SPLITSKO SUMPORNO LJEKOVITO VRELO

THE SPLIT SULPHUR SPA

NIVES ŠTAMBUK-GILJANOVIĆ, DRAGO ŠTAMBUK*

Deskriptori: Balneologija; Mineralne vode; Sumporovodik; Hrvatska

Sažetak. U radu je prikazan kemijski sastav važnijih sumpornih vrela u Republici Hrvatskoj, koji je uspoređen sa sastavom mineralne vode Splitskih toplica. Rad donosi rezultate ispitivanja klorida, sumporovodika i temperature u mineralnoj vodi Splitskih toplica, u 1987., 1988. i 1996. godini, da bi se istražile njezine hidrološke značajke i podrijetlo. Budući da se sastav mineralne vode Splitskih toplica u sušnim razdobljima znatno razlikuje od njezina sastava u kišnim zimskim razdobljima, u radu se raspravlja o rezultatima tih dvaju razdoblja. Na temelju rezultata ispitivanja zaključuje se da se mineralna voda Splitskih toplica sastoji od morske i kopnene hidrokarbonatne vode, koja u sušnome razdoblju ima razmjerno stalan sastav, a u kišnome razdoblju je udio kopnene hidrokarbonatne vode veći.

Descriptors: Balneology; Mineral water; Hydrogen sulphide; Croatia

Summary. This paper presents the chemical composition of the main sulphur springs in Croatia and compares it with the sulphur content in the water from the Split spa. It also presents the results of monitoring the content of chlorides and hydrogen sulphide as well as the sulphur water temperature during 1987, 1988 and 1996 with the objective of studying the hydrological characteristics of this water and its origin. Since the sulphur water content during the dry periods significantly differs from the sulphur water content during rainy winter periods, this paper also compares the results obtained for the mentioned two periods. According to the monitoring results it can be concluded that sulphur water consists of seawater, and hydrocarbonate surface water with a fairly constant water content during dry periods, while the hydrocarbonate water content increases during rainy periods.

Liječ Vjesn 2005;127:241–245

Mineralne vode su prirodne podzemne vode, koje se razlikuju od drugih podzemnih voda prema količini ili prema vrsti otopljenih soli, prema temperaturi ili prema sadržaju radioaktivnih tvari.

To su vode s većim sadržajem nekih tvari s jakim fiziološkim djelovanjem. Mineralne se vode obično svrstavaju u ljekovite vode. Ljekovitost mora biti znanstveno dokazana. Takva se voda može rabiti za piće, kupanje, inhalacije, obloge i dr. U svezi s tim namjenama, bitno je osigurati njezinu zdravstvenu ispravnost, odnosno kakvoću istovjetnu kakvoći pitke vode. Mineralne vode pripadaju prirodnomu hidrološkom kruženju s neznatno drugačijim fizikalnim i kemijskim označnicama i posebnim sadržajem plinova i mineralâ. To znači da one također potječu od padalina koje dalje otječu gravitacijski, kao površinske ili podzemne vode. S velikom omočenom kontaktnom površinom i iznimnom moći otapanja dolazi prolazom kroz slojeve podzemlja do postupne mineralizacije, koju pojačavaju juvenilni plinovi iz velikih dubina. Termomineralne vode su vode atmosferskoga podrijetla, koje su prošle kroz stijene duž rasjeda, na dubinu od 2500 do 3000 m, gdje su se zagrijale i obogatile mineralima i mlađim rasjedima uzlaznim drenovima dospjele blizu površine u sekundarni vodonosnik.[1]

Termomineralne vode su balneološki karakterizirane povišenim mineralnim sastavom, više od 1000 mg u litri i temperaturom iznad 20°C. U balneološkoj klasifikaciji navode se dominantni ioni, čiji je miliekvivalentni udjel veći od 20% (>20 mval %). Najprije se navode kationi pa anioni, i to redom prema količinskoj vrijednosti (od većih prema manjim vrijednostima).

U balneološkoj klasifikaciji navode se još (ako prelaze vrijednosti), ioni: Fe^{2+} (>7,0 mg/l), $As^{3+,5+}$ (>0,7 mg/l), F^- (>2,0 mg/l), Br^- (>5,0 mg/l), J^- (>1 mg/l), kao biološki aktivne tvari, koje s drugima vodi daju ljekovite označnice.

Balneološka klasifikacija obuhvaća plinove: sumporovodik (H_2S >1 mg/l = sumporne vode), ugljični dioksid (CO_2 >1000 mg/l = kiselice) i radon (Rn > 80 Bq/l = radonske ili radioaktivne vode).

Mineralne se vode, nakon provedene analize, mogu svrstati u alkalne, željezovite, kloridne, karbonatne, sulfatne, sumporovite itd. One mogu sadržavati i više natrijeva klorida. Ako sadržavaju više od 240 milimola Na^+ ili Cl^-, nazivaju se slanicama.

Vode koje sadržavaju slobodni ugljični dioksid (CO_2) više od 1000 mg/l zovu se kiselicama. Primjer je Jamnička kiselica. Vode s više magnezijeva sulfata jesu gorke vode.[2]

Ljekovitost mineralnih voda poznata je još od pretpovijesnoga doba. Biološko je djelovanje mineralnih voda važno za optok minerala, čija je nazočnost u ljudskome tijelu važna kao i ona bjelančevina, masnoća i vitamina. Pokušavale su se umjetnim postupcima pripremiti vode istoga sastava kao prirodne, mineralne vode, ali se nije postigao isti ljekoviti učinak.

* **Zavod za javno zdravstvo Županije splitsko-dalmatinske, Medicinski fakultet Sveučilišta u Splitu** (doc. dr. sc. Nives Štambuk-Giljanović, dipl. ing. kemije); **Ministarstvo vanjskih poslova RH, Odjel za kulturu, prosvjetu i znanost** (dr. Drago Štambuk)

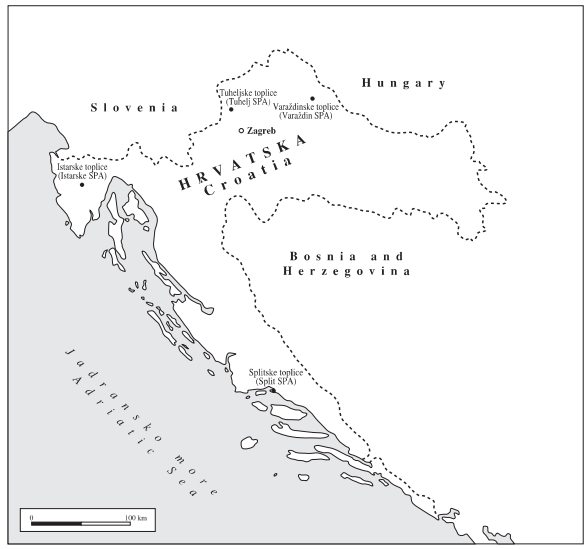
Adresa za dopisivanje: Doc. dr. sc. N. Štambuk-Giljanović, Zavod za javno zdravstvo Županije splitsko-dalmatinske, Vukovarska 46, 21 000 Split

Primljeno 30. listopada 2004., prihvaćeno 14. siječnja 2005.

Prema sadržaju otopljenih minerala ili drugih sastojaka te vode pomažu liječenju pojedinih bolesti. Time se bavi balneologija. Najčešće se rabe za liječenje reumatskih bolesti, bolesti dišnih, probavnih i drugih organa.

Danas se zna da i najmanji unos radioaktivnih tvari u ljudsko tijelo, ingestijom ili inhalacijom, može izazvati nepovoljne učinke. To je osobito važno u vodi s povećanom radioaktivnosti, jer se pijenje takve vode, ako nije pod nadzorom, može pogubno odraziti na zdravlje.[3,4]

Osim uporabe mineralnih voda za piće, one se rabe i za obloge i kupke. Neke su od tih voda dobile i svjetsku važnost, a iz toga proizlazi i gospodarska dobrobit za države.



Slika 1. *Sumporne vode u Republici Hrvatskoj*
Figure 1. *Sulphuric waters in Croatia*

Splitske toplice

Mineralna voda Splitskih toplica svrstava se u vode s povišenom koncentracijom sumporovodika (najmanje 12 mg/l). To je mineralna, Na-Cl, sumporna, hipotermna voda.

Bolnica Splitskih toplica nalazi se u središtu grada Splita, oko 200 m zapadno od Dioklecijanove palače, blizu morske obale. Mineralna voda Splitskih toplica izvire na nekoliko mjesta. *Glavni izvor* ili *Kupališno vrelo* nalazi se na jugozapadnome dijelu gradske Ribarnice, koja je udaljena oko 10 m od zgrade Splitskih toplica. Izvor je skupljen u zdenac dubok 2,2 m. Voda se iz toga zdenca rabi za Bolnicu. *Drugi izvor* ili *Samostansko vrelo* je u podrumu samostana sv. Frane, na zapadu splitske obale. Postoje još dva manja izvora, koji su i danas zatrpani.

Tablica 1. *Sastav nekih sumpornih voda u Hrvatskoj*
Table 1. *The composition of some sulphuric waters in Croatia*

		Splitske toplice Split spa	Istarske toplice Istrian spa	Varaždinske toplice Varaždin spa	Tuheljske toplice Tuhelj spa
Pokazatelji g/kg / Parameters g/kg					
Kationi/Cations	Na	8,79	0,5889	0,1031	0,0109
	K	0,3661	0,0235	0,0096	0,0029
	Ca	1,00	0,4120	0,1286	0,0637
	Mg	0,5631	0,09422	0,0248	0,038
Anioni/Anions	Cl	15,58	1,332	0,081	0,0026
	SO_4	2,20	0,0037	0,1499	0,00394
	HCO3	0,144	0,5455	0,4728	0,371
Nedisocirano	SiO_2	2,94	0,0360	0,04682	0,0548
Not dissociated	Al_2O_3	3,08	0,0005	0,0008	
	Fe_2O_3	1,06	0,0014	0,0003	
Mineralizacija/Mineralization		28,67	3,425	1,1724	0,5841
H_2S mg/l		20,0	23,3	7,0	7,6
Klasifikacija voda Water classification		Hipotermalna Hypothermal 21,3°C Sumporna Sulphuric	Hipotermalna Hypothermal 30,5°C Sumporna Sulphuric Radioaktivna Radioactive	Hipertermalna Hyperthermal 57,6°C Sumporna Sulphuric	Hipotermalna Hypothermal 33,1°C Sumporna Sulphuric
Dominantni kationi >20 mval % Dominant cations		Na	Na, Ca	Ca,Na	Ca, Mg
Dominantni anioni >20 mval % Dominant anions		Cl	Cl	HCO_3SO_4	HCO_3
Ispitivali/Examined by		Miholić, 1948.	Miholić, 1953.	Novak, 1962.	A. Režek, L. Marić, 1938.

Mnogi istraživači tvrde da je caru *Dioklecijanu* splitsko sumporno vrelo služilo za liječenje i da je zbog toga blizu njega sagradio palaču.

Miholić[5] tvrdi da to nije vjerojatno, jer o tome nema pisanih svjedočanstava. Poznato je da su Rimljani iskorištavali veoma topla mineralna vrela za liječenje. Podrobnije je o tome pisao Ivanković.[6] Francuski liječnik Jacques Spone prvi spominje splitsku sumpornu vodu 1671. i kaže da se ta

Tablica 2. *Sastav morske i sumporne vode u postotcima suhe tvari*
Table 2. *Composition of sea and sulphuric water in percentages*

Pokazatelj Parameter		Morska voda prema Buljanu Sea water according to Buljan	Voda Splitskih toplica prema Miholiću Sulphuric water from the Split spa according to Miholić
Kation %	Na	30,4	30,75
Cation %	K	1,19	1,28
	Ca	1,16	1,97
	Mg	3,7	3,5
Anion %	Cl	55,2	54,46
Anion %	SO_4	7,7	7,76
	HCO_3	0,35	0,25

Tablica 3. *Rezultati ispitivanja klorida i sumporovodika u izvoru Splitskih toplica*

Table 3. *Results of the chloride and hydrogen sulphide examination in the spring of Split spa*

Godina / Year Pokazatelj / Parameter	1952./53. N=49	1987. N=72	1988. N=72	1996. N=72
Kloridi/ Chloride				
% dana iznad 12‰ % of days above 12‰	85,7	76	80,6	94,4
$\bar{C}$	15,82	16,52	17,74	17,73
σ	1,31	1,41	1,81	1,26
KV%	8,32	8,53	10,2	7,1
Raspon / range	1,33–19,5	2,9–17,92	0–19,95	1,27–19,65
% dana ispod 12‰ % of days below 12‰	14,3	24	19,4	5,6
Mjesec ispod 12‰ Month below 12‰	12,1	3, 4, 5	1, 2, 3	6
Sumporovodik Hydrogen sulphide				
% dana iznad 12 mg/l % of days above 12 mg/l	73,46	73,6	66,7	88,9
$\bar{C}$	21,1	20,11	20,4	18,9
σ	4,81	3,07	3,76	2,76
KV%	22,8	15,26	18,43	14,60
Raspon / range	0–33,26	0–23,7	0–33	7,4–23,9
% dana ispod 12 mg/l % of days below 12 mg/l	26,53	22,4	33,3	11,1
Mjesec ispod 12 mg/l Month below 12 mg/l	4, 12, 1, 2	3, 4, 5	1, 2, 3, 4	6
Kiša-prosječno mm Rain-average mm from				
od 1. do 3. mjeseca / months		113,43	86,93	93,73
od 4. do 6. mjeseca/months		56,5	64,26	50,7
od 7. do 9. mjeseca/months		34,56	29,3	34,13
od 10. do 12. mjeseca/months		55,17	66,3	73,83

N – broj ispitivanja /number of analyses

voda ne iskorštava. Prve su kupke sagrađene 1821. godine, a prve analize i popis bolesti koje se mogu liječiti potječu iz 1823. godine.[7] Prema međunarodnoj klasifikaciji[8] splitska se sumporna voda svrstava u visokomineralizirane sumporne hipotermne vode, koje sadržavaju najmanje 1 mg/l sumporovodika.

Na području Republike Hrvatske, osim Splitskih toplica, nalaze se *Istarske*, *Varaždinske* i *Tuheljske toplice,* koje imaju oko 7 mg/l sumporovodika[9–12] (slika 1.).

Značajke splitskoga sumpornog vrela

Cilj ispitivanja splitskoga sumpornog vrela, koja su učinjena u Zavodu za javno zdravstvo Županije splitsko-dalmatinske u Splitu, u 1987., 1998. i 1996. godini, bio je istražiti sastav vrela, da bi se mogao iskoristiti u epidemiološkim usporednim studijama o učinkovitosti balneoterapijske primjene vrela.

Metode

Za utvrđivanje kakvoće sumpornoga vrela koje služi u liječenju u Splitskim toplicama ispitani su kloridi i sumporovodik u 1987., 1988. i 1996. godini.

Sadržaj sumporovodika određivan je jodometrijski.[13] U mineralnu vodu Splitskih toplica (100 ml) dodana su 3 ml kadmijeva klorida, a nakon nekoliko minuta 5 ml 0,05 N joda ($CdCl_2 + H_2S = CdS + 2HCl$). Nastali kadmijev sulfid reagirao je s jodom i pritom se izlučio elementarni sumpor ($CdS + J_2 = CdJ_2 + S$). Višak joda titriran je s 0,05 N Na-tiosulfatom ($Na_2S_2O_3$), a sadržaj sumporovodika izračunan je iz razlike između slijepe probe i probe.

Sadržaj klorida određen je titracijom sa srebrenim nitratom Mohrovom metodom,[14] s kalijevim kromatom kao indikatorom, uz prethodno odstranjenje sumporovodika s pomoću vodikova peroksida.

Ispitivanje vode sumpornoga vrela Splitskih toplica obavljano je šest puta na mjesec. Rezultati su prikazani kao srednje vrijednosti ($\bar{C}$), standardne devijacije (σ), koeficijenti varijacije u postotcima (KV%) i rasponi.

Rezultati

Rezultati ispitivanja splitske sumporne vode prikazani su na tablicama 3. i 4.

Tablica 3. donosi i statistički obrađene rezultate ispitivanja Instituta za oceanografiju i ribarstvo (1952./53. god.).[15]

Pri statističkoj obradbi rezultata uzete su u obzir dvije osobito različite vrste vode, i to voda prirodnoga sastava, ako nema većih dugotrajnih olujnih oborina i voda, neuobičajena, promjenljiva sastava za velikih oborina. Kao granična vrijednost tih dviju vrsta vode uzeto je da voda prirodnoga sastava ima najmanje 12‰ (promila) klorida i najmanje 12 mg/l H_2S, a voda neuobičajena sastava, za velikih oborina, ima manje klorida i sumporovodika.[16]

Rezultati ispitivanja vode, u zahvatnom objektu i u stajaćoj vodi, u preljevnom odvodu, za kratkotrajna presušenja

Tablica 4. *Sastav vode iz zahvatnog objekta i preljevnoga kanala (1996. godina)*

Table 4. *Composition of water from the spring intake capture object and from the water flowing channel (year 1996)*

Pokazatelji Parameters	Voda iz zahvatnog objekta Water from the spring intake capture object			Voda iz preljevnoga kanala Water from the water flowing channel		
	mg/l	mmol/l	mval/l	mg/l	mmol/l	mval/l
Temperatura Temperature (°C)	16			19		
Hidrogenkarbonati Hydrogencarbonate (HCO_3^-)	125,7	2,06	2,06	128	2,09	2,09
Kloridi Chloride (Cl^-)	92	2,59	2,59	4437	124,98	124,98
Sulfati Sulphate (SO_4^{2-})	32	0,333	0,666	715	7,447	14,895
Kalcij Calcium (Ca^{2+})	83,2	2,08	4,16	188	4,7	9,4
Magnezij Magnesium (Mg^{2+})	3,84	0,16	0,32	231	9,63	19,25
Sumporovodik Hydrogen sulphide	0			0		

Tablica 5. *Temperatura (°C) mineralne vode Splitskih toplica (1987., 1988. i 1996. god.)*
Table 5. *Temperature (°C) in the spring of Split spa (years 1987,1988 and 1996)*

Mjesec/godina/nadnevak Month/year/date	1987.	Temperatura temperature (°C)	1988.	Temperatura temperature (°C)	1996.	Temperatura temperature (°C)
Siječanj/January	12.	14,3	10.	14,4	20.	14,0
Veljača/February	2.	16,4	5.	14,9	5.	15,9
Ožujak/March	10.	19,9	15.	19,5	11.	18,9
Travanj/April	5.	20,6	3.	20,2	8.	20,0
Svibanj/May	4.	21,1	2.	21,0	10.	21,5
Lipanj/June	2.	20,58	5.	20,0	5.	21
Srpanj/July	22.	21,5	20.	20,9	15.	21,5
Kolovoz/August	5.	21,6	4.	21,4	8.	21,5
Rujan/September	15.	22,7	11.	23,5	20.	23
Listopad/October	30.	23,75	20.	22,9	23.	23,2
Studeni/November	12.	20,9	10.	20,5	16.	20,5
Prosinac/December	8.	21,1	10.	21,5	18.	20,2
Srednja vrijednost Mean value ($\bar{C}$)		20,34		20,05		19,96
Standardna devijacija Standard deviation (σ)		2,58		2,77		2,58
Koeficijent varijacije Variation coefficient (KV%)		12,7		13,8		12,9
Raspon/Range		14,3–23,75		14,4–23,5		14,0–23,2

(1996.) prikazani su na tablici 4. Iz nje je razvidno da je voda iz zahvatnog objekta krška voda hidrokarbonatne vrste. Kalcija ima znatno više od magnezija. Ta voda ima više klorida od krških voda,[19] što upućuje na utjecaj mora. Sulfati su zbog toga malo povišeni. Voda iz preljevnoga odvoda (tablica 4.) razrijeđena je morska voda, jer ima povišene kloride i više magnezija nego kalcija.

Pojedinačni rezultati ispitivanja sumporovodika i klorida prikazani su na slici 2. Na ordinati je prikazan sadržaj klorida (puna crta), a desetodnevne prosječne oborine prikazane su stubičastim dijagramom. Na apscisi su prikazani mjeseci ispitivanja u 1987., 1988. i 1996. godini.

Tablica 5. prikazuje rezultate ispitivanja temperature za trogodišnje razdoblje (1987., 1988. i 1996.). Najviša je temperatura sumpornoga vrela Splitskih toplica bila 23,75°C (30. listopada 1987.), a najniža 14°C (20. siječnja 1996.). Kroz cijelo je ispitivano razdoblje voda imala hipotermalne značajke.

Rasprava

Mineralna voda Splitskih toplica imala je najmanje 12‰ klorida (76 do 94,4% dana godišnje) i 12 mg/l sumporovodika (66,7 do 88,9% dana godišnje) (tablica 3.).

Za sušna razdoblja sadržaj je klorida prosječno bio od 16,5 do 17,7‰ s koeficijentom varijacije 14,6 do 18,4%. Nema bitne razlike između rezultata dobivenih 1987., 1988. i 1996. godine i onih koji su dobiveni 1952./1953. godine.

Rezultati ispitivanja sumporovodika i klorida, u prvoj polovici godine, znatno više odstupaju nego u drugoj polovici, što je uvjetovano količinom oborina i temperaturom (slika 2.).

U prvoj polovici godine, kada je bilo više oborina i kada su temperature bile niže, naglo se smanjivao sadržaj klorida, a smanjivao se i nestao sumporovodik. Tada su temperature bile od 14 do 16°C. To je bilo u ožujku 1987. godine, u veljači i ožujku 1988. godine, poslije velikih kiša. Treba reći da se u 1996. godini nije znatno snizio klorid i nestao sumporovodik, što se tumači manjim oborinama nego u prethodnim ispitivanim godinama (slika 2.).

Najniži klorid u 1987. i 1996. godini bio je 1,2‰, a u 1988. godini izvor je zakratko presušio. To se često događa. O tome su pisali Vierthaler, 1867.[18] i Glaser 1909. godine.[19]

Zapravo, ne radi se o presušivanju, nego o smanjenju dotoka podzemne vode u zahvatni objekt, pa se voda prelijeva u odljevni odvod, u more. To se dogodi kada je najniži vodostaj mora, nakon duljih suša, i to koncem ožujka, kada u izvor dotječe samo kopnena (slatka) voda, 2–3 l/s, a uobičajeni je dotok oko 15 l/s.

U razdoblju presušivanja izvora temperatura vode je niska i ima sumporovodik. Povišenjem vodostaja mora i s manjim oborinama protok se vode izvora ustaljuje, pa izvorska voda ima uobičajenu ili neznatno povišenu razinu sumporovodika (30 mg/l), do 18000 mg/l klorida (18‰), a temperatura bude 23°C. O tome je pisao Baturić.[20]

On to tumači niskim vodostajem mora, a ustaljivanje sastava mineralne vode njezinim prelijevanjem iz podzemnih vodospremnika pod utjecajem kopnene vode.

Sastav morske vode i mineralne vode Splitskih toplica veoma je sličan (tablica 2.), a u vodi Splitskih toplica ima neznatno više kalcija i sulfata. To može biti posljedica prirodnih promjena. Međutim, obje se vode razlikuju prema sadržaju otopljenih soli, tj. prema mineralizaciji. Morska voda ima oko 34 g/l, a mineralna voda Splitskih toplica prosječno oko 28 g/l otopljenih soli i sumporovodik. To upućuje na to da se mineralna voda Splitskih toplica sastoji od morske i kopnene vode.

Sumporne se vode u Hrvatskoj (tablica 1.) međusobno razlikuju prema kemijskom sastavu, prema stupnju mineralizacije i prema sadržaju sumporovodika. Budući da se izvor mineralne vode Splitskih toplica nalazi veoma blizu mora, na tu vodu utječe more.

Voda Varaždinskih toplica je prema balneološkoj karakteristici: mineralna, Ca-Na-HCO_3-SO_4, sumporna, hipertermna, a voda Tuheljskih toplica je Ca-Mg-HCO_3, sumporna, hipotermna.

Prema Buljanu[15] izvorska se sumporna voda sastoji od morske i od mineralne sulfatne vode, koja pripada vrsti vodâ iz gipsanih naslaga Slane Jaruge u Glavici kraj Sinja. Te su

dvije vode pomiješane s fosilnom organskom tvari, što je čine npr. bitumen, asfalt, kojima obiluju eocenske vapnenačke podloge na istočnoj obali Jadrana.[12] Na tom se staništu organske tvari (bitumen, asfalt) vrši oksidacija pod anaerobnim uvjetima. Budući da se na tom staništu nalazi malo zraka, oksidacija se obavlja kisikom iz sulfata. Pritom se sulfat reducira u H_2S.

Premda se ta oksidacija organske tvari obavlja na mjestu miješanja morske i kopnene mineralne vode, Buljan tvrdi da se oksidacija obavlja na temelju sulfata iz mineralne sulfatne vode. Oksidacijom se oslobađa toplina, pa izvorska voda ima povišenu temperaturu.

Budući da je omjer SO_4/Cl u sumpornoj vodi veći nego u moru splitske luke i Kaštelanskoga zaljeva, Buljan zaključuje o mineralnoj sulfatnoj vodi. Piše da je sadržaj kalcijeva sulfata 14 do 62% veći u sumpornoj vodi.

Rezultati ispitivanja upućuju na to da je izvorska voda, kada izvor presuši a more ima najniži vodostaj, krška kalcijsko-hidrokarbonatna voda, a ne mineralna sulfatna voda.

Osim toga kopnene su vode u Srednjoj Dalmaciji, u slijevu rijeka Cetine, Jadra i Žrnovnice izrazito krške hidrokarbonatne vode, a ne sulfatne vode, osim maloga izvora Slane Jaruge u Glavicama kraj Sinja. Krške, vode ali ne i mineralne, koje sadržavaju dosta sulfata, nalaze su u slijevu Krke i Čikole, vode na području Imotskoga, Vrgorca i Baćinskih jezera, i nije vjerojatno da se te vode slijevaju u izvor Splitskih toplica.

Morska voda, koja je sastavni dio sumporne vode, ima mnogo sulfata za redukciju i stvaranje sumporovodika.

Važnu ulogu u stvaranju H_2S ima temperatura. Buljan[15] nalazi da H_2S može nastati samo ako je temperatura izvorske vode 17–19°C.

Prosječna temperatura izvorske vode Splitskih toplica, pri uobičajenu sastavu, jest oko 21°C, ne odstupa mnogo, a najviša je temperatura oko 24°C (tablica 5.).

Za olujnih oborina povećava se dotok površinske vode u izvor. Ta je voda znatno hladnija. Tada se ona obogati kisikom i nestaje sumporovodik. To se razdoblje zove oksidacijskim. Oksidacijsko razdoblje može trajati od nekoliko mjeseci do nekoliko dana. Prema Buljanu[15] za uobičajeno sumporno razdoblje svojstvene su pojedine sastavnice: kloridi najmanje 10–14‰, temperatura vode najmanje 17–19°C, sumporovodik je beziznimno prisutan, kisik je beziznimno prisutan.

Balneološka primjena mineralne vode Splitskih toplica

Balneoterapijsko djelovanje mineralne vode Splitskih toplica temelji se na utjecaju sumporovodika. Ta se voda iskorištava za kupanje. Liječenje mineralnom vodom Splitskih toplica provodi se uz druge procedure i metode fizikalne terapije i rehabilitacije. Voda se Splitskih toplica najčešće preporučuje za liječenje reumatskih bolesti. Ona smanjuje tegobe oboljelih i od psorijaze, sklerodermije i reumatoidnog artritisa. Preporučuje se radnicima koji su izvrgnuti utjecaju teških kovina, među kojima su slagari, mineri, rudari, pogotovo radnici koji rade u rudnicima žive, jer sumporovodik veže teške kovine i tako detoksicira organizam.

Zaključci

1. Mineralna je voda Splitskih toplica, prema svom kemijskom sastavu, veoma slična morskoj vodi, ali je manje mineralizirana i ima sumporovodika.
2. Pod utjecajem velikih oborina u hladnije doba godine (zimi i na početku proljeća) odnos se između morske i kopnene vode mijenja, čime se smanjuje sadržaj klorida i drugih minerala, a snižavanjem temperature smanjuje se ili nestaje sumporovodik. Za graničnu vrijednost između vode uobičajenog izrazitoga sastava i vode u kišno hladnije doba uzet je sadržaj od 12‰ klorida i 12 mg/l sumporovodika.
3. Povremeno, poslije dulje suše, zimi i kada je najniži vodostaj mora izvor zakratko presuši. Tada se protok smanjuje na 1/5 prosječne izdašnosti izvora, a u izvor dotječe kopnena voda hidrokarbonatne vrste.
4. Na temelju rezultata istraživanja mineralne vode Splitskih toplica razvidno je da se izvorska voda, u doba presušivanja, sastoji od kopnene krške hidrokarbonatne vode, suprotno od dosadanjega tumačenja podrijetla mineralne vode Splitskih toplica, prema kojem se mineralna voda Splitskih toplica uobičajeno sastoji od morske i od mineralne sulfatne vode.
5. U odnosu na promjenjive koncentracije sumporovodika u vodi Splitskih toplica, treba ih trajno pratiti, jer o njima vjerojatno ovisi učinak liječenja bolesne kože i zglobova vodom.

LITERATURA

1. *Slišković I.* Potencijali mineralnih, termalnih i termomineralnih voda srednje Bosne. Hrvatske vode 1998, 6(25):375–381.
2. *Levačić E.* Osnove geokemije voda. Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet u Varaždinu, Varaždin; 1997:210.
3. Enciklopedija leksikografskoga zavoda, I. izdanje, knj. 4. Zagreb, 1968; 365.
4. *ICRP*, 1990. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Oxford, Pergamon Press, ICRP Publication 60, 1991.
5. Godišnjak balneološkoga klimatološkoga instituta NRH., sv. 1. Zagreb 1952.
6. *Ivanković M.* Povijest Splitskih toplica. Kulturna baština br. 11., 12., 13. Split 1981.
7. Medicinska enciklopedija, I. izdanje, knj. 6., 520–521.
8. *Novak R.* Osvrt na klasifikaciju termomineralnih voda, Radovi Medicinskog fakulteta, Zagreb, 1968.; XVI (fasc.1):63–70.
9. Medicinska enciklopedija, I. izdanje, knj. 4., 1969; 526.
10. Medicinska enciklopedija, I. izdanje, knj. 3., 518.–519.
11. Medicinska enciklopedija, I. izdanje, knj. 6., 6, 30. i 360.
12. *Buljan M, Zore-Armanda M.* Osnovi oceanografije i pomorske meteorologije. Split 1971; 38–39.
13. American Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington: APHA; 1975, str. 505.
14. American Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington: American Public Health Association; 1995, str. 4–49.
15. *Buljan M.* Porijeklo vode Splitskih toplica. Acta Adriat 1955;7(4): 1–23.
16. *Buljan M.* Nova geokemijska metoda za razlikovanje prirodnih voda, Croat Chem Acta 1962;34:13–23.
17. *Štambuk-Giljanović N.* Vode Cetine i njezina poriječja. Split: Zavod za javno zdravstvo Županije splitsko-dalmatinske; 2002, str. 814.
18. *Vierthaler A.* Chemische Analyse der Schwefelquellen in Spalato, Sitzber, d. Math.-Naturwissen. C. K. Akademie Wiss. LVI. Bd. II. Abt. 1867.
19. *Glaser E.* Chemisch-physikalische Untersuchungen der Schwefelquelle in Spalato. Wiener klinische Wochenschrift XXII., Jahrgang, 1909;25: 892–896.
20. *Baturić I.* Hidrogeološka i hidrološka istraživanja izvora Splitskih toplica. Zagreb: Zavod za rudarska mjerenja i geofizička istraživanja: 1959.