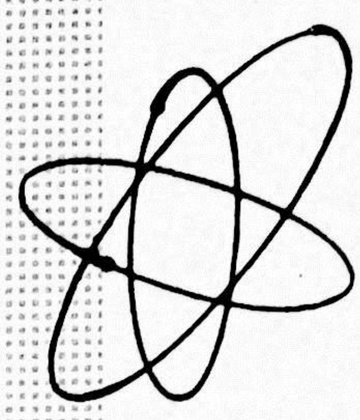
SAVEZNA KOMISIJA ZA NUKLEARNU ENERGIJU
ZAVOD ZA NUKLEARNE SIROVINE



RADOVI

SEKTORA ZA ISTRAŽIVANJE NUKLEARNIH I DRUGIH MINERALNIH SIROVINA

GODINA I / BROJ I / JANUAR 1961 / BEOGRAD

SAVEZNA KOMISIJA ZA NUKLEARNU ENERGIJU
ZAVOD ZA NUKLEARNE SIROVINE
Sektor za istraživanje nuklearnih i drugih mineralnih sirovina

GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK

Ing. RADOSLAV PANTIĆ

Načelnik Sektora za istraživanje nuklearnih sirovina

REDAKCIONI ODBOR

ANTONOVIĆ ing. ANTONIJE, DIVLJAN STEVAN, GOJKOVIĆ SLAVIŠA, NEDIMOVIĆ ing. RADENKO, PROTIĆ dr. MIRKO, RADOVIĆ ing. MILORAD, SIMIĆ ing. VLADAN.

REDAKCIJA I ADMINISTRACIJA

Beograd — Rovinjska 12
Telefon: 44-871

SADRŽAJ OVOG BROJA NA STRANI 2.

ČASOPIS IZLAZI POVREMENO

UVODNA REČ

Saradnici Instituta za istraživanje nuklearnih sirovina u Beogradu — Instituta koji najnovijom reorganizacijom u oblasti nuklearnih sirovina Savezne komisije za nuklearnu energiju ulazi u sastav novoformiranog Zavoda za nuklearne sirovine — pripremili su izvestan broj studija i radova, koji do sada nisu objavljeni ni u jednom časopisu, stručnoj ili naučnoj publikaciji. Uz saglasnost Savezne komisije za nuklearnu energiju i pomoć Uprave Instituta, pristupilo se publikovanju jednog dela do sada izrađenih studija i prikupljenih radova.

Intencija ove prve publikacije je da upozna našu širu stručnu i naučnu javnost u prvom redu sa radovima i dostignućima na polju istraživanja i eksploatacije nuklearnih sirovina u našoj zemlji. Publikacije pretežno ovakvog sadržaja do sada nije bilo kod nas, te očekujemo da će naići na povoljan prijem kod svih koji su zainteresovani bilo na koji način za istraživanje nuklearnih sirovina i njihovu eksploataciju.

Ova publikacija ima takođe za cilj da omogući svima naučnim i stručnim radnicima u našoj zemlji koji rade na rešavanju problema geologije, rudarstva i ekonomike nuklearnih sirovina objavljivanje njihovih radova.

Očekujemo da će ova publikacija doprineti daljem razvijanju naučne misli i tehničkih dostignuća u našoj zemlji na polju geologije i rudarstva nuklearnih sirovina.

Poslednjih nekoliko godina, a naročito od 1955. godine, tj. od Prve međunarodne konferencije o nuklearnoj energiji, koja je održana u Ženevi, geološke nauke i metode istraživanja uranovih ruda dostigle su tako brzi i živi tempo razvoja da su već prevazišle nacionalne granice pojedinih država. Saradnici Instituta za istraživanje nuklearnih sirovina u skladu sa međunarodnom politikom koju sprovodi Savezna komisija za nuklearnu energiju na polju mirnodopskog korišćenja nuklearne energije žele da ovom publikacijom doprinesu razmeni iskustava.

Kao i mnoge publikacije naučnog i stručnog sadržaja koje se prvi put pojavljuju, nesumnjivo će i prvi brojevi ove publikacije imati svoje nedostatke.

Redakcioni odbor će rado prihvatiti primedbe čitalaca i nastojati da u granicama svojih mogućnosti po njima postupi.

Ing. Evgenije KOSTIĆ

GODINA I / BROJ 1 / JANUAR 1961 / BEOGRAD

ŠTAMPA: BEOGRADSKI GRAFIČKI ZAVOD

OPREMA: RATKO A. JOVČIĆ

SADRŽAJ

CONTENTS

TABLE DES MATIERES

INHALT

Strana
Page
Seite

Gavrilo DELEON i Momčilo VUKASOVIĆ

RENDGENOSTRUKTURNO ISPITIVANJE NEKIH URANINITA IZ JUGOSLOVENSKIH NALAZIŠTA — 1

X-RAY DIFFRACTION STUDY OF SOME URANINITES FROM YUGOSLAV OCCURRENCES

Aleksandar DAMJANOVIĆ i Momčilo VUKASOVIĆ

RADIOAKTIVNI MINERAL IZ CRNOG KAMENA U MAKEDONIJI — ODREĐEN KAO DAVIDIT 11

DAVIDITE — A RADIOACTIVE MINERAL FROM CRNI KAMEN, MACEDONIA (YUGOSLAVIA)

Stana MAKSIMOVIĆ

MINERALOŠKO ISPITIVANJE NANOSA BUKULJE — — — — — — — — — — 17

MINERALOGICAL STUDY OF PLACERS OF THE BUKULJA MOUNTAIN REGION

Staniša RADOŠEVIĆ

PETROLOGIJA URANONOSNIH SEDIMENATA IVERKA (ZAPADNA SRBIJA) — — — 31

PETROLOGIE DER URANHALTIGEN SEDIMENTE DES IVERAK (WESTSERBIEN)

Sergije LEBEDEV

DEJSTVO ULTRABAZITA NA BIKARBONATNE VODE S OSVRTOM NA PRENOŠENJE URANA 39

WIRKUNG DER ULTRABASITE AUF BIKARBONATISCHE WASSERLÖSUNGEN MIT RÜCKSICHT AUF DAS ÜBERTRAGEN DES URAN

Stanislav VIŠIĆ

POJAVE I LEŽIŠTA URANA U OBLASTI PLANINE BUKULJE — — — — — — — — 45

MINÉRALISATIONS ET GISEMENTS D'URANIUM DANS LA RÉGION DE LA MONTAGNE BUKULJA

Antonije ANTONOVIĆ i Vladislav TODOROVIĆ

GEOLOGIJA I URANONOSNE POJAVE PLANINE IVERAK — — — — — — — — — 67

GEOLOGY AND OCCURRENCES OF URANIUM IN THE IVERAK MOUNTAIN

Dušan RADUSINOVIĆ

POJAVE PEHBLENDE U Pb-Zn RUDNIKU »ZLETOVO«, NR MAKEDONIJA — — — — 77

OCCURRENCES OF PITCHBLENDE IN THE Pb-Zn ZLETOVO MINE IN MACEDONIA

Dragoslav NIKOLIĆ

BERIL IZ PEGMATITA KUKAVICE (JUŽNA SRBIJA) — — — — — — — — — — 85

BÉRYL DANS LES PEGMATITES DE KUKAVICA (SERBIE MÉRIDIONALE)

Mirko PROTIĆ

TEKSTURE I STRUKTURE SEDIMENTNIH STENA KAO FAKTORI KOJI KONTROLIŠU URANSKU MINERALIZACIJU — — — — — — — — — — — — — — 91

STRUCTURES AND TEXTURES OF SEDIMENTARY ROCKS AS FACTORS CONTROLLING URANIUM MINERALIZATION

Vladan SIMIĆ

ISPITIVANJE KONTINUITETA I URANONOSNOSTI TEKTONSKIH ZONA PRIMENOM METODA SPECIFIČNOG ELEKTRIČNOG OTPORA I RADIOAKTIVNE EMANACIJE — 97

THE INVESTIGATION OF URANIFEROUS TEKTONIC ZONES BY MEANS OF THE RESISTIVITY METHOD AND THE METHOD OF RADIOACTIVE EMANATION

GAVRILO DELEON
MOMČILO VUKASOVIĆ

Zavod za nuklearne sirovine, Beograd

RENDGENOSTRUKTURNO ISPITIVANJE NEKIH URANINITA IZ JUGOSLOVENSKIH NALAZIŠTA

U radu su izneti rezultati proučavanja promena dimenzija elementarne ćelije prirodnih uranovih oksida iz domaćih ležišta u toku termičkih eksperimenata u oksidacionoj i redukcionoj atmosferi. Utvrđene su postupne, najčešće jednosmerne promene ove veličine u zavisnosti od prethodnog stanja oksidacije uzorka. Autori smatraju da ovo stanje nije uslovljeno isključivo procesom samooksidacije, već i količinom okludovanog kiseonika u međugranularnom prostoru.

Koristeći se poznatom Wassersteinovom krivom zavisnosti veličine elementarne ćelije prirodnih uranovih oksida i geološke starosti izvršen je pokušaj starosnog određivanja ispitivanih uzoraka. Potvrđeno je mišljenje da relativno mlade pehblende nisu pogodne za određivanje starosti ovom metodom. Ima osnova za verovanje da se pegmatitski urani niti mogu s više poverenja koristiti u tu svrhu.

Dosadašnja ispitivanja prirodnih i sintetskih uranovih oksida ukazala su na niz interesantnih, ali često i kontradiktornih zaključaka. U ovome radu smo hteli da ih proverimo delimičnim reprodukovanjem ovakvih ispitivanja na prirodnim uzorcima iz naših lokalnosti. Posebno smo se osvrnuli na eventualno postojanje zavisnosti između veličine elementarne ćelije prirodnih uranovih oksida i geološke starosti (Wasserstein 1951, 1954, 1955). Opširniji podaci koji se iznose mogu da budu takođe od interesa i za regionalnu mineralogiju, jer su to prvi objavljeni podaci ovakve vrste kod nas.

I pored toga što su ispitivanja vršena na ograničenim količinama materijala iz pojedinih lokalnosti, ona su dala odgovor na jedan od problema koji smo postavili, tj. na pitanje primenljivosti veličine elementarne ćelije uranovih oksida kod određivanja njihove geološke starosti.

Za naša ispitivanja stajali su nam na raspolaganju sledeći materijali:

1. četiri uzorka iz hidrotermalnih žica na Staroj planini u istočnoj Srbiji;
2. jedan uzorak iz hidrotermalnih žica rudnika Zletovo u istočnoj Makedoniji;
3. jedan uzorak iz hidrotermalnih žica u oblasti Kozjaka u južnoj Makedoniji;
4. jedan uzorak iz pegmatita na Vidovači u centralnoj Srbiji;
5. dva uzorka iz pegmatita na Babuni u južnoj Makedoniji.

Mnogobrojna dosadašnja ispitivanja uranovih oksida ukazala su na izvestan broj osnovnih faktora koji uslovljavaju njihove strukturne osobine, prvenstveno veličinu elementarne ćelije. U ove faktore dolazili bi uglavnom sledeći: a) stepen oksidacije U^{4+} u U^{6+}, b) sadržaj torijuma, c) sadržaj retkih zemalja i d) sadržaj olova.

Pridavajući veći značaj jednom ili drugom od ovih faktora moguće je izvršiti različite klasifikacije uraninita. Danas je skoro opšte prihvaćeno mišljenje da se kod uraninita radi o jednom neprekidnom sistemu UO_2 — UO_3 čiji se krajnji članovi mogu dobiti samo veštačkim putem. Drugim rečima, uraninit kao i pehblenda predstavljaju u osnovi četvorovalentni oksid urana koji je delimično oksidisao u svoj šestovalentni oblik. Prema tome, zajedničku formulu za sve uraninite i pehblende moguće je izraziti u obliku UO_2 . Danas još ne može sa sigurnošću da se govori o faktorima koji uslovljavaju stepen oksidacije. Iako je teoretsko objašnjenje nađeno u pojavi samooksidacije uslovljene radioaktivnim raspadanjem, nama se čini da ono u ovakvom slučaju nije jedino tumačenje i da se moraju uzeti u obzir i drugi faktori, pre svega genetski.

Sadašnje klasifikacije uraninita trpe od izvesnih neslaganja. Wasserstein (1951, 1954 i 1955) je ukazao da se u prirodi mogu naći tzv. α, ili pravi urani niti, nezasićeni (U_4O_7) i presićeni (U_3O_7) tipovi uraninita. Nezasićene je nazvao γ, a presićene β tipovima, koji odgovaraju pehblendi. I β i γ tipovi mogu se, po njegovom mišljenju, svesti na odgovarajući α tip žarenjem u redukcionoj, odnosno oksidacionoj sredini. Na taj način bio bi ostvaren veoma pogodan metod njihovog upoređivanja.

Osim ovih ukazano je na mogućnost postojanja i drugih oksida (Alberman, 1949); no nailazi se i na veoma energična ali i ubedljiva nastojanja da se postojanje nekih od njih ospori (Hoekstra, 1955, Hiemstra, 1955). Isto tako, osporeno je i postojanje nezasićenog γ tipa koga je navodno Wasserstein uočio u nizu lokalnosti. Utvrđeno je da se najveći broj proučenih prirodnih oksida urana nalazi između $UO_{2.16}$ do $UO_{2.80}$, s tim što većina ne prelazi $UO_{2.50}$. Interesantno je da je ovaj faktor

nešto niži kod uraninita iz pegmatita nego kod pehblende (Sidorenko, 1958).

Po mišljenju Wassersteina i drugih autora radiogenetski nastalo olovo zamenjuje uran u rešetki minerala. Budući da olovo ima nešto manji jonski poluprečnik od U^{4+} dolazi do smanjenja elementarne ćelije za oko 0.0035 Å svakih 100 miliona godina. Na ovome se zasniva Wassersteinova metoda određivanja starosti uraninita. Niz eksperimentalnih potvrda, kao i radna kriva dobijena na osnovu većeg broja analiziranih uzoraka različite starosti, dali su osnova za pretpostavku da je metoda pravilno postavljena i primenljiva. Izvesna nesłaganja koja je već i sam autor primetio nisu bacala, po njegovom mišljenju, neku ozbiljnu sumnju na metodu, već su iziskivala prethodnu detaljnu mineraloško obradu uzoraka.

Danas ima pokušaja da se tumačenje kristalohemijskog položaja radiogenetskog olova u rešetki ospori delimično ili u celosti, a na taj način i sama metoda. Naime, ima mišljenja (Berman, 1957) da je olovo u obliku svog rombičnog oksida izdvojeno u tankim slojevima između mozaičnih blokova uraninita. Ovakvo tumačenje, naravno, ne omogućuje postojanje zakonitosti između geološke starosti i dimenzije elementarne ćelije uraninita, čime ova metoda gubi osnovni smisao.

U cilju proučavanja navedenih problema izvršen je ceo niz termičkih i rendgenskih ispitivanja naših oksida urana.

EKSPERIMENTALNI DEO

Pre svega, određene su dimenzije elementarnih ćelija svih raspoloživih uzoraka uraninita i pehblendi u prirodnom stanju. Zatim je izvršena diferencijalna termička analiza onih uzoraka za koje je postojalo dovoljno materijala. I najzad, svi su oni podvrgnuti naknadnom zagrevanju na vazduhu i u atmosferi vodonika na različitim karakterističnim temperaturama u opsegu od 200 do 1000°C u cilju proučavanja eventualnih uticaja termičke obrade na veličinu elementarne ćelije. Određivanja dimenzija ćelije su vršena iz rendgenograma praha snimljenih u komori 57.3 mm s asimetrično postavljenim filmom, a po metodi ekstrapolacije. Postignuta tačnost iznosi ± 0.001Å.

Diferencijalna termička analiza izvršena je na uređaju koji je opisan u članku D. Pešića (1960). Ovom aparaturom su analizirana četiri uzorka pehblende sa Stare planine i jedan uraninit iz pegmatita na Babuni.

Zagrevanje u struji vodonika vršeno je uvek na fino sprašenom materijalu, koji je stavljan u kvarcnu U cev. Kroz cev je neprekidno propuštana struja vodonika pod približno ujednačenim pritiskom, kako u toku zagrevnog perioda, tako i u toku hlađenja. Sama cev je bila smeštena u vertikalnu cilindričnu peć. Pre uvođenja u cev vodonik je sušen propuštanjem kroz koncentrovanu H_2SO_4. Eksperiment je trajao između 2—6 časova u zavisnosti od temperature na kojoj je vršeno ispitivanje, od čega je obično na određenoj temperaturi materijal držan oko 60 minuta.

Spektrohemijska analiza uzoraka nije vršena, mada je ona mogla da bude od interesa. Osim uzorka pehblende No 49469 i uraninita iz pegmatita na Babuni nije bilo moguće da se dobije ma i najmanji koncentrat minerala dovoljne čistoće koji bi zadovoljio zahteve spektrohemijske analize. Uprkos drobljenja rude ispod 0.04 mm i upor-

Tabl. 1 — Sadržaj U i Th u nekim primercima uraninita i pehblendi (Analitičari S. Gojković i R. Nedimović)

Table 1 — Percentage of U and Th in some uraninite and pechblende (analysts S. Gojković and R. Nedimović)

No.	Lokalnost	%	
		U	Th
48851	Stara planina	80.40	0.005
48855	„ „	69.40	0.005
49469	„ „	78.60	0.65
49470	„ „	78.90	0.005
60883	Babuna	71.10	0.005

Tabl. 2 — Difrakcioni rendgenski podaci za ispitivane uraninite i pehblende
Table 2 — x-ray diffraction data for analysed uraninites and pitchblendes

Red. br.	hkl	U-48855		U-48851		U-49470		U-49469		Zletovo		Vidovača		U-60833		U-16042	
		I	dÅ	I	dÅ	I	dÅ	I	dÅ	I	dÅ	I	dÅ	I	dÅ	I	dÅ
1	111	10	3.127	10	3.116	10	3.110	10	3.137	10	3.110	10	3.158	10	3.155	10	3.137
2	002	8	2.703	6	2.706	8	2.690	8	2.701	7	2.698	8	2.735	5	2.695	5	2.727
3	022	10	1.917	10	1.921	9	1.914	9	1.917	8	1.916	10	1.935	9	1.927	9	1.929
4	113	10	1.635	10	1.640	9	1.610	9	1.636	8	1.639	10	1.651	9	1.647	9	1.652
5	222	5	1.567	4	1.568	4	1.568	3	1.570	3	1.572	4	1.577	3	1.577	4	1.578
6	004	4	1.358	3	1.355	2	1.358	5	1.356	3	1.353	4	1.369	5	1.371	5	1.372
7	133	7	1.252	6	1.244	6	1.247	6	1.244	5	1.249	9	1.255	8	1.254	7	1.259
8	024	6	1.218	5	1.217	6	1.215	7	1.214	5	1.219	8	1.223	8	1.225	7	1.229
9	224	8	1.111	4	1.111	7	1.106	5	1.107	4	1.102	8	1.112	7	1.116	8	1.120
10	333	8	1.045	4	1.046	8	1.044	6	1.043	4	1.042	8	1.053	7	1.051	8	1.053
11	044	4	0.963	2	0.961	3	0.959	4	0.964	2	0.966	4	0.966	3	0.964	5	0.967
12	135	4	0.919	4	0.918	5	0.919	3	0.913	1	0.916	8	0.924	6	0.925	9	0.925
13	006	5	0.907	3	0.905	4	0.906	3	0.903	1	0.898	7	0.911	3	0.911	7	0.911
14	026	6	0.859	2	0.859	3	0.857	2	0.856	1	0.853	6	0.865	4	0.865	6	0.864
15	335	2	0.830	1	0.828	2	0.828	1	0.828		—	5	0.834	3	0.835	5	0.834
16	622	2	0.821	1	0.818	2	0.818	1	0.819		—	5	0.825	3	0.825	5	0.821

nog i vrlo pažljivog centrifugiranja u teškim tečnostima zrna pehblende se nisu oslobodila primešanih silikatnih minerala. Materijal je do te mere izmešan s jalovinom da se dobija utisak da se radi o jednom aglomeratu zrna mikronskih veličina koja su međusobno cementovana silikatnim mineralima.

Određivanje urana i torijuma u uzorcima sa Stare planine i Babune izvršeno je radiometrijskom analizom. Rezultati analiza su prikazani u tablici 1. U tablici 2 izloženi su difrakcioni rendgenski podaci uraninita.

DISKUSIJA REZULTATA

Iz pregleda dobijenih rezultata mogu se izvući neki podaci od regionalnog ili opšteg interesa. Čini nam se, pre svega, da su dobijeni osnovni podaci za definisanje proučavanih uranovih oksida iz domaćih ležišta. Uzimajući u obzir danas opšte važeći kriterijum za ovo definisanje, i to: a) veličinu elementarne ćelije, b) sadržaj urana i torijuma i c) veličinu kristalnih zrna, uzorke sa Stare planine, kao i iz Zletova i sa Kozjaka, možemo uvrstiti u pehblende, dok one iz pegmatita u prave uraninite. Pomenuti kriterijum za klasifikaciju uranovih oksida ne mora, izgleda, da bude primenljiv u svim slučajevima. Tako, prema veličini elementarne ćelije, uzorak sa Kozjaka se približava gornjoj granici određenoj za ovu mineralnu vrstu, usled čega može da se identifikuje s pneumatolitskim tipovima, iako, prema ostalim mineraloškim osobinama, kao i prema geološkom položaju, on pripada pehblendama.

Rendgensko ispitivanje nezagrevanih i zagrevanih uzoraka dalo je više interesantnih rezultata. Iz tabl. 3 vidi se da uzorci iz istog ležišta (Stara planina) mogu da imaju prilično različite dimenzije ćelija. U pojedinim slučajevima ova variranja dostižu do 0.027 Å. Pored ovoga, analiza a_0 vrednosti uzoraka pokazuje da postoji razlika u ponašanju u toku zagrevanja u redukcionim uslovima. Kod pojedinih uzoraka dolazi do povećanja veličine a_0 u toku ovog zagrevanja, dok kod drugih dolazi do smanjivanja. Ovaj nalaz se lako reprodukovao. Promene veličine dimenzije elementarne ćelije kreću se od + 0.005 Å do — 0.018 Å. Interesantno je da se čak i na uzorcima iz jednog istog ležišta uočavaju ova variranja, kao što je to slučaj s uzorcima sa Stare planine. Čini nam se da najlogičnije objašnjenje za ovu pojavu treba tražiti u različitom stepenu oksidacije uzorka.

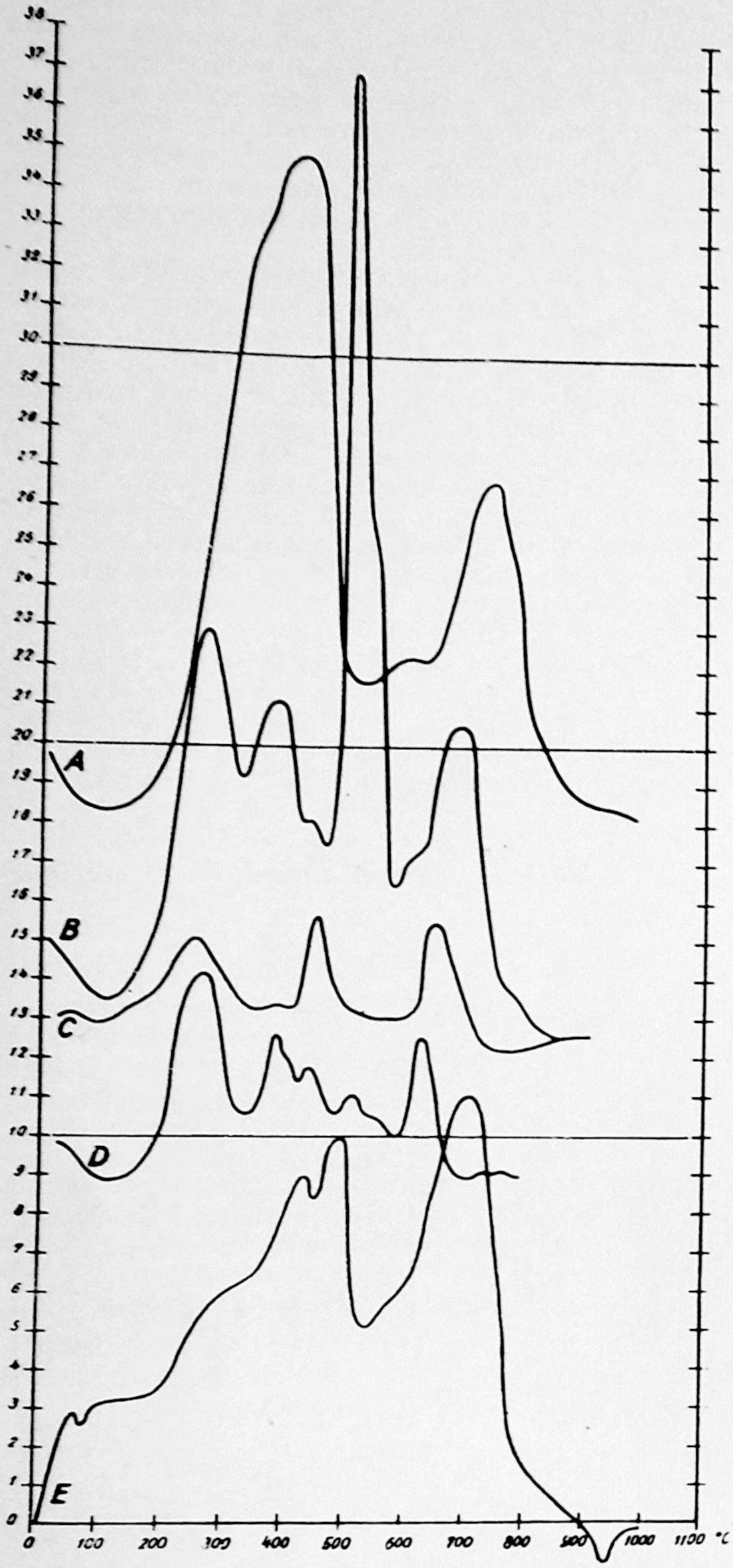
Tabl. 3 — Dimenzije elementarne ćelije uraninita

Table 3 — Unit cell dimensions of uraninite

№ uzorka	Lokalnost	tip	a_0						
			pre žarenja	posle žarenja u vazduhu					posle žarenja u atmosf. vodonika
48851	Stara planina	HT(*)	5.440	5.427 (260°)	5.431 (450°)	5.436 (630°)	U_3O_8 (1000°)		5.445 (950°)
48855	„	„	5.442	5.421 (260°)	5.437 (390°)	5.424 (630°)	U_3O_8 (1000°)		5.444 (950°)
49469	„	„	5.415		5.407 (420°)	5.417 (740°)	U_3O_8 (1000°)		5.429 (950°)
49470	„	„	5.441	5.413 (270°)	5.425 (510°)		U_3O_8 (1000°)	5.423 (700°)	5.429 (950°)
16042	Kozjak J. Makedonija	„	5.470						
60833	Babuna J. Makedonija	P(**)	5.465				U_3O_8 (1000°)		5.442 (900°)
	Vidovača	P	5.479						

(*) hidrotermalni tip
(**) pegmatitski tip

Problem oksidacije kod uranovih oksida, kako je to već istaknuto i ranije, od izuzetnog je značaja. Zbog toga smo pokušali da stepen ovih promena odredimo diferencijalno-termičkom analizom, makar kvalitativno. Iz slike 1, na kojoj su prikazani dobijeni diferencijalno-termički dijagrami može se uočiti da se ovi međusobno razlikuju i da nemaju nikakve sličnosti sa do sada objavljenim krivama u literaturi (Conybear, 1950, Sidorenko, 1958). Pošto su količine materijala za pojedine diferencijalno-termičke analize bile različite ne može se vršiti kvantitativno poređenje dobijenih rezultata. Ipak, iako su dijagrami različiti, uočavaju se izvesne specifičnosti. Na dijagramima pehblende sa Stare planine, u zavisnosti od uzorka, uočavaju se 2 do 3, a nekad i 4 jača egzotermna efekta od kojih poslednji predstavlja prelaz u heksagonalnu fazu U_3O_8. Oni se najčešće javljaju u intervalima od 140—270°, 400—600° i 580—700°C, a odražavaju strukturne promene uranovih oksida u procesu prelaženja u U_3O_8. Intenzitet i položaj efekata, kao i njihov broj u pomenutom temperaturnom opsegu zavise od prethodnog oksidacionog stanja uzorka. Poznato je da je početna temperatura transformacija kao i temperatura prelaza u stabilni oksid U_3O_8 utoliko niža ukoliko je stepen oksidacije viši (G. Sidorenko, 1958).



Sl. 1 — Diferencijalno-termički dijagrami analiziranih uraninita pehblendi: A) pehblenda, Stara planina, № 49469; B) pehblenda, Stara planina, № 49470; C) pehblenda, Stara planina, № 48851; D) pehblenda, Stara planina, № 48855; E) uraninit, Babuna

Fig. 1 — DTA curves of analysed uraninite and pitchblendes: A) pitchblende, Stara Planina, № 49469; B) pitchblende, Stara Planina, № 49470; C) pitchblende, Stara Planina, № 48851; D) pitchblende, Stara Planina, № 48855; E) uraninite, Babuna

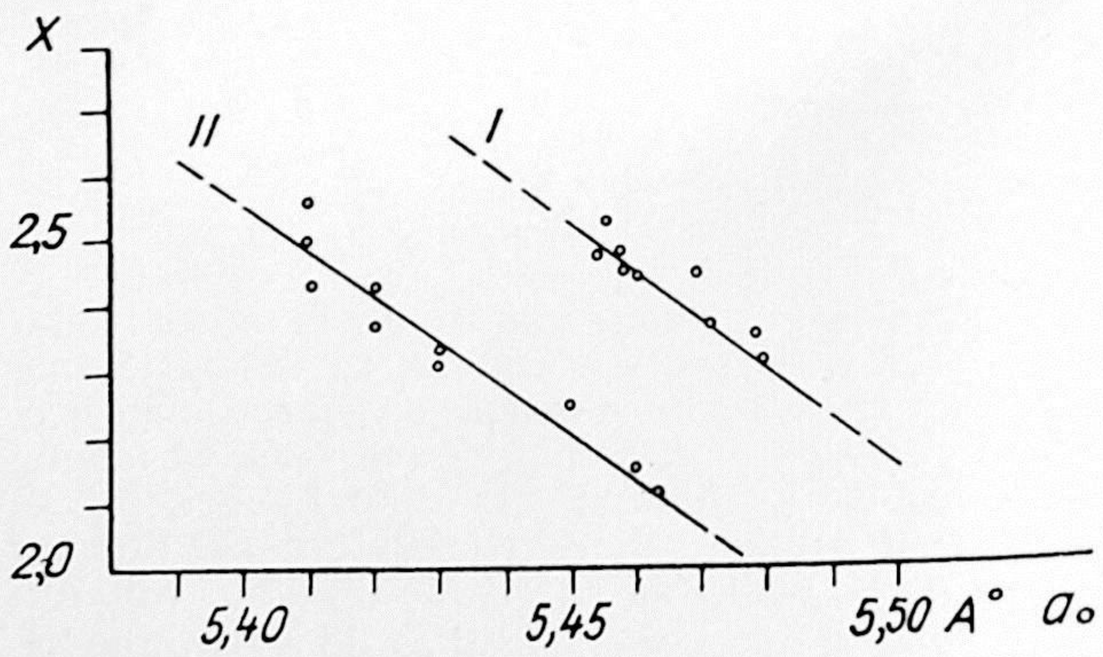
Suprotno diferencijalno-termičkim dijagramima pehblendi, uraninit iz pegmatita na Babuni je pokazao donekle izmenjen, mada sličan raspored efekata. Kod ovog uzorka nije zapažen maksimum na niskim temperaturama, tj. u temperaturnom opsegu 140—270°C. Naprotiv, iz dijagrama se dobija slika jednog neprekidnog, relativno ujednačenog egzotermnog efekta s prilično produženim periodom, tj. od 200—500°C, sa maksimumom na 470°C. Ceo termički dijagram pokazuje izvesnu jednostavnost imajući u vidu prisustvo samo dva karakteristična egzotermna efekta. On je najsličniji dijagramu pehblende No 49469 sa Stare planine, koji takođe pokazuje svega dva efekta u skoro istim temperaturnim intervalima, samo s promenjenim odnosom intenziteta. Imajući u vidu da su oba uzorka, za razliku od svih ostalih, bili izuzetno čisti od primešanih minerala, moglo bi se pretpostaviti da je na relativnu složenost nekih dijagrama uticalo prisustvo stranih minerala. Međutim, ukupna količina jalovine u tim uzorcima sa složenijim dijagramima nikada nije, prema slobodnoj oceni, prelazila 5%, tako da bi teško mogao da se pretpostavi njihov značajniji uticaj.

Ispitivanja veličine elementarne ćelije materijala žarenih na vazduhu do temperatura egzotermnih fenomena utvrđeno je da je svaki od njih praćen povećanjem dimenzije elementarne ćelije za oko 0,04—0,05 Å. Odstupanje od ovog pravila kod primerka No 48855 na temperaturi od 630°C verujemo da je pre rezultat greške u merenju nego objektivnog stanja.

Opisana termička ispitivanja ukazala su da sve promene kojima podleže ovaj mineral u toku zagrevanja ne predstavljaju jedan neprekidan proces, već skup određenog broja sukcesivnih, nezavisnih promena. Pošto je veličina a_0 određivana jedino u tačkama maksimuma ostaje da se proveri da li se i ona menja u skokovima ili pokazuje ravnomeran porast.

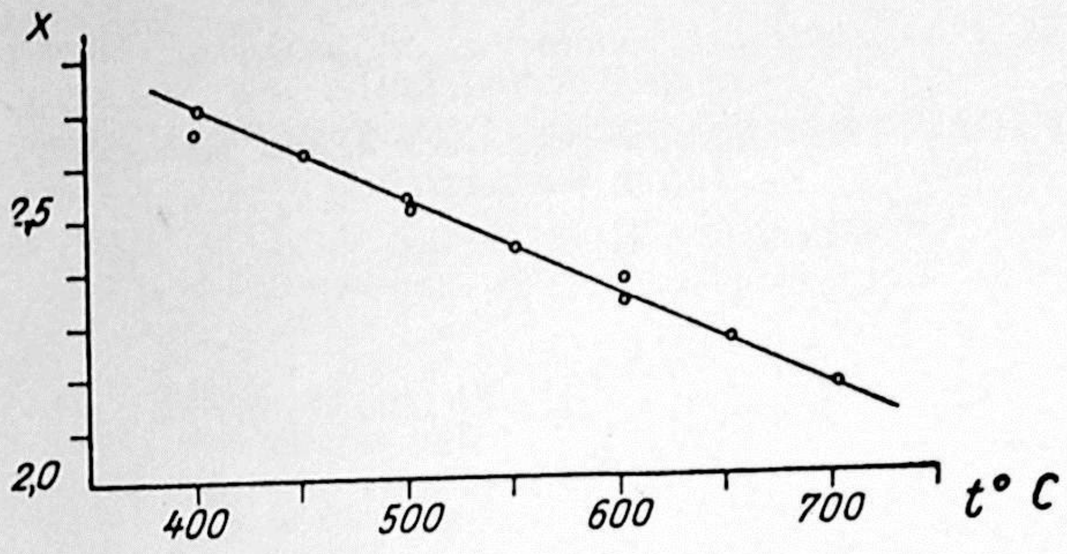
I najzad, žarenjem iznad 800°C svi ispitivani uzorci su prešli u heksagonalnu fazu U_3O_8 ne pokazujući prisustvo bilo koje druge faze.

Imajući u vidu sve raspoložive podatke pokušali smo da odredimo stepen oksidacije ispitivanih uraninita i pehblendi koristeći veoma interesantne rezultate koje je nedavno objavio Sidorenko. Naime, on je ustanovio da postoji linearna zavisnost između stepena oksidacije ovog minerala i veličine parametra rešetke, kao i temperature prelaza u njegovu heksagonalnu fazu. Na taj način, imajući jedan od podataka moguće je odrediti i ostale.



Sl. 2 — Zavisnost a_o od stepena oksidacije x: I — kriva za uraninite; II — kriva za pehblende (po Sidorenku)

Fig. 2 — The relationship between a_o and the degree of oxydation x: I — The curve for uraninite; II — The curve for pitchblende (after Sidorenko)



Sl. 3 — Zavisnost temperature faznog prelaza u U_3O_8 od stepena oksidacije x (po Sidorenku)

Fig. 3 — The relationship between the temperature of the phase transition into U_3O_8 and the degree of oxydation x (after Sidorenko)

Polazeći od pretpostavke o primenljivosti objavljenih krivih na sve uraninite, a ne samo uzorke koje je pomenuti autor ispitivao, odredili smo stepen oksidacije i naših uzoraka na osnovu temperaturnih prelaza, kao i na osnovu veličine a_0; dobijene vrednosti prikazane su u tablici 4.

Tabl. 4 *Table 4*

broj uzoraka	Lokalnost	Kiseonični koeficijent x	
		po t°C	a_0
48851	Stara planina	2.7	2.28
48855	Stara planina	2.30	2.29
49469	Stara planina	2.1	2.5
49470	Stara planina	2.16	2.28
60833	Babuna	2.16	2.43
	Vidovača	—	2.32

Očigledno je relativno slabo slaganje podataka. Izgleda da se kriva $x = f(a_0)$ ne može primeniti na svim uraninitima i pehblendama, koju je Sidorenko dobio na uzorcima iz jedne uže oblasti. Čine nam se verodostojnijim podaci dobijeni na osnovu temperature faznog prelaza u U_3O_8. Mikroskopskim ispitivanjem uzoraka uočili smo jače oksidacione promene po ivicama zrna kod uzoraka 48851 i 48855 nego kod 49469 i 49470, što ide u prilog dobijenim podacima za kiseonični koeficijent na osnovu temperature prelaza u heksagonal nu fazu.

Najzad, i površan pregled rendgenskih snimanja potvrđuje ovaj nalaz. Snimak pehblende No 49469 ili 49470 pokazuje znatno oštrije linije u delu većih uglova (povratnog zračenja) nego ostali, što se može protumačiti nižim stepenom oksidacije ovih uzoraka. U svakom slučaju, ispitivane pehblende pripadaju tzv. slabije ili srednje oksidisanim tipovima.

Što se tiče problema oksidacije i uzroka koji je uslovljavaju ovde bismo dodali još ovo. Imajući u vidu ispitivane pehblende sa Stare planine čini nam se da proces samooksidacije, kao rezultat radioaktivnog raspadanja, nije jedini i opšte važeći uslov. Na ovo mišljenje nas navodi pre svega činjenica da je stepen oksidacije ispitivanih uzoraka uglavnom različit, uprkos skoro identičnom sadržaju urana, kao i mestu nalaska navedenih uzoraka. Jedina razlika sastoji se u veličini zrna agregata. Naime, ukoliko su zrna bila sitnija utoliko je stepen oksidacije bio veći. Dobija se utisak da u oksidacionim uslovima u zemljinoj kori značajnu ulogu mora da igra okludovani kiseonik u međuprostorima između pojedinih zrna agregata. Ukoliko je ovaj sitniji utoliko aktivna površina raste, a time i moguća količina kiseonika koja potpomaže oksidaciju.

Što se tiče primenljivosti ove metode za određivanje apsolutne geološke starosti, naši rezultati su prilično obeshrabrujući. Uspostavljajući linearni odnos između veličine ćelije a_0 uraninita i starosti koji je prikazan na slici 4, Wasserstein je ukazao da su pravi uranineti pogodni za ova određivanja, pa čak i izvesne pehblende. Relativno slab kvalitet rendgenskih dijagrama, koji daju ove poslednje, donekle ograničava njihovu primenu. Međutim, redukcijom i u struji vodonika ne samo da može da se popravi dijagram već i da se dobijene vrednosti mogu iskoristiti u cilju određivanja starosti.

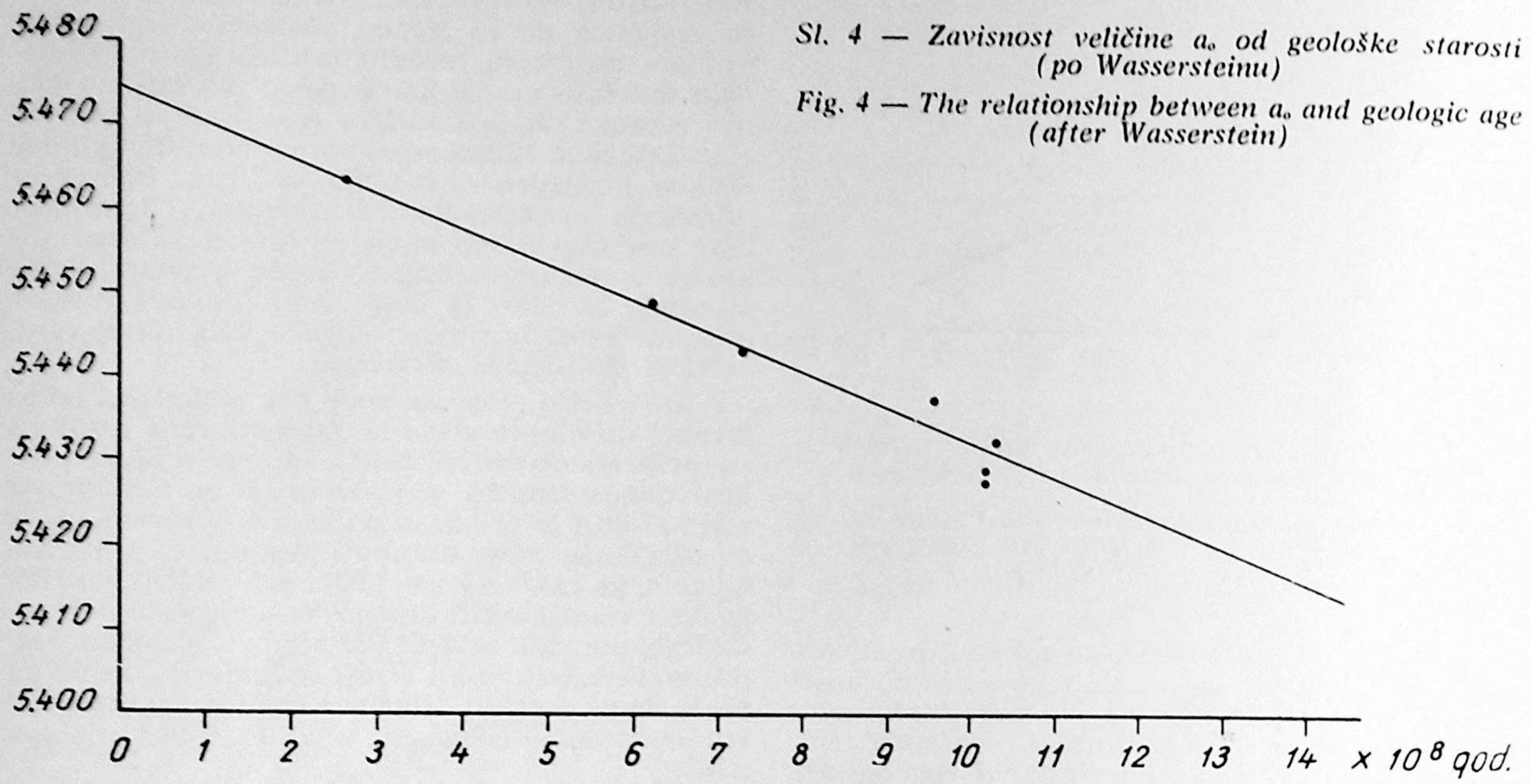
Podaci koje smo mi dobili ne potvrđuju potpuno ova mišljenja. Pre svega, vrednost parametra pehblende uvek je znatno manja od uraninita. Već to isključuje primenu krive koju je predložio Wasserstein. Uostalom, to se jasno može da vidi iz naših podataka za pehblende čija bi starost zalazila duboko u prekambriju, što svakako nije slučaj.

Pegmatitski uranineti izgleda pružaju mnogo više nade. Tako, na primer, dobijena starost prirodnog, nežarenog uraninita iz pegmatitske žice na Babuni iznosi oko 200 miliona godina, što je blisko ranijim određivanjima starosti pegmatita u široj okolini (M. Arsenijević, 1958), kao i našim na osnovu cirkona iz šlihova sa Selečke (neobjavljeni rezultati). Međutim, starost istog uzorka posle žarenja u struji vodonika iznosila bi oko 800 miliona godina, što nam se čini apsolutno neverovatnim. Veličina a_0 nežarenog uraninita iz pegmatitske žice na Vidovači izlazi izvan okvira predložene radne krive pošto je njena vrednost veća čak i od veštačkog UO_2. Na žalost, nismo raspolagali dovoljnom količinom materijala da bismo mogli da izvršimo žarenje u struji vodonika.

Starost pehblende s Kozjaka je određena na oko 90 miliona godina. Danas se još ne raspolaže s dovoljno materijalnih argumenata za pravilno ocenjivanje ove vrednosti. Izvesni podaci o starosti stena iz neposredne blizine nemaju naročitog značaja, pošto je najverovatnije da vreme mineralizacije uranovih minerala ne može da se dovede u hronološku vezu s formiranjem ispitivanih stena.

ZAKLJUČAK

Određivanje elementarne ćelije uraninita i pehblendi, kao i njihovih termičkih osobina, ukazalo je na mogućnost jasnog raspoznavanja ovih dveju modifikacija u najvećem broju slučajeva, kao i na njihovo korišćenje u cilju određivanja kiseoničnog koeficijenta. Utvrđeno je da su ispi-



Sl. 4 — Zavisnost veličine a_o od geološke starosti (po Wassersteinu)

Fig. 4 — The relationship between a_o and geologic age (after Wasserstein)

tivani uranovi oksidi relativno slabo ili umereno oksidisani, kao i da se variranja ove osobine mogu da prate i u jednom istom ležištu na relativno malom rastojanju.

Utvrđeno je različito ponašanje promena veličine elementarne ćelije u toku zagrevanja u struji vodonika. U najvećem broju slučajeva dolazi do smanjenja dimenzije a_0, iako ima i suprotnih primera. Veličina ovih promena, bilo pozitivnih ili negativnih, različita je. Suprotno ovome, zagrevanje na vazduhu na nižim temperaturama, do 700°C, dovodi uvek do postepenog smanjivanja elementarne ćelije.

Svi uzorci su u toku žarenja na vazduhu na temperaturi iznad 900°C prešli u homogenu U_3O_8 fazu.

Autori smatraju da stepen oksidacije ne zavisi samo od procesa samooksidacije, već da vidnu ulogu igra i okludovani kiseonik u međuprostorima aglomerata zrna mikronskih razmera.

Nema mnogo perspektive za uspešno određivanje apsolutne geološke starosti na osnovu veličine elementarne ćelije pehblendi iz domaćih izvora, pošto je i našim rezultatima potvrđeno ranije shvatanje da su relativno mlade pehblende nepogodne za starosna određivanja. Ni jedan od ispitivanih uzoraka pehblendi sa Stare planine nije ukazao na geološki realnu starost. Izuzetak predstavlja starost primerka s Kozjaka, koja ne izlazi van okvira realnosti, mada nismo imali mogućnosti da je proverimo drugim metodama. Ima osnova za verovanje da je metoda primenljivija na uraninitima iz pegmatita.

Na kraju želimo da se zahvalimo kolegama D. Pešiću i S. Hadži-Popović koji su izvršili snimanje svih diferencijalno-termičkih dijagrama, S. Gojkoviću i R. Nedimoviću na radiometrijskim merenjima, T. Beliću na snimanju rendgenskih dijagrama i Nj. Popoviću na koncentraciji i prečišćavanju nekih uzoraka. Posebno se zahvaljujemo Dr A. Damjanoviću čiji su nam korisni saveti i diskusije pomogli u radu.

LITERATURA

1) Alberman J. B., Anderson J. S., 1949: The oxides of uranium. Jour. Chem. Soc., 5, 5303—5311.
2) Arsenijević M., Gojković S., 1958: Određivanje geološke starosti cirkona iz pegmatita Čonište I (Dunje). Fond stručne dokumentacije nuklearnih sirovina.
3) Berman El., 1955: Unit cell dimensions of uraninite. Amer. Mineral, 40, 925.
4) Berman R. M., 1957: The role of lead and excess oxygen in uraninite. Amer. Mineral., 42.
5) Brooker E. J., Nuffield E. W., 1952: Studies of radioactive compounds; IV, Pitchblende from Lake Athabasca, Canada. Amer. Mineralogist, 37, 363—385.
6) Conybear, C. E. B., Ferguson, D. B., 1950: Metamict pitchblende from Goldfields, Saskatchewan, and observations on some ignited pitchblendes. Amer. Mineralogist, 35, 401.
7) Frondel C., 1958: Sistematic mineralogy of Uranium and Thorium. U. S. Geol. Survey Bull. 1064.
8) Hoekstra H. R., Katz J. J., 1955: Ages of uraninites from crystallographic data. Nature, 175, 605.
9) Hiemstra S. A., 1955: Age of uraninites from dimensions of their unit cells. Nature, 176, 405.
10) Leonova A., 1959: K mineralogii i kristalohimii uraninitov Sev. Karelii. Zap. Vsesojuz. Mineral. Obsc. 88, № 1, 21—38.
11) Milne J. H., 1951: Urano-uranic oxide (U_3O_8) Amer. Mineralogist, 36, 415.
12) Pešić D., 1959: Upotreba »Sunvic« pojačala za diferencijalno-termičku aparaturu.
13) Robinson S. C., Sabina A. P., 1955: Uraninite and Thorianite from Ontario and Quebec. Amer. Mineralogist, 40, 624—633.
14) Sidorenko G. A., 1958; Rentgenografičeskoje izučenie prirodnih okislov urana. Geohimija, № 1, 22—38.
15) Wasserstein B., 1951: Cube edges of uraninites as a criterion of age. Nature, 168, 380.
16) Wasserstein B., 1954: Age of uraninites by a new method. Nature, 174, 1004.
17) Wasserstein B., 1955: Ages of pitchblende by X-ray diffraction. Nature, 176, 159.

SUMMARY

X-RAY DIFFRACTION STUDY OF SOME URANINITES FROM YUGOSLAV OCCURRENCES

GAVRILO DELEON and MOMČILO VUKASOVIĆ,
Institute for nuclear raw materials, Beograd

The determination of unit cell dimensions of uraninites and pitchblendes and their heating properties has suggested the possibilities of a clear distinguishing of these modifications in most instances and of their use in the determination of the oxidation coefficient. It has been demonstrated that all studied uranium oxides are weakly or moderately oxidised. Variations of this type could even be observed in a deposit on a relatively short distance.

The variations of unit cell dimensions have been studied in the course of heating experiments in the hydrogen atmosphere. In most experiments the unit cell dimensions decreased, although there were contrary cases too. The degrees of these changes, both positive and negative, are variable. On the contrary, the heating of the same specimens in air at lower temperatures (up to 700 °C) lead always to a gradual decrease of the unit cell dimensions. Over 900 °C all specimens have been transformed into a homogeneous U_3O_8 phase.

The authors assume that the degree of oxidation is not depending only on the selfoxidation process, but also on the amount of occluded interstitial oxygen in the micron-sized mineral aggregate.

The age data for hydrothermal pitchblendes obtained on the basis of Wasserstein's plot, reflecting the lattice parameter as a criterion of age, have been mostly absurd. In such a way, earlier suggestions that relatively young pitchblendes are not suitable for age determinations have been proved. There is a high degree of probability for the assumption that pegmatitic uraninites could be dated by this method with more reliance.

ALEKSANDAR DAMJANOVIĆ
MOMČILO VUKASOVIĆ

Zavod za nuklearne sirovine, Beograd

RADIOAKTIVNI MINERAL IZ CRNOG KAMENA U MAKEDONIJI — ODREĐEN KAO DAVIDIT

U predelu Crnog Kamena, u Makedoniji, nađen je u humusu radioaktivni mineral koji vodi poreklo iz pegmatitskih žica.

Izneseni su rezultati proučavanja ovog minerala. Naročito je detaljno obrađena rendgenska analiza prirodnog minerala i žarenog na različitim temperaturama. Relativno slaganje rendgenografskih podataka za mineral iz Makedonije s odgovarajućim podacima za davidit iz Južne Australije i Mozambika ide u prilog zaključku da mineral iz Makedonije pripada istoj mineralnoj vrsti, tj. daviditu. Na osnovu ovih rezultata pobija se ranije mišljenje da se ovde radi o ferutitu.

Istovremeno se podvlači i smatra da naziv ferutit, koji je uveo Kazicin (1956), treba izbaciti iz nomenklature, jer je ovaj termin sinonim minerala davidita.

Prilikom prospekcije terena Crni Kamen u Makedoniji ekipa Instituta za istraživanje nuklearnih sirovina otkrila je 1958. godine u humusu s kvarc-sijenitskom podlogom komade radioaktivnog minerala različitih veličina, koji su makroskopski bili slični titano-hematitu. U istoj lokalnosti mineral je nađen na mestu u pukotini zdrobljenog i raspadnutog sijenita. Na osnovu ovog nalaza, kao i činjenice da se u istoj lokalnosti pojavljuju kvarcne i kvarcno-feldspatske žice (D. Vulović, 1959) ekipa je izrazila mišljenje da je to pegmatitsko-pneumatolitski mineral koji je bio vezan za kvarcne žice, većinom erodovane. Prethodna ispitivanja minerala u Institutu za istraživanje nuklearnih sirovina u Beogradu ukazala su da je ovaj mineral sličan daviditu.

Davidit je prvi put pronađen u Radium Hillu, Južna Australija, početkom ovog stoleća. Godine 1947. sličan mineral je pronađen u Tete oblasti, Mozambik. Bannister i Horne (1950), a zatim Kerr i Holland (1951) detaljno su ispitali ove minerale i došli su do zaključka da oni — uprkos izvesnim neslaganjima u rendgenogramima praha žarenih uzoraka minerala, koji su, inače, metamiktni — pripadaju istoj mineralnoj vrsti. Analizirajući rendgenografske podatke Bannistera i Hornea, Kazicin (1956) je, međutim, došao do suprotnog zaključka, naime, da je mineral iz Mozambika posebna mineralna vrsta, bliska daviditu, ali bitno različita od njega po svojoj konstituciji, te je za njega predloženo novo ime — ferutit.

U ovome članku opisane su fizičke osobine minerala iz Makedonije i dati su njegov hemijski sastav i rendgenografski podaci, koji su prodiskutovani i upoređeni s podacima minerala iz navedenih lokalnosti.

Gotovo svi primerci minerala iz Makedonije su krupni i masivni, i očito su fragmenti većeg zdrobljenog kristala. Dimenzije uzoraka kreću se od 1 do 15 cm. Primerci su nepravilnih oblika i samo je poneka ravan izražena, i to veoma slabo, te se nisu mogli izvesti zaključci o morfologiji kristala. Rendgenogrami praha i fragmenata minerala ni posle produžene ekspozicije nisu pokazivali difrakcione slike, što svedoči o metamiktnom karakteru minerala. Tek zagrevanjem na višim temperaturama (od 800—1000° C) mineral iskristališe.

Fizičke osobine

Sveža površina minerala je crne boje i smolastog sjaja. Krt je i školjkastog preloma. Sitni delovi smrvljenog minerala su neprovidni, izuzev na ivicama, gde su prozračni i crvenkastomrke boje. Vrlo je slabo magnetičan. Tvrdoća po Mohsovoj skali je 6, a specifična težina 4.85. Merenje količine odbijene svetlosti s poliranih površina pomoću fotomultiplikatora i sfalerita kao standarda daje vrednost od 17.9% za belu svetlost, i 18.3%, 17.1% i 16.3% za talasne dužine po redu 4.500 Å, 5.500 Å i 6.500 Å. Optički je izotropan, što je posledica metamiktnog stanja. Diferencijalna termička analiza daje egzotermni maksimum oko 600° C.

Hemijski sastav

Za hemijsku analizu izabrana su u mikroskopu s manjim uveličanjem samo ona zrna smrvljenog minerala na kojima se nisu mogli primetiti tragovi bilo kakvih nešistoća ili inkluzija. Hemijska analiza je urađena u Institutu za nuklearne nauke »Boris Kidrič« u Vinči, a spektralna analiza u Institutu za istraživanje nuklearnih sirovina u Beogradu. Rezultati analiza dati su u tabeli I, kolona 1. Radi upoređenja, u kolonama 2—4 prikazane su analize davidita prema Bannisteru i Horneu (1950). U koloni 5 data je analiza nedavno otkrivenog minerala davidita u Queenslandu, Australija (Lawrence i dr., 1957.). Odnos Fe^{2+}/Fe^{3+} izabran je tako da u realnim granicama odgovara zbiru od 100% i ujedno udovo-

ljava približnu formulu $AB_3(O,OH)_7$, koju su za davidit izveli Bannister i Horne, i u kojoj A predstavlja U, Fe^{2+}, Pb, Mn, Zr, Ca, Na, Th i retke zemlje, a B predstavlja Ti, Fe^{3+}, V i Cr (tabela II). Slaganju minerala iz Makedonije s ovom formulom, kao i samoj formuli, ne treba, međutim, pridavati veći značaj dok ih ne opravdaju pouzdanije hemijske analize čistih uzoraka minerala iz različitih lokalnosti, ili pak drugi nalazi.

Tabela I — Hemijski sastav davidita

	1	2	3	4	5
TiO_2	55.58	54.5	51.00	54.3	35.42
Fe_2O_3	9.44	10.2	13.57	13.0	15.17
Cr_2O_3	0.15	0.17	3.23		—
V_2O_5	0.36	1.4	—	4.6	3.10
U_3O_8	10.39	9.8	7.10		20.16
FeO	13.50	16.50	12.37	16.0	18.22
ZrO_2	0.27	0.4	3.30	—	—
(Ce i dr)$_2O_3$	1.55	5,6	—	8.3	—
Na_2O	0.08	0.15	1.72	—	—
CaO	0.06	0.3	1.00	1.5	1.84
ThO_2	0.28	0.07	—	—	—
PbO	7.17	0.72	—	1.1	—
H_2O^+	0.10	0.05	1.09	1.5	—
Al_2O_3	—	—	4.24	—	1.61
K_2O	—	—	0.32	—	—
NiO	—	—	0.05	—	—
SiO_2	0.32	0.06	0.68	—	5.25
MgO	—	—	—	0.6	0.14
MnO	0.26	—	—	—	0.63
	99.51	99.98	99.95	100.9	101.54

1. — Davidit iz Crnog Kamena, Makedonija. Analitičari A. Muk, V. Dražić i M. Pravica. Spektralna analiza M. Arsenijević. Spec. tež. 4.85.

2 i 3. — Daviditi iz Mozambika. Analize objavili Bannister i Horne (1950). U analizi 2 uran je obračunat kao UO_3; spec. tež. je 4.46. U analizi 3 treba dodati S 0.09 i H_2O 0.19%; spec. tež. je 4.48.

4. — Davidit iz Južne Australije. Prema podacima Bannistera i Hornea.

5. — Davidit iz Queenslanda, Australija. Analize objavili Lawrence, See, McBride i Hofer (1957). Vanadijum obračunat kao V_2O_3; spec. tež. je 4.89.

Hemijski sastav ovih minerala može da varira u širim granicama; na primer, uran se kreće u granicama od 4.6—20%. Po sadržaju urana mineral iz Makedonije (U_3O_8 10.39%) odgovara mineralu iz Tete oblasti (U_3O_8 9.8%). Za mineral iz Makedonije, međutim, karakterističan je visoki procenat olova (PbO 7.17%) u poređenju s mineralima iz ostalih lokalnosti (PbO 0.72%).

Strukturna analiza

Standardna praksa da se metamiktni minerali ispituju rendgenskom tehnikom posle termičkog tretiranja korišćena je u ovome radu. Mikroskopski čiste probe isitnjenog minerala, koje su prethodno zagrevane u vazduhu 24 sata na 1000° C, dale su oštre difrakcione prstenove na rendgenogramima praha. Probe praha, koje su žarene 24 sata na istoj temperaturi u evakuisanim i zatopljenim kvarcnim cevčicama davale su rendgenograme koji su se u izvesnim detaljima razlikovali od rendgenograma proba žarenih u vazduhu. Podaci za *d* vrednosti, kao i vizuelno ocenjeni intenziteti odgovarajućih prstenova, prikazani su u tabeli III.

Treba napomenuti da su se rezultati lako reprodukovali nezavisno od toga s kojeg mesta ili od kojeg su komada minerala probe uzete (što ukazuje na njegov homogeni sastav). Rendgenogrami proba tretiranih na 800° C nisu se razlikovali od onih tretiranih na 1000° C.

Diskusija o rezultatima

Opis i fizičke osobine minerala iz Makedonije uglavnom se slažu s odgovarajućim osobinama koje su Bannister i Horne objavili za mineral iz Mozambika. Veća specifična težina minerala iz Makedonije objašnjena je većim sadržajem olova.

Na rendgenogramima probe žarene u vazduhu pojavljuju se difrakcioni prstenovi, kojih inače na rendgenogramu probe žarene u evakuisanoj cevčici ili nema ili su slabijeg intenziteta. Svi ovi prstenovi mogu se pripisati rutilu. Nisu primećene nikakve bitne promene u položajima ili intenzitetima ostalih prstenova. Relativno slaganje rendgenografskih podataka za mineral iz Makedonije s odgovarajućim podacima za davidit iz Južne Australije i Mozambika ide u prilog zaključku da mineral iz Makedonije pripada istoj mineralnoj vrsti, tj. daviditu. Radi upoređenja, u tabelu III uneti su rendgenografski podaci Kerra i Hollanda (1951) i Bannistera i Hornea (1950) za davidite iz Južne Australije i Mozambika. Svi pokušaji da se indiciraju prstenovi s ovim rendgenogramima za sada nisu bili uspešni.

Tabela II — Sastav u atomskim odnosima

Joni	Poluprečnik jona	Atomski odnos	Atomski odnos za 7 anjona	
Si	0.39	0.006	0.022	
Ti	0.64	0.695	2.500	
Cr	0.64	0.002	0.007	B = 2.967
V	0.65	0.004	0.014	
Fe^{3+}	0.67	0.118	0.424	
U^{6+}	0.76	0.037	0.133	
Fe^{2+}	0.83	0.188	0.675	
Zr	0.87	0.002	0.007	
Mn^{2+}	0.91	0.004	0.014	
Na	0.98	0.003	0.011	A = 0.995
Ca	1.06	0.001	0.004	
Th	1.10	0.001	0.004	
Ce i dr.	0.99—1.18	0.009	0.032	
Pb^{2+}	1.32	0.032	0.115	
OH^-	1.32	0.011	0.040	= 7.000
O^{2-}	1.32	1.937	6.960	

Treba napomenuti da prema rendgenografskim podacima koje su objavili Bannister i Horne (1950), a takođe i Kerr i Holland (1951), postoje izvesne razlike između minerala iz Mozambika i davidita iz Južne Australije. Upoređujući podatke prvih autora, Kazicin (1956) je ukazao da se kod minerala iz Mozambika javljaju intenzivni prste-

Tabela III — Rendgenografski podaci za davidite

1		2		3		4		5	
dÅ	I	dÅ	I	dÅ	I	dÅ	I	dÅ	I
6.77	2	6.82	3	—	—		—		—
5.16	2	5.18	3	—		—		6.71	2
—		4.49	1	—		—		5.16	1
4.12	3	4.12	3	4.1		—		4.47	2
—		—		3.7	1	—		4.15	6
3.39	5	3.38	8	3.35	1	3.65	5	—	
3.23	7	3.21	2	—	5	3.36	5	3.40	9
—		—		3.12		—		3.23	8
3.05	3	3.04	2	3.02	8	—		—	
2.99	3	3.00	3	2.97	2	3.04	1	3.05	8
2.88	8	2.88	10	2.87	2	—		—	
2.83	5	2.83	2	2.82	5	2.90	10	2.87	10
2.74	1	2.74	1d	2.72	5	—		—	
2.63	1	2.62	1	2.63	8	2.72	10	—	
2.59	1	2.58	1	—	1	—		2.62	3
—		—		2.52		—		—	
2.48	2	2.47	2	—	4	2.52	8	—	
2.47	1	—		2.46		—		2.48	8
—		—		—	3	—		—	
2.42	4	2.42	3	2.42		2.32	1	—	
2.25	9	2.25	8	2.24	3	—		2.42	3
2.19	1	—		—	5	2.23	5	2.25	8
2.14	1	2.14	4	2.13		—		2.19	3
—		—		—	4	2.13	4	—	
—		2.07	1	—		—		2.10	2
—		2.03	1	—		—		—	
1.96	3	1.96	2	—		—		2.03	1
1.91	4	1.91	3	1.92		—		1.96	2
—		1.89	1	—	10	—		1.91	4
1.85	1	1.85	1	1.86		—		—	
1.80	6	1.81	5	1.80	2	1.86	5	1.84	2
1.78	2	1.78	1	1.78	4	1.79	9	1.80	6
1.71	6	1.71	6	1.71	1	—		1.78	1
1.69	7	—		—	5	1.71	9	1.70	9
1.65	1	1.65	2	1.64		—		—	
—		1.61	1	1.62	10	—		—	
1.60	9	1.60	7	1.61	1	—		—	
—		—		1.57	5	1.60	5	1.60	5
1.55	1	1.55	3	1.54	4	—		1.57	1
1.51	3	1.51	2	1.51	1	1.52	7	1.55	1
1.465	1	1.464	2	1.463	4	1.50	7	1.51	3
1.438	10	1.439	10	1.441	4	1.461	7	—	
1.423	1	—		—	8	—		1.44	7
—		1.419	1	—		—		—	
1.376	2	1.376	3	1.370		1.417	7	—	
1.363	2	—		—	3	—		1.38	4
1.348	2	1.349	1	—		—		—	
—		1.298	2	—		—		—	
1.271	1	—		—		—		—	
1.251	1	1.251	1	1.251		—		—	
—		—		1.221	9	—		—	
—		1.127	3	1.126	9	—		—	
—		—		1.118	3	—		—	
—		1.078	1	1.075	8	—		1.12	1
—		1.071	1	—	7	1.074	5	—	
—		—		1.053		—		—	
—		1.043	1	—	10	—		1.07	2
—		1.037	1	—		—		—	
—		1.033	1	—		—		—	
—		1.022	1	—		1.035	5	—	
—		0.928	2	—		—		—	
—		0.905	5	—		—		—	
—		—		—		—		—	
—		—		—		—		0.90	3
—		—		—		—		0.89	2
						—		0.86	3
						—		0.83	3
						—		0.82	1

Objašnjenje zaglavlja na sledećoj strani.

1. — Davidit iz Makedonije, žaren 24 sata na 1000 °C u vazduhu. Co zračenje, Fe filter.
2. — Davidit iz Makedonije, žaren 24 sata na 1000 °C u evakuisanoj kvarcnoj cevčici. Co zračenje, Fe filter.
3. — Davidit iz Mozambika, žaren u vazduhu na 1000 °C. Podaci prema Bannisteru i Horneu (1950). Brojnu vrednost intenziteta dao je Kazicin (1956) iz grafičkih podataka Bannistera i Hornea; Co zračenje.
4. — Davidit iz Južne Australije, žaren u vazduhu na 1000 °C. Podaci prema Bannisteru i Horneu. Brojne vrednosti intenziteta dao je Kazicin iz grafičkih podataka Bannistera i Hornea. Co zračenje.
5. — Davidit iz Mozambika, žaren u vazduhu na 1000 °C. Podaci Kerra i Hollanda (1951). Cu zračenje.

novi koji odgovaraju rastojanjima atomskih ravni od 3.12 Å, 1.92 Å, 1.64 Å, 1.441 Å, 1.251 Å, 1.221 Å, 1.118 Å i 1.053 Å i kojih inače nema na rendgenogramu davidita iz Južne Australije. Kod ovog poslednjeg, međutim, javljaju se dva intenzivna prstena sa d = 1.417 Å i 1.035 Å koji se ne nalaze na rendgenogramu minerala iz Mozambika. Ostali prstenovi su zajednički za oba minerala, ali se razlikuju po svojim intenzitetima. Ove razlike dovele su Kazicina (1956) do zaključka da je mineral iz Mozambika posebna mineralna vrsta koju je on nazvao po njegovom hemijskom sastavu — ferutit.

U knjizi »Minerali urana« od Soboleve i Pudovkine (1957), iznosi se mišljenje da je naziv »Mineral iz Mozambika« izlišan i da ga treba zameniti nazivom davidit. Frondel (1958) u svojoj »Sistematskoj mineralogiji urana i torijuma« navodi da je ferutit iz Mozambika ustvari davidit. Sumnju u opravdanost izdvajanja ferutita kao posebne mineralne vrste izneo je i Fleischer (1958).

Kod minerala iz Makedonije pojavljuju se prstenovi sa *d* rastojanjima od 1.91 Å, 1.949 Å, 1.438 Å i 1.251 Å, ali i prsten sa $d = 1.419$ Å. Uopšte, prema rendgenografskim podacima uzetim u celini, mineral iz Makedonije je podjednako blizak kako mineralu iz Mozambika tako i daviditu iz Južne Australije. Ovo umanjuje važnost pretpostavke da su razlike u rendgenografskim podacima između minerala iz Mozambika i davidita dovoljne da se mineral iz Mozambika klasifikuje kao posebna mineralna vrsta.

Izvesna neslaganja u rendgenografskim podacima mogla bi se pripisati razlikama u hemijskom sastavu minerala, ili prisustvu još neke faze, osim rutila, u iskristalisanim mineralima iz različitih lokalnosti.

Vreme eksponiranja može takođe da ima uticaja naročito kod prstenova slabijih intenziteta. Ne treba prevideti ni subjektivne greške kod vizuelnog ocenjivanja intenziteta. Ne izgleda opravdano da se minerali na osnovu izvesnih, iz za sada neobjašnjenih neslaganja u difrakcionim podacima izdvajaju kao posebne vrste minerala. Oni, uostalom, mogu biti varijeteti istog minerala, u ovom slučaju — davidita.

Na kraju treba podvući da se metamiktni minerali, kao što su daviditi, mogu ispitivati rendgenskom difrakcionom tehnikom posle termičkog tretiranja kada mineral iskristališe. Međutim, mineral ne mora da iskristališe sa svojom prvobitnom strukturom. U stvari, da se prvobitna struktura obnovi više je izuzetak nego pravilo (Heinrich E. Wm., 1958). Iz rendgenografskih podataka ovakvih minerala ne može se zaključivati o kristalnoj strukturi pre metamiktizacije. Ako se već usvoji rendgenska analiza za identifikaciju metamiktnih minerala, onda treba dozvoliti mogućnost izvesnih odstupanja u rendgenografskim podacima, budući da se prvobitno jedinstven mineral (promenljivog sastava), posle termičkog tretiranja može raspasti i na više faza (promenljivog sastava), a od njihovog relativnog odnosa zavisi izgled rendgenograma. Detaljnija analiza rendgenografskih podataka davidita iz različitih lokalnosti povezana njihovim hemijskim analizama, može biti vrlo korisna u studiji ovih minerala.

Želimo da izrazimo našu zahvalnost načelniku Mineraloškog odeljenja Instituta za istraživanje nuklearnih sirovina, geologu M. Ristiću na njegovom stalnom interesovanju i podsticanju u toku rada. Zahvaljujemo se i tehničaru T. Beliću na mnogobrojnim snimanjima i čitanju rendgenograma. Mineralogu D. Radusinoviću zahvaljujemo na pomoći kod mikroskopiranja, mineralozima D. Pešiću i G. Radukić na izvođenju termičkih diferencijalnih analiza, a mineralogu M. Arsenijeviću na spektrohemijskoj analizi.

LITERATURA

1) Bannister, F. A. i Horne, J. E. T. 1950: A radioactive mineral from Mozambique related to davidite. Mineral. Mag., 29, 101—112. London.
2) Frondel, C., 1958: Systematic mineralogy of Uranium and Thorium, st. 337. U. S. Government Printing Office, Washington.
3) Heinrich, E. Wm. 1958: Mineralogy and Geology of Radioactive Raw Materials, st. 11. McGraw-Hill Book Comp. New York.
4) Казицын, Ю, В. 1956: Ферутит и давидит. Ленинградский горный институт Кристаллография, ВЫП. 5 ст. 167—178.
5) Kerr, P. F. i Holland, H. D. 1951: Diferential thermal analyses of davidite. The American Mineralogist, 36, 563—572. Washington.
6) Lawrence, L. J., See, G. T. McBride, F., i Hofer, H 1957: Davidites from the Mt. ISA — Cloncurry District Queensland, Economic Geology, 52, 140—148. Lancaster.
7) Соболева, М. В. и Пудовкина, И. Л. 1957: Минерали урана. Государственное научно-техническое издательство, Москва, ст. 356.
8) Vulović, D., 1959: Istraživanje urana na području Selečke, Drenovca i Kozjak planine. Izveštaj u fondu Instituta za istraživanje nuklearnih sirovina

SUMMARY

DAVIDITE — A RADIOACTIVE MINERAL FROM CRNI KAMEN, MACEDONIA (YUGOSLAVIA)

ALEKSANDAR DAMJANOVIĆ, Technological Faculty of the University Beograd
MOMČILO VUKASOVIĆ, Institute for nuclear raw materials, Beograd

In the broad area of Crni Kamen, Macedonia some debris a radioactive mineral deriving from a pegmatitic vein have been found in humic scil.

Special care has been devoted to the X-ray analysis of natural and heated materials at different temperatures. The relatively close agrement between the X-ray data for the studied specimen and those given for davidites from South Australia and Mozambique is proving that both belong to the same mineral species, i. e. to davidite, so that its old determination as a ferutite should be corrected.

At the same time the authors are of the opinion that ferutite itself, introduced in the nomenclature by Kazicin (1956) should be reconsidered and possibly even-canceled, as being synonymous term for davidite.

STANA MAKSIMOVIĆ

Zavod za nuklearne sirovine, Beograd

MINERALOŠKO ISPITIVANJE NANOSA BUKULJE

U ovom radu izneti su rezultati ispitivanja mineralnog sastava rečnih nanosa planine Bukulje i njenih ogranaka. Detaljno je ispitano 57 koncentrata nanosa s ovoga terena u propuštenoj i odbijenoj svetlosti, a za determinaciju pojedinih minerala upotrebljena je rendgenska i spektrohemijska analiza.

Planina Bukulja i njeni ogranci izgrađeni su, prema ranijim podacima, pretežno od granita i kristalastih stena. Ovo ispitivanje otkrilo je izvestan broj radioaktivnih minerala i drugih sporednih sastojaka granita i njihovih žičnih pratilaca, koji pri ranijim petrografskim ispitivanjima ovih stena nisu konstatovani. To su: alanit, monacit, torit, kasiterit, šelit, pleonast i anatas. U nanosima iz kristalastih terena otkriveni su pored drugih minerala još i staurolit i disten.

UVOD

Prilikom laboratorijske obrade rečnih nanosa šire okoline Aranđelovca, koje je vršeno u Saveznom geološkom zavodu 1953. godine, otkriveni su u nanosima sa Bukulje radioaktivni minerali *alanit, monacit i torit,* a pored njih i relativno veća količina *kasiterita.* Zbog toga su detaljno ispitani svi isprani koncentrati s ovoga terena. Dobijeni rezultati su prikazani u daljem izlaganju.

Ispiranje rečnih nanosa izvršila je 1952. godine ekipa SGZ pod rukovodstvom geologa M. Ristića.

Rendgenska ispitivanja su izvršili I. Krstanović, asistent Prirodno-matematičkog fakulteta i T. Belić, geološki tehničar SGZ. Radiometrijsko određivanje sadržaja urana i torijuma u pojedinim mineralima izvršio je S. Gojković, geolog SGZ. Ovom pirlikom im se zahvaljujem.

GEOGRAFSKI POLOŽAJ

Ispitivana oblast se nalazi u severnom delu Srbije i obuhvata terene šire okoline Aranđelovca, tj. severne i zapadne padine Venčaca, zatim Bukulju, Šuticu (k. 472), Orlovicu (k. 482) i veći deo Vagana (k. 473).

Ispirane su reke: Bukulja, Pešten, Kruševička, Kubršnica sa svojim pritokama i potok Djurinci.

Reke pripadaju slivu Zapadne Morave, Kolubare i Ljiga.

GEOLOŠKI SASTAV

Prve podatke o geološkom sastavu Bukulje, Šutice i Orlovice dao je J. Žujović (1893, 1927). Ovo područje, uključujući Venčac, Bukulju i Vagan, detaljno je proučavao S. Urošević (1899a, 1899b, 1900), koji je utvrdio da je geološki sastav terena prilično raznovrstan. Za Bukulju navodi da je izgrađena od granita, granulita, gnajsa, mikašista, piroksenita, amfibolita, mermera i kvarcita.

V. Laskarev (1927, 1930, 1931, 1932) se u nekoliko radova dotakao pitanja tektonike Bukulje i Crnog Vrha. U njima on tumači tektonski sklop ovih terena pomoću navlaka.

Na osnovu najnovijih ispitivanja tektonike ovih terena (B. Sikošek, 1960), dobijeni su podaci koji govore: »da Bukulja predstavlja horst koji je na severnom i južnom obodu ograničen rasedima, odnosno sistemima raseda, dok se u jezgru horsta nalazi granitska intruzija. Graniti su se utisnuli u vidu lakolita u seriju kristalastih škriljaca. Između Bukulje i Vagana škriljavi pokrivač je erodovan tako da se na tome prostoru javljaju graniti na površini. Pojedine krpe starog pokrivača, koje su bile sačuvane od erozije, još se nalaze u vidu manjih partija koje leže na granitu.«

S. Miholić (1937) je analizirao termalnu vodu u Bukovičkoj banji, u Aranđelovcu, i u njoj otkrio izvesnu količinu kalaja (0,0008% Sn). Takođe je analizirao (1949) granit i granulit sa Bukulje i u njima našao 0,0069% Sn odnosno 0,0056% Sn. Za dobijene vrednosti navodi da se približuju vrednostima koje su otkrivene za granite koji na drugim mestima prate nalazišta ovoga metala. Isti autor (1950) je metodom olova i metodom stroncijuma odredio apsolutnu geološku starost granita Bukulje od 185 miliona godina.

M. Ilić (1948) je ispitivao pegmatite i aplite Bukulje. U pegmatitima, koji retko dostižu debljinu od 1 m, Ilić je konstatovao beril, turmalin i granat.

METODE ISPITIVANJA

Koncentrati su dobijeni ispiranjem rečnog nanosa drvenom karlicom — »ispitakom«. Svaki koncentrat je ispran iz 10 srednjih lopata materijala (nanosa) čija ukupna količina iznosi 27 kg. Težina koncentrata se kreće od 80—200 gr.

Detaljno je ispitan mineraloški sastav 57 koncentrata. Pre ispitivanja je vršeno izdvajanje mineralnih frakcija: ručnim magnetom, sitima, teškim tečnostima i elektromagnetnim separatorom. Na taj način dobijen je čitav niz mineralnih frakcija, što je umnogome olakšalo otkrivanje malo zastupljenih mineralnih vrsta.

Određivanje minerala vršeno je pomoću optičkih metoda u mikroskopu za propuštenu i odbijenu svetlost, zatim pomoću rendgenske metode praha i semikvantitativne spektrohemijske analize.

Rendgensko snimanje praha vršeno je u komori prečnika 57,5 mm sa Fe K α radijacijom bez filtra i sa Cu K α radijacijom s filtrom od nikla uz vizuelno određivanje intenziteta linija.

Semikvantitativne spektrohemijske analize rađene su velikim Hillerovim spektrografom s kvarcnom i staklenom optikom, po metodi koju su opisali Nockolds i Allen (1953).

Fluorescencija minerala je ispitivana kvarcnom lampom s filtrima od 3000 i 2500 A ili bez njih.

Sadržaj urana i torijuma u pojedinim mineralima određen je radiometrijski.

MINERALNI SASTAV

Ispitivanjem koncentrata konstatovan je veliki broj mineralnih vrsta. Najveći broj njihov čine providni minerali, dok se metalični javljaju u podređenoj količini. Među određenim mineralima najveći broj je karakterističan za kisele eruptivne stene, a manji deo odgovara kristalastim škriljcima i kontaktno-metamorfnim produktima. Ovo dolazi otuda što najveći deo ispitivanog terena izgrađuje bukuljski granit sa žičnim pratiocima — aplitima i pegmatitima, dok su kristalasti škriljci i kontaktno-metamorfne stene otkriveni na znatno manjem prostoru.

Opis pojedinih minerala dat je u nizu prema porastu specifične težine, odnosno od lakših prema težim frakcijama.

Kvarc se javlja obično u zrnima nepravilnog oblika, poluzaobljenim, a ređe i bipiramidalnim kristalima. Zrna često pokazuju undulatorno pomračenje.

Od *feldspata* je najzastupljeniji *ortoklas*, koji se nalazi u zrnima nepravilnog oblika, bezbojan je, sivkast ili crvenkast. U manjoj meri su zapaženi *plagioklasi*, čija zrna pokazuju polisintetičke lamele. *Mikroklin* je konstatovan u maloj količini.

Muskovit se javlja u zaobljenim liskama. Bezbojan je i do bledožute boje.

Biotit se nalazi u šestougaonim ili zaobljenim liskama s iskrzanim obodom. Boje je mrke, crvenkastomrke do žutomrke. Slabo je polihroičan — žutomrk do crvenkastomrk. Delimično je pretvoren u hlorit.

Hlorit je zapažen u zrnima i liskama nepravilnog oblika. Boje je zelene ili zelenkastožute.

Kalcit je konstatovan u zrnima malo zaobljenim i u odlomcima.

Turmalin se nalazi u prizmatičnim zrnima s vertikalno crtastim pljosnima s različitim završecima i u zrnima nepravilnog oblika. Boje je svetlomrke do tamnomrke i plave. Slabo je magnetičan. Često zrna pokazuju anomalno dvoosne interferentne figure. Polihroizam je jasan — ružičast, žutomrk do mrk ili plav do ljubičast.

Apatit se javlja u prizmatičnim ili zaobljenim zrnima. Bezbojan je i nemagnetičan. U nekim kristalima apatita zapažaju se krupne inkluzije, koje ispunjavaju gotovo celu unutrašnjost kristala. Inkluzije su mrke, polihroične i nisu mogle da budu tačno detektovane. Pod ultraljubičastom svetlošću fluorescira u narandžastoj boji. Ova osobina potiče možda od prisustva mangana, jer je u ovom mineralu kvalitativnom probom dokazan mangan. Pojava fluorescencije kod apatita zapažena je u primercima koji sadrže mangan (Smith 1953, str. 95).

Amfiboli su predstavljeni *hornblendom*, koja se nalazi u prizmatičnim zrnima i odlomcima. Boje je zelene. Polihroizam je jasan u zelenim tonovima. Ugao pomračenja je do 24°.

Pirokseni su zastupljeni *augitom*, koji se javlja u prizmatičnim odlomcima ili u odlomcima nepravilnog oblika. Boje je bledozelene. Ugao pomračenja iznosi oko 45°.

Epidot je konstatovan u prizmatičnim zrnima i uglastim odlomcima. Boje je žutozelene. Polihroizam je slab.

Zoizit se javlja u zrnima prizmatičnog habitusa. Bezbojan je i nemagnetičan.

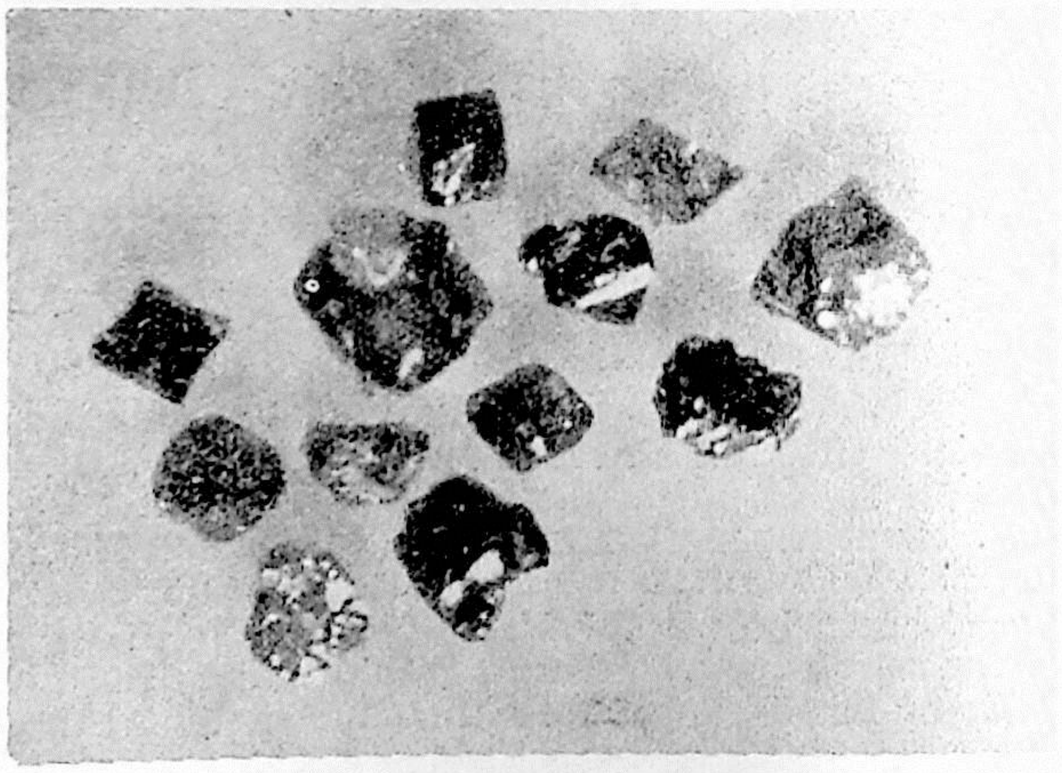
Andaluzit se nalazi obično u odlomcima nepravilnog oblika, ređe u prizmatičnim zrnima. Bezbojan je. Polihroizam je intenzivan — bledoružičast do crven. Sadrži ugljene materije kao inkluzije.

Disten se javlja u izduženim tabličastim kristalima s vidljivom cepljivošću po 100 i 010. Bezbojan je i nemagnetičan. Pomračuje se koso pod uglom oko 5°. Sadrži inkluzije od ugljenih materija. Obično se javlja u zrnima koja su nešto krupnija od ostalih minerala.

Staurolit se nalazi u odlomcima nepravilnog oblika. Boje je žute, slabo je magnetičan. Optički je dvoosan, pozitivan. Indeksi prelamanja izmereni metodom imerzije nalaze se između vrednosti: Ng 1.74—1.75, Np 1.73—1.74. Polihroizam je jasan — bezbojan, bledožut do žut. Sadrži inkluzije ugljene materije.

Sfen se javlja u zrnima nepravilnog oblika i u odlomcima obično sa zaobljenim konturama. Boje je žute i nemagnetičan je.

Pleonast je otkriven u oktaedarskim kristalima, a ređe u odlomcima nepravilnog oblika. Sjajnosti je staklaste, boje plavozelene, slabo je magnetičan. Optički je izotropan. Indeks prelamanja izmeren metodom imerzije nalazi se izmedu: 1.79—1.80. Ne sadrži inkluzije. Nalazak oktaedarskih oblika je karakteristična osobina ovoga minerala za određivanje u nanosima (Milner 1952,



Sl. 1 — Oktaedarski kristali pleonasta. Uveličanje 32 ×
Fig. 1 — Octahedron crystals of pleonaste — 32 ×

str. 260). Izračunata srednja veličina zrna ovoga minerala iznosi oko 0,36 mm.

Anatas se javlja u bipiramidalnim kristalima, ređe u odlomcima. Pljosni su crtaste. Sjajnosti je dijamantske. Boje je žute, mrkocrvene, maslinastozelene, plave i crne. Nemagnetičan je. Polihroičan je u obojenim varijetetima.

Brukit se nalazi u tabličastim kristalima s vidljivim strujama. Bezbojan je, žut i crvenkastomrk. Nemagnetičan je.

Rutil se javlja u odlomcima nepravilnog oblika, ređe u prizmatičnim zrnima. Boje je mrkocrvene do skoro crne. U tankim odlomcima je žut ili crvenomrk. Nemagnetičan je i slabo polihroičan.

Semikvantitativna spektrohemijska analiza *rutila* izvršena u oblasti 2800—4700 Å otkrila je sledeće elemente:

Glavni elemenat — Ti

Fe	>	1 %
Sn	>	1 %
Nb	>	0,1 %
V	>	1000 ppm
Mn	>	316 ,,
Pb	>	42 ,,

Sadržaj urana i torijuma određen radiometrijski iznosi: 963 ppm U i 0 ppm th.

Granati — Od granata su zastupljeni *almandin, grosular* i *uvarovit*.

Almandin se javlja u zrnima nepravilnog oblika, često izlomljenim, zatim u zaobljenim zrnima i u kristalima u obliku rombdodekaedra. Preloma je nepravilnog, sjajnosti staklaste. Bezbojan je, bledoružičast do crven. Srednje je magnetičan. Optički je izotropan. Indeks prelamanja izmeren metodom imerzije iznosi 1.81.

Grosular je konstatovan u zrnima nepravilnog oblika i poluzaobljenim, s karakterističnim »granatskim« prelomom. Sjajnosti je staklaste, bezbojan je i nemagnetičan. Optički je izotropan, ali je često i anomalno dvoosan, negativan, i tada pokazuje slabu birefrakciju. Izmeren indeks prelamanja iznosi 1.73.

Rendgenskom analizom praha ovoga minerala dobijen je sledeći rendgenogram:

d (Å)	Int.	d Å	Int.
2.99	4	1.59	9
2.66	10	1.49	1
2.46	2	1.33	1
2.36	2	1.30	3
2.18	3	1.27	1
1.93	4	1.20	1
1.73	2	1.10	5
1.66	4		

Prema rendgenogramu praha ovaj mineral odgovara *grosularu*.

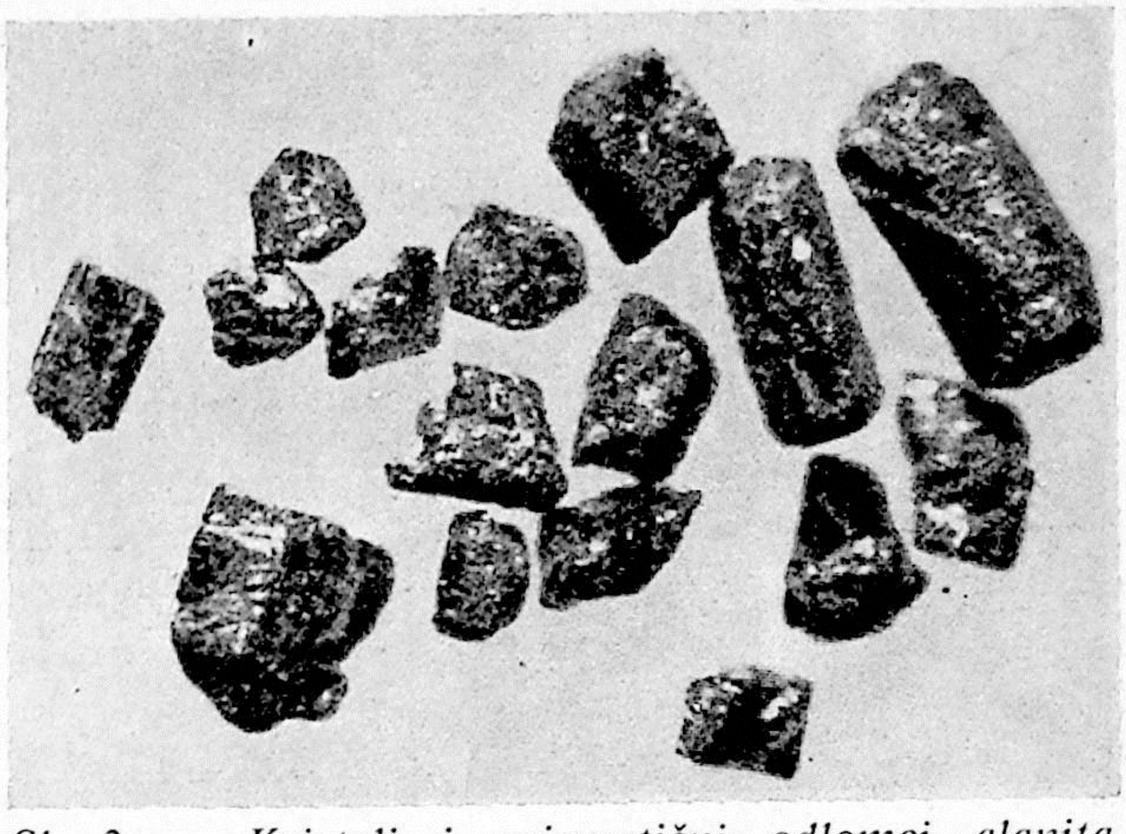
Kvalitativna spektrohemijska analiza izvršena u oblasti 2400—3200 Å otkrila je sledeće elemente:

Ca, Al, Si i Fe — kao glavne komponente i

Ti, Cr, Mn i Y — u tragovima

Uvarovit je zapažen u sitnim kristalima po zrnima hromita. Boje je smaragdno zelene, optički izotropan.

Alanit je nađen u prizmatičnim kristalima ili u prizmatičnim odlomcima, sa srednjom veličinom zrna 0,56×0,42 mm. Boje je mrke, u tankim pre-



Sl. 2 — Kristali i prizmatični odlomci alanita. Uveličanje 27 ×

Fig. 2 — Crystals and prismatic fragments of allanite — 27 ×

secima mrkocrven do mrkožut. Zapaženo je često bližnjenje po prizmi. Na zrnima se mestimično vide pukotine ispunjene produktima raspadanja. Srednje je do slabo magnetičan. Radioaktivan je. Optički je dvoosan, negativan. Indeksi prelamanja izmereni metodom imerzije nalaze se između: Ng 1.75—1.76, Np 1.74—1.75. Polihroizam je jasan — zelenomrk do crvenkastomrk.

Rendgensko ispitivanje alanita dalo je sledeći rezultat:

d (Å)	Int.	d (Å)	Int.
5.22	1	2.16	5
4.75	1	1.90	5
3.54	5	1.66	9
3.24	1	1.57	0,5
2.93	10	1.47	1
2.71	7	1.44	1
2.63	2	1.41	1
2.44	0,5	1.31	1
2.33	1		

Prema gornjim podacima mineral odgovara *alanitu*.

Semikvantitativna spektrohemijska analiza *alanita* izvršena u oblasti 2800—4700 Å pokazala je prisustvo sledećih elemenata:

Glavni elementi — Ca, Fe, Al, Si, Mg

Ce, La	>	1 %
Mn	>	316 ppm
Pb		32 ,,
Sn		530 ,,
Th	>	316 ,,
Ti	>	1000 ,,
Y	>	1000 ,,
Zr		700 ,,
V		316 ,,

Sadržaj urana i torijuma određen radiometrijski iznosi: 400 ppm U i 16.680 ppm Th.

Monacit je konstatovan u prizmatičnim kristalima s različitim završecima, ređe u poluzaobljenim kristalima, što pokazuje da ovaj mineral nije daleko transportovan. Srednja veličina zrna



Sl. 3 — Kristali monacita. Uveličano 32 ×

Fig. 3 — Crystals of monazite — 32 ×

izračunata iz 50 zrna iznosi 0,44×0,23 mm. Sjajnosti je staklaste. Boje je žute sa zelenkastim tonom, slabo je magnetičan. Pokazuje radioaktivnost. Pod svetlošću kvarc lampe bez filtra pokazuje jasnu zelenu boju. Optički je dvoosan, pozitivan. Indeksi prelamanja izmereni metodom imerzije nalaze se između: Ng 1.82—1.84, Np 1.77——1.79. U apsorpcionom spektru (pomoću malog ručnog spektroskopa »à vision directe«) vide se karakteristične trake od neodijuma i prazeodijuma.

Rendgensko ispitivanje praha monacita dalo je sledeći rezultat:

d (Å)	Int.	d (Å)	Int.
5.22	1	1.90	5
4.69	2	1.82	1
4.22	5	1.78	1
3.43	2	1.75	3
3.34	5	1.71	2
3.13	10	1.61	1
3.01	1	1.55	2
2.90	9	1.47	1
2.57	3	1.43	1
2.47	3	1.38	1
2.21	2	1.35	4
2.16	6	1.29	3
1.99	4	1.24	3

Prema rendgenogramu praha ovaj mineral odgovara *monacitu.*

Semikvantitativna spektrohemijska analiza *monacita* izvršena je u oblasti 2400—3700 Å. Konstatovani su sledeći elementi:

Glavni elementi — Ce, P

La	>	1 %
Mn		32 ppm
Pb		70 „
Th	>	1000 „
Fe	>>	1000 „
Ca	>	1000 „
Ti		447 „
Y	>	3160 „
Zr	>>	3160 „
Si	>	3160 „

Sadržaj urana i torijuma određen je radiometrijski u osam primeraka i kreće se u granicama: 3.670—7.110 ppm U i 58.100—77.600 ppm Th.

Torit je zapažen u prizmatičnim kristalima s bipiramidalnim završecima ili u odlomcima. Boje je svetlozelene do maslinasto zelene; nemagnetičan je, radioaktivan. Optički je izotropan zbog metamiktnog pretvaranja. Srednja veličina zrna izmerena iz 24 zrna iznosi 0,38×0,25 mm. Indeks prelamanja izmeren metodom imerzije nalazi se između 1,85—1,86.

Zbog amorfnog metamikt stanja rendgensko ispitivanje je izvršeno tek pošto je mineral žaren na 1100°C.

Rendgenogram praha žarenog *torita* dao je sledeće refleksije:

d (Å)	Int.	d (Å)	Int.
3.17	9	1.14	6
2.75	7	1.07	6
2.17	1	0.98	3
1.94	10	0.94	5
1.85	1	0.92	2
1.66	10	0.88	3
1.60	3	0.85	2
1.39	4	0.83	2
1.24	2	0.80	3
1.27	6		

Navedene refleksije žarenog torita odgovaraju jedinjenju ThO_2, odnosno produktu koji je dobijen pri žarenju ovog minerala.

Kvalitativna spektrohemijska analiza torita izvršena je u oblasti 2400—3200 Å. Utvrđeni su sledeći elementi:

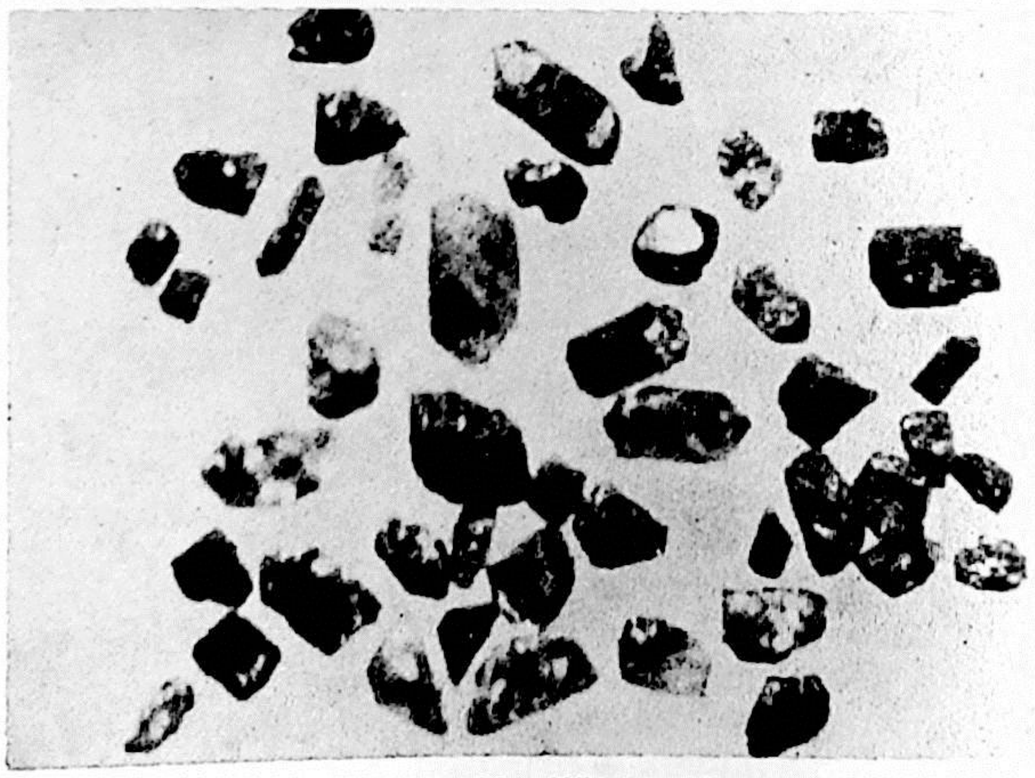
Th i Si — kao glavni elementi i
U, Fe, Pb i Al — u maloj količini.

Cirkon se javlja u prizmatičnim kristalima s bipiramidalnim završecima i u zaobljenim zrnima. Sjajnosti je dijamantske, bezbojan je i ružičast. Pod ultraljubičastom svetlošću fluorescira svetlonarandžasto.

Semikvantitativna spektrohemijska analiza *cirkona* izvršena u oblasti 2800—4700 Å otkrila je sledeće elemente:

Glavni elementi: — Zr i Si

Pb		32 ppm
Sn	~	3160 „



Sl. 4 — Kristali torita. Uveličano 25 ×

Fig. 4 — Crystals of thorite — 25 ×

Fe		178 „
Hf		prisutan
La	~	1600 ppm
Y	>	3160 „
Yb	>	1000 „

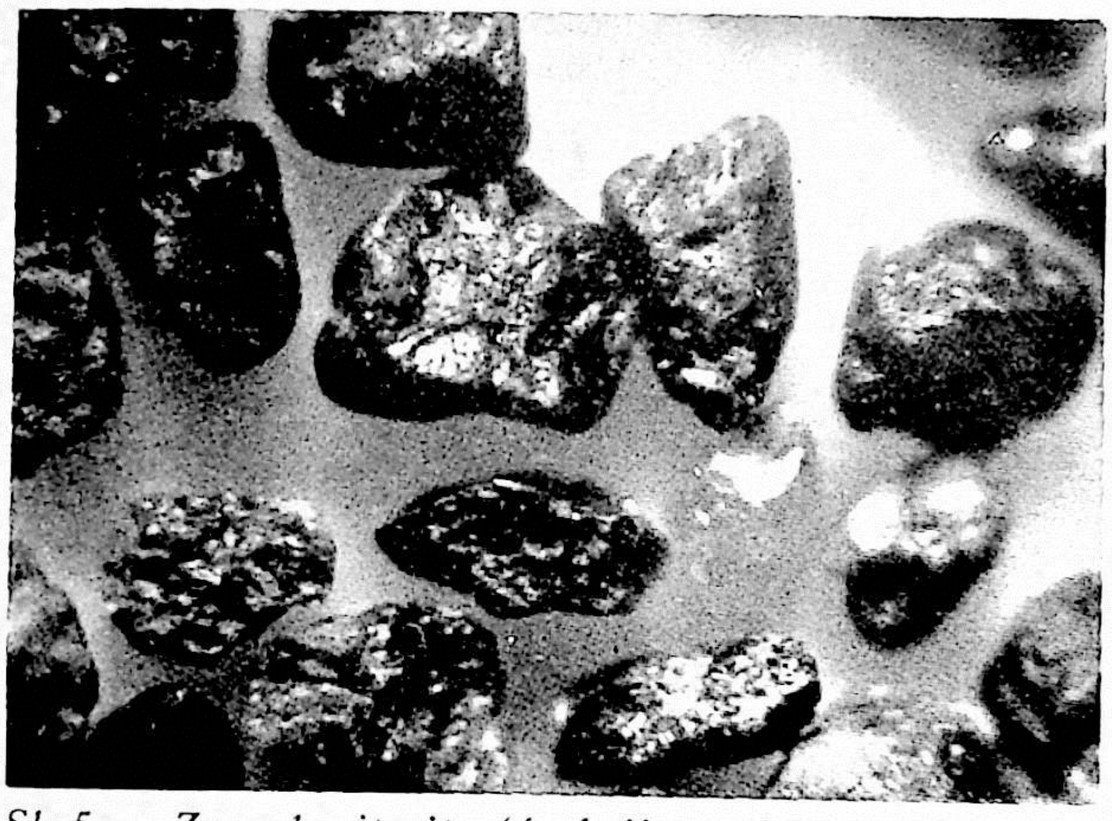
Sadržaj urana i torijuma određen je radiometrijski u šest primeraka i kreće se u granicama: 1.300—10.365 ppm U i 0—11.900 ppm Th.

Barit je otkriven samo u jednom koncentratu i to u tragovima (konc. br. 31). Javlja se u tabličastim zrnima, bezbojan je i nemagnetičan. Optički je dvoosan, pozitivan. Indeksi prelamanja izmereni metodom imerzije nalaze se između: Ng 1.64—1.65, Np 1.63—1.64.

Šelit se nalazi u zrnima nepravilnog oblika. Sjajnosti je staklaste, bezbojan je i nemagnetičan. Optički je jednoosan, pozitivan. Indeksi prelamanja izmereni metodom imerzije nalaze se između: Ng 1.93—1.94, Np 1.91—1.92. Pod ultraljubičastom svetlošću fluorescira svetloplavo, ređe beličastoplavo. Fluorescencija u šelitima potiče po Smithu (1953) od molibdena koji je u njima prisutan kao nečistoća. Po ovom autoru šeliti koji sadrže 0.05% Mo fluoresciraju svetloplavo, sa 0.48% belo, a sa 0.96—4.8% Mo žuto. Prema ovim podacima šeliti iz ovih oblasti treba da sadrže ispod 1% molibdena.

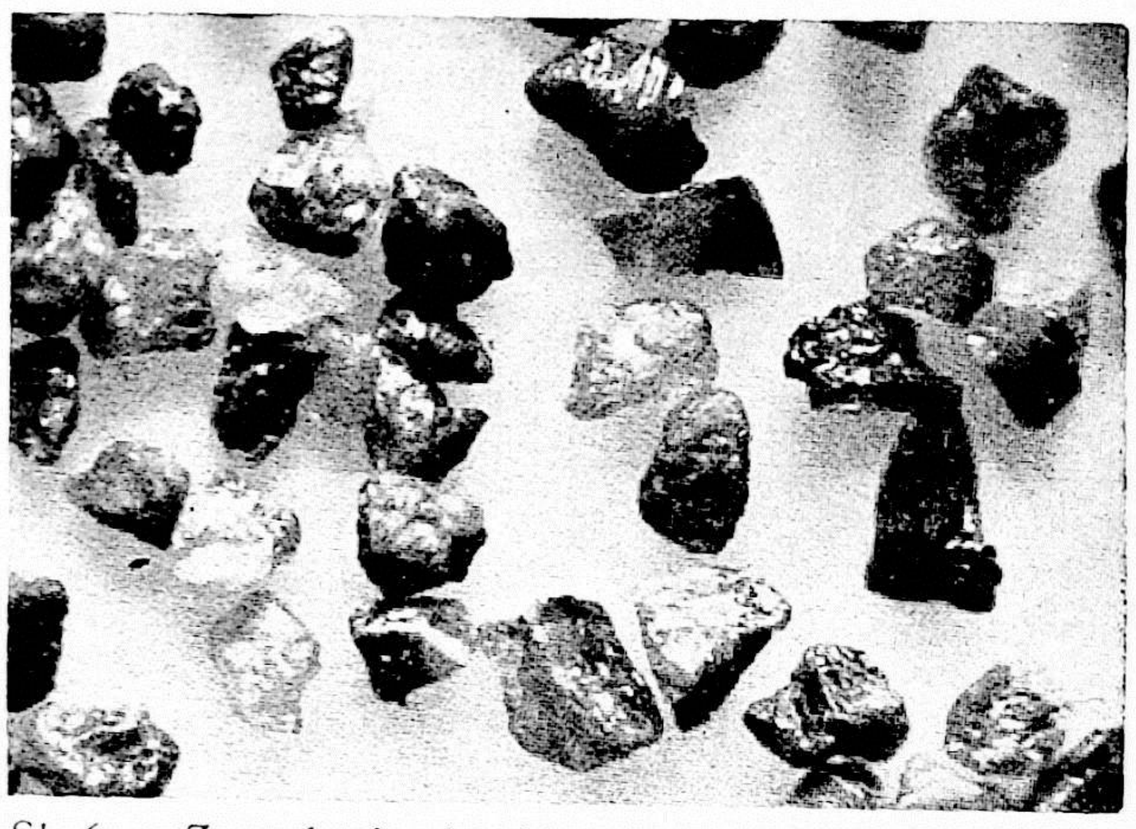
Kasiterit je otkriven u prizmatičnim i bipiramidalnim oblicima, kao i u zrnima nepravilnog oblika. Nađen je samo jedan kristal s potpuno razvijenim pljosnima prizme i bipiramide i na njemu je izražena zonarnost. U nekim slučajevima je zapaženo bližnjenje po bipiramidi tzv. »kalajni kljun«. Kasiterit se obično javlja u krupnijim zrnima od drugih minerala u koncentratima. Srednja veličina zrna izmerena iz 57 zrna iznosi 0.74××0.53 mm. Ovaj mineral se takođe javlja u velikoj količini i u krupnijoj frakciji i u ovom slučaju srednja veličina zrna iz 25 merenih zrna iznosi 1.63×1.26 mm.

Sjajnosti je dijamantske ili polumetalične. Boje je mrke, mrkocrvene, svetlomrke, zelenkaste do beličaste. Boja je često nejednako raspoređena po zrnu, tako da se na jednom odlomku vide prelazi od mrke do svetlomrke ili od mrke do zelenkaste boje. Nemagnetičan je. Specifična težina, merena metodom hidrostatičkih terazija i metodom piknometra, iznosi 6.78. Optički je jednoosan, pozitivan, a može da bude i pseudodvoosan. Indeksi



Sl. 5 — Zrna kasiterita (frakcija > 0.7 mm). Uveličano 16 ×

Fig. 5 — Cassiterite grains — 16 ×



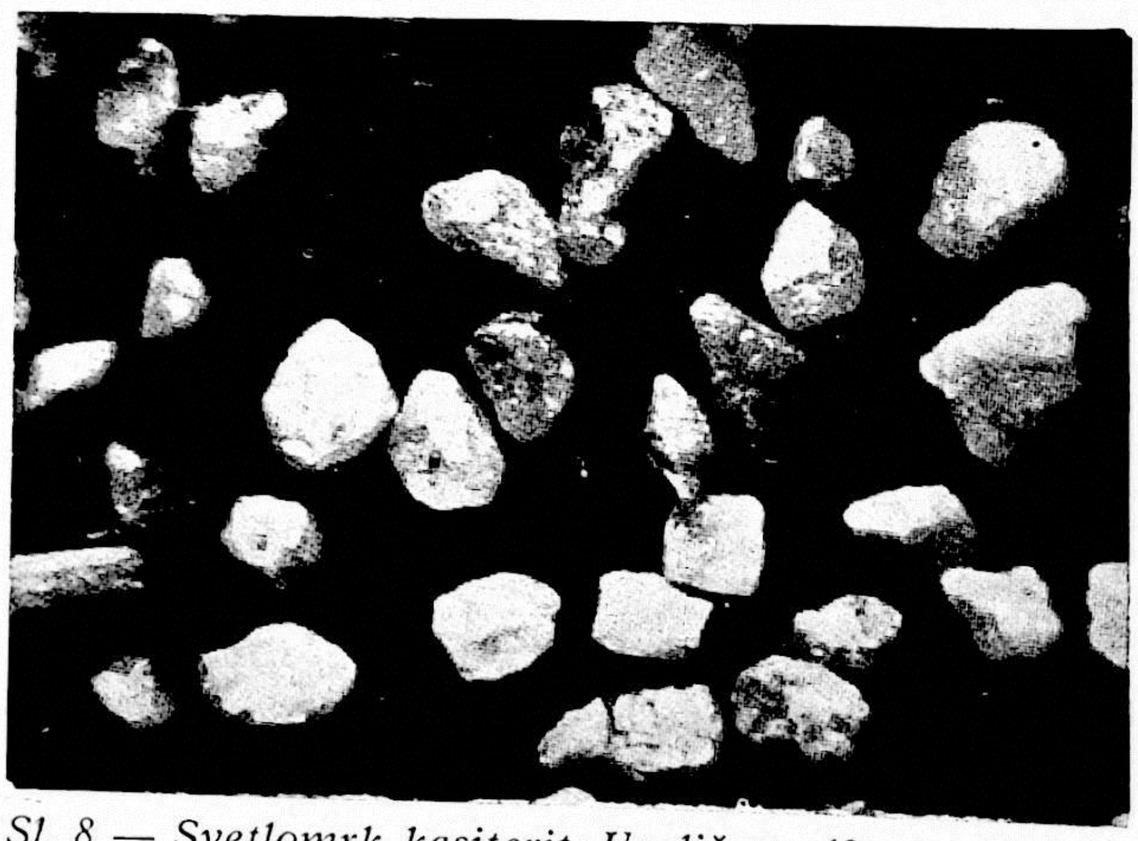
Sl. 6 — Zrna kasiterita (frakcija < 0.7 mm). Uveličano 16 ×

Fig. 6 — Cassiterite grains — 16 ×



Sl. 7 — Crnomrk kasiterit. Uveličano 13 ×

Fig. 7 — Blackbrown cassiterite — 13 ×



Sl. 8 — Svetlomrk kasiterit. Uveličano 13 ×

Fig. 8 — Polebrown cassiterite — 13 ×

prelamanja su mereni u rastopima sumpora i selena i nalaze se između vrednosti 2.00 i 2.10. Uzdužno se pomračuje. Polihroizam je intenzivan — sivozelen do crven.

Zelenkast, svetlomrk i mrkocrn kasiterit izdvojeni su i posebno od svakog su urađene rendgenske analize. Na slici 7. i 8. prikazan je crnomrk i svetlomrk kasiterit.

Rendgenogrami praha za zelenkast, svetlomrk i mrkocrn kasiterit dobijeni su bez filtra sa antikatodom od gvožđa.

Rendgenogrami praha različito obojenih *kasiterita* dali su sledeće refleksije:

Zelen		Svetlomrk		Mrkocrn		hkl	hkl
d	Int.	d	Int.	d	Int.	$K\alpha$	$K\beta$
(3,66)	3	(3,70)	2	(3,70)	3		110
3,32	10	3,34	10	3,35	9	110	
(2,89)	3	(2,92)	3	(2,92)	3		101
2,62	10	2,65	10	2,65	9	101	
2,35	3	2,37	5			200	
2,30	1					111	
(1,93)	3	(1,95)	2	(1,95)	4		211
(1,83)	1			(1,85)	1		220
1,73	10	1,76	10	1,77	10	211	
1,66	3	1,67	4	1,67	3	220	
(1,63)	1			(1,60)	2		310
1,58	2			1,58	1	002	i (112)
(1,55)	1						301
1,48	5	1,50	3	1,51	5	310	
1,42	4			1,44	4	112	
1,40	5			1,41	6	301	

Rendgenogrami se mogu indicirati pomoću tetragonalne jedinične ćelije sa:

$a = 4{,}72$ Å $\qquad c = 3{,}18$ Å

što odgovara rešeci *kasiterita*. Male razlike u vrednostima *d* mogu da potiču od eventualne razlike u hemijskom sastavu.

Semikvantitativne spektrohemijske analize *kasiterita* izvršene su u oblasti 2.800—4.700 Å i pokazale su prisustvo sledećih elemenata:

	Svetlomrk kasiterit	Mrk kasiterit
Glavni element	Sn	Sn
Ti	> 1000 ppm	> 1000 ppm
Nb	80 „	> 1000 „
Ta	80 „	> 1000 „
Fe	316 „	> 3160 „
Mn	4 „	56 „
Pb	tr	tr
V	10 „	25 „
Cu	10 „	10 „
Zr	1780 „	~ 3160 „
Si	< 100 „	~ 1000 „
Al	< 1000 „	> 1000 „
Mg	10 „	32 „
Ca	41 „	32 „

Sadržaj urana i torijuma određen radiometrijski iznosi: 5.7 ppm U i 8 ppm Th.

Zlato se nalazi u ljuspama nepravilnog oblika. Boje je zlatnožute.

Ilmenit se javlja u zrnima nepravilnog oblika ili u odlomcima. Boje je crne. U mikroskopu je slabo ružičast. Pokazuje anizotropiju jasnu do slabu, koja se menja od koncentrata do koncentrata. Odbija malu količinu svetlosti. Javlja se u svežim zrnima, ali se češće pretvara u rutil i leukosen. Ovo pretvaranje izvršeno je katkada potpuno, tako da se ilmenit javlja samo u vidu zaostataka. U ilmenitu se ređe zapažaju orijentisana hematitska izdvajanja.

Magnetit se nalazi u zrnima nepravilnog oblika, ređe u idiomorfnim kristalima. Mestimično se pretvara u hematit. U nekim koncentratima se zapaža i *titanomagnetit*.

Hematit je u mikroskopu za odbijenu svetlost bezbojan, jasno anizotropan sa crvenim unutrašnjim refleksima.

Pirit se javlja u kristalima u obliku kocke. Retko je svež, obično je pretvoren u hematit i limonit.

Limonit je produkt pretvaranja drugih metaličnih minerala. U nekim slučajevima je zapažen i *getit*.

Hromit se javlja u odlomcima nepravilnog oblika, sa slabim mrkocrvenim refleksima po obodu zrna. U mikroskopu je tamnosiv, izotropan, sa crvenim unutrašnjim refleksima.

Pored navedenih metaličnih minerala, koji se javljaju u većoj ili manjoj količini u svim koncentratima, otkriveni su u tragovima *psilomelan*, *piroluzit* i *markasit*.

ZASTUPLJENOST I POREKLO MINERALA U NANOSIMA

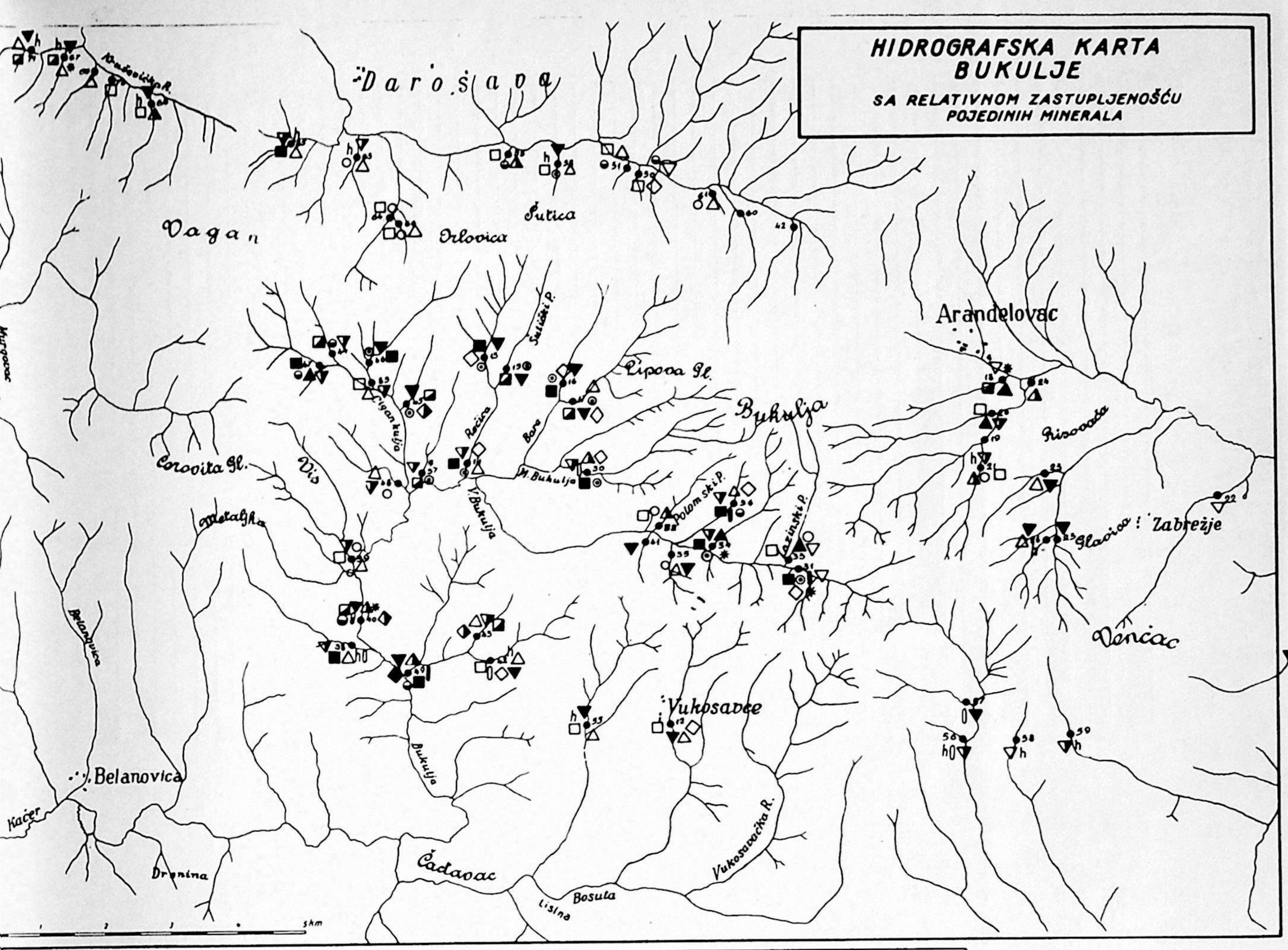
Sliv reke Bukulje

Sliv reke Bukulje obuhvata uglavnom zapadnu i južnu stranu Bukulje, južnu stranu Šutice i Orlovice i istočnu stranu Vagana. Prema tome, sliv ove reke zauzima centralni deo ispitivanog terena, koji je najvećim delom izgrađen od bukuljskog granita.

Ispirane su sledeće reke: M. Bukulja (koncentrat br. 30) i Bare (konc. 16 i 17), V. Bukulja s pritokama (konc. 31, 32, 33, 34, 35, 36 i 41), Rečica (konc. 13 i 14), Šutički potok (konc. 15), Cigankulja (konc. 44, 45, 46, 47 i 83), i potoci koji polaze ispod Cerovite glave (k. 417) (konc. 48) i Metaljke (k. 414) (konc. 39, 38 i 40) s desne strane i Veliki (konc. 42, 43 i 49) i Jelovski (konc. 12 i 52) potok s leve. Geološki sastav terena sa koga su ispirani nanosi, prikazan je na priloženoj geološkoj karti razmere 1:50.000, koja je urađena prema rukopisnoj karti V. Mikinčića, sa manjim izmenama na osnovu geološke karte S. Divljana i ekipe SGZ od 1959 g. (Fond stručne dokumentacije SGZ).

U ovim koncentratima su zastupljeni sledeći minerali: kvarc, ortoklas, plagioklasi, biotit, muskovit, mikroklin, karbonati, granat, turmalin, amfiboli, epidot, zoizit, andaluzit, staurolit, disten, pleonast, sfen, apatit, uvarovit, anatas, brukit, *monacit*, *alanit*, *torit*, rutil, cirkon, šelit, *kasiterit*, ilmenit, magnetit, pirit, hematit, limonit, hromit i piroluzit.

Na dijagramu 1. prikazan je odnos teške (> 2.97) i lake (< 2.97) frakcije u koncentratima iz sliva reke Bukulje.



LEGENDA:

Malo, Srednje, Mnogo — KASITERITA

Malo, Srednje, Mnogo — TORITA

Malo, Srednje, Mnogo — ŠELITA

Zlato

h-Hromita malo

H-Hromita mnogo

Malo, Srednje, Mnogo — MONACITA

Malo, Srednje, Mnogo — ALANITA

Malo, Srednje, Mnogo — ILMENITA

Iz dijagrama 1. zapaža se da su koncentrati iz granitskog terena znatno siromašniji u sadržaju minerala teške frakcije (> 2,97) od koncentrata koji potiču iz kristalastih škriljaca. Prema podacima iz ovog dijagrama, srednji sadržaj teže frakcije u koncentratima iz granitskog masiva u slivu reke Bukulje iznosi 9.22%, dok u koncentratima koji potiču najvećim delom od kristalastih škriljaca srednji sadržaj je mnogo veći — 24.47%. To dolazi otuda što u koncentratima iz granitskog masiva gotovo 90% čine kvarc, feldspati i liskuni, tj. minerali koji ulaze u lakšu frakciju (< 2,97). Pošto je sliv reke Bukulje zahvatio najvećim delom granitski teren, to su ovi minerali, naročito kvarc i feldspati, najzastupljeniji minerali u ovim koncentratima.

Na priloženoj hidrografskoj karti Bukulje prikazana je relativna zastupljenost pojedinih minerala u nanosima.

Granat je obilan u najvećem broju koncentrata i to bilo da potiču iz granitskog terena ili iz kristalastih škriljaca.

Turmalin je takođe obilan u najvećem broju koncentrata i javlja se u nanosima i iz granitskog masiva i iz kristalastih škriljaca.

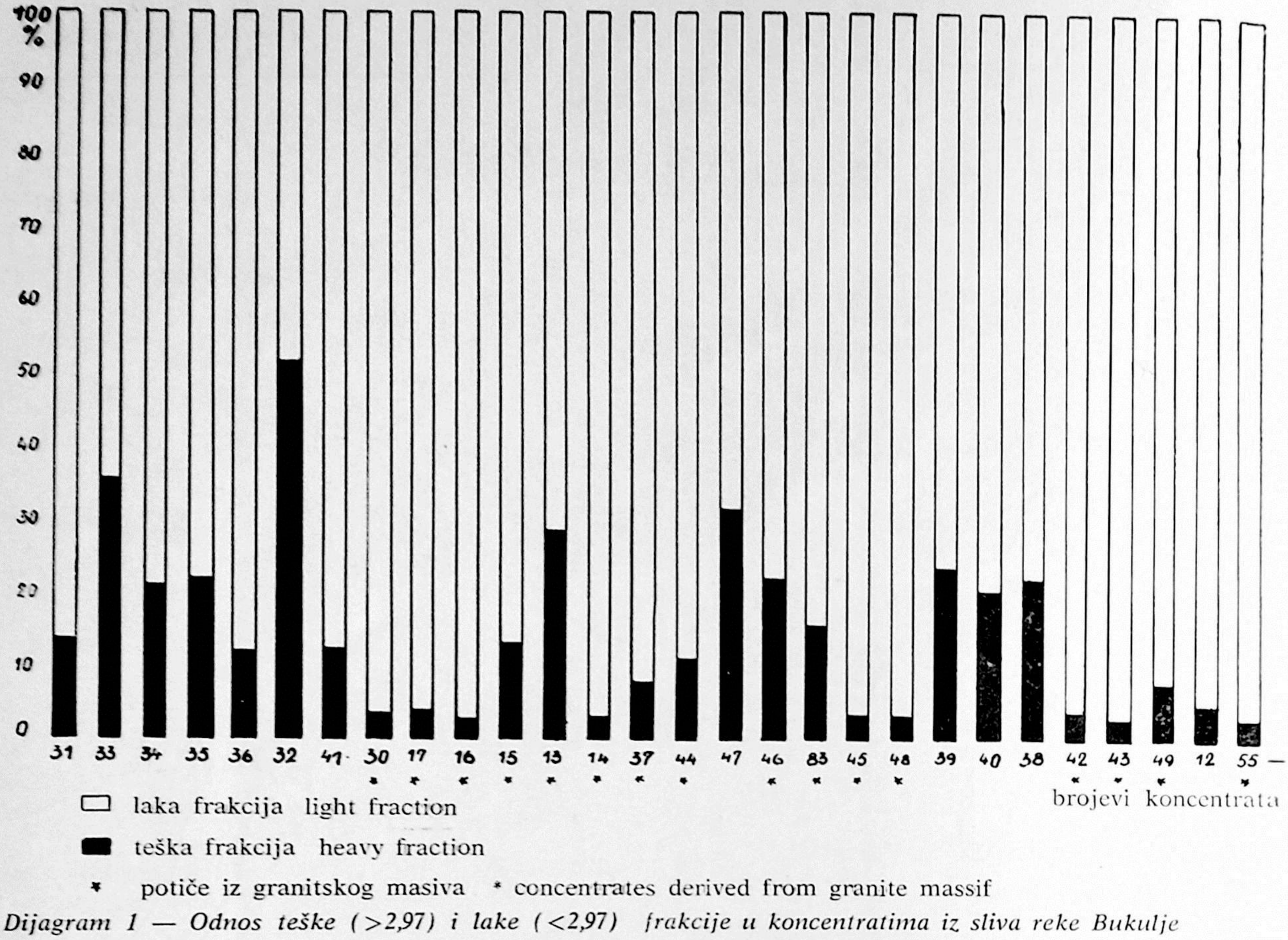
Cirkon i *apatit* su više zastupljeni u nanosima granitskog masiva iz središnjeg dela terena, nego što se javljaju u nanosima po obodu ovoga masiva, koji delimično potiču i iz kristalastih škriljaca i filita.

Rutil se javlja u maloj količini u većini koncentrata iz ovoga sliva.

Anatas je prisutan skoro u svim koncentratima, a osobito u onima iz središnjeg dela masiva, gde se javlja u relativno većoj količini.

Brukit je u nanosima iz sliva reke Bukulje konstatovan u tragovima.

Andaluzit je naročito obilan u nanosima Cigankulje i desnih pritoka V. Bukulje, tj. u onima



Dijagram 1 — Odnos teške (>2,97) i lake (<2,97) frakcije u koncentratima iz sliva reke Bukulje

Diagram 1 — showing the percentages of heavy (> 2.97) and light (< 2.97) fractions in the alluvion concentrates of the river Bukulja affluents

koji potiču iz kristalastih terena sa zapadne strane granitskog masiva. U pojedinim koncentratima iz ovog dela terena andaluzit izgrađuje najveći deo teže frakcije. Prisustvo andaluzita u ovoj količini može da se objasni rasprostranjenjem mikašista s andaluzitom, koje je otkrio S. Urošević (1900, str. 106) u kristalastim škriljcima u zapadnom obodu granitskog masiva (u slivu reke Onjeg). Ovaj mineral je takođe obilan i u nanosima iz gornjeg toka reke Bukulje, koji potiču jednim delom od kristalastih škriljaca Bukulje. S. Urošević (1900, str. 93) je ukazao da je na vrhu Bukulje granit metamorfisao mikašiste u kojima se nalaze u velikoj količini dosta krupni kristali rumenkastog andaluzita. Andaluzit je konstatovan i u nanosima koji potiču samo iz granitskog terena (prema priloženoj geološkoj karti), što verovatno ukazuje na prisustvo manjih, izolovanih partija kristalastih škriljaca na granitima.

Staurolit je konstatovan u maloj količini u nanosima M. Bukulje, Rečice i Cigankulje, dok se u relativno većoj količini javlja u nanosima Bukulje, koji potiču iz kristalastih škriljaca Metaljke, Cerovite glave i Visa.

Pleonast je zapažen u tragovima u nanosima V. i M. Bukulje, zatim u nanosima Cigankulje i Rečice.

Alanit se javlja u malom broju koncentrata i u njima je neravnomerno raspoređen. U koncentratima 31, 36 i 49 ovaj mineral je mnogobrojan, dok se u koncentratima 30, 38, 40 i 42 javlja u maloj količini. Interesantno je da je alanit zapažen i u nanosima koji prema geološkoj karti V. Mikinčića ne dolaze sa granitskog terena. Ovo potvrđuje i najnoviji rad S. Divljana (1960), koji navodi da se alanit javlja samo kao akcesorni sastojak gnajsnih stena koje su razvijene na južnom obodu masiva Bukulje, dok u granitima i ostalim njihovim pratiocima nije do sada konstatovan.

Šelit je otkriven u većem broju koncentrata iz sliva reke Bukulje. U ovim nanosima je neravnomerno raspoređen u količinama od tragova do veoma obilnog (konc. 33, 34 i 47).

Najveće koncentracije *torita, monacita* i *kasiterita* na celom ispitivanom terenu javljaju se u nanosima sliva reke Bukulje. Oni su ovde vezani isključivo za granitski masiv.

Torit se javlja u maloj količini u nanosima s granitskog terena.

Monacit je relativno obilan u nanosima sa V. Bukulje, M. Bukulje, Bare i Rečice. Treba napomenuti da se monacit u ovim nanosima javlja u kristalima s očuvanim oblicima, što ukazuje da ovaj mineral nije dugo prenošen.

Kasiterit je veoma obilan u nanosima iz sliva reke Bukulje. Javlja se u svim koncentratima iz granitskog masiva i to u količini od srednje do velike zastupljenosti. U tabeli 1. prikazan je sadržaj ovog minerala u 10 koncentrata.

GEOLOŠKA KARTA BUKULJE po V. Mikinčiću*)

GEOLOGICAL MAP OF THE BUKULJA MOUNTAIN

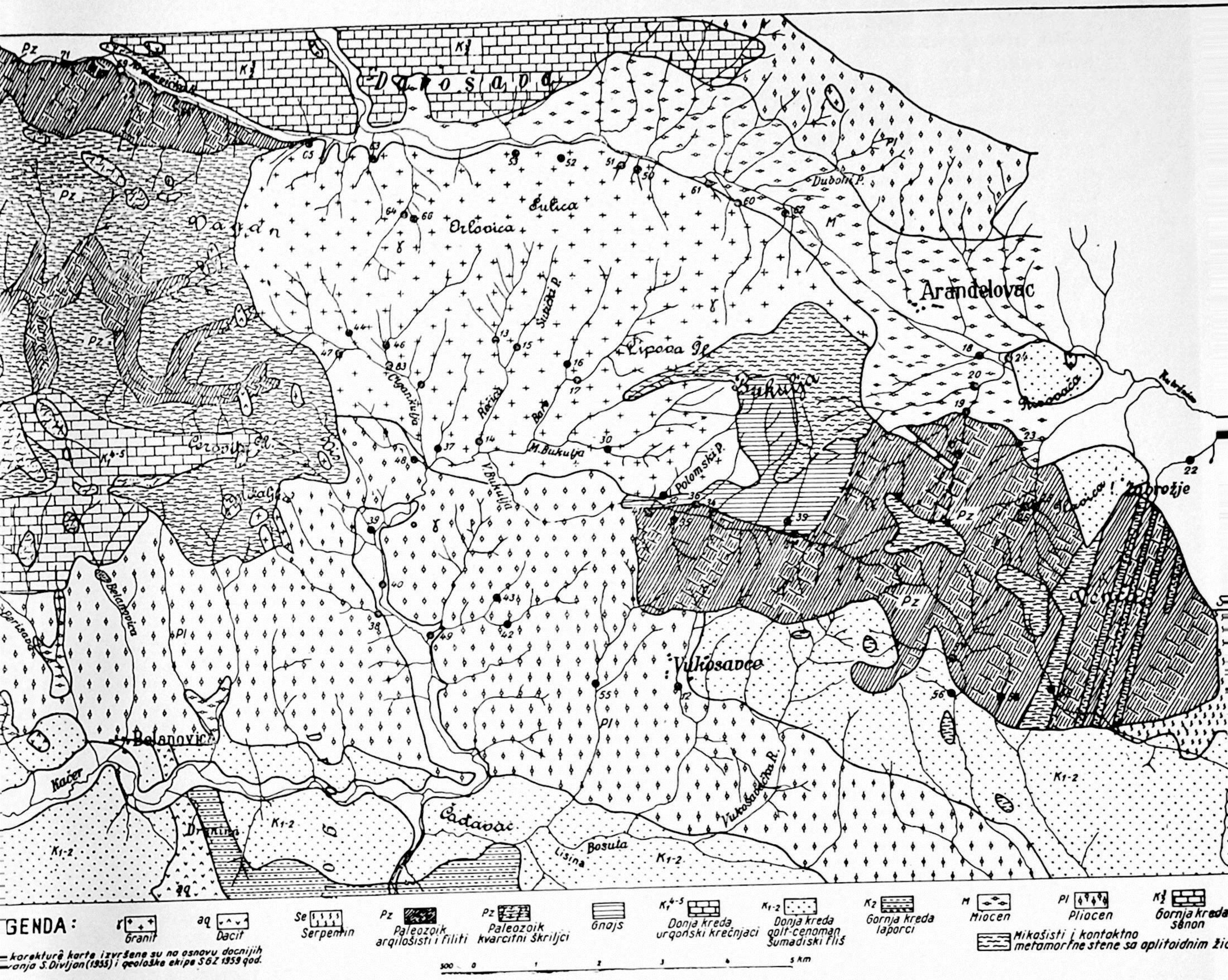


Tabela 1 — Sadržaj kasiterita u nekim koncentratima iz sliva reke Bukulje

Table 1 — The content of cassiterite in some concentrates from the Bukulja river affluents

Broj koncentrata	% kasiterita		
	Na teži deo koncentrata	Na ceo koncentrat	Na nanos
31	47.42	6.06	0.03
34	14.29	3.05	0.02
36	36.06	4.45	0.03
13	5.80	0.17	0.001
37	34.21	4.71	0.025
44	4.88	0.57	0.002
47	19.33	6.21	0.046
46	37.03	8.40	0.004
45	9.41	0.32	0.002
38	32.50	7.42	0.05
Srednji sadržaj iz 10 koncentrata	24.09	4.13	0.024

Iz podataka u tabeli 1. vidi se da srednji sadržaj kasiterita iz navedenih nanosa iznosi oko 1/4 od celokupne teže frakcije koncentrata (> 2,97). Međutim, u odnosu na ceo nanos, srednji sadržaj kasiterita je dosta nizak (0.024%). Ako se ova vrednost uporedi s količinom kalaja koju je otkrio S. Miholić (1949) u granitu s Bukulje (0.0069% Sn), vidi se da je sadržaj kalaja u nanosima oko 2.5 puta veći nego u granitu.

U koncentratu br. 31, iz gornjeg toka reke V. Bukulje, koji se nalazi u filitima i mikašistima konstatovani su kasiterit, monacit, torit i alanit — minerali karakteristični za granitski masiv. Ovo ukazuje na prisustvo manjih granitskih proboja kroz koje prolaze sabirni potoci u ovom delu terena.

Zlato je otkriveno u tragovima u koncentratima br. 31, 34, 37 i 40.

Ilmenit je najobilniji od metaličnih minerala. Javlja se u svim koncentratima iz ovoga sliva od srednje do velike zastupljenosti.

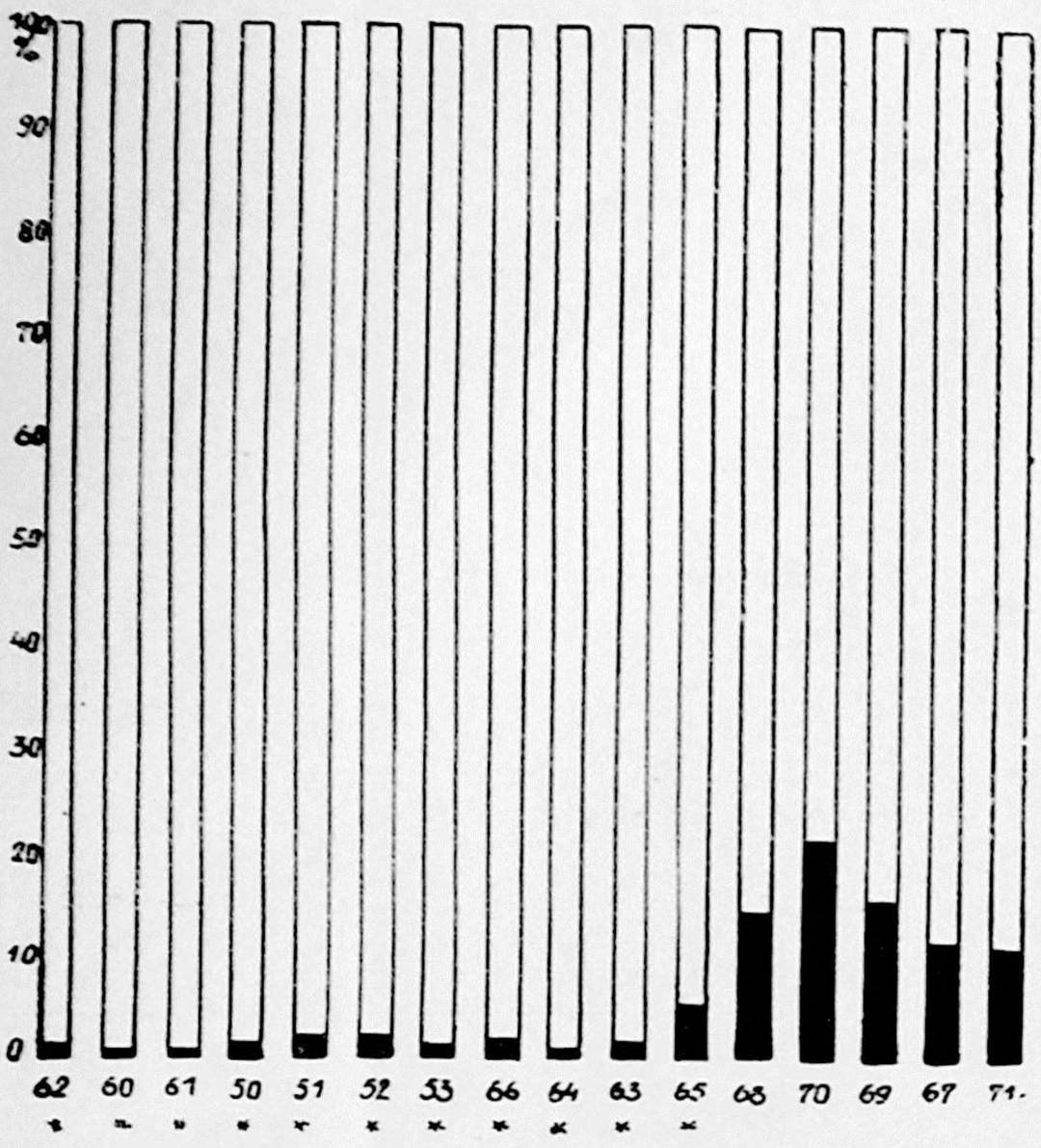
Magnetit je prisutan u manjoj količini u velikom broju koncentrata, a isto tako i *limonit* i *hematit*.

Hromit je konstatovan u nekoliko koncentrata u tragovima.

Sliv reke Pešten

Sliv reke Pešten čini severnu granicu ispitivanog terena. On obuhvata severne padine Bukulje, Šutice, Orlovice, Vagana i Visa (k. 365). Ovaj sliv čine reka Pešten i Kruševička reka. Ispirane su leve pritoke i jedne i druge reke. Ispiranjem pritoka reke Pešten dobijeni su koncentrati koji potiču iz granitskog masiva (konc. 50, 51, 52, 53, 60, 61, 62, 63, 64, 65 i 66), a koncentrati iz Kruševičke reke (konc. 67, 68, 69, 70 i 71) potiču najvećim delom od argilošista, filita i mikašista.

U ovim koncentratima se javljaju sledeći minerali: kvarc, ortoklas, plagioklasi, biotit, muskovit, granat, turmalin, amfiboli, epidot, zoizit,



brojevi koncentrata

□ laka frakcija light fraction

■ teška frakcija heavy fraction

* potiče iz granitskog masiva

* concentrates derived from the granite massif of Bukulja mt.

Dijagram 2 — Odnos teške (>2,97) i lake (<2,97) frakcije u koncentratima iz sliva reke Pešten

Diagram 2 — showing the percentages of heavy (>2.97) an light (<2.97) fractions in the alluvion concentrates of the river Pešten affluents

andaluzit, staurolit, pleonast, sfen, patit, anatas, brukit, *monacit, torit,* rutil, cirkon, šelit, zlato, *kasiterit,* ilmenit, magnetit, hematit, pirit, limonit i hromit.

Na dijagramu 2. prikazan je odnos teške i lake frakcije u koncentratima iz sliva reke Pešten.

Iz dijagrama 2. zapaža se upadljiva razlika u sadržaju minerala teže frakcije u nanosima iz granitskog terena i iz kristalastih škriljaca i filita. Prema gornjim podacima srednji sadržaj teže frakcije u nanosima iz granitskog masiva — iz 11 koncentrata — iznosi 1.46%. Srednji sadržaj ove frakcije minerala — iz 5 koncentrata — koji potiču najvećim delom iz kristalastih škriljaca iznosi 14.75%.

U nanosima reke Pešten iz granitskog terena najobilniji minerali lake frakcije su *kvarc, feldspati* i *liskuni*. Oni zajedno čine prosečno oko 98.5% koncentrata.

Relativna zastupljenost pojedinih minerala iz nanosa reke Pešten prikazana je na priloženoj hidrografskoj karti.

Granat, turmalin i *rutil* su konstatovani u nanosima obe reke, ali su obilniji u nanosima Kruševičke reke.

Apatit se javlja uglavnom samo u nanosima koji potiču iz granitskog masiva i ovde je prisutan u većoj količini.

Andaluzit je otkriven u nanosima obe reke od srednje do velike zastupljenosti. Nije konstatovan u koncentratima br. 50, 51, 52, 68, 70.

Staurolit je takođe zapažen u nanosima obe reke i javlja se u maloj količini, osim koncentrata 62 u kome je srednje zastupljen.

Pleonast je konstatovan samo u nanosima iz granitskog terena i to u tragovima.

Alanit nije zapažen u nanosima ovih reka.

Torit se javlja u tragovima i to samo u koncentratu br. 50, koji potiče iz granitskog masiva.

Monacit je konstatovan u reci Peštenu i tu se javlja u relativno većoj količini.

Šelit je otkriven gotovo u svim koncentratima iz sliva ove reke i to u količini od tragova do srednje zastupljenosti.

Kasiterit se javlja skoro u svim koncentratima, kako iz granitskih terena, tako i iz kristalastih škriljaca i argilošista, i to od male do obilne zastupljenosti.

Zlato je otkriveno u tragovima u Kruševičkoj reci u koncentratu br. 67.

Ilmenit je najobilniji od metaličnih minerala. Javlja se u nanosima i jedne i druge reke, ali je u Kruševičkoj reci nešto obilniji.

Magnetit je srednje zastupljen.

Na osnovu rasprostranjenja navedenih minerala može se izvesti sledeći zaključak:

1. U nanosima levih pritoka reke Peštena, koji potiču iz severnog oboda granitskog masiva, nije zapažen *alanit,* a *torit* je konstatovan samo u tragovima u koncentratu br. 50. Ovi minerali su, naprotiv, više vezani za nanose iz centralnog i južnog dela granitskog masiva. *Monacit* je podjednako obilan kako u obodnim delovima granitske gromade tako i u centralnim.

2. U nanosima Kruševičke reke javljaju se minerali karakteristični za kristalaste terene, pošto pritoke ove reke protiču kroz kristalaste škriljce. U ovim nanosima otkriven je *kasiterit,* koji verovatno potiče od manjih granitskih proboja, od kojih su neki uneti na geološkoj karti V. Mikinčića.

Sliv reke Kubršnice

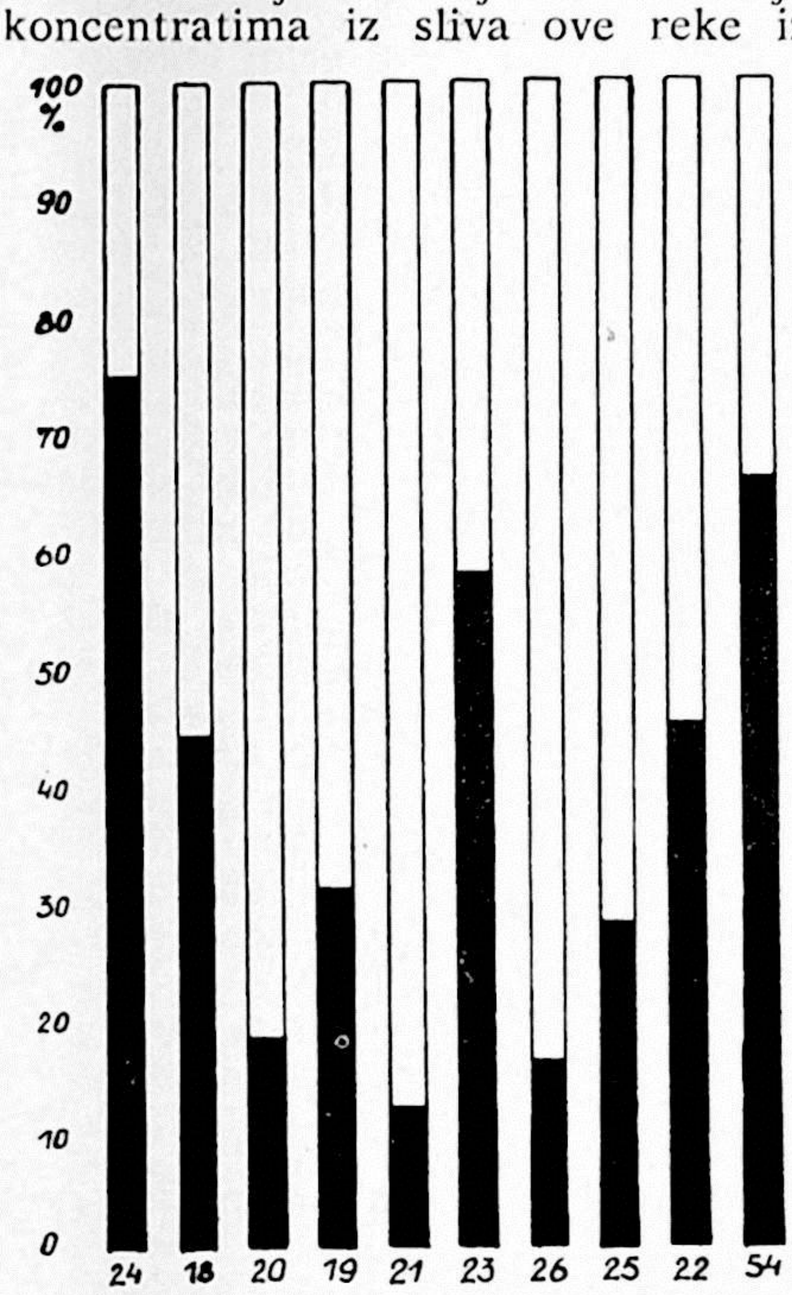
Sliv reke Kubršnice obuhvata istočnu stranu Bukulje i severozapadni deo Venčaca, odnosno istočni deo ispitivanog terena. Ispirane su reke: Sušica (konc. 22), Vrbička reka (konc. 23, 25 i 26) i Balabanski potok (konc. 18, 19, 20, 21 i 24).

U ovim koncentratima otkriveni su sledeći minerali: kvarc, ortoklas, plagioklasi, biotit, muskovit, karbonati, granat, turmalin, amfiboli, pi-

rokseni, epidot, zoizit, andaluzit, sfen, uvarovit, apatit, anatas, brukit, zlato, cirkon, rutil, šelit, *kasiterit*, ilmenit, magnetit, hematit, pirit, limonit, hromit i psilomelan.

Na dijagramu 3. prikazan je odnos teške i lake frakcije u koncentratima iz sliva reke Kubršnice.

Iz dijagrama 2. zapaža se upadljivo povećanje minerala teže frakcije u odnosu na koncentrate iz prethodna dva sliva. Ovo može da se objasni time što koncentrati iz ovog sliva potiču najvećim delom iz kristalastih škriljaca i filita. Srednji sadržaj teže frakcije (> 2,97) u koncentratima iz sliva ove reke iznosi 39.68%.



Dijagram 3 — Odnos teške (>2,97) i lake (<2,97) frakcije u koncentratima iz sliva reke Kubršnice

Diagram 3 — showing the percentages of heavy (> 2.97) and light (< 2.97) fractions in the alluvion concentrates of the river Kubršnica affluents

Najzastupljeniji minerali su *kvarc, feldspati* i *liskuni.*

Granat je ovde konstatovan u velikoj količini, a *turmalin* je srednje zastupljen.

Cirkon je obilan gotovo u svim koncentratima.

Rutil je takođe obilan i najveće njegove koncentracije na ovome terenu javljaju se u ovim nanosima.

Brukit je zapažen u svim koncentratima, ali u vrlo malim količinama.

Po mineraloškom sastavu najinteresantniji su nanosi iz Balabanskog potoka. U njima je *andaluzit* obilan, a takođe *cirkon* i *rutil.*

Šelit je u koncentratima Balabanskog potoka nađen u većoj količini.

Kasiterit je konstatovan u koncentratima 18, 20 i 21, odnosno u onima čiji materijal potiče iz granitskog terena.

Zapaženo je nekoliko zrna *zlata.*

Od metaličnih minerala *ilmenit* je najmnogobrojniji sastojak i javlja se u svim koncentratima.

Magnetit je srednje zastupljen, osim koncentrata br. 54, u kome 65% celokupne težine čini ovaj mineral.

Hromit se javlja u tragovima izuzev koncentrata br. 54, u kome je obilan. Velika količina hromita u ovom slučaju potiče iz serpentinske mase na jugoistočnom obodu Venčaca.

Koncentrati iz potoka Đurinci

Ispiran je gornji tok ovoga potoka (konc. 56, 57, 58 i 59).

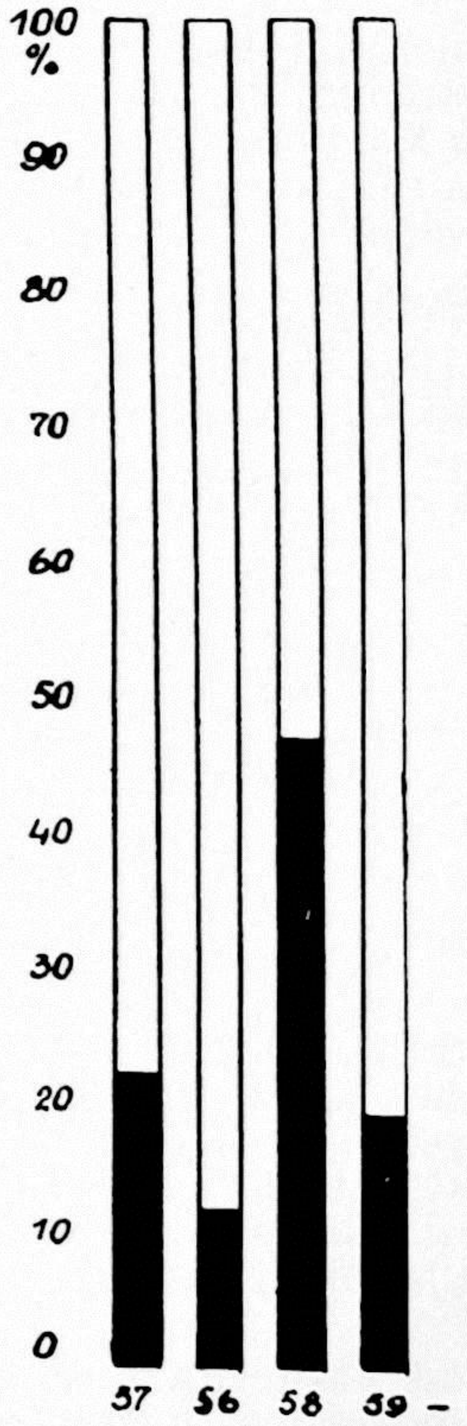
Mineraloški sastav ovih koncentrata je sledeći: kvarc, ortoklas, plagioklasi, biotit, muskovit, karbonati, granat, turmalin, amfiboli, epidot, zoizit, sfen, andaluzit, apatit, anatas, brukit, rutil, cirkon, *alanit*, limonit, magnetit i hromit.

Na dijagramu 4. prikazan je odnos minerala teške i lake frakcije u koncentratima iz potoka Đurinci.

Iz dijagrama 4. vidi se da je teža frakcija u ovim koncentratima dosta obilna. Srednji sadržaj ove frakcije iz navedenih koncentrata iznosi 25.34%.

Granat je nađen u maloj količini.

Turmalin je u ovim koncentratima malo zastupljen, a takođe i *cirkon, rutil* i *apatit.*



Dijagram 4 — Odnos teške (>2,97) i lake (<2,97) frakcije u koncentratima iz sliva potoka Đurinci

Diagram 4 — showing the percentages of heavy (> 2.97) and light (< 2.97) fractions in the alluvion concentrates of the brook Djurinci affluents

Andaluzit se javlja u srednjoj količini u koncentratima 57 i 58.

Brukit je zapažen u svim koncentratima u tragovima.

Alanit je konstatovan u maloj količini u koncentratima 56 i 57.

Ilmenit se javlja u svim koncentratima u većoj količini; zastupljen je takođe i *magnetit*.

Hromit se javlja u svim koncentratima iz ovoga potoka, a u koncentratu 58 nalazi se u velikoj količini.

ZAKLJUČAK

Ispitivanjem mineralnog sastava nanosa u široj okolini Bukulje utvrđene su 42 mineralne vrste, koje potiču najvećim delom iz granitskog masiva, zatim iz kristalastih škriljaca i filita. Uglasti, slabo zaobljeni odlomci minerala, kao i očuvani kristalni oblici ukazuju na to da minerali nisu dugo prenošeni već da su deponovani u neposrednoj blizini matične stene.

Ovo ispitivanje je otkrilo izvestan broj minerala, sporednih sastojaka granita i njihovih žičnih pratilaca, koji pri petrografskom ispitivanju ovih stena (lit. 18) nisu bili zapaženi. To su: *alanit, monacit, torit, kasiterit, šelit, pleonast* i *anatas*. U nanosima iz kristalastih škriljaca otkriveni su, pored drugih minerala koji su zapaženi pri petrografskim ispitivanjima (lit. 18), još i *staurolit* i *disten*.

Rasprostranjenje i količina minerala u nanosima u neposrednoj su vezi s petrografskim sastavom terena kroz koji prolaze sabirni potoci. U vezi s rasprostranjenjem pojedinih minerala u nanosima ispitivanih reka i potoka može se zaključiti sledeće:

1. U nanosima iz granitskog masiva najobilniji su minerali lake frakcije (< 2,97) i to: *kvarc, feldspati* i *liskuni*. Minerali teže frakcije (> 2,97) u ovim nanosima javljaju se u podređenoj količini — iz 26 koncentrata s granitskog masiva srednji sadržaj minerala teže frakcije iznosi 5.93%.

2. Najveće koncentracije *kasiterita, monacita* i *torita* vezane su za nanose granitskog masiva. Pored ovih minerala u istim nanosima je zapažen i *šelit*. Međutim, ovi minerali nemaju isto rasprostranjenje i količinsku zastupljenost u celom masivu. Utvrđeno je da je *kasiterit* najobilniji i najrasprostranjeniji od ovih minerala. Srednji sadržaj kasiterita iz nanosa reke Bukulje (iz 10 koncentrata) iznosi oko 1/4 celokupne teže frakcije koncentrata. Kasiterit je takođe konstatovan i u nanosima izvan granitskog masiva, gde potoci delom presecaju male granitske proboje. Isto ovo rasprostranjenje ima i *šelit*, za koga je karakteristično da se uglavnom javlja u svim koncentratima u kojima i kasiterit, samo u mnogo manjoj količini.

Za razliku od kasiterita i šelita *monacit* je ograničen samo na nanose u granitskom masivu, u kojima se javlja u relativno većoj količini.

Torit nije zapažen u nanosima iz severnog oboda granitskog masiva (leve pritoke reke Pešten), već su njegove pojave vezane za nanose iz centralnog i južnog dela granitskog masiva.

Alanit je vezan za južni obod granitskog masiva, odnosno za gnajsne stene koje su ovde konstatovane.

3. U nanosima iz granitskog masiva konstatovan je u velikom broju koncentrata i *pleonast*, i to u tragovima. Prema rasprostranjenju ovog minerala u celom granitskom masivu u vrlo maloj količini može se zaključiti da se pleonast javlja kao vrlo redak sporedan sastojak granita.

4. Karakteristično je da je *ilmenit* zastupljen u svim koncentratima iz granitskog masiva. Ovaj mineral je obilniji od drugih metaličnih minerala. U ovom slučaju ilmenit verovatno predstavlja sporedan sastojak granita, koji se u steni javlja mesto magnetita, pošto je ovaj drugi mineral zastupljen u manjoj količini u nanosima. Ilmenit je obilniji u nanosima iz kristalastih škriljaca, u kojima je konstatovan u svim koncentratima.

Pojava *anatasa* u svim ispitivanim koncentratima iz granitskog terena i kristalastih škriljaca, katkada i u većoj količini, može da se dovede u vezu s pretvaranjem veoma rasprostranjenog ilmenita.

5. U nanosima koji potiču iz kristalastih škriljaca, minerali teže frakcije su znatno više zastupljeni nego iz nanosa granitskog masiva. Naročito je zapaženo obogaćenje u metaličnim mineralima. Srednji sadržaj minerala teže frakcije iz 16 koncentrata s ovoga terena, koji potiču najvećim delom od kristalastih škriljaca, iznosi 21,40%. Među providnim mineralima iz ove frakcije najobilniji je *andaluzit*. On je naročito zastupljen u nanosima koji potiču iz kristalastih škriljaca na zapadu od granitskog masiva, zatim u nanosima reke Bukulje. U oba ova slučaja andaluzit verovatno potiče iz mikašista s andaluzitom, koji je opisao S. Urošević (1900).

Rutil je konstatovan u nanosima iz granitskog masiva u maloj količini. S. Urošević je otkrio ovaj mineral u granitu kao redak sporedan sastojak. Međutim, znatno veća količina rutila konstatovana je u nanosima iz kristalastih škriljaca i filita.

Staurolit je kao i andaluzit prisutan u najvećoj količini u nanosima iz zapadnog pojasa kristalastih škriljaca.

6. *Andaluzit* i *staurolit* su konstatovani u većoj ili manjoj količini i u nanosima koji prema geološkoj karti V. Mikinčića potiču isključivo iz granitskog masiva. Pojava ovih minerala u ovom slučaju može da se objasni prisustvom manjih kristalastih partija na granitskom masivu, koje još nisu sasvim raznete erozijom.

7. Srednji sadržaj *kasiterita* iz nanosa reke Bukulje (dobijen iz 10 koncentrata) iznosi 0.024%. Količina kalaja u ovim nanosima, prema tome, veća je oko 2.5 puta od sadržaja kalaja u bukuljskom granitu, koji je utvrdio S. Miholić (1949), što ukazuje na znatno obogaćenje nanosa ovim elementom. Međutim, ova količina kalaja nije dovoljna da bi nanosi imali ekonomski značaj.

LITERATURA

1) Dana, E. S., 1951: A. Textbook of mineralogy 4th de., New York, London.
2) Divljan, S., 1960: Prethodna beleška o gnajsevima planine Bukulje (u pripremi za štampu).
3) Ilić, M. 1948: Pegmatiti Bukulje. Zapis. Srp. geol društva (sednica od 10. XII 1948), za 1948. g str. 19—23.

4) Larsen E. S. and Berman, H. 1934: The microscopic determination of the nonopaque minerals Sec. edit., Washington.
5) Laskarev, V. 1927: Pojave šarijaža na Bukulji. Geol. anal. Balk. poluostrva, knj. IX, sv. 1, str. 13—18.
6) Laskarev, V. 1930: Prilozi za tektoniku Bukulje, Crnog Vrha i Fruške Gore. Geol. anal. Balk. poluostrva, knj. X, sv. 1, str. 1—10.
7) Laskarev, V. 1932: Geološka promatranja na Bukulji. Vesnik Geol. inst. kralj. Jugosl., knj. I, sv. 2, str. 255—266.
8) Laskarev, V. 1931: Prilozi za poznavanje tektonike Požeške Gore (Slavonija). Glas. Srp. kralj. akad., CXLI. 68, str. 104—105.
9) Nockolds, S. R. and Allen, R. 1953: The geochemistry of some igneous rock series. Geochim. et Cosmoshim. Acta, 4, pp. 105—142.
10) Milner, H. B. 1952: Sedimentary petrography, London.
11) Miholić, S. 1937: Kemijska analiza termalne vode u Bukovičkoj Banji. Glasn. hem. druš., knj. 8, str. 83—96.
12) Miholić, S. 1949: Kositar u nekim uzorcima kristaliničnog kamenja. Glasnik hem. druš., knj. 14, str. 121—125.
13) Miholić, S. 1950: Determination of ages igneous rocks. Jour. of the Chem. Soc., vol. 666, pp. 3402—3405.
14) Palache, C., Berman, H. and Frondel, C. 1944: The System of mineralogy of James Dwight Dana and Erdward S. Dana, t 7th Ed., vol. I and II, New York and London.
15) Sikošek, B. 1960: Usmeno obaveštenje.
16) Smith, O. C. 1953: Identification and qualitative chemical analysis of minerals, Toronto, New York, London.
17) Urošević, S. 1899 a: Iskonski teren Venčaca, Bukulje, Vagana i okoline. Zapis. Srp. geol. druš. (zbor LXVIII), Beograd, februar 1899.
18) Urošević, S. 1899 b: Volastonit i idokraz. Zap. Srp. geol. društ. (zbor LXXII), Beograd, oktobar 1899.
19) Urošević, S. 1900: Studije iskonskog terena u Srbiji, II — Venčac, Bukulja, Vagan. Glas. Srp. kralj. akad., LXI, 1900, str. 69—123.
20) Winchell, A. N. 1951: Elements of optical mineralogy, part. II, New York, London.
21) Žujović, J. 1893: Geologija Srbije, I. deo.
22) Žujović, J. 1927: Geol. anali Balk. poluostrva, knj. 7, str. 9.

SUMMARY

MINERALOGICAL STUDY OF PLACERS OF THE BUKULJA MOUNTAIN REGION

STANA MAKSIMOVIĆ, Institute for nuclear raw materials, Beograd

In this paper the mineral compositions of alluvions from the Bukulja Mountain (Northern Serbia) are given, 57 concentrates of heavy minerals were investigated in detail by means of optical methods using transmitted and reflected light. For the determination of some minerals X-ray and spectrochemical analyses were used.

The Bukulja Mountain is built up mainly of granite and crystalline rocks. This work has discovered a number of radioactive minerals and some other accessory constituents of granite, pegmatite and aplite, which had not been found in the earlier petrographical study of these rocks. They are: *allanite, monazite, thorite, cassiterite, scheelite, pleonaste,* and *anatase.* In alluvions from crystalline terrains *staurolite* and *cyanite* have been found.

STANISA RADOSEVIĆ

Zavod za nuklearne sirovine, Beograd

PETROLOGIJA URANONOSNIH SEDIMENATA IVERKA (ZAPADNA SRBIJA)

Na osnovu obimnih terenskih i laboratorijskih ispitivanja može se zaključiti da su miocenski sedimenti Iverka predstavljeni vrlo trošnim i rastresitim peščarima i konglomeratima s proslojcima i komadićima uglja. Na južnim padinama Iverka ova serija ima veliku moćnost i njena debljina iznosi preko 600 metara. Na severnim padinama, na jednom mestu konstatovana je podloga ove serije izgrađena od granita na 155. metru dubine. Sedimenti Iverka su tipični sedimenti priobalskih delova mora i zaliva s plitkom vodom. Deponovanje sedimenata vršilo se ritmički a materijal za njihovo stvaranje dao je granit. Uranska mineralizacija u seriji je vezana za proslojke i komadiće ugljene materije. Stvaranje uranske mineralizacije uslovljeno je:

1. prisustvom uranske mineralizacije u erodovanom granitu,

2. pogodnom sredinom prenosa materijala, i

3. postojanjem pogodnih geohemijskih i facijalnih uslova za vreme i posle taloženja sedimenata.

Dosadašnjim ispitivanjima nije još određen mineral urana i pretpostavlja se da je uran vezan u uglju u vidu organsko-uranijumskog jedinjenja.

UVOD

U toku jeseni 1958. godine učestvovao sam kao član ekipe Saveznog geološkog zavoda na istraživanju uranonosnih pojava na Iverku. 1959. godine više puta sam odlazio na ovaj teren i vršio dopunska istraživanja.

Ispitivana oblast uranonosnih sedimenata Iverka nalazi se u zapadnoj Srbiji južno od planine Cera od koje je sa severne strane odvojena rekom Lešnicom. Ovi sedimenti sastavni su deo tercijernog (miocenskog) basena i predstavljaju jednu jasno litološki izdvojenu jedinicu od facije glinovitih sedimenata koji se javljaju u južnom delu istog basena. Prema P. Stevanoviću, starost ovog basena je tortonska. Zapadnu granicu oblasti čine permo-karbonski škriljci, zatim granica ide preko zaseoka Radivojevića Mala, Adžića Mala, Jovića i izbija na kotu 358 (Velika Glavica). Dominirajuća kota ove oblasti (Iverka) je Debeli Rid (426 metara). Treba naglasiti da detaljna ispitivanja obuhvataju sedimente gore ograničene oblasti i da oni nisu posmatrani odvojeno od sedimenata basena čiji su sastavni deo.

Geološke formacije s kojima se graniče sedimenti ispitivane oblasti izgrađene su od granita Cera, kvartarnih sedimenata doline reke Lešnice i permo-karbonskih škriljaca zapadno i istočno od oblasti.

Za ovaj rad koristio sam izvesna mikroskopska ispitivanja mineraloga Nade Kreminac i Dragoslava Naumovića. Termičke analize cementa sedimenata izvršio je mineralog Dragan Pešić, a spektrohemijske semikvantitativne analize mineralozi Stana Maksimović i Milorad Arsenijević.

Na kraju želim da izrazim zahvalnost kolegi Milanu Ristiću, koji mi je u toku rada davao korisne stručne savete.

LITOLOŠKI TIPOVI SEDIMENATA

(Opšta karakteristika)

Uranonosni sedimenti Iverka ne odlikuju se raznovrsnošću vrsta sedimentnih stena. Ova oblast izgrađena je od peščara, različite veličine zrna: od krupnozrnih (1 — 0,5 mm) do sitnozrnih (0,1 — 0,01 mm) i glinovitih (ispod 0,01 mm), i konglomerata čija veličina fragmenata i zrna takođe varira. U sedimentnoj seriji oni se naizmenično smenjuju gradeći, na taj način, ritmičku sedimentnu seriju.

Boja je karakteristična za sve vrste sedimenata. To su različite nijanse zelenosive, zelenkaste i sivožute boje.

Sedimenti se javljaju u slojevima, proslojcima, a često i u sočivima. Moćnost slojeva se kreće u granicama od 5 cm do 4 m. Sočiva su često vrlo male moćnosti, tako da su izvesna do 0,5 m² veličine.

Često je nemoguće odrediti tačnu granicu između različitih tipova sedimenata. Pored naglih prelaza i jasnog kontakta postoje vrlo postepeni prelazi kako u horizontalnom tako i u vertikalnom pravcu. Tako, na primer, jedan sloj konglomerata postepeno prelazi u sve sitnozrniji peščar preko konglomeratičnog peščara. I u vertikalnom pravcu karakteristični su ovakvi prelazi. Zato je u ovim sedimentima nemoguće izvršiti korelaciju slojeva i najbližih bušotina.

Karakteristika ove sedimentne serije je u tome što se bez obzira na veličinu zrna unutar jednog sloja često mogu naći veći komadi pa i blokovi granita do 5 m veličine a i više.

Sortiranje sedimenata ove oblasti je, uopšte uzev, slabo izvršeno. Ređi su slojevi s dobro sortiranim materijalom.

Površine kontakata između slojeva su retko ravne. One su najčešće u profilu predstavljene jednom izlomljenom linijom, koja nam ukazuje na vrlo nemirnu sredinu taloženja. Ovo je karakteristično za priobalske delove mora i zaliva gde je voda jako uzburkana a rad talasa veoma jak.

Bitne razlike u mineralnom sastavu ovih sedimenata nema.

U toku sedimentacije dolazilo je često do donošenja biljne materije u sedimentni basen, koja se ovde javlja u odvojenim komadićima rasturenim po sloju ili u vidu tankih proslojaka do nekoliko santimetara moćnosti.

KONGLOMERATI

Konglomerati su manje zastupljeni u sedimentnoj seriji od peščara. Zbog svoje trošnosti možda bi im pre odgovarao naziv: slabo vezani konglomerati. Debljina slojeva kreće se od 10 cm do 3 m i više. Oblik mineralnih zrna je najčešće oštroivičast a retko delimično uglast. Oštre ivice zrna ukazuju na kratak transport materijala. Fragmenti stena su većinom zaobljeni a ređe uglasti. Raspored fragmenata stena u jednom sloju ne pokazuje neku pravilnost.

Mineralni sastav konglomerata je isti kao i u peščara te je opisan zajedno. Sadržaj minerala veće specifične težine od 2,80 je manji nego kod peščara. To se isto odnosi i na ugljevitu materiju. Retki su slojevi konglomerata sa sitnim česticama uglja, a takođe i sa prisustvom faune.

Sadržaj $CaCO_3$ varira u granicama od 0 do 5%. Veličina indeksa pH kreće se od 7 do 8.

Krupniji fragmenti stena, zatim zrna kvarca i feldspata cementovani su u konglomeratima sitnozrnom peskovitom i glinovitom materijom. Delovi konglomerata koji su nešto kompaktniji cementovani su retkom $CaCO_3$ materijom. Struktura im je psefitska.

PEŠČARI

Peščari mogu biti vrlo različiti po veličini zrna. Zastupljeni su od konglomeratičnih do sitnozrnih i glinovitih. Sitnozrni i glinoviti su retki. Granice između peščara različite veličine zrna su većinom jasne, mada se često mogu pratiti postepeni prelazi.

Slojevi peščara imaju različitu debljinu, koja se kreće od 10 cm do 4 m. Javljaju se u slojevima, proslojcima i sočivima. Boje su većinom sivozelenkaste (od hlorita), ređe crnosive (od ugljene materije) i sivožute (od gvožđevite materije).

Kao i konglomerati i peščari su vrlo trošni. Cementovani su malo zastupljenom glinovitom materijom koja katkad sadrži gvožđevitu materiju. Tip cementa je porni a retko kontaktni.

Mineralni sastav im je isti kao kod konglomerata, što znači da su postali od istih matičnih stena. Povećani sadržaj feldspata (preko 35%) daje im arkozni karakter. Sadržaj minerala veće specifične težine od 2,80 je vrlo mali (ispod 1%). Mineralna zrna su oštroivičasta, retko uglasta ili delimično zaobljena. Struktura im je psamitska.

Sadržaj $CaCO_3$ varira u granicama od 0,00 do 34,00%. Slojevi peščara s procentom $CaCO_3$ većim od 3 su vrlo retki. Veći sadržaj $CaCO_3$ javlja se u donjim delovima slojeva ispitivanih bušotina (prilog VIII).

Veličine indeksa pH kreću se u granicama 4 do 8. Slojevi peščara s ugljenom materijom i piritom pokazuju uvek sniženi indeks pH (isp 5, prilog VIII).

Frakcije sitnije od 0,071 mm izvesnih prim raka, ispitivane su diferencijalno-termičkom an lizom i termobalansom radi određivanja minera glina koji čine njihov cement. Rezultati ovih isp tivanja pokazali su da je glinovita frakcija sasta ljena od mešavine kaolinita i montmorionita prisustvo manjih količina feldspata, kvarca i ugl ne materije (prilozi II i III).

Položaj peščara u seriji najbolje se može v deti iz priloga VIII. Iz profila serije u bušotinam urađene su granulometrijske analize peščara konglomerata; određeni koeficijenti sortiran peščara prikazani su u tabeli 1.

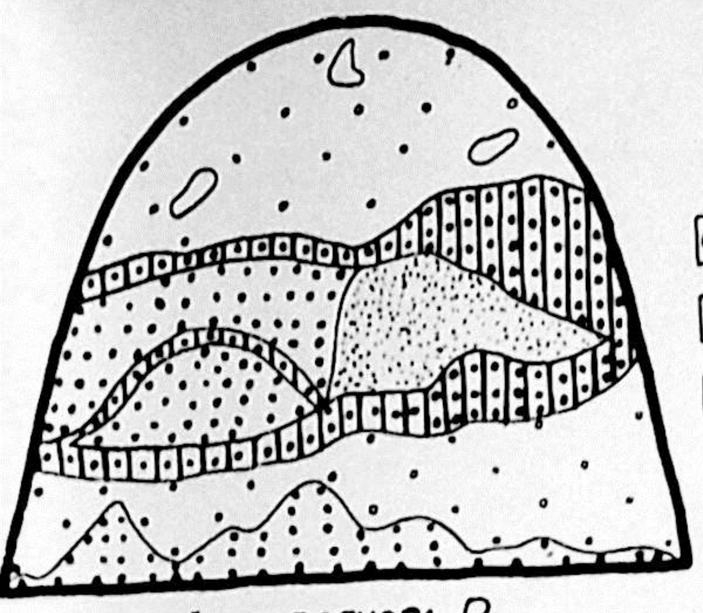
TABELA 1

Redni brojevi slojeva odgovaraju grafičkom prikazu bušotina na prilogu br. VIII.

broj sloja	So	broj sloja	So	broj sloja	So
		Bušotina br. 17/4			
1	2,63	20	2,44	40	2,10
3	2,01	21	3,31	42	3,98
4	2,69	23	2,79	44	1,89
5	2,92	24	4,12	45	3,01
7	2,89	25	2,89	47	3,08
8	2,09	27	2,89	48	3,39
10	1,99	28	3,99	50	1,29
11	3,37	29	2,94	52	2,02
12	2,61	31	2,51	54	2,82
13	3,17	32	4,47	56	3,94
15	3,55	33	2,50	57	1,29
16	2,28	35	2,82	59	4,68
17	3,87	36	3,31	61	2,34
18	2,63	37	3,42		
19	3,81	39	3,16		
		Bušotina br. 15/6			
1	2,37	10	1,30	23	3,04
2	2,89	12	2,34	24	1,89
4	2,40	13	3,83	25	2,73
5	1,92	16	3,12	26	1,58
6	1,52	18	3,65	27	3,02
7	2,28	20	3,00		
8	2,79	21	3,62		

MINERALNI SASTOJCI KONGLOMERATA I PEŠČARA

Već je naglašeno da su mineralni sastojci ist i za peščare i za konglomerate. Do sada su detalj no obrađene dve bušotine, koje su prikazane na prilogu VIII. Mnogobrojnim ispitivanjima prime raka sa površine, raskopa i drugih bušotina utvr đena je istovetnost mineralnog sastava ovih sedi menata.

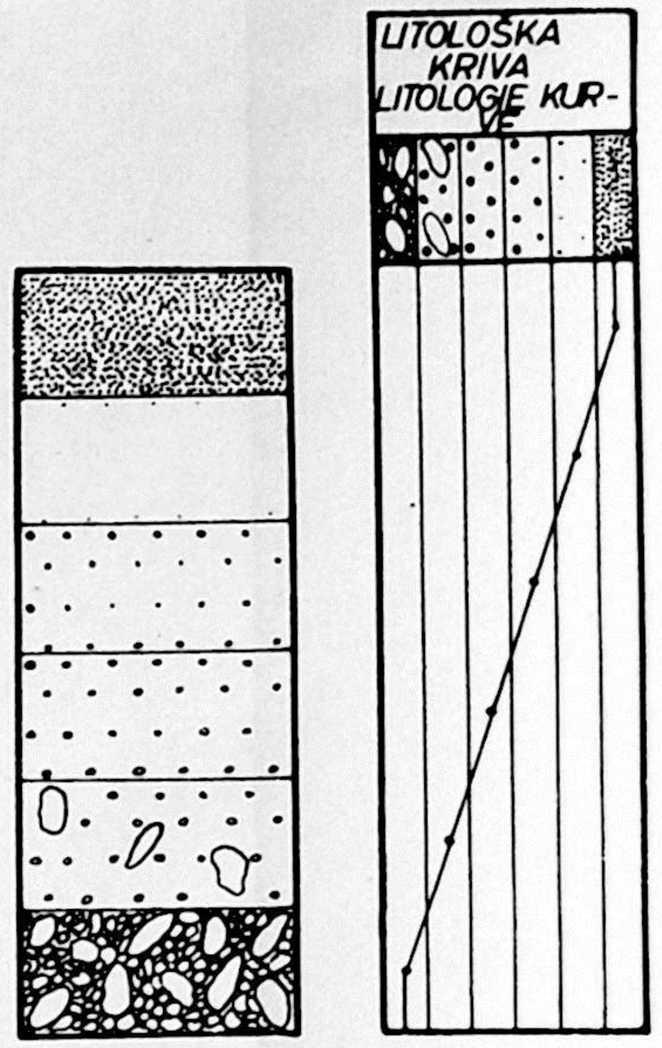


LEGENDA:

- KONGLOMERATIČNI PEŠĆAR
  KONGLOMERATISCHER SANDSTEIN
- KRUPNOZRNI PEŠĆAR
  GROBKÖRNIGER SANDSTEIN
- SREDNJOZRNI PEŠĆAR
  MITTELKÖRNIGER SANDSTEJN
- SITNOZRNI GLIN. PEŠĆAR
  FEINKÖNIGER TONIGER SADSTEIN
- UGLJEVITE PARTIJE
  KOHLIGE PARTIEN

Prilog I — Način pojavljivanja i kontaktne linije između slojeva sedimenata na Iverku

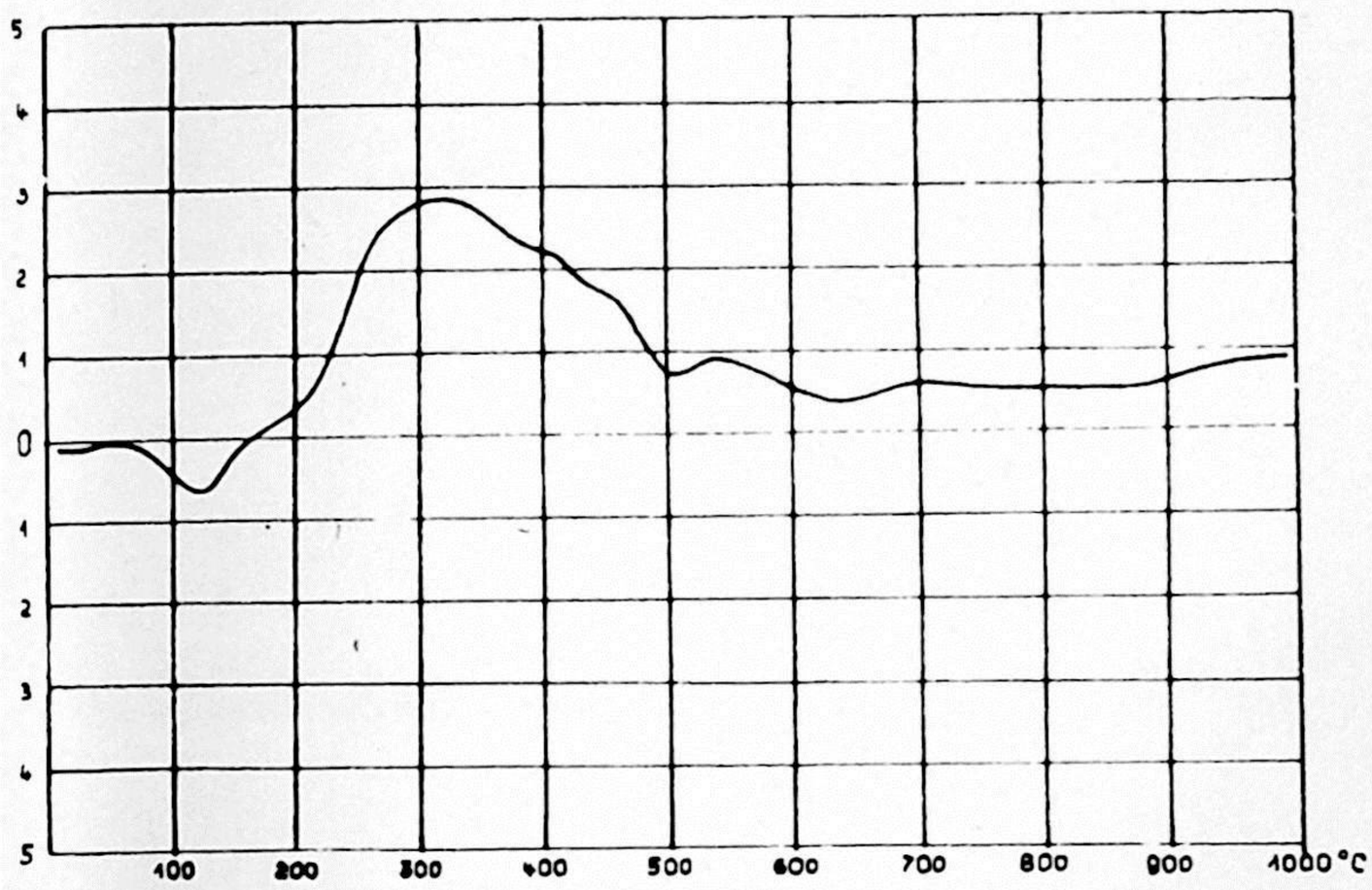
Beilage I — Kontaktlinien der Sedimentlagen und ihr Auftreten am Iverak



LEGENDA:

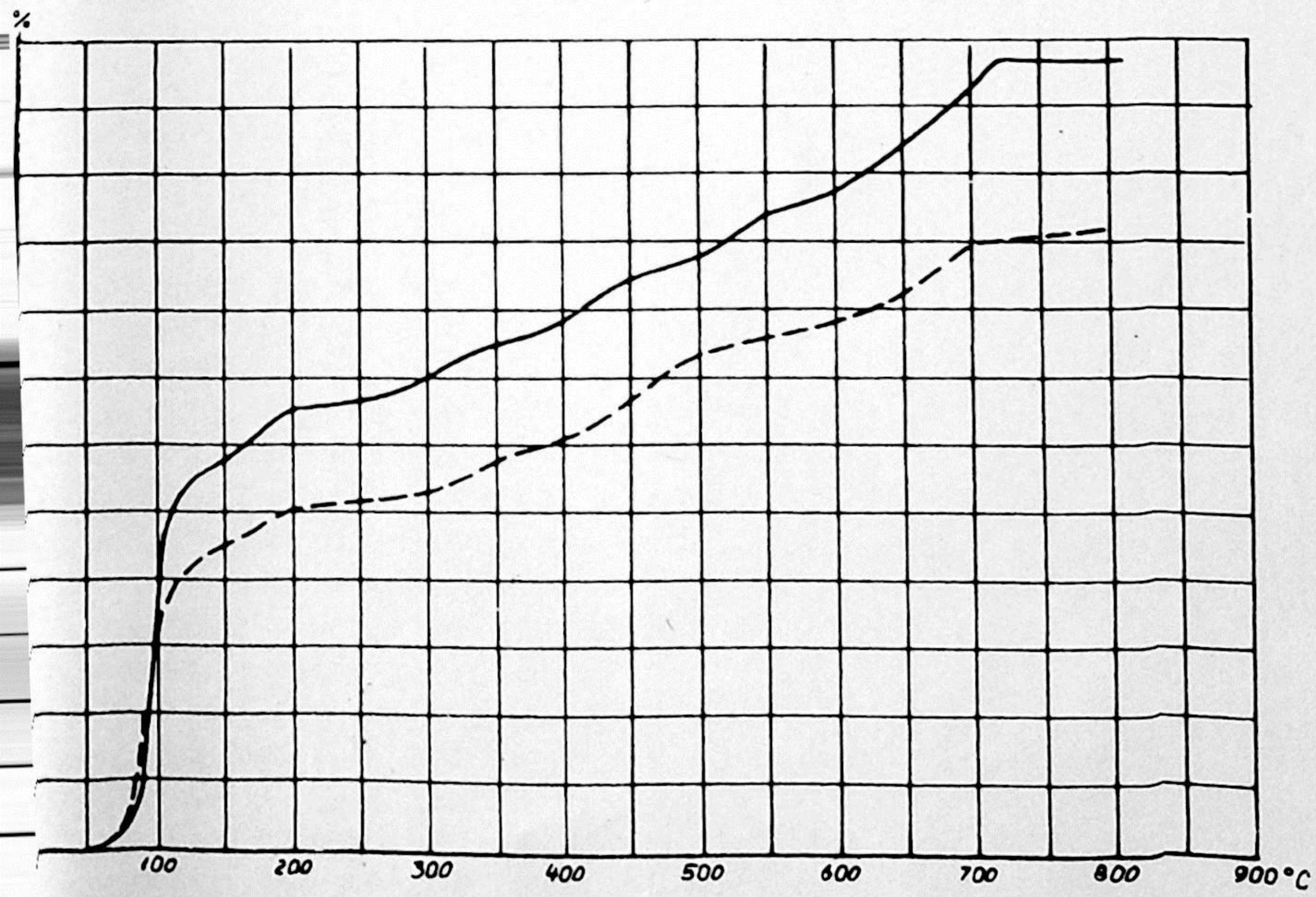
- KONGLOMERAT
- KONGLOMERATIČNI PEŠĆAR
  KONGLOMERATISCHER SANDSTEIN
- KRUPNOZRNI PEŠĆAR
  GROBKORNIGER SANDSTEIN
- SREDNJEZRNASTI PEŠĆAR
  MITTELKORNIGER SANDSTEIN
- SITNOZRNI PEŠĆAR
  FEINKORNIGER SANDSTEIN
- GLINOVITI PEŠĆAR
  TONIGER SANDSTEIN

Prilog IV — Idealan ritam sedimentacije na Iverku
Beilage IV — Idealer Sedimentationsrytmus am Iverak



Prilog II — Diferencijalno-termička kriva

Beilage II — Differential-termische-Kurve



Prilog III — Dehidratacionа kriva
Beilage III — Dehidratations-Kurve

Prilog VI — Mineralni sastav radioaktivnih slojeva
Beilage VI — Mineralbeimengungen der radioaktiven Lagen

STENA ESTEINE	MINERALOŠKI SASTAV - MINERALBEIMENGUNGEN																	
	FELOSPATI	PLAGIOKLASI	KVARC,BEO,BISTAR	ČAĐAVI KVARC	KVARC SA TALASASTIM POMRAČENJEM	HLORIT	MUSKOVIT	BIOTIT	SFEN	AMFIBOL	TURMALIN	GRANAT	EPIDOT	APATIT	CIRKON	BERIL	FRAGMENTI GRANITA	FRAGMENTI PEGMATITA	FRAGMENTI ŠKRILJACA
RANITI ERA	●	○	●		○	○	◐	●	○	○	○	○	○	○	○				
EGMATITI ERA	●	○	●	●	○		◐	○		◐	○			○		○			
OTITSKO-SKOVITSKI RILJCI A I OKOLINE	○	○	●		●	○	●	●					○	○					
EDIMENTI ERKA	●	○	●	●	◐	●	◐	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Prilog V — Upoređenje mineraloškog sastava granita, pegmatita, škriljaca i sedimenata Iverka

Beilage V — Zusammenhang der Mineralbeimengungen der Granite, Pegmatite, Kristallinerschiefer mit denen der Sedimentablagerungen des Iverak

LEGENDA

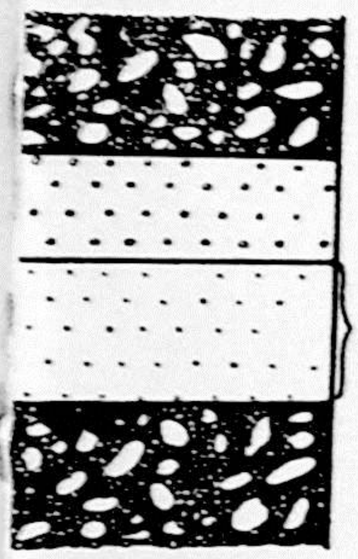
● OBILAN-SEHR VIEL

◐ ČEST - VIEL

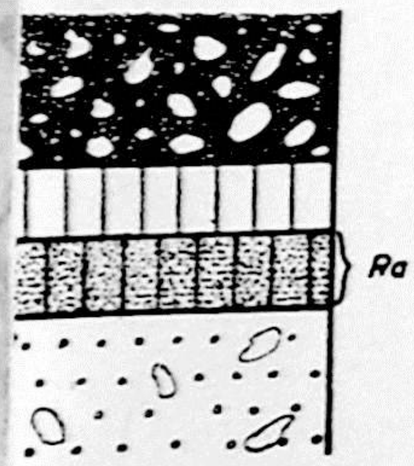
○ REDAK-WENIG

MINERALI - MINERALIEN															
Feldspati	Kvarc - beo bistar	Kvarc - čađavac	Hlorit	Muskovit	Ugalj	Pirit	Sfen	Amfibol	Turmalin	Granat	Epidot	Apatit	Fragmenti granita	Fragmenti pegmatita	Fragmenti škrilja
●	●		◐	○		○	○	○	○	○	○	○	◐	○	○
	●	○	◐	○			○	○		○	○	○	◐		○
●	●	○	◐	○	◐	○	○	○	○	○	○	○	◐	○	○
●	●		◐				○	○		○	○	○	◐	◐	

NISKOP



RAVNI POTOK



●	●	○	◐	○	○	○	○	○	○	○	○	○	◐	◐	○
					●										
●	●	○	◐	○	◐	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
●	◐	◐	◐	○	○	○	○	○	○	○	○	○	◐	◐	○

LEGENDA:

KONGLOMERA

KRUPNOZRNI PEŠĆAR
GROBKÖRNIGER SANDSTEIN

SITNOZRNI PEŠĆAR
FEINKÖRNIGER SANDSTEIN

UGALJ
KOHLE

UGLJEVITO GLINOVITI PEŠĆAR
KOHLIG-TONIGER SANDSTEIN

KONGLOMERATIČNI PEŠĆAR
KONGLOMERATISCHER SANDSTEIN

Ra RADIOAKTIVNI SLOJ
RADIOAKTIVE LAGEN

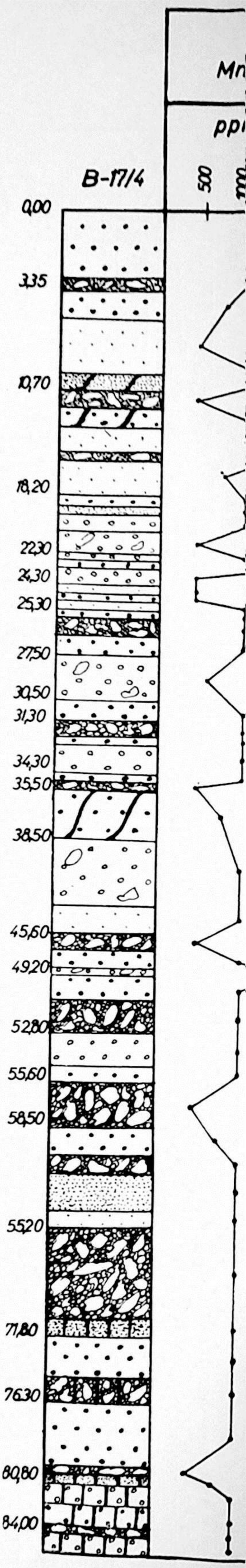
RELATIVNA ZASTUPLJENOST MINERALA
RELATIVE MENGENVERHÄLTNISSE DER MINERALE

● OBILAN-SEHR VIEL

◐ ČEST-VIEL

○ REDAK-WENIG

ZMERA 1: 1000
SSTAB



RAZMERA 1:375

MASSTAB 1:375

Prilog VII — Rezul

Beilage VII — Erg

Ba ppm 1600 500 1000

Sr ppm 400 500 1000

Zr ppm 100 200 300

Pb ppm 50 100 200 300 400 500

Ga ppm 10 20

Be ppm tragovi 10 20 30 40 50 60

V ppm 10 20 30 40 50 60

J ppm tragovi 50 100

Ni ppm 10 20 25

Co ppm 5 10

20 40

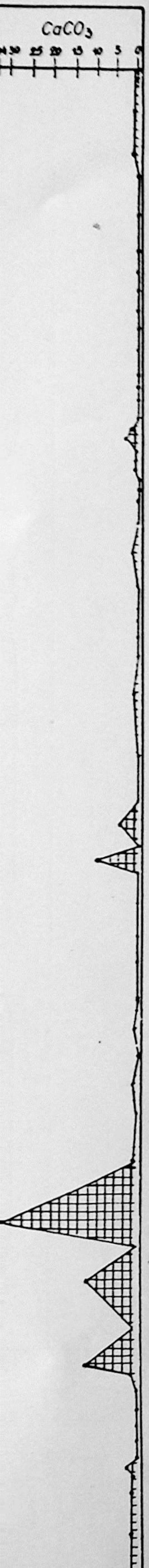
...ati semikvantitativnih spektrohemijskih analiza
...ebnisse semiquantitativer-spektrochemischer Analysen

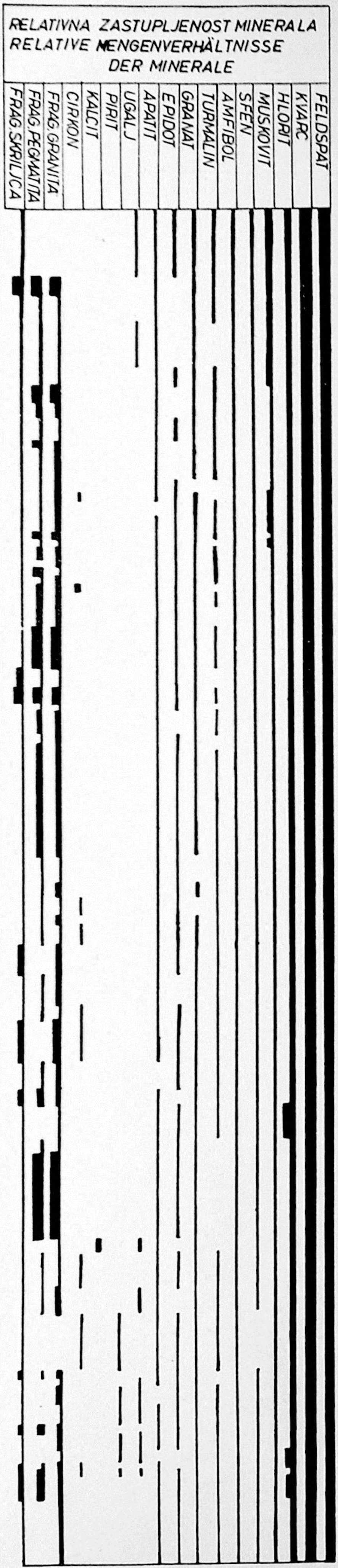
LEGENDA:

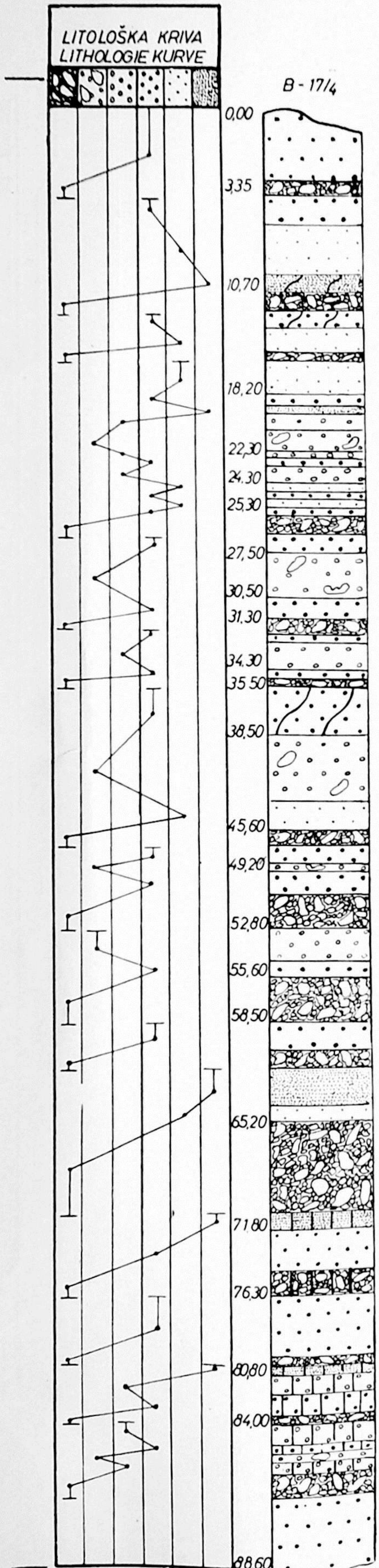
- KONGLOMERAT
- KONGLOMERATIČAN PEŠČAR / KONGLOMERATISCHER SANDSTEIN
- KRUPNOZRNI PEŠČAR / GROBKÖRNIGER SANDSTEIN
- SREDNJEZRNASTI PEŠČAR / MITTELKÖRNIGER SANDSTEIN
- SITNOZRNI PEŠČA / FEINKÖRNIGER S
- GLINOVITI PEŠČAR / TONIGER SANDSTEI
- KOMADIĆI I PROSL / KOHLENLAGEN UND

S

S1


CaCO3
1
2
3
4
5
6


RELATIVNA ZASTUPLJENOST MINERALA
RELATIVE MENGENVERHÄLTNISSE
DER MINERALE
FELDSPAT
KVARC
HLORIT
MUSKOVIT
SFEN
AMFIBOL
TURMALIN
GRANAT
EPIDOT
APATIT
UGALJ
PIRIT
KALCIT
CIRKON
FRAG. GRANITA
FRAG. PEGMATITA
FRAG. SKRILJCA


LITOLOŠKA KRIVA
LITHOLOGIE KURVE
B - 17/4
0,00
3,35
10,70
18,20
22,30
24,30
25,30
27,50
30,50
31,30
34,30
35 50
38,50
45,60
49,20
52,80
55,60
58,50
65,20
71,80
76,30
80,80
84,00
88,60

B- 15/6

LITOLOŠKA KRIVA
LITHOLOGIE KURVE

0,00
6,20
7,20
11,20
17,20
36,00
40,50
46,50
50,80
64,60
79,50
80,50
86,00
89,60
90,30

RELATIVNA ZASTUPLJENOST MINERALA
RELATIVE MENGENVERHÄLTNISSE
DER MINERALE

FELDSPAT
KVARC
HLORIT
MUSKOVIT
SFEN
AMFIBOL
TURMALIN
GRANAT
EPIDOT
APATIT
UGALJ
PIRIT
KALCIT
CIRKON
FRAG. GRANITA
FRAG. PEGMATITA
FRAG. SKRILJCA

CaCO3
0 5 9

pH
5 6 7 8

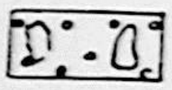
Prilog VIII — Grafički prikaz rezultata ispitivanja bušotina B-17/4 i B-15/6 Ribarice — Iverak

Beilage VIII — Graphische Abbildung der Forschungsergebnisse der Bohrungen B-17/4 und B-15/6 — Ribarice — Iverak

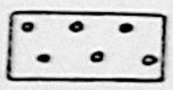
LEGENDA:



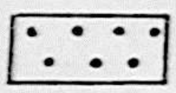
KONGLOMERAT



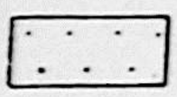
KONGLOMERATIČAN PEŠČAR
KONGLOMERATISCHER SANDSTEIN



KRUPNOZRNI PEŠČAR
GROBKÖRNIGER SANDSTEIN



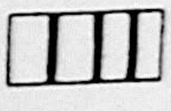
SREDNJEZRNASTI PEŠČAR
MITTELKÖRNIGER SANDSTEIN



SITNOZRNI PEŠČAR
FEINKÖRNIGER SANDSTEIN



GLINOVITI PEŠČAR
TONIGER SANDSTEIN



KOMADIĆI I PROSLOJCI UGLJA
KOHLENLAGEN UND KOHLENSTÜCKE

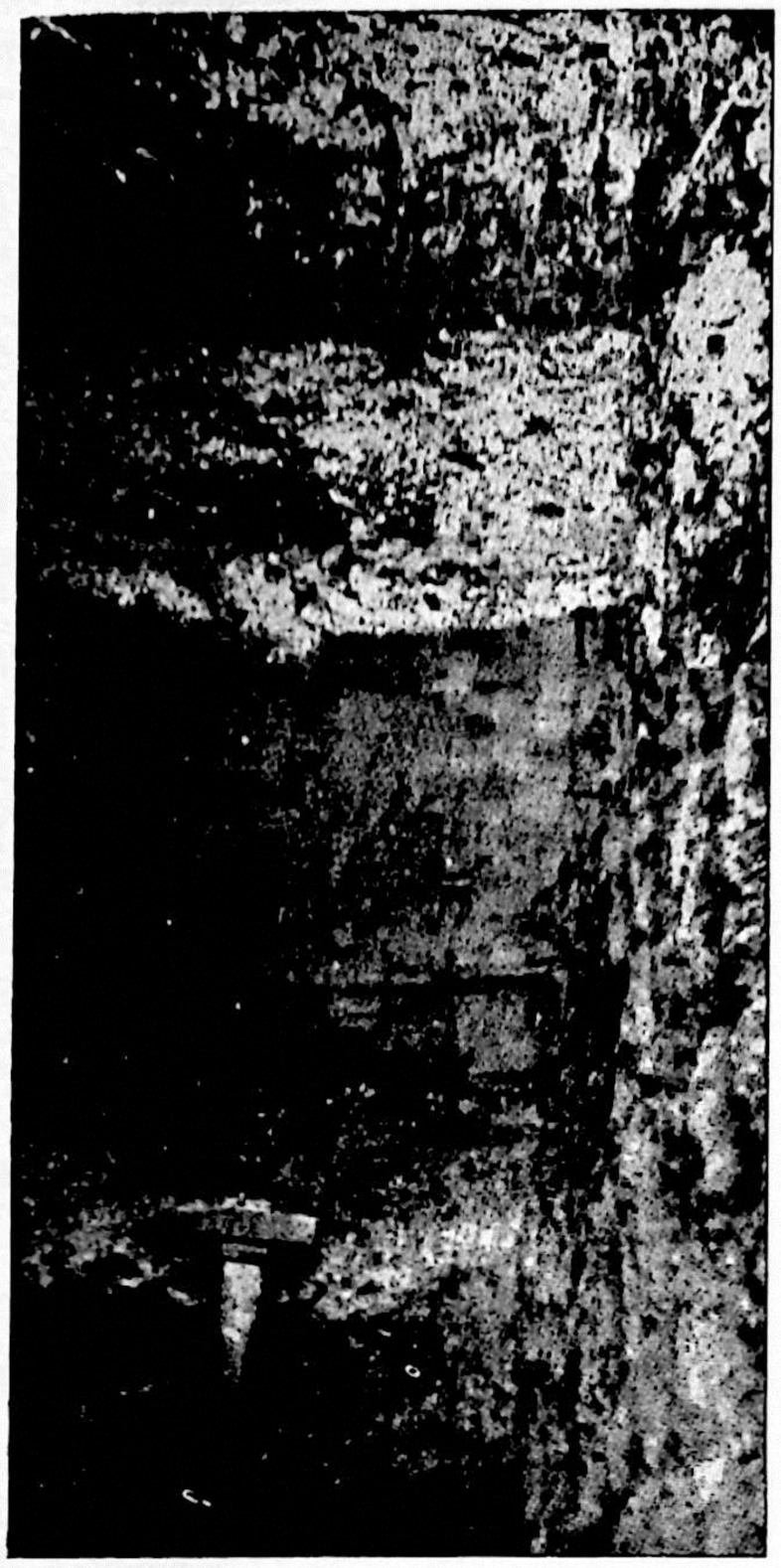
DER MINERALE

OBILAN - SEHR VIEL

ČEST - VIEL

REDAK - WENIG

RAZMERA 1:375
MAßSTAB 1:375



Sl. 1 — Ribarice. Potok Provala. Detalj raskopa. Naizmenično smenjivanje peščara razne veličine zrna. Makrosnimak

Abb. 1 — Ribarice. Provala-Bach. Abwechselndes Auftreten von Sandsteinen verschiedener Korngrösse

Minerali će biti opisani po relativnoj zastupljenosti.

Kvarc je zajedno s feldspatima najzastupljeniji sastojak ovih sedimenata. Može biti beo, bezbojan kada je bistar i providan. Koncentracije čađavog kvarca su naročito povećane u slojevima s povećanom radioaktivnošću. Različite je krupnoće, od zrna nekoliko mikrona do jednog santimetra.

Feldspati su predstavljeni najčešće ortoklasom, ređe plagioklasima a podređeno mikroklinom. Često im zrna dostižu veličinu do 5 cm. Većinom su sveži a ređe delimično ili potpuno kaolinisani i sericitisani. Sadrže sitne inkluzije cirkona, amfibola, granata i rudnog minerala.

Hlorit se javlja u svim primercima. Postaje pretvaranjem biotita i amfibola.

Muskovit je obično krupnolističav i količina mu opada ka sitnijim frakcijama.

Sfen se javlja u odlomcima kristala s pljosnima prizme, baze i bipiramide. Prisutan je u svim primercima.

Amfiboli su predstavljeni hornblendom (ugao pomračenja 16°). Javlja se u odlomcima kristala. Mrkozelene je boje. Slabog je polihroizma.

Turmalin je prisutan u prizmatičnim odlomcima kristala. Jakog je polihroizma i mrkožute boje.

Granat je često mrkocrven a ređe ružičast. Ovaj drugi je prisutan u delimično zaobljenim zrnima, dok se prvi javlja u oštroivičastim odlomcima ili, retko, u savršenim kristalima rombdodekaedra.

Epidot je žutozelen i javlja se u oštroivičastim zrnima retko u prizmatičnim odlomcima.

Apatit je retko zaobljen a najčešće je prisutan u zrnima oštrih ivica. Najčešće je sitnozrn ali se javlja i u odlomcima kristala krupnijim od 2 mm.

Cirkon je vrlo redak i javlja se uvek u sitnim kristalima veličine ispod 0,1 mm. Može biti bezbojan ili ružičast.

Beril je primećen u nekoliko slojeva. Boje je beličaste sa plavičastom nijansom. Javlja se u odlomcima kristala.

Pirit je u izvesnim primercima vrlo čest mineralni sastojak. Prisutan je u vidu sitnih bubrežastih agregata do 2 mm veličine. Gotovo uvek se javlja u asocijaciji s ugljenom materijom i u slojevima koji pokazuju povećanu radioaktivnost.

Magnetit, rutil i *ilmenit* su krajnje retke mineralne vrste u ovim sedimentima. Javljaju se u sitnim zrnima i to u najsitnijim frakcijama.

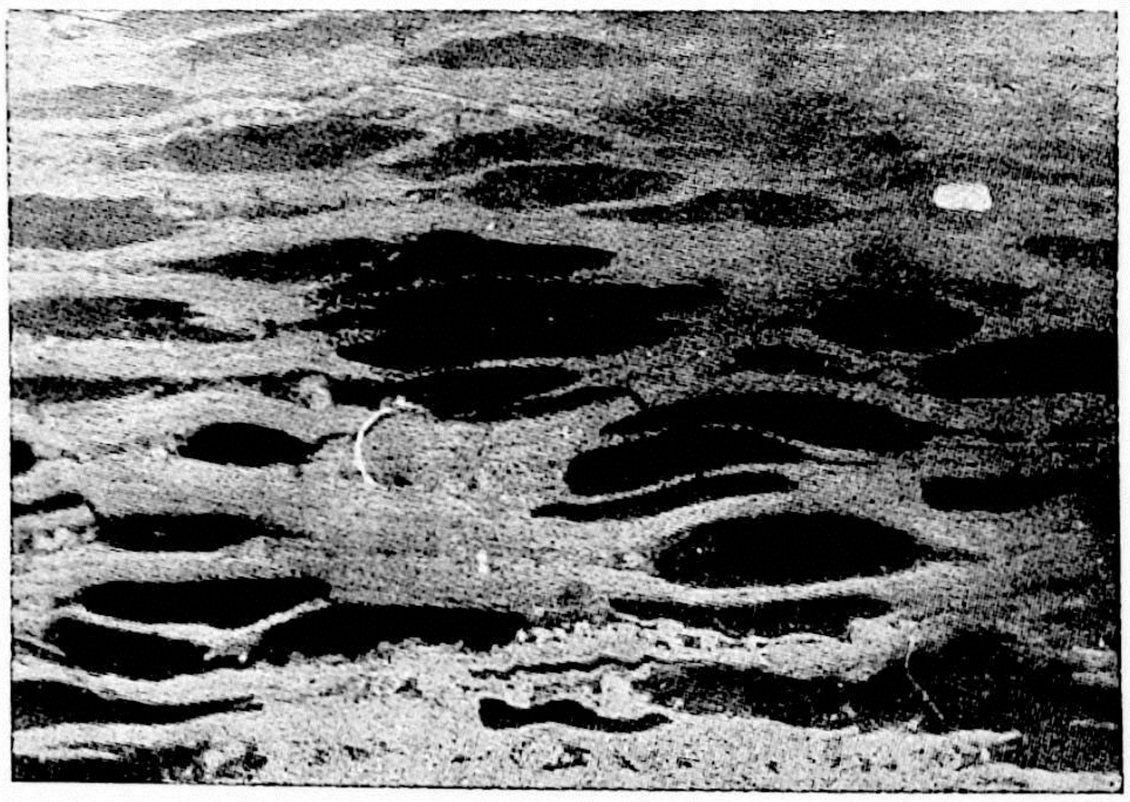
Limonit je vrlo čest u izvesnim proslojcima.

Kalcit se javlja u vidu žilica, zrna i retko čini cement ovim sedimentima.

Komadići uglja su prisutni u sitnim polomljenim česticama, koje su rasturene po izvesnim slojevima. Petrografske karakteristike uglja biće opisane u posebnom odeljku.

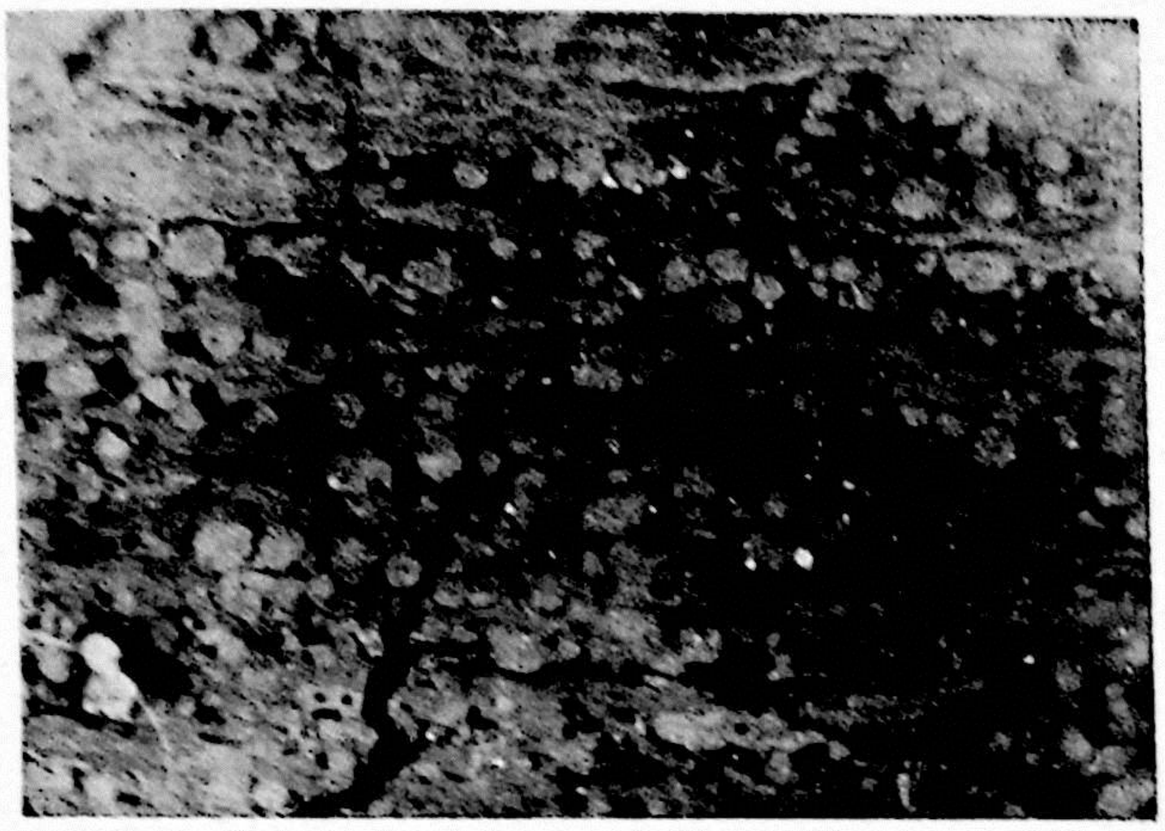
Fragmenti granita su najčešće zastupljeni od svih fragmenata stena. Mogu biti sveži, trošni i grusirani. Izgrađuju ih zrna kvarca, ortoklasa, plagioklasa i retko mikroklina. Od drugih sastojaka sadrže: biotit, hlorit, hornblendu, muskovit, epidot, sfen, apatit, granat, turmalin i cirkon. Predstavljeni su granitom biotitskog i amfibolskog tipa. Struktura im je hipidiomorfno-zrnasta.

Fragmenti pegmatita su vrlo česti u ovim sedimentima. Izgrađeni su od kvarca, ortoklasa, retko plagioklasa, zatim muskovita, biotita, hornblende, turmalina i apatita. Izvesni sadrže i berila.



Sl. 2 — Očuvana struktura biljne materije u ksilenu. Uvećanje 200 ×. U ulju

Abb. 2 — Das Pflancengewebe des Xylits ist gut erhalten. Vergr. 200 ×. Ölimmersion



Sl. 3 — Smolna telašca u ksilenu. Uvećanje 200 ×. U ulju

Abb. 3 — Harzkörper im Xylits. Vergr. 200 ×. Ölimmersion

Fragmenti biotitsko-muskovitskog škriljca su nešto više zastupljeni u dubljim delovima serije. Sitnozrni su i slojevito-škriljave teksture. Izgrađuju ih zrna kvarca, ortoklasa, ređe plagioklasa, biotita, muskovita, hlorita i gvožđevite materije. Zapažena su zrna epidota i apatita. Orijentacija mineralnih sastojaka, a naročito liskunskih minerala je izrazita.

PETROGRAFSKE KARAKTERISTIKE UGLJA

Ugalj se u sedimentima Iverka javlja u vidu tankih proslojaka debljine 5 do 10 cm, manjih sočiva i sitno sprašenih čestica rasturenih po slojevima sedimenata. Nije redak slučaj da se u ovim sedimentima naiđe na veće i manje usamljene komade uglja veličine 10 cm do jednog metra (profili potoka Zukovine i Provale).

Ugalj je mrkocrne boje, često kompaktan a mestimično zemljast i trošan. Ovi primerci predstavljaju vrlo nečist ugalj i pepeljastosive su boje. Ugalj je jasno slojevite teksture. Prelom mu je neravan i oštar a retko školjkast. Izvesni primerci se odvajaju u tanje pločice. Mikroskopski posmatrani izvesni primerci pokazuju strukturu biljne materije, dok su drugi jednorodni i gelificirani.

Ugalj izgrađuje jedan strukturni sastojak koji odgovara ksilenu. On pokazuje savršeno sačuvanu strukturu biljne materije (sl. 2) koja se manifestuje deformisanim ćelijama. Od mikrostrukturnih sastojaka zapaženo je prisustvo smolnih telašaca (sl. 3) koja se javljaju ili u paralelnim nizovima ili bez reda rasturena po osnovnoj ugljenoj materiji. Zapaženo je ispunjavanje smolnih telašaca sitnozrnom glinovitom materijom. Pored smolnih telašaca vrlo retko se mogu zapaziti i sklerocije, mikrospore i kutikule (sl. 4).

Može se reći da je ugalj vrlo nečist i bogat mineralnim materijama. Najviše je zastupljena glinovita materija, koja je prisutna u sočivima, žilicama ili je u vrlo sitnim zrnima rasturena po celoj ugljenoj materiji. Često glinovita materija ispunjava ćelije biljne materije. Pirit je vrlo čest mineralni sastojak uglja. Javlja se u zrnima veličine nekoliko mikrona, tankim žilicama a često je prisutan i u konkrecijama. Karbonatna materija je vrlo retka. Predstavljena je sitnozrnim kalcitom.

Na osnovu ispitivanja uglja i njegovog načina pojavljivanja možemo zaključiti da je ugalj alohtonog porekla. Na ovo nam ukazuju sledeće činjenice:

1. ugalj se u sedimentima Iverka javlja uglavnom u sitnim česticama i nešto krupnijim komadićima rasturenim po sloju sedimenta, koji je o bično sitnozrni peščar;

2. nigde do sada nije zapažen deblji sloj uglja čije je prostiranje znatnije. Obično su to vrlo kratki i tanki proslojci a često i sočiva;

3. pojave usamljenih većih komada uglja u sloju peščara ili konglomerata.

Ovo nam ukazuje da je biljni materijal donesen s kopna potocima i rekama, koje su ga za vreme transporta isitnile i takvog deponovale zajedno s mineralnim materijalom sedimenata. U takvoj sredini biljni materijal je usled vodenog pokrivača ili nataloženih sedimenata bio izolovan od većeg uticaja kiseonika i putem humifikatora različite vrste prešao u ugljenu materiju, koja je u našem slučaju u fazi treseta.

Prisustvo veće količine smolnih telašaca ukazuje nam da su u stvaranju uglja uzeli učešća četinari, mada su veće količine uglja postale od barskih biljaka.

SPEKTROHEMIJSKE-SEMIKVANTITATIVNE ANALIZE SEDIMENATA

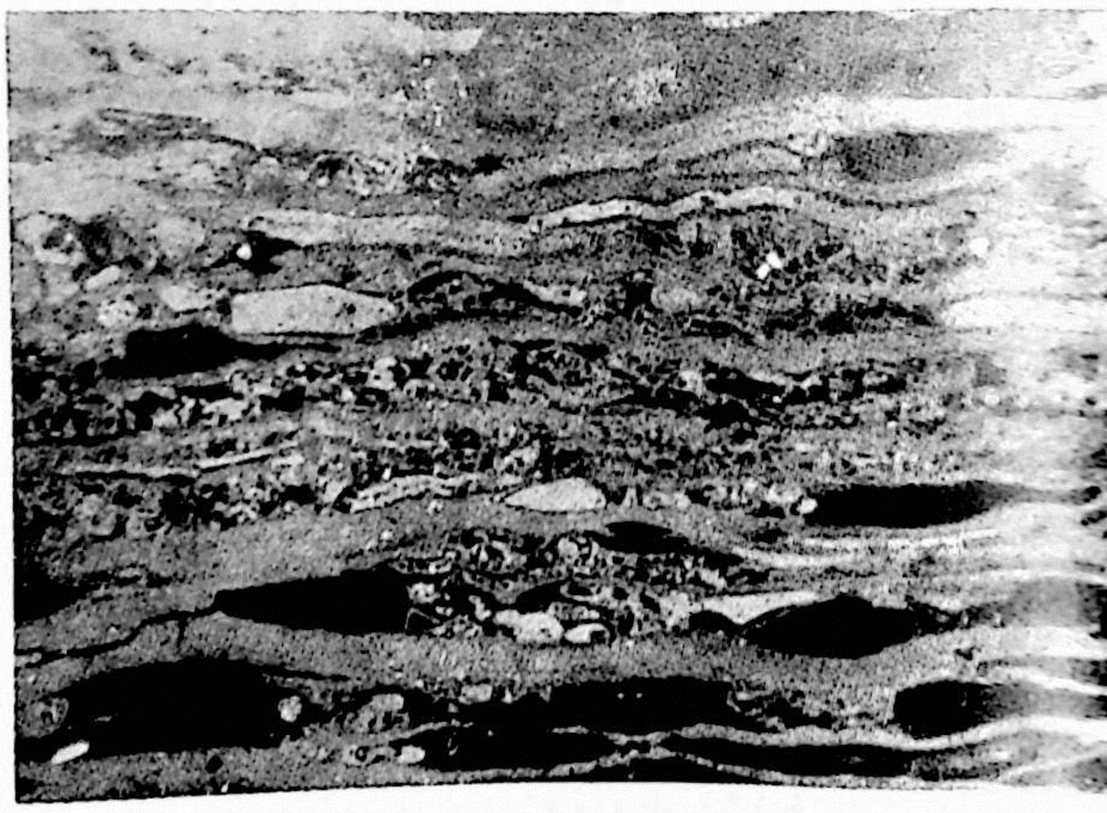
Cilj rada spektrohemijskih analiza je bio da se vidi ima li neke razlike u raspodeli elemenata u slojevima. Međutim, ispitivanja su pokazala da takve razlike ne postoje i da se svi ispitivani elementi javljaju u svim slojevima.

Glavni elementi su: Si, Al, Mg, Fe, Na i Ca.

Na dijagramu (prilog VII) date su krive sadržaja elemenata u ppm.

Prisustvo ovih elemenata koji se prikazuju njihova količina zastupljenosti je karakteristična za ove vrste sedimenata, čije je poreklo vezano za granite. Ako pretpostavimo da je najveću količinu materijala sedimentima Iverka dao granit (o ovome će biti više reči u zasebnom odeljku) onda možemo naći opravdanja za pojavu ovih elemenata.

Prisustvo Mn možemo vezati za mnogobrojne minerale granit-pegmatita. Srednji sadržaj Mn



Sl. 4 — Sklerocije u ksilenu i očuvana struktura biljne materije. Uvećanje 200 ×. U ulju

Abb. 4 — Sclerotienreste und das Pflanzengewebe d Xylits. Vergr. 200 ×. Ölimmersion

u granit-pegmatitima, po literaturnim podacima, ide do 3,4%. Ovo bi isto moglo da važi i za sadržaj barijuma i stroncijuma. Prisustvo Sc i La utvrđeno je u svim slojevima u slabim tragovima zbog čega oni nisu predstavljeni na dijagramu (prilog VII).

POREKLO MATERIJALA DANAŠNJIH SEDIMENATA IVERKA

Na osnovu mineralnog sastava sedimentnih stena možemo zaključiti da je njihova matična stena uglavnom bio granit s pegmatitskim i aplitskim žicama. Biotitski škriljci Cera i okoline dali su kako količinski tako i u pogledu mineralnih vrsta vrlo malo materijala ovim sedimentima. Škriljci su u sedimentima predstavljeni fragmentima, zatim kvarcom, epidotom i retko apatitom.

Granit je u ovim sedimentima predstavljen velikim blokovima i fragmentima s pegmatitskim i aplitskim žicama. Većina mineralnih vrsta potiče iz granita. Mikroskopskim ispitivanjem cerskog granita i fragmenata granita u sedimentima Iverka dolazi se do zaključka da su to potpuno istovetne stene, to jest, biotitsko-amfibolski tip granita. Njihova podudarnost sa sedimentima naročito se ogleda uređim plagioklasima, bogatstvu kvarca i ortoklasa, pojavama čađavog kvarca, krupnim liskama muskovita koji potiče iz pegmatita, prisustvom sfena, granata, apatita i pojavama berila. Na prilogu V dato je upoređenje mineralnog sastava granita i škriljaca Cera i okoline sa sedimentima Iverka.

Graniti Cera u vreme taloženja sedimenata Iverka imali su veću rasprostranjenost. Oni su i danas povezani s granitima Iverka koji su mestimično otkriveni u Lešničkoj reci i granitom koji je konstatovan bušenjem na severnim padinama Iverka na dubini od 155 metara, koji ovde čini podinu sedimenata. Ispitivanjem jezgra bušotine od 155-og metra do kraja bušotine zaključili smo da je ono izgrađeno od granita koji često sadrži prsline s kliznim površinama prevučene skramama i prevlakama gline zelenkaste boje. Na 187-om metru u granitu se javljaju sitna zrna i kristali pirita. Od 185,00 do 202,40 metara javlja se kaolinska zona s fragmentima granita i pegmatita čija veličina dostiže 5 cm. Na osnovu ovoga možemo pretpostaviti da ovaj materijal potiče iz tektonske zone u granitima, duž koje se vršilo spuštanje i tonjenje sedimentnog basena. Rasprostranjenje i pravac pružanja tektonske zone nisu nam poznati, što bi svakako bilo korisno utvrditi naknadnim bušenjem i ispitivanjem. Jezgro od 202 do 205 metara, to jest do kraja bušotine, predstavljeno je kompaktnim muskovitskim granitom.

SREDINA TALOŽENJA MATERIJALA

Po načinu pojavljivanja, tipu i granulometrijskom sastavu ovih sedimenata jasno proizilazi zaključak da su oni stvarani u jednoj vrlo nemirnoj vodenoj sredini. Ako pretpostavimo da je sedimentni basen u kome su se taložili sedimenti bio predstavljen zalivom, sastavnim delom tadašnjeg mora, što je najverovatnije, onda moramo naglasiti da je taj zaliv bio na većoj dužini od obalske linije plitak. Deponovanje sedimenata ove vrste moglo se odvijati samo u jednoj plitkovodnoj sredini u kojoj je materijal donošen bujicama, potocima i rekama. Na ovakav način deponovanja ukazuje nam sočivasta priroda slojeva, česta iskli njavanja i postepeni prelazi između sedimenata različite veličine zrna. Površine kontakata (prilog I), između slojeva različite veličine zrna, koje su neravne, ukazuju na vrlo uzburkanu vodu za vreme taloženja sedimenata, koja je na jednom mestu deponovala a na drugom skidala i odnosila već nataloženi materijal. Sredina je obilovala vrtlozima i strujanjima u različitim pravcima. Vodena sredina je vrlo retko bila nešto mirnija kada su se taložili sitnozrniji sedimenti. Ali i u tom periodu taloženja imamo česta oburvavanja materijala s obale koja se u našem slučaju manifestuju blokovima granita u jednom ili više sitnozrnih slojeva.

Uslovi deponovanja koji se prikazuju nisu dozvolili bolje sortiranje materijala. U našem slučaju ređi su slojevi s dobro sortiranim materijalom (vidi tablicu 1).

Ako pogledamo prikaz petrografskog sastava bušotina (prilog VIII) videćemo da je sedimentna serija Iverka izgrađena od naizmeničnih smenjivanja konglomerata i peščara različite veličine zrna. Ovo ukazuje na ritmičko deponovanje ovih sedimenata. Na našim profilima bušotina nemamo nigde zastupljen ceo ritam sedimentacije. Često nedostaje po jedan a najčešće više članova ritma. Idealan ritam sedimentacije, kakav bi trebalo da bude na Iverku, predstavljen je na prilogu IV. Slojevi se u takvom ritmu, posmatrani odozgo na niže, smenjuju sledećim redom:

1. sitnozrno-glinoviti peščar,
2. sitnozrni peščar,
3. srednjezrni peščar,
4. krupnozrni peščar,
5. konglomeratični peščar, i
6. konglomerat.

Stvaranje pirita i ugljenisana biljna materija ukazuju na redukujuću sredinu stvaranja ovih sedimenata. Anaerobne bakterije samo delimično razlažu organsku materiju. Ove bakterije takođe napadaju sulfate i redukuju ih u sulfide i H_2S. H_2S sa svoje strane reaguje sa Fe-solima i talože se kao Fe-sulfidi, u našem slučaju bubrežasti agregati pirita.

KARAKTERISTIKE RADIOAKTIVNIH SLOJEVA I POREKLO URANA

Ispitivanjem slojeva sedimenata koji pokazuju radioaktivnost zapažene su izvesne karakteristične osobine koje ih uvek prate. U prvom redu razlikuju se od ostalih slojeva po boji, koja je sivocrna do crna i zavisi od sadržaja sitnih čestica i komadića *ugljene materije*. Sa sigurnošću je utvrđeno da tamo gde nema ugljene materije nema ni radioaktivnosti.

U mineraloškom pogledu postoje izvesni minerali koji uvek prate ove slojeve. Na prvom mestu to je *pirit*, čija se količina povećava sa povećanom radioaktivnošću sloja.

Čest pratilac radioaktivnih slojeva je *čađavi kvarc*. Njegovo prisustvo ne mora biti pravilo, ali je bar do sada utvrđeno da ga slojevi s većom radioaktivnošću uvek sadrže. Pojava čađavog kvarca može ukazati na primarnu mineralizaciju urana u granitima i pegmatitima. Njegova pojava se obično vezuje za njegov kontakt s mineralizacijom urana.

Iznad radioaktivnih slojeva, ili u samom takvom sloju, javljaju se žilice, sočiva i impregnacije *gvoždevite materije*.

Slojevi s povećanom radioaktivnošću su najčešće *sitnozrniji* od ostalih. Sadrže povećanu količinu *glinovite materije*, koja je sastavljena od mešavine kaolinita i montmorionita. Sortiranje materijala u ovim slojevima je *bolje* izvršeno od ostalih. Koeficijenti sortiranja kreću se od 1,5 do 2,5.

U odeljku o poreklu materijala današnjih sedimenata iznete su činjenice koje idu u prilog tome da je granit bio matična stena čijim su drobljenjem postali sedimenti Iverka. Takođe je naglašeno da su u stvaranju sedimenata Iverka učestvovali u manjoj meri i permo-karbonski škriljci ove oblasti. Hidrogeohemijska ispitivanja voda iz potoka, izvora i bunara, koji se nalaze i teku kroz i preko cerskog granita pokazala su u više primeraka povećani sadržaj urana. To se naročito odnosi na slivove potoka: Uvalski, Joševski i potok Lipovac. Proba vode iz Uvalskog potoka pokazala je 375 gama/litar urana. Ovo nas navodi na pomisao da poreklo urana u sedimentima Iverka vežemo za erodovani deo cerskog granita. Ovo je jedini mogući logični zaključak koji se može izvući iz dosadašnjih ispitivanja ove oblasti. Ostaje otvoreno pitanje kako se uran javlja u ovim granitima. Moguće su dve pretpostavke: u vidu rasejane mineralizacije ili u vidu koncentracija na pojedinim mestima. Buduća ispitivanja će verovatno dati odgovor na ovo pitanje.

Kada su nam poznate sve ove činjenice onda pitanje prenosa i načina deponovanja urana nije teško rešiti. Vode koje su prolazile kroz granit i pegmatit i koje su ih ispirale rastvarale su postojeće uranove minerale, prenosile ga do basena i taložile uran istovremeno s deponovanjem sedimentnog sloja. Pored urana koji je prenošen do basena u rastvoru, u sedimentni basen dospevali su blokovi i fragmenti granita i pegmatita koji su u sebi sadržavali uranove minerale. Oni su kasnije bili podvrgnuti daljem ispiranju i rastvaranju uranovih minerala putem površinskih i podzemnih voda.

Uran se iz ovakvih rastvora obarao u vrlo pogodnoj geohemijskoj sredini stvorenoj prisustvom organske materije i H_2S. Njihovo prisustvo učinilo je sredinu u kojoj se vršilo obaranje urana redukcionom. Organska materija, koja je u našem slučaju u fazi treseta, bila je vrlo pogodan materijal za apsorpciju urana. Poznato je da su treseti koji u sebi sadrže dosta nečistoća najjači apsorbenti urana iz rastvora.

Dosadašnja ispitivanja nisu još dala oblik pojavljivanja urana. Utvrđeno je da je on uvek vezan za ugljenu materiju. U ugljenoj materiii se dosadašnjim ispitivanjem nije mogao utvrditi radioaktivni mineral. Elektrodijalizom primeraka radioaktivnog uglja dobiveni su sledeći rezultati za jedan primerak koji je sadržao 7.107 U gr/t:

Na pH=5 ne ekstrahuje se uopšte uran,
Na pH=3 ekstrahovano je 60% urana,
Sa 1N HC1 ekstrahovano je 100% urana.

Na osnovu dosadašnjih mikroskopskih ispitivanja i elektrodijalize možemo pretpostaviti da je uran u uglju vezan u vidu organsko-uranijumskog jedinjenja iz koga se uran izdvaja na pH=3 (60%), a ostatak od 40% tek u 1N HC1, to jest, u jako kiseloj sredini. Takođe možemo pretpostaviti da je količina organske materije bila dovoljna da apsorbuje sav uran iz rastvora tako da se on nije mogao individualisati u vidu nekog minerala u uglju i drugim sedimentima Iverka.

ZAKLJUČAK

Na osnovu svega izloženog mogu se doneti sledeći zaključci:

Sedimentna serija ispitivane oblasti Iverka izgrađena je od peščara različite veličine zrna i konglomerata. Oni se u seriji naizmenično smenjuju i izgrađuju slojeve i sočiva. Sedimenti Iverka su tipični sedimenti priobalskih delova mora i zaliva sa plitkom vodom. Materijal je do basena sedimentacije prenošen veoma kratko vreme (oštre ivice zrna) bujicama, potocima i rekama. Sredina deponovanja materijala bila je veoma nemirna a voda jako uzburkana. Na to nam ukazuje: sočivasti način pojavljivanja sedimenata, površine kontakata i velike horizontalne i vertikalne promene. Sedimenti Iverka taloženi su blizu matične stene. Retko je vodena sredina bila nešto mirnija, kada su se deponovali sitnozrniji ugljeviti peščari s povećanom količinom glinovite materije. Taloženje sedimentne serije izvršeno je ritmički, ali obično nedostaju izvesni članovi ritma.

Radioaktivni slojevi sadrže karakteristične minerale i imaju posebne karakteristične osobine. Te karakteristike su: uvek prisutna ugljena materija, prisustvo pirita i čađavog kvarca, sivocrne su boje, sitnozrniji su od ostalih sedimenata, a sortiranje sastojaka u njima je obično bolje izvršeno.

Uran je vezan za ugljenu materiju. Dosadašnjim ispitivanjem nije još određen mineral urana. Pretpostavlja se da je on vezan u uglju u vidu organsko-uranijumskog jedinjenja iz koga se veća količina urana (elektrodijaliza) izdvaja na pH=3 60% i raste s povećanjem kiselosti sredine.

Uransku mineralizaciju na Iverku kao i materijal za taloženje ovih sedimenata dao je granit s pegmatitskim i aplitskim žicama.

LITERATURA

1) Botvinkina L. N., Jablokov B. S., Žemčužnikov A. Timofejev P., Feofilova A. P.: Atlas liogenetskih tipova ugljonosnih naslaga srednjeg karbona Doneckog basena, Akademija nauka SSSR, Moskva, 1956.
2) Freund Hugo: Mikroskopie der Steinkohle, des Kokses und der Braunkohle, Frankfurt am Main
3) Ginsburg I. I.: Moskva 1957, Geohemijske metode istraživanja.
4) Krumbein W. C., Pettijohn F. J.: New York Manual of Sedimentary Petrography.
5) Pettijohn F. J.: New York 1957, Sedimentary rocks.
6) Pokrajac S.: 1959, Izveštaj o geohemijskom ispitivanju planine Cera i Iverka, Fond stručnih dokumenata SGZ.
7) Radošević S.: 1958, Izveštaj. Petrologija sedimenata Iverka. Fond stručnih dokumenata SGZ.
8) Rankama K. and Sahama T.: Geochemistry. Univ Chicago Press.
9) Simić V. i Pejatović S.: 1958, Izveštaj o istraživanju urana na Iverku. Fond stručnih dokumenata SGZ.

10) Stevanović P. M., 1959: Biostratigrafska analiza tortonske faune Tamnavskog kraja u Zapadnoj Srbiji. Glas Srpske akademije nauka, Odeljenje prir. mat. nauka, knj. XVII.

11) Twenhofel W. H.: 1950, Principles of Sedimentation.

12) Metode ispitivanja sedimentnih stena, I i II deo, VSEGEI, Moskva 1957.

13) Priručnik za sedimentne stene, I i II deo, Lenjingrad 1958.

14) Referati sa I i II međunarodne konferencije za mirnodopsku upotrebu atomske energije; Ženeva, 1955. i 1958. godine.

ZUSAMMENFASSUNG

PETROLOGIE DER URANHALTIGEN SEDIMENTE DES IVERAK (WESTSERBIEN)

STANIŠA RADOŠEVIĆ, Institut für Nuklearrohstoffe, Beograd

Die uranhaltigen Sedimente des Iverak sind mit Konglomeraten und Sandsteinen veschiedener Korngrösse vertreten. In der Sedimentserie treten sie als Schichten und Linsen abwechselnd auf.

Die Sedimente des Iverak sind typische Sedimente küstennaher Meeresteile, die in Lagunen und Buchten abgelagert wurden. Das Material wurde nur kurze Zeit transportiert, da die Kanten der Bruchstücke spitz sind, was linsenförmiges Auftreten der Ablagerungen, unregelmässige Kontaktlinien und starke horizontale und vertikale Schwankungen zur Folge hatte. Manchmal wurde das Wasser im Sedimentationsbecken etwas ruhiger; dann war die Ablagerung feinkörniger kohlig-toniger Sandsteine möglich. Die Sedimente wurden rythmisch abgesetzt, aber es sind nicht alle Glieder des Sedimentationsrythmus vorhanden.

In den radioaktiven Lagen sind karakteristische Minerale vorhanden. Diese Lagen enthalten immer kohlige Substanz, Pyrit und Rauchquarz, sie sind feinkörniger als andere Sedimente; die Mineralkörner sind nach der Korngrösse in diesen Schichten viel besser sortiert als sonst.

Das Uranium ist an die Kohlensubstanz gebunden. Vorläufig konnte man noch nicht feststellen um welches uranhaltiges Mineral es sich handelt; man kann sich aber vorstellen, dass es eine organisch-uranische Verbindung sei. Aus dieser Verbindung konnte man bei pH = 3 60% U extrahieren (Elektrodialyse) und die Menge des extrahierten Uraniums wurde um so grösser, je säurer das Extrationsmittel war.

Alles abgelagertes Material dieser Sedimente stammt hauptsächlich von den Graniten, Pegmatiten und Apliten des Cer ab.

SERGIJE LEBEDEV

Akademija za primenjene umetnosti, Beograd

DEJSTVO ULTRABAZITA NA BIKARBONATNE VODE S OSVRTOM NA PRENOŠENJE URANA

U ovom radu je ispitano dejstvo magnezijum-hidroksida, koji postaje pri hidrolizi ultrabaznih minerala pod dejstvom vode, na bikarbonate rastvorene u ovoj vodi. Utvrđeno je da se bikarbonati pretvaraju u karbonate, a magnezijum-hidroksid u magnezijum-karbonat. Nastali karbonati dvovalentnih metala se talože, ali magnezijum-karbonat zbog relativno velike rastvorljivosti može ostati u rastvoru. Takođe je utvrđeno da magnezijum-hidroksid razlaže rastvorne karbonatne komplekse urana koji se nalaze u vodi i prevodi uran u sedimente.

Na osnovu eksperimentalnih činjenica izneto je mišljenje:

1) da u prirodi postoji stvaranje hemogenog kalcijum-karbonata dejstvom hidrolitičkog magnezijum-hidroksida na kalcijum-bikarbonat, što do sada nije bilo opisano,

2) da je moguća genetička veza između ultrabazita i laporovitih sedimenata,

3) da je nemoguć proces takozvane dolomitizacije krečnjaka dejstvom vode koja sadrži karbonat ili bikarbonat magnezijuma,

4) da ultrabaziti utiču na stvaranje alkalne reakcije dubinskih i površinskih voda, čime se mogu objasniti mnogi metamorfni procesi,

5) da ultrabaziti talože uranova jedinjenja iz kompleksnih karbonatnih rastvora te utiču na stvaranje sedimenata s uranom.

Radi utvrđivanja stepena hidrolitičke sposobnosti ultrabaznih minerala izvršeni su ogledi određivanja količine amonijaka, koju ovi minerali oslobađaju iz rastvora amonijum-hlorida, i na osnovu ove reakcije predloženo je određivanje baznog kapaciteta minerala kao vrednosti koja karakteriše njihovu hidrolitičku sposobnost.

1. SAOPŠTENJE: DEJSTVO NA SLABO MINERALIZOVANE VODE*)

U saopštenju o hidrohemijskim metodama iznalaženja ruda (S. Lebedev, 1957) izneo sam zapažanje da izvori i potoci na kontaktu s ultrabazičnim stenama, u prvom redu serpentinom, pokazuju izrazito alkalnu reakciju s fenol-ftaleinom, što znači da pH-indeks vode postaje veći od 8. Na osnovu ovog zapažanja izneo sam pretpostavku da u takvim prilikama treba očekivati stvaranje dolomitskih i magnezitskih sedimenata iz sastojaka vode i stene. Svakako, najinteresantnije bi bilo proučiti dejstvo jako mineralizovanih izvora, ali iz tehničkih razloga mogao sam da radim samo s običnom vodom, te u ovom radu iznosim rezultate ogleda koje sam vršio u cilju proveravanja pretpostavke s vodom iz Beogradskog vodovoda. U narednom saopštenju biće izneseni rezultati ogleda sa jako mineralizovanim vodama, koji su u toku.

Pri dejstvu na olivine i serpentine s idealnim odnosom $MgO : SiO_2 = 2 : 1$, odn., $1^1/_2 : 1$ treba pretpostaviti da se vrši disocijacija minerala na magnezijum-hidroksid i silikatni ostatak s povećanim sadržajem silicije, pri čemu magnezijum-hidroksid prelazi u rastvor te prouzrokuje jako alkalnu reakciju, a silikat ostaje u čvrstoj fazi:

$$mMgO \cdot nSiO_2 + xH_2O = (m—x)\,MgO \cdot nSiO_2 + xMg(OH)_2,$$ gde je $m>n$.

Ako se ima u vidu da je rastvorljivost magnezijum-hidroksida na običnoj temperaturi oko 0,01 g/lit, što odgovara pH-indeksu oko 10,5 (pod pretpostavkom potpune disocijacije magnezijum-hidroksida) dok pH-indeks pomenutih minerala varira između 9 i 10, jasno je da se ovde radi baš o disocijaciji silikata, a ne o rastvaranju slobodnog oksida ili hidroksida, odnosno da u čvrstoj fazi ne postoji slobodan magnezijum-oksid ili hidroksid.

Sada, ako voda sadrži kisele komponente, u prvom redu ugljen-dioksid i bikarbonate, dolazi do neutralizacionih procesa, koncentracija magnezijum-hidroksida u vodi opada i postaje manja od one koja odgovara ravnoteži hidrolitičke disocijacije minerala i nove količine magnezijum-hidroksida prelaze u rastvor radi uspostavljanja ravnoteže. Ovaj proces, ukoliko u vodi ima dovoljno reakcionih komponenata, treba da traje do iscrpljenja disocijacione sposobnosti silikata. Naime, u toku ovog procesa sve se više ispoljava tendencija oslobođene silicijumove kiseline da zadrži uza se magnezijumovu bazu, te, najzad, dolazi do zaustavljanja hidrolitičke disocijacije.

*) Saopšteno na zboru Srpskog geološkog društva 25. III 1960.

U toku ove faze ultrabazit ispoljava aktivnu težnju za stvaranjem baze, te se ova faza reakcije između ultrabazita i vode može označiti kao aktivna faza dejstva ultrabazita. Dalje razlaganje ultrabazita može se vršiti samo putem ekstrakcionog dejstva kiselih sastojaka vode, dakle, u drugoj fazi ultrabazit ima samo pasivnu ulogu i ova faza se može označiti kao pasivna.

U bikarbonatnim vodama odigravaju se sledeće reakcije s bazom nastalom prilikom hidrolitičke disocijacije ultrabazita (koja će, uglavnom, biti magnezijum-hidroksid):

1. Rastvoreni u vodi ugljen-dioksid daje magnezijum-karbonat:

$$Mg(OH)_2 + CO_2 = MgCO_3 + H_2O;$$

2. Alkalni bikarbonati daju alkalne karbonate, koji ostaju u rastvoru, i magnezijum-karbonat, koji, u zavisnosti od koncentracije, ili ostaje u rastvoru ili se taloži:

$$2RHCO_3 + Mg(OH)_2 = R_2CO_3 + MgCO_3 + 2H_2O;$$

3. Sa magnezijum-bikarbonatom postaju 2 molekula magnezijum-karbonata, za koji uvek važi prethodna napomena:

$$Mg(HCO_3)_2 + Mg(OH)_2 = 2MgCO_3 + 2H_2O;$$

4. Bikarbonati kalcijuma i drugih zemnih alkalija daju zemno-alkalni karbonat i magnezijum-karbonat:

$$R(HCO_3)_2 + Mg(OH)_2 = RCO_3 + MgCO_3 + 2H_2O;$$

5. Bikarbonati teških metala daju bazne karbonate i hidrokside i magnezijum-karbonat po složenim jednačinama*);

6. Sulfati i druge soli teških metala daju hidroksid i magnezijumovu so:

$$RSO_4 + Mg(OH)_2 = R(OH)_2 + MgSO_4.$$

U tabeli 1. prikazani su rezultati ogleda sa serpentinom sa Maljena, a jedan ogled je izveden s dunitom sa Golješa. Analize ovih stena, kao i vode s kojom su vršeni ogledi, navedene su u tabeli 2. Cela količina vode za ove oglede bila je rezervisana u jednom sudu, tako da je u svim ogledima imala isti sastav.

U tabeli 1. su pokazane promene u sadržaju kalcijuma i magnezijuma u ovoj vodi. Radi usklađivanja s analizama stena, ove vrednosti su izražene kao oksidi, a isto tako preračunate su i na milivale, radi preglednosti pri upoređivanju hemizama. U poslednjem stupcu tabele 1. dat je koeficijent izmene, tj. odnos između magnezijuma pridošlog pri reakciji u rastvor i kalcijuma udaljenog iz vode, izraženih u milivalima.

Tabela 1 — Promene sadržaja kalcijuma i magnezijuma u vodi pod dejstvom ultrabazita

Redni broj ogleda	Materijal	Koncentracija CaO						Koncentracija MgO						Koeficijent izmene Mg / Ca
		Početna		Završna		Smanjenje		Početna		Završna		Povećanje		
		mg/l	mval	mg/l	mval	mg/l	mval	mg/l	mval	mg/l	mval	mg/l	mval	
1	Serpentin	88,0	3,14	41,2	1,54	46,8	1,60	25,3	1,26	46,3	2,29	21,0	1,03	0,65
2	»Maljen«	„	„	12,6	0,45	62,4	2,69	„	„	77,5	3,84	52,2	2,58	0,96
3	„	„	„	28,4	1,01	60,6	2,13	„	„	nije određivan				—
4	„	„	„	16,8	0,60	71,2	2,54	„	„	76,7	3,80	51,4	2,54	1,00
5	„	„	„	25,2	0,90	62,8	2,24	„	„	58,0	2,88	32,7	1,62	0,73
6	Dunit »Golješ«	„	„	40,6	1,45	47,4	1,69	„	„	79,2	3,93	53,9	2,67	1,58

*) Ovde bi bilo umesno izneti sledeću napomenu: Poznato je da rastvor natrijum-karbonata taloži iz rastvora soli kalcijuma, stroncijuma i barijuma neutralne karbonate, dok se iz rastvora soli magnezijuma i mnogih teških metala talože bazne soli promenljivog sastava. Ove činjenice se navode u svima klasičnim priručnicima za analitičku hemiju, ali se ne daje objašnjenje ove razlike u ponašanju pojedinih elemenata.

Ako se ima u vidu da je rastvor natrijum-karbonata prilično hidrolizovan te sadrži pored natrijum karbonata u izvesnoj koncentraciji i natrijum-hidroksida, jasno je da će se u slučaju elemenata čiji su hidroksidi vrlo malo rastvoreni, te je ova koncentracija natrijum-hidroksida dovoljna da se oni talože, taložiti smeša hidroksida i karbonata, jer postoje uslovi za stvaranje obe vrste taloga. U stvari, u ovom slučaju se rastvor natrijum-karbonata ponaša kao smeša oba reagensa — hidroksida i karbonata. Ako se radi o elementu čiji je hidroksid jače rastvorljiv, a ovo je slučaj sa zemno-alkalnim elementima, koncentracija natrijum-hidroksida neće biti dovoljna da bi se mogao taložiti hidroksid, te će se taložiti samo karbonat pod dejstvom karbonatnog jona rastvora sode.

Ogledi su se izvodili na taj način, što je izvesna količina materijala bila stavljena u odmerenu količinu vode, kojoj je radi praćenja reakcije bilo dodato nekoliko kapi fenol-ftaleina, pa se mešalicom voda mešala izvesno vreme. Posle toga voda je bila otfiltrovana i vršilo se ispitivanje vode i taloga na sadržaj kalcijuma i magnezijuma, kako je to dalje navedeno za svaki ogled posebno.

U ogledu pod (1) 5 g grubo stucanog serpentina bilo je stavljeno u reakcioni sud s mešalicom, kroz koji je proticala voda u količini od jednog litra. Reakcija je trajala jedan sat. Ostali ogledi nisu rađeni sa proticanjem vode, već je u sud s mešalicom uvek stavljano po 1/4 litra vode s fenol-ftaleinom (voda nije bojila indikator) i dodavan je jedan gram u ahatnom avanu fino usitnjenog serpentina. Posle mešanja u trajanju od 5 minuta, talog se odvajao od crveno obojene vode filtrovanjem, materijal se sušio, ponovo se sitnio u ahatnom avanu radi osvežavanja površine i vraćao u reakcioni sud sa sledećom partijom vode. U svakoj probi ovo je rađeno 4 × 250

ml, tj. s jednim gramom stene tretiran je jedan litar vode.

Iz tabele 1. vidi se da je u prvom ogledu staloženo više od polovine kalcijuma koji se nalazi u vodi, mada je materijal bio samo grubo utucan. Ovo je važno zbog toga što u prirodi uvek ima takvog materijala, ali i pored toga reakcija duboko zahvata sadržaj kalcijuma u vodi. Manje nego ekvivalentan prelaz magnezijuma u vodu verovatno je uslovljen adsorpcijom zbog velike količine serpentina.

U ogledu pod (2) promena tehnike rada bitno je uticala na efikasnost reakcije i pošto je mešanje trajalo svega 5 minuta nije dolazilo do nekih uticaja spolja, te je koeficijent izmene skoro jednak jedinici. Činjenica da je u tako kratkom vremenu iz jednog litra vode prevedeno u talog 0,1445 grama kalcijum-karbonata reljefno ističe važnost ovog hemizma u prirodi, a koji do sada nije bio zapažen. Isto se odnosi i na rastvaranje magnezijum-karbonata, koga je u jedan litar vode prešlo 0,1174 grama.

Ogled pod (3) pokazuje slične rezultate, te je s ovim postavka izneta na početku ovog izlaganja bila praktički dokazana.

Ogled pod (4) u svemu je sličan prethodnom, ali je bio izveden radi ispitivanja ponašanja urana rastvorenog u vodi. Naime, uran lako migrira s vodom u obliku rastvornih karbonatnih kompleksa, te se njegov slučaj ne bi mogao uvrstiti u ranije pomenutih šest shema reakcija, već se eksperimentalno moralo ispitati, da li je dejstvo hidrolizovane stene dovoljno jako da bi razorilo karbonatni kompleks urana, što bi imalo za posledicu njegovo taloženje.

Kompleksni karbonatni rastvor urana je napravljen rastvaranjem 0,21 g uranil-nitrata (=0,10 g elementarnog urana) u nešto vode, zatim taloženjem s amonijakom, rastvaranjem nagrađenog amonijum-uranata u što manje natrijum-bikarbonata i razblaživanjem ovog rastvora do 100 ml. Koncentracija takvog rastvora je bila cca 1 mg urana u 1 ml rastvora. Jednom litru vode bio je dodat samo 1 ml rastvora urana, tj. 1 mg elementa. Mešanje je takođe trajalo 5 minuta. Sjedinjena 4 filtrata (svega 1 litar vode) isparena su do suha i suhi ostatak je ispitan na prisustvo urana s kalijum-ferocijanidom. Reakcija je bila negativna. U ovom suhom ostatku uran je naknadno određen fluorescentnom metodom s natrijum-fluoridom i konstatovano je svega 15 grama urana. U talogu je reakcija s kalijum-ferocijanidom bila vrlo intenzivna. Praktički ceo uran bio je staložen na ovaj način. Ova činjenica do sada nije bila poznata, a ima veliku važnost u objašnjenju pojava krečnjačkih sedimenata koji sadrže uran s jedne strane, a s druge, važna je i za prospekciju urana, naročito u slučaju primene hidrohemijskih metoda, jer je očigledno da će izvori koji sadrže nešto urana gubiti ovaj na kontaktu s ultrabazitima, a u sedimentima koji tom prilikom postaju treba ga očekivati.

U istom talogu, gde je bio određen uran, određen je i kalcijum, te je nađeno 75,5 mg CaO, što se slaže sa zbirom rastvorenog kalcijuma iz serpentina sa staloženim kalcijumom iz vode.

Ogled pod (5) je izveden radi ispitivanja karbonata u talogu. Jedan deo taloga bio je upotrebljen u aparatu po Lunge-Ritteneru za određivanje ugljene kiseline, a u ostatku od ovog određivanja

Tabela 2 — Analize

Analiza vode

1 litar vode sadrži:

Ca··	0,629 g	= 0,0880 CaO	= 3,140	milivala
Mg··	0,0153	= 0,0254 MgO	= 1,260	,,
			0,380	
		Svega katjona	4,780	,,
SO_4''	0,0232	= 0,0194 SO_3	= 0,483	,,
Cl'	0,0071		= 0,200	,,
HCO_3'	0,0220		= 4,100	,,
		Svega anjona	4,780	

(izračunato iz razlike baznih i kiselih ekvivalenata).

Analiza ultrabazita

	Serpentin »Maljen«	Dunit »Golješ«
SiO_2	40,10%	34,63%
TiO_2	tr.	tr.
Al_2O_3	1,60	0,17
Fe_2O_3	3,80	3,91
FeO	2,96	3,17
MnO	—	—
CoO	0,02	nije određivan
NiO	0,20	0,21
CaO	3,98	0,21
MgO	35,96	44,88
K_2O	0,33	0,33
Na_2O	0,55	0,12
H_2O (110°)	0,95	
Gubitak pri žarenju	9,39	11,76
Hromit	—	0,49
Cr_2O_3	0,06	—
	99,90%	99,88%
Rastvorljivost u N/1 HCl:		
CaO	0,31%	
MgO	13,27"	
Bazni kapacitet:		—
	7,65% MgO = 3,8 milivala	

određen je i kalcijum. Nađeno je 27,7 mg CO_2 (1,25 milivala) i 29,9 mg CaO (1,05 milivala). Ovim je nesumnjivo dokazano da se kalcijum taloži u obliku karbonata. Višak ugljen-dioksida odgovara karbonatizaciji magnezijum-oksida. Određivanje, pak, magnezijuma u talogu pokazalo se kao nepodesno, jer je pri dejstvu i najmanje količine normalne hlorovodonične kiseline dolazilo ne samo do rastvaranja stvorenih karbonata, već je kiselina dejstvovala i na sam serpentin te su u rastvor prelazile iz njega znatne količine magnezijuma. U jednom posebnom ogledu bilo je nađeno da normalna hlorovodonična kiselina rastvara preko 13% MgO iz svežeg serpentina.

Ogled pod (6) je izveden s dunitom sa Golješa. Ovde je reakcija tekla nešto drugačije nego sa serpentinom, mada se i ovde nesumnjivo ispoljava hidroliza stene i taloženje kalcijum-karbonata. Ipak, reakcija teče sporije, zahteva mnogo veći stepen usitnjenosti materijala, a mesto manje-više ekvivalentnog odnosa staloženog kalcijuma i rastvorenog magnezijuma, ovaj se znatno menja u korist rastvaranja magnezijuma. Uzrok ovome leži verovatno u insularnoj strukturi ortosilikata, te je razoravanje jedne ćelije olivina izazvano dejstvom jednog molekula kalcijum-bikarbonata povezano s prelazom u rastvor dva atoma magnezijuma, što zahteva dvostruko veću karbonatizaciju. Ipak, za definitivni zaključak potrebna su dalja ispitivanja.

Iz citiranih ogleda se mogu izvesti ovi zaključci:

1. Ultrabaziti, u prvom redu serpentini, vrlo su aktivni u hidrohemijskim procesima.

2. Površinske vode s manje-više kiselom reakcijom zbog prisustva ugljene kiseline i bikarbonata, na kontaktu s ultrabazitima gube agresivnu moć i pretrpe znatnu dekalcifikaciju. Visoko mineralizovane vode jako osiromaše u svojoj mineralizaciji. Ovo je vrlo interesantno u oblasti pedologije, jer u karstnim predelima unošenje serpentina, neutralizacijom agresivne ugljene kiseline može se zaustaviti proces karstifikacije i ubrzati stvaranje silikatnog tla, u kome oskudevaju ovi predeli i to sa biološki vrlo važnim mikroelementima, kobaltom i niklom.

3. Dokazan je nov, do sada nepoznat način stvaranja sedimenata hemogenog kalcijum-karbonata, a stepen verovatnoće njegovog postajanja je, svakako, znatno veći od do sada opisanih procesa stvaranja hemogenog kalcijum-karbonata iz hidrotermalnih izvora, pećinskih formacija i inače sumnjivog postajanja kalcijum-karbonata u morskoj vodi dejstvom amonijum-karbonata na hlorid i sulfat kalcijuma.

4. S obzirom na činjenicu da bikarbonat kalcijuma u vodi često dolazi iz plagioklaza, koji pri raspadanju istovremeno daje i glinovitu materiju, posle taloženja kalcijum-karbonata, preko serpentina, sedimenti će, najverovatnije, predstavljati smešu kalcijum-karbonata, gline i raznog klastičnog materijala. Zato bi bilo od interesa ispitati da li se može dokazati veza između poznatih nalazišta laporaca u Srbiji i obližnjih pojava serpentina i andezita. Ali, svakako, ovo ne mora biti jedini način stvaranja laporovitih sedimenata.

5. Upoređujući rastvorljivost kalcijum-karbonata u vodi, koja iznosi oko 0,29 milivala u litru, sa rastvorljivošću magnezijum-karbonata, koja je preko 10 milivala, može se tvrditi da je nemoguće u već formiranom krečnjaku zamenjivati kalcijum-karbonat sa magnezijum-karbonatom unošenjem ovog poslednjeg u rastvor, jer je njegova rastvorljivost mnogo veća. Stoga gornji ogledi potvrđuju nemogućnost takozvane dolomitizacije krečnjaka. Obratno, dedolomitizacija dolomita je normalan proces.

6. Ultrabaziti mogu biti značajne barijere u hidrohemijskom ciklusu kretanja urana i drugih teških metala.

7. Uopšte uzev, u slučaju dovoljno dugog kontakta bilo površinskih bilo dubinskih voda s ultrabazitima, one gube gotovo potpuno svoju mineralizaciju. U vodi ostaje samo magnezijum-karbonat u granicama njegove rastvorljivosti i alkalni karbonati. Takve, alkalne vode, nasuprot bikarbonatnim, za čiji je hemizam karakteristična ekstrakcija katjona, rastvaraće i prenosiće kisele i amfoterne komponente — silicijum, aluminijum, zemljane kiseline (molibden i volfram), sulfokiseline i sulfobaze, rastvorne u alkalnim rastvorima (živa, bakar), zlato, selen itd. One mogu vršiti albitizaciju, sericitizaciju, stvarati sekundarne minerale, stabilne u alkalnoj sredini (avalit). Prema tome, one mogu aktivno učestvovati u mnogim metamorfnim procesima.

Na početku ovog izlaganja bila je spomenuta hidrolitička sposobnost minerala i bilo je istaknuto da ona mora imati izvesnu granicu. Ova sposobnost zavisi od odnosa baznih i kiselih komponenata minerala i strukture elementarne ćelije. U odnosu na celokupnu količinu baza i kiselina ona ima određenu veličinu, te bi radi karakterisanja hidrolitičke sposobnosti minerala, sem pH-indeksa, koji predstavlja samo faktor intenziteta, bilo potrebno uvesti i pojam baznog kapaciteta minerala. Obe vrednosti zajedno predstavljaće sposobnost minerala da vrši hemijski rad pod dejstvom vode. Za eksperimentalno određivanje baznog kapaciteta može se upotrebiti reakcija u kojoj se hidroksilni jon eliminiše iz vode bez uvođenja vodoničnog jona kao neutralizacionog sredstva. U ovom radu je za ovu svrhu primenjena reakcija istiskivanja amonijaka iz amonijum-hlorida pri kuvanju s bazama, konkretno s magnezijum-hidroksidom. Izdvojena količina amonijaka je ekvivalentna količini baze koja pri hidrolizi može da pređe u rastvor, jer ukoliko se amonijak iskuvava, utoliko se remeti odnos između rastvorene baze i čvrste faze, te se hidroliza produžava dalje sve dok se ne iscrpe hidrolitička sposobnost minerala:

$$Mg(OH)_2 + 2NH_4Cl = MgCl_2 + 2NH_3 + H_2O.$$

Za serpentin sa Maljena je nađeno da jedan gram materijala oslobađa 3,8 milivala amonijaka, što odgovara 7,65% magnezijum-oksida, sposobnog da pređe u rastvor prilikom hidrolize. Podesan način predstavljanja ove vrednosti kao i tehnika rada biće predmet daljeg istraživanja.

U drugom delu ovog rada biće izneseni rezultati ispitivanja dejstva ultrabazita na jako mineralizovane vode, jer se tamo mogu očekivati razjašnjenja procesa postajanja dolomita i magnezita.

S. Radoševiću, mineralogu, zahvaljujem na određivanjima pH-indeksa stena, mikroskopskom pregledu preparata i fluorescentnom određivanju urana.

LITERATURA

1) Lebedev, S. A., 1957: Hidrohemijske metode iznalaženja ruda. Zbornik radova Geološkog instituta »Jovan Žujović«, knj. IX, str. 13. Beograd.

ZUSAMMENFASSUNG

WIRKUNG DER ULTRABASITE AUF BIKARBONATISCHE WASSERLÖSUNGEN MIT RÜCKSICHT AUF DAS ÜBERTRAGEN DES URAN

SERGIJE LEBEDEV, Akademie der angewandten Künste, Beograd

In der vorliegenden Arbeit stellen wir die Ergebnisse unserer Untersuchungen über die Winkung des $Mg(OH)_2$, das bei der hydrolytischen Wirkung des Wassers auf die ultrabasischen Mineralien in die Lösung über geht, auf Bikarbonate die in diesem Wasser gelöst sind, dar. Man hat festgestellt, dass die Bikarbonate, sowie $Mg(OH)_2$, dabei in Karbonate umgewandelt werden. Die zweiwertigen Karbonate, mit Ausnahme des $MgCO_3$, werden abgesetzt; das $MgCO_3$ kann aber wegen seiner, relativ höheren Löslichkeit weiter aufgelöst bleiben. Weiter wurde ebenfalls festgestellt, dass das $Mg(OH)_2$ Wasserlösliche karbonatische Komplexe des Urans zersetzt, wobei das Uran in Sedimente übergeht.

Auf Grund dieser Experimente kann man schliessen, dass:

1). In der Natur ein chemogenen Kalciumkarbonatbildungprozess bestecht er aus dem Fällen des Kalciumkarbonates aus den bikarbonatischen Lösungen wegen der Neutralisationswirkung des Magnesiumhydroxydes hydrolytischer Herkunft besteht;

2). eine genetische Beziehung zwischen ultrabasischen Gesteinen und mergelartigen Sedimenten möglich ist;

3). die sogenannte Dolomitisation der Kalksteine durch Wirkung des im Wasser aufgelösten Magnesiumkarbonates oder Bikarbonates unmöglich ist;

4). die Tiefen- und Oberflächengewässer an Kontakten mit ultrabasischen Gesteinen alkalisch werden, womit viele metamorphe Prozesse erklärt werden können;

5. die löslichen Urankomplexe durch Ultrabasite aus den Lösungen ausgeschieden und in den Sedimenten abgesetzt werden. Weiters wurden Versuche zur Bestimmung der basischen Kapazität der Mineralen ausgeführt die in der Messung der Ammoniakmenge, welche die Ultrabasite beim Auskochen aus der Ammoniumchloridlösung vertreiben, ausgeführt. Diese basischen Kapazitätwerte sind neben dem pH-Index, als eine Charakteristik der Hydrolysenfähigkeit der Mineralien vorgeschlagen.

STANISLAV VISIC

Zavod za nuklearne sirovine, Beograd

POJAVE I LEŽIŠTA URANA U OBLASTI PLANINE BUKULJE

Predmet razmatranja ovog rada su rezultati geoloških proučavanja, geofizičkih ispitivanja, rudarskih istraživanja i bušenja na otkrivanju ležišta urana u području planine Bukulje. Iznose se novi podaci o geološko-strukturnim odnosima ove oblasti, koji dopunjuju ili menjaju dosadašnja shvatanja po tom pitanju. Zatim se kroz primere tretira problem efikasne primene pojedinih geofizičkih metoda pri regionalnim i detaljnim ispitivanjima, kao i mogućnosti njihovog korišćenja u zavisnosti od geoloških uslova i tipa uranskog orudnjenja. Na kraju je dat prikaz pojedinih pojava i nalazišta urana kao i mišljenje o njihovom načinu postanka.

Prema geološko-tektonskim odlikama oblast planine Bukulje spada u grupu terena koji se već odavno izdvajaju kao perspektivni u pogledu mogućnosti uranskog orudnjenja i stavljaju u prvi plan za odgovarajuća istraživanja. Još 1952. godine, prilikom izvođenja regionalne pešačke prospekcije, u ovom području je zapaženo nekoliko pojava uranske mineralizacije, ali im se tada nije poklanjala dovoljna pažnja, usled čega nisu detaljnije istraživane. Znatno kasnije, primenom prospekcije iz vazduha, otkrivena je anomalija radioaktivnosti (M. Petrović, 1959), čija prethodna provera daje pozitivne rezultate (V. Simić, 1959), koji su ukazivali na potrebu detaljnijih istraživanja urana u široj okolini planine Bukulje. U ovom radu iznose se rezultati tih istraživanja, koji predstavljaju interpretaciju terenskih i laboratorijskih podataka, prikupljenih u okviru rada ekipe Saveznog geološkog zavoda u drugoj polovini 1959. i u početku 1960. godine. Zahvaljujući sistematskom izvođenju geološko-geofizičkih ispitivanja, kao i rudarskih istražnih radova i bušenja, za relativno kratak vremenski period u ovoj oblasti je otkriven znatan broj pojava uranskog orudnjenja, od kojih su neke već izdvojene kao perspektivne. Istovremeno je prikupljen niz podataka koji u izvesnoj meri dopunjuju ili menjaju dosadašnja shvatanja o geološkoj građi i tektonskom sklopu planine Bukulje i njene okoline. Namena ovog rada je da se prikažu rezultati kompleksnog procesa istraživanja urana u prvoj fazi istraga, fazi koja obuhvata geološko-tektonska proučavanja, primenu pojedinih geofizičkih metoda, izvođenje rudarskih radova i bušenja; zatim da se istovremeno iznese kvalitativno-kvantitativna interpretacija tih rezultata i, najzad, da se daju razmatranja u vezi geneze otkrivenih pojava i ležišta urana na ovom terenu.

Istraživana oblast nalazi se između Aranđelovca i Belanovice i zahvata površinu od oko 150 km² (pr. 1). U reljefu ovog terena najistaknutiji su šumoviti vrhovi: Bukulja (696 m), Šutica (472 m), Orlovica (482 m) i Vagan (473 m). Oni čine markantne kote planinskog grebena koji se prostire približno u pravcu istok-zapad na dužini preko 10 km. Njegove severne padine su strme i teško prohodne, dok su južne manjih nagiba i blago se spuštaju preko ovalnih kosa i zaobljenih bila, koja su pod livadama, oranicama ili su obrasla šumom. Skoro paralelno s ovim grebenom, južno od reke Velike Bukulje, ređaju se visovi: Kuselj, Kolibine i Jelovičke strane, i dalje, zapadno od doline reke Bukulje, Metaljka i Cerovita Glava. Prema jugu od ovih visova prostiru se blago nagnute i izdužene kose sve do reka Bosute i Kačera. Celo područje se odlikuje razgranatom mrežom potoka, od kojih većina presušuje za vreme leta. Njihove vode gravitiraju uglavnom prema jugu, a manje ka severu. Najveću površinu čini slivno područje reke Bukulje — oko 50 km². Ono zahvata centralni deo ispitivanog predela i daje mu osnovno hidrografsko obeležje. Ova reka obiluje vodom u proleće i jesen, a ne presušuje ni za vreme najsušnijih letnjih perioda.

GEOLOŠKI SASTAV I TEKTONSKI SKLOP TERENA

Područje planine Bukulje spada u predele koji ne pružaju povoljne uslove za geološka ispitivanja. Sedimentne stene su ili siromašne karakterističnim fosilnim formama, ili su u tom pogledu potpuno sterilne. Tektonski odnosi se teško mogu detaljnije rekonstruisati samo na osnovu površinskih razmatranja. Uz to, teren je na velikom prostranstvu maskiran kvartarnim tvorevinama, što predstavlja glavnu smetnju za geološka ispitivanja.

Ova oblast je proučavana u nekoliko navrata, počevši čak od kraja prošlog veka. Najstarije, opšte podatke o ovom terenu dao je J. Žujović još 1893. godine. Nešto kasnije, 1899. i 1900. godine, S. Urošević se bavi istraživanjima čiji rezultati

PRILOG 1

GEOLOŠKA KARTA PLANINE BUKULJ
CARTE GEOLOGIQUE DU MONT BUKULJA

P.Marinković, S.Višić, S.Pejatović, Ž.Jakovljević

0 1 2 3 4
[km]

LEGENDA

- filiti, mikašisti i drugi
  phyllittes, micashists et autre
- mermeri
- marbres
- paragnajsevi
  paragneiss
- aplitoidne žice i sočiva
  filons et lentilles aplitoï
- graniti
  granites
- laporci, peščari, krečnjaci
  marnes, grés, calcaires
- dacito-andeziti
  dacites-andezites
- gline i peščari
  argile et grès
- konglomerati i peščari
  konglomerat et grès
- opalska masa
  masse d'opales
- rasedi
  failles
- aluvion
  alluvion
- izvori kiselih voda
  sourse d'eaux minerales

predstavljaju prvu detaljniju analizu petrografsko-mineraloških karakteristika stena koje izgrađuju širu okolinu planine Bukulje. Od tada pa do sledećih značajnih razmatranja ovog terena prolazi skoro 30 godina. V. Laskarev (1927, 1930, 1932) i M. Kojić (1930) daju uopštene podatke o geološko-tektonskim odnosima na Bukulji, a V. Mikinčić (1933, 1935) i M. Pavlović (1935) vrše geološko-stratigrafska izdvajanja u široj okolini ove planine. Nakon tih radova, čitava oblast Bukulje je proučavana samo fragmentarno. Pojedini problemi su uopšteno tretirani, ili su samo delimično u vezi s geološko-tektonskim sklopom ovog područja.

Iz svih dosadašnjih podataka može se zaključiti da je oblast Bukulje relativno malo ispitana. Problemi su naznačeni, neke činjenice su samo konstatovane, a pretpostavke nedovoljno argumentovane. Mišljenja o starosti granitske intruzije na Bukulji su vrlo različita, a o neogenim sedimentima Belanovičkog basena i uslovima njihovog formiranja malo se zna. Isti slučaj je i sa rudnim pojavama, koje su ili nedovoljno istražene (sulfidi Pb i Zn, magnetit) ili se tek zadnjih godina otkrivaju (barit, uran). Uopšte uzev, šire područje planine Bukulje spada u red onih terena koji su geološki nedovoljno ispitani, tako da zadnja istraživanja pružaju podatke koji omogućavaju početak svestranije i detaljnije studije te oblasti.

Ova istraživanja su obuhvatila granitski masiv Bukulje, njegov zapadni i istočni obod, kao i deo neogenog bazena na jugu. U geološkoj građi tog terena učestvuju sve tri osnovne grupe stena:

— Metamorfne stene su zastupljene raznovrsnim petrografskim članovima paleozoika. Ovi pripadaju produktima regionalnog i kontaktnog (pirometazomatskog) metamorfizma, kao i produktima granitizacije.

— Sedimentne stene su predstavljene krednim i neogenim tvorevinama, kao i kvartarnim naslagama.

— Magmatske stene izgrađuju znatan prostor u ispitivanom predelu. Od njih su najrasprostranjeniji graniti, dok dacito-andeziti zauzimaju vrlo malu površinu.

Paleozojske stene

Paleozojske stene izgrađuju delove terena istočno i zapadno od granitskog masiva planine Bukulje (pr. 1). Od predstavnika regionalno-metamorfnog porekla najrasprostranjeniji su filiti. U njima se nalaze manje partije (moćnosti 2—10 m) filito-mikašista, a ređe hloritskih i sericitskih škriljaca (Cerovita Glava). U predelu brda Visa izdvojeni su i kvarcitni škriljci, čiji se odnos prema filitima ne može promatrati usled velike pokrivenosti terena. Sasvim se retko sreću proslojci, koji bi donekle odgovarali argilošistima (reka Onjeg). Mnogo liče na filite i većinom se radi o stenama koje čine prelaz između argilošista i filita (argilofiliti). U ataru zaseoka Kamenara, u predelu filitičnih škriljaca, otkrivena je manja masa mermera. Ovi po izgledu sasvim odgovaraju venčačkim mermerima. V. Laskarev (1932) smatra da oni predstavljaju »kraj mermernih slojeva Venčaca«, od kojih su »otkinuti kaselinom«. Pojave mermera nisu samo vezane za užu okolinu Venčaca, već se mogu očekivati i u ostalim predelima paleozoika, što je slučaj s mermerima u Kamenaru i u blizini vrha Bukulje. Nabrojane stene su produkt regionalnog metamorfizma, koji je zahvatio paleozojske sedimente pre nego što su u njih utisnuti bukuljski graniti. Tačnija odredba njihove starosti ne može se izvršiti, zbog nedostatka paleontološke dokumentacije. Na osnovu analogije s razvićem sličnih tvorevina u predelu Jadra (V. Simić, 1938), gde je pronađena fosilna fauna, pripadale bi mlađem paleozoiku (permkarbon).

Napred opisane stene predstavljaju sredinu u koju je intrudovan granitski masiv Bukulje. Po obodu ovog masiva jako je rasprostranjeno injektovanje raznovrsnih granitskih diferencijata u paleozojski omotač. Usled kontaktnog dejstva granitske magme na paleozojske stene, ove su intenzivno metamorfisane. Uticaj granitske intruzije zahvatio je znatno prostranstvo, tako da se produkti odgovarajućeg metamorfizma nalaze i na udaljenostima od plutona preko 500 m.

U otkrivenim delovima kontaktno-metamorfne oreole znatno učešće imaju mikašisti. Nastali su prekristalisavanjem filitičnih škriljaca, s kojima su vezani postupnim prelazima. Naime, ukoliko se udaljavamo od granitskog masiva, sve se manje pojavljuju i ustupaju mesto filitima. Najveće prostranstvo zauzimaju u području same planine Bukulje (k. 696), gde predstavljaju još nerazorenu krovinu granitskog masiva. U predelu Vagan — Cigankulja njihovo je prostranstvo manje, jer se javljaju uglavnom u obodnom pojasu otkrivenog masiva. Nalaze se i u vidu izolovanih »krpa« u predelu granita (na padinama zapadno od k. 696, Cigankulja) ili u vidu uklještenih partija duž rasednih zona (Podgroblje). Mikašisti se normalno javljaju kao srednjezrni ili relativno krupnozrni agregati kvarca i liskuna (pretežno biotita). Smanjivanjem zrna ovih sastojaka oni mestimično prelaze u filito-mikašiste, a zatim u filite. Pojavom manje ili veće količine feldspata (u kontaktnim delovima), obično vrlo postupno prelaze u paragnajseve.

U građi kontaktno-metamorfne zone učestvuju još pirokseniti, zatim manje partije granatita s vezuvijanom, volastonitita, amfibolita i kontaktno izmenjenih mermera. Ove stene se nalaze uglavnom u predelu vrha planine Bukulje (severoistočne i istočne padine). Nastale su preobražavanjem karbonatnih stena dejstvom metazomatskih procesa u kontaktno-metamorfnoj oreoli. Zahvaljujući njihovom prisustvu, ovaj deo terena je otporniji prema eroziji, usled čega je i očuvana kontaktno-metamorfna oreola na širem području, u kome se ističe vrh planine Bukulje. Najviše su razvijeni pirokseniti u kojima se nalaze proslojci i sočiva granatita, volastonitita i amfibolita. I izmenjeni mermeri se javljaju u vidu sočiva u piroksenskim stenama. Redovno sadrže izvesnu količinu piroksena i kvarca, usled čega su slični piroksenitima, pa se makroskopski jasno razlikuju od mermera u zaseoku Kamenaru. Od kontaktno-metamorfnih stena pomenućemo još piroksenitske i amfibolitske škriljce, koji, s obzirom na količinsko razviće u ovom predelu, imaju podređen značaj.

Cela kontaktno-metamorfna zona je prožeta mnogobrojnim granitskim, aplitoidnim, kvarc-feldspatskim i pegmatitskim žicama i sočivima.

U njoj je raspored metamorfita veoma nepravilan, što se ogleda ne samo u međusobnom smenjivanju kontaktnih stena, već i u čestom smenjivanju ovih sa škriljcima nižeg stepena kristaliniteta. Skoro u svim slučajevima radi se o postupnim prelazima pojedinih vrsta stena u druge. Jedino su oštre granice kad su u pitanju kontakti mikašista i ostalih kontaktno-metamorfnih stena.

Gnajsevi

Gnajsevi se pojavljuju u predelu kontakta granita i paleozojskih škriljaca, kako na istočnom, tako i na zapadnom obodu granitskog masiva. Njihovi izdanci su znatno ređi na području Vagan — Podgroblje, dok su daleko češći na južnim padinama planine Bukulje, između kote 696 i reke V. Bukulje, tj. u jugoistočnom obodu granitskog masiva. Ovde su gnajsevi izdvojeni u vidu jedne nepravilne zone, koja ima opšti pravac pružanja sever-jug (pr. 1). Tačnije okonturivanje ove zone otežano je velikom pokrivenošću terena, koji je većim delom pod šumom. Pored toga, i na otkrivenim mestima je teško izvući granicu prema susednim formacijama, usled postupnog prelaza gnajseva u okolne stene. U predelu pojavljivanja gnajseva, mestimično su raskopavanjima otkrivene partije krupnozrnih do porfiroidnih granita (moćnosti preko 30 m), sličnih obodnim varijetetima na Paun steni, u Cigankulji itd. Ovo ukazuje da gnajsevi leže na granitima u vidu diskontinuiranog omotača, čija je moćnost relativno mala. Takođe se u zoni gnajseva nalaze i partije silifikovanih granita, koje su mestimično otkrivene na površinama preko 50×20 m. Ukoliko su gnajsevi bliži granitima utoliko su više prožeti granitskim i aplitoidnim žicama i sočivima. Ponegde se dobija utisak o naizmeničnom smenjivanju gnajseva i granita, jer su pomenute žice i sočiva u većini slučajeva u konkordantnom odnosu s gnajsevima.

Gnajsevi su zastupljeni uglavnom biotitskim i biotitsko-muskovitskim varijetetima. Približavajući se kontaktu gnajs-granit, gnajsevi su sve masivniji, zrnastiji i sa sve većim sadržajem feldspata, dok im je škriljavost sve slabije izražena. Međutim, udaljavanjem od zone kontakta s granitima procenat feldspata se smanjuje u korist kvarca i liskuna. Na taj način gnajsevi postupno prelaze preko jako škriljavih, sitnozrnih stena s većim ili manjim sadržajem feldspata (leptinoliti) u filitične škriljce (Lazinski potok). Na nekim mestima su tektonskim putem dovedeni u kontakt s filitima. Tako se u predelu reke V. Bukulje (potok Ploče), gde su gnajsevi u kontaktu s filitima, vide pojave milonitizacije duž zone rasedanja. Idući nizvodno V. Bukuljom, gnajsevi se pored granita produžavaju na zapad u vidu uzane partije, koja je sa južne strane zaplavljena neogenim sedimentima. Ovu partiju ne izgrađuju tipski gnajsevi, već su to jako škriljave, sitnozrne stene s dosta liskuna i sa sadržajem feldspata koji je veoma promenljiv, a mestimično se i potpuno povlači.

Na osnovu napred iznetog proizilazi da su bukuljski gnajsevi parastene. Na ovo je ukazao i S. Divljan (1955) smatrajući da su gnajsevi obrazovani »putem granitizacije (feldspatizacije) liskunovitih i filitičnih škriljaca granitskog omotača«.

Kredni sedimenti

Ovi sedimenti zahvataju relativno mali prostor u domenu istraživanog terena. Oni čine južni obod Belanovičkog neogenog basena, a pojavljuju se i na njegovoj severoistočnoj, odnosno severozapadnoj strani, samo na manjoj površini. Idući prema severu kredne tvorevine se nalaze tek u predelu severno od reke Peštan (pr. 1). Na taj način, planinski venac Starač — Gudura — Vagan — Orlovica — Bukulja — Venčac predstavlja predeo prekida pojavljivanja mezozoika u oblasti Šumadije. Sa tog područja kredne tvorevine su erodovane i samo se mestimično nalaze kao zaostale manje partije, uklještene u paleozoiku duž rasednih zona. Južno i severno od paleozojskog horsta, čiji je opšti pravac pružanja ZSZ — IJI, u područjima Belanovičke i Aranđelovačke depresije, kredne tvorevine su spuštene i čine paleoreljef tercijarnih basena. Dalje prema jugu, odnosno u pravcu planine Rudnika, kredni sedimenti se kontinuelno pojavljuju na velikom prostranstvu ovog dela Šumadije. Severno od kristalastih stena planine Bukulje oni su većinom zaplavljeni tercijarom, tako da su s prekidima otkriveni na više mesta, počevši od sela Partizani, pa preko planine Kosmaja do Beograda.

U predelima istraživanog područja kredni sedimenti su najviše razvijeni u flišnoj faciji. Škriljavi glinci i laporci smenjuju se s peščarima, konglomeratima i krečnjacima skoro na svim lokalnostima gde je otkrivena ova serija. Oni pripadaju tzv. »šumadijskom flišu«, čija starost odgovara prelazu između donje i gornje krede (golt — cenoman). U ovom području V. Mikinčić (1933, 1935) izdvaja na rukopisnoj karti (fond SGZ) pored »srednje krede« i donju kredu. Na ispitivanom terenu goltski sedimenti su konstatovani samo u slivu reke Onjeg (pr. 1). Tu su glinci i laporci uklješteni duž dislokacije pravca pružanja ZSZ — IJI, gradeći na taj način jedan uzan pojas dužine oko 2 km. U blizini se nalazi i nekoliko većih izdanaka tamnih, kompaktnih krečnjaka, koji u višim delovima prelaze u konglomerate.

U južnoj okolini planine Bukulje nisu konstatovani sedimenti gornje krede, mada su senonske tvorevine razvijene kako u oblasti planine Rudnika (M. Anđelković, 1957) tako i u predelu planine Kosmaja (S. Luković, 1958). Postoji mogućnost da u izvesnim delovima današnjeg paleozojskog terena, gornje kredni sedimenti nisu ni formirani. Svakako da je izdizanje tog područja vršeno i za vreme pregornjokredne orogene faze, koja je trajala tokom celog gornjeg golta (austrijska, pregosavska faza). Kredni sedimenti iz okoline Bukulje su jako poremećeni, ubrani, izrasedani i duž dislokacionih linija milonitisani, a mestimično i hidrotermalno alterisani. Njihov odnos prema paleozoiku je redovno tektonski. U pogledu uranske mineralizacije ove tvorevine su sterilne.

Neogeni sedimenti

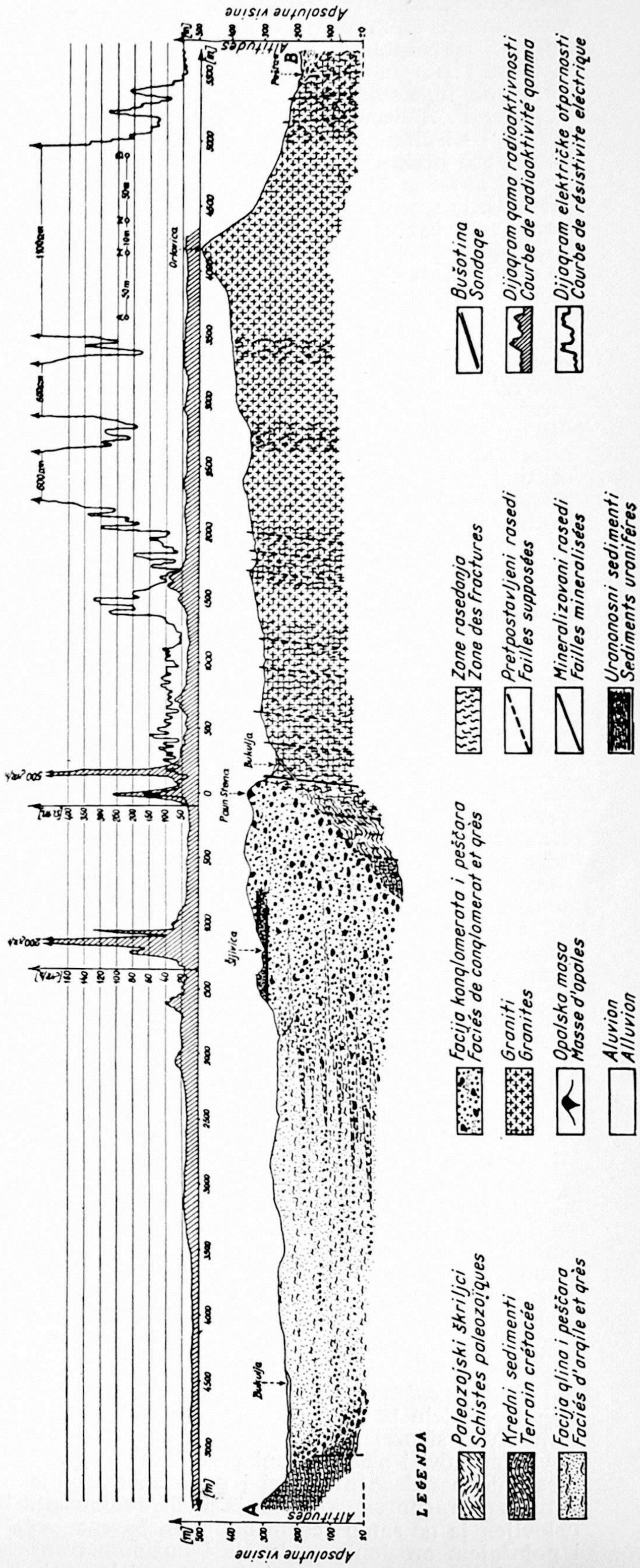
Neogeni sedimenti ispunjavaju basen koji se u vidu izduženog zaliva prostire u pravcu ZSZ — IJI. Njegova dužina iznosi oko 35 km a širina varira od 2—7 km. Ovaj zaliv predstavlja istočni nastavak Mioničkog neogenog basena, koji se u predelu reke Ljiga naglo sužava i preko varošice

Belanovice dopire na istok do reke Jasenice. Belanovički basen je nastao usled tektonskih poremećaja, koji su prouzrokovali stvaranje dislokacija znatnih razmera (sl. 1). Duž ovih je došlo do spuštanja terena i stvaranja depresije u koju dopiru vode u vreme srednje miocenske transgresije.

Zadnja ispitivanja su obuhvatila samo jedan deo Belanovičkog basena, koji se nalazi južno od granitskog masiva Bukulje. U tom delu karakteristična je pojava nesimetričnog facijalnog razvića sedimenata u odnosu na severni i južni obod basena (pr. 1). Naime, južni deo basena izgrađuju peskovite gline i peščari, dok je u severnom delu razvijen grubo klastičan materijal — konglomerati, ređe peščari. Poreklo ishodnog materijala u sedimentima je u zavisnosti od petrografskog sastava severnog oboda basena, jer je glavni pravac transporta erodovanog materijala bio od severa prema jugu. Zato u centralnom delu ispitivanog područja basena u sedimentima učestvuje pretežno granitski detritus, dok su njegovi istočni i zapadni predeli izgrađeni od materijala koji većinom potiče iz škriljaca, gnajseva i krednih tvorevina.

Ispitivani deo basena odlikuje se još i po tome, što su se u njemu relativno često menjali uslovi sedimentacije u zavisnosti od količine vode i karaktera unošenja materijala s obodnog erozionog područja. Povremeno oplićavanje i produbljavanje basena praćeno je naizmeničnim smenjivanjem veoma burnih priliva ogromne količine krupnozrnog, grubog materijala (blokovi) s relativno mirnim periodima donošenja i taloženja sitnozrnijeg detritusa. Vrlo brza vertikalna i bočna smenjivanja deponovanog materijala, veoma različite krupnoće zrna, nesumnjivo govore o naglim pulsacijama nivoa i pomeranjima obalske linije, a s tim u vezi i o izrazitom ritmičkom režimu sedimentacije. Ovakvi uslovi predisponirani su uglavnom tektonskim procesima, koji su prouzrokovali stupnjevito tonjenje basena u toku sedimentacije. Usled toga je stvorena relativno moćna serija sedimenata, tako da današnja dubina paleoreljefa u centralnom delu ispitivanog basena prelazi 400 m. Strukturna bušotina na Bačkom brdu, bušena do dubine od oko 300 m, nije izašla iz neogena, mada je udaljena od kontakta neogen-paleozoik svega oko 400 m (pr. 1).

O starosti sedimenata u Belanovičkom basenu ne može se sasvim pouzdano govoriti na osnovu dosadašnjih rezultata ispitivanja. Prema rukopisnim geološkim kartama V. Mikinčića i M. Pavlovića (sekcija 1:50000 i 1:100000 — fond SGZ) ovde je pretežno razvijen pliocen, dok je miocen naznačen samo u zapadnom delu basena i na nekoliko mesta u okolini Belanovice. U vezi s ovim kartama prvi autor u izveštaju ne pominje tercijarne sedimente (V. Mikinčić, 1935), dok se iz odgovarajućeg izveštaja drugog autora vidi da »mlađoj seriji raznih peskova sa valucima u višim horizontima iz okoline ... Belanovice i dr. mesta nije još utvrđena starost« (M. Pavlović, 1935). Zadnjim proučavanjima je konstatovano da su u predelu basena, južno od granitskog masiva planine Bukulje,



Sl. 1 — Geološki profil A-B sa dijagramima gama radioaktivnosti i električne otpornosti

Coupe geologique A-B avec les courbes des radioactivité et de résistivité éléctrique

razvijene jezerske tvorevine, koje litološki (peskovito-glinoviti sedimenti s neznatnim pojavama uglja) i paleontološki (Hellix, Pupa, sitne Congerije itd.) potpuno odgovaraju donjoj seriji sedimenata jugoistočnog dela Mioničkog basena — koju je P. Števanović (1954) nazvao »babajićka serija« — i čine njihov dalji nastavak preko sela Brajkovca prema istoku (Belanovički basen). Kako isti autor u Mioničkom basenu (severni delovi) izdvaja sarmatske sedimente s bočatnom faunom (selo Vračevići), ispod kojih »tonu« ekvivalenti gore pomenutih jezerskih tvorevina, može se smatrati da sedimenti ispitivanog dela Belanovičkog basena pripadaju srednjem miocenu (gornji torton) s prelazom u gornji miocen (najdonji sarmat). Prema P. Stevanoviću (1958), preko glinovito-peskovitih sedimenata Brajkovca i Dudovice leže grubo-klastični sedimenti (pesak, šljunak, blokovi) i pripadaju »verovatno donjem panonu«. Sličan utisak dobija se prilikom razmatranja odnosa glinovito-peskovitih sedimenata i grubo-klastičnog detritusa u predelu Belanovičkog basena, južno od granitskog masiva planine Bukulje. Međutim, rudarskim istražnim radovima i bušenjem je utvrđeno da grubo klastične tvorevine (konglomerati-blokovi) čine severnu priobalsku faciju celokupne serije sedimenata ispitivanog dela Belanovičkog basena, koja je formirana istovremeno kad i glinovito-peskoviti sedimenti (sl. 1). Izgleda da je isti slučaj i u predelu pomenutog neogenog basena južno od brajkovačkog granitskog masiva, jer je prilikom ispitivanja tog terena konstatovano da se ovde radi o sličnom tipu razvića miocenskih sedimenata u potpuno istim uslovima njihovog formiranja kakvi su postojali i u istraživanom predelu južno od bukuljskog granitskog masiva. Veza između Mioničkog i Belanovičkog basena prekida se u donjem sarmatu, jer sedimenti, koji bi odgovarali nešto višim horizontima gornjeg miocena u Mioničkom basenu, nisu konstatovani u ispitivanom delu Belanovičkog basena. Verovatno da se sedimentacija nastavlja i u Belanovičkom basenu nakon prekida pomenute veze, ali se u ovom basenu formiraju jezerski sedimenti, koje ne možemo identifikovati s istodobno stvaranim sedimentima u Mioničkom basenu.

Prema granulometrijskom sastavu, uslovima i mestu razvića, u ispitivanom delu basena, južno od granitskog masiva planine Bukulje, izdvojene su dve facije sedimenata:

— facija peskovitih glina i peščara i
— facija konglomerata i peščara

Između ovih dveju facija ne postoji oštra granica (pr. 1). Prelazna zona između njih odlikuje se kako horizontalnim tako i vertikalnim čestim smenjivanjima članova jedne i druge facije. Na terenu je prelazna zona markirana pojavom klizišta. Idući dalje od ove prelazne zone, prema centralnim delovima izdvojenih facija, sedimenti se sve više odlikuju onim osobinama na osnovu kojih je izvršena njihova podela.

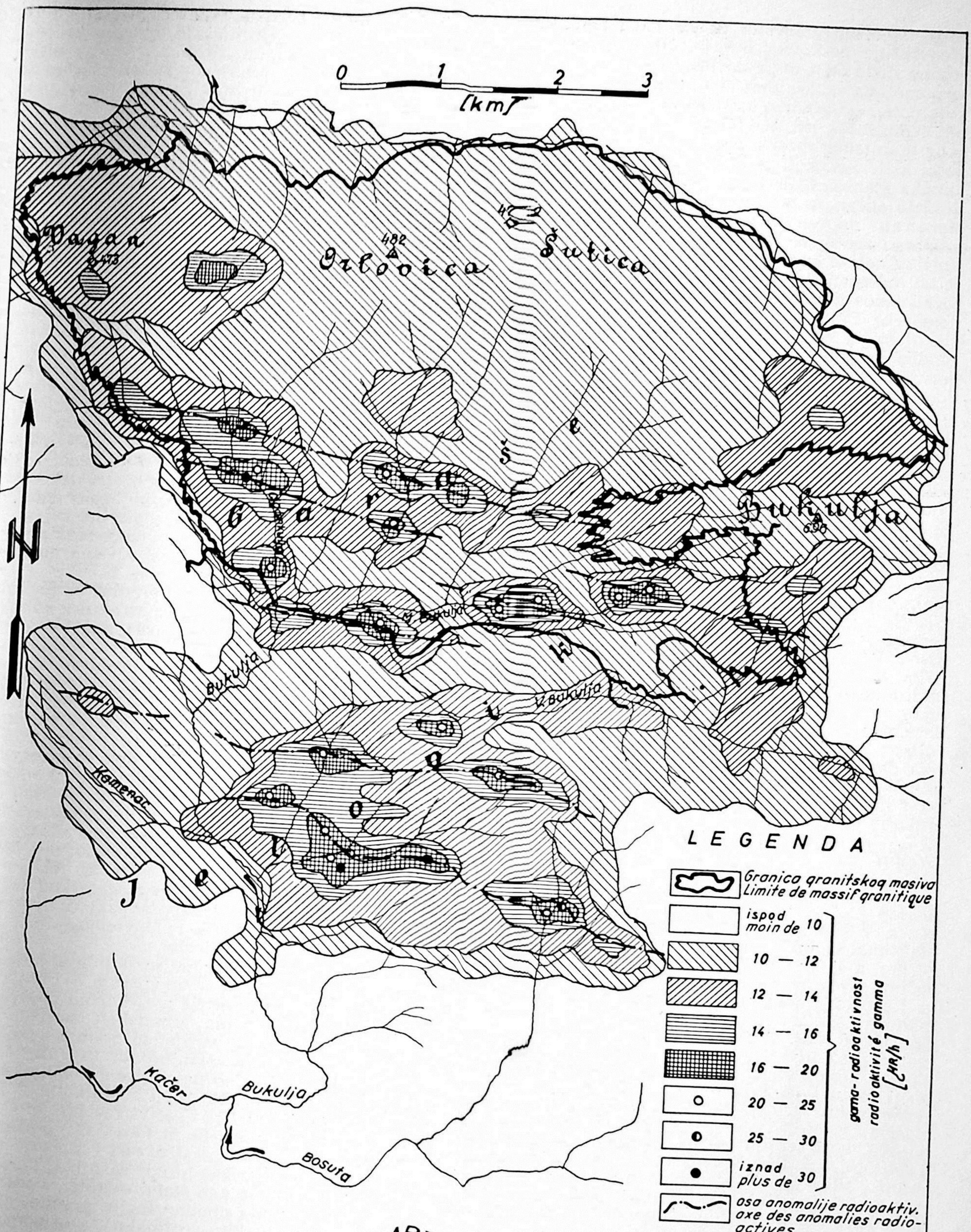
Facija peskovitih glina i peščara je razvijena u južnom delu basena. Najvećim delom je izgrađuju sive i sivozelenkaste peskovite gline, sivi glinoviti peskovi i slabo vezani peščari. U njima se mestimično nalaze proslojci i mala sočiva uglja. Prostorni raspored formiranja ovih sedimenata uslovljen je ne samo većom dubinom basena, već i položajem erozionih područja i dužinom transporta detritusa. Zato su oni deponovani i u priobalskim delovima na jugu basena, gde transgr sivno naležu preko tvorevina kredne flišne seri (donji tokovi Vrlaje, Bobovika, Živkovačke rek itd.). Povremeno opšte oplićavanje basena pred sponiralo je stvaranje ovih sedimenata i u vrl plitkovodnim uslovima. Taloženje je tada vršen u vodenoj sredini koja je predstavljala prostran baruštinu ne samo u priobalskim delovima jezera već i njegovom centru. Na to ukazuju talasaste površine slojevitosti glinovitih proslojaka, zatim biljni ostaci, itd. Rečni tokovi su prodirali čak i u centralne delove razvića sedimenata ove facije. Usled toga se često nailazi na kosu ukrštenu slojevitost i pojave malih partija konglomerata (mestimično s muglama uglja) unutar peskovitih glina i peščara.

Facija konglomerata i peščara je formirana u tipičnom priobalskom regionu severnog dela basena. Za konglomerate i peščare ove facije vezane su mnogobrojne pojave uranske mineralizacije. One su raspoređene u onom delu serije ovih sedimenata, koji se nalazi u blizini prelazne zone između izdvojenih facija, ili koji delimično zahvata i samu prelaznu zonu (pr. 1). Tu se zapaža izrazito bočno i vertikalno smenjivanje peskovitih glina, glinovitih peščara i slabo vezanih konglomerata različite krupnoće zrna. Ovi sedimenti su mestimično nosioci ugljevite materije, ili se u njima nalaze proslojci i sočiva uglja. Unutar slabo vezanih, uslojenih ili neuslojenih konglomerata, često se zapažaju slojevi ili sočiva kompaktnog sivog peščara, koji je izgrađen pretežno od kvarca (Šljivica). U konglomeratima se nalaze i fragmenti ugljenisanog drveća i uranonosne mugle uglja (Bobovik).

Veliki udeo u građi ove facije sačinjava grubo-klastičan, slabo vezan, neuslojen materijal, bez vidnih tragova dužeg transporta. U njemu se klasiranje fragmenata prema krupnoći zrna vrlo retko primećuje. Veličina prisutnih odlomaka varira od nekoliko milimetara do preko 1 m. Sreću se granitski blokovi čiji prečnici dostižu i po nekoliko metara (Rudmanovo, Bačko brdo). Prema tome opisane partije sedimenata pre bi odgovarale drobini — šutnom materijalu — nego konglomeratima. Upravo zato su svi raniji istraživači ovog područja veliki predeo neogenog basena, gde se pojavljuju takve partije, izdvojili kao granite — Bačko brdo, Jelovičke strane, Rudmanovo i Kolibine. Međutim, zadnjim terenskim promatranjima utvrđeno je da se opisane partije sedimenata smenjuju s pravim, uslojenim konglomeratima različite krupnoće zrna, koji preko krupnozrnih i sitnozrnih peščara prelaze mestimično čak i glinovite peščare. Ovome idu u prilog i podaci dobijeni rudarskim istražnim radovima i bušenjima. Tako je, na primer, Bačko brdo izgrađeno velikim delom od konglomerata — blokova, a na njegovoj južnoj padini bušotina prolazi kroz neogen nekoliko stotina metara.

Kvartarni sedimenti

Kvartarni sedimenti su znatno razvijeni n skoro celoj površini ispitivane oblasti. Oni čin relativno moćan pokrivač starijih stena, čak i u istaknutijim delovima reljefa na ovom terenu. Viši predeli padina su obično zastrveni slabo ve zanom drobinom, preko koje se nalazi rastresi humus moćnosti do 1 m. U predelima ovalni



SI.2 - RADIOMETRISKA KARTA - AUTOMOBILSKA PROSPEKCIJA
CARTE RADIOMETRIQUE - PROSPECTION AUTOPORTÉE

kosa, na nižim delovima padina i u podnožjima preovlađuje peskovita ilovača, čija moćnost postupno raste od 1 m pa dostiže i 5—10 m. Ilovača je pomešana sa sitnijom ili krupnijom drobinom, koja potiče od granita, kristalastih škriljaca, krednih sedimenata itd. Na južnim padinama bukuljskog granitskog masiva mestimično se može naći šutni materijal, koji je izgrađen isključivo od odlomaka granita. Grub kvartarni aglomerat u ovom predelu sličan je po izgledu slabo vezanom konglomeratu miocena. I jedan i drugi sadrže vrlo neznatno zaobljene fragmente granita, među kojima se nalaze krupni samci — blokovi granita i, retko, odlomci kristalastih škriljaca. Rečni i potočni nanos ima znatnu moćnost, naročito u predelu reke Bukulje i njenih pritoka. Ova reka je već dostigla erozionu terminantu, tako da vertikalna erozija zahvata i otkriva samo terene u gornjim tokovima njenih pritoka, dok su njihovi donji delovi većinom zaplavljeni peskovito-šljunkovitim nanosom. Moćnost aluviona reke Bukulje dostiže oko 10 do preko 30 m. Skoro sve doline donjih tokova potoka koji se ulivaju u Bukulju, a takođe i njena dolina, zastrvene su glinovitim pokrivačem. Ova reka predstavlja sabirnicu materijala, koji potiče iz svih vrsta stena koje učestvuju u geološkoj građi ispitivanog terena.

Ispitivanja nanosa reke Bukulje i njenih pritoka vršena su 1952. godine, prilikom izvođenja regionalne pešačke prospekcije urana. Podaci merenja radioaktivnosti šlihova pokazali su znatnu varijaciju intenziteta, koja je posledica različite koncentracije radioaktivnih petrogenih minerala (M. Ristić, 1952). U vezi s ovim podacima nije se moglo ništa reći o uranskoj mineralizaciji u slivnom području Bukulje, što ukazuje na neefikasnost primene ove metode kod prospekcije urana. Ni mineraloška ispitivanja nanosa nisu dala bolje rezultate u vezi s ovom prospekcijom, ali su pokazala da nanos reke Bukulje sadrži skoro sve minerale koji ulaze u sastav petrografskih članova od kojih je izgrađen teren šire okoline planine Bukulje (S. Maksimović, 1957).

Graniti

Graniti se javljaju u vidu masiva izduženog u pravcu ZSZ — IJI, saglasno pružanju planinskog venca Vagan — Orlovica — Šutica — Bukulja. Maksimalna dužina otkrivenog plutona iznosi oko 10 km, a širina oko 5 km. Prema ranijim istraživačima ovog područja graniti zauzimaju daleko veći prostor i dopiru na jug sve do podnožja Rudmanova (škola u s. Jeloviku), zauzimajući površinu od 60 km². Međutim, zadnjim terenskim razmatranjima utvrđeno je da se graniti pojavljuju na površini od svega 35 km² i da se njihovi krajnji južni izdanci javljaju u predelu Paun stene (severne padine Jelovičkih strana). Van pomenutog masiva, graniti su još otkriveni u Kondžulovića potoku, koji svojim gornjim tokom prolazi kroz paleozoik, a donjim kroz neogen. Ovde se kataklazirani i silifikovani izdanci granita pojavljuju na vrlo maloj površini (50×50 m) i nalaze se u neposrednoj blizini rasedne zone pravca pružanja ZSZ — IJI. Dalja istraživanja će pokazati da li ovi izdanci pripadaju centralnom granitskom telu ili su u pitanju apofize.

Bukuljski graniti su duboko zahvaćeni površinskom alteracijom. U raspadnutim partijama često se zapažaju vertikalni odseci visine i preko 10 m, duž kojih se odronjavaju ogromne količine sasvim trošnog granita (Rečica). Veoma niske vrednosti prividnog specifičnog električnog otpora odnose se na veliki prostor granita. Prema ovoj fizičkoj osobini intenzivno alterisani graniti se skoro ne razlikuju od slabo vezanih konglomerata i peščara neogena. To se naročito odnosi na predeo granita u području sela Garaša, gde su tektonski poremećaji mehanički oslabili veliki deo masiva i stvorili mnogobrojne prsline i pukotine, što je predisponiralo obimnu površinsku alteraciju. Osim toga, intenzivnijem raspadanju granita doprinele su i vode neogenog zaliva, koji je duboko zalazio u područje granita, o čemu govore neerodovani zaostaci odgovarajućih sedimenata (pr. 1).

Granitski masiv planine Bukulje je relativno malo erodovan. Na to ukazuju nerazoreni ostaci kontaktno-metamorfne krovine u širem predelu kote 696, zatim na levoj obali reke Cigankulje itd. Za vreme formiranja krednih sedimenata granitski masiv nije bio otkriven. Naime, u konglomeratima krede nedaleko od masiva (Risovača) nisu nađeni fragmenti granita. Verovatno da erozija i denudacija granita počinju tek u miocenu. To se može zaključiti prema podacima iz strukturne bušotine na Bačkom brdu, prema kojima u dubljim delovima neogena preovlađuje materijal koji vodi poreklo od krednih sedimenata, paleozojskih škriljaca, ređe od granita, a tek se u višim nivoima češće zapažaju fragmenti granita.

Veličina zrna bukuljskih granita je prilično varijabilna. Najčešće je njihova struktura normalno zrnasta (centralni deo masiva), mada su česte i vrlo krupnozrne partije (Paun stena, Podgroblje, itd.). Porfiroidni varijeteti su, međutim, znatno ređi i obično se nalaze u obodnim delovima masiva (potok Bare, M. Bukulja, itd.). S obzirom na učešće bojenih sastojaka, ovde se najčešće zapažaju obični, dvoliskunski graniti. Veliki prostor zauzimaju i biotitski varijeteti, dok su muskovitski graniti vrlo retki. U normalnim, dvoliskunskim granitima planine Bukulje, kao bitni minerali nalaze se kvarc, feldspat (mikroklin, ortoklas i kiseli plagioklasi), biotit i muskovit, a od akcesornih apatit i cirkon. Prema V. Mijuškoviću, ove stene odgovaraju kalkoalkalnim granitima, dok su alkalni graniti znatno ređi. Tip magme kod većine bukuljskih granita je leukogranitski (aplit-granit do jozemit-granit), znatno ređe trondhemitski (natrogranit i leukokvarcdiorit).

Graniti ovog područja se odlikuju pojavom sitnozrnih, aplitoidnih stena (prema S. Uroševiću 1899, »granuliti«), koje se mestimično pojavljuju u perifernim delovima granitskog masiva. One predstavljaju svetlije varijetete granita u kojima se procenat biotita smanjuje ili izostaje. Naročito je karakteristično pojavljivanje ovih stena u paleozojskom omotaču granita (Bukulja, Vagan, Cigankulja) u vidu žica i sočiva različite moćnosti (od 0,1 m do preko 10 metara). Od normalnih granita razlikuju se po strukturi (sitnozrniji su) i odsustvom biotita kao bitnog sastojka. Turmalin i granat javljaju se kao stalni sastojci. Aplitoidne stene predstavljaju obodnu faciju granita, obogaćenu pneumatolitskim (turmalin), a osiromašenu feromagnezijskim (biotit) mineralima.

Za granitski masiv planine Bukulje vezana je pojava mnogobrojnih pegmatitskih, aplitskih, zatim kvarc-feldspatskih i kvarcnih žica i sočiva

Pegmatiti se često nalaze unutar granitskog masiva. Javljaju se u obliku žica različite moćnosti — od nekoliko santimetara do 1 m. U njihovom mineralnom sastavu učestvuju kvarc, feldspat i muskovit, a vrlo retko biotit i to obično na salbandama žica u vidu krupnih liski (Babića rt). Često su prisutni granat i turmalin, dok je beril samo mestimično zapažen (Veliki Majdan). Pegmatiti se nalaze i u obodnim kristalastim stenama, gde su obično male moćnosti. U njima liskun mestimično izostaje, te čine prelaz ka *kvarc-feldspatskim* žicama. U ovima se sreću krupni kristali turmalina (do 10 cm). *Apliti* se javljaju češće u severnom nego u južnom delu masiva. Male su moćnosti, koja retko prelazi 20 cm. Sitnozrni su i skoro uvek sadrže ružičaste granate. Na severnim padinama postoje pojave postupnog prelaza aplita u pegmatit, što je još ranije zapazio M. Ilić (1950). *Kvarcne žice i sočiva* su konstatovane kako u granitima tako i u okolnim metamorfnim stenama. Njihova moćnost se kreće od nekoliko santimetara do nekoliko metara.

Bukuljski graniti se ne izdvajaju od niza ostalih naših granita (Cer, Stara planina, Jastrebac, Motajica, Kopaonik, Kosmaj, Brajkovac, itd.) u pogledu klarkovog sadržaja urana, ali se odlikuju znatnim procentom rastvorenog urana. Ova njihova osobina predstavlja povoljnu okolnost s obzirom na mogućnost remobilizacije ogromne količine urana u granitskom masivu, posredstvom bilo endogenih bilo egzogenih faktora i njegove naknadne koncentracije u geohemijski povoljnim sredinama. Za žične pratioce granita može se reći da se u smislu uranske mineralizacije ne razlikuju od okolnih stena u koje su injektovane. Izuzetak čine samo pojedine pegmatitske žice, koje su nosioci nešto veće koncentracije primarnih uranovih minerala (Šutica), ali u tom pogledu nisu od interesa.

Dacito-andeziti

Dacito-andeziti probijaju paleozojske škriljce i kredne sedimente i javljaju se u vidu manjih masa, koje su otkrivene na nekoliko mesta u jugozapadnom delu ispitivanog terena. U njima se mogu makroskopski pratiti prelazi od dacita ka andezitima. Odlikuju se relativno visokim sadržajem radioaktivnih petrogenih minerala i predstavljaju najradioaktivnije stene ovog područja. Zahvaljujući tome, mogu se lako indicirati pri izvođenju gama prospekcije, čak i u slučajevima kad su maskirane humusom. Na otvorenim profilima zapažaju se pojave intenzivne propilitizacije. Akcije hidrotermalne geofaze magmatskog procesa zahvatile su kako dacito-andezite tako i okolne stene. Hidrotermalna alteracija je naročito izražena u predelu rasednih zona, koje su u blizini dacito-andezitskih proboja (Živkovci). Vulkanske breče i tufovi su zapaženi samo u predelu reke Onjeg, gde su zasečeni jednim potokom na dužini od oko 100 metara.

Za odredbu starosti ovih eruptivnih stena može donekle poslužiti njihov odnos prema neogenim sedimentima. U Živkovačkoj reci i u blizini sastava reke Bukulje i Bosute, dacito-andeziti su po obodu pokriveni miocenskim konglomeratima, peščarima i peskovitim glinama (pr. 1). Mada nema izrazito otkrivenih profila, na kojima se mogu jasno osmatrati ti odnosi, ipak se uočava da u pomenutim sedimentima nema promena koje bi bile kontaktno-metamorfne prirode, po čemu se vidi da su oni mlađi od dacito-andezita. Osim toga, u bližoj okolini je konstatovano da se u sedimentima miocena mestimično nalaze fragmenti ovih magmatskih stena. Prema tome, vulkanizam, koji je dao dacito-andezite, breče i tufove, pada u doba pre taloženja sedimenata, čija starost odgovara prelazu gornji torton — donji sarmat.

Tektonski sklop

Tektonski sklop šireg područja planine Bukulje predstavlja problem, čije konačno razjašnjenje zahteva detaljnije proučavanje čitave oblasti paleozojskog terena, od Venčaca na istoku do blizu Lajkovca na zapadu. Kako zadnja ispitivanja geološko-tektonskih odnosa obuhvataju samo centralni deo te oblasti, to se od njih ne može očekivati dovoljno podataka za tačniju rekonstrukciju tektonskog sklopa šireg područja Bukulje. Ipak se na osnovu niza novodobijenih elemenata mogu prikazati osnovne crte tektonskih zbivanja u ovom predelu.

Da bi se određenije interpretirali terenski podaci o geološko-tektonskim odnosima u ovoj oblasti, postavlja se u prvom redu odredba starosti bukuljskih granita. Po tom pitanju data su različita mišljenja od strane ranijih istraživača. Prema A. Pilgeru starost bukuljskih granita odgovara starijem tercijaru ili kredi, a F. Kossmat smatra da je njihova intruzija izvršena u toku krede. J. Žujović (1924) ih uvršćava u paleozojske granite i pretpostavlja da su karbonske starosti. Na osnovu razmatranja V. Simića (1953) vidi se da su stavljeni u grupu starijih granita, koji su »utisnuti u karbonske naslage ili paleozojske uopšte, kao što su gromade Osogova, Jastrepca, Cera, Neresnice itd.«, čije intruzije padaju u doba variscijske orogeneze.

Izneta različita mišljenja su posledica činjenice da još uvek nisu nađeni pouzdani dokazi za starost bukuljskih granita. Tačnije vreme njihovog utiskivanja teško je odrediti na osnovu terenskih razmatranja odnosa granitskog masiva prema susednim geološkim formacijama. Kontaktno-metamorfni uticaj intruzije prostire se samo na paleozojski omotač i nigde ne obuhvata kredne sedimente, iako su ovi mestimično nedaleko od granitskog masiva (Partizani, Risovača). Napred je već naglašeno da u krednim sedimentima nigde nisu zapaženi fragmenti granita, što ukazuje da granitski pluton verovatno nije bio otkriven kada su u ovom području formirane kredne tvorevine. Odnos granita prema paleozoiku i kredi na južnom i severnom obodu masiva je nemoguće razmatrati, jer su graniti s tih strana zaplavljeni moćnom serijom neogenih sedimenata (pr. 1). Terenski podaci ukazuju da je granitska intruzija najverovatnije starija od donje krede, ali oni ne omogućavaju jasan odgovor na to pitanje. Prema tome, rešenje postavljenog problema može se jedino ostvariti određivanjem apsolutne starosti granita.

Na tome je radio S. Miholić (1950) primenjujući metodu »olova« i metodu »stroncijuma«. Prvom metodom dobijeni su sasvim nepouzdani podaci (za granit 430×10^6, a za »granulit« 1.810×10^6 god.). Rezultati primene metode »stroncijuma« su

svakako sigurniji. Prema njima, apsolutna starost kako granita tako i »granulita« iznosi 185×10^6 godina, što bi na osnovu današnjeg shvatanja o apsolutnoj starosti pojedinih geoloških perioda odgovaralo trijasu. Mada ni ovaj podatak ne može bez rezerve biti prihvaćen, dok se ne izvrši naknadno određivanje apsolutne starosti, ipak je on najpribližniji pretpostavkama autora, čije je mišljenje da su bukuljski graniti paleozojske starosti. Prema tome, može se smatrati da njihova intruzija pada u doba mlađeg paleozoika, tj. za vreme krajnjih faza hercinske orogeneze.

Formiranje osnovnih struktura, kao i regionalno metamorfisanje paleozojskih sedimenata u ovom području, vršeno je za vreme hercinske orogeneze. O tektonskim pokretima iz tog geološkog doba ne može se ništa određenije govoriti, jer se na osnovu terenskih razmatranja vidi da su njihovi tragovi uništeni ili zamaskirani kasnijom magmatskom aktivnošću i snažnim alpskim ubiranjem i rasedanjem. Intruzija granitskog plutona Bukulje prouzrokovala je pomeranje glavnih osa nabora paleozojskih stena na širem području, tako da se za ispitivani predeo, na osnovu dosadašnjih radova, ne može tačnije utvrditi čak ni generalni pravac pružanja kristalastih škriljaca (pr. 1). Iz tog doba (najmlađe hercinske faze) datiraju prvi pokreti, koji su uslovili izdizanje današnjeg paleozojskog terena.

U ispitivanim delovima paleozojskih škriljaca, gnajseva i granita, od strukturnih elemenata najbolje su izraženi folijacija i pukotine. Folijacija se naročito dobro ističe u kristalastim škriljcima. Uopšte uzev, raspored elemenata padova ovih stena je periklinalan, tako da se pravci pružanja i padova poklapaju s osnovnim konturama oboda granitskog masiva. Folijacija je daleko slabije izražena u granitima, i to samo u obodnim delovima, gde se sreću partije gnajs-granita. Pukotine su mnogo češći i izraženiji strukturni element u granitima nego u obodnim kristalastim stenama. Njihova dužina varira od nekoliko metara do preko 10 metara. Kao starije mogu se sa sigurnošću označiti samo one u koje su utisnuti žični pratioci granita (pegmatiti, apliti, itd.). Raspoređene su po čitavom masivu bez nekog uočljivog grupisanja u pojedinim delovima otkrivenog plutona. U okolnim paleozojskim stenama znatno su ređe i manje moćnosti. Pored ovih zapažaju se i pukotine, koje su ispunjene glinovitim materijalom ili su otvorene. Izdvajanje pukotina po starosti je teško, jer se sa starijim strukturnim elementima deformacija mešaju elementi mlađih tektonskih poremećaja. Na osnovu dosadašnjeg stepena istraženosti unutrašnjeg tektonskog sklopa intruziva, njegovog položaja i odnosa prema susednim stenama, ne može se ništa pouzdano reći o njegovom obliku i dimenzijama. U pogledu uranske mineralizacije za sada se može konstatovati da su pukotine, čija starost odgovara krajnjim fazama hercinske orogeneze, sterilne.

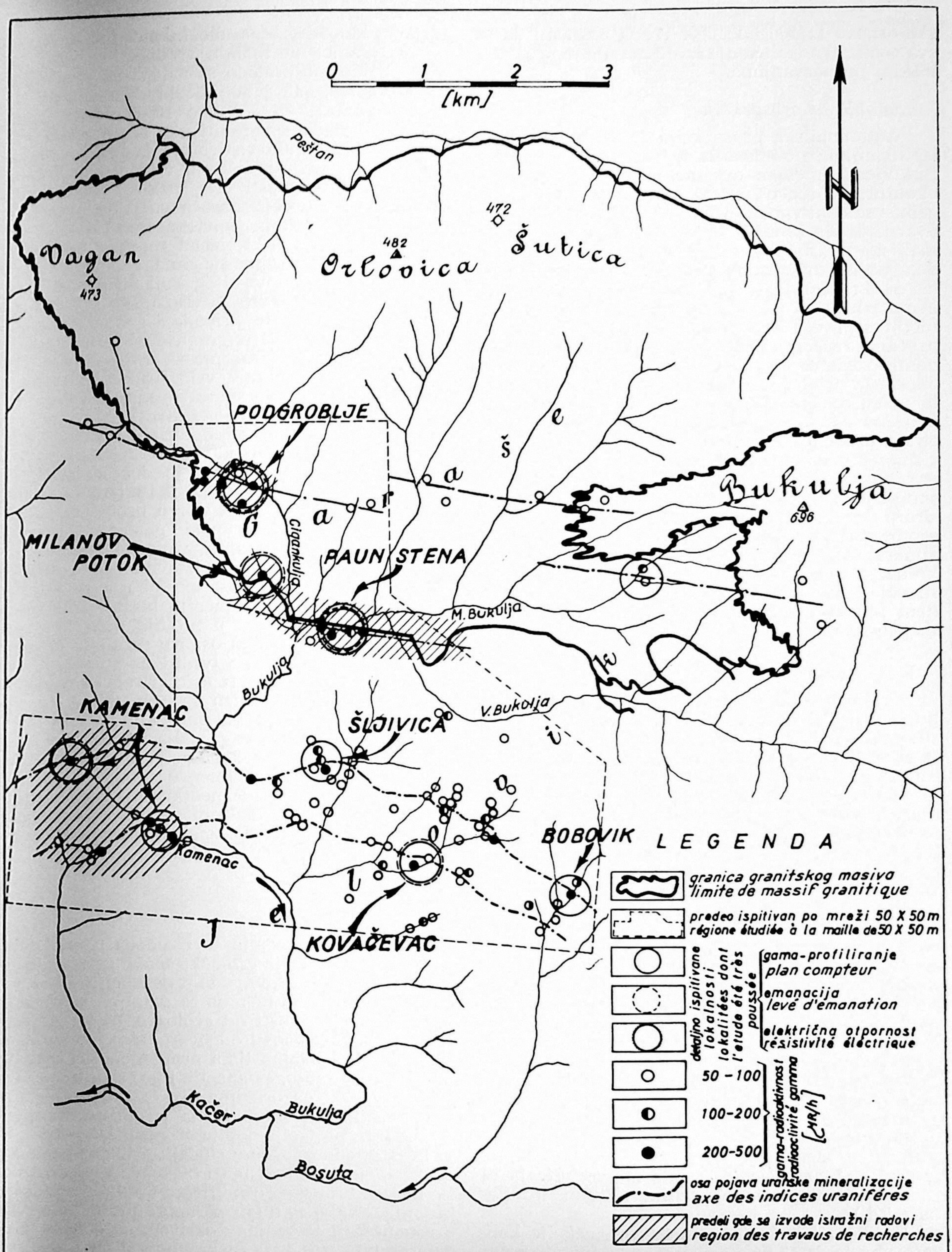
Mlađi tektonski poremećaji su daleko više izraženi i pripadaju alpskom orogenom ciklusu. Glavna tektonska pomeranja događala su se u postkrednim fazama pomenute orogeneze. Tačnije vreme njihovog zbivanja teže je odrediti, pošto je šira oblast Bukulje bila kopno verovatno od gornje krede pa sve do srednjeg miocena. Najverovatnije da ovi pokreti odgovaraju laramijskoj i pirinejskoj fazi. U kasnijim fazama alpske orogeneze (savska i štajerska) odigrali su se uglavnom radijalni poremećaji. Oni su deformisali ranije stvorene plikativne strukture, formirali nove ili oživeli već postojeće dislokacije. U ovim fazama formiran je konačan strukturni sklop ispitivanog terena. Duž dislokacija na severnom i južnom obodu granitskog masiva dolazi do stepenastog spuštanja terena i stvaranja depresija, koje su u toku neogena ispunjene odgovarajućim sedimentima. Između Aranđelovačkog i Belanovičkog basena proteže se planinski venac — horst — u čiji sastav ulaze bukuljski graniti i paleozojske stene na istoku i zapadu od granitskog masiva (pr. 1). U krajnjem severnom i južnom delu tog masiva nalaze se sistemi skoro paralelnih raseda, od kojih su neki prekriveni neogenim sedimentima. Među prostori ovih raseda izgrađeni su od mehanički zdruzganog i milonitiziranog materijala, koji u predelu granita zahvata prostore, čije širine dostižu i preko jedan kilometar (sl. 1).

Na ispitivanom terenu ističu se prema svojim razmerama tri dislokacije. Najsevernija prolazi podnožjem grebena Vagan — Orlovica — Šutica — Bukulja i markirana je nizom izvora kiselih voda, kojima pripadaju i aranđelovački izvori, od kojih su neki topli. Druga je utvrđena u predelu reke Onjeg, na Paun steni i u V. Bukulji, a dalje prema istoku, obeležena je izvorima kiselih voda (pr. 1). Treća dislokacija se pruža južnim obodom Belanovičke depresije, gde je na nekoliko mesta predisponirala proboje dacito-andezita i duž koje je spušten južni deo pomenute depresije. Docniji tektonski poremećaji nisu znatnije uticali na opšti sklop ovog terena. To se ogleda u horizontalnom položaju miocenskih sedimenata, koji su vrlo neznatno radijalno pomerani (skokovi do 1 m), iako je tonjenje dna basena teklo uporedo sa sedimentacijom.

U pogledu uranskog orudnjenja za sada su od interesa rasedne zone koje se nalaze južno od grebena Vagan — Orlovica — Šutica — Bukulja. Najveći broj zona otkriven je geofizičkim ispitivanjima, a kasnije potvrđen rudarskim radovima i bušenjem. Njihov opšti pravac pružanja je ZSZ — IJI sa strmim padom u južno polje (Paun stena — Rečica, Podgroblje). Moćnost rasednih zona je od nekoliko metara do preko 20 m, te predstavljaju dislokacije većih razmera. Pojedine od njih se prostiru i po nekoliko kilometara. Otkriven je niz raseda čiji pravac pružanja odstupa od prethodno naznačenog. Među njima se naročito ističe rasedna zona u Milanovom potoku, sa pravcem pružanja SSZ — JJI. Moćnost ove rasedne zone je oko 20 m, a pada pod strmim uglom u zapadno polje. Još treba pomenuti rasede u izvorišnom delu Šutičkog potoka, čiji je pravac pružanja SSI — JJZ.

PRIMENJENE METODE ISTRAŽIVANJA I EFIKASNOST POJEDINIH METODA

Kod istraživanja urana u oblasti planine Bukulje primenjena su regionalna i detaljna geofizička ispitivanja. Regionalna ispitivanja polja gama-radioaktivnosti su vršena izvođenjem automobilske i pešačke prospekcije. Pri tome su korišćene topografske osnove 1:50000 i 1:25000. Kod detaljnih ispitivanja primenjivane su tri metode gama-profiliranje, emanacija i metoda električne otpornosti. Za ova ispitivanja služile su topogra



Sl.3 - KARTA POJAVA URANSKE MINERALIZACIJE - pešačka prospekcija
CARTE DES INDICES URANIFÉRES - PPOSPECTION A PIED

ske osnove 1:2500 i 1:1000. Treba naglasiti da su sva geofizička ispitivanja izvođena uporedo sa geološkim proučavanjima.

Automobilska prospekcija

Automobilska prospekcija je prethodila svim ispitivanjima i obuhvatila je širu okolinu planine Bukulje. Primenom ove metode vrlo je uspešno okonturen predeo opšteg povećanja intenziteta gama-radioaktivnosti. Unutar prostora koji obuhvata izorada 10 nR/h, jasno se izdvajaju dva anomalijska područja (sl. 2). Prvo se odnosi na južni deo granitskog masiva Bukulje i obodne kristalaste škriljce. Prostorni raspored anomalija u ovom području ukazuje na njihovu opštu orijentaciju u pravcu ZSZ — IJI, što odgovara pravcu pružanja rasednih zona, u čijem su predelu uglavnom i registrovane. Drugo anomalijsko područje obuhvata priobalski region miocenskih sedimenata južno od granitskog masiva. Tu su vrlo jasno izražene dve ose anomalija, koje približno indiciraju uranonosne nivoe na 280 i 320 m apsolutne visine. Efikasnost ove metode prilikom izvođenja regionalne prospekcije na terenu Bukulje vrlo jasno se ilustruje na priloženoj slici, tako da je opširniji komentar izlišan. Iako je ispitivani teren veoma pokriven, glavna područja pojava uranske mineralizacije uspešno su okonturena za relativno kratak vremenski period. Na taj način izdvojeni su uži predeli za primenu ostalih metoda u daljem redosledu istraživanja i pronalaženja uranskog orudnjenja.

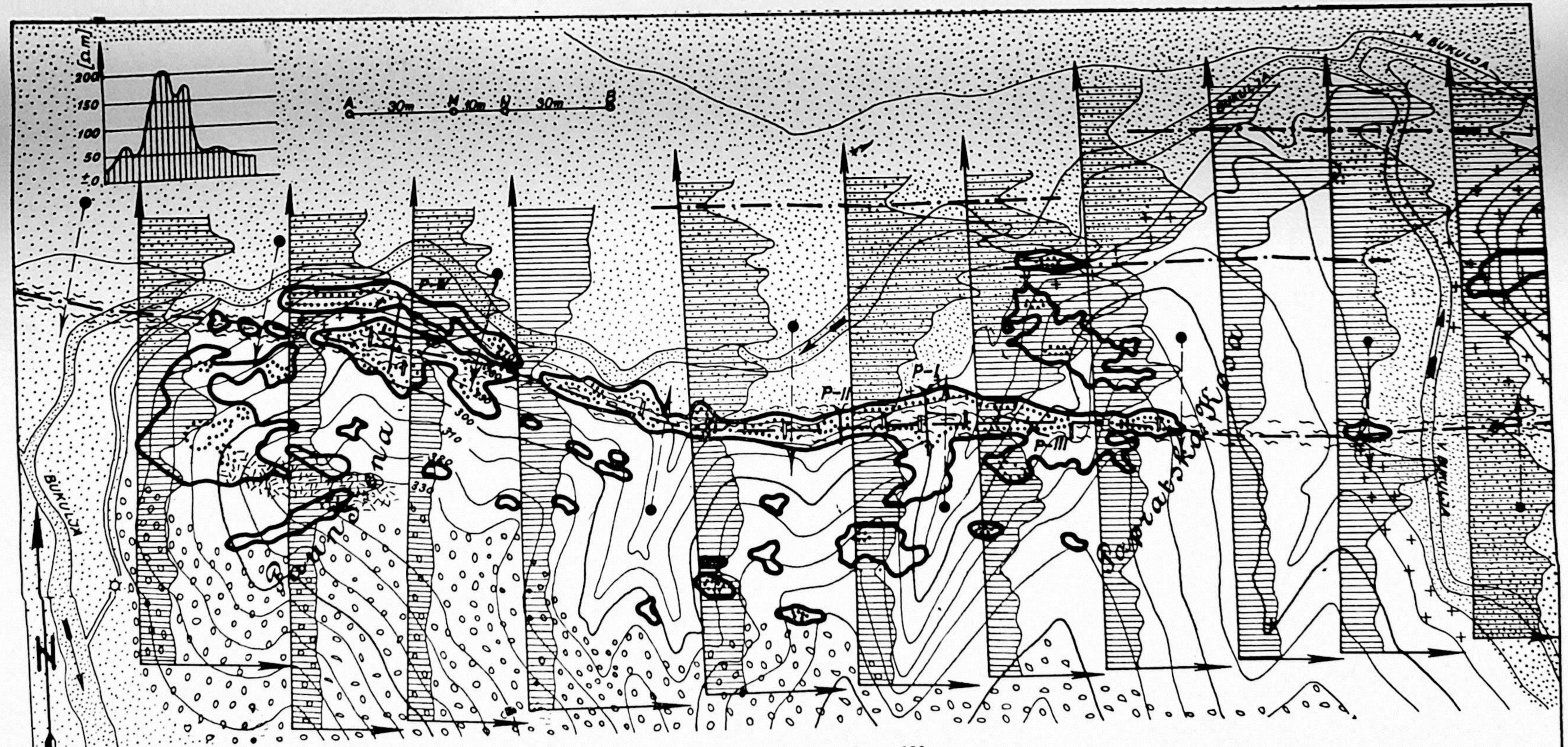
Pešačka gama-prospekcija

Pešačka gama-prospekcija je primenjena u cilju tačnijeg lokalizovanja anomalija radioaktivnosti. Ova ispitivanja su obuhvatila napred pomenuta anomalijska područja, izdvojena na osnovu rezultata automobilske prospekcije. Tom prilikom je otkriven znatan broj pojava uranske mineralizacije, kako u predelu granita i obodnih paleozojskih stena, tako i u miocenskim sedimentima (sl. 3). U daljem procesu ispitivanja polja gama-zračenja, izdvojeni su pojedini delovi terena za merenja po gušćoj mreži tačaka (50×50 m), što je doprinelo otkrivanju niza novih anomalija. Upoređujući rezultate dobijene primenom automobilske i pešačke prospekcije vidi se da ose pojava uranske mineralizacije indicirane pešačkom prospekcijom (sl. 3) približno odgovaraju osama anomalija registrovanih automobilskom prospekcijom (sl. 2). Uočljivo je da orudnjenje u predelu potoka Kamenca nije jasno zapaženo merenjima iz automobila, već je otkriveno pešačkom prospekcijom, koja je usledila kao provera ovog dela terena, obuhvaćenog izoradom 10 nR/h (sl. 2). Uporedna razmatranja pokazuju još da neke anomalije, dobijene automobilskom prospekcijom u području granita, ne odgovaraju pojavama uranske mineralizacije, već su posledica topografskog uticaja ili izdanaka (kamenolomi) granita (Vagan, M. Bukulja itd.).

Prilikom izvođenja pešačke prospekcije konstatovano je da se vrlo retko sreću mineralizovani izdanci, jer je predeo jako pokriven, naročito u području granita. I ovim ispitivanjima registrovani su uglavnom mehanički i soni oreoli rasejavanja, bilo da se radi o području granita ili o području miocenskih sedimenata. Na oba područja anomalijske vrednosti gama-radioaktivnosti se kreću o gornje granice normalnih vrednosti do oko 5(nR/h. Samo mestimično se nailazi na mineralizvane izdanke, gde gama+beta-radioaktivnosti d stižu vrednosti od 3000 do 10000 nR/h (Ciga kulja-škriljci, Vagan-graniti). Za anomalijsko po ručje granita karakteristično je da se pojave ura ske mineralizacije indiciraju vrlo niskim vredn stima radioaktivnosti. Na nekim lokalnostim orudnjenja su uočena na osnovu jedva primetn povećanja intenziteta gama-zračenja (Milanov p tok, M. Bukulja itd.), iznad moćnog humusnc pokrivača. Na takvim mestima anomalije mog imati tako nizak intenzitet, koji ne prelazi vre nost od 20 nR/h. Zato je vrlo teško izdvojiti r dioaktivnosti koje bi pripadale anomalijama, o onih koje se kreću u granicama variranja no malnog polja gama-zračenja za ovo područje. Pr sutne stene se odlikuju vrlo širokim intervalor promena normalnih vrednosti radioaktivnosti, na ročito kad su u pitanju graniti. Gama-radioakti nosti njihovih izdanaka i humusnog pokrivača kr ću se od 8 do 25 nR/h, što je posledica intenzivn površinske alteracije, koja je duboko zahvatil granitski masiv. S tim u vezi je i migracija urana koja prouzrokuje veoma složen proces raspodel urana u površinskim delovima pomenutog masiva Iz pojedinih partija granita primarni uran je u ve likoj meri ispran, dok je istovremeno u drugim delovima sekundarno znatno obogaćen. Ovakv pojave onemogućavaju tačniju klasifikaciju uoče nih anomalija, kad su u pitanju niže vrednost radioaktivnosti. Zato na osnovu rezultata pešačk prospekcije ne možemo tvrditi da su sve pojav orudnjenja na ovom terenu otkrivene. Efikasnos metode ima svoju granicu u zavisnosti od stepen pokrivenosti, koji je na području Bukulje rel tivno visok. Usled toga su dalja istraživanja ovo terena usmerena na korišćenje drugih metod (geo-električna, emanaciona, uranometrijska) ka ko bi se uočile do sada neotkrivene pojave ura ske mineralizacije, ili da bi se s izvesnom sigur nošću konstatovalo da značajnije pojave ura skog orudnjenja više ne postoje.

Detaljna ispitivanja

Detaljna ispitivanja su izvođena u predelim odabranih anomalija radioaktivnosti izdvojenih n osnovu rezultata regionalne prospekcije. Izbor p jedinih geofizičkih metoda za detaljna ispitivanj vršen je u zavisnosti od geološke građe, stepen i prirode pokrivenosti odgovarajućeg terena. Za su na nekim lokalnostima primenjene tri meto (gama-profiliranje, emanacija i geo-električno pr filiranje), dok na drugima dve (gama-profiliran i emanacija) ili samo jedna (gama-profiliranje (sl. 3). Interpretacija dobijenih rezultata potpuni je i često jednoznačna u slučaju primene nekoli metoda, što u velikoj meri olakšava i ubrzava d lje istrage uranskog orudnjenja (rudarske radov bušenja). Kako se u istraživanim područjima ra o terenu koji je veoma pokriven, naročito u pr delu granita, gde je uranska mineralizacija veza za rasedne zone, pozitivni rezultati dobijaju s kombinovanom primenom metode električne o pornosti i metode emanacije. Zato ćemo opširni opisati rezultate koji su dobijeni korišćenjem ov dveju metoda.



LEGENDA

- IZDANCI GRANITA / AFLEUREMENTS DE GRANITES
- OPALSKA MASA / MASSE D'OPALE
- MIOCENSKI SEDIMENTI / SEDIMENTS MIOCÈNE
- ALUVION (MOĆNOST DO 15m) / ALLUVIONE (ÉPAISSEUR JUSQUE À 15m)
- HUMUS (MOĆNOST DO 5m) / RECOUVEREMENT (ÉPAISSEUR JUSQUE À 5m)
- DIJAGRAMI ELEKTR. OTPORNOSTI / COURBES DE RÉSISTIVITÉ ÉLÉKTRIQUE
- IZOEMANE (30 - 50 i 50-700 EM) / IZOEMANES (30 - 50 ET 50-700 EM)
- RASEDNE LINIJE / LIGNES DE FAILLES
- MINERALIZOVANA RASEDNA ZONA / ZONE DE FRACTURE MINERALISÉE
- ISTRAŽNI RASKOPI / FOUILLES DE RECHERCHES
- ISTRAŽNI POTKOPI / GALERIES DE RECHERCHES
- ISTRAŽNE BUŠOTINE / SONDAGES DE RECHERCHES

SI.4-GEOLOŠKA KARTA SA DIJAGRAMIMA EL.OTP. I IZOEMANAMA - PAUN STENA

CARTE GEOLOGIQUE AVEC LES COURBES DE RESISTIVITÉ ÉLÉCTRIQUE ET D'IZOÉMANES - PAUN STENA

Primenom geo-električnog kartiranja po profilu, koji u pravcu S — J prelazi preko granitskog masiva Bukulje (pr. 1 i sl. 1), izvršeno je ispitivanje granita u cilju dobijanja opšte slike o geoelektričnim osobinama tih stena. Prilikom ovih proučavanja korišćen je simetričan raspored elektroda (AB = 110 m, MN = 10 m). Kao što se s odgovarajućeg dijagrama vidi, utvrđeno je više zona kataklaziranih i milonitiziranih granita (zone rasedanja), koje su na površini obično maskirane moćnim kvartarnim naslagama. Zone se pojavljuju kako u severnom tako i u južnom delu masiva, gde predstavljaju sredine s vrlo niskim vrednostima električne otpornosti (od 20 do 200 ohm). Centralni deo granitskog masiva (Orlovica) tektonski je manje poremećen i izgrađen je od kompaktnih granita, koji imaju električnu otpornost i preko 1000 ohm. Unutar zona kataklaziranih granita nalaze se sistemi raseda duž kojih je vršeno stepenasto spuštanje severnog i južnog oboda granita. Ovi se rasedi indiciraju izrazito niskim vrednostima prividnog specifičnog električnog otpora. Gama-profiliranjem po istoj liniji utvrđeno je povećanje radioaktivnosti samo iznad pojedinih raseda. Da li su još neki mineralizovani ili ne ostaje da se utvrdi kombinovanom primenom emanacionih i uranometrijskih ispitivanja, o čemu sada neće biti reči, jer su pomenuti radovi u toku.

Ovom prilikom zadržaćemo se na izlaganju rezultata koji su dobijeni kod detaljnih ispitivanja primenom metoda električne otpornosti i emanacije na lokalnosti Paun stena. Geološko proučavanje tog dela terena jako je otežano usled velike pošumljenosti i pokrivenosti. Osulinski i humusni pokrivač dostiže moćnost i preko 5 m. Na severnim padinama Paun stene i Papratske kose nalazi se samo nekoliko izdanaka granita. Zato su podaci pomenutih ispitivanja korisno poslužili za efikasno izvođenje radova prilikom istraživanja uranskog orudnjenja na ovoj lokalnosti.

Rezultati geo-električnog profiliranja (AB = = 70 m, MN = 10 m) ukazuju na postojanje nekoliko rasednih zona, koje se pružaju u pravcu ZSZ — IJI (sl. 4). One se nalaze na krajnjem južnom obodnom delu granitskog masiva, koji ima vrlo niske vrednosti električne otpornosti (do 400 ohm). To ukazuje da su graniti na celoj lokalnosti jako poremećeni, kataklazirani i alterisani. Kontakt između granita i miocenskih sedimenata (konglomerati — blokovi) se teško zapaža na osnovu podataka geo-električnog profiliranja s napred naznačenim rasporedom elektroda. Ipak se vidi da on uglavnom prati najmarkantnije izraženu rasednu zonu. Ovo je potvrđeno naknadnim ispitivanjima, primenom drugih sistema rasporeda elektroda (pr. 2), što će biti predmet razmatranja u posebnom radu. Sada se iznose samo podaci na osnovu kojih je jasno indicirana glavna rasedna zona na ovoj lokalnosti. Vrednosti električne otpornosti u predelu ove zone kreću se ispod 50 ohm. Ona prolazi iznad ostenjaka Paun stene, zatim podnožjem padine, gde je delimično prekrivena aluvijonom Bukulje, pa preko Papratske kose i reke V. Bukulje izlazi prema istoku iz domena ispitivane lokalnosti. U pravcu zapada praćena je po pružanju na dužini preko 200 m, iako je pokrivena kvartarnim naslagama čija moćnost prelazi 10 m.

Rezultati primene emanacione metode pokazuju da je rasedna zona mineralizovana na dužini od oko 800 m i da su u njenom predelu anomalne koncentracije emanacije u tlu posledica uglavnom radona (preko 90%). Druga mineralizovana rasedna zona nalazi se oko 120 m severno od napred opisane, s kojom je paralelna. Praćena je geo-električnim profiliranjem na dužini od oko 400 m, ali je bliže površini mineralizovana samo u delu koji se nalazi neposredno uz reku Bukulju (sl. 4). Osim anomalnih koncentracija emanacije u predelu ouočenih rasednih zona, konstatovan je još niz izolovanih anomalija na severnim padinama ispitivane lokalnosti. Utvrđeno je da većina od njih odgovara anomalnim koncentracijama torona, dok su ostale »mešane« prirode. Raskopavanjima je konstatovano da ovakve anomalije ne ukazuju na uransko orudnjenje.

Na osnovu iznetih rezultata preduzeto je izvođenje rudarskih istražnih radova i bušenja u predelu glavne rasedne zone. Dobijeni podaci potvrđuju prethodnu interpretaciju geofizičkih ispitivanja. Prema tome, sprovođenje kombinovane primene metoda električne otpornosti i emanacije na sličnim terenima ima puno opravdanje.

POJAVE I NALAZIŠTA URANA

Sve pojave uranskog orudnjenja, koje su do sada otkrivene u oblasti planine Bukulje, mogu se prema geološkoj građi terena podeliti u dve grupe: prva se nalazi na području granita u ataru sela Garaša, a druga na području miocenskih sedimenata u ataru sela Jelovika (sl. 3).

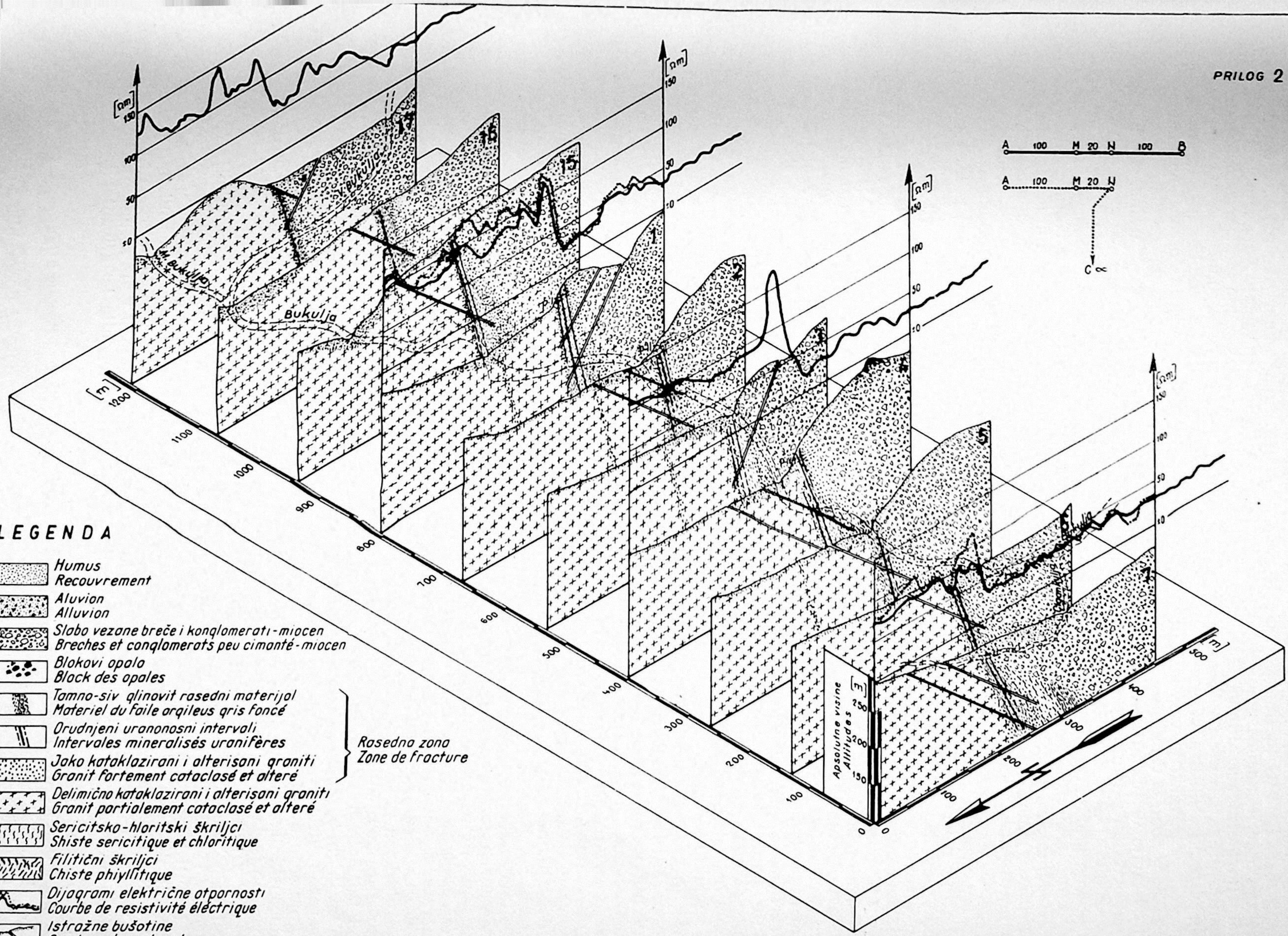
Na području granita vršena su detaljna geološko-geofizička ispitivanja, rudarska istraživanja i bušenja u predelima Paun stene, Milanovog potoka i Podgroblja (sl. 3). Na sve tri lokalnosti pojave uranskog orudnjenja su vezane za rasedne zone, od kojih je za sada najznačajnija pojava na prvoj lokalnosti.

Paun stena

Paun stena se nalazi na krajnjem južnom delu granitskog masiva. Površinskim raskopavanjem i kraćim potkopima mineralizovana rasedna zona je praćena po pružanju na dužini od oko 700 m (sl. 4). Bušenjima je utvrđen njen kontinuitet na dužini od preko 1000 m. Pruža se u pravcu ZSZ – IJI, a pada u južno polje vrlo strmo (ugao preko 80°), tako da je skoro vertikalna. Moćnost rasednog materijala prelazi 20 m, što ukazuje da su s duž ove dislokacije odigrali snažni radijalni pokreti. Istraživani prostor predstavlja samo mali deo pomenute rasedne zone, koja ima velike razmere i svakako se pruža na dužini od nekoliko kilometara.

Podinu rasedne zone (severno krilo) izgrađuju vrlo krupnozrni, delimično kataklazirani i alterisani biotitski graniti s mnogobrojnim pukotinama, koje su obično limonitisane. U njima se nalaze male količine autunita neravnomerno raspršenog u vidu sitnih zrnaca. Ponegde je podinski kontakt između opisanih granita i rasedne zone, vrlo oštar i predstavljen glinama. Moćnost glina iznosi oko 0,5 m, a odvojene su od podinskih granita ravnom skoro vertikalnom rasednom površinom (potka P-I).

PRILOG 2



LEGENDA

- Humus / Recouvrement
- Aluvion / Alluvion
- Slabo vezane breče i konglomerati - miocen / Breches et conglomerats peu cimenté - miocen
- Blokovi opala / Block des opales
- Tamno-siv glinovit rasedni materijal / Materiel du faile argileus gris foncé
- Orudnjeni urananosni intervali / Intervales minéralisés uranifères
- Jako kataklazirani i alterisani graniti / Granit fortement cataclasé et alteré

  } Rasedno zona / Zone de fracture
- Delimično kataklazirani i alterisani graniti / Granit partiolement cataclasé et alteré
- Sericitsko-hloritski škriljci / Shiste sericitique et chloritique
- Filitični škriljci / Chiste phiyllitique
- Dijagrami električne otpornosti / Courbe de resistivité électrique
- Istražne bušotine / Sondage de recherche
- Istražni potkopi / Galerie de recherche
- Oznoka istražnog profila / Paneau de recherche

BLOKDIJAGRAM LEŽIŠTA URANA — PAUN STENA

BLOCKDIAGRAME DE GISEMENT URANIFERE–PAUN STENA

Sama rasedna zona je izgrađena od jako kataklaziranog, milonitiziranog i hidrotermalno izmenjenog materijala. U većem delu rasedne zone makroskopski je nemoguće odrediti poreklo materijala. Hidrotermalna alteracija se vrlo jasno manifestuje preko izrazite kaolinizacije, hloritizacije i sericitizacije. Silifikacija se samo mestimično zapaža, dok je piritizacija vrlo vidan fenomen u celoj rasednoj zoni. U celini uzevši, rasedni materijal predstavlja veoma heterogenu sredinu, s obzirom na čvrstinu prisutnih stena i njihov petrografski sastav. U njoj se sreću trošne do sasvim čvrste partije granita, mestimično s kvarcnim sočivima, zatim tektonske breče različite krupnoće zrna. Najveći udeo u građi ove zone imaju tamnosive, škriljave, glinovite partije, koje ponegde prelaze u prave gline. Međusobni odnos gore nabrojanog materijala nema skoro nikakve pravilnosti unutar istraživanog dela rasedne zone. Rasedni materijal je mestimično ispresecan vertikalnim rasednim površinama, čije je pružanje saglasno opštem pravcu prostiranja zone. Ovakva tektonska ogledala praćena su celom dužinom smernih hodnika i predstavljaju ravni, duž kojih su vršena najmlađa radijalna kretanja prilikom oživljavanja ove dislokacije. Materijal u rasednoj zoni vodi poreklo uglavnom od granita, ali se ponegde sreću i fragmenti koji pripadaju paleozojskim škriljcima. Deo rasedne zone, koji je bliži njenoj povlati, izgrađuju slabo vezane breče, sastavljene uglavnom od odlomaka granita, među kojima se nalaze i odlomci kristalastih škriljaca. Moćnost breča je vrlo promenljiva i kreće se od nekoliko metara do preko 25 m (potkop P-IV).

Dosadašnji rezultati istražnih rudarskih radova i bušenja pokazuju da je geološki sastav povlate rasedne zone (južno krilo) veoma heterogen. Napred opisane breče u dubljim delovima čine prelaz od kataklaziranog i hidrotermalno alterisanog materijala ka povlatnim granitima ili paleozojskim škriljcima, dok u delovima bližim površini terena čine prelaz prema slabo vezanim konglomeratima miocena (pr. 2). Graniti južnog krila rasedne zone pojavljuju se bliže površini ili kao izdanci samo na istočnom delu istraživane lokalnosti (V. Bukulja). Idući prema istoku oni se u povlati rasedne zone javljaju na vrlo velikoj dubini, tako da nisu zahvaćeni čak ni bušotinama, koje su ulazile u povlatu oko 150 m ispod nivoa reke Bukulje. Ovde su dublji delovi povlate izgrađeni od filitičnih i sericitsko-hloritskih škriljaca, koji na krajnjem istočnom istražnom profilu 7 grade i severno krilo rasedne zone »Paun stena«, iznad koje se u ovom području nalazi moćna serija miocenskih sedimenata (pr. 2). Na istom profilu utvrđeno je da jugoistočnu granicu granitskog masiva čini rasedna zona »Milanov potok«, koja se ukršta s prethodno pomenutom zonom u predelu profila 6 i 7. Spuštanje južnog i jugoistočnog oboda bukuljskog granitskog masiva vršeno je duž obe dislokacije i za vreme formiranja miocenskih sedimenata, tako da se ovi sada nalaze uz pomenute rasedne zone čak i na dubinama koje mestimično prelaze i 100 m ispod nivoa reke Bukulje.

Mineralizacija je vezana za pojedine delove rasedne zone, koji se pojavljuju u intervalima, čiji je prostorni položaj saglasan pružanju i padu zone (pr. 2). Orudnjeni intervali petrografski se ne razlikuju od ostalog nemineralizovanog rasednog materijala. Naime, nosioci urana su kako trošne, škriljave i glinovite partije, tako i čvršći delovi kataklaziranog materijala. Dakle, u ovom slučaju se ne radi o orudnjenju koje se pojavljuje u vidu »žičnog punjenja«, gde se makroskopski jasno uočava razlika između rudne žice i okolnog materijala. U istraživanim rudnim intervalima za sada nisu konstatovani primarni uranovi minerali. Na hromatografskim otiscima dobijene su indikacije nedeterminisanog minerala urana, koji bi, izgleda, odgovarao pehblendi, koja se ovde najverovatnije javlja u vidu impregnacija. Uočeno je da uranonosni pirit sadrži neravnomerno uprskane submikroskopske radioaktivne čestice, najverovatnije pehblende. Od sekundarnih uranovih minerala određen je samo autunit, koji se mestimično javlja u znatnim koncentracijama, a od minerala nosioca radijuma konstatovan je radiobarit. Utvrđeno je da se znatan deo urana nalazi u najsitnijoj glinovitoj frakciji (ispod 0,044 mm) u kojoj su prisutni kaolinit, pirit, siderit, muskovit (ilit) i hlorit.

Što se tiče količinskog prisustva metaličnih minerala, može se reći da je njihova koncentracija vrlo mala. Makroskopski se uočava jedino pirit, koji je neravnomerno uprskan u materijalu duž svih ispitivanih delova rasedne zone. Međutim, pored pirita mikroskopski su utvrđeni još i markasit, bravoit, halkopirit, galenit, sfalerit, hematit, ilmenit, pirhotin, magnetit, valerit, limonit i anglezit. Ovim ispitivanjem uočena je znatno veća koncentracija siderita nego napred nabrojanih metaličnih minerala. Siderit se javlja u vidu žilica, impregnacija i cementa u materijalu rudnih intervala. Minerali mangana nisu konstatovani, ali je mangan uvek prisutan u sideritu.

Kraćim potkopima P-I, P-II, P-III i P-IV izvršeno je orijentaciono istraživanje rudnih intervala na dubini od oko 15 m ispod površine terena, a oko 10 m iznad nivoa reke Bukulje (sl. 4 i pr. 2). Ovim radovima i odgovarajućim laboratorijskim ispitivanjima utvrđeno je da se u celoj rasednoj zoni nalazi povećan sadržaj urana u odnosu na podinske granite i povlatne breče. Tako ovaj sadržaj u delu rasedne zone presečene potkopom P-I iznosi 0,008%, ne uzimajući u proračun orudnjene intervale. U istraživanom delu rasedne zone postoje tri rudna intervala, čija mogućnost varira od 0,5 do 3 m, a mestimično dostiže i 5 m. Najkvalitetniji pokazatelji uranskog orudnjenja odnose se na interval koji se proteže približno sredinom rasedne zone, s nešto kraćim rastojanjem od podine zone. Praćen je smernim istražnim hodnicima iz tri potkopa, pri čemu je ustanovljeno da se sadržaji urana u njemu kreću od 0.01% do 0,2%.

Dosadašnjim istražnim bušenjem konstatovano je da se rudni intervali prostiru po pružanju zone na dužini preko 1000 m, a prema dubini preko 150 m ispod nivoa reke Bukulje (pr. 2). Na osnovu gama-karotažnih dijagrama bušotina i odgovarajućih analiza jezgra može se zaključiti, da je kvalitet orudnjenja nabušenih intervala približno isti kao i u potkopima. Prema tome, nalazište urana na lokalnosti Paun stena predstavlja ležište koje zaslužuje dalja istraživanja.

Milanov potok i Podgroblje

Milanov potok i Podgroblje se nalaze na krajnjem jugoistočnom delu bukuljskog granitskog

masiva (sl. 3). Na prvoj lokalnosti mineralizovana rasedna zona se pruža u pravcu SSZ — JJI, a pada pod uglom oko 75° u zapadno polje. Maskirana je humusnim pokrivačem, čija moćnost mestimično prelazi 6 m, a jednim delom prekrivena je i miocenskim sedimentima. Kao što je već rečeno, ona se ukršta s rasednom zonom iz predela Paun stene, a isto tako i s rasedima na Podgroblju, nedaleko od istraživanog dela ove lokalnosti. Na Podgroblju su do sada konstatovane tri mineralizovane rasedne zone, koje imaju približno iste elemente zaleganja kao i rasedna zona na Paun steni. Moćnost rasednog materijala u zonama koje se nalaze na lokalnostima Milanov potok i Podgroblje varira od nekoliko metara do preko 20 m. Stepen njegove alteracije je nešto niži nego kad je u pitanju materijal iz orudnjene rasedne zone na Paun steni.

Mineralizacija na ovim lokalnostima je vezana za kataklazirane i kaolinisane, a ponegde i za silifikovane partije granitskog materijala zahvaćenog rasednim zonama. Makroskopski se zapaža znatna koncentracija sekundarnih uranovih minerala, koji se javljaju u vidu ljuspica i prevlaka, ili u obliku sitnih zrnaca uprskanih u rasednom materijalu. Odgovarajućim ispitivanjima je utvrđeno prisustvo samo autunita, dok primarni minerali urana nisu zapaženi. Od metaličnih minerala zasad su konstatovani jedino pirit, magnetit i limonit. Mineralizacija je jako neravnomerna, tako da je vrlo uočljivo često smenjivanje partija potpuno prožetih sekundarnim uranovim mineralima s partijama u kojima su zrnca autunita retko raspršena ili ih uopšte nema.

Površinskim raskopavanjem i kraćim potkopima utvrđeno je da se i ovde orudnjenje pojavljuje u vidu uranonosnih intervala duž rasednih zona. Moćnost rudnih intervala varira od nekoliko desetina santimetara do preko jednog metra. Red veličina sadržaja urana odgovara prethodno iznetim vrednostima, koje se odnose na rasednu zonu u predelu Paun stene. Imajući u vidu da su istraživanja u predelima ovih dveju lokalnosti u početnoj fazi, za sada se ne može ništa određenije govoriti o vrednosti otkrivenih nalazišta urana.

U svim istraživanim delovima mineralizovanih rasednih zona na području granita radioaktivna ravnoteža je u većem broju slučajeva neznatno pomerena u korist urana. Na osnovu terenskih i laboratorijskih ispitivanja utvrđeno je da postoje i primeri znatnijeg pomeranja ravnoteže kako u korist urana tako i u korist radijuma, ali u daleko manjem broju slučajeva. Za sada se detaljnije razmatranje ovog problema ne može izvoditi, jer se svi istraživani delovi rudnih tela na lokalnostima Paun stena, Milanov potok i Podgroblje nalaze blizu površine terena.

Na području miocenskih sedimenata prostorni raspored pojava uranske mineralizacije ograničen je na priobalsku faciju konglomerata i peščara. Osa uranonosnog područja je približno paralelna liniji kontakta ovih sedimenata s granitskim masivom planine Bukulje i okolnim metamorfnim stenama. Njena udaljenost od pomenute linije iznosi oko 2 km (sl. 3). Površina područja u čijem se domenu nalaze uranonosni sedimenti iznosi oko 12 km².

S obzirom na karakter pojava uranskog orudnjenja i petrografski sastav sedimenata, u čijem se predelu ove pojave nalaze, uranonosno područje možemo približno podeliti na istočni, centralni i zapadni deo (sl. 3). Prvi zahvata teren istočno od potoka Bobovik. Ovde su sedimenti izgrađeni uglavnom od fragmenata paleozojskih škriljaca, manje od gnajseva i krednih sedimenata, a sasvim podređen značaj ima granitski materijal (ispod 10%). Pojave uranske mineralizacije su vezane za mugle uglja u konglomeratima. Centralni deo nalazi se između potoka Bobovik na istoku i reke Bukulje na zapadu. Ishodni materijal u sedimentima tog dela terena vodi poreklo pretežno od granita (preko 90%). Pojave uranskog orudnjenja su vezane za kompaktne kvarcne peščare i slabo vezane ugljevite peščare. Zapadni deo uranonosnog područja zahvata teren između Živkovačke reke i reke Bukulje. Tu su sedimenti izgrađeni pretežno od detritusa, koji pripada paleozojskim škriljcima, ređe krednim sedimentima, a sasvim neznatno granitima (ispod 10%). Uransko orudnjenje se pojavljuje u slabo vezanim konglomeratima i peščarima bez ugljevite materije ili sa njom.

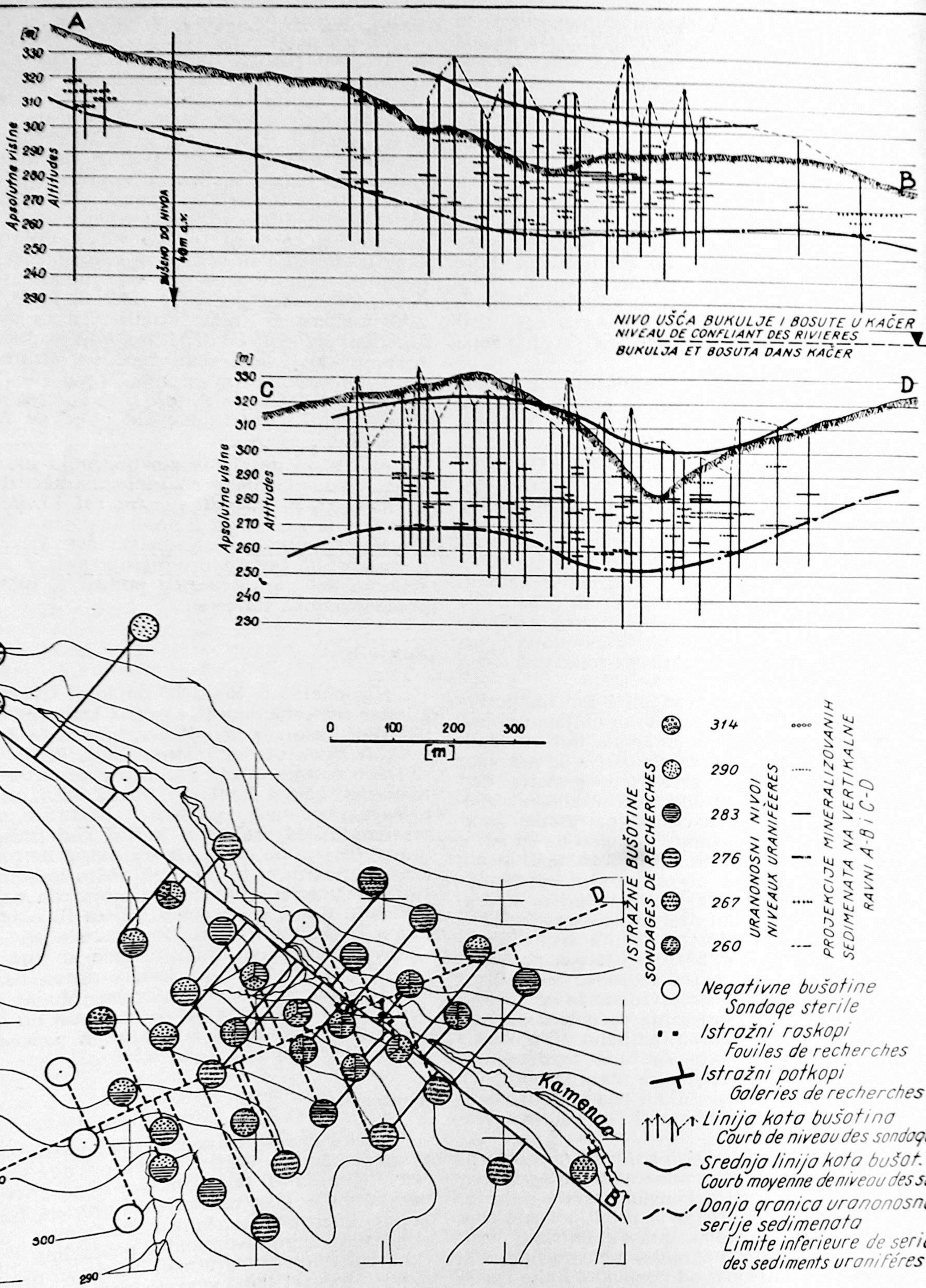
Na celom uranonosnom području mineralizovane sedimente nalazimo samo u intervalu između 260 i 320 m apsolutne visine (sl. 1). Detaljnija istraživanja su vršena u predelu potoka Bobovik, Kovačevac, Šljivica i Kamenac (sl. 3). Za sada najznačajnije pojave orudnjenja nalaze se u zapadnom delu uranonosnog područja, odnosno u predelu potoka Kamenac.

Bobovik

Na lokalnosti Bobovik pojedini fragmenti ugljevite materije sadrže i preko 1% urana, ali su bez reda rasuti u konglomeratima i sa relativno velikim međusobnim rastojanjima. Slične pojave se sreću često u mlađim sedimentima i na drugim terenima (Pčinja, Zaplanje, Iverak itd.), ali obično nemaju ekonomske vrednosti. Međutim, njihovo otkrivanje ima praktičan značaj kod prospekcije urana, jer ove pojave mogu da ukažu na prisustvo ležišta urana u bližoj okolini, pošto indiciraju postojanje uranonosnih »izvora«, bilo da se radi o ispiranju urana iz njegovih ležišta ili o ispiranju urana iz obližnjih stena. Oba ova slučaja su konstatovana u oblasti Bukulje, gde su uranonosni »izvori« dali sedimentna ležišta urana vezana za konglomerate i peščare miocena. Mugle uglja u potoku Bobovik odlikuju se ne samo po velikom sadržaju urana, već i po znatnom procentu prisutnog germanijuma (oko 0,05%).

Kovačevac

Na lokalnosti Kovačevac uranonosni sedimenti su praćeni po liniji izdanka na dužini od oko 500 m. U njihovoj podini nalaze se peskovite gline, usled čega su jako raskvašeni i predstavljaju nivo kojim intenzivno cirkulišu podzemne vode. U mineralizovanim sivozelenim peščarima i proslojcima ugljevitih peščara nisu otkriveni uranovi minerali. Moćnost slabo vezanih uranonosnih peščara varira od nekoliko desetina santimetra do 1 m. Sadržaji urana su veoma promenljivi i kreću se od 0,005% do 0,4%. Viši sadržaji su obično vezani za proslojke peščara s većim procentom ugljevite materije.



Sl.5-KARTA ISTRAŽNIH RADOVA SA PROFILIMA A-B i C-D NA KOJE SU PROJEKTOVANE ISTRAŽNE BUŠOTINE - KAMENAC

CARTE DE TRAVAUX DE RECHERCHES AVEC DES COUPS A-B ET C-D MONTRANT LES SONDAGES DE RECHERCHES - KAMENAC

Šljivica

Na lokalnosti Šljivica uranonosno orudnjenje je vezano za kompaktne kvarcne peščare, koji se pojavljuju unutar slabo vezanih konglomerata u vidu sočiva, čija je veličina oko 50 m × 30 m. Mineralizovani sedimenti su izgrađeni uglavnom od kvarca, a manje od feldspata, liskuna i fragmenata granita. Vezivna supstanca belosivog, krupnozrnog peščara je apatitskog sastava s neznatnim prisustvom sericita i silicije. Od uranovih minerala konstatovano je samo nekoliko zrnaca autunita. Prema dosadašnjim ispitivanjima, uran je uglavnom vezan za apatit. Rudarskim radovima istraženo je samo jedno rudno sočivo, čija moćnost varira od 0,2 m do 1,5 m, a dobijeni sadržaji urana kreću se od 0,01% do 0,08%.

Kamenac

Na lokalnosti Kamenac bušenjem je utvrđeno da se mineralizovani sedimenti nalaze između 260 i 320 m apsolutne visine (sl. 5). Uransko orudnjenje je diskontinuirano kako u vertikalnom tako i u horizontalnom pravcu i pojavljuje se u vidu slojeva i sočiva na raznim nivoima. Radi preglednosti izvršeno je grupisanje nabušenih mineralizovanih sedimenata u pojedine nivoe, koji zahvataju oko ± 3 m od određene apsolutne visine. U istraživanom predelu, čija površina do sada iznosi oko 0,8 km², izdvojeno je šest uranonosnih nivoa (sl. 5). Prema parametrima gama-karotažnih dijagrama bušotina, može se zaključiti da je uransko orudnjenje na ovoj lokalnosti veoma neravnomerno. Odgovarajuće radioaktivnosti se kreću od 50 do 5000 nR/h, a moćnosti mineralizovanih sedimenata od 0,1 m do 3 m. Prethodno dobijeni rezultati predočavaju da se u ovom delu terena uglavnom radi o ležištu s relativno niskim procentom urana, koje se karakteriše pojavom orudnjenih sedimenata u vidu slojeva i sočiva male moćnosti, čiji je prostorni raspored »razbijenog tipa« (sl. 5).

Oblik rudnih tela s većim procentom sadržaja urana je obično sočivast i relativno malih dimenzija. Na osnovu dosadašnjih istražnih bušenja ne može se ništa pouzdano govoriti o učestanosti pojavljivanja ovakvih rudnih tela, jer je mreža bušenja suviše retka. Dosad je rudarskim radovima istraženo samo jedno takvo rudno sočivo, koje se nalazi na nivou 314 m apsolutne visine (sl. 5). Ovde su koritom potoka otkriveni slabo vezani uranonosni konglomerati i peščari bez ugljevite materije. Izgrađeni su od odlomaka škriljaca (68%), slabo zaobljenih zrna kvarca (29%) i ostalog materijala (3%), koji jednim delom vodi poreklo od granita.

Mineralizacija je vezana kako za konglomerate, tako i za peščare, koji se javljaju kao interkalacije unutar konglomerata. U orudnjenim sedimentima makroskopski se zapaža relativno velika količina autunita. Njegova je koncentracija neravnomerna, ali približno prati jedan nivo. Autunit se javlja u obliku prevlaka i ljuspica po površinama kvarcnih zrna. Veličina ljuspica mestimično dostiže i 0,5 cm. Naročito velika koncentracija je unutar pojedinih fragmenata škriljaca. Tu je autunit iskristalisao po površinama škriljavosti i po pukotinama, tako da su neki fragmenti, veličine preko 5 cm u prečniku, puni autunita. Najzad, autunit se javlja i u vidu sitnih zrnaca, uprskanih u odlomcima konglomerata i zrnima peščara, kao i u njihovom cementu. Mineraloškim ispitivanjima nije otkriven nijedan od primarnih uranovih minerala, a od sekundarnih, prethodno pominjan autunit određen je kao metaautunit. Utvrđeno je da je znatan procenat urana vezan u limonitskoj materiji, koja se nalazi po pukotinama fragmenata ili čini cement mineralizovanih sedimenata.

Autunitsko sočivo je istraženo rudarskim radovima i bušenjem. Horizontalne dimenzije okonturenog rudnog tela iznose približno 52 m × 12 m, a njegova moćnost se kreće od 0,5 do 1,5 m. Sadržaji urana variraju od 0,01% do 0,25%.

U pogledu radioaktivne ravnoteže, mineralizovani sedimenti u oblasti planine Bukulje odlikuju se sledećim karakteristikama: ukoliko je u njima prisutna ugljevita materija ili znatnija koncentracija autunita ravnoteža je pomerena u korist urana; a skoro u svim ostalim slučajevima ravnoteža je pomerena u korist radijuma, naročito kad su u pitanju mineralizovani konglomerati ili krupnozrni peščari s visokom gama-radioaktivnošću a bez ugljevite materije i s neznatnom količinom autunita.

RAZMATRANJA O NAČINU POSTANKA POJAVA I NALAZIŠTA URANA

Geološko-tektonski uslovi u ovoj oblasti predstavljaju veoma povoljnu sredinu za formiranje uranskog orudnjenja. Široke zone rasedanja, koje zahvataju granitski masiv i okolne metamorfne stene, mnogobrojni rasedi različitih pravaca pružanja, mogli su regulisati kretanje uranonosnih rastvora, a pojedine rasedne zone znatnih razmera omogućavale su dovođenje ovih s velikih daljina, odnosno dubina. Verovatno da pojedine dislokacije pripadaju i starijim tektonskim pokretima a do njihovog oživljavanja i stvaranja novih dolazi u pojedinim fazama alpskog orogenog ciklusa S tim u vezi je i postojanje višefaznog plutonizma različite starosti, koji svakako daje i odgovarajuće hidrotermalne rastvore. S obzirom na ove uslove, opravdana je pretpostavka o mogućnosti hidrotermalnog uranskog orudnjenja u ovoj oblasti.

Za sada je samo na lokalnosti Paun stena utvrđeno da je rasedna zona predstavljala put cirkulacije hidrotermalnih rastvora. Ovi su uslovili stvaranje u njoj vrlo malih količina neradioaktivnih rudnih minerala. Iako još ne možemo ništa određeno reći o genetskoj vezi ovih s današnjom koncentracijom urana u rasednoj zoni, ipak je logična pretpostavka o mogućnosti paragenetske asocijacije uranovih minerala sa prisutnim sulfidima Fe, Pb, Zn, Cu i Ni i oksidima gvožđa (hematitom i magnetitom). Prema takvoj asocijaciji minerala, otkriveno ležište na Paun steni pripadalo bi grupi sopstveno uranskih ležišta (V. G. Melkov, 1957). Postoji verovatnoća da ovo orudnjenje stoji u genetskoj vezi s laramijskim plutonizmom, koji je dao monconit granite na Kosmaju i kersanitite kod Risovače. Ovom magmatizmu pripadaju i biotit-graniti s amfibolom zapadno od granitskog masiva Bukulje (oko 10 km), u ataru s. Brajkovca.

Rezultati istraživanja na lokalnostima Milanov potok i Podgroblje ukazuju i na mogućnost descedentnog porekla urana u rasednim zonama granita. Naime, uran se ovde pojavljuje samo u vidu

autunita i to u materijalu za koji zasad ne možemo tvrditi da je hidrotermalno izmenjen i u kome nisu otkriveni sulfidni minerali. Osim toga, poznato je da znatne koncentracije autunita mogu nastati u vezi s površinskom alteracijom granita (R. Marsel, 1958). Kao što je već naglašeno, bukuljski graniti su duboko zahvaćeni intenzivnom alteracijom, naročito u južnom predelu masiva, gde se baš i sreću mnogobrojne pojave autunita. Deponovanje urana u vidu ovog minerala predstavlja krajnji produkt hemijskog procesa, koji počinje oslobađanjem klarkovog urana iz granita, pa se preko njegove migracije završava obaranjem iz voda u pojedinim delovima rasednih zona, gde za to postoje povoljni geohemijski uslovi. Prema tome, prisustvo autunita ne mora značiti da u blizini postoji hidrotermalno ležište.

Dalja istraživanja će pokazati da li su otkrivene pojave orudnjenja proizvod gore opisanog procesa ili se radi o koncentraciji sekundarnih uranovih minerala u površinskim, oksidacionim delovima rasednih zona, koje su u dubljim nivoima hidrotermalno orudnjene. U svakom slučaju, u ovoj oblasti treba očekivati znatne koncentracije urana, koje ne potiču od hidrotermalnih rastvora. Verovatno da napred pomenuti hemijski proces može usloviti formiranje ležišta urana i od ekonomskog značaja.

Rešenje problema porekla urana u priobalskim miocenskim sedimentima samo je delimično vezano za genezu uranskog orudnjenja u području granita. Ukoliko su rasedne zone u granitima i okolnim kristalastim škriljcima mineralizovane pre formiranja pomenutih sedimenata, onda je moguće da je uran deponovan u pojedinim delovima miocenskih tvorevina istovremeno kad su ove stvarane. Naime, za vreme erozije granita i okolnih stena istodobno je mehanički razaran i materijal iz orudnjenih rasednih zona. U zavisnosti od uslova i mesta akumuliranja mineralizovanog detritusa, opredeljena je dalja egzistencija urana u formiranim orudnjenim sedimentima. Ukoliko je uranonosni materijal deponovan unutar grubo klastičnog detritusa, neminovno je bio izložen ispiranju i naknadnoj raspodeli. Međutim, ako je taložen u predelu sedimenata sa čestim vertikalnim i bočnim litološkim smenjivanjima, onda je moglo doći do uklapanja pomenutog materijala unutar glinovitih peščara i glina, čime je obustavljeno dalje ispiranje urana. Može se pretpostaviti da je rudno sočivo konglomerata na lokalnosti Kamenac (nivo 314 m) formirano na ovaj način. Uran se u njemu očuvao od ispiranja zahvaljujući »konzervisanju« sočiva između glina i glinovitih peščara. Glavnu kontrolu pri stvaranju ovakvih koncentracija urana imali su rečni tokovi, koji su znatno duboko zalazili u miocenski basen za vreme njegovog oplićavanja. Ovakva orudnjenja su formirana bliže obalskoj liniji i nemaju većeg značaja, jer su se teško mogla očuvati od ispiranja unutar sedimenata izgrađenih pretežno od vrlo krupnozrnog i veoma poroznog detritusa. Drugi vid singenetskog obogaćivanja sedimenata uranom vršen je obaranjem ovoga iz uranonosnih voda za vreme sedimentacije. Ali i takve koncentracije, koje su obično neznatne, podležu kasnije naknadnoj raspodeli urana u zavisnosti od promena hidrogeoloških uslova od momenta formiranja takvih orudnjenja pa do danas.

Daleko veći i praktičan značaj u ovom po ručju imaju epigenetska orudnjenja miocenski sedimenata. Usled alteracije granita oslobađane s znatne količine urana ne samo u području grani skog masiva, već i u seriji poroznih konglomerat i peščara izgrađenih pretežno od granitskog m terijala. Nakon deponovanja miocenskih tvorev na dolazi do obaranja ovog urana i njegove kon centracije u pojedinim nivoima sedimenata, za hvaljujući povoljnim geohemijskim uslovima, št se ogleda u znatno povećanom procentu sadržaj gvožđa, fosfora i ugljevite materije. Uranonosn podzemne vode ovog područja gravitiraju od se vera prema jugu još od momenta otkrivanja gra nitskog masiva pa sve do danas. Dakle, ovakv orudnjenje je moglo nastati i pod uslovima da ra sedne zone u granitima i okolnim škriljcima nis bile mineralizovane pre formiranja miocenskih se dimenata. U slučaju da su bile orudnjene, ond je količina rastvorenog urana u vodi još uvećana bilo da je ovaj ispiran direktno iz rasednih zon ili iz sedimenata izgrađenih od orudnjenog de tritusa. Kružni proces obaranja urana u pojed nim nivoima sedimenata i njegovog kasnijeg od nošenja iz ovih, da bi se naknadno koncentrisa na drugim mestima, vrši se neprekidno. Ova po java je prouzrokovana i regulisana odgovarajućim promenama hidrogeoloških uslova.

Sadašnje stanje uranskog orudnjenja u mio censkim sedimentima u tesnoj je vezi s visino izdani i kretanjem podzemnih voda u ovom pod ručju. Uočeno je da se u većini slučajeva orud njeni sedimenti nalaze iznad stratigrafskih hor zonata s glinovitim peščarima i glinama, prek kojih su maksimalni protoci podzemnih voda (Ko vačevac, Kamenac, Preturica itd.). Takođe je utv đeno da se najniži uranonosni nivoi nalaze izna nivoa ušća Bukulje i Bosute u Kačer. Njihovi na dublji delovi se pojavljuju u domenu površin koja približno prati opštu konfiguraciju teren To se vrlo jasno vidi na profilima A — B i C — D na čije su vertikalne ravni projektovane odgov rajuće istražne bušotine i nabušeni mineralizova slojevi i sočiva (sl. 5). Moćnost serije uranonosni sedimenata iznosi oko 30 m, a ukupna visinska r zlika između srednje linije kota bušotina i don granice uranonosne serije ne prelazi 50 m. N pomenutim profilima se uočava da linija don granice serije uranonosnih sedimenata skoro id alno prati srednju liniju kota bušotina, odnos odgovarajuću liniju konfiguracije terena. Obli linije donje granice serije uranonosnih sedimenat približno odgovara i konfiguraciji hidrostatičke nivoa podzemne vode, što ide u prilog shvatanj o epigenetskom poreklu ležišta urana u mioce skim sedimentima ovog područja. Prema tom ispod površine donje granice mineralizovane zon čija su dva preseka data na profilima A — B C — D, nema uranskog orudnjenja na ispitivano području i ne treba ga očekivati, iako se pojedi delovi sedimenata iz dubljih nivoa odlikuju i lit loškim i petrografskim i geohemiiskim osobinam koje odgovaraju mineralizovanim sedimenti iznad pomenute površine.

LITERATURA

1) Anđelković M., 1957: Stratigrafija i tektonika Rudnika. Zapisnici Srpskog geološkog društva 1956. god., Beograd.

2) Višić S., Pejatović S., 1960: Istraživanja urana u području planine Bukulje 1959. god. Fond Saveznog geološkog zavoda — Beograd.
3) Divljan S., 1955: Izveštaj o petrografskom ispitivanju i kartiranju pl. Bukulje. Fond Saveznog geološkog zavoda, Beograd.
4) Žujović J., 1893: Geologija Srbije, deo prvi. Beograd.
5) Žujović J., 1924: Les roches éruptives de la Serbie. Annales Géologiques de la péninsule Balkanique, Annexe, Beograd.
6) Žujović J., 1900: Geologija Srbije, deo drugi. Beograd.
7) Ilić M., 1950: Pegmatiti Bukulje. Zapisnici Srpskog geološkog društva za 1948. god. Beograd.
8) Jakžin A. A., 1959: Poiski i razvedka mestoroždenij poljeznih iskopaemih. Moskva.
9) Kojić M., 1930: Tektonika Bukulje i pojave okera u njoj. Geološki anali Balkanskog poluostrva, knjiga X, deo I. Beograd.
10) Laskarev V., 1927: Pojave šarijaža na Bukulji. Geološki anali Balkanskog poluostrva, knjiga IX, deo I. Beograd.
11) Laskarev V., 1930: Prilozi za tektoniku Bukulje, Crnog Vrha i Fruške Gore. Geološki anali Balkanskog poluostrva, knjiga X, deo I. Beograd.
12) Laskarev V., 1932: Geološka promatranja na Bukulji. Vesnik Geološkog instituta Kraljevine Jugoslavije za 1931. god., knjiga I, sveska 2. Beograd.
13) Luković S., 1958: Geološko-petrološka studija Kosmaja. Glasnik Prirodnjačkog muzeja, serija A, knjiga 10. Beograd.
14) Maksimović S., 1957: Mineraloška ispitivanja nanosa Bukulje. Fond Saveznog geološkog zavoda. Beograd.
15) Marsel R., Rene C., 1958: Migracija urana u kristalastim stenama i moguća vezanost ove pojave za genezu izvesnih ležišta. Prevodi referata sa II Međunarodne konferencije UN u Ženevi. Fond Saveznog geološkog zavoda. Beograd.
16) Melkov V. G., Puhaljski L. Č., 1957: Poiski mestoroždenij urana. Moskva.
17) Mikinčić V., 1933: Prilog za poznavanje golta u Šumadiji. Geološki anali Balkanskog poluostrva, knjiga XI, deo II. Beograd.
18) Mikinčić V., 1935: Geološko kartiranje sekcije Aranđelovac. Izveštaj o radu Geološkog instituta Kraljevine Jugoslavije za 1934. god. Beograd.
19) Miholić S., 1950: Determination of the Age of Igneous Rocks. Journal of the Chemical Society, december. London.
20) Pavlović M., 1935: Ispitivanje tercijera na listu Aranđelovac. Izveštaj o radu Geološkog instituta Kraljevine Jugoslavije za 1934. god. Beograd.
21) Petrović M., 1959: Radiometrijska prospekcija iz vazduha planine Bukulje 1958. god. Fond Saveznog geološkog zavoda. Beograd.
22) Ristić M., 1952: Izveštaj o geološkoj prospekciji na sekcijama Prokuplje 1 i 2; Kruševac 1, 2 i 4; Kragujevac 3 i 4; Paraćin 3 i 4; Aranđelovac 1 i 2; Šabac 3 i 4; Bijeljina 4; Krupanj 1 i 4; Zvornik 2. Fond Saveznog geološkog zavoda. Beograd.
23) Simić V., 1938: O facijama mlađeg paleozoika u zapadnoj Srbiji. Vesnik Geološkog instituta Kraljevine Jugoslavije, knjiga VI. Beograd.
24) Simić V., 1953: Magmatizam i metalogenija naših granitoidnih stena u vezi s volframovim orudnienjem. Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja N. R. Srbije, knjiga X. Beograd.
25) Simić V., 1959: Prethodni izveštaj o ispitivanju nekih radioaktivnih pojava u oblasti planine Bukulje 1959. god. Fond Saveznog geološkog zavoda. Beograd.
26) Stevanović P., 1953: Stratigrafski odnosi u severnom delu Mioničkog basena. Glasnik Srpske akademije nauka, knjiga V, sveska 1. Beograd.
27) Stevanović P., 1954: Sarmatske naslage između reka Ljiga i Ribnice (Mionički basen). Glasnik Srpske akademije nauka, knjiga V, sveska 2. Beograd.
28) Stevanović P., 1958: Fosilna jaja u miocenu Brajkovca kod Ljiga i bliži stratigrafski položaj nalazišta. Geološki anali Balkanskog poluostrva, knjiga XXVI. Beograd.
29) Urošević S., 1899: Iskonski teren Venčaca, Bukulje, Vagana i okoline. Zapisnici Srpskog geološkog društva, LXVIII. Beograd.
30) Urošević S., 1899: Volastonit i idokraz. Zapisnici Srpskog geološkog društva, LXXII. Beograd.
31) Urošević S., 1900: Studije iskonskog terena u Srbiji — Venčac, Bukulja, Vagan, Glas Srpske Kraljevske Akademije, LXI. Beograd.

RESUMÉ

MINÉRALISATIONS ET GISEMENTS D'URANIUM DANS LA RÉGION DE LA MONTAGNE BUKULJA

STANISLAV VIŠIĆ, L'Institute pour les matières nucléaire, Beograd

Des explorations d'uranium de nature générale dans la région de La Montagne Bukulja ont été suivies, après la découverte d'anomalies de radioactivité, par la prospection de l'air et leur contrôle précédent. Dans ce travail sont presentés les résultats des explorations géologiques et géophysiques systématiques, des travaux miniérs et des sondages qui ont été exécutés dans la deuxième moité de l'année 1959. Le terrain examiné a une superficie de 150 km et se trouveau SO de la petite ville d'Aranđelovac (pl. 1). C'est une région montagneuse dans la quelle les altitudes varient de 250 jusqu' à 700 mètres, et qui se distinguent par un réseau ramifié de ruisseaux, dont la plupart se desséchent pendant l'été. Le fleuve V. Bukulja est le principal lieu de rassemblement de l'eau dans cette région.

Les roches les plus anciennes appartienent dans cette région au Paléozoïque plus jeune (Argilophyllites, Phyllites, Phyllomicaschistes, marbres etc.) Leur plissement primaire et le métamorphisme régionale sont liés l'orogénèse hercynienne. Le massif granitique de Bukulja a été intrus dans les roches paléozoïques a la fin des phases principales du plissement. Dans l'enveloppe paléozoïque, qui est injectée par des filets et des lentilles nombreuses de granite et aplite, se trouvent les représentants divers des roches contactométamorphiques. Les micaschistes sont les plus répandus, et puis les granatites, wollastonites etc. Dans la région de l'auréole contactométamorphique se trouvent aussi des gneiss, qui se sont développés par granitisation des schistes paléozoïques.

Le Mésozoïque est représenté dans cette région par des dépôts crétacés, qui sont érodés en grande partie. La région de la Montagne Bukulja était terre ferme du crétacé jusqu'au miocéne. Au cours de l'orogénèse alpine ent bien le plissement des sédiments crétacés et l'intrusion granitique de Kosmaj et Brajkovac (phase laramienne ou pyrénéenne); les

mouvements radiaux eurent bien principalement pendant les phases postérieures du plissement (phase savièn ne et steyérienne). Ces dernières ont causé la formation d'un grand nombre de zones disloquées où sont revécues les dislocations déjà existances. En ce temps ent bien la rupture du contactentre le dacite et l'andesite et la formation de dépressions tectoniques, au sud et au nord du massif granitique de Bukulja, dans les quelles pénétrèren les eaux pendant la transgression du Miocène moyen (fig. 1).

L'érosion du massif granitique de Bukulja commence vers le milieu du Miocène. Aujourd'hui les granites sont découverts sur une superficie d'à peu près 32 km². Ils sont représentés par les normales variétés à deux micas et biotite et rarement muscovité, dans les quelles se trouve un considérable nombre de pegmatites, d'aplites et de quartsz en forme de filets et de lentilles. Les dépressions qui sont citées cidessus, sont en grande partie remplies par matériel granitique. Dans le bassin Belanovica au sud du massif granitique de Bukulja, se devéloppèrent deux faciès de sediments-le faciès des argiles sablonneuses et des grès et le faciès des conglomérats et des grès. Leur âge correspond au Tortonien supérieur — Sarmatien inférieur.

Dans a recherche d'indices uranifères a prospections ont été appliquées en voiture (fig. 2) et à pieds (fig. 3). Sur la base des résultats obtenus deux zones d'anomalie ont été séparées. La première comprend la partie méridionale du massif granitique et les roches métamorphiques des environs, tandis que deuxième se trouve dans la région littorale des sédiments du miocène. Pour les recherches détaillées les méthodes suivantes ont été utilisées: plan compteur mesures de l'emanation et de la résistivité éléctrique (fig. 4).

Les minéralisations d'uranim sont liées aux zones disloquées dans les granites, et dans les sédiments du Miocéne aux grès et conglomérats. Les sédiments minéralisés du faciés littoral apparaissent a peu près entre 280 et 320 m d'altitude.

Dans la zone de granite, pour le moment, le plus intéressant gissement d'uranium se trouve la localité Paun Stena. Il est lié à la zone disloquée, qui s'étend en direction OSO — ESE avec une déclinaison vers le sud, sous un angle de plus de 80° (fig. 4). La minéralisation se manifeste en intervalles, dont la position spatiale est concordante à létendue et à la déclinaison de la zone disloquée (pl. 2). Les intervalles d'urane ne se distingue pas pétrographiquement du reste du matériel non mineralisé et disloqué. La continuité de l'uranium dans la zone disloquée a été établie travaux miniers d'exploration et par forages sur une longueur de plus de 1000 mètres et une profondeur de plus de 150 mètres. L'épaisseur des intervalles uranifères varie de 0,5 m jusqu'à 5 m et quelque fois jusqu'à mètres. Les teneurs en uranium dans les corps mi raux qui ont été explorés par les travaux minie seulement dans les parties qui se trouvent pl proches à la surface, varient de 0,01% jusqu'à 0,2 Des semblables accurrences de minerais d'uranium o été découvertes dans les localités Milanov Potok Podgroblje et se trouvent, de même comme la régi Paun Stena, dans la partie sud-occidentale du mas granitique.

Dans la zone des sédiments du Miocène la mi ralisation est localisée dans des niveaux uranifèr fixes, où la minéralisation se trouve dans des gr faiblement liés et dans des conglomèrats, qui a compagnent quelque fois la matière carbonifère, puis dans des grès quartzeux et compacts. l'épaisse des sédiments minéraux varie de quelques dizai de centimètres jusqu'a 2 m et ses teneurs en uraniu varient de 0,01‰ jusqu'a 0,25‰. La région qui e nommée «la zone occidentale d'anomalie» et q comprend le bassin du ruisseau Kamenac est, po le moment, mieux explorée (fig. 5). Ici il a été co taté par des travaux miniers d'exploration et par d forages, que les grès mineralisés et les congloméra sont présents sous forme de couches et de lentille qui sont concentrées dans la série des sédimen uraniferes, dont l'epaisseur est d'à peu près de 30 m La surface inférieure de cette cérie suit approxim tivement la configuration générale du terrain et s trouve sur une profondeur d'à peu près 50 m.

Selon l'origine de la minéralisation dans la zo de granite, on peut supposer, que le gisement d'ur nium dans la localité Paun Stena appartient a groupe des gisements propres uraniferes. Il existe possibilité que ce gisement hydrothermal se trou en liaison génétique avec le plutonisme laramien. O peut considérer que les concentrations considérable d'uranium dans les zones disloquéss du massif gr nitique de Bukulja sont aussi d'origine descendant Quant à l'origine de la minéralisation uranifère da les sédiments miocènes, on peut conclure, que minéralisation syngénetique est ici de peu d'impo tance. La sédimentation epigénetique de l'uranium e plus importante dans les niveaux de sédiments q sont géochimiquement favorables. C'est confirm aussi par le fait, que les explorations n'ont pas jusqu présent découvert des minéralisations dans les niveau plus profonds, bien que certaines se trouvent da des sediments qui se ne distinguent pas par leu qualités lithologiques, pétrographiques et géochim ques des sédiments de la minéralisation au dessus d la surface inférieure de la zone minéralisée. La form tion de gisements sédimentaires d'uranium dans ce région est étroitement liée aux conditions hyd géologiques de la zone où le gisements sont ouver

ANTONIJE ANTONOVIĆ
VLADISLAV TODOROVIĆ

Zavod za nuklearne sirovine, Beograd

GEOLOGIJA I URANONOSNE POJAVE PLANINE IVERAK

U članku su prikazani uslovi i mehanizam taloženja sedimenata u zalivu Tortonskog mora na južnom pribrežnom području granitskog masiva Cera, odraženi u vertikalnom i bočnom smenjivanju konglomeratične, peščarske i glinovite facije. Uranska mineralizacija zahvata širi priobalni pojas delimično ugljevitih peščara (peskova) i konglomerata. Raspored uranonosnih slojeva u odnosu na reljef ukazuje na mogućnost sekundarne koncentracije urana.

Posle otkrića anomalija radioaktivnosti na planini Iverak od strane jednog istraživača amatera 1957. godine, ekipe Saveznog geološkog zavoda su vršile obimna istraživanja, uključivši i dubinska bušenja, što je dalo interesantne podatke o građi ovog uvučenog drugomediteranskog basena, naročito o geološkim procesima na severnoj obali nekadašnjeg mora.

Iverak je neposredni južni ogranak planine Cera u severozapadnoj Srbiji između Loznice i Šapca, i od Cera je odvojen dolinom reke Lešnice. Planinu Iverak sačinjava jedan greben pravca istok-zapad dug 15 km, s najvišim vrhom Debeli Rid (426 m). Južne padine Iverka se sasvim blago spuštaju ka Jadru, dok su severne znatno strmije. Ovo područje relativno je siromašno vodom, tako da potoci pritoke Jadra, koji se slivaju sa severa na jug, često preko leta presuše. Pod samim grebenom potoci su duboko usečeni, kao posledica intenzivnog spiranja Iverka, doskora čuvanog gustom šumom. Lešnica na severu i Jadar na jugu, koje sakupljaju sve vodene tokove s ovog područja, pritoke su Drine.

GEOLOŠKI SASTAV

Područje severozapadne Srbije, gde su taloženi drugomediteranski sedimenti Iverka, izgrađeno je najvećim delom od permokarbonskih tvorevina. To su pretežno argilošisti i peščari, zatim bankoviti krečnjaci, dolomiti i kvarcni konglomerati. Po V. Simiću (1938), paleozoik zapadne Srbije je nastavak velike paleozojske zone koja se provlači kroz celu Bosnu. Za stene mlađeg paleozoika je karakteristična tamna, skoro crna boja, po čemu se naročito ističu argilošisti i krečnjaci. Ovakve crne stene nalazimo gotovo svuda na obodu tercijernog sedimentnog basena, izuzev na severnom delu, gde ovi sedimenti naležu preko granitskog masiva Cera. Graniti su sive boje, na južnom obodu obično znatno alterisani, isprobijani mnogobrojnim pegmatitskim i aplitskim žicama.

Od ostalih formacija u obodnom pojasu se sreću još svetložuti zoogeni krečnjaci gornje krede (Zavlaka), zatim manji proboji dacitsko andezitskih stena. Trijaski sedimenti nalaze se dalje ka jugu, iznad obodnog regiona.

Tercijerni sedimenti u ovoj oblasti gotovo u celini pripadaju srednjem miocenu (II mediteran), i samo su pojedini delovi terena ka severu i severoistoku pokriveni mlađim sedimentima neodređene starosti.

1. SREDNJI MIOCEN (II MEDITERAN)

Sedimenti II mediterana ispunjavaju basen u obliku zaliva širokog oko 8 km, koji je počev od visine Loznice zalazio u kopno do 20 km. U njegovom centru se sada nalazi selo Jarebice. Postojanje drugomediteranskih sedimenata kod Loznice, gde se oni javljaju u faciji tegla i sprudnih lajtovačkih krečnjaka, prvi je utvrdio P. Pavlović (1896 i 1903). Kasnije je P. Stevanović (1949) našao da se ovi slojevi pružaju na istok čak do Donje Badanje i Zavlake. U svim ovim tvorevinama Stevanović je izdvojio sledeće facije:

a) slojevite i peskovite gline,
b) sitnozrne i krupnozrne peskove s glinama,
c) litotamnijski krečnjak kod Loznice,
d) priobalski šljunak i aglomerat.

U toku detaljnog kartiranja, naročito u severoistočnom delu miocenskog zaliva potvrđeno je postojanje pomenutih facija, sem litotamnijskih krečnjaka, koji se u prikazanom delu terena javljaju u vrlo ograničenom obimu. Pored toga, izvršeno je okonturavanje facija na karti, a korišćenjem podataka istražnih radova na Iverku, naročito dubinskog bušenja, detaljnije su proučene promene u horizontalnom i vertikalnom smeru, kao i međusobni odnosi i građa pojedinih facija. Na našem terenu mi smo izdvojili:

a) faciju tegla (peskovitih glina),
b) faciju peščara i peskova,
c) faciju konglomerata (blokova) i krupnozrnih peščara.

Treba odmah napomenuti da između ovih facija ne postoji oštra granica i da su nazivi određeni prema glavnoj komponenti.

a) *Facija tegla (peskovitih glina)*

Ovu faciju sačinjavaju sivoplave i sive gline, uslojene ili neuslojene, zatim sivoplavi glinoviti peščari u vidu banaka, slabije ili jače očvrslih.

Ova facija, nazvana teglom zbog sličnosti s badenskim teglom, pokriva najveći deo terena i leži transgresivno preko erodirane podloge sastavljene pretežno od paleozojskih stena. U predelu reke Korenita tegl leži preko crnih paleozojskih škriljaca i razvijen je u vidu glinaca skoro crne boje. U ovom delu terena van domena naše karte javljaju se masivni krečnjaci svetlomrke boje kao nastavak facije litotamnijskih krečnjaka iz oblasti Loznice. U Donjoj Badanji preko crnih permokarbonskih krečnjaka leže sive gline, zatim peskovite gline i ugljevite crne gline.

U dolini reke Jadar tegl je gotovo potpuno pokriven, i izuzev pojedinih retkih profila, koji su otkriveni ručevima, njegovo razviće ne može detaljnije da se prati. Oko Draginca, Jarebice, Brdarica, Vinogradine, Mekota i Žestika preovlađuju gline sivoplave boje. Fauna se retko nalazi i češće su forme s tankom ljušturom. Ukazujući na siromaštvo faune P. Stevanović (1949) smatra, prema nađenim formama, da su sedimenti ovoga područja tortonske starosti. Pored toga, on napominje da je moguće »da donji deo moćnih škriljastih peskovitih glina i tabličastih škriljaca, koji potsećaju na šlir istočne Bosne, pripadaju helvetskom katu«. U dolini reke Mala Cernica, kod banje Badanje, u teglu sa slojevima uglja određene su tortonske faunističke forme kao *Cardita jovaneti Bast., Flabbeli-Pecten-beserii Andr., Clypeaster sp., Vermetus arenarius*, a zatim je nađen zub od ajkule, kao i mnogi ostaci školjaka. Na ovom mestu niži sloj je svetloplave boje, dok je viši žućkast i bogatiji peskom, a njihova ukupna moćnost je 6—8 m. Ugalj se nalazi nataložen u vidu tankih slojeva ili u vidu komada nepravilnog oblika, i u njemu ima najviše ostataka fosila, većinom od crva.

Idući ka severu facija tegla postaje sve peskovitija i proteže se do pod sam greben Iverka, gde su tvorevine ove facije otkrivene u potocima s duboko usečenim koritima i gde može da se prati razviće facija od tegla ka peščarima i konglomeratima (sl. 1). Kod mesta Cerik oko vodenica, kao i u bočnim jarugama uzeta je iz gornjih partija tegla i određena brojna, dosta dobro očuvana fauna:

Turritella turris Bast.
Conus dujardini M. Hoern.
Pectanculus pilosus L.
Arca diluvii Lam.
Ancillaria glandiformis May.
Heliastraea reussiana M. Edw.
Dentalium intermedium R. Hoern.
Terebra basteroti Frid.
Corbula gibba Olivi
Pleurotoma pustullata Hoern.
Chenopus-pes pellecani Phil.
Rostellaria dentata Graf.
Mitra screbiculata Brocc.
Trchus patulus Brocc.
Natica helicina Brocc.
Natica millepunctata Lam.
Mitrella semicaudata Bon.
Turitella subangulata Brocc.
Cerithium zeuschneri Pusch.
Pecten cristatus Bronn.
Conus fascociugulatus Bronn.
Cardium hyans Brocc.
Venus (Meretrix) islandicoides Lam.
Ampllexus sp.
Picrodonta cochlear Polli.
Terebra fuscata Brocc.
Venus multilamella L.
Conus mercati Brocc.
Voluta rarispina Lam.
Flabelli — Pecten beserii Andr.

Od gore nabrojanih formi osam se nalazi u lokalnosti kod Brasine, na putu Koviljača—Zvornik, koje je O. Miletić (1949) odredila kao donje tortonske, uz napomenu da nije zapažena mikrofauna. Na osnovu naših nalaza, tvorevine tegla kod Cerika pripadale bi tortonskom katu II mediterana.

Treća faunistička lokalnost nalazi se dalje ka zapadu kod Radivojevića Male, ispod kote 283 m. Fauna je prikupljena iz materijala izbačenog iz jednog novoiskopanog bunara sa dubine od 8 m, iz sivoplavih peskovitih glina, koje su vrlo bogate fosilnim ostacima. Najmnogobrojnije su školjke s tankom ljušturom, od kojih je određena *Corbula gibba Olivi* u velikom broju individua, zatim *Schizaster laubeli R. Hoern.*, u više fragmenata i celih primeraka. U istom materijalu je nađena obilna odredljiva mikrofauna, od koje su izdvojene karakteristične forme:

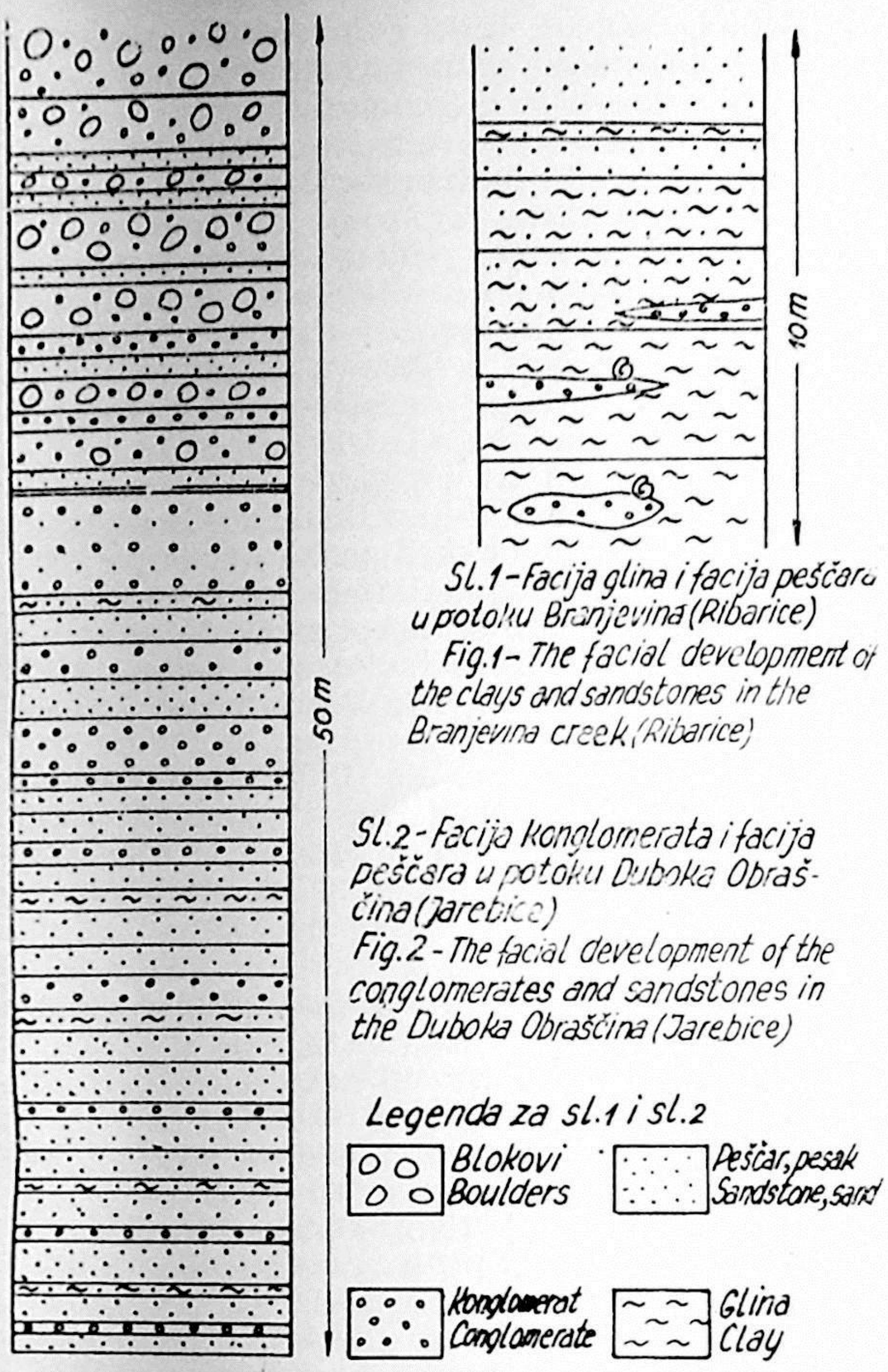
Rotalia becerii Linné, rukovodeća forma
Rotalina kalembergensis d'Orb.
Rotalia sp.
Nonionina communi Daorb.
Globigerina bulloides d'Orb.
Globigerina regularis d'Orb.
Globigenoides trilobus Reuss.
Cristelarija sp.
Polistomella crispa Lam.
Bulimina sp.

Isto tako su nađeni i fragmenti nožica od ježeva, zatim fragmenti lišća kao i mnoge čestice uglja, vrlo finog zrna. Sve gore pomenute forme su karakteristične za gornji torton, i najčešće se susreću u paratetisu i tetisu, a veoma su rasprostranjene. Najveća visina na kojoj se tegl javlja u severnim delovima terena je oko 240 m, dok se odmah niže ka jugu granica između facije peščara i tegla kreće na nivou oko 200 m.

Prema karakteru određivane faune, tvorevine tegla pripadaju neritskoj zoni sedimentacije, na što ukazuje postojanje korala, kraba iz roda brahiura, školjaka s debelom ljušturom, puževa s bodljama itd. Dubinskim bušenjem je utvrđeno da se facija tegla bočno isklinjava i ne proteže dalje od njene površinske granice.

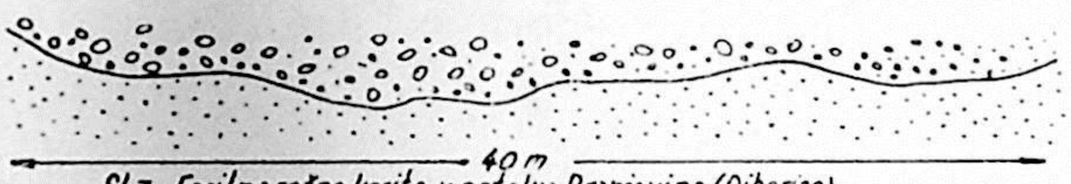
b) *Facija peščara i peskova*

Facija peščara i peskova ima vrlo heterogen litološki sastav, kako u pogledu sastojaka, tako i po krupnoći zrna, uslojenosti, boji slojeva i stepenu čvrstine. To su pretežno tamnosivi do plavičastosivi krupnozrni, ređe sitnozrni peščari ili poluvezani peskovi, delimično konglomeratični. Uslojenost im varira od tankih slojeva do debelih banaka, ili su pak neuslojeni, uz vrlo često smenjivanje materijala po krupnoći zrna, od glinovitog do konglomeratičnog. Česta su bočna smenjivanja materijala u svim vidovima, tako da ne postoji neki karakterističan sloj koji se može pratiti na celom prostranstvu. Izuzetak su donekle

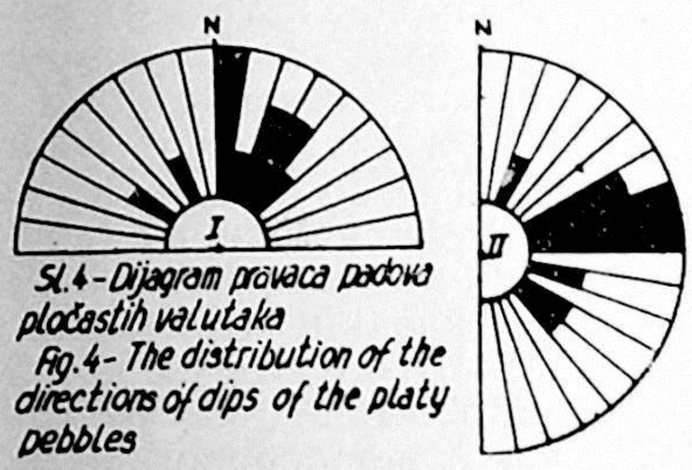


Sl.1 - Facija glina i facija peščara u potoku Branjevina (Ribarice)
Fig.1 - The facial development of the clays and sandstones in the Branjevina creek (Ribarice)

Sl.2 - Facija konglomerata i facija peščara u potoku Duboka Obraščina (Jarebice)
Fig.2 - The facial development of the conglomerates and sandstones in the Duboka Obraščina (Jarebice)



Sl.3 - Fosilno rečno korito u potoku Branjevina (Ribarice)
Fig.3 - The fossil river bed in Branjevina (Ribarice)



Sl.4 - Dijagram pravaca padova pločastih valutaka
Fig.4 - The distribution of the directions of dips of the platy pebbles

slojevi ili horizonti s ugljenom materijom, odnosno sa povećanim sadržajem urana, s kojima se kako izgleda jedino može vršiti pokušaj za korelaciju.

U višim nivoima (između 200 i 300 m) izdvaja se jedan superpozicioni horizont peskova svetlih boja, koji se protezao na celoj površini basena i dublje zalazio u sedimente facije konglomerata i blokova. Njegova granica prema faciji tegla — preko koga leži na većem prostranstvu — znatno je oštrija nego prema konglomeratima, gde se ovaj nivo može okonturiti samo kao skup peščarskih slojeva prožetih i razdvojenih konglomeratima i blokovima. U domenu ovog nivoa se nalazi glavnina uranonosnih slojeva.

Petrografski sastav sedimenata ove facije je različit i zavisi od područja s koga potiče materijal. Peščari i konglomerati peščarske facije najvećim delom su izgrađeni od granitskog materijala, bilo kvarca, feldspata i liskuna u peščarima, ili valutaka granita odnosno pegmatita u konglomeratima. Uz njih se, mada znatno ređe, sreću i valuci tamnih škriljaca. Ovakav sastav na pretežnom delu terena uslovljen je znatnim prinosom materijala iz oblasti granitske mase Cera, dok su u istočnim partijama peščarske facije, južno od V. Glavice, velike mase konglomeratičnih peščara sastavljene gotovo isključivo od crnih argilošista i krečnjaka, poreklom sa severoistočnih obala.

Fosilna marinska fauna nađena je na više mesta, obično u glinovitim partijama peščara, blizu prelaza ka faciji tegla. Za razliku od ove zadnje, fauna iz peščarske facije iako bogata, sastavljena je skoro isključivo od školjaka *Phacoides borealis L.* i *Phacoides michelottii May.*, koje su takođe tortonske forme. Istočno i zapadno od grebena sa kotom 283, preko peskovitih glina leže čvrsti glinoviti mrki peščari, sa slabo zaobljenim komadima granita i pegmatita. U njima su nađene slabo očuvane ali odredljive školjke *Phacoides borealis L., Cardium sp., Cardium Auronicum May.* i *Cardium Hyanc. Brocc.*, kao i neodredljive školjke sa sifonom. U peščarima zaseoka Straža, na severozapadnom delu terena, nađene su krupne sisarske kosti, a ispod Debelog Rida (426 m), južno od same kote, nađeni su u peščarima zubi *Dinotheriuma bavaricum Mayer*. Ovaj sisar je isto tako živeo u tortonu.

Postojanje školjaka sa sifonom, koje su živele u šljunku i pesku, kao i nalaz sisarskih kostiju i zuba ukazuju na litotalni — priobalski karakter sredine u kojoj su taloženi sedimenti peščarske facije.

Na više mesta se mogu naći konglomerati transportovani vodenim tokovima, a u potoku Branjevini, na južnim padinama istočnog dela Iverka, jasno se vidi oblik korita u kome je taložen šljunak (sl. 3). Na osnovu karakterističnog položaja pločastih valutaka, koji se postavljaju u iskošen položaj prema pravcu vodene struje, može se približno odrediti smer strujanja. Merenjem pravaca pada ovih valutaka na dva mesta dobiveni su pravci tokova od SSI ka JJZ, odnosno od istoka ka zapadu. Na slici 4, dijagram I odgovara koritu u potoku Branjevina sa slike 3. Mada je broj merenja sveden na najmanju meru rezultati se odlično poklapaju s pretpostavkama o mogućim pravcima prinosa materijala na osnovu opšte geološke situacije. Ovi podaci ujedno pokazuju da je marinsko sedimentno područje povremeno bivalo izloženo neposrednom dejstvu kopnenih činilaca i pre konačnog povlačenja mora.

c) *Facija konglomerata i blokova*

Ova facija, koja je kao i ostale po sastavu vrlo heterogena, taložena je najbliže obali i na njeno formiranje su dobrim delom neposredan uticaj imali procesi na kopnu. Ovo se naročito odnosi na završnu fazu deponovanja velikih masa blokova u gotovo isušen basen, pri čemu je uloga mora bila svedena na najmanju moguću meru. U domenu grebena Iverka masa blokova naniže postupno prelazi u partiju s mnogobrojnim slojevima peščara i konglomerata, koji su naročito

česti između 300 i 200 m. Takav odnos je prika
na profilu potoka Duboka Obraščina (sl. 2).

Ispod Debelog Rida (426) izbušena je
dublja bušotina na ovom terenu (br. 3), od ni
+260 m do —400 m apsolutne visine (dub
660 m), i nabušila u ovom izrazitom priobaln
pojasu moćnu seriju konglomerata i blokova
proslojcima peščara, u kojoj je i završena,
naišavši na očekivanu podlogu. Ovim je neoče
vano ustanovljeno da je debljina cele sedimen
cione serije morala iznositi najmanje 800 m.
sastav konglomerata i blokova ulaze dobrim
lom stene iz granitskog masiva Cera. Naročito
zapaženi veliki blokovi s Iverka, prečnika do 7
sastavljeni od granita i pegmatita. U pomenu
velikoj bušotini, u dubljim delovima preovlađu
u znatnoj meri valuci škriljaca, a u zadnjih 100
i glina, inače značajna komponenta sedimena
ove facije, s pretežno mrkocrvenim pigmento

U sedimentima ove facije nisu nađeni fosil
ostaci, ali oni svakako pripadaju drugomediter
skoj seriji Iverka.

Fig. 5 — The cross section of the sediments II Mediterranian formation in Ribarice area

Sl. 5 — Profil II mediteranskih sedimenata Iverka u predelu Ribarice

Formiranje facija

Karakter sedimenata u priobalskom pojas
utvrđen bušenjem do znatne dubine, u kojima
gotovo na svakom metru ili nekoliko metara s
njuju peščari, konglomerati i blokovi, ukazuje
ritmičko i relativno brzo spuštanje podloge. U
redo sa spuštanjem vršeno je intenzivno ispun
vanje basena, tako da dubina mora po svoj pri
nije premašivala 200 m, a povremeno se more
obalskog regiona i znatno povlačilo. Na ovo u
zuje pojava konglomerata u faciji tegla u cen
basena, zatim izrazito neritski karakter mekuš
nađenih u glinama najmanje 2 km udaljenim
obale.

Za proučavanje facijalnih odnosa od pose
nog je značaja niz dubokih bušotina duž profi
preko Debelog Rida (sl. 5). Poseban položaj se
menata u domenu ovog profila ukazuje da sp
štanje nije vršeno ni ravnomerno, niti po jed
rasednoj ravni ili zoni, tako da je pomeranje
stavljeno ka severu. Taloženje sedimenata u s
tri facije vršeno je istovremeno i relativno br
sa sasvim postupnim međusobnim bočnim pre
zima i izrazitim prstastim zavlačenjem pojedi
litoloških članova. Uz obalu do 1 km taloženi
konglomerati s blokovima, ređe peskovi i gli
nešto dalje, 1 do 2 km deponovani su pretež
peskovi, više ili manje šljunkoviti, sa ređim b
kovima i proslojcima glina; preko 2 km talož
su peskovite gline i gline facije tegla. Ova
raspored triju facija može se pratiti do niv
iznad 200 m nadmorske visine.

U zadnjoj fazi mora došlo je do njegov
znatnog oplićavanja i taloženja peskova goto
na celom prostoru basena, tako da se danas o
horizont jasno ocrtava na karti po izohipsi od
bližno 200 m. Bliže obali i u ovom nivou preo
đuju konglomerati pa i blokovi, tako da se
gotovo isklinjava u tvorevinama facije konglo
rata i blokova.

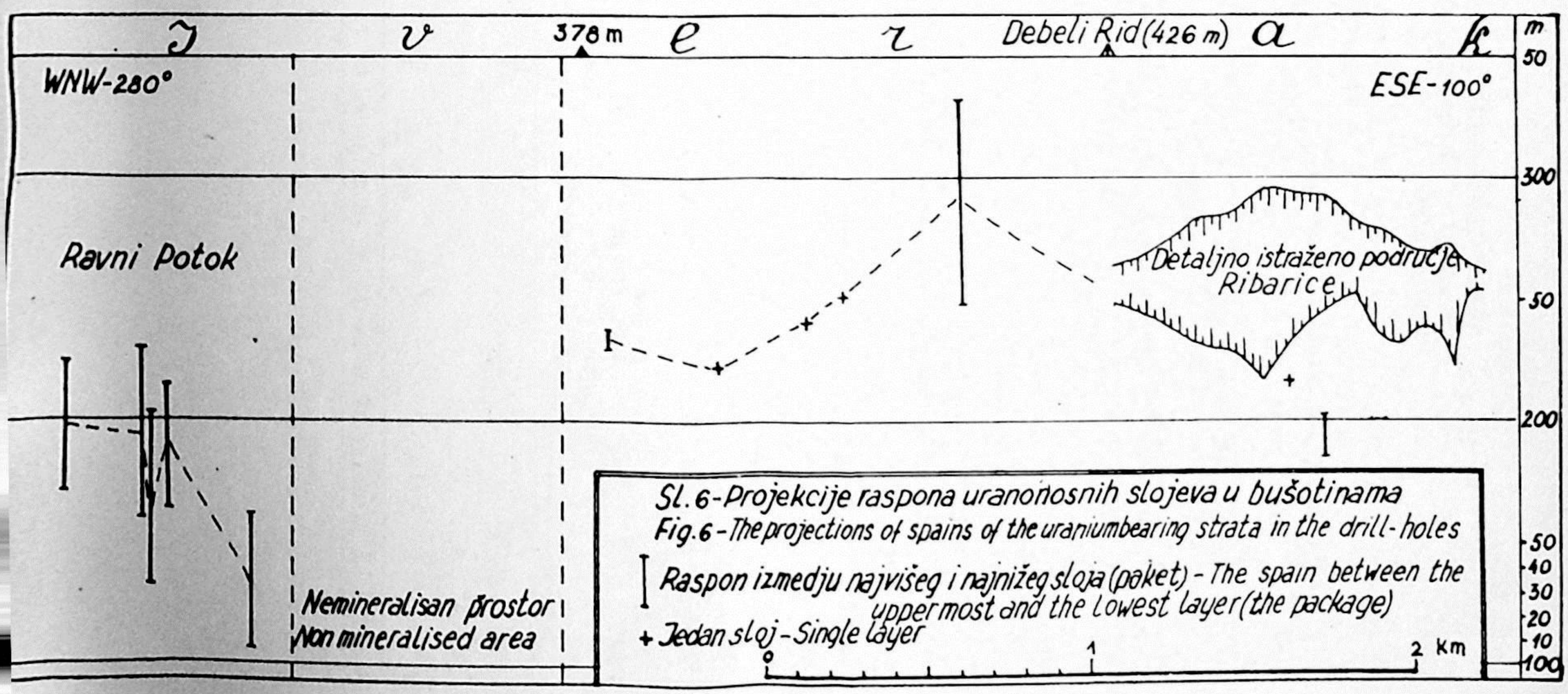
Tortonske ravni rasedanja nisu dostupne posmatranju, ali postoje i vidljivi dokazi o njihovom postojanju, kao što je jedno slabo mineralisano, ali vrlo radioaktivno vrelo kod zaseoka Majur na desnoj obali reke Lešnice, u samom podnožju Cera. Prisustvo jednog izvora, čija voda nije ni mineralisana ni radioaktivna, samo nekoliko desetina metara iznad ovog vrela, ukazuje da ono nije hranjeno iz rezervoara u masivu Cera, već iz pukotina meridionalnog pravca.

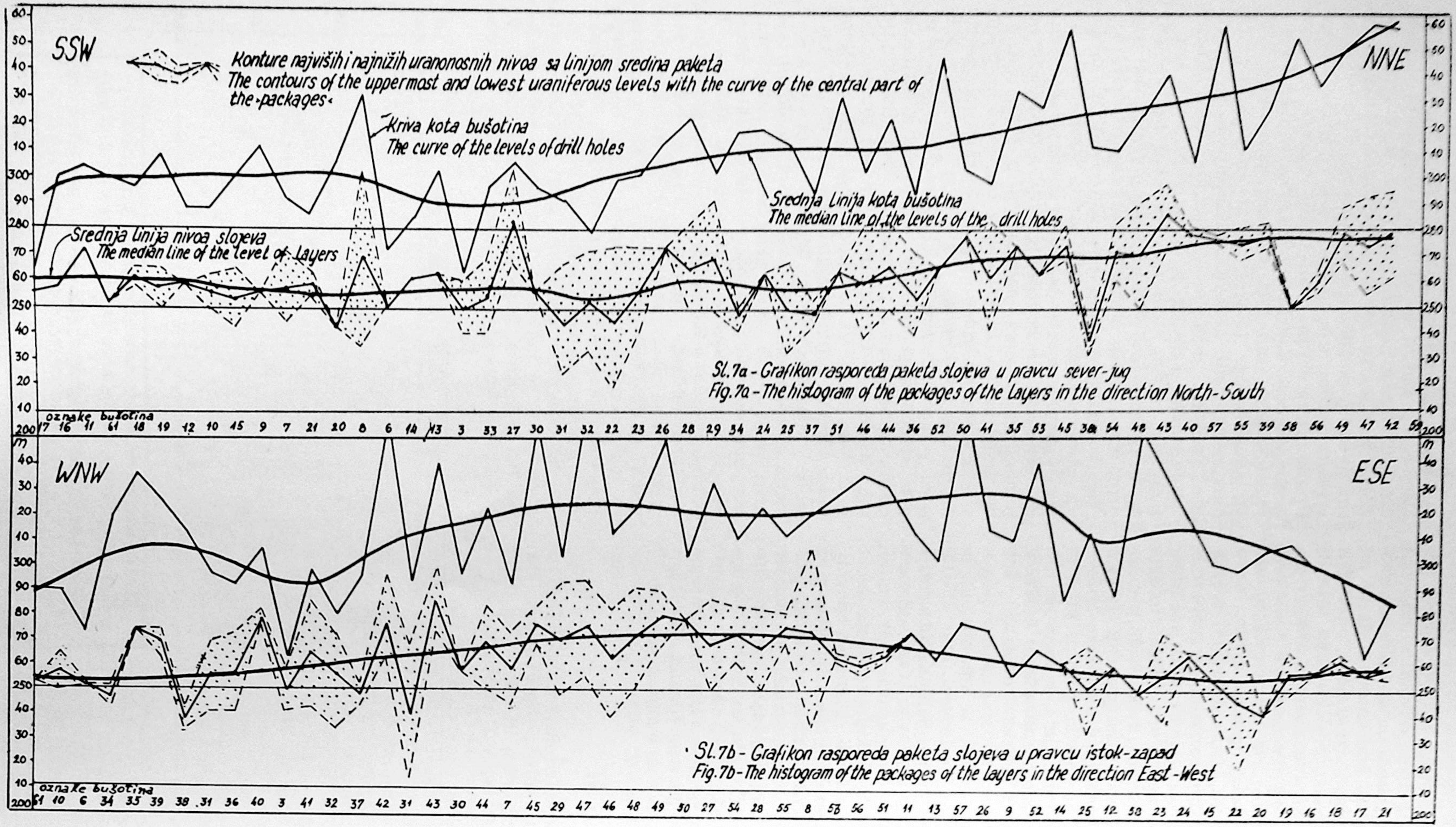
Veliki granitski blokovi koji izgrađuju Iverak od nivoa 300 m naviše kontinentalne su tvorevine, koje su prekrile prostor tada već sasvim oplićalog mora — možda razbijenog na više plitkih basena — do na više kilometara od obale. Debljina naslage blokova iznosi danas na grebenu Iverka 150 m, te se za prvobitnu debljinu može gotovo sa sigurnošću tvrditi da je bila 200 m. Vrlo je teško zamisliti postojanje reljefa s koga se survavaju tolike mase delimično obrađenih blokova, posle jednog dugotrajnog perioda intenzivnog spiranja ogromnih količina detritusa, nataloženog u basenu Korenite i Jadra. Može se smatrati da je s prostora Cera razoreno i odneseno oko 50×10^9 m^3 materijala, tako da je ova planina pre erozije bila bar dvostruko viša. U glavnoj fazi sedimentacije spuštanje basena omogućavalo je stalno prisustvo mora, a posle prekida tonjenja more se konačno povuklo. Ponovni i znatno burniji prodor velike mase kopnenog materijala na područje basena mogao je biti izazvan pre svega izdizanjem masiva planine Cera, čime je ponovo uspostavljena znatna visinska razlika između basena i bivšeg obalskog područja. Sudeći po karakteru i krupnoći materijala, ovo denivelisanje velikih razmera izvršeno je u relativno kratkom roku, čime su završeni procesi formiranja drugomediteranskih formacija na ovom prostoru.

Uranonosni slojevi

Uranom mineralisani slojevi ne odlikuju se nikakvim posebnim litološkim karakterom, sem što se ponekad pojavi sočivo ili tanak sloj ugljevite materije, te se po izgledu gotovo uopšte ne razlikuju od ostalih delova formacije u kojoj zaležu. Svi pokušaji da se izvrši korelacija slojeva, čak i na malom odstojanju ostali su bez uspeha. Pored radiokarotaža, u nekim bušotinama je vršen i elektrokarotaž, a jezgra bušotina su podvrgnuta sedimentno petrografskim ispitivanjima. Prema prethodnim rezultatima nijedna od navedenih metoda, kao ni geološko kartiranje jezgra, nije mogla da ukaže na neki određeni vodeći sloj, ali neuporedivo najveći značaj imaju podaci radiokarotaža, koji neposredno daju položaj i intenzitet radioaktivnosti mineralisanog sloja. Mineralisan prostor zahvata pojas dug preko 4 km, a širok oko 1 km, koji se proteže u pravcu ZSZ od V. Glavice (358) ka Ravnom potoku. Na ovom prostoru, gde su vršena detaljnija istraživanja, postoje znatni rasponi po broju i dubini zaleganja mineralisanih nivoa. I pored znatne nejednakosti gustine mreže bušenja jasno se razlikuju dve grupacije koncentracije slojeva odvojenih nemineralisanim prostorom od blizu 1 km (sl. 6). Osnovna razlika između dveju grupacija je znatna visinska razlika između paketa — raspona između najgornjeg i najdonjeg nabušenog sloja: u zapadnom polju nabušeni su slojevi od 230—130 m, a u istočnom od 300—200 m apsolutne visine. U obema grupacijama postoje lokalna odstupanja, tako da je u istočnom polju najviši nabušeni sloj na 333 m, a najniži na 185 m, dok je u zapadnom polju (Ravni potok) najniži sloj na 106 m. Pored velike neujednačenosti debljine paketa, kao i kratkog horizontalnog prostiranja pojedinih slojeva, pada u oči veliki skok između paketa razdvojenih nemineralisanim prostorom, koji iznosi oko 100 m, računajući od njihovih sredina. Iz odnosa pojedinih facija i prema položaju završnog horizonta peščara i peskova, koji na celom prostoru leži na nivou između 200 i 250 m nadmorske visine, sa odstupanjima najviše do 50 m, ne mogu se uočiti skokovi toga reda; jedino se zapaža blago spuštanje ka zapadu, što, uostalom, pokazuju i mineralizovani sedimenti u celini.

Na priloženoj geološkoj karti planine Iverak okontureno je područje u istočnom polju, južno od Debelog Rida, koje je detaljno istraženo dubinskim bušenjem s gustinom od jedne bušotine





Sl. 7a - Grafikon rasporeda paketa slojeva u pravcu sever-jug
Fig. 7a - The histogram of the packages of the layers in the direction North-South

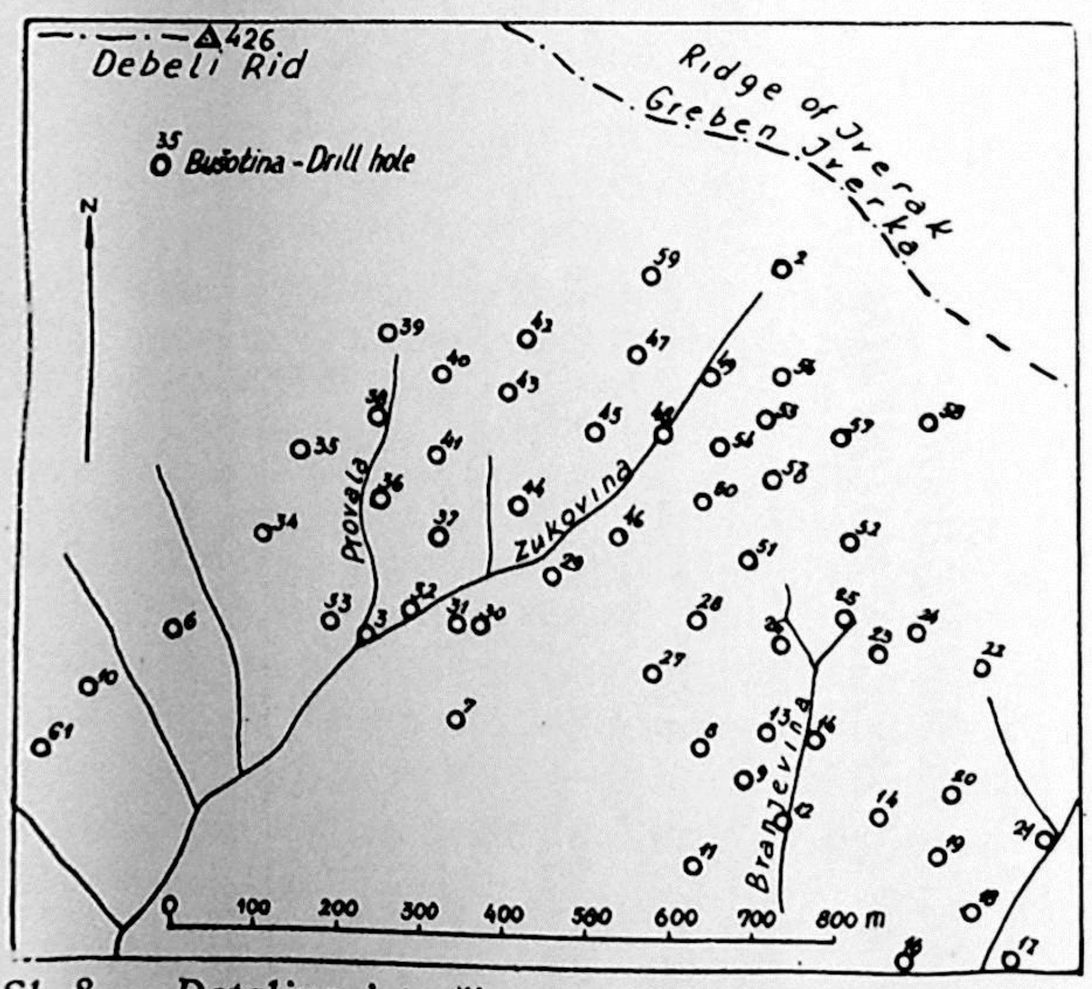
Sl. 7b - Grafikon rasporeda paketa slojeva u pravcu istok-zapad
Fig. 7b - The histogram of the packages of the layers in the direction East-West

na 1,8 ha (sl. 8). Pokušaj korelacije slojeva duž profila u bilo kome smeru pokazao se neizvodljivim, čak i na kraćim odstojanjima. Broj slojeva varira od jednog do sedam — u proseku 2,6 — a rasponi slojeva (debljina paketa) idu na ovom prostoru do 68 m. Statističkom analizom podataka iz 57 bušotina pokazale su se izvesne pravilnosti u položaju mineralisanog prostora u celini, što nije moglo biti uočeno posmatranjem običnih profila. Na slici 7a prikazan je grafikon rasporeda paketa slojeva,ređanih postupno u pravcu S—J, gde se vidi jasna tendencija postupnog podizanja opšteg nivoa mineralizacije od juga ka severu, od 255 do 275 m. Kriva, odnosno srednja linija kota bušotina iznad grafikona pokazuje još oštriju tendenciju dizanja, kao i međusobno prilično jasno poklapanje maksimalnih i minimalnih položaja, naročito u južnom delu. Na slici 7b postupak je vršen na isti način u pravcu I—Z, ali je ovde izraženo izdizanje centralnog dela uz približno odgovarajuću konturu površine. Ovi podaci, sa rezultatima nekih drugih istraživanja, nameću izvesne zaključke o postanku uranonosnih slojeva, bez pretenzija na potpuni odgovor, pogotovu što problemi ovakve vrste još uvek nemaju neko rešenje u principu primenljivo za ležišta urana sličnog tipa.

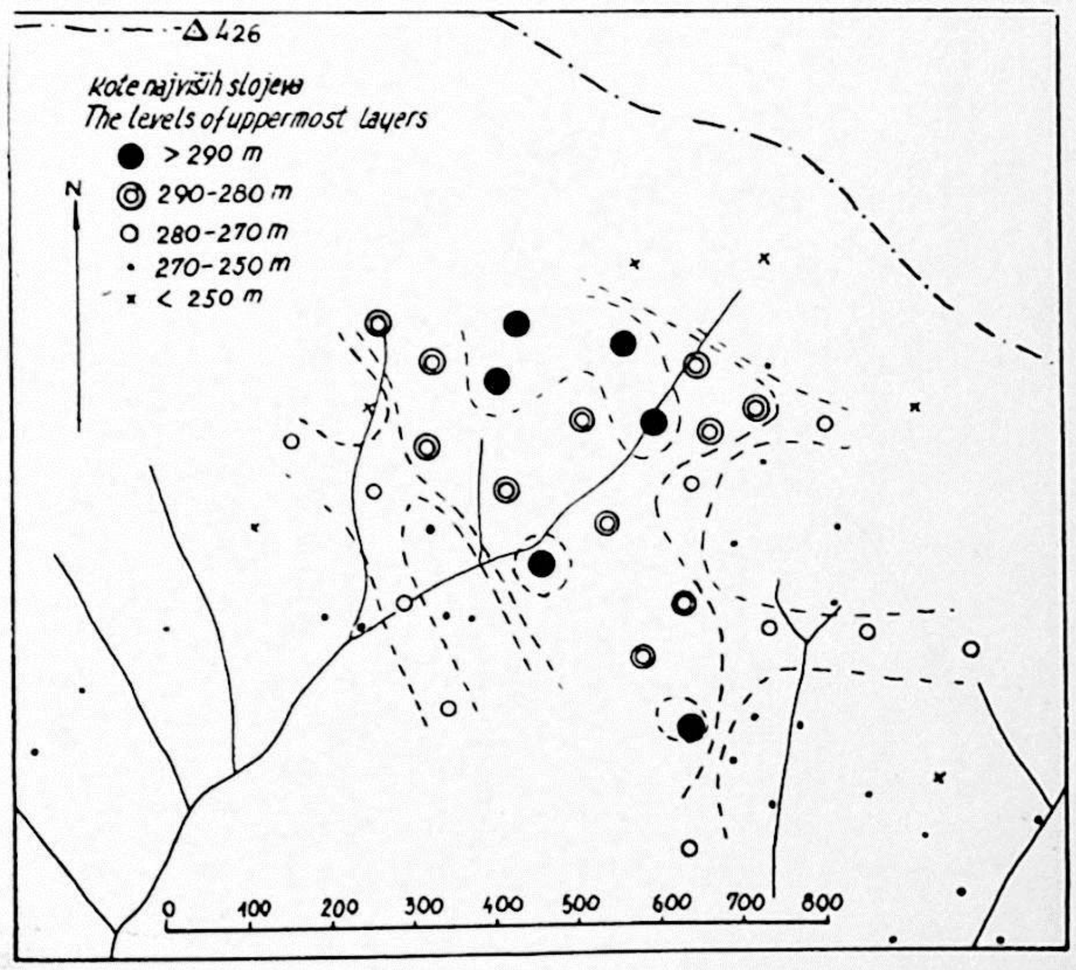
Glavna karakteristika uranske mineralizacije u ovom polju je velika rasejanost uranonosnih slojeva kako po dubini tako i u horizontalnom smeru, što ne daje sliku jednog izrazitog sedimentnog formiranja, kao što su, na primer, prostrana područja uranonosnih bituminoznih škriljaca. Isto tako se isključuje mogućnost temeljnog tektonskog preformiranja eventualnog jedinstvenog sedimentnog područja, jer se radi o paketima vrlo različite debljine i različitog broja slojeva u njima. Posmatrano pak u celini, dobija se slika jednog određenog nivoa, koji se u glavnim potezima, a negde i u detaljima poklapa s konturama površine (sl. 7a i 7b). Ovaj nivo pretežno zaleže u partiji završnih peščara i peskova, koja bočno zalazi u faciju konglomerata i blokova.

U mineralisanim slojevima, a i u celoj seriji, sreće se ugalj, nekad u vidu tankih proslojaka, ali pretežno u vidu sitnih zrna primešanih u sedimentima gotovo na celom prostoru. Pored ugljene materije u svim istraživanim uranonosnim slojevima nađeno je dosta pirita. Način rasporeda ugljene materije, bez pravih slojeva regularne debljine, sa česticama uglja rasutim u masi sedimenata, ukazuje na alohtoni karakter ugljenih pojava.

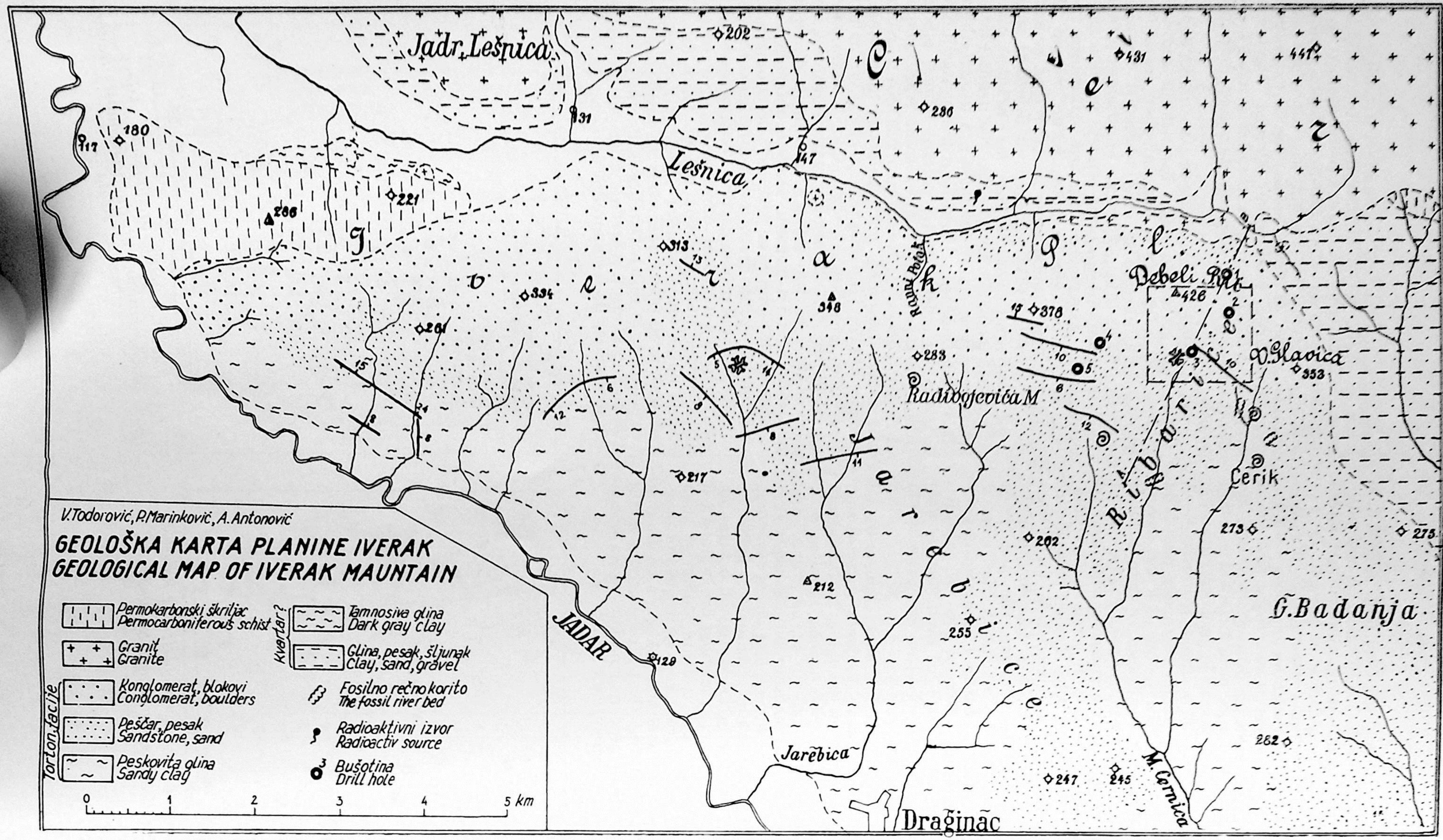
Svi ovi podaci navode na misao da je deponovanje urana vršeno posle formiranja sedimenata Iverka, uzimajući u obzir njegovu temeljitu preraspodelu, ukoliko se može zamisliti postojanje nekog nivoa u kome je uran bio unošen u fazi deponovanja ili dijagenetskih procesa u ovim sedimentima. U prilog ovome govore ispitivanja radioaktivne ravnoteže radiohemijskim putem u domenu jednog uranonosnog horizonta od strane N. i Vl. Simića (1959), kojima su utvrđeni značajni poremećaji ravnoteže, i to kod uranom obogaćenih ugljenonosnih slojeva u korist urana (26%, pri ravnotežnom stanju od 100%), a u povlatnim i podinskim peščarima izrazito u korist radijuma do 860%, uz daleko manji sadržaj urana, ispod 0,03%. Poreklo urana možda ne treba tražiti dalje od samih sedimenata Iverka, sastavljenih u ovom delu gotovo isključivo od granitskog materijala, u kome se ovaj jako migrativan elemenat nalazi u mobilnoj formi usled mehaničke i hemijske alteracije granita, više nego u samom granitskom masivu. Možemo, isto tako, pretpostaviti da je u toku sedimentacije izvršeno izvesno obogaćivanje uranom većih kompleksa peščara i konglomerata, odakle je najvećim delom uran migrirao. Upečatljiv je i podatak o podudarnosti opšteg nivoa mineralizacije s površinom, odnosno njegove orijentacije prema hidrografskoj mreži, tako da bi srednje linije nivoa slojeva mogle odgovarati i srednjem nivou podzemnih voda na proučavanom području (sl. 7a i 7b). Oštrije oscilacije površinskih kota u odnosu na srednje kote paketa posledica su kasnijeg daljeg napredovanja erozije.



Sl. 8 — Detaljno istraživana oblast kod Ribarice
Fig. 8 — Detailed explorated area by Ribarice



Sl. 9 — Položaj najviših uranonosnih slojeva
Fig. 9 — The position of the uppermost uranium bearing strata


V. Todorović, P. Marinković, A. Antonović
GEOLOŠKA KARTA PLANINE IVERAK
GEOLOGICAL MAP OF IVERAK MAUNTAIN
Permokarbonski škriljac
Permocarboniferous schist
Granit
Granite
Torton, facije
Konglomerat, blokovi
Conglomerat, boulders
Peščar, pesak
Sandstone, sand
Peskovita glina
Sandy clay
Kvartar?
Tamnosiva glina
Dark gray clay
Glina, pesak, šljunak
Clay, sand, gravel
Fosilno rečno korito
The fossil river bed
Radioaktivni izvor
Radioactiv source
Bušotina
Drill hole
0 1 2 3 4 5 km
Jadr. Lešnica
Lešnica
Jarebica
JADAR
Draginac
Radivojevića M
Debeli Rit
V. Glavica
Cerik
G. Badanja
M. Cernica
Rib
Ranni Potok
202
431
441
286
131
147
180
117
221
286
313
334
348
261
378
283
426
353
217
212
262
273
275
255
129
282
247
245

2. SEDIMENTI MLAĐI OD II MEDITERANA

U gornjem toku rečice Velika Cernica, kao i duž desne obale reke Lešnice, vide se sedimenti znatno različiti od II mediteranskih tvorevina. To su pretežno crvenkaste, žute i svetlosive gline, zatim kvarcni peskovi i peščari sa glinom, kao i redi konglomerati i šljunkovi, često limonitisani. Ovi slojevi su uvek horizontalni, leže diskordantno preko sedimenata II mediterana, i po svoj prilici ispunjavaju stare rečne doline koje se poklapaju sa sadašnjim. Starost ovih slojeva nije tačno određena zbog nedostataka fosila, ali se može smatrati najgornje pliocenskom ili kvartarnom.

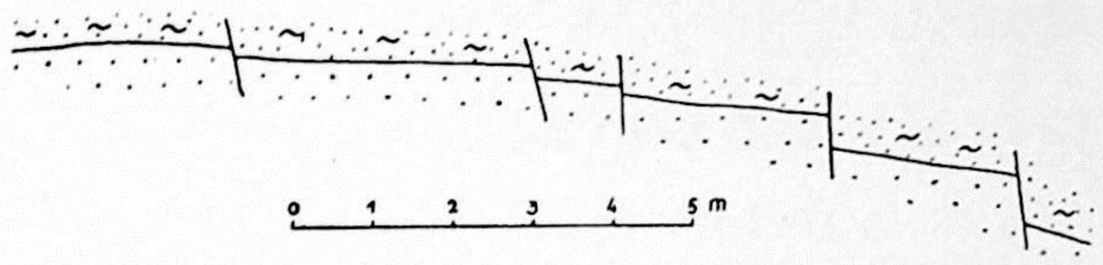
Na severozapadnom obodu Iverka, južno od Jadranske Lešnice javljaju se na malom prostranstvu svetlosive i crne gline, opkoljavajući masicu jako alterisanog granita. Pojava ovih glina, koje služe za proizvodnju vatrostalnih opeka, jedinstvena je na ovom području i o njihovoj starosti se zbog nedostatka fosila ne može tačnije govoriti.

TEKTONSKI PROCESI U OBLASTI IVERKA

Sedimenti II mediterana po završetku taloženja nisu pretrpeli neke veće poremećaje. Oni su danas blago zatalasani, sa nagibima 10—15°, mada su česti i horizontalni slojevi. P. Stevanović (1949) navodi postojanje blage sinklinale dinarskog pravca, koja je počela da se formira još u toku taloženja mediteranskih sedimenata. Zbog toga su, po njegovom mišljenju, u centru taložene gline a na krilima plitkovodni sedimenti. On dalje navodi postojanje sekundarnih struktura, koje su najverovatnije panonske starosti (najgornji miocen), kao i u miocenskoj seriji Posavo-Tamnave.

Područje Majevice, u kome su taložene analogne naslage, ubrano je po M. Lukoviću (1929) u više faza. Najstarije ubiranje je pre eocena, zatim na početku oligocena (najjača faza), pa u donjem miocenu, a najmlađe je postpliocensko ubiranje. U ovoj zadnjoj fazi ubran je ceo majevički neogen, s izdizanjem kao glavnim efektom. Intenzivnim rasedanjem stvoren je Majevički horst pravca SZ—JI, ispresecan manjim uzdužnim i poprečnim rasedima.

Posle prodora drugomediteranske transgresije u basen Korenite—Jadra, kao posledica srednje miocenskih pokreta, izraženih u vidu intenzivnog rasedanja duž meridionalnih pravaca, može se reći da područje više nije bilo zahvatano većim poremećajima, ukoliko su postojeće blage, jedva izražene strukture posledica tangencijalnih naprezanja u nekoj orogenoj fazi, što bi po Stevanoviću moglo da bude u najgornjem miocenu. Dok je na Majevici sedimentacija nastavljena kroz ceo miocen i zašla u pliocen, na Iverku sedimentacioni ciklus teško da je išao dalje od tortonskog kata.



Sl. 10 — Stepenasti rasedi u potoku Branjevina

Fig. 10 — Stepwise faults in the Branjevina creek

Radijalni pokreti uočeni na našem terenu srednjeg su intenziteta, s vertikalnim pomeranjem najčešće 1—2 m, ali se negde mogu zapaziti skokovi i do 10 m. Ovakvi rasedi, obično vidljivi pri likom rudarskih radova, uočljivi su i na površini, ali se skok ne može oceniti. Ima dislokacija koje su neposredne posledice sleganja slojeva, što se može na terenu videti, a moguće je da su česta stepenasta rasedanja (sl. 10) istog tipa.

Orijentacija raseda je različita. Zapažaju se pravci I—Z, SZ—JI i SSZ—JJI, s padovima prema jugu i jugozapadu. U predelu potoka Zukovina i Provala (sl. 8) uočeni su dobro izraženi rasedi uglavnom SZ pravca, što se dosta dobro poklapa s istaknutim pojasevima najviših uranonosnih slojeva na levoj polovini (sl. 9), upravo na istom području.

ZAKLJUČAK

Drugomediteranski (tortonski) marinski sedimenti planine Iverak taloženi su pod režimom konstantnog spuštanja podloge basena, a kasnije izdizanja obale, što je uslovilo ogroman prinos sedimentnog materijala iz oblasti planine Cera. Uranonosni slojevi i sočiva, u vertikalnom i horizontalnom smeru dosta diskontinuirani, po svojim morfološkim, hemijskim i drugim obeležjima najvećim delom su mogli postati posle završetka sedimentnog ciklusa cirkulacijom podzemne vode. Pojava serije iveračkih sedimenata po svojim litološkim obeležjima i mehanizmu stvaranja nije usamljena niti jedinstvena, jer su odgovarajuće dosta približne analogije nađene i na južnim padinama planine Bukulje.

LITERATURA

1) Luković M., 1929: Geološki sastav i petrolejske pojave planine Majevica. Rud. i top. vesnik, god. I, br. 2. Beograd.
2) Miletić O., 1949: Prilog za poznavanje faune II mediteranskih slojeva na zapadnoj padini Gučeva (Brasina). Glasnik Prir. muz, srp. zemlje, ser. A, knj. 2. Beograd.
3) Pavlović P., 1903: Prinove Geološkog zavoda (mediteranski fosili iz Vilinog Potoka). Geol. anali B. P., knj. VI, 1. Beograd
4) Simić V., 1938: O facijama mlađeg paleozoika u zapadnoj Srbiji. Vesnik geol. inst. Kr. Jugosl. knj. VI. Beograd.
5) Simić N. i Vl., 1959: Rezultati radiohemijskih analiza nekih proba sa terena Iverak. Vesnik Zavoda za geol. i geof. ist. NRS, knj. XVII. Beograd.
6) Stevanović P., 1949: Prilozi za stratigrafiju miocenskih naslaga u zapadnoj Srbiji i Šumadiji. Glasnik Prir. muz. srp. zemlje, ser. A, knj. 2. Beograd.

SUMMARY

GEOLOGY AND OCCURRENCES OF URANIUM IN THE IVERAK MOUNTAIN

Antonije ANTONOVIĆ and Vladislav TODOROVIĆ,
Institute for nuclear raw materials, Beograd

The Iverak Mountain, with its highest peak of 426 m, is located in western Serbia, about 90 km WSW from Beograd, on the southern rim of the Cer granitic massif. The Iverak mountain is built up of sediments of miocene age (Second Mediterranean), which have been deposited in a 8 km wide bay, mainly of Permo-carboniferous schists and limestones of the so-called "Jadar facies" and in part on the granites of the Cer.

The facial composition of the Second Mediterranean sediments is variable, depending on the distance from the shore and the variations of the depth of the sea and the sea level, with many gradual transitions and an intermixing of lithological members of different facies. Farther from the shore and in the deepest parts of the bay fossiliferous and layered sandy clays and clays of Tortonian age have been deposited. Nearer to the shore and in the later phases of the Second Mediterranean, sands and sandstones of very heterogeneous composition, mainly conglomeratic, have been deposited. Nearest to the shore we find conglomerates with large boulders transported by the action of gravity from the slopes of the mountains surrounding the bay; these boulders are located mainly in the uppermost part of the formation. The whole formation has been deposited under conditions of a rhytmical subsidence of the sea floor along the faults, accompanied by a very fast deposition of sediments in the mentioned shallow bay. The total thickness of the formation, according to the data obtained by drilling, is at least 800 meters.

The uranium mineralization has been discovered by a system of drill holes in a over 4 km long and up to 1 km wide belt, located nearly along the ridge of the Iverak mountain. The mineralization is manifested by a system of layers without any remarkable lithological characteristics, irregularly distributed at depth, with a limited horizontal extension. Uranium is not bound to a definite mineral, but mainly to a coaly material, dispersed widely throughout the sediments of the Iverak formation, forming in some cases thin coal seams. The uranium-bearing layers in the eastern part of the area are concentrated mainly between 250 and 280 meters above the sea level, but in the western part they are located at a greater depth. On basis of the results of the statistical analysis of the location of the uppermost and the lowest uraniferous layers, and the earlier study of the degree of the radioactive equilibrium, which shows a shift of the equilibrium towards uranium in the richest layers and a shift of the equilibrium towards radium in the upper and lower layers, it is possible to conclude that a considerable displacement and concentration of uranim after the diagenesis of the sedimentary formation had taken place.

Larger tectonic processes have not been found in the area of Iverak, except faulting in various directions, generaly NW — SE, with an average displacement of about 1—2 meters, but in some cases up to 10 meters. The correlation is very difficult owing to the large irregularities in the sediments, the lack of a characteristic "marker bed" and an intensive faulting.

DUSAN RADUSINOVIC

Zavod za nuklearne sirovine, Beograd

POJAVE PEHBLENDE U Pb-Zn RUDNIKU „ZLETOVO", NR MAKEDONIJA

U Pb-Zn rudama »Zletova« autor je 1953. godine otkrio pehblendu u rudnim žicama Dobreva. Pehblenda se javlja s mineralima običnih olovo-cinkanih parageneza kod kojih nisu zapažene razlike ni u sastavu ni u intenzitetu i ekstenzitetu mineralnih vrsta u delovima rudnih žica sa ili bez pehblende. Pehblenda se nalazi u dve parageneze: sa sulfidnim mineralima i sa kalcedonom.

Parageneza sa sulfidnim mineralima. — U njoj je pehblenda najintenzivnije zastupljena i nalazi se u delovima rudnih žica koje nisu bile potpuno zapunjene Pb-Zn rudom, nego su ostale izvesne šupljine koje su poslužile kao kanali duž kojih su cirkulisali rastvori s uranom deponujući pehblendu s neznatnim količinama sulfidnih minerala.

Red deponovanja minerala u ovoj paragenezi bio bi sledeći: pirit I — siderit —barit —sfalerit I — tenantit — galenit I — pehblenda — sfalerit II — galenit II — pirit II.

Kalcedon sa pehblendom. — Veoma je rasprostranjen, sivocrne je boje i javlja se u svim rudnim žicama u kojima su otkrivene radioaktivne pojave. U njemu je pehblenda dispersno rasuta u vidu ovalnih čestica ispod 5 mikrona veličine, a prate je minimalne količine sulfidnih inkluzija od pirita, galenita i sfalerita. Način njegovog pojavljivanja ukazuje da je i on kao i uranska mineralizacija postao naknadno, posle intenzivne silifikacije i posle deponovanja minerala glavne Pb-Zn rudne faze.

Pojava pehblende, koja se obično ne nalazi u tipičnim Pb-Zn rudnim ležištima, vezanim za andezitsko dacitske stene, čini ovde izuzetak, koji se može objasniti pretpostavkom o naknadnom unošenju urana iz nekog ležišta u podlozi, koje je razoreno vulkanskom aktivnošću.

Mednožuti barit, koji je odavno poznat u rudniku »Zletovo«, pokazao je znatnu radioaktivnost, osobinu koja nije bila ranije zapažena. Utvrđeno je da se ne radi o nekoj posebnoj generaciji barita, nego da su već stvorene kristalne druze iz faze glavnog Pb-Zn orudnjenja dobile mednožutu boju pod dejstvom radioaktivnog zračenja. Ova boja se javlja samo po površinama kristalnih pljosni i primećuje se najviše do 1 cm po dubini. Boja verovatno dolazi od oksidacije $Fe^{\cdot\cdot}$ u $Fe^{\cdot\cdot\cdot}$. Radiometrijske analize pokazale su sadržaj do 3280 gr/t ekvivalentnog radijuma i 28 gr/t urana. Radijum je naknadno donet posle stvaranja glavnih količina Pb-Zn rude. Vezivanje radijuma za barit nastupilo je prilikom nailaska rastvora, kada je verovatno došlo do hemijske reakcije i rastvaranja minimalnih delova barita i tako do oslobađanja izvesne količine sulfatnog jona s kojim je radijum odmah reagovao i bio staložen u vidu $RaSO_4$ samo na površinama kristala barita.

UVOD

U Zletovsko-Kratovskoj vulkanskoj oblasti, poznatoj po olovo-cinkanim rudnim pojavama, otkriven je i znatan broj radioaktivnih pojava s uranskim mineralima.

Prva radioaktivna pojava u ovoj oblasti otkrivena je prospekcijom, koja je izvršena na predlog M. Ristića 1952. godine u rudniku »Zletovo«. Autor ovog članka je na dobijenim primercima mikroskopskim ispitivanjima odredio pehblendu početkom 1953. godine.

Određivanje paragenetskog mesta pehblende u olovo-cinkanim žicama, gledište o poreklu urana u njima, kao i tumačenje načina postanka sulfidnog rudnog ležišta, njegovog genetskog tipa i faza stvaranja rezultat je ličnih ispitivanja autora, izvršenih uglavnom u 1953/54. godini, a prvi podaci o njima dati su u referatu na Ženevskoj konferenciji o primeni atomske energije u mirnodopske svrhe (M. Ristić, 1955).

Daljim radovima na istraživanju radioaktivnih pojava u ovoj oblasti utvrđeno je prisustvo pehbulende u još nekoliko rudnih žica, tako da je sada

bilo moguće detaljnije proučiti mineralne asocijacije s pehblendom i dati njihove strukturne i paragenetske odnose u ovim olovo-cinkanim rudama.

GEOLOŠKI PRIKAZ OBLASTI

Zletovsko-Kratovska oblast nalazi se u severoistočnoj Makedoniji. Ona predstavlja najveću tercijernu vulkansku oblast u našoj zemlji s površinom od oko 1000 km².

Morfološki se ova oblast karakteriše visokim vrhovima i vulkanskim kupama na kojima se mogu rekonstruisati i nekadašnji krateri. Kako su stene jako propilitisane na velikom prostranstvu, to je erozija intenzivna a potoci i reke su duboko usekle svoja korita.

Zletovsko-Kratovska oblast je deo Osogovskih planina i pripada Rodopskoj masi. Osnov terena čine kristalasti škriljci paleozojske ili čak i prepaleozojske starosti, kroz koje su se probile i preko njih se izlile tercijerne vulkanske dacitsko-andezitske stene i njihovi tufovi. Kristalasti škriljci se nalaze i u mnogobrojnim anklavama u vulkanskim stenama. U anklavama se najčešće sreću amfibolsko-hloritski škriljci i filiti, ređe gnajsevi, a vrlo retko i pravi graniti. U uklopcima ima i mlađih sedimentnih stena, krečnjaka i peščara tercijerne starosti, a takođe se nalaze i starije izlivne stene u mlađim, što ukazuje da se vulkanska aktivnost vršila u nekoliko faza. Starost ovih efuzija je određena kao oligo-miocenska (J. Tomić, 1938) i verovatno je da se vulkanska aktivnost završila u pliocenu.

Sve se ove efuzije, prema B. Sikošeku, podudaraju s tektonskim fazama. Osnovna struktura tektonskih oblika data je u laramijsko-pirinejskoj fazi, kada je formiran sistem dislokacija pravca I—Z i koje su uslovile stvaranje Ovčeg polja. Ova struktura deformisana je u oligo-miocenu (Savska faza), kada su stvoreni sistemi pukotina pravca SZ—JI odnosno SSZ—JJI i za koje su vezane andezitsko-dacitske efuzije. Najmlađi pokreti dali su pukotine i rasede pravca SZ—JI i te pukotine su kasnije orudnjene sulfidnom mineralizacijom.

Petrografska ispitivanja u užem zletovsko-kratovskom području vršio je L. Marić (L. Marić 1953), koji je dao najpotpuniju petrografsku sliku ovog terena. On izdvaja tri tipa stena: biotit-amfibolski andezit, sanidinski biotit dacit i labradoritski augit andezit. Prema L. Mariću, najstarije vulkanske stene predstavljene su biotit amfibol andezitima, koji imaju i najveće rasprostranjenje, zatim dolaze sanidinsko biotitski daciti, koji su se probili kroz biotit andezite i, najzad, labradoritski augit andezit kao rezultat najmlađe efuzivne faze.

Rudne pojave

Prvi pismeni podaci o rudarenju u ovoj oblasti potiču od A. Bouea i A. Viqesnela. Posle njih u ovoj oblasti vršili su ispitivanja Cvijić, Kosmat, Bončev, Kojić, Tomić, S. Pavlović, Marić, Jurković i A. Cissarc. Ovi autori su se bavili opšte geološko-tektonskim i petrografskim proučavanjima, a neki su obrađivali i rudne pojave, ali se nigde u njihovim radovima ne nalaze podaci o prisustvu uranskih minerala u ovoj oblasti.

U Zletovsko-Kratovskoj oblasti poznate su mnogobrojne rudne pojave, a najznačajnije su one koje su skoncentrisane oko Kratova, Dobreva i Zletova. Rudonosnost je nesumnjivo vezana za vulkansku aktivnost, koja je u ovoj oblasti bila vrlo intenzivna. Orudnjenja se nalaze u vulkanskim stenama koje su jako propilitisane. Propilitizacija je rezultat autohidratacije i zahvatila je andezitsko-dacitske stene na velikom prostranstvu. Hidrotermalne promene nastale u vezi s orudnjenjem primećuju se u stenama na kontaktu s rudnim telom ili u njegovoj neposrednoj blizini.

U ovoj oblasti se sreću tri tipa mineralnih pojava:

1. olovo-cinkana sulfidna orudnjenja,
2. bakarne rudne pojave,
3. uranske mineralne pojave.

Olovo-cinkane rudne pojave su ekonomski najznačajnije u ovoj oblasti. Rudna tela su žičnog tipa i za sada se eksploatišu jedino rudne žice u Dobrevu.

Proučavanjem mineralnih parageneza izdvojeno je nekoliko faza u stvaranju olovo-cinkanih ležišta i to: visokotemperaturna kontaktna faza, izlučivanje geloznih olovo-cinkanih parageneza, stvaranje krupnokristalnih agregata glavne faze olovo-cinkanih ruda. Tek posle ovih faza stvaranja dolazi do mineralne faze s pehblendom i nekim sulfidnim pratiocima. Faza pretvaranja minerala ograničena je samo na gornje delove rudnih žica i neznatnih je razmera.

Bakarne rudne pojave istraživane su u revi Zlatica, no nije još došlo do njihove eksploatacije.

Mineralizacija je u vidu impregnacionih t i predstavljena je uglavnom mineralima enargita i tenantitom a sadrži mestimično i znatne k čine pirita. Ponekad se u vrlo malim količina javljaju galeniti i sfaleriti s kvarcnim i baritsk gangom.

Uranske mineralne pojave nalaze se razbac ne po čitavoj Zletovsko-Kratovskoj vulkans oblasti, ali su najznačajnije one koje se grup između Kratova i Dobreva. Po načinu pojavlj nja mogu se izdvojiti tri tipa:

a) pojave radioaktivnih minerala sa su nim olovo-cinkanim rudama,

b) radioaktivne pojave u opalsko-kalce skim žicama,

c) radioaktivne pojave u propilitisanim citsko-andezitskim stenama.

Prvi tip pojava je najznačajniji, jer s ovim olovo-cinkanim rudama javlja pehble dok su dva druga tipa gotovo beznačajna i u ma radioaktivnost dolazi uglavnom od min autunita, a u mnogo slučajeva nije bilo mo ni odrediti minerale urana pošto verovatno ni mineraloški individualisani, te se pretpost da je uran u opalsko-kalcedonskim žicama a bovala koloidna silicija a u propilitisanim sko-andezitskim stenama kaolinska i limon materija. Zbog toga će dalje u ovom članku reči samo o prvom tipu pojava.

PARAGENEZE PEHBLENDE U OLOVO-CINKANIM ŽICAMA

Pehblenda se u ovim rudnim žicama s mineralima uobičajenim za olovo-cinkane geneze. Najbolje proučene i u mineraloško

gledu najinteresantnije pojave su one u sulfidnim rudnim žicama Dobreva.

U Dobrevu je otkriveno 14 olovo-cinkanih rudnih žica, koje se pružaju uglavnom u pravcu SZ-JI sa padom u JI polje. Pravci ovih rudnih žica poklapaju se sa tektonskim pravcima datim u oligo-miocenu (Savska faza), tako da su ove mlađe strukture, u kojima je sada orudnjenje, nasledile stare pravce, duž kojih su se izlivale vulkanske stene. Prema tome, ovo bi bile prave tektonske pukotine a ne kontrakcione koje su nastale usled hlađenja, kako ih je shvatio Čisarc (A. Cissarc, 1956). Na žicama se sreću i tragovi postrudne tektonike u vidu kliznih površina nastalih pomeranjem blokova usled radijalnih pokreta. Moćnost ovih žica je od 0,20 do 1,5 m, a po dužini se mogu pratiti do 2 i više kilometara.

Pehblenda je do sada otkrivena u žicama: 1, 4, 9, 10, 13 i u žicama 3 i 4 revira Lakačevac. Pehblenda se u ovim žicama javlja u dve parageneze:

1. sa sulfidnim mineralima,
2. sa kalcedonom.

Pehblenda u paragenezi sa sulfidnim mineralima

Pehblenda ove parageneze otkrivena je u žicama: 1, 4, 9 i 13 u Dobrevu i žicama 3 i 4 u Lakačevcu, ali su najznačajnije i paragenetski najinteresantnije one u žicama 4 i 13 u Dobrevu.

Pehblenda se u ovoj sulfidnoj asocijaciji javlja s mineralima: galenitom, sfaleritom, tenantitom, piritom i mineralima ganga sideritom i baritom.

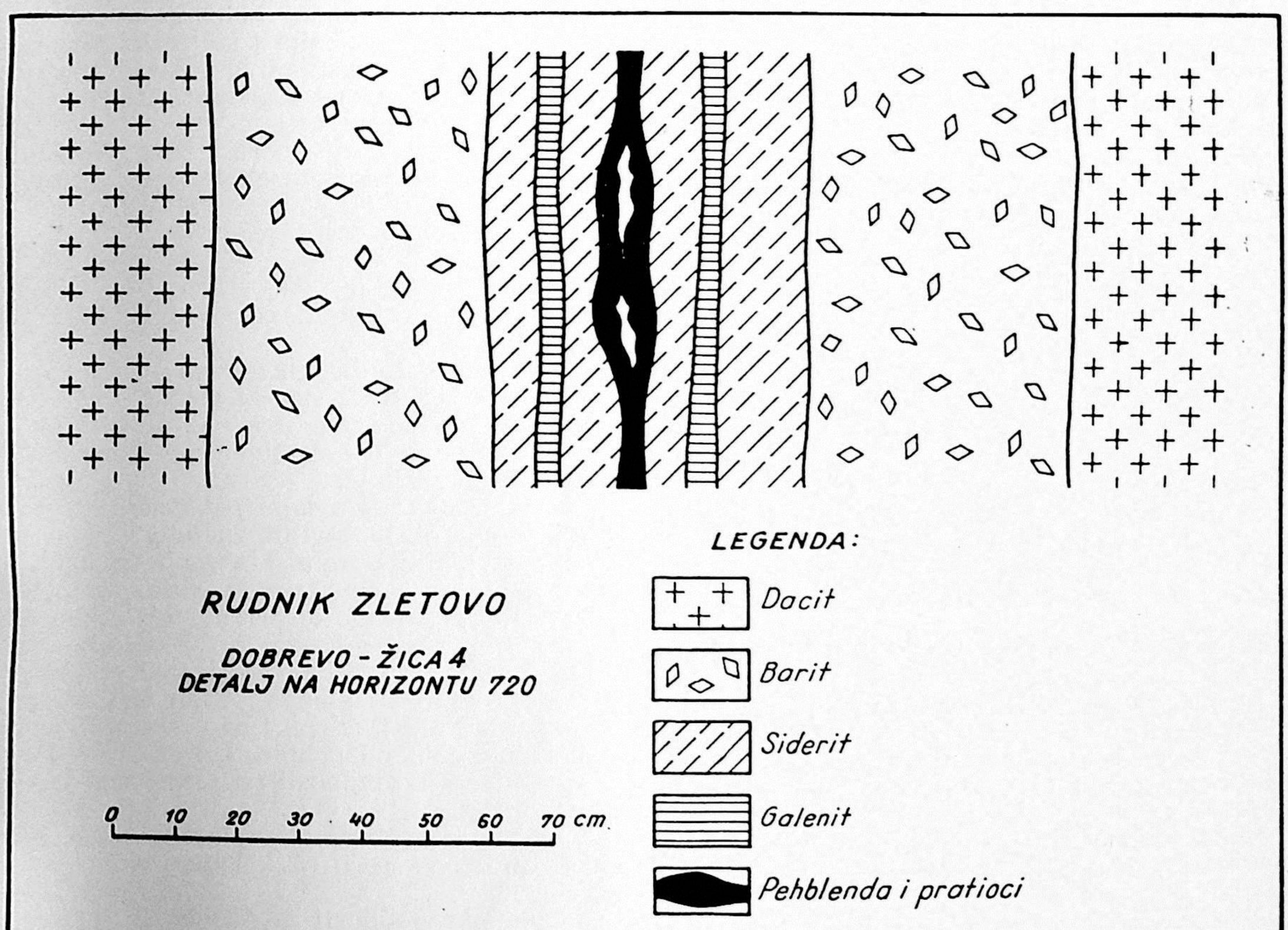
Galenit i sfalerit su najzastupljeniji mineralni pratioci pehblende u ovoj paragenezi. Javljaju se u dve generacije.

U prvoj generaciji galenit je u idiomorfnim oblicima i ponekad sadrži minimalne količine tenantita.

Sfalerit je uvek u galenitu, s kojim je tako intimno prorastao da daje mirmekitske strukture.

Galenit i sfalerit druge generacije su znatno manje zastupljeni. Sfalerita ima nešto više i javlja se u vidu nepravilnih zrna ili ovalnih i sferolitskih agregata. Galenit je redak i javlja se u vidu sitnih čestica, nekad dispersno rasutih po sfaleritu a ređe i u nešto većim zrnima nepravilnog oblika.

Pirit je izvanredno redak i takođe se nalazi u dve generacije. U vidu nepravilnih zrna koja mestimično pokazuju izvesnu težnju ka idiomorfnim oblicima, najčešće kocke, i po postanku su najranije tvorevine u paragenezi, i u vidu ritmičkih koloidnih strukturnih oblika koje su sekundarnog postanka.



Sl. 1 — Rudnik »Zletovo«; detalj na žici br. 4; horizont 720

Fig. 1 — The Zletovo mine; vein № 4; detail on the level 720. — Legend: dacit = dacite; barit = barite; siderit =siderite; galenit = galena; pehblenda i pratioci = pitchblende and accociated minerals

Tenantit je vrlo redak i nađen je samo u vidu inkluzija u galenitu prve generacije, sa jasnim crvenim unutrašnjim refleksijama, koje su naročito lako vidljive u imerziji.

Pehblenda je u ovoj paragenezi znatno zastupljena, naročito u onim delovima rudnih žica gde postoje proširenja, koja prilikom odlaganja sulfidnog mineralnog materijala nisu bila potpuno zapunjena rudom, nego su ostale izvesne šupljine koje su omogućile kasnije prodiranje rastvora s uranom. U ovakvim slučajevima deponovanje sulfidnih minerala obično je išlo od salbandi, tako da je žica simetrično punjena rudnim materijalom a pehblenda sa svojim sulfidnim pratiocima zauzimala je središni položaj (slika 1). Ovakvi primeri su naročito izraženi na žici 4 i to uglavnom u njenim jugoistočnim delovima, gde je žica najveće moćnosti. U ovim delovima može se pratiti pojava pehblende po horizontima (hor. 720 — 670 — 625) i to tako da se pojave nalaze jedne ispod drugih. Međutim, ovo povezivanje prema dubini ne može se pratiti i na nižim horizontima, jer rudarski radovi na eksploataciji olovo-cinkanih ruda nisu još stigli ispod pojava s pehblendom, mada je verovatno da će se pehblenda naći i u dubljim delovima ležišta. Uopšte uzev, pehblenda se u rudnim žicama javlja sporadično, tako da se u pojedinim delovima sreće često, dok je u drugim, sasvim sličnog mineralnog sastava i strukture, uopšte nema. Dobija se utisak kao da su postojali izvesni kanali koje su koristili mineralni rastvori s uranom i iz kojih se deponovala pehblenda s minimalnom količinom sulfidnih minerala.

Minerali olovo-cinkanog rudnog tela stvarani su ranije u glavnoj fazi orudnjenja (i zato o njima neće biti reči u ovom članku), a pehblenda sa svojim sulfidnim pratiocima deponovana je u jednoj posebnoj fazi iz rastvora koji su bili oskudni mineralnim sadržajem, tako da su praznine u žici često ostajale i dalje nezapunjene. Između stvaranja pehblende i glavne olovo-cinkane faze bio je jedan vremenski prekid u kristalizaciji, koji se manifestuje i promenama kristalnih formi. Tako su olovo-cinkane asocijacije glavne faze u ovim delovima s pehblendom razvijene u krupnim i pravilnim kristalnim formama, a pehblenda sa svojom sulfidnom paragenezom u jako sitnozrnim kristalima ili i u nepravilnim zrnastim i koloidnim agregatima. U stvari, ova paragneza s pehblendom je jedan sitnozrni agregat, koji je deponovan preko minerala glavne faze, gradeći na taj način izvesnu koru debljine od nekoliko milimetara pa do najviše 10 cm (na žici 4). Ova kora je vrlo slabo vezana s kristalima na kojima se javlja i lako se skida, a u njenoj osnovi ostaju očuvani otisci završnih kristalnih pljosni od minerala glavne olovo-cinkane faze, najčešće siderita. Tamo gde se žica sužava obično se gubi mogućnost makroskopskog praćenja ovih pravilnosti u deponovanju minerala i pehblenda se tada javlja u vidu tankih skrama koje se zavlače u međuprostore kristala glavne faze.

U mikroskopu pehblenda pokazuje jasne strukture gela. Obično su to bubrežasti jako sitnozrni agregati čije su čestice najčešće ispod 10 mikrona, a samo mestimičnim udruživanjem ovih čestica stvaraju se agregati dimenzije i do 1 mm. Pehblenda se pojavljuje još i u vidu ovalnih i loptastih oblika, a takođe i u vidu tankih žilica i nepravilnih traka.

Pehblenda je na razne načine prorasla sa sulfidnim pratiocima dajući često komplikovane strukturne slike. Najčešće se javlja sa galenitom i sfaleritom. Proučavanjem paragenetskih odnosa pehblende sa njima vidi se da je ona mlađa od galenita i sfalerita prve generacije. U ovakvim slučajevima često se sreću strukturne slike u kojima se pehblenda javlja u vidu oreola oko galenita, ili strukture zamenjivanja galenita i sfalerita pehblendom. Galenit i sfalerit stvarani u drugoj generaciji mlađi su od pehblende i ona s u njima javlja u vidu loptica koje se lako uočavaju zbog visokog reljefa. Ove loptice pehblende su često cementovane jednom amorfnom, kasnijom gang tamnom materijom, koju nije bilo moguće identifikovati zbog minimalnih količina i njenih mikronskih razmera — verovatno je da se radi o koloidnoj siliciji. Paragenetski odnosi strukturnih ovih minerala prikazani su na mikrofotografijama u tablama I i II.

Odnosi pehblende prema piritu iz ove asocijacije ukazuju da je pehblenda stvarana kasnije i da su se samo izvesne minimalne količine sekundarnog pirita stvorile posle nje.

Iz proučavanja paragenetskih odnosa može se zaključiti da je pehblenda stvorena kasnije od sulfida ove parageneze i da su se posle nje stvarale još samo minimalne količine koloidnog sfalerita, dispersnog galenita i gel pirita. Minimalne količine tenantita nisu ni u kakvom direktnom odnosu s pehblendom nego se isključivo nalaze u galenitu prve generacije.

Minerali ganga su siderit i barit. Naročito je siderit često udružen s pehblendom. Njegov paragenetski odnos pokazuje da je on stvaran ranije a pehblenda često gradi oreole oko njega (sl. 3, tabla II).

Baritski gang je ovde vrlo redak. To su sitnozrni kristalići bez direktnog kontakta s pehblendom.

Red deponovanja minerala u ovoj paragenezi može se prikazati na sledeći način:

pirit I — siderit — barit — sfalerit I — tenantit — galenit I — pehblenda — sfalerit II — galenit II — pirit II.

Rendgenska ispitivanja pehblende)* pokazala su da je ona oksidisana do znatnog stepena, tako da su dobijeni dijagrami praha čije su linije bile oštre samo za uglove manje difrakcije, dok su one većih uglova bile dispersne, a u nekim slučajevima izvestan broj ovih linija nije se uopšte pojavio. Samo se pehblenda iz žice 13 javlja nešto masivnijim i kompaktnijim agregatima, pa su u tom smislu izvršena i upoređenja dijagrama praha dobijenih od pehblendi iz žica 4 i 13.

Dobijene su vrednosti za *d* prikazane u narednoj tablici.

Iz ovih dijagrama se vidi da je pehblenda žice 4 pretrpela veću oksidaciju U_4 u U_6 od one na žici 13.

Dobijene vrednosti za dimenziju elementarne ćelije određene su dosta grubo, jer su linije i uglove veće difrakcije bile jako dispersne, naročito pehblende iz žice 4.

---

*) Rendgenska snimanja vršio je Tihomir Bel geološki tehničar na čemu mu se ovde veoma zahv ljujem.

Žica 4				Žica 13			
I	d Å	I	d Å	I	d Å	I	d Å
10	3.11	1	1.20	10	3.12	7	1.20
3	2.70	2	1.10	6	2.70	8	1.09
9	1.91	1	1.03	10	1.89	8	1.03
9	1.63	2	0.91	10	1.60	1	0.94
1	1.56	2	0.85	3	1.54	3	0.91
1	1.35			4	1.34	2	0.89
1	1.24			7	1.23	1	0.85
a_o = 5.39 Å				a_o = 5,405 ± 0.02 Å			

Parageneza pehblende s kalcedonom

Ova parageneza javlja se sporadično u svim olovo-cinkanim rudnim žicama u kojima su otkrivene radioaktivne pojave, ali je najznačajnija u kalcedonu rudne žice broj 1. Pehblenda se javlja u mikroskopski do submikroskopski sitnim česticama koje su dispersno rasute po kalcedonu. Ove čestice su najčešće ovalne ili u vidu loptica. Njihova veličina je gotovo uvek ispod 5 mikrona. Ponekad se one grupišu dajući nepravilne agregate.

Od sulfida ovde se nalaze minimalne količine inkluzija pirita, zatim galenita i retko sfalerita, koji se takođe javljaju nepravilno rasuti po kalcedonu.

Kalcedon je sivocrne boje i po načinu njegovog pojavljivanja može se zaključiti da je i on kao i uranska mineralizacija koja se javlja sa njim naknadno stvaran posle intenzivne silifikacije i posle stvaranja glavne olovo-cinkane rude. Na nekim mestima može se i makroskopski pratiti kako se sivocrni radioaktivni kalcedon javlja u pukotinama i prazninama između olovo-cinkanih parageneza (sl. 2), ili kako popunjava prazninu u sivobeloj kvarcnoj masi ranije generacije.

Način postanka pehblende

Raznovrstan mineralni sadržaj, kao i strukturni paragenetski odnosi mineralnih asocijacija ukazuju na složenost postanka ovog olovo-cinkanog ležišta, koje se s pojavom pehblende još više komplikuje. Ono što bitno karakteriše pehblendu je način njenog pojavljivanja kao jednog od

TABLA I

Sl. 1 — Oreol pehblende (siva) oko galenita (beo). Uglačan preparat. Imerzija. Uvećanje 160:1

Fig. 1 — The ring of pitchblende (gray) around galena (white). Polished section. Immersion; (160 ×).

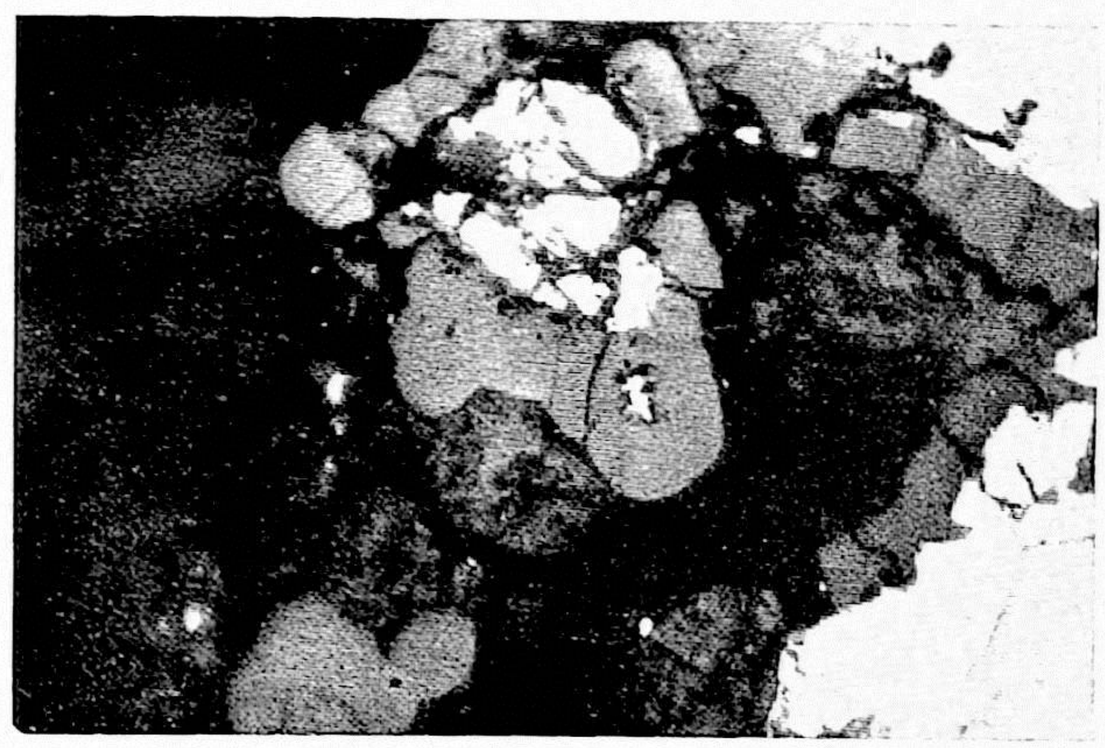
Sl. 2 — Zamenjivanje galenita (beo) pehblendom (siva). Uglačan preparat. Imerzija. Uvećanje 240:1

Fig. 2 — Replacement of galena (white) by pitchblende (gray). Polished section. Immersion; (240 ×).

Sl. 3 — Zamenjivanje sfalerita (svetlosiv) pehblendom (tamnosiva). Uglačan preparat. Imerzija. Uvećanje 120:1

Fig. 3 — Replacement of sphalerite (light gray) by pitchblende (dark gray). Polished section. Immersion; (120 ×).





2



3

TABLA II

Sl. 1 — Pehblenda (tamnosiva) u sfaleritu (svetlijesiv). Galenit (beo). Imerzija. Uvećanje 160:1

Sl. 2 — Pehblenda (siva) oivičena amorfnom materijom (tamnosiva) sa sfaleritom u kome se javlja dispersni galenit (beo). Uglačani preparat. Imerzija. Uvećanje 170:1

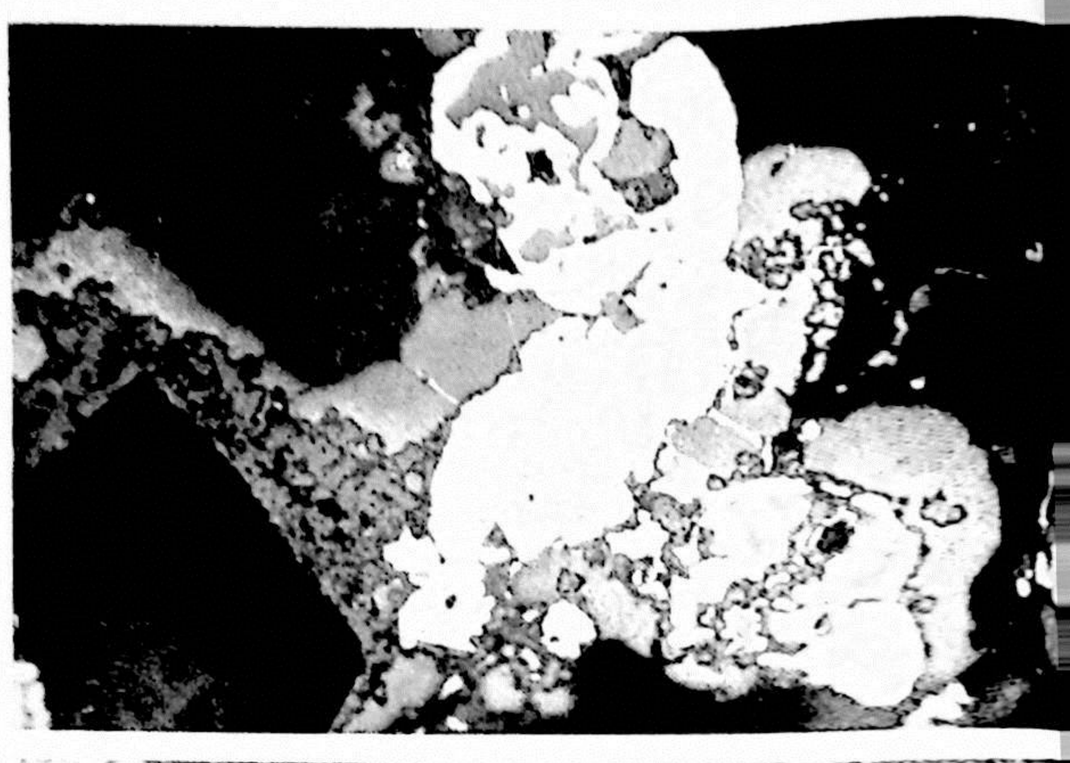
Sl. 3 — Oreol pehblende (siva) oko kristala siderita (tamnosiv). Sfalerit izlučen u vidu loptica. Uglačan preparat. Imerzija. Uvećanje 115:1

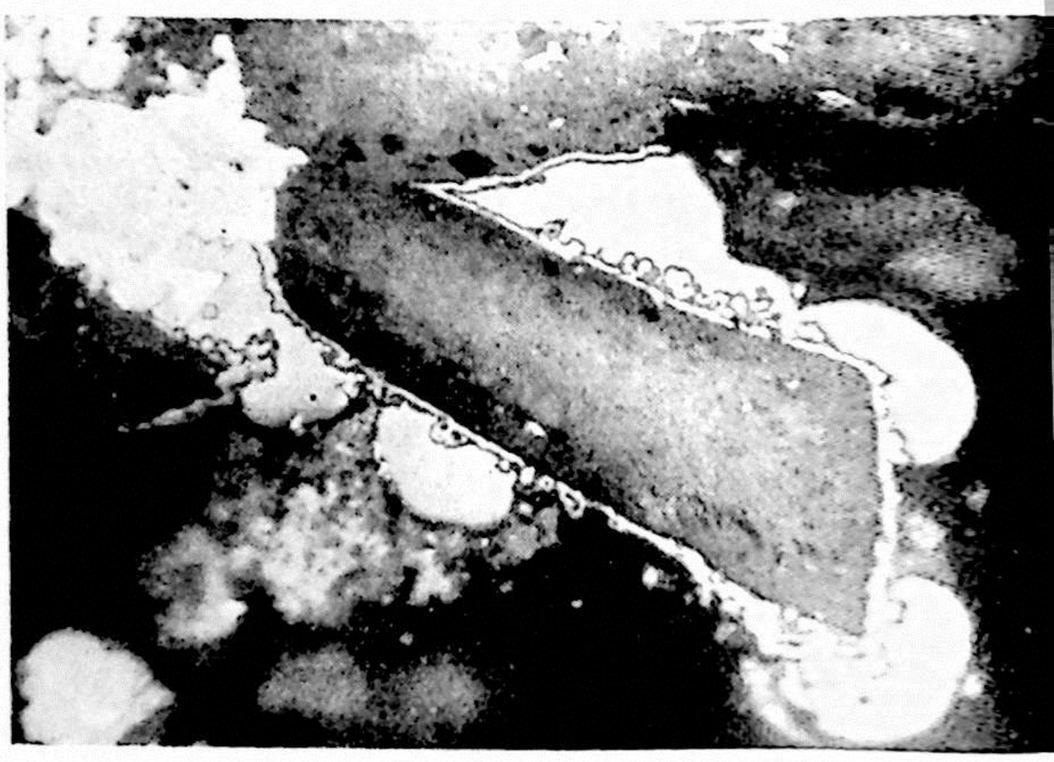
Fig. 1 — Pitchblende (dark gray) in sphalerite (light gray). Galena (white). Immersion; (160 ×)

Fig. 2 — Pitchblende (botryoidal grains) surrounded by sphalerite (gray) including finely dispersed galena (white). Polished section. Immersion; (170 ×)

Fig. 3 — The ring of pitchblende (gray) around the crystal of siderite (dark gray). Polished section. Immersion; (115 ×)







najmlađih članova mineralnih parageneza, ne samo u odnosu na olovo-cinkane minerale glavne faze, nego i u asocijaciji u kojoj se pehblenda javlja sa svojim sulfidnim pratiocima.

Na osnovu ispitivanja svih rudnih žica Dobreva može se izvesti zaključak da se mineralni sastav u pojedinim paragenezama ni po čemu bitno ne razlikuje, niti ima bilo kakvih promena u intenzitetu i ekstenzitetu pojedinih mineralnih vrsta u delovima rudnih žica sa ili bez pehblende.

Minerali nikla, kobalta, bizmuta i srebra, koji su često pratioci pehblende u hidrotermalnim ležištima, ovde nedostaju. Nalazak vrlo retkih i u izvanredno malim količinama minerala srebra, pirargirit-prustita u olovo-cinkanim i sulfo-solima bizmuta u bakarnim paragenezama glavne sulfidne faze (M. Ristić i D. Radusinović, 1953, M. Ristić, 1955) nije u genetskoj vezi s pehblendom.

Pojava pehblende, koja se obično ne nalazi u tipično olovo-cinkanim rudnim ležištima vezanim za dacitsko-andezitske stene, čini ovde izuzetak, koji se može objasniti pretpostavkom naknadnom unošenju urana u hidrotermalne stvore iz nekog ležišta u kristalnoj podlozi k je razoreno vulkanskom aktivnošću. Ovom st tanju ide u prilog i paragenetsko mesto pehble sulfidnom orudnjenju, gde je ona došla po glavne olovo-cinkane rudne faze i s pehblend se upravo i završava proces deponovanja m ralnog sadržaja u rudnim žicama.

Barit iz olovo-cinkanog rudnog ležišta u brevu pominju u svojim radovima istraživači su proučavali rudne pojave ove oblasti. Deta podatke o njemu nalazimo u radu I. Jurko 1953. godine.

Razlog što ovde ponovo govorimo o barit taj što su neke kristalne druze mednožute — stvarane s mineralima glavne olovno-cin

parageneze — pokazivale znatnu radioaktivnost, osobinu koju raniji istraživači nisu zapazili.

Mednozuti radioaktivni barit se nalazi u delovima rudnih žica u kojima se javlja pehblenda, i s njim se mestimično nalazi još i neznatna količina čađavog kvarca. Ovaj kvarc ne pokazuje povećanu radioaktivnost.

Radioaktivni barit je razvijen u lepim kristalnim druzama veličine i do 20 cm. Radioaktivnost je varijabilna i utoliko je intenzivnija ukoliko je boja tamnija od mednožute do mrkocrne.

Radiometrijskim analizama je utvrđeno da ovaj barit sadrži izvesnu količinu radioaktivnih elemenata i to do 3280 gr/t ekvivalentnog radijuma i do 28 gr/t urana. Radiometrijsku analizu radio je S. Gojković u laboratoriji Instituta.

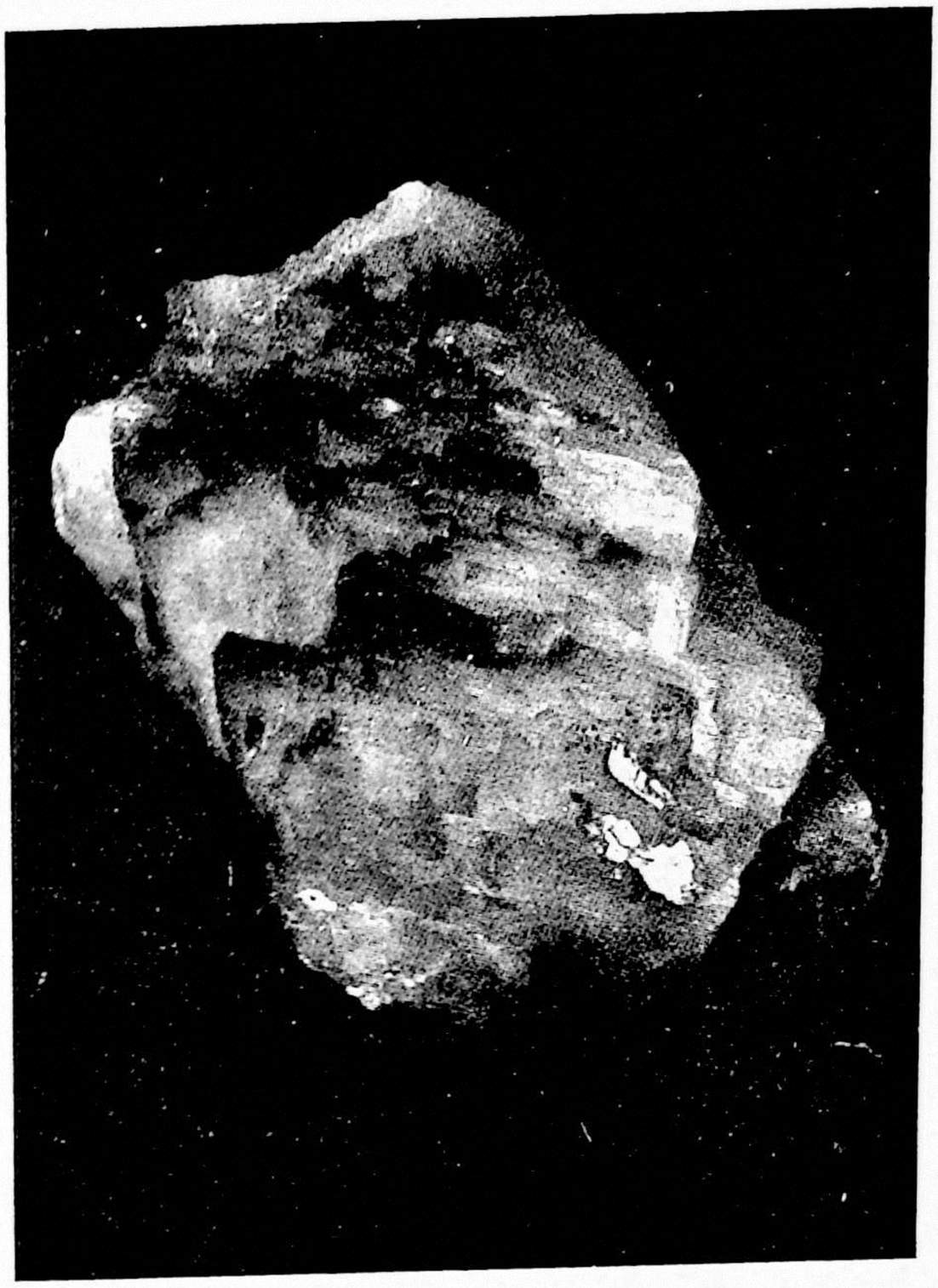
Fizičke osobine ovog barita vrlo malo variraju u odnosu na iste kod normalnog bezbojnog varijeteta. Tako, indeksi prelamanja Np = 1,639 ± ± 0.02 i Ng = 1.646 ± 0.02 isti su za obe vrste barita. Specifična težina za mednožuti varijetet iznosi 4.333 ± 0.03 a za bezbojni 4.4086 ± 0.03. Dakle, specifična težina bezbojnog varijeteta je nešto niža. Ali vrednosti dobijene i za indekse prelamanja i za specifičnu težinu nalaze se u granicama literaturnih podataka.

Naša ispitivanja su pokazala da se ovde ne radi o posebno mednožutoj generaciji barita, nego da su već stvorene kristalne druze pod dejstvom radioaktivnih zračenja dobile svoju boju. Ova boja se javlja po slobodnim površinama kristala barita i primećuje se najviše do 1 cm po dubini. Boja verovatno dolazi od oksidacije $Fe^{\cdot\cdot}$ u $Fe^{\cdot\cdot\cdot}$ pod dejstvom radioaktivnog zračenja. Radioaktivnost potiče od radijuma koji je vezan samo za površinske delove kristala barita. Ovaj radijum se može lako odstraniti kuvanjem u 1 : 1 HNO_3 kiselini. Radijum je kao i uran došao naknadno iz rastvora posle stvaranja glavnih olovo-cinkanih rudnih parageneza u ovom ležištu. Radijum je verovatno vezan u formi $RaSO_4$. Da je radijum bio prisutan u ranijim rastvorima hidrotermalne faze on bi bio ranije oboren, jer je



Sl. 2 — Detalj rudne žice br. 1 : 1 — radioaktivni kalcedon; 2 — galenit; 3 — siderit; 4 — dacit. — Makroskopski snimak razmere 1:2

Fig. 2 — Ore vein № 1 — detail: 1 — Radioactive calcedone; 2 — Galena; 3 — Siderite; — Dacite. — Macro photography Scale 1:1



Sl. 3 — Kristalna druza radioaktivnog barita
Fig. 3 — Krystal druse of radioactive barite

u tim rastvorima bilo prisutno mnogo sulfatnog jona, o čemu govore velike količine barita stvorenog u gornjim delovima ležišta. Vezivanje radijuma za barit nastupilo je prilikom nailaska rastvora preko kristalnih druza barita, kada je verovatno došlo do hemijske reakcije u kojoj su se rastvorili minimalni delovi barita i tako oslobodile izvesne količine sulfatnog jona, sa kojim je radijum odmah reagovao i bio staložen u vidu $RaSO_4$ na površinama kristalnih pljosni barita.

LITERATURA

1) Berman E., 1955: Unit cell dimensions of uraninite. Am. mineralogist, v. 40.
2) Cissarc A., 1956: Die lagerstätte von Zletovo in Macedonien als Beispil eines komplexen subvulkanisch-hydrotermalen Blei-Zinkvorkommens. Vesnik Zavoda za geol. i geof. istraživanja NRS. Knjiga XII. Beograd.
3) Cissarc A., 1956: Lagerstätten und Lagerstättenbildung in Jugoslavien in ihren Beziehungen zu Vulkanismus und Geotektonik. Mem. du Serv. geol. et. geoph. de la RP de Serbie, Beograd.
4) Frondel, Clifford, 1958: Systematic Mineralogy of uranium and thorium. Geological Survey Buletin 1064, Washington.
5) Heinrich W., 1958: Mineralogy and geology of Radioactive Raw Materials. Mc. Graw-Hill Book Company, New York.
6) Geceva R. V., Saveleva K. T., 1956: Rukovodstvo po opredeleniu uranovih mineralov. Gosgeoltehizdat. Moskva.

7) Jurković I., 1953: Barit iz rudnika Dobrevo kod Zletova, Spomenica Miši Kišpetiću, izdanje Jug. akademije znan. i um. Zagreb.
8) Maksimović B., Sikošek B., 1954: Geološka građa i tektonska struktura jednog dela Ovčeg polja sa paleontološkom dokumentacijom. Trudovi na Geološki zavod NR Makedonije. Skopje.
9) Marić L., 1953: Efuzivne stijene rudne oblasti između Zletova i Kratova. Spomenica M. Kišpetića. Izdanje Jug. akademije znan. i um. Zagreb
10) Pavlović S., 1932: Etude micros copiques dequelques minerais metalliques de Yougoslavie. Bul. soc. Franc de Min Tome 55.
11) Ristić M., Radusinović D., 1953: Pojave pehblende u olovo-cinkanim rudama Zletova u NR Makedoniji. Izveštaj u fondu stručne dokumentacije SGZ. Beograd.
12) Ristić M., 1955: Uranium and Thorium Deposi in Yugoslavia. Inter. Conference on the peacefu uses of atomic energy.
13) Ramdorh P., 1955: Die Erzmineralien und ihr Verwasungen. Berlin.
14) Roubault M., 1958: Geologie de l'uranium, Masso et Cie. Paris.
15) Schneiderhöhn H., 1955: Erzlagerstätten III Aul Stutgard.
16) Soboleva M. V., Pudovkina I. A., 1957: Minera urana. Gosgeoltehizdat. Moskva.
17) Tomić J., 1938: Geološka starost vulkanskih eru cija u Zletovsko-Kratovskoj oblasti. Geol. Vesni Beograd.

SUMMARY

OCCURRENCES OF PITCHBLENDE IN THE Pb-Zn ZLETOVO MINE IN MACEDONIA

DUŠAN RADUSINOVIĆ, Institute for nuclear raw materials, Beograd

Examining Pb-Zn ores from the Zletovo mine the author discovered in 1953 the presence of pitchblende in veins of the mining district Dobrevo. This pitchblende occurs together with minerals from the normal Pb-Zn parageneses, in which no changes in the composition or in the intensity and extension of mineral species in the ore veins with or without pitchblende have been observed. Pitchblende appears in two parageneses: in sulphide minerals and in chalcedony.

In the paragenesis with sulphide minerals pitchblende is most intensively represented in those parts of the ore veins which were not completely filled with Pb-Zn ores, but where vacancies were left which served as channels along which the solutions with uranium could circulate and deposit pitchblende together with insignificant quantities of Pb-Zn ores. The sequence of the deposition of minerals in this paragenesis was as follows: pyrite I — siderite — baryte — sphalerite I — tennantite — galena I — pitchblende — sphalerite II — galena II — pyrite II. Pitchblende was formed as one of the latest products and after it only some minimum quantities of colloid sphalerite, dispersed galena and pyrite gels were formed.

Chalcedony with pitchblende is broadly distributed and appears in all ore veins in which radioactive anomalies have been discovered. Pitchblende is dispersed within it in botryoidal forms with a size of less than 5 microns and is accompanied by minimum quantities of sulphide inclusions of pyrite, galena and sphalerite. Chalcedony has a gray-black color and its form of appearance suggests that is has been formed along with the uranium mineralization accompanying it, after an intensive silification and after the deposition of the main Pb-Zn ore phase.

Pitchblende occurrences which normally are n found in typical Pb-Zn ore deposits related t andesitic-dacitic rocks, represent here an exceptio which can be explained by the supposition th uranium had been subsequently introduced from som deposits in the underlying rocks which were destroye by volcanic activities.

*

By studying the honey-yellow barytes which a already a long time known in the Pb-Zn mine o Zletovo, it has been ascertained that they have high radioactivity which had not been observed b the earlier investigators. An explanation of the mo of their formation is given here. It has been ascertai ed that this is not the case of a special generatio of barytes, but that the already existing crystal drus from the principal Pb-Zn mineralization phase recei ed this yellow color by the action of radioacti radiations. This color is visible only on the surfac of the baryte crystal faces up to a depth of 1 c and it probably derives from the oxidation of Fe into Fe···. Radiometric analyses have shown content of 3280 gr/t of equivalent radium and 28 g of uranium. Radium has been introduced later o after the formation of the main quantities of Pb- ores. The fixation of radium on the surfaces of t baryte crystals occurred during the flow of solutio over the crystal druses, when it probably came to chemical reaction and to the dissolution of a mi mum part of baryte. In this way certain quantities sulphate ions were set free with whom radiu immediately reacted so that they were deposited the surfaces of the baryte crystals in form of RaS

DRAGOSLAV NIKOLIĆ

Mineraloško-petrografski zavod Univerziteta u Beogradu

BERIL IZ PEGMATITA KUKAVICE (JUŽNA SRBIJA)

Detaljnim ispitivanjem planine Kukavice kod Leskovca i Vranja konstatovan je po prvi put beril u pegmatitima u značajnim količinama na većem broju mesta. Pegmatiti se javljaju u kristalastim škriljcima u žicama i većim sočivima paralelno škriljavosti. Beril se pojavljuje u svim zonama pegmatitskih tela. Fizička i hemijska ispitivanja pokazuju da se radi o berilu s malim sadržajem alkalnih metala.

Ispitivanjem pegmatita konstatovano je da postoje pet temperaturnih tipova, koji istovremeno predstavljaju i diferencijate pegmatitskih rastvora. Beril se najviše javlja u nisko-temperaturnim pegmatitima, koji čine prelaz ka pneumatolitima, dok idući ka visoko-temperaturnim postepeno sadržaj opada, tako da u visoko-temperaturnim pegmatitima nije nađen. Ovakav raspored berila u pegmatitima ove oblasti svojstven je geohemijskom karakteru berilijuma, odnosno diferencijaciji lakoisparljivih sastojaka prilikom kristalizacije pegmatitskih rastvora.

Autor je mišljenja da se ovakav način ispitivanja pegmatita u pogledu berila može primeniti i na druge oblasti.

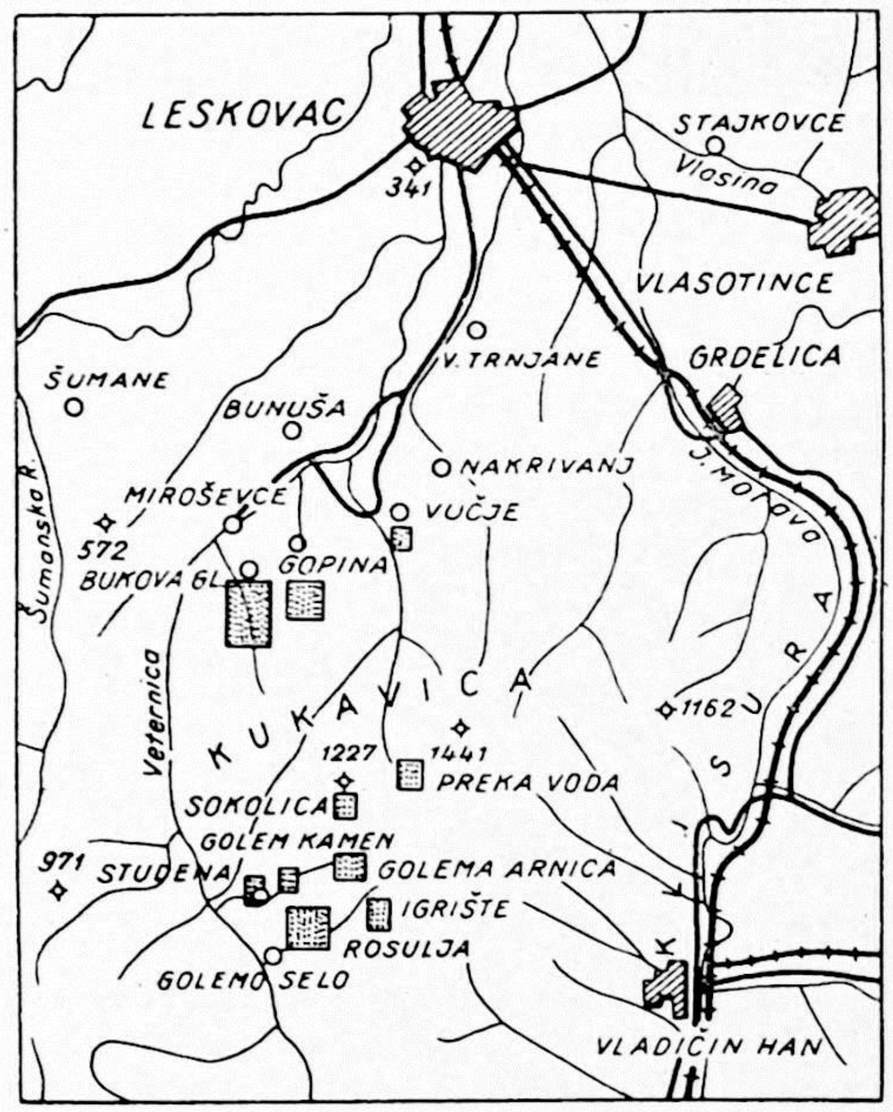
UVOD

Prilikom ispitivanja jednog dela pegmatita Kukavice, 1954. godine, konstatovao sam prvi put beril u pegmatitskim žicama na Igrištu. Kasnijim ispitivanjem pegmatita Kukavice od strane S. Divljana, mineraloga, beril je nađen u nanosima reke Bereuštice i kod sela Vučja. Ponovnim našim ispitivanjem i detaljnim proučavanjem pegmatita Kukavice, 1957. godine, u okviru Saveznog geološkog zavoda u Beogradu konstatovali smo u deset užih lokalnosti beril u pegmatitima.

Oblast Kukavice nalazi se u južnom delu Srbije, između Leskovca i Vranja, s leve strane Južne Morave.

Prvi put je (S. Urošević, 1898) beril nađen u pegmatitima Cera, a kasnije imamo otkrivene pojave berila na Bukulji, Motajici i Željinu (M. Ilić, 1950), (F. Koch, 1899) i (Z. Maksimović, 1953). Sve pomenute oblasti u kojima je nađen beril predstavljaju mineralne pojave sitnijih kristala berila u pegmatitima.

Ispitivanjem pegmatita južno od Prokuplja od strane M. Ristića, konstatovane su značajne količine berila i ujedno i najveći kristali berila koji su kod nas nađeni. Međutim, pegmatiti Kukavice do sada nisu bili predmet detaljnog proučavanja.



Sl. 1 — Karta oblasti Kukavice sa naznačenim lokalnostima u kojima je nađen beril

Fig. 1 — Carte de la région de Kukavica avec des endroits ou le béryl a été découvert (localités)

NALAZIŠTE

Ovim ispitivanjem beril je nađen u deset užih lokalnosti u oblasti Kukavice. Sve lokalnosti u kojima je on nađen naznačene su na karti (sl. 1). Dve najznačajnije lokalnosti u pogledu sadržaja berila u pegmatitima su Bukova glava i Rosulja. Lokalnosti Gorina, Preka voda, Golema Arnica i Igrište su manje značajne, jer se beril u ovim pegmatitskim žicama javlja u znatno manjim količinama. U lokalnostima Vučje, Studena, Golem kamen i Sokolica beril je nađen u tragovima u pegmatitskim žicama.

Pegmatitske pojave javljaju se u kristalastim škriljcima i predstavljaju interkalisani tip žica, sočiva i sočivastih žica. Pegmatitske žice s berilom



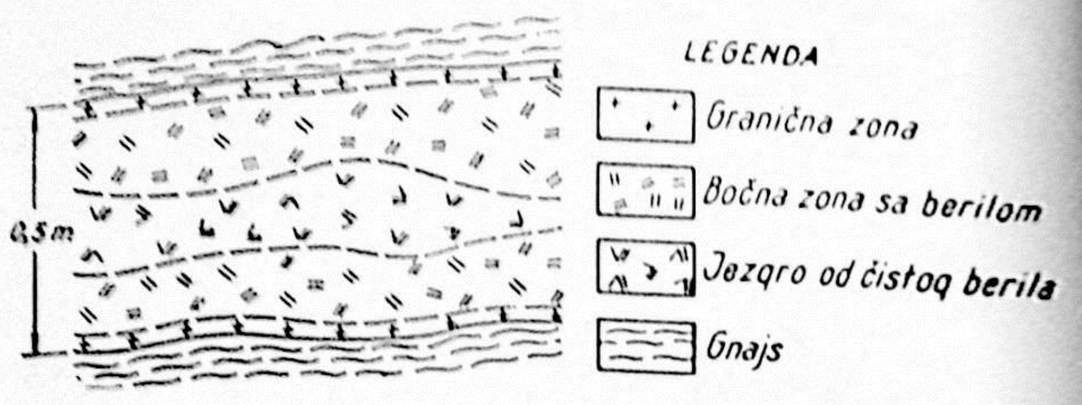
Sl. 2 — Srednje zrnasti pegmatiti sa berilom i kolumbitom (smanjeno 2 ×)

Fig. 2 — Pegmatites du grain moyen avec béryl et columbite

iz lokalnosti Rosulje i Bukove glave su dvojake i to jasno diferencirane, s izrazitom zonarnom građom, i tada sadrže krupne kristale berila ili njihova gnezda, dok obodne zone sitnozrnog i srednjezrnog pegmatita sadrže sitne kristale berila kao sastojak pegmatita (sl. 2).

Drugi tip pegmatita predstavljen je nediferenciranim tipom, odnosno slabo zonarno građenim pegmatitom, sa sitnim kristalima berila. Beril se u pegmatitskim žicama ove oblasti javlja počev od bočne zone do jezgra. Javlja se u asocijaciji sa svim mineralima, u kvarcu, feldspatu, liskunu i u asocijaciji sa svim ovim mineralima. Pored navedenih minerala javlja se u asocijaciji sa kolumbitom, cirkonom i ređe s apatitom i autunitom.

Pored navedenog načina pojavljivanja berila u pegmatitskim žicama ove oblasti, konstatovana su još dva načina pojavljivanja berila u pegmatitskim žicama. Prvi način pojavljivanja je u žicama moćnosti do 0,5 metra, u kojima se beril javlja u središtu izgrađujući jezgro i u bočnoj zoni u sitnijim kristalima (sl. 3). Drugi način pojavljivanja berila je u kvarcno-pneumatolitskim žicama, gde su konstatovana dva izdanka, u kojima je beril u kvarcu i u obodnim delovima sa muskovitom i retkim feldspatom. U ovim žicama beril je znatno manje zastupljen u kvarcu, dok je količina berila u obodnim delovima znatno veća. Raspored berila, kao i zonarna građa ovog tipa žica data je na slici 4.



Sl. 3 — Sematski prikaz zonarne građe pegmatitskih žica sa jezgrom od berila

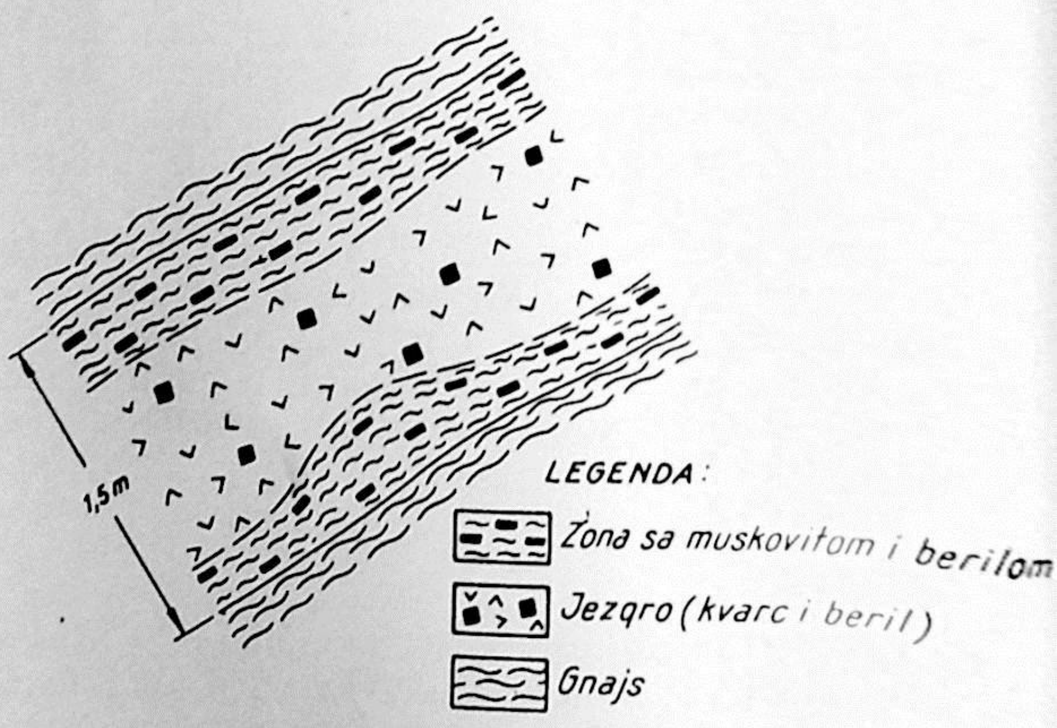
Fig. 3 — Présentation schématique de la constitution de filons de pegmatites avec noyau de béryl

Pegmatitske pojave u lokalnosti Bukove glave i Rosulje predstavljaju značajne činjenice u pogledu pojavljivanja berila, i mogu se smatrati jednim od tipova ležišta berila u pegmatitima, dok napred opisana dva specijalna načina pojavljivanja berila u pegmatitskoj i kvarcno-pneumatolitskoj žici predstavljaju genetski interesantne pojave.

Veličina kristala berila kreće se od nekoliko santimetra do 30 cm dužine, a konstatovan je i mikroskopski u kristalima od nekoliko milimetra. Najveći nađeni kristal prilikom ispitivanja pegmatita težak je 4 kg. Pored ovoga nađen je i veliki broj kristala čija je težina od 2 do 4 kg. Međutim, nije isključeno da se u ovim pegmatitskim pojavama nađu i veći kristali od navedenih, i pored toga što se moćnost ovih žica kreće od 0,5 do 2 m, dok su žice veće moćnosti sa sadržajem značajnih količina berila znatno ređe. Isto tako, u ovim žicama nađeno je jedno gnezdo od krupnih kristala berila iz koga je izvađeno preko 50 kg.

REZULTATI FIZIČKOG PROUČAVANJA

Beril se javlja u kristalima s jasno razvijenim formama heksagonalne prizme (sl. 5), i to tako da su kristali s prividno piramidalnim završetkom heksagonalne prizme. Znatno ređe se javlja u rozetama veličine do 10 cm u prečniku. Konstatovani su uklopljeni kristali turmalina i liskuna u berilu.



Sl. 4 — Šematski prikaz zonarne građe kvarcno-pneumatolitske žice s berilom

Fig. 4 — Présentation schématique de la constitution zônée de filons pneumatolithiques — quartziques à béryl



Sl. 5 — Kristali berila iz pegmatita Kukavice

Fig. 5 — Cristaux de béryl provenants de pegmatites de Kukavica

Boja berila varira od bledozelene do bledožute, slično mikroklinu, i u tom slučaju teško ga je razlikovati. Čest je slučaj da su kristali berila po površini prevučeni skramom limonita. Pored svežih berila konstatovani su — ali znatno ređe — raspadnuti kristali berila, i to tako da se javljaju u trošnim kristalima, ili samo kao skeleti bivših kristala. Boja raspadnutog berila je intenzivnije žuta, što verovatno dolazi usled prisustva limonita. Raspadnuti beril je konstatovan samo u lokalnostima Rosulja, Studena i Golem kamen.

Mikroskopskim ispitivanjem berila konstatovane su inkluzije, verovatno gasne i tečne, raspoređene i orijentisane u jednom pravcu, a što je bilo predmet detaljnog proučavanja (E. N. Cameron i dr., 1953) kod berila i kvarca.

Specifična težina berila merena metodom hidrostatičkih terazija iznosi 2,68.

Indeks prelamanja berila meren imerzionom metodom je:

ng=1,579 np=1,574 ng—np=0,005 ±0,001

za Na-svetlost.

Indeks prelamanja raspadnutog berila ne pokazuje razlike od dobijenih vrednosti za svež beril u granicama greške.

Svež beril iz ove oblasti podvrgnut je kao i raspadnuti rendgenskom ispitivanju dijagrama praha. Raspadnut beril snimljen je u komori prečnika 190,00 mm sa Ni filtriranim zračenjem Cu, dok je svež beril snimljen u komori prečnika 57,2 mm, pod istim uslovima kao i raspadnuti. Rendgenska snimanja izvršio je mineralog M. Vukasović. Prilikom snimanja dobijeni su dijagrami s refleksijama, čije su izračunate *d* vrednosti za raspadnuti i svež beril sledeće:

Svež beril				Raspadnuti beril			
I	d	I	d	I	d	I	d
10	7,84	7	1,74	9	8,00	½	1,89
6	4,58	1	1,70	7	4,60	1	1,81
6	3,96	5	1,63	½	4,25	4	1,79
10	3,23	1	1,59	7	3,98	7	1,73
5	3,00	2	1,57	½	3,78	2	1,70
10	2,86	5	1,51	1	2,68	½	1,66
6	2,51	2	1,45	1	3,60	6	1,62
2	2,29	4	1,42	5	3,34	3	1,59
1	2,22	3	1,37	10	3,25	3	1,56
2	2,15	5	1,27	1	3,18	1	1,52
1	2,06	6	1,26	5	3,00	5	1,51
5	1,98	6	1,20	10	2,86	4	1,45
1	1,83	1	1,15	6	2,51	5	1,42
3	1,79			½	2,44	3	1,36
				4	2,30	6	1,27
				3	2,20	3	1,26
				4	2,14	½	1,21
				½	2,05	4	1,20
				6	1,28		

Dobijene vrednosti *d* za svež beril ne razlikuju se od vrednosti koje navodi rendgenska kartoteka ASTM i Miheev (Miheev, 1957). Vrednosti *d* raspadnutog berila ne pokazuju razlike od vrednosti svežeg berila, izuzev jednog broja refleksija, koje se javljaju kod raspadnutog berila a nisu zapažene kod svežeg berila. Ove refleksije odgovarale bi intenzivnijim refleksijama kvarca. Mikroskopskim ispitivanjem potvrđeno je prisustvo kvarca u raspadnutom berilu u neznatnim količinama. Poreklo kvarca u raspadnutom berilu je verovatno primarno.

Sosedko (T. Sosedko, 1957) u svom radu daje rezultate ispitivanja različitih berila i konstatuje da sadržaj alkalnih metala u berilima može biti različit i da se povećanjem alkalnih metala smanjuje količina berilijum oksida, a u vezi s tim menjaju se i fizičke osobine berila, kao indeks, specifična težina, boja i rendgenske vrednosti *d* dijagrama praha, odnosno veličine dimenzija elementarne ćelije. S povećanjem procenta alkalnih metala povećava se indeks prelamanja i specifična težina, kao i dimenzije elementarne ćelije.

Upoređenjem dobijenih vrednosti za naš beril sa rezultatima koje navodi T. Sosedko, i to vrednostima specifične težine, indeksa prelamanja i vrednostima *d* rendgenskog dijagrama praha, naš beril bi odgovarao vrsti s minimalnim sadržajem alkalnih metala, odnosno gotovo s maksimalnim sadržajem berilijum-oksida.

REZULTATI HEMIJSKOG ISPITIVANJA

Beril je hemijski ispitan; urađene su četiri hemijske analize svežeg berila i semikvantitativno spektrohemijski je analiziran svež i raspadnuti beril.

Za hemijske analize beril je odabran pod binokularnom lupom i vođeno je računa da materijal za analizu ne sadrži druge minerale. Hemijske analize urađene su u Institutu za tehnologiju mineralnih sirovina u Beogradu. Hemijske analize pokazale su sledeće rezultate:

	I	II	III	IV
SiO_2	65,00%	65,09%	65,15%	63,00%
Al_2O_3	18,06	19,16	18,42	19,75
Fe_2O_3	0,44	0,43	0,94	0,37
FeO	0,37	0,30	0,37	0,33
MgO	0,02	0,03	0,02	0,25
CaO	0,22	0,20	0,20	1,80
BeO	14,46	13,38	14,06	13,45
Na_2O	0,62	0,60	0,44	0,75
K_2O	0,11	0,13	0,10	0,06
P_2O_5	0,008	0,015	0,008	tragovi
CO_2	0,67	tragovi	0,47	0,18
S	tragovi	0,01	0,02	0,02
gub. žar.	0,78	1,40	0,66	0,82
	100,758%	100,745%	100,858%	100,80%

Hemijska analiza I — beril iz lokalnosti Rosulja; II — beril iz lokalnosti Golema Arnica; III i IV — beril iz lokalnosti Bukova glava.

Iz hemijskih analiza izračunat je odnos oksida $BeO : Al_2O_3 : SiO_2$ i dobijene su sledeće vrednosti:

Analiza	BeO	:	Al_2O_3	:	SiO_2
Teoretski	3,00	:	1,00	:	6,00
I	3,20	:	0,97	:	6,00
II	2,96	:	1,03	:	6,00
III	3,10	:	0,99	:	6,00
IV	3,07	:	1,10	:	6,00

Iz navedenih hemijskih analiza izračunat je broj atoma katjona na 18 kiseoničnih atoma, a prema strukturnoj formuli berila koju navodi F. Machatschki (8):

$$Al_2Be_3[Si_6O_{18}](H_2O, Cs, Rb)h$$

Prilikom preračunavanja naših analiza nismo uzeli u obzir vodu i alkalne metale, cezijum i rubidijum, pošto hemijski nisu urađeni, a isto tako i količina istih je neznatna. Rezultati naših preračunavanja pokazuju za analize berila sledeće:

Broj katjona na 18 atoma kiseonika

	Teoretski	I	II	III	IV
Si	6,00	5,90	5,93	5,91	5,75
Al	2,00	1,92	2,04	1,96	2,11
Fe···		0,03	0,03	0,06	0,03
Fe··		0,03	0,02	0,03	0,02
Mg		—	—	—	0,03
Ca		0,02	0,02	0,02	0,17
Be	3,00	3,15	2,93	3,06	2,95
Na		0,11	0,11	0,07	0,13
K		0,01	0,01	0,01	0,01

Iz dobijenih rezultata preračunavanjem odnosa pojedinih oksida i broja atoma katjona na 18 atoma kiseonika vidi se da ovi rezultati pokazuju izvesna odstupanja od teorijskih veličina. Ova odstupanja nisu tako velika da bi predstavljala izvesne izmene i zamene pojedinih elemenata u berilu već verovatno predstavljaju analitičke greške prilikom analiziranja berila.

Hemijske analize pokazuju da je sadržaj alkalnih metala minimalan, odnosno da je sadržaj berilijum oksida blizak teoretskom sadržaju, što potvrđuju optička i fizička ispitivanja na ovim berilima.

Beril je ispitan i na elemente u tragovima. Semikvantitativne spektrohemijske analize urađene su od strane S. Maksimovića, mineraloga. Beril je ispitan u oblasti spektra talasne dužine od 2.800 do 4.700 Å i od 5.500 do 9.000 Å. Ovim ispitivanjima podvrgnuti su svež beril i raspadnut beril iz tri lokalnosti.

Rezultati ovih ispitivanja pokazuju sledeće:

Bukova glava			Rosulja		Golem kamen		Studena	
svež beril			raspadnut beril					
Mn	tr.		447	ppm	32	ppm	22	ppm
Pb	—		23	„	32	„	23	„
Cr	tr.		tr.		10	„	10	„
Ba	—		100	„	100	„	100	„
Ga	—		14	„	6	„	14	„
Ti	—		32	„	—		32	„
V	—		—		—		12,5	„
Li	85	ppm	316	„	316	„	316	„
Cs	75	„	235	„	120	„	316	„
Rb	3	„	10	„	17,5	„	17,5	„

Beril koji je ispitan hemijski takođe je i semikvantitativno spektrohemijski ispitan na alkalne metale. Rezultati ovih ispitivanja za tri berila su sledeći:

	I	II	III
Li	316 ppm	316 ppm	100 ppm
Cs	32 „	100 „	32 „
Rb	tr.	3 „	3 „

Rezultati semikvantitativnog spektrohemijskog ispitivanja pokazuju da je sadržaj alkalnih metala u raspadnutom berilu nešto povećan u odnosu na svež beril. Isto tako, konstatovano je prisustvo Ba, Ga i Pb u raspadnutim berilima, dok u svežem nije konstatovano. Ovi elementi u raspadnutom berilu možda su naknadno uneseni, a možda odgovaraju i berilu koji se javlja u pegmatitskim žicama s vrlo niskim sadržajem ovoga minerala.

Rezultati spektrohemijskog ispitivanja takođe pokazuju nizak sadržaj alkalnih metala koji nisu analitički određeni, a što potvrđuje rezultate optičkih ispitivanja da berili Kukavice pripadaju vrsti s neznatnim sadržajem alkalnih metala.

GENEZA I PARAGENEZA

Prilikom detaljnog ispitivanja pegmatita Kukavice konstatovano je da oni vode poreklo od granita koji su samo delimično otkriveni u centralnom delu ove oblasti i to tako da su predstavljeni samo granit-gnajsevima, odnosno da su gotovo neotkriveni. Pegmatiti se javljaju u oreolu granita tako da su izvršena izdvajanja različitih tipova pegmatita, od onih koji bi odgovarali visoko-temperaturnim pa do nisko-temperaturnih, koji prelaze u pneumatolite. Ukupno je izdvojeno pet tipova pegmatita, zavisno od mineralnog sastava, teksturno-strukturnih osobina, zonarne građe, mesta nalaska i geoloških svojstava.

Beril se javlja u nisko-temperaturnim tipovima pegmatita, kao i u pneumatolitskim žicama, i to tako da su najveći sadržaji berila konstatovani u nisko-temperaturnim žicama i pneumatolitima, dok sadržaj berila postepeno opada prema visoko-temperaturnim, dok u visoko-temperaturnim pegmatitima potpuno izostaje.

Ovakav raspored berila u pegmatitima ove oblasti svojstven je geohemijskom karakteru berilijuma u rastvorima pegmatita koji je podložan diferencijaciji u smislu obogaćenja lakoisparlji-

vih sastojaka. U vezi s tim razumljivo je što se beril javlja u asocijaciji s drugim mineralima koji su karakteristični za ovaj tip pegmatita: kolumbitom, cirkonom, turmalinom, granitom, apatitom i dr.

Način postanka, kao i ostale karakteristike pegmatita ove oblasti, odnosno geneza i parageneza, ukazuju na značajne pojave berila u ovoj oblasti i na njegova interesantna ležišta.

Raspadanje i delimično pretvaranje berila u izvesnim pegmatitskim žicama verovatno je u vezi s procesima koji su sledili samu kristalizaciju pegmatitskih rastvora.

Za sada smatramo da je poreklo berila u ovim pegmatitima vezano za kristalizaciju samih pegmatitskih rastvora, a ne za proces albitizacije, koji je jasan u ovim pegmatitima.

LITERATURA

1) Cameron N. E., Rowe B. R., Weis L. P., 1953: Fluid inclusions in beryl and quartz from pegmatites of the Middletown district, Connecticut. Am. Mineral. Vol. 38, Nos. 3—4, pp. 218—263.

2) Holser T. W., 1953: Berillium minerals in the Victoria Mountains Luna Country, New Mexico. Am. Mineral. Vol. 38, Nos. 7—8, pp 599—612.

3) Ilić M., 1950: Pegmatiti Bukulje. Zapisnici Srpskog geološkog društva za 1948. godinu, str. 19—24, Beograd.

4) Koch F., 1899: Berilj iz Motajice planine u Bosni. Glasnik Zemaljskog muzeja u Bosni i Hercegovini, sv. XI, str. 1—10. Sarajevo.

5) Maksimović Z., i Divljan S., 1953: Rezultati geološko-petrografskog kartiranja i promatranja rudnih pojava u oblasti sela Plane i Gogčanice na zapadnim padinama Željina. Zbornik radova Geološkog instituta Srpske akademije nauka knj. 5, str. 223—254. Beograd.

6) Михеев И. В., 1957: Ренгенометрический определитель минералов. Государственное научно-техническое издательство. Москва.

7) Соседко А. Т., 1957: Изменение структуры и свойств в бериллах с повышеним содрженим щелочей; записки всесоюзного минералогического общества, випуск 4 стр. 495 Москва.

8) Urošević S., 1898: Beril, gorski kristal i rutil sa Cera. Petrografski sastav Iverka. Zapisnici Srpskog geološkog društva, zbor. LXIV. Beograd.

RESUMÉ

BERYL DANS LES PEGMATITES DE KUKAVICA (SERBIE MÉRIDIONALE)

DRAGOSLAV NIKOLIĆ, L'Institute de minéralogie et pétrographie de l'Universite, Beograd

Dans la région de la montagne Kukavica qui est située entre Leskovac et Vranje sur la rive gauche de la Morava du Sud, nous avons constaté, pour la première fois, dans les pegmatites, le béryl, associé aux minéraux suivant: microcline, quartz, micas, tourmaline, grenats, zircon et autres.

Le béryl, de dimensions de quelqes centimétrea jusqu'à 30 cm, se trouve dans toutes les zones de filons de pegmatite à partir du centre jusqu'à periphérie. Les propriétés physiques, ainsi que l'analyse chimique et spectrale semiquantitative confirment qu'il s'agit d'un type riche en BeO et pauvre en métaux olcalins.

Parmis les filons ou des grosses lentilles de pegmatite qui sont toujours parallèles à la schistosité, nous avons pu distinguer cinq types suivant la tem perature de leur formation ou plutôt la différence de leurs solutions.

Le béryl est emplucé exclusivement dans le type à température basse, purce qu'en allant de ce type vers les types à haute température la quantité de béryl se reiduit et le béryl absent dans ce dernier type des pegmatites et pneumatolites.

Le fait que nous avons constaté dans cette région est tout à fait en accord avec les caractères géochimiques du béryllium pui se sépare déjà à une température «basse» de ses composés volatiles pendant la cristalisation des solutions pegmatitiques.

Cette constatation est d'ordre général et peut être appliquée non seulement à cette région, mais en général.

MIRKO PROTIĆ

Mineraloško-petrografski zavod Univerziteta u Beogradu

TEKSTURE I STRUKTURE SEDIMENTNIH STENA KAO FAKTORI KOJI KONTROLIŠU URANSKU MINERALIZACIJU

Uranska mineralizacija u sedimentnim stenama stoji u zavisnosti od više faktora koji, s jedne strane, nisu u vezi sa samim stvaranjem ovih stena, dok su, s druge strane, u tesnoj vezi sa sedimentnim stenama kao takvim. U ovom poslednjem slučaju radi se o teksturama i strukturama, mineralnom i litološkom sastavu, zatim o pojedinim facijama i drugom, kao faktorima koji kontrolišu uransku mineralizaciju. Teksture i strukture u većini slučajeva se mogu shvatiti kao faktori prvog reda, koji pod određenim uslovima služe kao neophodna predispozicija za lokalizaciju mineralizacije, koja je definitivno ostvarena postojanjem drugih faktora, kao što su: mineralni sastav, prisustvo organske materije i dr. U članku se diskutuje uticaj različitih tekstura i struktura u tome smislu, sa navođenjem primera jednim delom i iz naše prakse. Tako se ističe značaj: horizontalne i kose slojevitosti, fosilnih rečnih korita, konkrecija i rolsova, zatim strukturnih elemenata, kao što su veličina čestica, sortiranost i poroznost.

Uranska mineralizacija u sedimentnim stenama stoji u zavisnosti od više faktora koji, s jedne strane, nisu u vezi sa samim stvaranjem ovih stena (postojanje izvora urana, pogodni fizičko-hemijski uslovi za njegovu koncentraciju i dr.), dok su, s druge strane, vezani za sedimentne stene kao takve. U ovom poslednjem slučaju radi se o mineralnom sastavu, teksturama i strukturama, litološkom sastavu, zatim o pojedinim facijama, kao i o strukturnim elementima stvorenim posle postanka ovih stena (sistemi pukotina i dr.), koji, svaki na svoj način, udružujući se često međusobno, pod određenim uslovima deluju kao faktori koji kontrolišu uransku mineralizaciju — kako se to obično kaže. Poznavanje tih »kontrola« od velikog je značaja pri prospekciji i istraživanju urana, zbog čega se na to mora obratiti posebna pažnja. U ovom momentu zadržaćemo se samo na pitanju povezanosti uranske mineralizacije u glavnim crtama, sa građom sedimentnih stena odnosno s njihovim teksturama i strukturama, ne ulazeći u detaljna objašnjenja daljih uzroka mineralizacije.

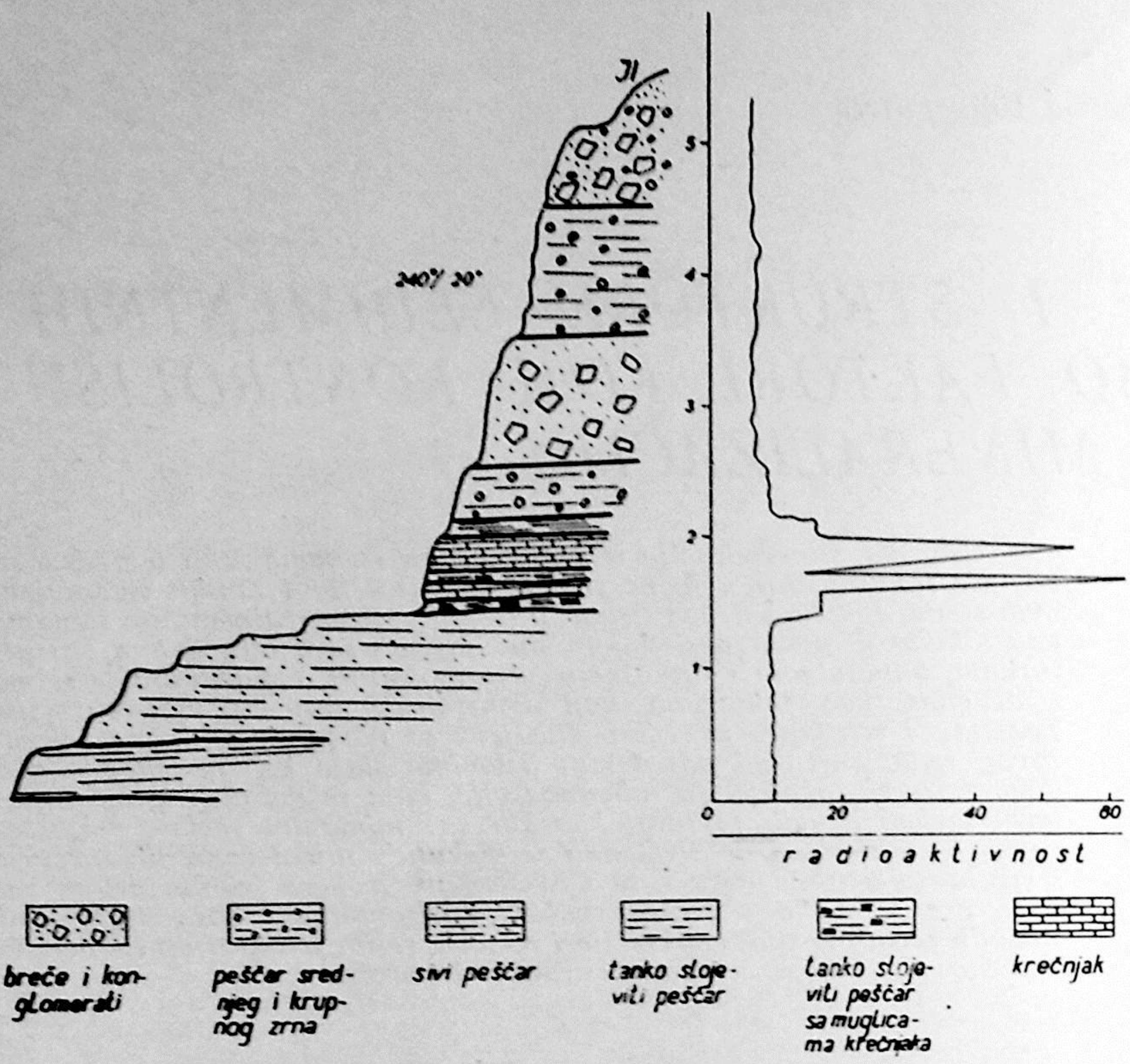
Smatramo da se teksture i strukture u većini slučajeva mogu shvatiti kao faktori prvog reda koji kontrolišu uransku mineralizaciju. Drugim rečima, da su to faktori koji pod određenim uslovima služe kao neophodna predispozicija za lokalizaciju mineralizacije, dok je ova poslednja kao takva definitivno ostvarena postojanjem drugih faktora, kao što su na primer: mineralni sastav, prisustvo organske materije, pogodni geohemijski uslovi i dr.

Teksture sedimentnih stena, pod kojim se imenom obuhvataju one crte unutrašnje građe stene koje su uslovljene međusobnim odnosom pojedinih komponenti u prostoru i njihovom orijentacijom, najbolje se proučavaju u izdancima na samom terenu. Teksture se stvaraju kao rezultat bilo mehaničkih ili hemijskih akcija u toku i posle stvaranja stena. F. Pettijohn (1957) u mehaničke teksture stavlja različite vrste slojevitosti, njihove deformacije, kao i promene na površini slojevitosti, dok u hemijske teksture uvršćuje one koje se javljaju kao rezultat rastvaranja ili raščenja.

Teksture se stvaraju u različitim stadijumima postanka sedimentnih stena, počev od singeneze ili ranije dijageneze, pa do poznije dijageneze ili epigeneze, a jednim delom i u stadijumu hipergeneze. Međutim, svaku teksturu nije moguće vezati za tačno određeno vreme stvaranja stene, iako se u poslednje vreme tome teži.

Jedna od tekstura vezana za raniji stadijum postanka sedimentnih stena jeste *slojevitost*, važno teksturno obeležje ovih stena. Kao kontrole uranske mineralizacije obe glavne vrste slojevitosti, horizontalna i kosa, imaju svaka na svoj način značaja. Tako horizontalna slojevitost može da utiče na orijentaciju mineralizacije i rudnih tela. Pri tome se paralelno sa slojevitošću orijentišu rudna tela pločastog oblika. U drugim slučajevima može doći do mineralizacije duž samih površina slojevitosti dvaju litoloških članova (slučaj ostvaren, na primer, u Šinarump formaciji Kolorada, po E. Heinrichu, 1958). U ovim i sličnim slučajevima mineralizaciju koja je bila dirigovana slojevitošću uslovili su u daljem bilo sastav ili struktura samih stena.

U više slučajeva konstatovana je zavisnost veličine rudnih tela od debljine slojeva. U mnogim oblastima Platoa Kolorada slojevi debljine 5—10 m obično sadrže samo mala rudna tela, dok se u peščarima veće debljine javljaju i manje i veće naslage rude (Mc Kay, po E. Heinrichu, 1958). U jugozapadnom Koloradu nema nijednog većeg ležišta u peščarima čiji su slojevi tanji od 12 m (Weir, po E. Heinrichu, 1958).



Sl. 1 — Profil iz paleogene serije sedimenata u Kočurskoj reci (oblast Pčinje) s horizontima povišene radioaktivnosti raspoređene po pravcu slojevitosti sedimenata (profil inž. S. Višića)

Fig. 1 — Cross-section of paleogene clastic sediments in Pčinja district (Serbia) with the horizons of elevated radioactivity following the direction of stratification

Iz literature nam je poznato više slučajeva poklapanja struktura uranskih ležišta sa stratifikacijom (slojevitošću), pri čemu ležišta mogu zauzimati određene nivoe. Međutim, povezivanje orudnjenja baš za slojeve određenih nivoa ne mora uvek da bude rukovodeće pravilo i za istraživanje. Tako, na primer, kod ležišta Šinkolobve u Katangi orudnjenje je vezano za određene stratigrafske nivoe, međutim i slojevi koji su potpuno analogi u litološkom i strukturnom pogledu (poglavito po poroznosti i propustljivosti) nisu ipak svuda orudnjeni (Mc Kelvey i dr., 1955).

U paleogenoj seriji sedimenata oblasti Pčinje, u faciji u kojoj preovlađuju peščari i manje konglomerati, pojedini horizonti pokazuju povišenu radioaktivnost s promenljivim sadržajem urana, čije koncentracije nekad dostižu i veće vrednosti. Dužina ove zone iznosi nekoliko kilometara, a pojave povišene radioaktivnosti vezane za određene horizonte u njoj raspoređene su tačno po pravcu pružanja sedimentnih naslaga i istovremeno su vezane za određene litološke članove u ovim horizontima i za njihov sastav (sl. 1). U paleogenu i gornjoj kredi poznato je inače u svetu pojavljivanje niza karakterističnih ležišta urana vezanih za određene stratigrafske horizonte, odnosno za uske trake orudnjenih krečnjaka i u vidu sočivastih rudnih tela (V. Melkov i L. Puhalskij, 1957).

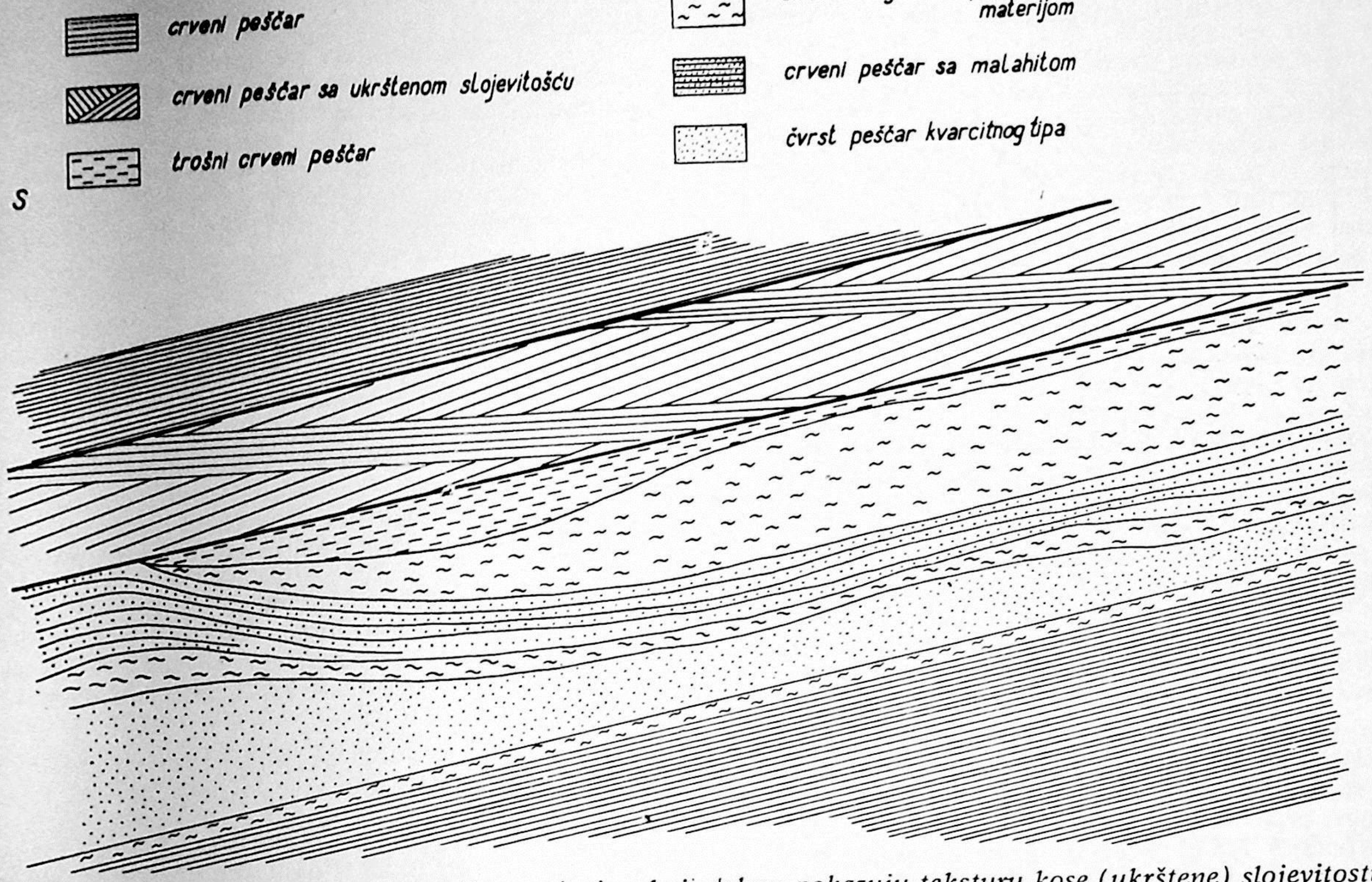
S druge strane, poznavanje teksture kose (ukrštene) slojevitosti i još nekih drugih tekstura treba da nam posluži za utvrđivanje pravaca iz kojih je dolazio korisni materijal kao i rastvori nosioci mineralizacije, sa čime je u neposrednoj vezi praćenje orudnjenja i pravaca u kojima se ono javlja. Ovakvim proučavanjima je u poslednje vreme obraćena posebna pažnja u vezi s ispitivanjem sedimentnih ležišta karnotitskog tipa u Platou Kolorada, gde se pokazalo da orijentacija uranonosnih rudnih tela stoji nekad u neposrednoj vezi s pravcima starih tokova u sedimentima, koji su ostavili traga u teksturama ovih stena.

Sedimentne teksture koje mogu da ukažu na pravce kretanja su: *kosa (ukrštena) slojevitost, talasne brazde, abiogeni tragovi kretanja*. Poredovih, za utvrđivanje pravaca nekadašnjih tokova služe korisno *fosilna rečna korita* ili kanali, duž kojih nekad dolazi do značajnih lokalizacija naslaga urana. Najzad, ovde treba pomenuti i orijentaciju *fosilnog drveća*, koja služi istom cilju.

P. Kerr (1955), oslanjajući se na američka ležišta, naročito ističe značaj *kose (ukrštene) slojevitosti* kao karakterističnog obeležja koje može da ukaže na pravac tokova za vreme akumulacije sedimentnog materijala. Kod kose (ukrštene) slojevitosti postoji više serija slojića, koji stoje međusobno pod izvesnim uglom. Same granice između tih serija su ili horizontalne ili takođe stoje pod izvesnim uglom prema ravni slojevitosti. Kod određivanja pravca kretanja u sredini taloženja takvog materijala mere se azimuti i uglovi pada što većeg broja slojića i serija slojića. Potrebni zaključci izvlače se na osnovu niza merenja i dobijenih dijagrama.

Kosa (ukrštena) slojevitost se stvara radom vetra ili voda. Postoje različiti tipovi ovakve slojevitosti, ali praktično se još ne može reći koji su tipovi vezani baš za jedan određeni način postanka. U vezi s ovim jasan i koncizan zaključak daje F. Pettijohn (1957), koji navodi da je »ra mera kose slojevitosti funkcija brzine struja, nj na orijentacija zavisna od pravca toka struja, varijabilnost funkcija stabilnosti sistema struja Sve ovo može da bude od velikog paleogeogra skog značaja.

Za teksturu kose slojevitosti može da bu neposredno vezano orudnjenje, kao što je slu



Sl. 2 — Profil iz crvenih peščara Stare planine koji delom pokazuju teksturu kose (ukrštene) slojevitosti. Mineralizacija uranom ograničena najvećim delom na partije sivozelenog glinovitog peščara s ugljevitom biljnom materijom

Fig. 2 — Cross-section of Red sandstones with the crossbedding structure, Stara Planina district. Uranium mineralization confined mainly to the plant remnants in the bleached parts of sandstones

u tzv. formaciji Morison Platoa Kolorada. U praktičnom pogledu, poznavanje pravaca tokova na osnovu kose slojevitosti Čuska planina u Arizoni pomoglo je lociranju bušotina kojima su se istraživala rudna tela. Tako se navodi (J. Lowell, 1955) da je na ovaj način otkriveno sedam uranskih rudnih tela, od kojih su šest bila s odstupanjem od 20° od srednjeg pravca kose slojevitosti.

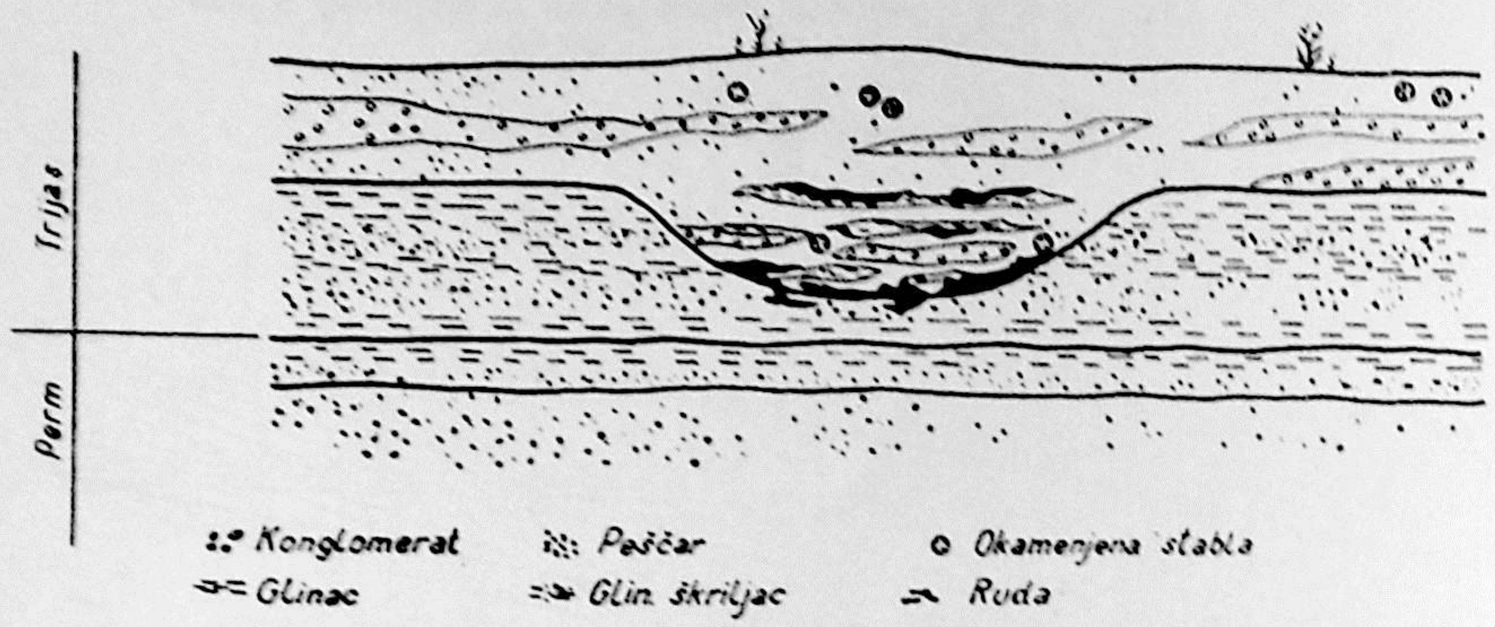
Izvesni članovi formacije crvenih peščara na Staroj planini na većem prostranstvu pokazuju teksturu kose (ukrštene) slojevitosti. U neposrednoj vezi s ovom teksturnom karakteristikom u crvenim peščarima konstatovana je pojava uranske mineralizacije. Jače mineralisani delovi su ograničeni na vrlo tanke partije zelenkastog peščara sa tragovima biljaka i malahitom, koje se javljaju u peščaru kvarcitnog tipa (sl. 2).

Talasne brazde, sistem brežuljčića i udolinica raznovrsnih po razmerama na gornjoj površini peskovitih stena, koje se javljaju kao rezultat premeštanja čestica na površini nevezanog sedimenta pod dejstvom struja, talasa ili vetra određenih pravaca, imaju manji praktični značaj od prethodnih tekstura. Isti je slučaj i s *abiogenim tragovima kretanja,* koji se na klastičnim stenama manifestuju u vidu brazdi. U slučaju kada su brazde orijentisane one mogu da ukažu na kretanja nekadašnjih struja.

Fosilna rečna korita (engl. *channels, kanali)* mogu igrati značajnu ulogu pri formiranju uranskih ležišta. Takav je slučaj sa trijaskim konglomeratima Platoa Kolorada, u čijim su fosilnim koritima lokalizovana mnoga rudna tela i ekonomski značajne naslage (sl. 3).

Ova udubljenja nekadašnjih vodenih tokova imaju obično sinusiozan oblik kao rezultat kretanja vode preko slabo nagnutih ili skoro ravnih površina. Korita koja su tokovi usekli ispunjena su šljunkom, peskom i glinom. Razmere korita mogu da variraju u širokim granicama; obično njihove širine iznose od nekoliko do više stotina metara, dok u slojeve ispod njih mogu da budu usečena dvadesetak do tridesetak metara. U Platou Kolorada većina rudnih ležišta Šinarumpske formacije se javlja u fosilnim koritima širine manje od 180 metara. Međutim, u Južnoj Dakoti ima i ležišta u fosilnim koritima širine do više kilometara, dubine 60 metara i dužine više od 40 kilometara (Keys i Dodd, 1958). Mineralizacija u fosilnim rečnim koritima stoji inače dalje u vezi s »kontrolama« unutar njih (organska materija, litologija, sastav).

Fosilna rečna korita mogu ležati više stotina metara ispod mlađih naslaga, tako da predstavljaju poseban problem pri istraživanju urana. Njihovo istraživanje i određivanje pravaca najviše se



Sl. 3 — Sematski presek uranskih ležišta u fosilnim koritima konglomerata formacije Shinarump u dolini Monument, Arizona (Mitcham i Evensen Econ. Geol., 1955)

Fig. 3 — Schematic cross-section of uranium deposits in Shinarump paleochannel, Monument Valley, Ariz. (Mitcham and Evensen, Econ. Geol., 1955)

vrši na osnovu bušotina i delom primenom geofizičkih metoda, na osnovu kojih rezultata se rade specijalne karte. Za određivanje osa orijentacije fosilnih rečnih tokova uzimaju se između ostalog u obzir: linearna agregacija zrna peska, orijentacija simetričnih talasnih brazdi, pravac izduženja sočiva konglomerata i položaj fosilnog drveća. Na osnovu pravaca starih tokova određuju se mesta njihovih ukrštanja, naročito povoljna za koncentraciju urana.

I hemijske ili akrecione tekstùre su česte u ležištima urana u sedimentnim stenama. *Konkrecije*, koncentrično trakaste ili drugojačije građe, mogu imati karbonatno jezgro i omotač od koncentričnih traka primarnih i sekundarnih minerala urana i vanadijuma, oksida gvožđa i mangana. Sa konkrecijama od kalcijum-karbonata ili mangana pokazuju dosta sličnosti tzv. *rolsovi* (engl. *rolls*), u kome obliku mogu nekad da se jave uranonosna rudna tela. Takva tela presecaju slojevitost u blagim povijenim formama; u profilu imaju oblik latinskog slova C ili S, a u ravni su linearno izdužena. Uopšte, ovi rolsovi se podudaraju s pravcima kretanja struja, korita i drugih sedimentnih tekstura, verovatno sledujući na taj način — kao epigenetske tvorevine — najveću propustljivost sedimentnih naslaga. Za razliku od običnih konkrecija, rolsovi pojedinačno mogu da sadrže do nekoliko hiljada tona rude.

U Platou Kolorada nedavno je utvrđena starost rudnih minerala od 60—75 miliona godina, dok se starost matične stene kreće od 60—180 miliona godina (R. Garrels, 1958). To ukazuje, bar za onaj deo gde je ispitivanje vršeno, da je uran unošen naknadno. Momentalno nas ne interesuje pitanje odakle je uran dolazio, već šta je u ovom i sličnim slučajevima na drugom mestu uslovilo koncentraciju uranske mineralizacije u stenama na određenim mestima. Pored pogodnih tekstura, o kojima je prethodno bilo reči, ovo je zavisilo i od strukturnih karakteristika stena.

U ovome — a tako je i u većini drugih slučajeva — radi se o klastičnim stenama i njihovim *strukturama*, odnosno onim crtama njihove unutrašnje građe koje su određene morfološkim karakteristikama pojedinih sastavnih delova tih stena. Tu spadaju na prvom mestu: *veličina čestica, njihova povezanost, poroznost.*

Što se tiče značaja veličine zrna, pomenimo najpre mišljenje P. Ramdohra (po C. Davidsonu, 1959), koji u svojim skorašnjim radovima, govoreći o Vitvaterstrandu i još nekim ležištima, navodi da postoji direktan odnos radioaktivnosti prema veličini zrna, pri čemu je najveći sadržaj urana u konglomeratima. Pomenuti autor ovo tumači time što je uraninitu sedimentnog porekla (kakvim ga on smatra) zbog svoje velike specifične težine najviše pogodovao najkrupniji detritus. Hipotezu o uraninitu kao detritičnom mineralu u ovom ležištu zastupaju i neki drugi autori (W. Liebenberg, Proc. II Inter. Conf. Geneve, 1958).

Inače, u prekambrijskom Vitvaterstrandskom sistemu, koji je debljine više hiljada metara, ruda je vezana za desetinu konglomeratičnih partija, većinom u gornjem delu sistema. Pri ovome u jednoj određenoj oblasti nisu sve partije orudnjene. Po drugim autorima (V. Mc Kelvey i dr., 1955) smatra se da je najobilnije pojavljivanje rude vezano ne samo za one slučajeve gde je komađe šljunka najkrupnije, već gde je i konglomerat najbolje sortiran (tj. karakteriše se jasnim preovlađivanjem jedne frakcije veličine zrna) i gde su konglomerati najdeblji.

U jednom ležištu uraninita u metamorfisanim sedimentnim stenama mlađeg paleozoika u SSSR-u nije ustanovljena nikakva zavisnost rasporeda metala od petrografskog i hemijskog sastava, već je konstatovano da je koncentracija rude kontrolisana na prvom mestu teksturama i strukturama stena. Konstatovano je, naime, da je do koncentracije rude došlo u masivnim stenama krupnozrne strukture, a ne u lepo uslojenim peščarima finog zrna i filitima (V. Karpenko, 1957).

Iz prakse istraživanja urana kod nas možemo navesti kao primer seriju mlađih tercijarnih klastičnih stena na padinama Bukulje, u kojoj postoji tendencija za koncentracijom uranske mineralizacije u slojevima konglomerata a ne peščara.

Kod značajnih ležišta zapadnih država SAD matična stena su pretežno fino do srednjezrni peščari, dok se ruda javlja počev od glinaca pa do konglomerata izgrađenih od blokova. Matična stena često pokazuje slabu sortiranost, dok pojedinačni finozrni peščari rudonosnih horizonata mogu da budu dobro sortirani, kako zaključuju Keys i Dodd (1958).

Sa strukturama sedimentnih stena tesno je povezana *poroznost*, koja, inače, ima vrlo velikog praktičnog značaja u slučajevima koji nas interesuju kao faktor koji utiče na kretanje mineralnih rastvora. Pri tome šupljine ili pore, različite po obliku i razmerama, koje se javljaju između

sastavnih delova stene, mogu biti stvorene prilikom očvršćavanja stene tokom i posle taloženja, ili su nastale u vezi sa cirkulacijom voda u već očvrslom sedimentu ili steni, pri čemu dolazi do zamenjivanja i rastvaranja pojedinih minerala i cementacije.

Poroznost, i u vezi s njom propustljivost, često se uzima u obzir prilikom tumačenja uranskih mineralizacija. Keys i Dodd (1958) govore da obično nepropustljivi slojevi, bilo glinoviti ili dobro cementovani peskovitim stenama, leže ispod ili preko matične stene. Većina rudnih tela je lokalizovana u blizini nepropustljivih slojeva, koji su kao barijere kanalisali rudonosne rastvore. Kao opšte pravilo izvedeno iz više primera može se uzeti da najpropustljiviji peščari u jednoj oblasti ne moraju biti rudonosni, već su služili kao pogodna sredina kroz koju su se kretali rastvori urana. Dok je deponovanje iz rastvora kod dubljih slojeva zasićenih vodom moglo da se vrši korišćenjem vertikalnih pukotina, ispod povlatnog nepropustljivog (obično glinovitog) sloja vršilo se lateralno kretanje u propustljivoj steni.

Značaj poroznosti i propustljivosti se ispoljava i u vezi sa činjenicom da se u izvesnim ležištima uranska mineralizacija javlja u vidu ispunjavanja pukotina i u vidu impregnacija, s izvesnim zamenjivanjem organske materije i cementa. Iz niza primera navodimo samo jedan, onaj koji govori o važnoj ulozi poroznosti (pored mineralnog sastava) u epigenetskoj akumulaciji ruda urana u poznatom permskom ležištu Mađarske (Barabas A. i Kiss J., 1958).

Pored nekoliko slučajeva udela tekstura i struktura u kontroli uranske mineralizacije u našim terenima, posebno bismo istakli perspektivni značaj glavnih elemenata građe sedimentnih stena i važnost njihovog poznavanja u onim slučajevima kada sedimentne stene stoje u izvesnoj vezi s produktima vulkanske aktivnosti — tufovima, kao potencijalnim izvorima urana. Naime, polazeći od hipoteze da su tufovi nekih naših tercijarnih vulkanskih oblasti mogući primarni nosioci radioaktivnih materija, može se očekivati da je uran iz njih posle ispiranja ulazio u okolne ili podinske sedimentne stene, u kojima se koncentrisao blagodareći pogodnim strukturama ili teksturama kao faktorima prvog reda, odnosno faktorima koji su predisponirali uransku mineralizaciju, dok je do njene fiksacije došlo u onim delovima istih stena u kojima su bili ostvareni ostali uslovi ili faktori: sastav, fizičko-hemijske prilike i drugo.

Međutim, treba isto tako pomenuti da se u svima slučajevima ne može isticati samo uloga ova dva faktora, koji kontrolišu uransku mineralizaciju u prvom redu. Posle vrlo detaljnog ispitivanja bituminoznih škriljaca Čatanoge — kako se kaže u jednom izveštaju atomske komisije SAD — da bi se utvrdilo sa čime mineralizacija u njima stoji u vezi, pokazalo se da struktura kao takva (mislilo se prvenstveno na orijentaciju glavnih sastojaka — liskunovitih silikata) igra drugostepenu ulogu u koncentraciji urana. Ključ za objašnjenje koncentracije urana u ovom slučaju ležao je u sastavu, i to ne pojedinih komponenti, već u tzv. ukupnom sastavu. O sastavu kao kontroli uranske mineralizacije govoriće se posebno.

Isto tako, pogrešno bi bilo shvatiti da one karakteristične teksture i strukture koje su uslovile mineralizaciju na jednom mestu to moraju činiti i u drugim delovima jedne određene oblasti. Pri istraživanju perspektivnosti jednog područja na uran, ili pri istraživanju jednog terena u kome već ima indikacija ili pojava urana, uporedo sa proučavanjem građe i sastava stena vrše se stoga ispitivanja i ostalih geoloških faktora i geohemijskih uslova.

LITERATURA

1) Barabas A., Kiss J., 1958: La gènese se le caractère pétrographique sedimentaire de l'enrichissement de minerai d'uranium dans le Montagne Mescek, Proc. II Inter. Conf. Gèneve, vol. II.
2) Davidson C., 1959: Further observations on uraniferous conglomerates, Econ. Geol., vol. 54, № 7.
3) Garrels R., 1957: Geochemistry of "Sandstone tape" Uranium deposits, Advances in Engineering 2, New York.
4) Heinrich E., 1958: Mineralogy and Geology of Radioactive Raw Materials, New York.
5) Kerr P., 1955: The natural occurrence of uranium and thorium, Inter. conf. peaceful uses of atomic energy, Geneve.
6) Keys W., Dodd P., 1958: Lithofacies of Continental Sedimentary Rocks Related the Significant Uranium Deposits in the Western United States, Proc. II Inter. Conf. Geneva, vol. II.
7) Lowell J., 1955: Applications of Cross-stratification Studies to Problems of Uranium exploration, Chuska Mountains Arizona, Econ. Geol., vol. 50, № 2.
8) Mc Kelvey, Everhat D., Garrels R., 1955: Origin of Uranium deposits, 50th Anniv. Vol. 1905—1955.
9) Pettijohn J., 1957: Sedimentary Rocks, New York.
10) Карпенко В., 1957: Явления метаморфизма урановых руд, вопросы геологии урана, Москва.
11) Мелков В., Пухалский Л., 1957: Поиски месторождений урана, Москва.

SUMMARY

STRUCTURES AND TEXTURES OF SEDIMENTARY ROCKS AS FACTORS CONTROLLING URANIUM MINERALIZATION

MIRKO PROTIĆ, Mineralogical institute of the University, Beograd

Uranium mineralization in sedimentary rocks is controlled by many factors which sometimes have no apparent connection with these rocks or (often) are closely related to them. In the last case such elements as: structures and textures, mineral composition, lithology, facies of sediments, tectonic elements (fissures etc.), sometimes all of them together, are acting under certain conditions as factors controlling uranium mineralization.

Structures and textures may often be controls of primary importance, capable of making possible further mineralization; but other factors, like mineral composition, organic matter etc., are also necessary in order that mineralization may take place. In this work the effects of various structures and textures are discussed.

Horizontal-bedding and cross-bedding may be sometimes very important controls. In Fig. 1 a cross-section of paleogene clastic sediments from the Pčinja district (Serbia) is shown, with indication of the horizonts of increased radioactivity following the direction of stratification more than 2 kilometers in length. Further, the author discusses the importance of other structures as cross-bedding, ripple marks, current structures, channels, concretions and rolls.

As textural controls of primary importance the author mentions the coarseness of clastic sediments, their sorting and porosity. Many examples in this respect are given. On basis of the Yugoslav practice the author states that tuffs of terciary age are a potencial source of uranium in many districts, while its definitive localization has to be expected in the surrounding sedimentary rocks of favourable structures and textures.

VLADAN SIMIC

Zavod za nuklearne sirovine, Beograd

ISPITIVANJE KONTINUITETA I URANONOSNOSTI TEKTONSKIH ZONA PRIMENOM METODA SPECIFIČNOG ELEKTRIČNOG OTPORA I RADIOAKTIVNE EMANACIJE

Problem određivanja tektonskih zona kao strukturnih elemenata koji kontrolišu uranske mineralizacije jedan je od najvažnijih u prospekciji urana.

Samo određivanje tektonskih zona moguće je geoelektričnim kartiranjem. Pri tome su ove zone redovno bolji provodnici od samih stena. Prema određenim terenskim uslovima bira se najpogodnija metoda geoelektričnog kartiranja.

Utvrđivanje uranonosnosti tektonskih zona moguće je ispitivanjem koncentracije emanacije u vazduhu tla. Pored mogućnosti da se utvrdi uranonosnost, moguće je dati i približnu ocenu rasporeda urana, tipa mineralizacije (U, Th, U i Th), a u posebno povoljnim uslovima moguće je oceniti približno i stepen orudnjenja.

Pored pomenutog, praktična korist se ogleda naročito u tome, što je predloženim metodom ispitivanja moguće veoma sigurno i efikasno planirati istražne radove, tako da se s minimalnim brojem istih dobijaju maksimalni rezultati.

UVOD

U prospekciji metala, a posebno u prospekciji urana, tektonske zone (zone drobljenja i rasedanja, tektonski kontakti različitih stena) igraju veoma važnu ulogu. Prema tome, poseban značaj u prospekciji urana imaju metode određivanja elemenata zaleganja, veličine i moćnosti tektonskih zona.

Direktna ispitivanja (geološka kartiranja i promatranja na terenu) mogu da budu od koristi samo u uslovima dovoljno otkrivenih terena i to samo do izvesnog stepena. Naime, direktnim promatranjem može se konstatovati izvesna tektonska zona na otkrivenim profilima, ali je u većini slučajeva teško izvršiti sigurnu interpretaciju i povezivanje sakupljenih podataka na većoj dužini. Ovo je naročito izraženo u uslovima jače pokrivenosti terena. U cilju dobijanja podataka u takvim i sličnim uslovima o tektonskim zonama, kao i u cilju utvrđivanja kontinuiteta istih (ukoliko je moguće određuje se i pravac pada kao i približna moćnost tektonske zone) i prirode promena uopšte, primenjuju se različite metode ispitivanja. U konkretnom slučaju biće reči o metodi specifičnog električnog otpora (kartiranje) i o metodi radioaktivne emanacije.

Samo određivanje tektonskih zona moguće je izvršiti geoelektričnim kartiranjem (metoda SEO*). U izvesnim slučajevima, ako se radi o blago nagnutim tektonskim zonama, moguće je izvršiti određivanje istih i drugom metodom SEO (geoelektrično sondiranje).

Potreba da se, s jedne strane, utvrdi prisustvo ili odsustvo uranovih minerala unutar tektonske zone, a s druge strane, da se na osnovu metode koja je zasnovana na drugim fizičkim parametrima potvrde ili negiraju rezultati metode SEO, može se zadovoljiti ispitivanjem koncentracije radioaktivne emanacije u tlu (metoda radioaktivne emanacije). Da li se radi o »rudnim zonama« ili ne teško je dati siguran odgovor, i baš u ovom radu su izneti i pokušaji određivanja i rešavanja ovog praktično najvažnijeg zadatka.

Pored pomenutih metoda postoje i druge geofizičke metode koje mogu rešavati te i slične probleme (na primer, geomagnetizam, elektromagnetne metode), ali o njima u ovom radu neće biti reči.

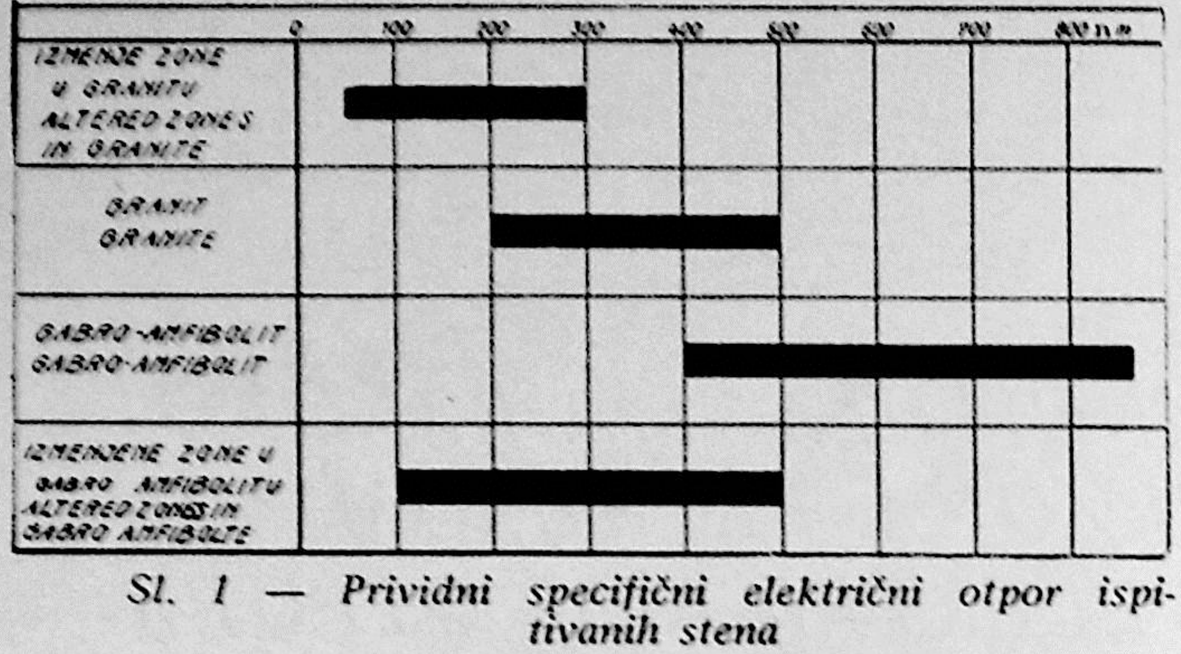
OSNOVI PRIMENE POMENUTIH METODA NA REŠAVANJU POSTAVLJENOG ZADATKA

Ovde se nećemo upuštati u detaljna iznošenja teorije metode SEO (geoelektričnog kartiranja posebno), ali radi kontinuiteta izlaganja moramo ukratko nešto reći kako o metodama, tako i o njihovoj međusobnoj vezi u problemu o kome se radi. To je pogotovo potrebno s obzirom da se radi o prvoj primeni ovih metoda u našoj zemlji na rešavanju postavljenog problema.

Ako imamo jednu homogenu sredinu, na primer granitski masiv, unutar koga pretpostavljamo postojanje tektonskih zona manje ili više

*) Specifični električni otpor.





Sl. 1 — Prividni specifični električni otpor ispitivanih stena

Fig. 1 — Apparent specific electrical resistivity of explored rock formations

zdrobljenih i mineralizovanih, onda možemo tvrditi da se specifični električni otpor u samoj zoni razlikuje od specifičnog električnog otpora granita. Praktično, mogu se tektonske zone unapred očekivati kao zone dobre električne provodljivosti u odnosu na stene u kojima zaležu, jer upravo tu imamo koncentraciju pukotina i puteva za slobodan prolaz podzemne vode. Ako uzmemo u obzir još i mogućnosti mineralizacije (naročito sulfidna), onda pogotovu možemo očekivati visoku električnu provodljivost, tj. nizak prividni specifični električni otpor. U prilog ovome govori i činjenica, da je pirit skoro redovan pratilac uranonosnih tektonskih zona.

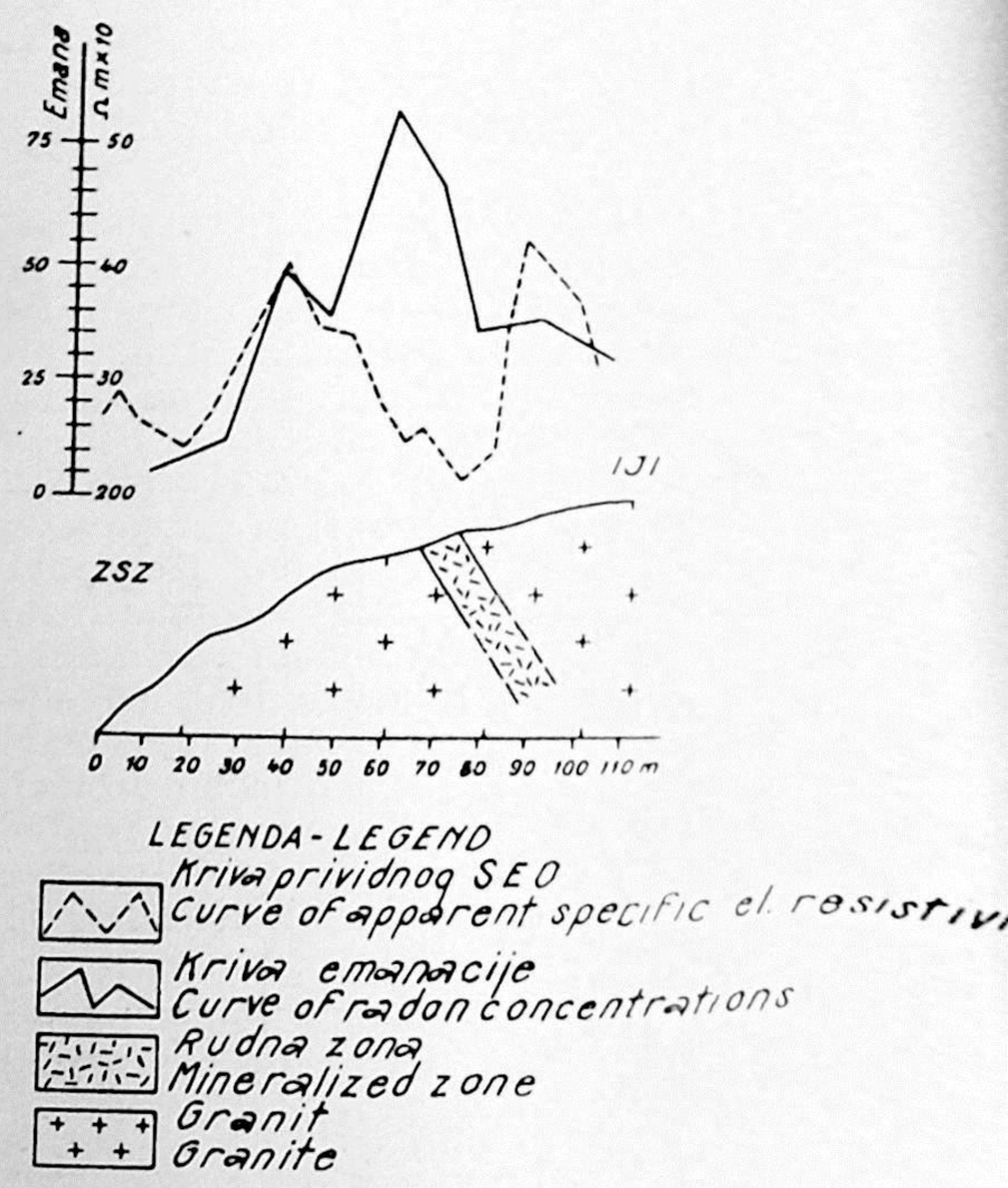
Podaci o prividnom SEO pojedinih geoloških formacija praktično se najlakše dobijaju geoelektričnim sondiranjem ili kartiranjem (merenja prividnog SEO sa stalnom dubinom prodiranja i sa menjanjem iste), na delovima terena koji su sigurno izgrađeni samo od one vrste stene čiji se SEO meri. Baš zbog već pomenutih uzroka (nehomogenost u vertikalnom i horizontalnom smislu), dobijena vrednost za SEO ne može biti tačna veličina, već se obično određuje u granicama variranja za svaku vrstu stene. Na sl. 1 dati su rezultati ispitivanja geoelektričnih konstanti stena na Staroj planini.

Iz ovoga sledi da je za konačnu interpretaciju rezultata ispitivanja potrebno imati određene geološke podatke (geološka karta, tektonski elementi uopšte i dr.). Ako se raspolaže ovim podacima onda se radovi mogu izvoditi na način koji obezbeđuje maksimalnu efektivnost primenjenih metoda (princip ispitivanja po pravcu najvećih promena fizičkih konstanti).

Najpogodniji metod geoelektričnog kartiranja, ujedno i često primenjivan, jeste četvoroelektrodni sistem sa simetričnim rasporedom elektroda. Pogodno izabran sistem se kreće duž profila s pomeranjem koje je funkcija širine očekivane tektonske zone. Veličina pomeranja sistema ne bi smela da bude veća od širine ispitivane tektonske zone. Rastojanje između susednih elektroda, pri kome se dobijaju najjasnije indikacije ispitivane zone, određuje se eksperimentalno na samom terenu. Istražni profili treba da budu upravni na ispitivanu tektonsku zonu, a tačke duž profila na istoj apsolutnoj visini. Ova dva uslova su u praksi retko potpuno zadovoljena i obično se traži kompromisno rešenje. Uticaj reljefa na rezultate merenja se mora uzeti u obzir, jer se sračunavanje prividnog SEO vrši za poluprostor, što važi samo za potpuno ravan teren. Pored ispitivanja prividnog SEO duž profila upravnih na očekivanu tektonsku zonu potrebno je vršiti i ispitivanja na jednom ili više profila duž zone, ili, tačnije, upravno na profile, kojim bi se moglo izvršiti povezivanje svih podataka i svođenje na zajednički nivo. Tako izvršena ispitivanja omogućuju da se — uz poznavanje geoloških uslova — jasno i jednoznačno rezultati interpretiraju.

Do sada je bilo reči samo o mogućnostima otkrivanja tektonskih zona i načinu rada. Naredno pitanje koje se postavlja pred istraživača je da li je ta zona uranonosna i u kojoj meri? Ovo pitanje je praktično najvažnije. Na prvi deo pitanja moguće je s velikom sigurnošću odgovoriti ispitivanjem istog terena metodom radioaktivne emanacije, što se vidi na sl. 2. Drugi deo pitanja ako je uranonosna, u kojoj je meri orudnjena — ostaje bez odgovora, izuzev u izvesnim slučajevima kada se radi o već otkrivenim tektonskim zonama, koje su istražene rudarskim radovima i oprobovane, pa se analogijom mogu izvesti zaključci.

Radioaktivna emanacija stvorena spontanim raspadanjem kreće se i ispunjava pore i pukotine u stenama, a jedan deo koji dođe do određene visine (difuziona dubina) meša se s atmosferskim vazduhom i odlazi u atmosferu. Naročito povoljni putevi radioaktivnih emanacija upravo su tektonske zone i jako porozne suve stene. Pošto od radioaktivnih emanacija najduži poluživot T ima radon (3,825 dana), to je jasno da on može na dalje i prodreti od mesta stvaranja. Praktična ta dubina retko prelazi 12 m, što znači da je i dubinski zahvat ove metode ovog reda, te u izuzetnim slučajevima radon može biti transportovan i nekoliko desetina metara naviše (slobodni i su putevi, termički stubovi i sl.).



Sl. 2

Fig

Ukoliko je sadržaj urana u stenama veći, utoliko će biti veća i koncentracija radona u tlu (naravno, određenu ulogu igra i oblik u kome se uran nalazi u steni). Prema J. P. Bulaščeviču (1958), najveća stabilnost koncentracije radona je na dubini od 0,6—1 m. Iz tog razloga se vrše uzimanja i merenja uzoraka vazduha baš sa te dubine. Pored sadržaja urana, na veličinu koncentracije radona utiču i vlažnost stena, koeficijent emaniranja (to je odnos između količine emanacije u porama proizvoljne zapremine stene i ukupne količine emanacije u zrnima i porama iste zapremine), gustina stena i poroznost. Naročito negativan momenat je provlaženost, koja ponekad može onemogućiti primenu metode.

Da bi se određene koncentracije radona mogle smatrati anomalijskim, potrebno je znati »normalno polje« (koncentracija radona usled normalnog sadržaja urana u stenama). Određivanje ovih konstanti obično se vrši na delovima terena gde smo sigurni da nema povećanog sadržaja urana ili torijuma. Na taj način dobijamo nivo od koga polazimo pri interpretaciji. Pored određivanja koncentracije ukupne emanacije (neposredno čitanje) određuje se i količina emanacije koja pripada samo radonu odnosno toronu (trominutno čitanje). U cilju utvrđivanja prirode (vrste anomalije) potrebno je izvršiti određivanje gradijenta promene koncentracije emanacije s dubinom. Vrlo često je moguće samo na osnovu gradijenta promene utvrditi o kakvoj se anomaliji radi. Anomalije prouzrokovane mineralizacijom pokazuju izrazit porast koncentracije emanacije s dubinom. Gradijent je pozitivan i približno stalan. Anomalije »bez korena« (rasipi, oreoli), obično pokazuju promenljiv sadržaj koncentracije emanacije s dubinom. Gradijent menja znak i nije stalan.

U prirodi su moguće i kombinacije pomenutih tipova emanacionih anomalija, pri čemu se problem komplikuje. Iz tih razloga, kao i zbog ekonomičnosti rada, predložena je u poslednje vreme (J. P. Bulaščevič, 1958) gama emanaciona metoda određivanja tipa anomalije, koja se zasniva na sračunavanju relativnog koeficijenta emanacije za svaku vrstu emanacije posebno (radon, toron) i na merenju gama radioaktivnosti. Veza između ovih veličina postoji na osnovu činjenice da je praktično ukupna količina gama zračenja uranovog niza posledica stvaranja produkata raspadanja radona (RaA, RaB, RaC, RaC' RaC''). To isto važi i za torijumov niz, pošto je MsTh vrlo kratkog poluživota. Posle analize ovih faktora dobijena je sledeća klasifikacija emanacionih anomalija na osnovu vrednosti relativnog koeficijenta emaniranja:

$$\frac{\alpha_{Rn}}{\eta} < 1;\ 5 > \frac{\alpha_{Rn}}{\eta} > 1;\ 5 < \frac{\alpha_{Rn}}{\eta} < 20$$

gde je: α_{Rn} — koeficijent emaniranja po R_n
η — poroznost stena.

Najvažnija grupa anomalija praktično je prva grupa (relativni koeficijent emaniranja manji od 1). Ovakav odnos se formira samo ako su u pitanju mineralizacije. Druge dve grupe nastaju ili usled visokog koeficijenta emaniranja, ili usled posebno povoljnih uslova transporta i nakupljanja radona. Ove dve vrste anomalija mogu naročito korisno da posluže pri geološkom kartiranju. Iz ovoga sledi, da se na osnovu metode radioaktivne emanacije može odgovoriti dovoljno pouzdano na pitanje da li je tektonska zona koju ispitujemo uranonosna ili ne.

S obzirom na podatke koji se mogu dobiti predloženom kombinacijom metoda, korisnost same primene u najvećoj meri zavisi od mogućnosti primene i terenskih uslova. Pored toga, efektivnost ovih metoda je vrlo velika, tako da je njihova primena i u ekonomskom pogledu sasvim opravdana. Međutim, pitanje mogućnosti primene je u direktnoj vezi s terenskim uslovima (priroda reljefa, opšta provlaženost, nepovoljni odnosi električnih konstanti, slabi kontakti i dr.).

Pošto predložene metode imaju različite fizičke osnove, a dobijaju se rezultati o istom istražnom objektu, to možemo kombinovanjem istih u velikom broju slučajeva dobiti jasna tumačenja dimenzija, delimično elemenata zaleganja i sastava tektonske zone.

PRIMER PRIMENE PREDLOŽENOG SISTEMA ISPITIVANJA

U oblasti Janjske granitske gromade (Stara planina) u periodu od 1950—1957. godine vršena su prospekciona ispitivanja na uran, koja su dala određene rezultate. Ovi rezultati mogu se, kratko rečeno, svesti na sledeće: unutar granitskog masiva, na kontaktu s okolnim stenama i delimično u njima, javljaju se tektonske zone manjih ili većih razmera, jače ili slabije mineralizovane uranom. Iako su mišljenja o načinu postanka podeljena, moguće je tvrditi da je određeni deo uranskih mineralizacija hidrotermalnog karaktera. Najčešće su to zdrobljene zone u granitu, manje ili više kaolinisane i orudnjene kako uranom, tako i sulfidima Fe i Pb. Vrlo čest pratilac kvarca je obično jako trošan.

U toku 1957. godine otkriveni su izdanci tektonskih zona u potocima Mrkonj do i Bel kamen u ataru sela Gabrovnice. Oba potoka u kojima su otkriveni izdanci teku u pravcu I — Z i seku zone pod oštrim uglom. Problem istraživanja ovih zona bio je neophodan. Trebalo je odgovoriti na sledeća pitanja:

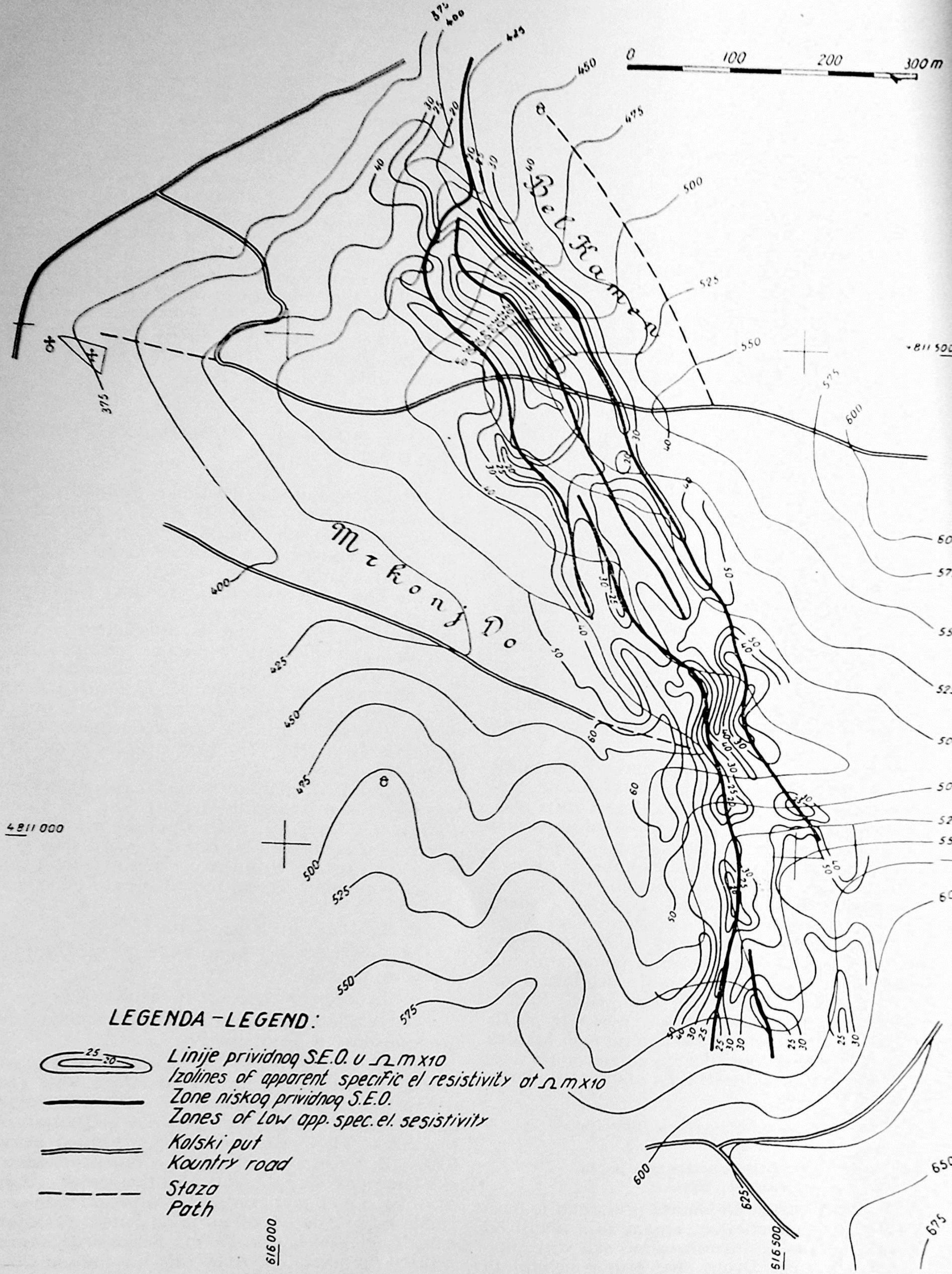
1) da li se radi o istoj zoni?

2) da li postoji i kontinuitet po pružanju ili dolazi do prekida?

3) da li su to zone većih razmera? i

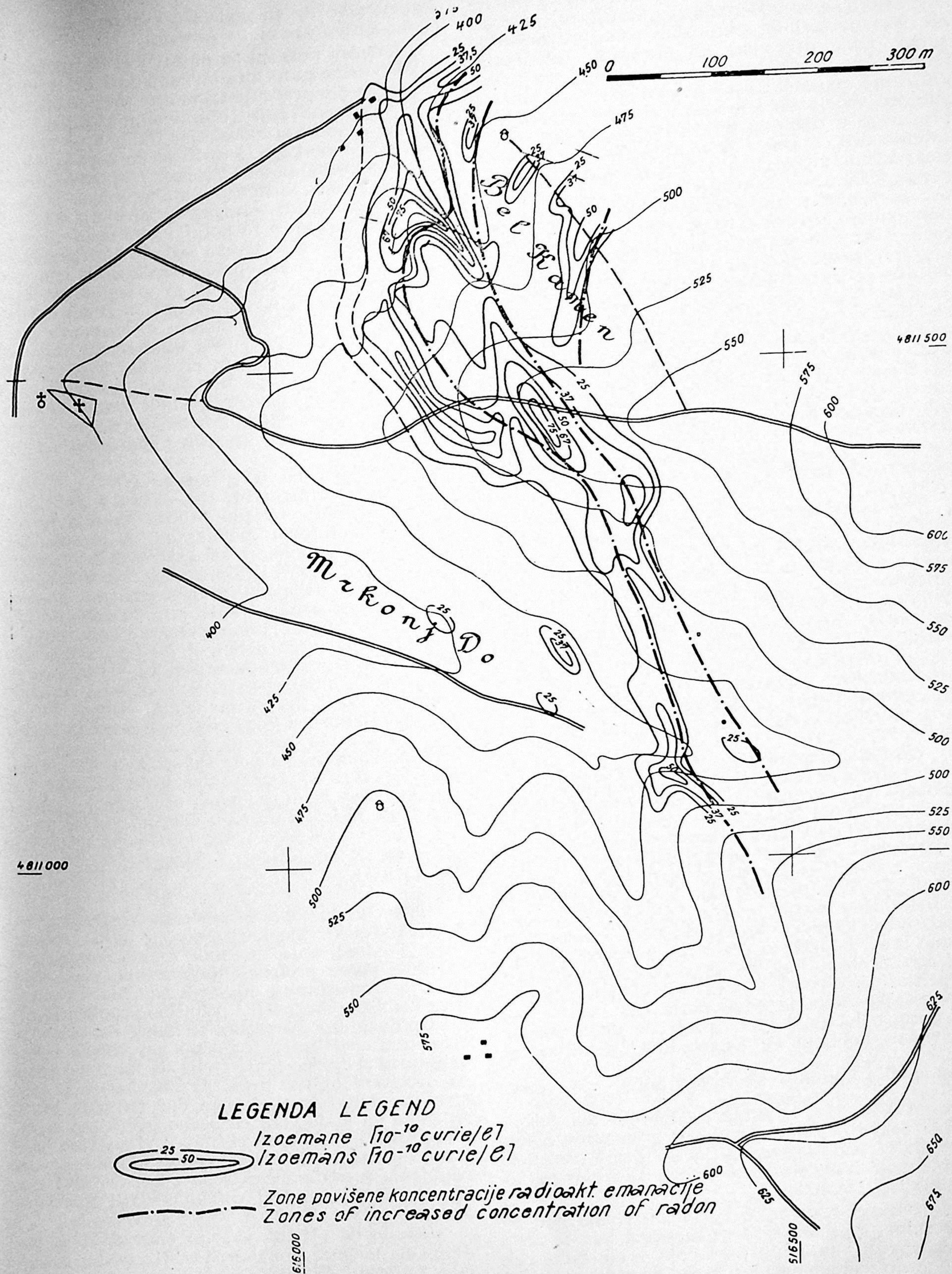
4) da li je tektonska zona (ili tektonske zone) uranonosna i u kojoj meri?

Da bi se odgovorilo na gornja pitanja pristupilo se ispitivanjima terena metodom SEO (kartiranje), a zatim i metodom radioaktivne emanacije. Pošto je radna pretpostavka pružanja zone bila SZ — JI, to su profili orijentisani u pravcu SI — JZ. Na osnovu podataka o moćnosti tektonske zone (na već pomenutim otkrivenim izdancima oko 5 m) pomeranje četvoroelektrodnog sistema po profilu određeno je na 5 m, a rastojanje između elektroda na 20 m. Rastojanje između profila po pružanju zone bilo je takođe 20 m. Dobijena karta izolinija prividnog SEO, prikazana na sl. 3, potvrdila je pretpostavku o kontinuitetu tektonske zone i ujedno potvrdno odgovorila i na pitanja pod 1) i 2).



Sl. 3 — Karta izolinija prividnog SEO Mrkonj do — Bel kamen

Fig. 3 — Map of izolines of apparent specif electrical resistivity — Mrkonj Do — Bel Kame



Sl. 4 — Karta izoemana Mrkonj do — Bel kamen

Fing. 4 — Map of lines of Equal concentrations of radon Mrkonj Do — Bel Kamen

Pored toga, udvajanje kontura niskog prividnog SEO (ispod 200 ohmm) ukazuje na postojanje više paralelnih tektonskih zona, od kojih je samo jedna otkrivena na poznatim izdancima. Osim toga, pada u oči i druga činjenica, da je određivanje tektonske zone daleko jasnije u domenu gde ova seče zonu kontakta gabro — granit i gabro, nego u domenu gde zaleže u granitu. Objašnjenje ove činjenice je u tome, što je razlika u električnim svojstvima u oblasti granita manja nego u delu terena izgrađenom od gabra. Naravno, ovo se odnosi na dubinski zahvat koji smo postigli rastojanjem predajnih elektroda od 60 m. Pored toga, u SZ delu terena, gde tektonska zona zaleže u granit, građa okolnog terena je komplikovanija (blizina gabro-amfibolita tektonskoj zoni), što prouzrokuje veću nehomogenost u električnom smislu. Složen oblik konture koja izdvaja zonu niskog prividnog SEO prema SI ukazuje na blaži padni ugao u ovom delu i, uopšte, da zona pada u pravcu SI. Sve zone prividnog SEO ispod 300 ohmm praktično odgovaraju tektonskim zonama drobljenja, bilo da su u granitu ili gabro-amfibolitu. Delovi terena s prividnim SEO i do 500 ohmm odgovaraju slabom ili uopšte neizmenjenom materijalu. Gabro pokazuje daleko viši prividni SEO (i do 1000 ohmm).

Na poslednje pitanje: da li je tektonska zona uranonosna? — mogao se dobiti odgovor ispitivanjem koncentracije emanacije u tlu. Ova ispitivanja su vršena uglavnom po istim profilima po kojima je rađen i SEO. Merenja duž profila su vršena na 10, 5 ili 2 m u zavisnosti od koncentracije emanacije. Posebno je povećavana gustina ispitivanja u tektonskim zonama već indiciranim metodom prividnog specifičnog električnog otpora. Utvrđivanjem normalne koncentracije emanacije za ispitivane stene omogućeno je izdvajanje zona s anomalijskim koncentracijama emanacije, što se vidi na sl. 4.

Trominutnim očitavanjem utvrđeno je da se radi praktično samo o radonu (90% radon), što ukazuje na sopstvenu uransku mineralizaciju. Ponovljenim merenjima u raskopima i produbljavanjem istih utvrđeno je povećanje koncentracije emanacije s dubinom (gradijent porasta je pozitivan i stalan). Kako nismo imali brojače kojima se može izvršiti diskriminacija gama zračenja Th i U to nismo mogli direktno izvršiti sračunavanje relativnog koeficijenta emaniranja. Pored toga, nismo imali podatke o gama radioaktivnosti za određeni procentni sadržaj koji daju upotrebljavani merni instrumenti. Približna sračunavanja relativnog koeficijenta emaniranja (na osnovu prosečnog sadržaja U i Th i prosečne gama radioaktivnosti dobijeni su odgovarajući rezultati) za anomalije unutar zona niskog SEO $\frac{\alpha_{R^n}}{\eta}$ kreće se od 0,73—0,95, za ostale od 1,6—9,0. Svi ovi podaci nedvosmisleno ukazuju na uranonosnost tektonskih zona. Proveravanje dobijenih rezultata vršeno je istražnim raskopima, istražnim potkopima i bušenjem.

Istražni raskopi su uglavnom postavljeni po mernim profilima i to na mestima gde se zone niskog SEO potpuno poklapaju s anomalijskim koncentracijama emanacije. Svi postavljeni raskopi dali su pozitivne rezultate. Mora se naglasiti da su izdanci otkriveni raskopima često jako razoreni, tako da su podaci o kvalitetu dobijeni oprobovanjem izdanaka nerealni.

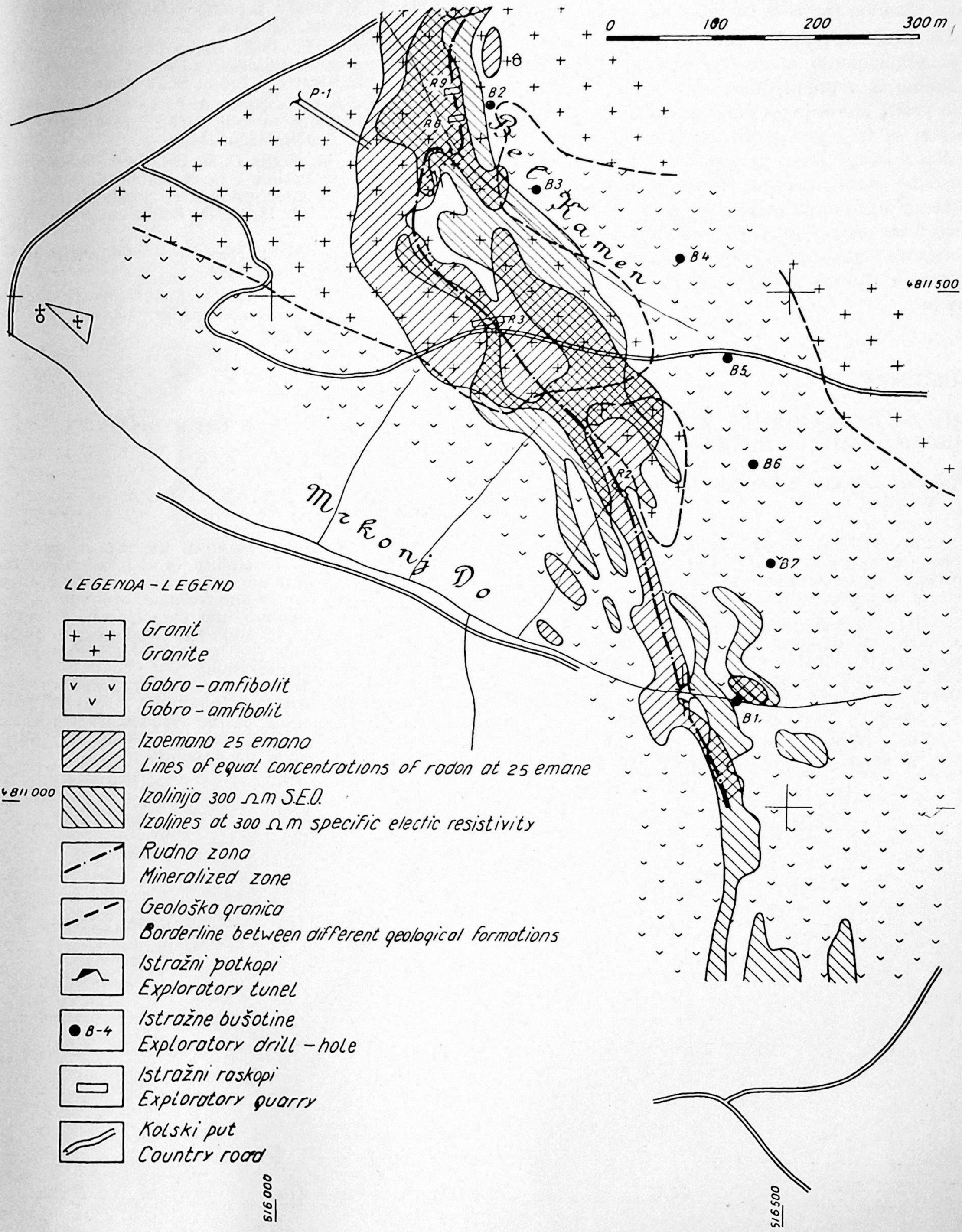
Istražni potkopi su postavljeni na otkrivenim izdancima u potocima Mrkonj do i Bel kamen i cilj im je bio praćenje tektonske zone po pružanju u cilju oprobovanja (utvrđivanje kvaliteta) i sigurnih elemenata zaleganja. Ukupno je urađeno oko 150 m potkopa, i to 50 m potkopa u Bel kamenu i oko 100 m na JZ izdanku u potoku Mrkonj do. Na osnovu ovih rezultata utvrđeno je da se radi o tektonskoj zoni pravca pružanja SZ — JI (320°) sa padom u SI polje. Padni ugao varira od 40—80°. U SZ delu terena zona je blažeg pada nego u JI delu. Otkrivena tektonska zona ima moćnost koja varira od 2—10 m a izgrađena je od kvarca (većinom jako trošnog), dijabaza (obično jako uškriljenog na kontaktu s kvarcom i hloritisanog), sulfida Pb i Fe i neodređenih minerala urana, koji su uglavnom grupisani u hloritskom delu zone. Pored toga, u izgradnji tektonske zone vidnu ulogu igra jako raspadnut granit. Moćnost uranonosnih »hloritskih žica« obično ne prelazi 1 m, dok se sadržaj urana u njima kreće od 0,02 do 0,2%.

Sledeća etapa u istragama bilo je bušenje istražnih bušotina (B-1, B-2, B-3, B-4, B-5, B-6 i B-7). Rastojanje između profila bušenja je oko 100 m. Bušotine su imale za cilj da preseku tektonske zone na nivoima 400.00 i 370.00 m apsolutne visine. U toku 1957. i 1958. godine izvedena su ova bušenja. Na čitavoj dužini nabušene su tektonske zone s uranonosnim »hloritskim žicama« na oba predviđena nivoa. Pored tektonske zone koja je praćena potkopima nabušene su i paralelne uranonosne zone u povlatnom granitu. Na osnovu rezultata istražnih potkopa u Bel kamenu i istražnih bušotina B-2 i B-3 postavljen je potkop P-1 na nivou 375.00 m (sl. 5), kojim je presečena uranonosna tektonska zona na predviđenoj dužini. Iz ovog potkopa uranonosne »hloritske žice« su praćene u pravcu SZ i JI na dužini od nekoliko stotina metara i ovim radovima utvrđeno je izvesno povećanje sadržaja urana u odnosu na više nivoe.

ZAKLJUČAK

Primena metode specifičnog električnog otpora (geo-električno kartiranje) u cilju pronalaženja i određivanja rasednih zona je moguća i uspešna. Pored pronalaženja rasednih zona, moguće je i određivanje njihovih veličina, kontinuiteta približne moćnosti i približnog pravca pada. Pri ispitivanjima primenom metode SEO mora se uzimati u obzir uticaj reljefa i površinske nehomogenosti. Istražne linije treba da budu upravne na očekivani pravac pružanja rasedne zone. Pomeranje elektrodnog sistema duž istražne linije ne treba da bude veće od širine ispitivane zone. Najpovoljniji raspored elektroda kod ovakvih ispitivanja je raspored Schlumberger. Sa povećanjem rastojanja predajnih elektroda povećava se i dubinski zahvat, a uticaj nehomogenosti površine opada.

Ispitivanjem koncentracije emanacije u vazduhu tla moguće je kako odrediti rasedne zone, tako i utvrditi da li su ove mineralizovane radioaktivnim mineralima ili ne. Emanacionim is
vanjima moguće je odrediti i vrstu mineral



Sl. 5 — Uporedna karta zona niskog prividnog SEO povišene koncentracije emanacije Mrkonj do — Bel kamen

Fig. 5 — Comparative map of zones of low apparent spec. el. res. and increased radon concentrations — Mrkonj Do — Bel Kamen

(U, Th ili U i Th) trominutnom ekspozicijom. Pri emanacionim ispitivanjima dubina uzimanja uzoraka vazduha treba da bude stalna i približno jednaka difuzionoj dužini radona. U cilju klasifikacije emanacionih anomalija potrebno je u svim tačkama sa anomalijskom koncentracijom emanacije vršiti merenja gama radioaktivnosti na istoj dubini sa koje je uzorak vazduha uzet, kao i odrediti gustinu stena u kojima se vrše merenja. Posebno dobri rezultati primenom predloženog sistema ispitivanja mogu se dobiti istraživanjem delimično već poznatih i istraženih tektonskih uranonosnih zona u cilju najefikasnijeg usmeravanja istražnih radova i otkrivanja perspektivnih područja.

LITERATURA

1) Bloh I. M., 1957: Dipolnoe elektroprofilirovanie, Gosgeoltehizdat. Moskva.
2) Bulaščevič J. P., 1958: Gama emanacionij metod ocenki anomalij radioaktivnosti. A/Conf. 15/P/2245: str.: 7 i 8. Referat u fondu SGZ. Beograd.
3) Gramakov A. G., Nikonov A. P., Tafejev G. P., 1957: Radiometričeskie metodi poiski i razvedki uranovih rud. Gosgeoltehizdat. Moskva.
4) Gangloff A. M., Collin C. R., Grimbert A., Sanselme H, 1958: Application à la recherche de l'uranium des methodes géophysiques et geochemiques. Referat br. A/Conf. 15/P/1244. Referat u fondu SGZ — Beograd.
5) Heilend C. A., 1951: Geophisical exploration M. C. Graw and Mill. New York.
6) Melkov V. G., Puhaljskij L. I., 1957: Poiski mestorožđenij urana. Gosgeoltehizdat. Moskva.

SUMMARY

THE INVESTIGATION OF URANIFEROUS TEKTONIC ZONES BY MEANS OF THE RESISTIVITY METHOD AND THE METHOD OF RADIOACTIVE EMANATION

VLADAN SIMIĆ, Institute for nuclear raw materials, Beograd

The problem of the determination of tectonic zones as structural elements which control the uranium mineralizations is one of the most important in the prospection for uranium.

The determination of tectonic zones is possible by itself, by mapping based on the measurement of the electrical resistivity. As a rule, these zones show a better electrical conductivity than the surrounding rocks. Depending on particular field conditions the best method for such mapping should be selected.

The determination of the uranium mineralization of tectonic zones is possible by measurement of the radon concentration in the air of the soil. Together with the possibility of determinating the presence of a uranium mineralization, it is also possible to obtain an approximate estimate of the distribution of uranium, the caracter of the mineralization (U, Th, U and Th) and in specificaly favorable conditions, an approximate estimate of the degree of mineralization.

A further advantage of the proposed method consists of the fact that it permits a very efficient and reliable planning of the exploratory works, so in this way with a minimum number of such works maximum date could be obtained.