

STANKO MIHOLIĆ:

KEMIJSKA ANALIZA TERMALNOG VRELA U FOJNICI

E. v. MOJSISOVICS (18) bio je među prvima, koji su istaknuli da »bosansko rudogorje«, kako se onda nazivao gorski predjel zapadno i sjeverozapadno od Sarajeva, izgrađeno u glavnom iz paleozoika, presijeca jedna rasjelina, duž koje su na jugozapadu potonule starije naslage, a koja je obilježena nizom mineralnih i termalnih vrela (Ilidža kod Sarajeva, Blažuj, Kiseljak, Bjelalovac, Fojnica, Klokoti, Busovača).

To područje, koje se prostire između Jajca, Busovače, Tarčina i Gornjeg Vakufa, izgrađeno je po F. KATZER-u (10) iz paleozoika i to u prvom redu iz karbona i perma, manjim dijelom možda iz starijeg paleozoika. Od karbonskih glinenih škriljavaca ističu se naročito sivi do crni bituminozni škriljavci u okolici Fojnice. Oni su relativno tvrdi, debelo uslojeni i uklopljeni u jače metamorfozirane filite. Sve ove sedimente probili su na više mjesta kremen i porfiri i pokrili ih na prostranoj površini, naročito u okolici Kreševa, Kiseljaka i Fojnice. Ti su porfiri kasnije mjestimice razdrobljeni i metamorfozirani. Područje sijeku dvije rasjeline: busovačka rasjelina, na kojoj se nalazi niz mineralnih i termalnih vrela i koja je nastala početkom kvartara i starija voljevačka rasjelina, nastala u tercijaru, a koje obje imaju u glavnom NW—SE smjer, ali nisu paralelne, već konvergiraju prema jugoistoku.

Autor je još g. 1937. utvrdio (14), da termalna voda u Ilidži kod Sarajeva od teških metala sadrži u glavnom kositar, dok je I. JURKOVIĆ (13) kod mjesta Klisca južno od Fojnice nedavno našao kasiterit na primarnom ležištu. Sve to upućuje na variscičku metalizaciju (15), pa bi prema tome busovačka rasjelina i njeni ogranci bila znatno starija, što dakako ne isključuje njene kasnije reaktivacije. To bi bilo u skladu sa mišljenjem F. KATZER-a (9), koji stavlja erupcije kremenog porfira u gornji karbon ili perm, dok A. POLIĆ (21) smatra, da su erupcije nastupile vjerojatno u permu.

V. MIKINČIĆ (17) u svojoj geološkoj karti Jugoslavije označuje navedeno područje također kao paleozoik bez pobleže oznake.

A. PILGER (20) međutim smanjuje površinu, koju zapremaju paleozojski slojevi na manje od jedne trećine, ali ostavlja Fojnicu u području paleozoika i smatra filite i škriljavce karbonskima. Sve ostalo stavlja u trijas.

Fojnička terma izvire iz tamnih karbonskih škriljavaca, kroz koje je prodro kremen i porfir, kasnije tektonskim pokretima razdrobljen, koji

danas služi kao vodonosni teren, kojim se vadozna termalna voda opet diže na površinu. Prema iskustvu stečenom u drugim područjima (16) moglo se očekivati, da će voda fojničke terme pokazivati znatan radioaktivitet. Provedena istraživanja to su u punoj mjeri i potvrdila.

Fojničko termalno vrelo leži na $43^{\circ} 58' 18''$ sjev. širine i $17^{\circ} 54' 1''$ ist. dužine od Greenwich-a (isporedi specijalnu kartu 1 : 75.000 br. 6460) na 620 m nadmorske visine.

Sjeverno od mjesta Fojnica nalazi se na obronku brda oko 40 m iznad doline Fojničke rijeke prostrana (oko 20 hektara) terasa izgrađena iz vapnene sedre mjestimice debele do 30 m. Od jedne rasjeline, koja ide smjerom NNE—SSW i iz koje očito izvire termalna voda, širi se terasa prema istoku sve do Banjskog potoka, koji ju zaobilazi sa sjeveroistoka i istoka. Na gornjem dijelu nalazi se selo Banja, a nešto niže sadanje lječilište. Postoji niz vrela: 1) *Vrelo starog kupališta*. Kad sam 18. kolovoza 1954. bio na vrelu, našao sam slijedeće stanje: Vrelo izvire u uvali, koju ispunjuje prirodan basen. Iz basena se na više mjesta dižu mjehurići plinova, dok sa strane obronka očito pritiče površinska voda. Basen je zatim ispušten, površinska voda odvedena kanalom, a na mjestu, gdje su se najjače javljali mjehurići plinova, izgrađen je provizorni okrugli basen, promjera oko 50 cm, iz kojeg je onda uzeta voda za određivanje radioaktiviteta. Iza toga prišlo se otkriivanju terena. Radovi su završeni 20. kolovoza 1954. Prigodom otkapanja nađeni su ostaci starog kupališta iz drva. Voda ističe iz zemljane cijevi u udubini obronka. 2) *Vrelo u spilji*. Kroz usku pukotinu u sedri silazi se u spilju, u kojoj se nalazi basen napunjen vodom duljine 5 m (u smjeru N—S), a širine 2 m. Termalna voda pritiče u basen sa sjeverne strane. 3) *Kaptaža kod sela Banja*. Pod selom Banja izvire vrelo kaptirano u betonu kao četverouglast bunar širine 60 cm, duljine 100 cm, a dubine 60 cm. Bunar je zamuljen, a iz njega vodi se voda jednom cijevi preko sabirnog rezervoara u kupalište. Kapacitet vrela je 0.5 l/sek. 4) *Kaptaža na obali Banjskog potoka*. Na istočnom rubu terase od sedre na desnoj obali Banjskog potoka u visini od ca 1 m nad koritom potoka nalazi se izvor kaptiran u betonu, ali tako, da je izvor nepristupačan. Iz kaptaze vodi se voda željeznom cijevi u sabirni rezervoar, iz kojeg je uzet uzorak za analizu. U taj rezervoar posebnom cijevi ulazi i voda iz kaptaze kod sela Banja. Kapacitet vode iznosi 1.5 l/sek. 5) *Memino vrelo*. Vrelo se nalazi ispod terase od sedre, pa je nekoć služilo za snabdijevanje Meminog kupališta, koje se nalazilo u samom mjestu Fojnica. Vrelo je kaptirano u betonu u obliku četverouglasta bunara širine 90 cm, duljine 90 cm i dubine 65 cm. Nivo vode je 40 cm ispod terena. U basen teče voda kroz keramičku cijev u količini od 0.7 l/sek.

Vrelo starog kupališta i Memino vrelo nalaze se na rasjelinu, ostala tri su u terasi od sedre i to Vrelo u spilji najbliže rasjelinu, a Kaptaža na obali Banjskog potoka najdalje.

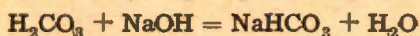
Slobodni ugljikov dioksid i radioaktivitet određeni su na samom vrelu, a ostale sastojine termalne vode u laboratoriju Balneološko-klimatološkog instituta u Zagrebu.

Određivanje slobodnog ugljikovog dioksida. Donedavno određivali smo slobodni ugljikov dioksid u mineralnim vodama tako, da smo u labo-

ratoriju u tikvice iz jenskog stakla od 150 ccm stavljali po 2 g svježeg žarenog kalcijevog oksida i 2 g kristalizovanog kalcijevog klorida, tikvice začepili gumenim čepom i odvagnuli. Na terenu zamijenili smo na izv-oru gumenu čep dvostruko probušeni čepom, kroz koji su prolazile dvije staklene cijevi, jedna dugačka 50 cm, a druga 8 cm, ali tako, da su na donjoj strani čepa obje cijevi virile iz čepa za 3 cm. Palcem je zatvorena kraća cijev, a tikvica zaronjena oko 30 cm duboko u mineralnu vodu. Pod vodom podignut je palac i tikvica se polako napunila mineralnom vodom. Tad je kraća cijev ponovno začepljena, tikvica izvučena i zatvorena gumenim čepom. U laboratoriju tikvica je ostavljena nekoliko dana uz često mućkanje, da nastali talog kalcijeva karbonata postane kristaliničan. Tad je tikvica ponovno odvagnuta. Razlika prvog i drugog vaganja dala je težinu mineralne vode. Tikvica je zatim otvorena, voda filtrirana kroz filter od papira, koji je zatim stavljen u tikvicu. Pomoću razrijeđene solne kiseline rastvoren je sad kalcijev karbonat, a oslobođeni ugljikov dioksid apsorbiran u U-cijevi napunjenoj natronovim vapnom. Porast težine te cijevi dao nam je težinu ukupnog ugljikovog dioksida. Ako se od te količine odbije količina hidrokarbonatnog ugljikovog dioksida izračunatog iz kemijske analize, dobiva se količina u vodi otopljenog slobodnog ugljikovog dioksida.

Mjesto kalcijevog oksida uzimlje O. GÜBEL-LITSCHER (6) 10 ccm normalne natrijeve lužine, ugljikov dioksid oslobađa razrijeđenom sum-pornom kiselinom i vodi ga u određenu količinu $\frac{1}{2}$ n natrijeve lužine, koja se zatim razrijedi, doda joj se barijeva klorida i titrira sa $\frac{1}{10}$ n solnom kiselinom uz fenolftalein kao indikator.

Ova se metoda pokazala međutim u praksi neprikladnom, naročito kod dužih ekskurzija, kad je trebalo odrediti slobodan ugljikov dioksid u velikom broju mineralnih voda. Počelo se stoga direktnim određivanjem slobodnog ugljikovog dioksida po DIETL-u. Princip je toga određivanja, da se mineralnoj vodi doda $\frac{1}{10}$ n natrijeve lužine, koja sa slobodnim ugljikovim dioksidom reagira po formuli



Nepotrošeni natrijev hidroksid titrira se $\frac{1}{10}$ n solnom kiselinom. Kako otopina natrijeva hidrokarbonata ima $\text{pH} = 8.35$, mora se kod titracije upotrebiti indikator, koji daje prelaz kod većeg pH (fenolftalein, timolno modrilo). Mjesto jednostavnog indikatora F. HÖLZL (7) upotrebljava smjesu od 6 dijelova timolnog modrila i 1 dijela krezolnog crvenila, koju je već prije S. G. SIMPSON (23) preporučio za titraciju hidrokarbonata.

Sam postupak je slijedeći: U tikvicu od 250 ccm stavi se 50 ccm $\frac{1}{10}$ n natrijeve lužine i 5 ccm molarne otopine kalijeva-natrijeva tartarata (da se spriječi ispadanje kalcijeva i magnezijeva karbonata), a zatim oprezno 50 ccm mineralne vode direktno iz vrela. Nepotrošena lužina titrira se zatim sa $\frac{1}{10}$ n solnom kiselinom uz fenolftalein kao indikator. Razlika (ccm $\frac{1}{10}$ n NaOH — ccm $\frac{1}{10}$ n HCl) pomnožena sa 4.4 daje količinu u vodi sadržanog slobodnog ugljikovog dioksida.

Određivanje radioaktiviteta. Radioaktivitet mineralnih voda potječe u glavnom od plinovitog radona, koji je u njima otopljen, te od nepo-

srednjih čvrstih produkata njegovog radioaktivnog raspadanja (radij A, radij B i radij C). Radon, radij A i radij C su α -emisori, dok je radij B β -emisor. Određivanje radioaktiviteta u mineralnim vodama svodi se redovito na mjerenja α -emisije. U tu svrhu imademo danas na raspolaganje dvije metode.

Najstarija, najtočnija i danas najviše upotrebljavana je metoda pomoću jonizacijske komore. Osniva se na mjerenju električne provodljivosti zraka, koji se nalazi u jednom zatvorenom prostoru (jonizacijskoj komori), u koju smo uveli jedan poznati dio u vodi otopljenog radona. Drugi dio ostaje u vodi. Omjer radona u zraku i vodi istog voluma jedne i druge tvari ovisi o temperaturi, ali je za svaku temperaturu određen i poznat. Prvu aparaturu za takova mjerenja opisao je H. W. SCHMIDT (22) već g. 1905. i ona se u bitnosti nije promijenila do danas. On upotrebljava elektrometar sa listićem od aluminijske i skalom graduiranom od 1 do 10. Za nabijanje listića potrebna je dosta velika napetost (300—350 volti). U jonizacijsku komoru uvodi se radon pomoću gumenog balona iz metalne boce, u koju je zahvaćena mineralna voda. Vrijednosti na skali dobivene za pad potencijala pretvaraju se u volte pomoću posebne baždarnе krivulje. Na istom principu zasnovan je aparat od TH. WULF-a s tom razlikom, što upotrebljava bifilarni elektrometar sa dvije paralelne niti iz platiniranog kremenca. Radi manjeg kapaciteta i veće osjetljivosti elektrometra (1) potrebne su manje napetosti za njegovo nabijanje (50—120 volti), a skala je razdijeljena na 80 dijelova za svaku nit (lijevo i desno od nule). Ovo je najosjetljiviji aparat i njime se mi služimo kod radioaktivnih mjerenja. U aparatu po ENGLER-u i SIEVEKING-u limena posuda od 10 litara, u kojoj se nalazi određena količina mineralne vode (250—1000 ccm), služi u isto vrijeme i kao jonizacijska komora. Radon se raspodijeli u limenoj posudi protresivanjem. Kao elektrometar služi elektroskop po ELSTER-u i GEITEL-u sa dva listića iz aluminijske. Za nabijanje elektroskopa potrebna je napetost od 120—210 volti. Sličan je i aparat CH. CHENEVEAU-a i A. LABORDE-a (5). Aparat ima elektroskop s jednim listićem iz aluminijske, skalu sa 200 dijelova i limenu posudu od 3 litre. Kod svih aparata vrše se mjerenja redovno tri sata nakon što je radon uveden u aparaturu. Tada pad potencijala dostiže svoj maksimum, jer su radon, radij A i radij C u ravnoteži.

Svaka α -čestica ne će ipak jonizirati zrak u jonizacijskoj komori u punoj mjeri, a to će ovisiti o njenim dimenzijama (Duane-ov efekt), pa je potrebno, da se izračuna korekcija iz dimenzija upotrebijene jonizacijske komore (4). Osim toga je običaj, da se kod određivanja radioaktiviteta uzimlje u obzir ne samo radon, već i produkti njegovog radioaktivnog raspadanja, koji su fiziološki jednako aktivni, pa se vrijednost dobivena za radon množi još sa faktorom 2.26.

Drugu metodu za određivanje radioaktiviteta mineralnih voda opisao je H. GUIMARÃES de CARVALHO (2), koji upotrebljava specijalnu fotografsku ploču, na kojoj α -čestice ostavljaju tragove. Ploča se nalazi u komori promjera 9 cm, a visine 1 cm, pošto domet α -čestice radona iznosi u zraku kod 15° C i tlaka od jedne atmosfere samo 4.12 cm. Kroz komoru vodi se struja zraka, koja je prošla kroz mineralnu vodu,

a onda kroz malu jako hladenu posudicu, da se kondenzira vodena para, koja bi škodila fotografskoj ploči. Pošto 1 mikrocurie radona nakon 3 sata zajedno sa produktima svog radioaktivnog raspadanja emitira 11×10^4 α -čestica na sekundu u svim smjerovima, može se pomoću radona određene koncentracije baždariti aparat, pa se kasnije određivanje radioaktiviteta u mineralnoj vodi sastoji u brojenju tragova pod mikroskopom, koje su α -čestice ostavile na ploči. Iz tog broja može se onda izračunati radioaktivitet.

R. COPPENS (3) meće na fotografsku ploču razrijeđenu otopinu celuloida u acetonu i pušta, da se ploča posuši u mraku. Na ploči ostaje tanka prevlaka od celuloida debljine oko 10 μ , koja osjetljivi sloj štiti od vode. Ovako priređena ploča stavlja se u vodu, kojoj se određuje radioaktivitet i pušta u njoj 2—3 dana. Nakon toga se ploča izvadi, posuši, sloj celuloida skine i izmjeri mu se debljina, a ploča razvije. Iz broja tragova na ploči i debljine zaštitnog sloja može se izračunati radioaktivitet.

U najnovije vrijeme bilo je pokušaja, da se radioaktivitet mineralnih voda odredi i Geiger-Müllerovim brojačem. Kako obični brojači nisu prikladni za određivanje α -emisora, to se određuju β -zrake radija B, koji je izotop olova. KAZUO KURODA i YUJI YOKOYAMA (11) pokazali su, da svježa mineralna voda obično sadržava samo minimalne količine radija A, B i C, pa treba čekati 3 sata, da se uspostavi ravnoteža između radona i produkata njegovog radioaktivnog raspadanja. SHIGERU OKABE i JUNJI NISHIO (19) određuju radioaktivitet radija B tako, da ga iz mineralne vode obaraju sa barijevim sulfatom, a zatim određuju radioaktivitet taloga. Treba raditi brzo, jer je poluvrijeme raspadanja radija B samo 26.8 minuta.

Podaci ispitivanja na samom vrelu sabrani su u Tabeli I.

Tabela I.

	Temperatura °C	Slobodni CO ₂ u mg/l	Radioaktivitet	
			Mache-ove jedinice	nC/l
Vrelo starog kupališta (Prije otkrivanja terena)	30.4	35.2	9.281	3.378
Isto (Poslije otkrivanja terena)	29.3	31.7	9.900	3.604
Vrelo u spilji	29.6	52.8	16.79	6.11
Kaptaža u selu Banja	28,9	26.4	28.88	10.69
Kaptaža na obali Banjskog potoka	21.0	—	48.96	17.32
Memino vrelo	20.6	0	9.005	3.278

Iz tih se podataka razabire, da termalna voda istječe iz rasjeline sa radioaktivitetom od 9—10 Mache-ovih jedinica, ali da u samoj terasi dolazi do sekundarne akumulacije urana, koji se iz vode taloži kvantita-

tivno zajedno sa željezom. Ta sekundarna akumulacija uzrokuje onda znatno povećavanje radioaktiviteta kod onih vrela, koja izviru iz sedre i koje je tim veće, čim dulji put voda prevaljuje kroz sedru. Paralelno s time pada temperatura vode, a donekle i količina slobodnog ugljikovog dioksida i koncentracija mineralnih sastavina, kako se to vidi iz analiza na stranama 232—234.

Bude li se kad pristupilo novoj kaptazi termalnog vrela, trebat će tu činjenicu imati na umu i smjestiti kaptazu uz istočni rub terase od sedre. Pošto će se voda u svakom slučaju morati grijati, to manja temperatura termalne vode na tom mjestu ne će biti od velikog značenja.

Pojavu sekundarne akumulacije urana u sedri nalazimo i na drugim mjestima (na pr. Veliki Guber kod Srebrenice i Niška Banja).

Fojnička se terma upotrebljavala odavna, ali na vrlo primitivan način. Već podaci iz sredine XIX. vijeka govore o njoj kao o zapuštenoj banji. Prvi ju je istražio E. LUDWIG (12) 27. kolovoza 1888. Vrelo je tada bilo kaptirano kao četverouglast drvom ograđeni basen 4 m dugačak i toliko širok. Nad basenom bila je podignuta drvena koliba. E. LUDWIG izvršio je i prvu kemijsku analizu (Tabela II A). Temperatura vode bila je tada 29.5° C. G. 1904. razoreno je staro kupalište prigodom jednog problema oblaka. Vrelo je zatim kaptirano kao drvom osiguran bunar, a basen dužine 2.5 m, širine 1.6 m i dubine 0.6 m sagrađen nešto niže. Iz bunara vodila se termalna voda u basen glinenim cijevima. F. KATZER (8) izmjerio je temperaturu vode i našao 29.8° C. S vremenom je i taj basen napušten i zarušen i na njegovom mjestu stvorila se bara. Ostaci tog kupališta otkriti su prigodom čišćenja vrela g. 1954.

Novo kupalište (Gornja banja) izgrađeno je nešto niže i u kupalište dovodi se termalna voda iz dvije kaptaze. Jedna se nalazi u selu Banja, druga uz desnu obalu Banjskog potoka. Radioaktivitet termalne vode odredio je D. JOVANOVIĆ g. 1934. i našao 10.8 Mache-ovih jedinica. U samom mjestu Fojnici izgrađena je Donja banja (Memina banja), koja se snabdijevala termalnom vodom iz Meminog vrela. Poslije drugog svjetskog rata proširena je Gornja banja, a termalnu vodu i to iz vrela u pećini, te iz kaptaze na obali Banjskog potoka analizirali su M. PAVLOVIĆ i N. PACOVIĆ g. 1954. (Tabela II B i C). Donja banja sad je napuštena i ne upotrebljava se više.

A. Vrelo starog kupališta. Analiza E. Ludwig-a iz g. 1888. *Tschermak's Mineralogische und Petrographische Mittheilungen*, 11, 208 (1890)

B. Vrelo u spilji. Analiza M. Pavlovića i N. Pacovića iz g. 1954. Analiza u rukopisu.

C. Kaptaza na obali Banjskog potoka. *Ibid.*

Od termalnih izvora u Fojnici izvršena je kemijska analiza slijedećih vrela:

a) *Vrelo starog kupališta*. Ispitivanja izvršena su 18. i 20. kolovoza 1954. Voda je bistra, bez boje i mirisa, reakcije slabo alkalične (lakmus); pH = 7 (univerzalni indikator). Sastav vode pokazuje analiza A na str. 232.

Prema internacionalnoj klasifikaciji vodu kemijski karakterizira sastav kalcij, hidrokarbonat. Ukupna koncentracija N/1000 = 11.6; Ca 3.4; HCO₃ 5.4. Reakcija alkalična.

b) *Kaptaža u selu Banja*. Ispitivanja izvršena su 17. kolovoza 1954. Voda je bistra, bez boje i mirisa, reakcije alkalične (lakmus); pH = 8 (univerzalni indikator). Sastav vode prikazuje analiza B na str. 233.

Tabela II

	A	B	C
Na	6,957	7.909	7.275
K	0.736		
Ca	21.08	14.06	14.55
Mg	5.271	7.469	7.275
Mn	0.031		
Cl	1.348	19.77	29.78
SO ₄	4.505	5.272	5.952
CO ₃	50.29	29.77	20.29
PO ₄	0.061	0.053	0.046
SiO ₂	9.532	15.38	14.55
Al ₂ O ₃	0.092		
Fe ₂ O ₃	0.092	0.312	0.284
Ukupno :	100.00	100.00	100.00
Salinitet (u 1000 dijelova vode):	0.4959	0.2276	0.1512

Prema internacionalnoj klasifikaciji vodu kemijski karakterizira sastav *kalcij, hidrokarbonat*. Ukupna koncentracija N/1000 = 11.6; Ca 3.3; HCO₃ 5.4. Reakcija alkalična.

c) *Kaptaža na obali Banjskog potoka*. Ispitivanja izvršena su 26. kolovoza 1954. Voda je bistra, bez boje i mirisa, reakcije alkalične (lakmus); pH = 7.5 (univerzalni indikator). Sastav vode prikazuje analiza C na str. 234.

Prema internacionalnoj klasifikaciji vodu kemijski karakterizira sastav *kalcij, hidrokarbonat*. Ukupna koncentracija N/1000 = 10.4; Ca 3.1; HCO₃ 4.9. Reakcija alkalična.

Termalna voda, koja izvire iz rasjeline, na kojoj se nalazi vrelo starog kupališta, prolazi najdulji put kroz sedru da dođe do kaptaže na obali Banjskog potoka, a nešto kraći da dođe do kaptaže u selu Banji. Između pojedinih vrela postoji veza, koja je utvrđena, kad je voda iz higijenskih razloga klorirana, jer na platou od porozne sedre leži jedno staro naselje (selo Banja), pa postoji opasnost zagađivanja termalne vode. Usporedimo li kemijske analize tih voda, vidimo, da voda prolazom kroz sedru gubi dio svojih sastojina. Tako pada količina kalcija od 0.06796 na 0.06201 g u kg vode, magnezija od 0.01610 na 0.01338 g u kg vode, a jednako i slobodan ugljikov dioksid, koji u A još iznosi 0.0317 g u kg, dok se u C nije

više mogao dokazati. Paralelno s tim raste alkalinitet i pH. Tome nasuprotop pokazuju kloridi porast od 0.003958 na 0.005073 g u kg vode. Taj porast može da potječe samo iz sedre, u kojoj su se kroz stoljeća nagomilali mineralizirani ostaci organskih otpadaka iz sela, koji među ostalim sadržaju i kloride.

Analiza A

Vrelo starog kupališta

Spec. težina: 1.00047 (0°/0°C)				Preračunano u postotcima krute tvari:
Temperatura: 29.3°C				
1 kg vode sadržaje:				Preračunano u postotcima krute tvari:
Jona:	grama:	milimola:	milivala:	
Kationa:				Na 7.405
Natrija (Na ⁺)	0.02357	1.025	1.025	K 0.586
Kalija (K ⁺)	0.001864	0,0477	0,0477	Ca 21.36
Kalcija (Ca ⁺⁺)	0.06796	1.696	3.392	Mg 5.058
Magnezija (Mg ⁺)	0.01610	0.6620	1.324	Cl 1.241
Aniona:				SO ₄ 3.779
Hlora (Cl ⁻)	0.003958	0.1116	0.1116	CO ₂ 51.19
Sulfata (SO ₄ ['])	0.01203	0.1252	0.2504	SiO ₂ 8.615
Hidrokarbonata (HCO ₃ ['])	0.3311	5.427	5.427	Al ₂ O ₃ 0.566
Koloidalno otopljenih oksida:			5.789	Fe ₂ O ₃ 0.204
Silicijevog oksida (SiO ₂)	0.02742	0.4565		
Aluminijevog oksida (Al ₂ O ₃)	0.00180	0.0177		
Željeznog oksida (Fe ₂ O ₃)	0.00065	0.0041		
Ukupno:	0.4865	9.573		100.00
Hidrokarbonati preračunati u karbonate:	0.3183			Salinitet (u 1000 dijelova vode):
Isparni preostatak	0.3209			0.3183
Sulfatna kontrola:				
Računom:	0.4121			
Nađeno analizom:	0.4141			
Slobodni CO ₂	0.0317			

Glavni terapijski faktor u termalnoj vodi u Fojnici je znatan radioaktivitet, po čemu Fojnička banja dolazi na drugo mjesto među radioaktivnim vodama Jugoslavije, koje se medicinski upotrebljavaju. Na prvom se mjestu danas nalaze Istarske Toplice, u kojima je 12. travnja 1955. određen radioaktivitet od 123.9 MJ = 45.10 nC/l. Glavne su indikacije razni oblici reumatizma, poremećaji tvarne izmjene purina (ulozi), neuralgije i staračke poteškoće. Jedna je poznata karakteristika radioaktivnih voda, da ublažuju boli. Kako će se termalna voda u prvom redu primjenjivati u obliku kupelji, to će ju trebati grijati na 38—40° C, naj-

bolje u zatvorenom sistemu, da se gubitci na plinovitom radonu sveđu na minimum.

Ing. Katarini Mirnik zahvaljujem se na pomoći kod izrade analize.

Institut za balneologiju i klimatologiju
Jugoslavenske akademije znanosti
i umjetnosti
Zagreb

Analiza B

Kaptaža u selu Banja

Spec. težina: 1.00045 (0°/0°C) Temperatura: 28.9°C				Preračunano u postocima krute tvari:
1 kg vode sadržaje:				
Jona:	grama:	milimola:	milivala:	
Kationa:				Na 6.814
Natrija (Na ⁺)	0.02145	0.9327	0.9327	K 0.562
Kalija (K ⁺)	0.001769	0.0453	0.0453	Ca 20.69
Kalcija (Ca ⁺⁺)	0.06513	1.625	3.250	Mg 6.215
Magnezija (Mg ⁺⁺)	0.01957	0.8045	1.609	Cl 1.337
Aniona:			5.837	SO₄ 4.292
Hlora (Cl ⁻)	0.004208	0.1187	0.1187	CO₂ 51.83
Sulfata (SO ₄ ^{''})	0.01351	0.1406	0.2812	SiO₂ 7.626
Hidrokarbonata (HCO ₃ ['])	0.3318	5.4371	5.4371	Al₂O₃ 0.381
Koloidalno otopljenih oksida:			5.837	Fe₂O₃ 0.254
Silicijevog oksida (SiO ₂)	0.02401	0.3997		100.00
Aluminijevog oksida (Al ₂ O ₃)	0.00120	0.0118		Salinitet (u
Željeznog oksida (Fe ₂ O ₃)	0.00080	0.0050		1000 dijelova
Ukupno:	0.4834	9.520		vode):
Hidrokarbonati preračunani u karbonate:	0.3148			0.3148
Isparni preostatak:	0.3179			
Sulfatna kontrola:				
Računom:	0.4092			
Nađeno analizom:	0.3917			
Slobodni CO ₂	0.0264			

Analiza C

Kaptaža na obali Banjskog potoka

Spec. težina: 1.00038 (0°/0°C) Temperatura: 21.0°C				
1 kg vode sadržaje:				Preračunano u postotcima krute tvari:
Jona:	grama:	milimola:	milivala:	
Kationa:				Na 7.779
Natrija (Na')	0.02249	0.9779	0.9779	K 0.708
Kalija (K')	0.002033	0.0520	0.0520	Ca 21.45
Kalcija (Ca')	0.06201	1.547	3.094	Mg 4.629
Magnezija (Mg')	0.01338	0.5502	1.100	Cl 1.755
Aniona:			5.224	SO ₄ 3.788
Hlora (Cl')	0.005073	0.1431	0.1431	CO ₂ 50.38
Sulfata (SO ₄ '')	0.01095	0.1140	0.2280	SiO ₂ 8.792
Hidrokarbonata (HCO ₃ '')	0.2961	4.853	4.853	Al ₂ O ₃ 0.485
Koloidalno otopljenih oksida:			5.224	Fe ₂ O ₃ 0.242
Silicijevog oksida (SiO ₂)	0.02542	0.4232		100.00
Aluminijevog oksida (Al ₂ O ₃)	0.00140	0.0137		Salinitet (u
Željeznog oksida (Fe ₂ O ₃)	0.00070	0.0044		1000 dijelova
Ukupno:	0.4396	8.679		vode):
Hidrokarbonati preračunani u karbonate:	0.2891			0.2891
Isparni preostatak:	0.2805			
Sulfatna kontrola:				
Računom:	0.3735			
Nađeno analizom:	0.3687			

LITERATURA

- AZCONA, J. M. LOPEZ DE: Radiactividad y geofísica. Del Boletín del Instituto Geologico y Minero de España. Tomo LXIII. Madrid 1951. Str. 41.
- CARVALHO, H. GUIMARÃES de: Determinação de radioatividade alfa de gases e de aguas minerais radioativas. Anais de associação química do Brasil, 8, 91 — 93 (1949).
- COPPENS, R.: Application de la plaque photographique nucléaire à la mesure de la radioactivité des liquides. Journal de physique et le radium, 15, 588 — 599 (1954).
- DUANE, A. i A. LABORDE: Sur les mesures quantitatives de l'emanation du radium. Comptes rendus, 150, 1421 — 1422 (1910).
- GESLIN, M. i D. CHAHNAZAROFF: Mesure de la radioactivité des eaux et des gaz naturels. Annales Guébard-Séverine, 9, 311 — 351 (1933).
- GÜBELI-LITSCHER, O.: Chemische Untersuchung von Mineralwässern. Innsbruck 1948. Str. 155.
- HÖLZL, F.: The International Congress of Hydroclimatology and Thalassotherapy. Opatija 1954. Summaries. Str. 61.

- KATZER, F.: K poznavanju mineralnih vrela Bosne. Glasnik zem. muzeja u Bosni i Hercegovini, 31, 191 — 264 (1919).
- KATZER, F.: Tektonik und Oberflächenbeschaffenheit des mittelbosnischen Schiefergebirges. Zbornik radova posvećen Jovanu Cvijiću. Beograd 1924. Str. 141 — 150.
- KATZER, F.: Geologie Bosniens und der Hercegovina. I. Bd. Sarajevo 1925. Str. 129, 196 i 316.
- KURODA, KAZUO i YUJI YOKOYAMA, On the equilibrium of the radioactive elements in the hydrosphere. I. Bull. Chem. Soc. Japan, 21, 52 — 55 (1948).
- LUDWIG, E.: Die Mineralquellen Bosniens. Tschermak's Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, 11, 183 — 213 (1890).
- MARIĆ, L.: Magmatismus und Alkalimetasomatose im jugoslawischen Raum. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abh., 87, 1 — 31 (1954).
- MIHOLIĆ, S.: Kemijska analiza termalnog vrela u Iidži. Arhiv za kemiju, 12, 83 — 92 (1938).
- MIHOLIĆ, S.: Ore Deposits and Geologic Age. Economic Geology, 42, 713 — 720 (1947).
- MIHOLIĆ, S.: Radioactivity of Waters Issuing from Sedimentary Rocks. Economic Geology, 47, 543 — 547 (1952).
- MIKINČIĆ, V.: Geološka karta FNR Jugoslavije i susednih zemalja. Razmer 1:500.000. Beograd 1953.
- MOJSISOVICS, E. v., E. TIETZE i A. BITTNER: Grundlinien der Geologie von Bosnien-Hercegovina. Jahrbuch der geol. Reichsanstalt, 30, 167 — 266 (1880).
- OKABE, SHIGERU i JUNJI NISHIO: Determining radon in hot springs with a Geiger-Müller counter. J. Chem. Soc. Japan, Pure Chem. Sect., 74, 923 — 925 (1953) cit. po Chemical Abstracts, 48, 4321 (1954). (Original na japanskom).
- PILGER, A.: Paläogeographie und Tektonik Jugoslaviens zwischen der Una und dem Zlatibor-Gebirge. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Beil. Bd. 85, Abt. B. 383 — 462 (1941).
- POLIĆ, A.: O ispitivanju rudnih pojava srednjebosanskih škriljastih planina. Geološki Vesnik, 9, 343 — 348 (1951).
- SCHMIDT, H. W., Ueber eine einfache Methode zur Messung des Emanationsgehaltes von Flüssigkeiten. Physikal. Z., 6, 561 — 566 (1905).
- SIMPSON, S. G.: A mixed indicator for carbonate-bicarbonate titrations. Industrial and Engineering Chemistry, 16, 709 — 710 (1924).

ABSTRACT

Chemical Analysis of the Thermal Water in Fojnica (Bosnia)

by

Stanko Miholić

In a previous paper (16) the author has pointed out that a certain relationship seems to exist between the radioactivity of a mineral water and the age of the sedimentary rocks through which the water flows on its underground course. Waters issuing from Carboniferous and Cretaceous strata show a distinctly higher radioactivity than those issuing from sediments belonging to other periods.

In 1954 the author had the opportunity to make an extensive tour through Bosnia and to investigate a number of mineral waters there. The obtained results tallied well with the view expressed in the paper cited. The present paper deals with the thermal spring in Fojnica.

The mountainous country NW of Sarajevo is built, according to F. KATZER (10), mainly of Palaeozoic (Carboniferous and Permian) strata, and among them, gray to black bituminous schists of the Carboniferous are particularly abundant near Fojnica. On several places they have been intruded and partly covered in the Carboniferous by quartz-porphry which was

subsequently crushed and metamorphosed and the various intrusions serve to-day as aquiferous layers. The district is dissected by two faults: the fault of Busovača characterized by a number of mineral and thermal waters (Iliđa, Blažuj, Kiseljak, Bjelovac, Fojnica, Klokoti, Busovača) and the fault of Voljevac.

The thermal spring of Fojnica issues from a secondary fault in the dark Carboniferous schists about 120 feet above the valley floor on the west boundary of an extensive (about 50 acres) terrace of calcareous sinter, which is in places almost 100 feet thick. There are several wells of which three were analyzed. The well of the Old Bathhouse is near the fault, the well in the village Banja, which lies on the sinter terrace, is about 300 feet to the SE and the well in the gorge of the Banja brook another 300 feet in the same direction. There is a connection between the various wells and the thermal water flows through the porous sinter in a south-easterly direction. Determinations of radioactivity (Table I) and chemical analyses (Analyses A—C) show that radioactivity of the water increases, while the content in calcium, magnesium and free carbonic dioxide and also the temperature decrease with the distance from the fault. The increase in radioactivity is remarkable and shows that the water has taken up radon generated from uranium that has been precipitated in the calcareous sinter together with the iron.

The author wishes to express his thanks to Mrs. K. Mirnik for her valuable assistance in the making of the analyses.

*Institute of Balneology and Climatology
of the Yugoslav Academy of Sciences and Arts
Zagreb, Croatia*