

## Geohemija većih jalovišta rudnika metala zapadne i centralne Srbije

BOŽIDAR V. ĐOKIĆ, Geološki zavod Srbije, Beograd  
VLADIMIR M. SIMIĆ, Univerzitet u Beogradu,  
Rudarsko geološki fakultet, Beograd  
MILUN M. JOVANOVIĆ, Geološki zavod Srbije, Beograd,

Originalni naučni rad  
UDC: 622.271.4:626.877(497.11)

*U radu je ukazano na veoma visoke koncentracije teških metala u većim jalovištima zapadne i centralne Srbije. Ove deponije su često u poljoprivrednom okruženju koje se obrađuje. U analizama zemljišta u okolini Kukanjica potoka sadržaji teških metala su u fitotoksičnom opsegu. Teški metali poreklom sa deponija su konstatovani i u vodama sa i iz okoline jalovišta. Ukazano je i na mogućnosti valorizacije materijala iz jalovišta.*

**Ključne reči:** jalovišta, polimetalne rude, teški metali

### 1. UVOD

Na svetu još uvek nije ostvarena rudarska proizvodnja iza koje nije preostao rudarski otpad. Ovaj otpad je mehanički i hemijski tretiran, tako da ujedno predstavlja i industrijski otpad. Otpad se formira eksploatacijom i preradom metalnih, nemetalnih i energetskih mineralnih sirovina. Eksploatacija i prerada metalnih mineralnih sirovina ostavlja najpogubnije posledice na životnu sredinu. Odlaganjem otpada na deponiju formira se jalovište. Jalovišta su smeštena u krajevima koji imaju poljoprivredne, kulturne, istorijske, često i turističke potencijale.

U prošlosti su u rudnicima u svetu i Srbiji eksploatisane i prerađivane polimetalne rude sa mnogo manjim stepenom iskorišćenosti nego danas, tako da su koncentracije korisnih komponenti u njima često dovoljno visoke da se mogu tretirati i kao potencijalne rude. Polimetalne rude zahtevaju različite postupke prerade. Tehnološka obrada ruda se, posebno u prošlosti, obavljala u blizini rudnika. Danas su jalovišta uglavnom tamo gde se vršila i eksploatacija. Blizina voda, najčešće reka je bila važan i potreban uslov za preradu ruda. Voda je često bila medijum kojim je ruda transportovana kao sirovina, a kasnije i kao proizvod. Istorija rudarenja je dobrim delom svetska, a posebno evropska istorija.

Srbija obiluje deponijama u kojima su konstatovane vrlo visoke koncentracije teških metala. Poveća-

ni sadržaji su izraženiji u flotiranom nego u rudničkom jalovinskom materijalu. Povećani sadržaji teških metala su konstatovani i u vodama sa i iz okoline deponija. U zemljištu iz okoline Kukanjica potoka teški metali se javljaju u visokim koncentracijama.

U svetu je u novijoj istoriji izražen multidisciplinarn pristup analizi uticaja jalovišta na životno okruženje. Srbija veoma zaostaje sa kvalitetom informacija vezanih za ove uticaje. Veoma često izostaju i osnovne informacije o prisustvu i položaju jalovišta u odnosu na okolinu.

### 2. EKSPLOATACIJA I JALOVIŠTA U SRBIJI

Eksploatacija mineralnih sirovina u Srbiji seže do preantičkog perioda. Fizičko i hemijsko devastiranje čak celih regija je bilo najizraženije u drugoj polovini 20. veka kada je, u želji za brzom industrijalizacijom, prerada ruda uključivala relativno zastarele tehnologije koje nisu mnogo uzimale u obzir zaštitu životne sredine. Naravno da se u moderno doba teži unapređenju i eksploatacije mineralnih sirovina, ali naročito na smanjenje negativnog uticaja eksploatacije na životnu sredinu. U tom pravcu su i orijentisana novija istraživanja i planiranja eksploatacije metalnih mineralnih sirovina, ali i kamenih agregata u Srbiji, koja su veoma često finansirana iz inostranih fondova [1; 2]. Obično podaci o jalovištima iz okoline rudnika izostaju [3], iako mogu da predstavljaju potencijalnu mineralnu sirovinu bilo kroz ponovno procesiranje ruda ukoliko je to ekonomski opravdano, ili pak kroz valorizaciju kao sekundarni agregati za putogradnju.

Eksploatacija u Srbiji se obavlja severno i južno od Save i Dunava. Severne prostore karakterišu de-

Adresa autora: dr Božidar Đokić, Geološki zavod Srbije, Beograd, Rovinjska 12

Rad primljen: 28.08.2013.

Rad prihvaćen: 01.11.2013.

ponije formirana eksploatacijom nafte, prirodnog gasa, uglja i nemetaličnih mineralnih sirovina, a južne jalovišta nastala nakon eksploatacije metaličnih, nemetaličnih mineralnih sirovina i uglja [4]. Jalovišta formirana eksploatacijom ruda metala su opasnija za životnu sredinu [5].

Rude metala čijom eksploatacijom su nastala jalovišta su smeštena u Srpsko-makedonskoj i Karpato-balkanskoj metalogenetskoj provinciji [4]. Jalovišta u Karpatsko-balkanskoj metalogenetskoj provinciji su kvalitativno izdašnija u jalovinskom materijalu.

Jalovišta Srbije smeštena su u podrinjskom i šumadijskom metalogenetskom rejonu, rudničkom rudnom polju, kopaoničkoj metalogenetskoj oblasti, lećkom vulkanogenom kompleksu, metalogenetskom rejonu Besne kobile, borskoj metalogenetskoj zoni i gabro-peridotitskom masivu Deli Jovana (slika 1, [4, 6]).

### 3. ANALITIČKI POSTUPCI

U okviru analitičkih postupaka sprovedena su terenska i laboratorijska ispitivanja.

**Terenska ispitivanja.** Jalovišta su geopozicionirana uređajem GPS MAP60CSx. Na terenu su u jalovinskom materijalu uočene razlike u veličini klasta, njihovom materijalnom sastavu i boji. Uzorci predstavljaju reprezent materijala prikupljenog sa dubine od oko 15 cm.

**Laboratorijska ispitivanja.** Ova ispitivanja predstavljaju hemijske analize vršene radi utvrđivanja kvalitativnih i kvantitativnih sadržaja i međusobnog odnosa teških metala u jalovinskom materijalu, vodama sa jalovišta i iz okoline i zemljišta oko deponije Kukanjica potok. Analize su rađene metodom atomske apsorpcione spektrofotometrije u laboratoriji Geološkog instituta Srbije u Beogradu. Metodom plamene tehnike određivane su koncentracije Cr, Pb, Zn, Cu, Fe, Ni i Cd; a hidridnom sadržaji As i Hg. Uzorci zemljišta su prevođeni u rastvor nitrata i hlorida dobijan dejstvom carske vode na 10 g uzorka. Analize predstavljaju sastav reprezentativnog uzorka u realnom vremenu [3].

### 4. REZULTATI

Podaci o jalovištima u Srbiji uglavnom izostaju. U radu su prikazani rezultati istraživanja hemijskog sastava materijala sa većih jalovišta, voda sa i iz okoline i zemljišta iz okoline jalovišta Kukanjica potok (tabela 1, 2 i 3). Jalovišta na ovim lokalitetima su formirana eksploatacijom polimetaličnih ruda kod kojih su dominantne korisne mineralne sirovine bile olovo, barit i antimon [3]. Deo materijal sa Bobije i Brasinje je ručno separisan.

#### 4.1. Prikaz rezultata

U radu su diskutovani kvantitativni odnosi najzastupljenijih najtoksičnijih elemenata konstatovanih na jalovištima - oni čiji je uticaj na životno okruženje najveći. Zbog obilnosti podataka, grafički su prikazani obrađeni podaci deskriptivne statistike samo za jalovišta zapadne Srbije (slika 2 i 3).

**Olovo** je najzastupljeniji teški metal koji na jalovištima kontinuirano pokazuje visoke koncentracije - najveće sadržaje ostvaruje u flotiranom, a najniže u rudničkom jalovinskom materijalu (slika 2). Ovde ostvarene najniže koncentracije su veće od prosečnih u zemljinoj kori [5].

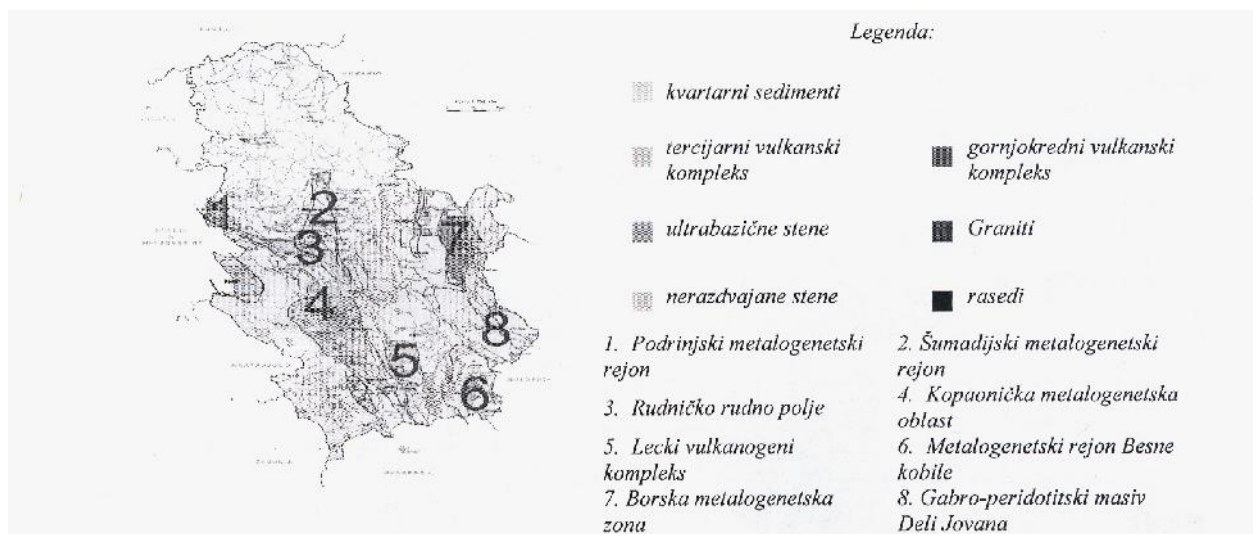
U flotacijskim jalovištima zapadne Srbije medijana je veća od aritmetičke sredine što ukazuje na negativnu asimetriju-histogram asimetričan u levo. U analizama jalovišta centralne Srbije histogrami su asimetrični u desno, aritmetička sredina je veća od medijane i asimetrija histograma je pozitivna (tabela 4).

Medijana je u uzorcima iz zapadne Srbije bliža trećem kvartilu, a u centralnoj Srbiji prvom i minimalnim koncentracijama (slika 2). Varijansa i standardna devijacija su najmanje u rudničkim jalovištima zapadne Srbije (tabela 4).

Ovaj teški metal je utvrđen u vodama sa i iz okoline jalovišta. U Orovičkoj reci, u koju se skuplja materijal jalovišta sa Bobije, je u koncentracijama iznad maksimalno dozvoljenih za 2 klasu vode; u jalovinskim vodama Velikog majdana i u Krupinskoj reci je u sadržajima iznad maksimalno dozvoljenih za 4 klasu vode. U vodama jalovišta Kukanjica potok - u sadržajima iznad dozvoljenih za 2 klasu, a u jalovinskim vodama Zlokućanskog potoka iznad maksimalno dozvoljenih koncentracija za 2 odnosno 4 klasu vode (tabela 2 [3, 6]). U zemljištima iz okoline jalovišta Kukanjica potok je u koncentracijama koje višestruko prevazilaze fitotoksične (tabela 3[3, 7]).

**Cink** je sledeći po zastupljenosti. Srednje koncentracije cinka su veće u flotacijskim nego u rudničkim jalovištima. Maksimum sadržaja ostvaruju u centralnoj Srbiji (Rudnica i Zlokućanski potok) gde su koncentracije cinka veće od olova (tabela 4)

Maksimalne koncentracije cinka niže su od medijane olova u flotacijskim jalovištima. Medijana je u svim jalovištima bliža prvom kvartilu i minimumu, nego trećem (slika 2). Medijana je u jalovištima centralne Srbije veća od prosečne vrednosti, što ukazuje na negativnu asimetriju - na levo asimetričan histogram. U jalovištima zapadne Srbije, medijana je bliska, ali manja od aritmetičke sredine, pa je asimetrija pozitivna - histogram u desno asimetričan. Varijansa i standardna devijacija su najniže u rudničkim jalovištima zapadne Srbije (tabela 4)



Slika 1 - Prostorni raspored jalovišta u Srbiji [6]

Tabela 1. Regionalna pripadnost, vrste i naziv jalovišta, koordinate, broj izvršenih hemijskih analiza i prosečne koncentracije teških metala konstatovanih na jalovištima zapadne i centralne Srbije [3]

Regionalna pripadnost	Vrsta jalovišta	Naziv jalovišta	Koordinate lokaliteta	Broj analiza	Teški metali (ppm)						
					Pb	Zn	Cu	Cr	Ni	As	
zapadna Srbija	Flotacijsko	Veliki Majdan	7365118, 4905257	3	2983	1036	113	34	166	16.7	
		Stolice	7366897, 4919471	4	618	1907	122	20	113	26.8	
	Rudničko (separaciono)	Bobija	7384883, 4896771	3	3495	259	175	176	77	5.6	
			7384899, 4896544	1	4970	658	292	38	74	3.9	
	Rudničko	Brasina	7355673, 4925792	2	55	82	28	89	118	1.2	
			Zavorje	7360801, 4923600	1	32	111	17	22	43	2.3
			Kostajnik	7366955, 4919194	2	72	151	32	29	118	1.3
			Štira	7361987, 4923101	3	76	199	41	97	68	15.6
			Kik	7366384, 4920475	2	64	41	20	19	57	14.8
			Cip	7360738, 4921294	1	242	75	22	51	141	22.6
centralna Srbija	Flotacijsko	Dolić	7365607, 4920459	2	495	283	62	46	106	15.7	
		Rudnica	7474351, 4787844	16	2503	6990	187	183	71	15.0	
		Kukanjica potok	7475652, 4788530	8	3479	1031	134	28	32	17.6	
		Zlokućanski potok	7459390, 4884853	14	1850	4375	380	246	403	21.7	

Tabela 2. Koncentracije teških metala u vodama sa i iz okoline jalovišta zapadne i centralne Srbije [3]

Regionalna pripadnost	Najbliže jalovište	Broj analiza	Teški metali (ppm)					
			Pb	Zn	Cu	Cr	Ni	As
Zapadna Srbija	Veliki Majdan	2	0.137-0.094	0.155-0.017	0.034-0.021	0.003	<0.004	0.016-0.004
	Krupinska reka	4	0.93-<0.01	1.92-0.011	0.564-0.009	0.413-<0.003	0.452-<0.004	0.003-<0.001
	Orovička reka	4	0.06-0.04	1.2-0.388	0.282-0.77	0.058-0.016	0.55-0.14	0.089-0.002
	Stolice	5	<0.01	0.697-0.006	0.015-0.005	0.008-<0.003	<0.004	0.369-0.014
Centralna Srbija	Kukanjica potok	3	0.523-0.019	0.327-0.009	0.038-0.007	<0.006	<0.004	0.5-0.255
	Zlokućanski potok	7	0.812-0.011	0.448-0.006	0.566-<0.004	0.031-<0.006	0.066-<0.004	0.114-<0.5

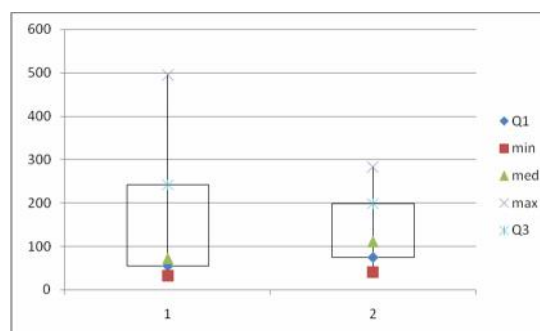
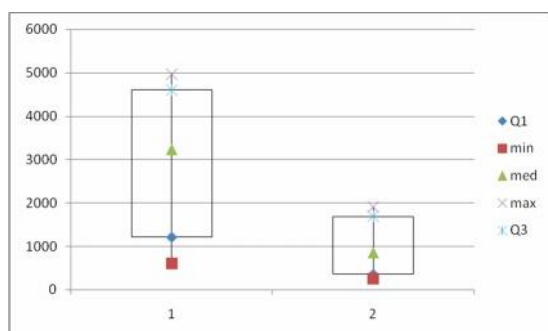
Tabela 3. Sadržaji teških metala u zemljištu iz okoline Kukanjica potoka [3]

	Teški metali (ppm)					
	Pb	Zn	Cu	Cr	Ni	As
Kukanjica potok	200	300	<g.d.	53	37	100
	1850	3700	50	□ g.d.	40	200
	5345	2638	255	96	41	315
	70	100	50	175	45	70
	100	200	<g.d.	<g.d.	<g.d.	25
	1593	3638	158	8	14	456

Koncentracije cinka u Krupinskoj reci prevazilaze maksimalno dozvoljena za 4 klasu vode. Cink nije u visokim sadržajima utvrđen u vodama jalovišta Veliki majdan, pa su njegove visoke koncentracije verovatno vezane za jalovište Džavrin potok (staro flotacijsko) koje nije obuhvaćeno ovim radom. Bakar je u Orovičkoj reci prisutan u koncentracijama većim od maksimalno dozvoljenih za 2 odnosno 4 klasu vode. U jalovinskim vodama na Stolicama, Kukanjica i Zlokućanskom potoku je lokalno prisutan u sadržajima iznad maksimalno dozvoljenih za 2 klasu vode (tabela 2 [3, 7]). U zemljištu u okolini jalovišta Kukanjica potok koncentracije su u fitotoksičnom op-

segu. Toksični efekti ovih koncentracija zavise u dobroj meri od njihovih interakcija sa gvožđem, bakrom i kalcijumom (tabela 3, [3, 8]).

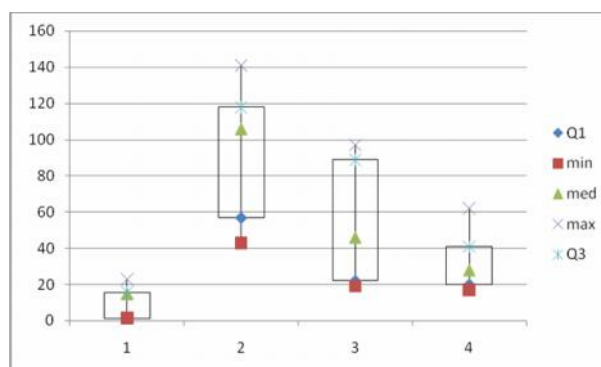
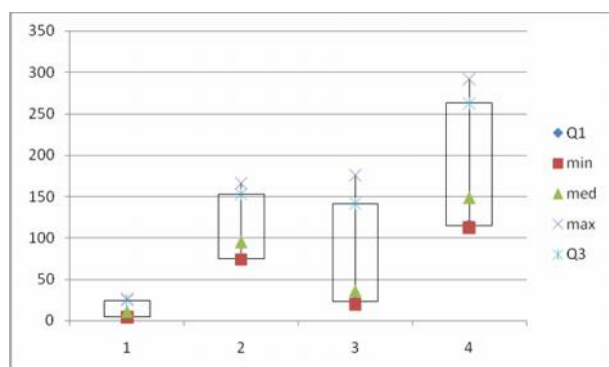
**Arsen** je u kontinuitetu prisutan u svim jalovištima (slika 3). Najveće sadržaje ostvaruje u flotacijskim u centralnoj Srbiji. U ovim analizama je i najmanja varijansa i standardna devijacija. Medijana je u uzorcima rudničke jalovine jedino veća od prosečne vrednosti, što ukazuje na negativnu asimetriju - na levo asimetričan histogram (tabela 4). Arsen je u vodama sa jalovišta Stolice, Kukanjica i Zlokućanski potok konstatovan u koncentracijama većim od dozvoljenih za 4 klasu vode [7].



Slika 2 - Statistički parametri koncentracija olova (1) i cinka (2) na većim flotacijskim (levo) i rudničkim (desno) jalovištima zapadne Srbije

Tabela 4. Statistički parametri najzastupljenijih teških metala na jalovištima zapadne i centralne Srbije

	HEMIJSKI ELEMENTI						JALOVIŠTA
	Olovo	Cink	Arsen	Nikl	Bakar	Hrom	
Aritmetička sredina	3016.5	965.0	13.3	107.5	175.5	67.0	Zapadna flot.
	2610.7	4132.0	18.1	168.7	233.7	152.3	Centralna flot
	148.0	134.6	10.5	91.0	31.7	50.4	Zapadna rudnička
Medijana	3239.0	847.0	11.2	95.0	148.5	36.0	Zapadna flot.
	2503.0	4375.0	17.6	71	187.0	183.0	Centralna flot
	72.0	111.0	14.8	106	28.0	46.0	Zapadna rudnička
Standardna devijacija	1807.3	703.6	10.7	42.8	82.3	73.1	Zapadna flot.
	819.8	2986.9	3.4	203.9	129.5	112.2	Centralna flot
	168.0	83.7	8.7	35.9	15.6	31.4	Zapadna rudnička
Varijansa	3266349.7	495030.0	113.8	1835.0	6780.3	5340.0	Zapadna flot.
	672104.3	8921707.0	11.4	41564.3	16762.3	12586.2	Centralna flot
	28227.7	7012.6	76.1	1288.0	244.2	988.6	Zapadna rudnička
Skewnes	-.704	.872	.694	1.140	1.414	1.932	Zapadna flot.
	.581	-.364	.652	1.661	1.411	-1.138	Centralna flot
	1.911	.935	-.004	-.113	1.395	.709	Zapadna rudnička



Slika 3 – Statistički parametri koncentracije arsena (1), nikla (2), hroma (3) i bakra (4) na većim flotacijskim (levo) i rudničkim (desno) jalovištima zapadne Srbije

**Nikl** je konstatovan u svim jalovištima (tabela 2). Veće koncentracije ostvaruje kod flotacijskih jalovišta gde je medijana manja od aritmetičke sredine što ukazuje na pozitivnu asimetriju - desno asimetričan histogram. Medijana koncentracija nikla u rudničkim jalovištima je bliska trećem kvartilu, i veća je od maksimalnih sadržaja arsena, hroma i bakra (slika 3).

Ovaj teški metal je u sadržajima maksimalno dozvoljenim za 2 klasu lokalno konstatovan u jalovinskim vodama Zlokućanskog potoka, a vode Orovičke reke su na osnovu njegovog prisustva svrstane u 4 klasu. Nikl se javlja u Krupinskoj reci u sadržajima iznad dozvoljenih za 4 klasu vode. Pošto je na Velikom Majdanu u niskim sadržajima, povećani sadržaji su verovatno vezani za Džavrin potok (tabela 2, [3, 7]).

**Hrom** je kontinuirano prisutan u svim jalovištima. U većim nego prosečnim sadržajima za zemljinu koru se javlja u flotacijskim jalovištima centralne Sr-

bije (Rudnica, Zlokućanski potok) i na Bobiji (tabela 2, [5]). Na flotacijskim jalovištima centralne Srbije jedino je medijana veća od aritmetičke sredine što ukazuje na negativnu asimetriju - levo asimetričan histogram (tabela 4). U rudničkim jalovištima zapadne Srbije, medijana je bliža prvom kvartilu, ali je i veća od maksimalnih sadržaja arsena (slika 3).

Prisustvo hroma vode Krupinske reke svrstava u 2 klasu [3, 7]. Koncentracije hroma su u fitotoksičnom opsegu lokalno u zemljištu iz okoline jalovišta Kukanjica potok [3, 8].

**Bakar** je u sadržajima većim od prosečnih u zemljinoj kori konstatovan u svim flotacijskim jalovištima (tabela 2, [5]). Mnogo je zastupljeniji u flotacijskim nego rudničkim jalovištima (tabl. 4). U ovim jalovištima su veće vrednosti trećeg kvartila bakra nego maksimalnih koncentracija arsena, nikla i hroma (slika 3). Srednja koncentracija bakra je u svim analizama veća od medijane, što ukazuje na pozitivnu asimetriju - desno asimetričan histogram.

Zbog povećanih sadržaja ovog metala, vode jalovišta Kukanjica i Zlokućanski potok, Krupinska i Orovička reka su svrstane u 4 klasu [3, 7]. Sadržaji bakra su u fitotoksičnom opsegu u zemljištima u okolini Kukanjica potoka [3, 8].

#### 4.2. Diskusija rezultata

**Olovo**, najtoksičniji teški metal, pokazuje koncentracije veće od dozvoljenih što najverovatnije i određuju fitotoksična svojstva jalovine. Nalazi se na drugom mestu rang liste toksičnih i hazardnih supstanci. Olovo, poreklom sa deponija, je utvrđeno u zemljištu i vodama u okolini. U svetu često, a kod nas sporadično, su konstatovana hronična trovanja olovom (saturnizam). Ovom trovanju je najviše izloženo domicilno stanovništvo koje kontinuirano konzumira poljoprivredne proizvode iz bliže i/ili dalje okoline. Višak olova toksične efekte ispoljava u bubrezima, nervnom sistemu, koži a negativno utiče i na formiranje krvnih ćelijskih komponenti [9]. **Cink** utvrđen na jalovištu, vodi i zemljištu iz okoline jalovišta Kukanjica potok se javlja u sadržajima koji mogu biti toksični i iritantni. Povećano unošenje cinka dovodi do pojave anemije i oštećenja imuniteta, poremećaja koordinacije i osećaja pospanosti [10]. **Arsen** je kontinuirano prisutan u povećanim sadržajima u svim jalovištima, zemljištima i vodama iz okoline. Nalazi se na prvom mestu rang liste toksičnih i hazardnih supstanci. Njegova karcinogenost kod ljudi je dovoljno dokazana. Toksične efekte ispoljava u nervnom, respiratornom, endokrinom sistemu, na koži i jetri kao i na formiranju krvnih ćelijskih komponenti [9]. U istoriji, arsenova jedinjenja su bila najpoznatiji otrovi. U Kini su opisani slučajevi trovanja arsenom još 3000 godine pre n.e. **Nikl** se javlja u koncentracijama koje ga svrstavaju u toksične. U životnu okolinu se ljudskim aktivnostima godišnje ubaci 180.000 tona nikla. Toksične efekte ispoljava u nervnom, respiratornom sistemu i koži, a utvrđeni su njegovi i kancerogene efekti [9, 11]. **Bakar** je kontinuirano prisutan u jalovini, u povećanim sadržajima u zemljištu i vodi iz okoline. Unos većih količina bakra dovodi do trovanja. Veće količine utiču i na centralni nervni sistem, dovode do mentalne retardacije i poremećene koordinacije, a utvrđeni su i štetni uticaji na bubrezima, koži. Negativno utiče na stvaranje krvnih ćelijskih komponenti [8,11].

Analizirani rudnici se nalaze u nerazvijenim delovima Srbije. Predstavljaju jedine privredne subjekte u kojima može posao da nađe lokalno stanovništvo. Istraživanja su potvrdila da su deponije rudnika jedini zagađivači životne sredine. Rešenje ove situacije je utvrđivanje jednoznačnog realnog stanje životne u okolinama jalovišta pa prema tome i projekcija dalje proizvodnje uz striktan monitoring životne sredine. U

svetu su poznati pravilnici u formi preporuka koje regulišu ovakva stanja [12].

#### 5. MOGUĆNOST VALORIZACIJE JALoviŠTA

Mogućnost valorizacije jalovišta kao potencijalno tehnogenih mineralnih sirovina bitno je različita za rudničku (stensku) jalovinu i za flotacijsku jalovinu. Stenska jalovina koja se otkopava i deponuje na spoljašnja jalovišta može se u većini slučajeva korisno upotrebiti u različitim fazama izgradnje puteva, a naročito autoputeva punog profila i autoputeva bez zaustavnih traka [13], naravno uz sva prethodna ispitivanja kvaliteta u skladu sa propisima. Valorizacija flotacijske jalovine je znatno veći problem zbog njenog sastava, koji je u slučaju eksploatacije metaličnih mineralnih sirovina diktiran kako sastavom rude koja je tretirana, tako i reagensima korišćenim tokom pripreme i koncentracije rude i kasnijeg flotiranja. U svetu su rađena ozbiljna ispitivanja mogućnosti valorizacije takvih flotacijskih jalovišta [14] i dokazano je da se materijal iz većine može koristiti bar za izradu neasfaltiranih pripremnih puteva i drugih nekategorisanih saobraćajnica. Za potencijalnu valorizaciju flotacijskih jalovišta neophodno je pored fizičko-mehaničke, hemijske i tehnološke karakterizacija materijala dobro poznavati i način odlaganja jalovine [15]. Osim toga dokazana je i primena flotacijske jalovine rudnika bakra u izradi podloge puteva [16].

#### 6. ZAKLJUČAK

Rudarskim aktivnostima, posebno tehnološkim procesima prerade, nevoljno se stvara otpad u obliku raznovrsnih neorganskih jedinjenja. Ona su redovan pratilac ovakvih ljudskih delatnosti, industrijalizacije i civilizacijskog razvoja.

Kompleksnost, zahtevnost i multidisciplinarnost u proučavanju deponija nastalih nakon rudarenja i tehnoloških tretmana, nastaju iz razloga što se prilikom prerade rude koriste najrazličitiji kancerogeni cijanidi, aromatična jedinjenja i organski rastvarači. Na ovaj način veoma često se teški metali iz ruda dovedu u rastvor i uvedu u biodostupnu fazu.

Analizirano je 13 deponija, 6 uzoraka voda koje su u kontaktu sa ovim materijalom i zemljište iz okoline jalovišta Kukanjica potok.

Jalovinski materijal, posebno na flotacijskim jalovištima, se nalazi u stanju biološkog vakuma ili je na površini konstatovana veoma skromna i oskudna vegetacija. U jalovinskom materijalu, u zemljištu koje ga okružuje i vodi iz okoline konstatovani su teški metali često u biotoksičnim koncentracijama. Prisustvo teških metala je vezano za rudu, a kvantitativni odnosi uglavnom za njenu tehnološku obradu i egzogene faktore-pre svih dominantne pravce duvanja vetrova.

## LITERATURA:

- [1] Nishikawa Y. (2008): The Study on Master Plan for Promotion of Mining Industry in Republic of Serbia. Final Report. Japan International Cooperation Agency Economic Development Department. Beograd.
- [2] Simić V. (2010): Prezentacija projekta SARMA – održivo upravljanje kamenim agregatima. - Zbornik radova 15. Kongresa geologa Srbije, Beograd, 257.
- [3] Đokić B. V., Jovanović M. (2006-2010): Katastar jalovišta tehnogenih mineralnih sirovina Republike Srbije sa procenom rizika izvora i kapaciteta životne sredine. Izveštaji. Geološki institut Srbije. Ministarstvo prirodnih resursa, rudarstva i prostornog planiranja. Belgrade.
- [4] Janković S. (1990): Rudna ležišta Srbije. Regionalni metalogenetski položaj, sredine stvaranja i tipovi ležišta. Republički društveni fond za geološka istraživanja. Katedra ekonomske geologije. Rudarsko-geološki fakultet, Beograd
- [5] Jović V. and Jovanović L. (2004): Geoheмиjske osnove ekološkog menadžmenta. Društvo za širenje i primenu nauke i prakse u zaštiti životne sredine Srbije i Crne Gore „Ekologica“ Beograd.
- [6] Đokić B. V. (2012): Geoheмиjske karakteristike flotacijskog jalovišta rudnika Grot (jugoistočna Srbija). Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet.
- [7] Pravilnik o opasnim materijama u vodama. Službeni glasnik SRS, br. 31/82.
- [8] Kabata-Pendias A., Pendias H. (1984): Trace elements in Soils and Plants. CRC. Press. Boca Raton.
- [9] Mandić Lj (2012): Teški metali od hrane do toksičnih efekata. Mogu li teški metali biti i dobri i loši za ljudsko zdravlje? [www.docstoc.com/docs/107557502](http://www.docstoc.com/docs/107557502), dostupno 15.03 2013
- [10] [www.mojpedijatar.co.rs](http://www.mojpedijatar.co.rs), dostupno 15.03 2013
- [11] Ilić V., Bojanić V., Jović B. (2007): Epidemiološki i patogenetski aspekti trovanja niklom. Acta Medica Medianae. Vol. 46. Str. 37-44. Dostupno na [www.publisher.medfak.ni.ac.rs](http://www.publisher.medfak.ni.ac.rs), dostupno 15.03 2013
- [12] Directive of the European parliament and of the council on management of waste from extractive industries – COM (2003) 319 final; dostupno 15.03 2013
- [13] Ahmed, I. (1991): Use of Waste Materials in Highway Construction. Publication FHWA/IN/JHRP-91/03. Joint Highway Research Project, Indiana Department of Transportation and Purdue University, West Lafayette, Indiana. doi: 10.5703/1288284313423.
- [14] Mahmood, Ali A., Mulligan, Catherine N. (2007): "Investigation Of The Use Of Mine Tailings For Unpaved Road Base", Proceedings of the Annual International Conference on Soils, Sediments, Water and Energy: Vol. 12, Article 11. Available at: <http://scholarworks.umass.edu/soilsproceedings/vol12/iss1/11>.
- [15] Knežević D., Torbica S., Rajković Z., Nedić-Čanak A. (2012): Deponovanje industrijskog otpada. Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 355 s.
- [16] Ahmari, S., Chen, R., Zhang, L. (2012): Utilization of Mine Tailings As Road Base Material. Geo-Congress 2012: pp. 3654-3661. doi: 10.1061/9780784412121.374

## SUMMARY

## GEOCHEMISTRY OF SOME LARGER TAILINGS OF METAL MINES OF WEST AND CENTRAL SERBIA

*Tailings of western and central Serbia were formed by processing of polymetallic ores. Increased concentrations of lead, copper, chromium, nickel and arsenic were noted in the tailing dumps placed in the agricultural environments. Increased amounts of heavy metals were determined in the waters from the tailings but also in the Krupinska and Orovička Rivers which leached tailings material. In the soils in the vicinity of the Kukanjica stream, phytotoxic concentrations of heavy metals originating from the tailings were determined.*

**Key words:** *Tailings, polymetallic ores, heavy metals*