
Ivan Ivanov

Hidrohemijske karakteristike termomineralnih voda Brestovačke banje

Tokom četvoromesečnog perioda praćene su promene određenih hidroloških i hidrohemijskih parametara termomineralnih voda Brestovačke banje sa ciljem utvrđivanja vremenske međuzavisnosti ovih parametara. Istraivanje je izvedeno osnovnim hidrogeološkim metodama, koje su realizovane metodama hidrogeološkog kartiranja i hidrohemijskim ispitivanjima. Na osnovu hemijskog sastava ovih voda došlo se do zaključka da se kvalitet voda znatno menja usled dejstva atmosferskih padavina, dok su fizičke osobine pokazale neznatne oscilacije. Na osnovu klasifikacije O. A. Alekina moe se reći da preovlađuju termomineralne vode sulfatne klase, kalcijске grupe, II tipa.

Uvod

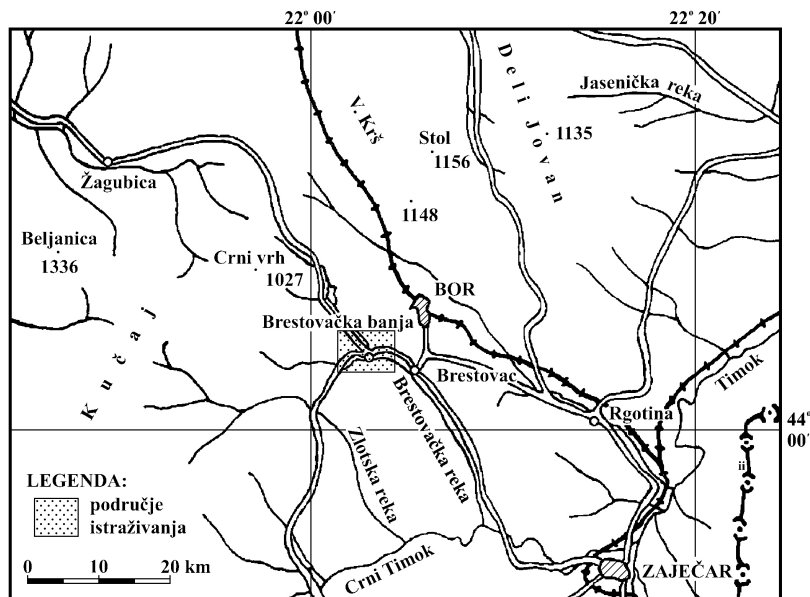
U periodu od marta do juna 2000. godine obavljena su hidrogeološka istraživanja koja su obuhvatila četiri stalna izvora na ispitivanom području. Praćene su promene osnovnih hidroloških i hidrohemijskih parametara termomineralnih voda Brestovačke banje sa ciljem utvrđivanja vremenske međuzavisnosti ovih parametara. Ovim istraživanjem dobijena je potpuniya slika o hemijskom sastavu termomineralnih voda Brestovačke banje.

Istraivanje je izvedeno na području Brestovačke banje, koja se nalazi u centralnom delu istočne Srbije. Brestovačka banja se nalazi 10 km jugozapadno od Bora, na ušću Banjske u Brestovačku reku (slika 1). Prirodne granice područja istraživanja su: na severozapadu obronci Crnog vrha (1027 m), paleovulkanske kupe Tilva Njagre (770 m) na zapadu i Rudina (518 m) na jugu. Na istoku, granicu predstavlja put Bor–Brestovac.

U geološkom pogledu, područje Brestovačke banje izgrađuju vulkanosedimentne i sedimentne tvorevine: andezitbazalti, aglomerati, vulkanske breće i hidrotermalno izmenjene vulkanske stene, stvarane za vreme gornje krede. U toku kvartara stvaraju se aluvijalni nanosi u dolini Brestovačke reke (Dragišić 1992).

U hidrogeološkom pogledu, na području istraživanja izdvojeni su zbijeni i pukotinski tip izdani. Zbijeni tip izdani je formiran u aluvijalnim

Ivan Ivanov (1982), Bor, Njegoševa 43, ućenik 3. razreda Gimnazije "Bora Stanković" u Boru



Slika 1.
Geografski položaj
istraživanog područja

Figure 1.
Geographical location
of the explored area

nanosima Brestovačke reke. Ima malo rasprostranjenje i slaba filtraciona svojstva, pa nema veći hidrogeološki značaj. Pukotinski tip izdani ima najveće rasprostranjenje na području istraživanja i formiran je u vulkanskim i vulkanoklastičnim stenama. U ovom tipu izdani su akumulirane značajne rezerve podzemnih voda (Dragišić 1989).

Područje Brestovačke banje bilo je predmet geoloških i hidrogeoloških istraživanja, počev od sredine prošlog veka pa sve do danas. Tridesetak godina unazad ovim istraživanjima bavili su se: N. Milojević (1967), V. Dragišić (1988), D. Protić (1988) i drugi. V. Dragišić je utvrdio da termomineralne vode Brestovačke banje potiču iz velike dubine vulkanskih stena i da je njihovo isticanje vezano za aglomerate, vulkanske breče i andezite (Kojović 1989). N. Milojević daje opširniji opis hidrogeoloških prilika u zoni pojavljivanja termomineralnih izvora Brestovačke banje. Ovaj autor ističe da dolinom Banjske reke prolazi jedna rasedna zona koja duboko zaseca andezite. Ovaj rased iskoristile su termomineralne vode, duž koga se pojavljuju na površini. Topla mineralna voda rastvara stene i obogaćuje se mineralnim materijama, korisnim za banjsko lečenje. Takođe, ovaj autor pominje deset termomineralnih izvora, od kojih su neki kaptirani u vidu česme, kod nekih voda izbija direktno u kade i bazene, a ima ih i koji nisu kaptirani (Dimitrijević 1975). D. Protić zaključuje da je hemizam vode vremenski promenljiv, pošto se i izdašnost izvora i temperatura vode menjaju zavisno od atmosferskih padavina. Na osnovu rezultata hemijskih analiza, ovaj autor ističe da preovlađuju izdanske vode sulfatne klase, natrijsko-kalijske grupe (Protić 1995).

Metode istraživanja

Istraživanje je izvedeno osnovnim hidrogeološkim metodama, koje su realizovane metodama hidrogeološkog kartiranja (Filipović 1980) i hidrohemijским ispitivanjima (Dimitrijević 1988). Hidrogeološkim kartiranjem utvrđene su fizičke osobine voda: temperatura, boja, miris, ukus, prozirnost, pH vrednost i izdašnost izvora, a hidrohemijским ispitivanjima hemijska svojstva voda, odnosno, koncentracija glavnih jona ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , NO_3^-), organskih materija (preko utroška KMnO_4) i rastvorenog gasa (CO_2) u termomineralnim vodama.

Uzorci su uzimani jednom mesečno u periodu mart – jun 2000. godine sa četiri stalna termomineralna izvora čiji je položaj prikazan na slici 3. Termomineralni izvor br. I je kaptiran u vidu česme i nalazi se na desnoj obali Banjske reke. Udaljen je od vodotoka 3 m. Kaptirani termomineralni izvor br. II se takođe nalazi na desnoj obali Banjske reke i od nje je udaljen 4-5 m. Kaptirani termomineralni izvor br. III se nalazi između Banjske i Brestovačke reke. Termomineralni izvor br. IV je kaptiran i nalazi se na mestu spajanja bezimene jaruge sa Banjskom rekam, na njenoj desnoj obali.

Rezultati i diskusija

Fizičke osobine termomineralnih voda

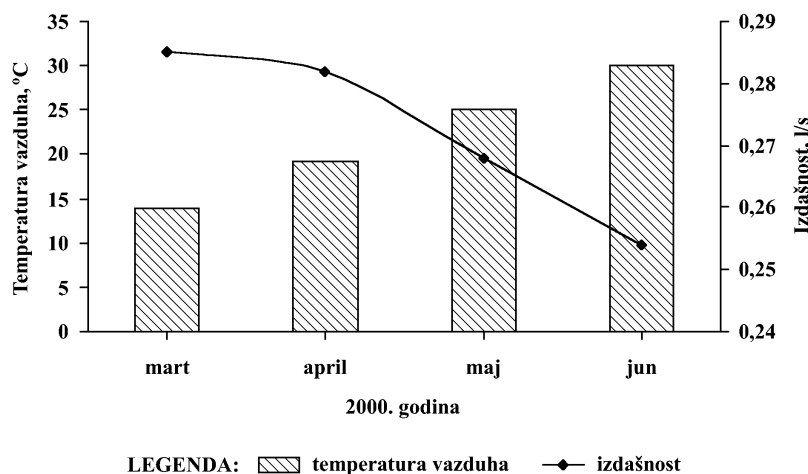
Sve termomineralne vode Brestovačke banje su prozirne, bez boje, mirisa i ukusa.

Temperatura vode na svakom izvoru menja se u skladu sa temperaturom vazduha, osim u mesecu maju. Tada je i pored relativno visoke temperature vazduha bila najmanja temperatura vode na izvorima I, III i IV. Ovo odstupanje je posledica atmosferskih padavina. Termomineralne vode Brestovačke banje su na osnovu izmerenih vrednosti svojih temperatura svrstane u dve grupe:

- vode na granici hladnih i hipotermalnih (od 16.5°C do 17°C), i
- hipertermalne vode (od 32°C do 38.5°C).

Prvom tipu pripada voda sa izvora IV, a drugom tipu pripadaju vode sa izvora I, II i III. Zbog relativno visoke temperature ovih voda može se zaključiti da se one formiraju u dubljim delovima stenske mase.

Izvori su različite izdašnosti od 0.01 L/s do 0.28 L/s. Zavisnost izdašnosti izvora II od temperature vazduha prikazana je na slici 2. Sa povećanjem temperature vazduha primetno je smanjenje izdašnosti termomineralnih izvora, jer kako se približavaju letnji meseci postepeno se smanjuje izdašnost izvora.



Slika 2.
Grafik zavisnosti
izdašnosti izvora od
temperature vazduha

Figure 2.
Dependence of
capacity on air
temperature of
thermomineral waters

Hemijski sastav termomineralnih voda

Prema hemijskom sastavu konstatovano je prisustvo dva tipa termomineralnih voda (klasifikacija O. A. Alekina):

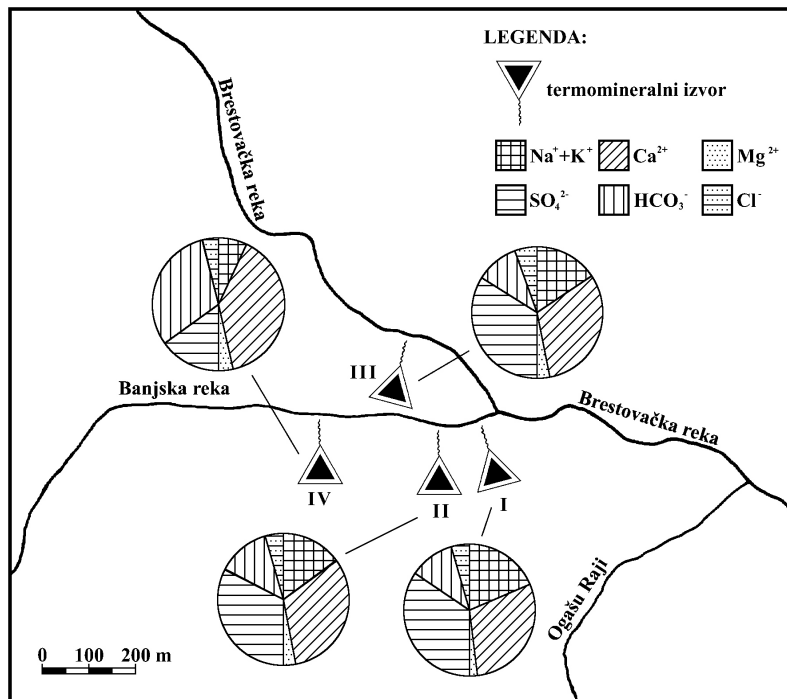
- vode sulfatne klase, kalcijske grupe, i
- vode hidrokarbonatne klase, kalcijske grupe.

Prvom tipu pripadaju vode sa izvora I, II i III, a drugom tipu vode sa izvora IV (slika 3). Prema vrednosti ukupne mineralizacije, koja se kreće od 320 mg/dm^3 do 513 mg/dm^3 , ove vode su presne do mineralizovane (klasifikacija po Očinkovu). Opšta tvrdoća ovih voda, koja se kreće u intervalu od 10.47°dH do 18.65°dH , ukazuje na to da su ovo umereno tvrde do dosta tvrde vode (klasifikacija po Klutu).

Koncentracije glavnih komponenti hemijskog sastava termomineralnih voda Brestovačke banje dostižu maksimalne vrednosti u mesecu junu. Tada je najveća vrednost temperature vode, pa raste njena rastvaračka sposobnost. Dolazeći u dodir sa sedimentnim stenama voda ih rastvara i na taj način se povećavaju koncentracije tih jona.

U ostalom periodu koncentracije glavnih komponenti hemijskog sastava značajnije ne osciluju, osim u mesecu maju. Tada dolazi do naglih promena koncentracije $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Mg^{2+} , Ca^{2+} , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} i organskih materija, što je posledica uticaja atmosferskih padavina. Koncentracije Cl^- i NO_3^- jona minimalno variraju na svim izvorima u posmatranom periodu.

Na ispitivanom području najveće rasprostranjenje zauzimaju sedimentne stene. Prihranjivanje izdani vrši se na račun atmosferskih voda, koje pri svom kretanju ka dubini stenske mase spiraju određene minerale čime obogaćuju podzemne vode. Zbog toga dolazi do povećanja koncentracija



Slika 3.
Karta hemizma
termomineralnih voda
Brestovačke banje

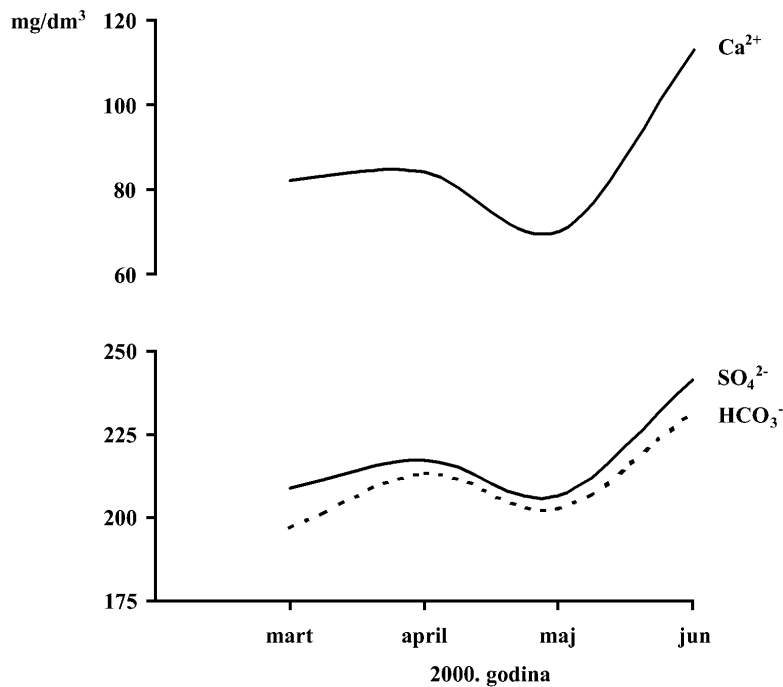
Figure 3.
Chemical composition
of the thermomineral
waters from
Brestovačka Spa

Na⁺ + K⁺, Mg²⁺, HCO₃⁻ i CO₃²⁻ jona, koji se pretežno i nalaze u sedimentnim stenama. Takođe, na povećanje koncentracije jona Na⁺ + K⁺ utiče i proces jonske izmene koji se odvija u ovim vodama. Tada jone Ca²⁺ zamenjuju joni Na⁺+K⁺, usled čega dolazi do smanjenja koncentracije Ca²⁺.

Koncentracija Ca²⁺ jona na svakom izvoru ravnomerno se menja u skladu sa koncentracijom SO₄²⁻ jona, osim na izvoru IV gde se sa promenom koncentracije Ca²⁺ jona ravnomerno menja koncentracija HCO₃⁻ jona (slika 4). Ovo se dešava zbog toga što sadržaj SO₄²⁻, odnosno HCO₃⁻ jona, ograničava prisustvo Ca²⁺ jona u podzemnim vodama, koji sa SO₄²⁻ i HCO₃⁻ grade relativno malo rastvorljive CaSO₄ i Ca(HCO₃)₂.

Nakon izlučivanja padavina dolazi do naglog povećanja količine organskih materija (slika 5). Ovu pojavu uslovljava spiranje kišnicom okolnog terena.

U vodi termomineralnog izvora br. IV registrovan je sadržaj ugljen-dioksida od 40 mg/dm³ do 50 mg/dm³. U toku posmatranja ima konstantnu vrednost, dok u mesecu maju dolazi do naglih promena, što je opet posledica atmosferskih padavina. Atmosferska voda bogata ugljen-dioksidom iz vadauha dospeva do podzemnih voda i obogaćuje ih ovim gasom. Međutim, glavni izvori ugljen-dioksida u podzemnim vodama jesu procesi oksidacije organskih materija, koji se vrše uz izdvajanje ovog gasa. Pošto u maju dolazi do naglog povećanja količine organskih materija, onda se povećava i koncentracija ugljen-dioksida. U vodi ovog izvora konstatovane su ek-

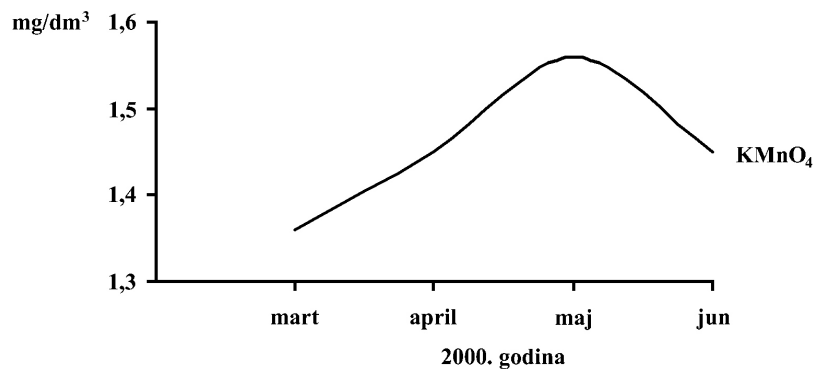


Slika 4.
Grafik promene koncentracije jona kalcijuma (Ca^{2+}), sulfata (SO_4^{2-}) i hidrokarbonata (HCO_3^-)

Figure 4.
The changes of concentration the calcium (Ca^{2+}), sulfates (SO_4^{2-}) and hydrocarbonates (HCO_3^-) ions

stremne vrednosti koncentracija pojedinih jona. Joni Ca^{2+} , Mg^{2+} i HCO_3^- ovde dostižu maksimalne koncentracije. Ova voda je bogata ugljen-dioksidom, koji ubrzava rastvaranje kalcijuma i magnezijuma i formiranje $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ i $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, čime se objašnjavaju visoke koncentracije ovih jona.

U ispitivanim termomineralnim vodama Brestovačke banje vršeno je merenje pH vrednosti i konstatovano da se ona kreće od 7.4 do 8.7. Na osnovu izmerene vrednosti pH vidi se da su vode slabo alkalne. Vrednost pH minimalno varira u određenim intervalima na svim izvorima. Ako se uzme u obzir da je vrednost pH povećana može se zaključiti da se ove vode formiraju u hidrotermalno izmenjenim vulkanskim stenama.



Slika 5.
Grafik promene količine organskih materija (utrošak KMnO_4)

Figure 5.
The changes of the organic materials (consumption KMnO_4)

Zaključak

Izvedenim istraživanjima dobijena je potpunija slika o hidrohemijskim parametrima termomineralnih voda Brestovačke banje i njihova zavisnost od vremena. Utvrđeno je da je hemizam vode vremenski promenljiv i da se menja u zavisnosti od atmosferskih padavina.

Sa povećanjem temperature vadaha primetno je povećanje temperature vode i istovremeno smanjenje izdašnosti termomineralnih izvora u posmatranom periodu, osim u mesecu maju kada je i pored relativno visoke temperature vazduha bila najmanja temperatura vode na izvorima I, III i IV. Smanjenje temperature vode je posledica uticaja atmosferskih padavina.

Koncentracija glavnih komponenti hemijskog sastava ovih voda, količina organskih materija i koncentracija ugljen-dioksida znatno se menjaju usled dejstva atmosferskih padavina. Tada dolazi do naglog povećanja koncentracije Na^+K^+ , Mg^{2+} , HCO_3^- i CO_3^{2-} jona, ugljen-dioksida i organskih materija, i smanjenja koncentracije Ca^{2+} i SO_4^{2-} jona.

Iako nisu dovoljno istražene, termomineralne vode Brestovačke banje se već dugo godina koriste u balneološke svrhe. Ispitivanje termomineralnih voda Brestovačke banje trebalo bi nastaviti u pravcu potpunijeg sagledavanja sadržaja mikroelemenata u ovim vodama. U cilju iznalaženja većih količina voda koje bi se koristile ne samo u balneološko-rekreativne svrhe već i za potrebe naselja Banjsko polje, u poljoprivredi i druge svrhe potrebno je posebnu pažnju posvetiti daljim detaljnim hidrogeološkim i hidrohemijskim istraživanjima.

Literatura

Dimitrijević N. 1975. *Gasovi u podzemnim vodama s posebnim osvrtom na njihovo prisustvo u mineralnim vodama Srbije*. Beograd: Rudarsko-geološki fakultet

Dimitrijević N. 1988. *Hidrohemija*. Beograd: Rudarsko-geološki fakultet

Dragišić V. 1989. *Hidrogeološke karakteristike šire okoline Bora*. Beograd: Mladi istraživači Srbije

Dragišić V. 1992. *Hidrogeologija ležišta bakra istočne Srbije*. Beograd: Institut za hidrogeologiju RGF-a

Filipović B. 1980. *Metodika hidrogeoloških istraživanja*. Beograd: Naučna knjiga

Filipović B., Dragišić V., Lazić M., Krunic O., Jevtović B., Sekulović B. 1997. Hidrogeološke karakteristike u široj zoni pojavljivanja termomineralnih voda Brestovačke banje. U *Zbornik radova sa naučnog skupa Priroda Brestovačke banje*, (urednik S. Stanković). Bor: Turistička organizacija opštine Bor, str. 34-52.

Jakovljević M., Pantović M. 1991. *Hemija zemljišta i voda*. Beograd: Naučna knjiga

Kojić S. 1989. Hidrogeološke karakteristike šire zone Brestovačke banje, sa osvrtom na uslove formiranja i isticanja termomineralnih voda. Diplomski rad. OOUR Grupa za hidrogeologiju, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

Protić D. 1995. *Mineralne i termalne vode Srbije*. Beograd: Geoinstitut

Ivan Ivanov

Hydrochemical Characteristics of Thermomineral Waters of Brestovačka Spa

This research gave additional informations about thermomineral waters of Brestovačka Spa (eastern Serbia). The subject of the research was to determine the changes of certain hydrological and hydrochemical parameters of thermomineral waters of Brestovačka Spa in order to understand their time dynamics. Research has been realized with the standard hydrogeological methods in the period March–June of 2000. According to the results of the chemical analysis, the quality of the waters had great differences because of precipitations, but physical characteristics had an inconsiderable oscillations. Temperature of thermomineral waters (from 16.5°C to 38.5 °C) have increase and capacity (from 0.01 L/s to 0.28 L/s) have decrease with the changes of air temperature. Chemical composition changed with precipitations and then concentration of $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Mg^{2+} , HCO_3^- and CO_3^{2-} ions, CO_2 and organic materials were increased, but concentration of Ca^{2+} and SO_4^{2-} ions were decreased. Most of the thermomineral waters are classified as sulphated (rare hydrocarbonated) in calcium group, II type (according to O. A. Alekin's classification).

