave, van domena studirane oblasti jače koncentracije azbesta su konstatovane u Vitošu, Borancu i Domiševini, sa kojima pokazuju apsolutnu sličnost.

Dosadašnjim istražnim radovima, koje je izvodio Geozavod Srbije u Parduškoj i Grašničkoj reci kod Štave, utvrđene su rezerve rude.

B+C₁ kategorije 8,852.122 tone sa 2,60% azbestnog vlakna.

U dubljim delovima istraživanog ležišta i u Trebinju perspektivne rezerve azbestne rude procenjene su na oko 8,000.000 tona sa 2,00% azbestnog vlakna.

Struktura azbestnog vlakna po klasama je sledeća:

klasa	3	5%
„	4	10%
„	5	65%
„	6	10%
„	7	10%
Ukupno		100%

Poluindustrijska ispitivanja. U selu Dren (Ibarska dolina) otkrivene su veće rezerve cementnih laporaca na osnovu kojih je odmah posle II svetskog rata planirana fabrika cementa. S druge strane poznato je da se nedaleko od planirane fabrike cementa na Kopaoniku nalaze značajnija ležišta hrizotil azbesta (Korlaće, Boranci i Štave). Ležište azbesta u Štavama udaljeno je oko 16 km vazdušne linije istočno od sela Drena, a do pomenutog sela postoji i dobar put. Zbog takve okolnosti prišlo se izradi studije, da se pri planiranoj fabrici cementa izradi i pogon azbest cementnih proizvoda. U tom cilju u 1962. godini Rudarski institut — Beograda, izvršio je poluindustrijska ispitivanja azbestne rude Korlaća, Štava i Boranca u separaciji Rujišta sa ciljem dobijanja azbestnog vlakna prema tehničkim propisima, koja postavlja azbest cementna industrija. Rezultati ispitivanja su veoma povoljni, iako je rađeno sa skraćenim tehnološkim postupkom, a zaključci ovih ispitivanja bi bili sledeći:

1. Tehnološkim ispitivanjem utvrđeno je da se azbestno vlakno iz ležišta Korlaća, Štave i Borance po svojim fizičko-hemijskim osobinama i strukturi vlakna po klasama u potpunosti odgovara za primenu u azbest cementnoj industriji.

2. Iz sva tri ležišta azbesta može se dobiti kvalitetno azbestno vlakno, povoljne strukture po klasama, koje u potpunosti odgovara zahtevima azbest cementne proizvodnje.

3. Ukoliko se ležišta posmatraju pojedinačno, ni jedno od njih ne raspolaže dovoljnim rezervama da obezbedi proizvodnju azbestnog vlakna za jednu fabriku azbest cementnih proizvoda kapaciteta 5,000.000 tona tvorničkih m², koji bi predstavljao jednu ekonomsku jedinicu. Međutim, ako se sva tri ležišta posmatraju kao celina, u pogledu raspoloživih rezervi azbestnog vlakna, onda ista ispunjavaju i ovaj uslov.

Jugoslavija je deficitarna u azbestnom vlaknu, te uvoz ima konstantan trend povećanja. To nameće potrebu da se pristupi daljoj studiji aktiviranja opisanih ležišta.

Pojave azbesta u Medveđaku. Ležište hrizotil azbesta u Medveđaku južno od Šatorice javlja se na površini od 1 h. (sl. 9). Dužina vlakna se

kreće do 15 mm a najčešće od 4 do 5 mm. Prilikom istraživanja pojave zasecima iz bogatijih partija sa oko 5% azbesta, uzeta je jedna poluindustrijska proba, iz koje su u separaciji »Kosmet azbesta« dobivene sledeće klase:

Klasa III	Klasa IV	Klasa V
78,2%	14,4%	7,4%

Sl. 9 — Izgled žica hrizotil azbesta u serpentinitu Medveđaka.

Ovo je ležište azbesta delom eksploatisano u toku 1959. i 1960. godine od strane preduzeća Kosmet azbest iz Kosovske Mitrovice a separacija vršena u Rujištu. Međutim, zbog male rasprostranjenosti i smanjivanja sadržaja azbesta prema dubini ležište ne pruža šansu za nalazak značajnijih rezervi.

Mineralni izvori Lukovske banje

Topli i hladni izvori Lukovske banje izbijaju na preseku raseda Trebinje — Lukovska banja, duž koga je nastalo kraljušasto navlačenje starijih formacija preko mlađih, i jednog mlađeg poprečnog, koji se pruža uglavnom Štavskom rekom. Ovi izvori su dokaz nekadašnje vulkanske aktivnosti. U Lukovskoj banji javljaju se 15 mineralnih izvora i to 13 toplih kiseljaka i 2 hladna. Topli izvori su izdvojili i sada izdvajaju na površini veću masu bigra, koji se i sada stvara. S. L e b e d e v (1953) mineralne vode Lukovske banje uvršćuje u alkalno-zemljo-alkalne kiseljake. Kisele vode verovatno nastaju mešanjem ugljen dioksida (mofeta) sa podzemnom vodom. Međutim, mofete predstavljaju poslednji trag vulkanske aktivnosti.

Izdašni topli izvori i vanredno bogati šumom i brzim bistrim potocima tereni Lukovske banje, pored ostalog, pružaju šansu za razvoj turizma.

ZAKLJUČAK

Proučavani teren okoline Lukovske banje kao deo oblasti Kopaonika poseduje uglavnom geološko-tektonske karakteristike za tu oblast. Najstarije stene zastupljene na ispitivanom terenu su serpentiniti, otkriveni na zapadnom delu, kao i duž antiklinalnih struktura na ostalim delovima terena. Transgresivno preko serpentinita naležu gornjejurski sedimenti, koje sačinjavaju dijabaz-rožnačka serija, titonvalendinski krečnjaci i titon-valendinski fliš. Ovi sedimenti su takođe otkriveni duž antiklinalnih struktura. Preko njih naležu sedimenti fliša donje krede. Gornjekredni sedimenti su najrasprostranjeniji sedimenti na ovom terenu. Predstavljeni su laporovitim krečnjacima i u faciji fliša. Od mlađih eruptivnih stena javljaju se andezito-daciti i bazalti. Glavne rasedne linije su pravca SSZ—JJI. Duž njih je vršeno kraljušasto navlačenje starijih geoloških formacija preko mlađih. Iste su poslužile i za izbijanje andezitsko-dacitskih erupcija. Osim ovih na terenu se javljaju i rasedne linije dijagonalnog i poprečnog pravca na prethodne.

Proučavani teren kao sastavni deo Kopaonika u srednjem veku u rudarskom i topioničarskom pogledu bio je vrlo aktivan. Na njemu se javljaju raznovrsne mineralne i rudne pojave kao: magnetita (Šatorica i Pilatovica), sulfida bakra (Trebinje), sulfida olova i cinka (Šatorica, Štava, Srebrenica, Zlatna Ravan, Kučavica i dr.). Na pojedinim lokalnostima vršena su detaljnija geološko-rudarska istraživanja. Važno je napomenuti i pojave antimonita u okolini Štave, kao i pojave nikla i kobalta na više mesta na terenu. Od posebnog interesa za proučavani teren su značajne pojave hrizotil azbesta u Parduškoj i Grašničkoj reci kod Štave, gde su istraživanjem otkrivene značajne rezerve. Raznovrsne mineralne i rudne pojave na proučavanom terenu nisu dovoljno istražene, a pojedine od njih su u ekonomskom pogledu interesantne.

Topli i hladni mineralni izvori Lukovske banje sa privlačnim terenima ovoga kraja pružaju šansu za razvoj turizma.

LITERATURA

1. Anđelković M. i Stojanović D., 1957: Batijalni sedimenti gornje jure na zapadnim padinama Kopaonika i njihov značaj za određivanje starosti jednog dela dijabaz-rožnačke serije u Dinaridima. Zapisnici SGD, Beograd.
2. Belančić N., 1938: Rudarstvo i metalurgija na Balkan. poluostrvu u srednjem veku. Metalurgija, Beograd.
3. Divljan M. i Glišić M., 1960: Prilog poznavanju kvarclatita na Kopaoniku. Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja. Beograd.
4. Ivanković D., 1964: Studija otpraživanja i klasiranja azbestnog vlakna iz ležišta azbesta SR Srbije za potrebe azbest-cementne industrije. Rudarski institut — Beograd.
5. Ilić M. i Jovanović R., 1950: Bazalti okoline Polatne (JI podgorje Kopaonika). Geol. anali Balkanskog poluostrva, knj. XVIII Beograd.
6. Maksimović Z., 1953: Prethodni terenski izveštaj o mineraloško-petrografskom ispitivanju u Lukovskoj banji i njenoj okolini. Izveštaj u Geol. institutu SAN, Beograd.
7. Novović T. i Vitić M., 1959: Nove značajne pojave hrizotil azbesta u selu Štavi i Trebinju u užoj okolini Lukovske banje. Zapisnici SGD, za 1959. Beograd.
8 Novović T., Vitić M. i Todorović Ž., 1960: Nove pojave azbesta u Medveđaku na Kopaoniku. Zapisnici SGD za 1960. Beograd.
9. Novović T. i Todorović Ž., 1961: Pojave nalazišta hrizotil azbesta u ataru sela Domiševine, Boranca i Vitoša na Kopaoniku. Glasnik Prirodnjačkog mu eja, Serija A, knjiga 14—15. Beograd.
10. Novović T. i Deleja D., 1962: Geološki sastav i tektonski sklop Šatorice sa naročitim osvrtom na sulfidne rudne pojave. Glasnik prir. muzeja, ser. A, knj. 16—17, Beograd.
11. Novović T., 1965: Geološko-tektonske studije terena Šatorica—Jelakce—Koporić (na Kopaoniku) sa naročitim osvrtom na pojave olovno-cinkanih ruda. Preduzeće rudnici i topionica olova i cinka »Trepča« Zvečan.
12. Petković K., 1952: »Prethodno saopštenje o starosti eruptivnih stena u unutrašnjoj dinarskoj zoni gde su uključene i intruzije ofiolitskih stena. Glasnik SAN-a IV, sv. 2. str. 264—268, Beograd.
13. Petković K. i Anđelković M., 1955: Problemi šumadijskog fliša. Geološki anali Balkanskog poluostrva, knj. XXIII, Beograd.
14. Protić M., 1952: Petrografski sastav šire okoline Lukovske banje na Kopaoniku. Geološki anali Balkanskog poluostrva, knj. XX, Beograd.
15. Rakić S. i Pešut D., 1957: Pb-Zn pojave u Štavama kod Lukovske banje. Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja NR Srbije, Beograd.
16. Simić V., 1951: Istorijski razvoj rudarstva. Izdanje Saveta za energetiku i ekstraktivnu industriju vlade SFRJ, Beograd.
17. Tomić R., 1958: Izveštaj o izvršenim istražnim radovima na olovno-cinkanoj pojavi Štava—Kopaonik. Izveštaj u fondu Geozavoda, Beograd.
18. Trojanović S., 1902: Nekadašnja privreda u srpskim zemljama, poglavito na Kopaoniku, Beograd.
19. Veselinović D., 1952: Geološki sastav terena u izvorišnom delu Toplice. Izveštaj u fondu SAN, Beograd.
20. Zavod za geološka i geofizička ispitivanja, 1966: Ležišta hrizotil azbesta Borance kod Brusa i Štave kod Kuršumlije. Izveštaj u fondu str. dok., Beograd.

Summary

TIOSAV NOVOVIĆ*

ORE AND MINERAL OCCURRENCES IN THE LUKOVSKA BANJA AREA (KOPAONIK)

The investigated terrain of Lukovska banja, as a integral part of Kopaonik area, has generally the same geological and tectonical characteristics for that area. The oldest rocks developed in the investigated area are serpentinites which are exposed in the western part, as well as in the anticlinal structures in the other parts of the area. Upper Jurassic sediments (Diabase Chert serie, Titonian-Valendinian limestones and Titon-Valendinian flysh) overlie the serpentinites and underlies the Lower Cretaceous sequence. The Upper Cretaceous sediments are the most extensively developed in this area. They are represented by marly limestones, as well as by sediments of flysh facies.

The main faults structures lines are of the NNW—SSE direction. Along the same structure appear andesite-dacite rocks. Beside this, in the investigated area, the fault structures of diyagonal and cross directions exist.

The investigated area, as a integral part of Kopaonik Mt., was very active in Mining in the Middle age and it contains numerous minerals and ore occurrences such as: Magnetite (Šatorica, Pilatovica). Cu sulphide (Trebinje), Pb, Zn sulphide (Šatorica, Štava, Srebrenica, Zlatna ravan, Kučavica, etc.). In some of these locallites, the detailed geological and mining explorations were made after the I and II world war. It is important to note the existence of the Sb sulphide occurrences in Parduška river (Stava), as well as Ni sulphide in the mapped area. It is interesting to be mentioned sizable occurrences of hrisotil azbest in the Parduška and Grašnička River (Štava), where significant reserves are discovered. Various ore and mineral occurrences in the investigated area are not sufficiently explorated. Some of them are probably of economical importance.

Hot and cold Mineral springs of Lukovska banja with atractive landscapes, give a possibility for turistic development.

---

* Institute for Geological and Mining Exploration and Investigation of Nuclear and Other Mineral Raw Materials, Beograd.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 11, 1977. god.

TIOSAV NOVOVIĆ

UDK 669.01:553.44/497.11

POJAVE OLOVNIH TROSKVI U SELU BELASICI NA KOPAONIKU*

(sa 1 slikom)

U selu Belasici otkrivene su veće količine olovnih troskvi, koje predstavljaju produkt topioničarske delatnosti u srednjem veku. U neposrednoj blizini istih javljaju se brojni stari radovi. Troskve sadrže prosečno oko 8,67% Pb i mogu se uspešno koristiti za dobijanje olova u metalurškim kapacitetima »Trepče«.

Na više mesta u oblasti Kopaonika nailazimo na tragove starih radova. Skoro da nema značajnije rudne pojave na Kopaoniku, gde vešte ruke srednjevekovnih rudara nisu bile umešane. Nedaleko od starih radova, u obližnjim potocima, nalaze se velike količine troskvi, gde je u srednjem veku topljena ruda. S obzirom da su troskve na pojedinim mestima bile bogate olovom i javljale se u većim količinama, to su i bile predmet eksploatacije od strane »Trepče« kao vrlo tražena sirovina, što je imalo znatnog uticaja na ispunjenju plana metala i poboljšanju platnog bilansa. Veće količine troskvi eksploatisane su iz Rudnice, Ibarske Slatine, Brseća i Lukovske banje. Samo iz okoline Štave i Lukovske banje u 1960. godini prerađeno je u »Trepči« 1278 t troskvi sa 13,32% Pb. Ovo govori da se primitivnim sredstvima u ranija vremena iz kompleksne rude nije moglo izvaditi svo srebrenosno olovo.

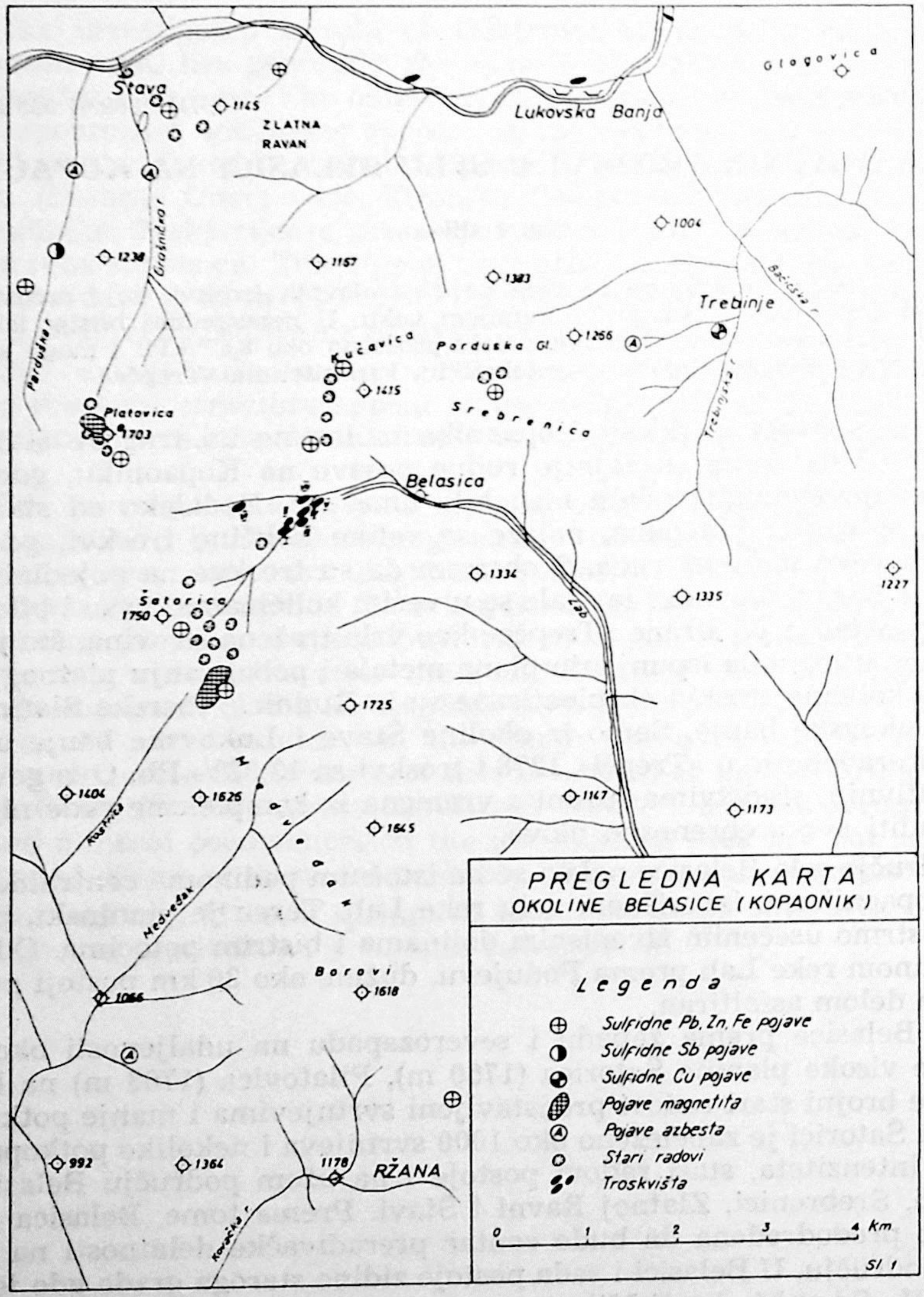
Područje sela Belasice nalazi se na istočnim padinama centralnog grebena Kopaonika, u izvorišnom delu reke Lab. Teren je planinski, pošumljen, sa strmo usečenim živopisnim dolinama i bistrim potocima. Od Belasice, dolinom reke Lab prema Podujevu, dužine oko 30 km postoji put koji je većim delom asfaltiran.

Od Belasice prema zapadu i severozapadu na udaljenosti oko 4 km izdižu se visoke planine Šatorica (1750 m), Pilatovica (1708 m) na kojima se nalaze brojni stari radovi predstavljeni svrtnjevima i manje potkopima. Samo na Šatorici je zabeleženo oko 1000 svrtnjeva i nekoliko potkopa. Iako manjeg intenziteta, stari radovi postoje i na užem području Belasice, na Kučavici, Srebrenici, Zlatnoj Ravni i Štavi. Prema tome, Belasica je bila prirodno predodređena da bude centar prerađivačke delatnosti na pomenutom području. U Belasici i sada postoje zidine staroga grada gde je, kako navodi V. S i m i ć, kralj Milutin imao svoj dvor. U Belasici je bila i Dubrovačka kolonija. U svim geografskim kartama označavana je kao rudnik, tj. kao jedan od centara srednjevekovnog rudarstva.

* Primljeno za štampu 29. novembra 1976.god. Recenzent Dušan Radusinović.

REZULTATI ISPITIVANJA TROSKVI U BELASICI

U toku 1960. godine proučavajući oblast Kopaonika obratio sam pažnju i na troskvišta. Na osnovu rezultata terenskog ispitivanja i hemijskih analiza ustanovio sam veće količine troskvi u ataru sela Belasice. Troskve se javljaju u vidu sedam gomila, lokalizovane od 900—1700 m zapadno od kuća u Belasici uz gornji tok reke Lab, odn. uz dolinu Leve i Desne reke



koje čine reku Lab (sl. 1). Svaka pojava je detaljno ispitana i količinski i po kvalitetu, a njihove količine se kreću od 131 do 1094 t, a sadržaj metala od 7,08 do 11,67%. Ukupne količine troskvi na ispitivanim lokalnostima iznose 3610 t sa 8,67% olova. Veličina zrna je uglavnom prečnika preko

4 cm. Na priloženoj tabeli 1 prikazan je pregled količina i kvaliteta troskvi po lokalnostima u Belasici.

Ako uzmemo činjenicu da »Trepča« prerađuje troskve koje sadrže preko 5% olova, to se ispitivane troskve sa sadržajem 8,67% mogu smatrati ekonomski interesantnim.

Pored značaja troskvi u ekonomskom pogledu, iste mogu da budu od

Tabela 1

Rezerve i kvalitet troskvi u Belasici (Kopaonik)

POJAVA	Površina m^2	Prosečna moćnost m′	Zapremina m^3	t/m^3	Tona	% olova
I	140	0,41	57	2,3	131	8,77
II	330	0,72	237	2,3	545	7,80
III	70	1,05	73	2,3	168	7,18
IV	400	0,96	384	2,3	883	11,67
V	340	0,72	244	2,3	561	7,70
VI	300	0,33	99	2,3	228	10,13
VII	560	0,85	476	2,3	1094	7,08
Ukupno:	2.140		1.570	2,3	3.610	8,67

interesa i u pogledu daljeg istraživanja sulfidnih Pb—Zn ruda. Poznato je, da je ovo područje u geološkom pogledu prilično interesantno sa velikim brojem starih radova gde se u izbačenom materijalu nalaze i bogati komadi Pb—Zn—Sb rude. Uzimajući sve ovo u vidu, može da se zaključi da ovo područje nije dovoljno istraženo i da mu u tom pogledu treba posvetiti veću pažnju. Ovo tim pre, što se pored olovno-cinkove rude javljaju i ostale pojave kao magnetita, zatim sulfidnih ruda antimona i bakra, kao i azbest.

ZAKLJUČAK

U selu Belasici (Kopaonik) ispitana je veća količina olovnih troskvi (3610 t) sa 8,67% olova. U neposrednoj blizini ovih pojava nalaze se brojni stari radovi, tako da se troskve nalaze u jednom od centara srednjevekovne rudarske aktivnosti. Troskve se uspešno mogu prerađivati u našim metalurškim kapacitetima u »Trepči« u cilju dobijanja olova.

LITERATURA

1. Novović T. i Deleja D., 1962: Geološki sastav i tektonski sklop Šatorice sa naročitim osvrtom na sulfidne rudne pojave. Glasnik Prirodnjačkog muzeja »Serija A«. Beograd.
2. Novović T., 1965: Geološko-tektonska studija terena Šatorica—Jelakce—Koporić (na Kopaoniku) sa naročitim osvrtom na pojave olovno-cinkanih ruda. Izdanje »Trepča«. Zvečan.
3. Simić V., 1951: Istorijski razvoj rudarstva. Izdanje Saveta za energetiku i ekstraktivnu industriju vlade SFRJ. Beograd.
4. Trojanović S., 1902: Nekadašnja privreda u srpskim zemljama, poglavito na Kopaoniku. Beograd.

Summary

TIOSAV NOVOVIĆ*

LEAD SLAGS OCCURRENCES IN THE BELASICA VILLAGE (KOPAONIK)

Sizable old lead slags (about 3600 t), average 8,67% Pb are located near the Belasica village, in the Kopaonik Mt. area. Several old workings, indicating the mining activity during the Middle Age, are scattered in the same area. These old slags can be profitably used for lead extraction by modern metallurgy.

---

* Institute for Geological and Mining Exploration and Investigation of Nuclear and Other Mineral Raw Materials, Beograd.