

Mineralne sirovine Srbije na listi EU CRM-2020 tokom pandemije Covid 19 u harmonizaciji sa kodovima UNFC-2009 i pojmovima PERC standarda

RADOSLAV B. VUKAS, Beograd

Pregledni rad
UDC: 553.04:006(497.11)
DOI: 10.5937/tehnika2303295V

Postojanje mineralizacija, orudnjenja i ležišta obojenih i plemenitih, i drugih metala (Pb-Zn, Ag; Cu, Au, kao i B-Li, Mg, Sb, i dr.) na području Srbije, uslovljeno je njenom strukturno-geološko-metalogenetskom građom i procesima obrazovanja ležišta mineralnih sirovina u određenom periodu geoistorijskog razvoja. Rudarska aktivnost na području Srbije tj. vađenje ruda obojenih i plemenitih metala, doseže i više hiljada godina unazad što je na zemljištu rezultiralo znatnim nagomilanjima rudarsko-industrijskog otpadnog materijala. Ovo je i veoma značajan mineralni potencijal za ponovno dobijanje metala tehnološkim postupcima recikliranja. Na teritoriji Srbije, ležišta mineralnih sirovina su primarni izvori a nagomilani rudarsko-industrijski otpad sekundarni izvori za obezbeđenje mineralnih sirovina tj. metala kao što su Cu, Pb-Zn, Co, Ni, Al, Li, W, Bi, In, Te, Ga, Ge, REE (elementi retkih zemalja) i dr. Mnogi od ovih metala, prema listi CRM EU 2020/2023 spadaju u grupu kritičnih minerala. Pojam kritični minerali u Srbiji poznat je literaturno iz domena ekonomske geologije, a u formalno-pravnom smislu nije definisan. Naime, neke mineralne sirovine zbog specifičnog načina i obima pojavljivnja u prirodi i obezbeđenosti pojedinih zemalja ili regiona, kao i dostupnosti na tržištu, u određenim društveno-ekonomskim uslovima (svetske krize, ratovi, embarga, pandemije i dr.) postaju deficitarne tj. nedostajuće odnosno sa ekonomskog aspekta i rizika snabdevanja kritične. Tokom pandemije Covid 19, a na osnovu javno-dostupnih podataka razmatrane su mineralne sirovine Srbije koje su na listi CRM EU-2020. Tada je ocenjeno, da je npr. za snabdevanje zdravstvenog sektora bilo dostupno svega njih desetak (Sb, Ba, B, Ge, In, Mg, F,...). Čvrste mineralne sirovine pa i one koje su na listi kritičnih, klasifikovane u ležištima mineralnih sirovina prema srpskoj regulativi u kategorije geoloških i bilansnih rezervi (koje odgovaraju klasama mineralnih resursa i rezervi), moguće je kroz primenu samorazvijene Mape konverzije, okvirno harmonizovati sa pojmovima iz međunarodnih standarda izveštavanja (PERC, JORC, Ni-43 101 i UNFC), što je u predmetnom radu i pokazano.

Ključne reči: kritične mineralne sirovine (CRM), Srbija, EU, Covid 19, PERC, UNFC

1. UVOD

Čvrste mineralne sirovine kao prirodni mineralni materijali, koriste se direktno ili se iz njih primenom određenih tehnološko-metalurških-hemijskih i drugih postupaka ekstarahuju (izvlače) korisne komponente (hemijski elementi, jedinjenja ili njihovi minerali) i potom koriste u različitim granama industrije, tehnologije i pratećih sektora. Osnovna specifičnost mineralnih sirovina i njihovih ležišta je neravnomerna (geografska) razmeštenost, iscrpljivost rezervi i neobnovljivost, što u pogledu njihovog obezbeđenja i redovnog industrijskog snabdevanja (na nacionalnom, regionalnom ili globalnom nivou) ne retko proizvodi i njihovu deficitarnost (nedostatak) na tržištu i nosi visok rizik snabdevanja.

Na osnovu mogućnosti obezbeđenja i snabdevanja pojedinih mineralnih sirovina, kako na nacionalnom i regionalnom nivou (ali i globalnom) procenjujane su i definisane kao kritične sirovine (CRM - Critical Raw Materials). Saglasno ovde navedenome, a prema sopstevnim industrijskim potrebama, ekonomskom interesu kao i zahtevima modernih tehnologija, Evropska komisija je početkom XXI veka razvijala listu kritičnih sirovina (CRM EU) i 2020 godine prezentovala je listu od 30 različitih kritičnih sirovina, koju je 2023 modifikovala. Saglasno prezentiranoj listi CRM EU, po potencijalu obojenih, plemenitih i pratećih metala (Pb-Zn, Cu Au, Ag, ali i Co, Ni, Li, B, W, Bi, In, Te,

Adresa autora: Radoslav Vukas, Beograd, Južni bulevar 34

e-mail: geocompetentry@gmail.com

Rad primljen: 24.05.2023.

Rad prihvaćen: 08.06.2023.

Ga, Ge, REE i dr), područje Srbije prepoznato je kao značajni izvor (primarni i sekundarni) kritičnih mineralnih sirovina. Saglasno definiciji i ekonomskom procenivanju kritičnosti, kao i listi CRM EU- 2020, čvrste mineralne sirovine Srbije, dataljno su, na osnovu javno dostupnih podataka u pogledu obezbeđenosti i snabdevanja razmatrane tokom pandemije Covid 19. Tada je pokazano da je više od desetak različitih mineralnih sirovina Srbije bilo dostupno za snabdevanje pre svega zdravstvenog sektora. Čvrste mineralne sirovine Srbije i njihove rezerve, koje su prepoznate na listi CRM EU, moguće je okvirno harmonizovati sa pojmovima iz međunarodnih standarda izveštavanja o rezultatima istraživanja, mineralnim resursima i rezervama, kroz primenu odgovarajuće samorazvijene Mape konverzije.

2. POJAM KRITIČNE MINERALNE SIROVINE

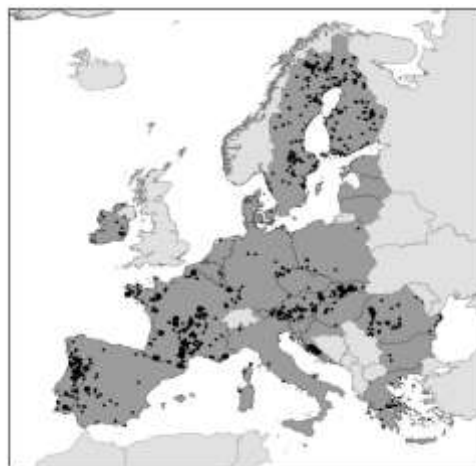
Kritične mineralne sirovine (CRM) kao stručni pojam uvek je bio, a i danas je, u komplikovanim geopolitičkim uslovima i svetskim krizama posebno aktuelan. To pre svega zbog opšte specifičnosti načina i obima pojavljivanja mineralizacija, orudnjenja i ležišta čvrstih mineralnih sirovina, njihove geografske distribucije, načina i obima otkopavanja, prerade i udaljenosti od potrošačkih, industrijskih centara. Kod nas je ovaj pojam prepoznat kroz definiciju iz literature: „Pod kritičnim (deficitarnim) mineralnim sirovinama podrazumevaju se one mineralne sirovine kojima određena zemlja ili širi, odnosno užji region nije potpuno ili je delimično obezbeđen“ [1]. U ovoj definiciji dominira prirodni geološki aspekt u odnosu na ekonomski aspekt na osnovu koga se, uz rizik snabdevanja u zamljama zapada, npr. u EU i definiše kritičnost mineralnih sirovina. U EU kritičnost se procenjuje i proračunava, i na osnovu toga su i usvojene određene Komunikacije EU, sa osnovnim ciljem obezbeđenja i kontinuiranog snabdevanja CRM u aktuelnim geopolitičkim i ekonomskim uslovima i rizicima snabdevanja. Pojam kritičnost znači da na tržištu, usled nekih kriznih situacija (svetske političke krize, ratovi, embarga, pandemije i sl.) dolazi do nestašice (deficitiranosti) određenih i prekopotrebnih mineralnih sirovina. Time nastaje opasnost i rizik od kidanja lanca snabdevanja u ekonomijama pojedinih zemalja i/ili užih/širih regiona, obzirom na udaljenosti izvora CRM (primarnih i sekundarnih) odnosno mogućnost/nemogućnost njihovog obezbeđenja, cene, transporta i dr. Kritične sirovine važne su zbog: (1) veze sa industrijom – neenergetske sirovine su povezane sa svim industrijama u svim fazama lanca snabdevanja, (2) zahteva savremene tehnologije – tehnološki napredak i kvalitet života oslanjaju se na pristup sve većem broju sirovina. Primera radi, pametni telefon pored volframa (omogućava funkciju vibriranja telefona) sadrži i do 50 različitih vrsta

metala, od kojih svi doprinose njegovoj maloj veličini, maloj težini i funkcionalnosti. Galijum i indijum se npr. koriste u LED diodama i sl, a aktuelni uslovi i ciljevi zaštite životne sredine usko su povezani sa čistim, modernim tehnologijama. Uz to, kritične sirovine nezamenljive su u solarnim panelima, vetroturbinama, električnim vozilima i energetski efikasnom osvetljenju, [5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 16].

Zbog opasnosti po obezbeđenje i snabdevanje kritičnih mineralnih sirovina različitih industrijskih grana i drugih sektora, u određenim svetskim kriznim situacijama pojedine zapadne države (npr. SAD, EU, Japan, Nemačka i dr.), radili su, a i dalje ubrzano rade na tome da na različite načine za sopstvene potrebe osiguraju i obezbeđuju ove sirovine [1]. Ti načini su danas pre svega diversifikacija izvora CRM, partnerstva sa zemljama bogatim mineralnim sirovinama (mineral raw materials), uspostavljanja slobodne trgovine uz potencijalno razvijanje mogućnosti pojave koruptivnih radnji, ali i razvijanje sopstvenih izvora CRM, saglasno raspoloživom geološko-rudarskom potencijalu. Obzirom na postojanje značajnih ležišta mineralnih sirovina pre svega obojenih i plemenitih metala (Pb-Zn, Ag; Cu, Au), potom i na otkopavanje rezervi i industrijsku preradu rude, kao i na novotkrivena ležišta industrijskih i drugih minerala (B, Li, P, Mg, Sb,...) u pogledu CRM jasno je prepoznat geološko-mineralno-rudni potencijal Srbije sa aspekta liste CRM EU-2020 odnosno EU-2023, posmatrajući pri tome kritičnost na nacionalnom i regionalno-globalnom nivou, [5, 6].

3. KRITIČNE SIROVINE EVROPSKE UNIJE

Kritične sirovine, kako je navedeno, veoma su značajne za snabdevanje ekonomije i modernih tehnologija u Evropskoj uniji (EU) i veoma su važna industrijska baza i za širok proizvodni spektar.



Slika 1 - Ležišta kritičnih sirovina u EU (podaci za 2020; Izvor: EuroGeoSurveys i ostali izvori podataka EU),[15].

Primena im je u avioindustriji i odbrani, građevinarstvu, tekstilnoj industriji, automobilskoj industriji, mobilnoj telefoniji, sektoru obnovljivih izvora energije te u zdravstvenom, poljoprivrednom, digitalnom sektoru i dr.

Saglasno sopstvenom potencijalu (slika 1) i zahtevima ekonomije i modernih tehnologija, Evropska komisija razvila je listu CRM EU sa 30 različitih kritičnih sirovina, od kojih su ovde (tabela 1) naznačene i sirovine za zdravstveni sektor, [14, 15, 16].

Saglasno značaju kritičnih minerala, njihovom obezbeđenju i lancu snabdevanja Evropska komisija je izradila Komunikacije, radi pouzdanosti snabdevanja kritičnim sirovinama, što je put prema većoj sigurnosti i održivosti (CRM EU 2023). Izrada pravnog akta Evropskim CRM (European Critical Raw Materials

Act; april 2023) trenutno je u izradi, [7, 8, 15]. Snabdevanje i obezbeđenje CRM u EU, danas je pod velikim pritiskom, koruptivnim izazovom i visokim rizikom po ekonomiju i snabdevanja modernih tehnologija (u aktuelnim uslovima kriza u svetu, ratova i embarga, pandemije i dr.). Ove činjenice za EU otvaraju i nove mogućnosti i prilike za obezbeđenje CRM npr. putem direktnog investiranja članica EU u geološka istraživanja CRM (na različitim geografskim područjima u svetu; bližim i daljim), u eksploataciju rude i njenu preradu ili direktnu kupovinu (slobodna trgovina) i transport CRM iz najudaljenijih geografskih područja do industrijskih centara na njenoj teritoriji, [14, 15]. Tabela 1. Kritični minerali za zdravstveni sektor (podaci za 2020; Izvor: EuroGeoSurveys i ostali izvori podataka EU), [14, 15]

Tabela 1. Kritični minerali za zdravstveni sektor (podaci za 2020; Izvor: EuroGeoSureys i ostali izvori podataka EU)[14,15]

Deployment from CRMs in Health Care								
CRM	Medication	Medical technology	CRM	Medication	Medical technology	CRM	Medication	Medical technology
Antimony	X		Hafnium	no use		Phosphorus	X	
Baryte	X	X	HREEs	X	X	Scandium	X	X
Beryllium		X	Indium		X	Silicon Metal	X	
Bismuth	X		LREEs	X	X	Tantalum	X	
Borates	X		Magnesium	X		Tungsten	no use	
Cobalt	X		Natural Graphite		X	Vanadium	X	
Coking Coal	X		Natural Rubber		X	Bauxite	X	
Fluorspar	X		Niobium	X		Lithium	X	
Gallium	X	X	PGMs	X	X	Titanium		X
Germanium		X	Phosphate rock	X		Strontium	X	

4. ČVRSTE MINERALNE SIROVINE SRBIJE U POJMU KRITIČNE SIROVINE (CRM)

Aktuelni pravni akti u Republici Srbiji ne obrađuju čvrste mineralne sirovine sa aspekta njihove kritičnosti (deficitarnosti, nedostatka), već se podaci o njihovim utvrđenim količinama i kvalitetu u smislu klasifikacije, evidencije, obezbeđenja i lanca snabdevanja primenjuju pravni akti o geološkim istraživanjima i eksploataciji koji važe za sve čvrste mineralne sirovine [12, 13, 17, 18, 19, 20]. Zakonom su definisane sirovine koje su od strateškog značaja za Republiku Srbiju [19]. Strukturno-geološko-metalogenetska građa Srbije i utvrđene mineralizacije, orudnjena i ležišta mineralnih sirovina tj. aktivni rudnici obojenih i plemenitih metala, značajan su primarni izvor za dobijanje mineralnih

sirovina (metala), a time i kritičnih (CRM), [2, 3, 4, 6]. Uz to, višemilenijumska tradicija vađenja ruda obojenih i plemenitih metala kompleksnog sastava (Pb-Zn, Cu, Au, Ag; kao i Ge, In, Be, Pl,...) ostavila je mnogobrojne „ožiljke“ na površini zemljišta i „proizvela“ značajna nagomilanja rudarsko-industrijskih metalnih otpadaka (antropogeno-tehnogenih) koja predstavljaju sekundarne izvore za recikliranjem dobijanje metala i kritičnih sirovina, [1, 6, 7, 12, 13]. Svemu ovome, treba dodati i činjenicu da su intenzivnim geološkim istraživanjima početkom XXI veka na teritoriji Srbije, otkrivena veoma bogata ležišta (kritičnih) mineralnih sirovina (B-Li i Cu-Au), od kojih su neka u klasi svetskih ležišta (world class deposits). Sve to Republiku Srbiju, u pogledu obezbeđenja CRM označava kao državu sa „veoma ozbiljnim geološko-rudarsko-

tehnološko-ekonomskim potencijalom“, [16, 18]. Ove informacije prepoznaje i Komunikacija Evropske komisije (COM-2020, 474 final), kroz planiranje strateških partnerstava EU sa zemljama Zapadnog Balkana tokom pristupnih pregovora za pristupanje EU. Povezivanje baza podataka evidentiranih količina CRM u Srbiji na nacionalnom nivou, kroz sistem GIS-a stvorili bi se preduslovi za integrisano, plansko upravljanje kritičnim sirovinama (prethodno definisanim i procenjenim) na osnovu čega bi se saglasno uslovima nacionalnih ili regionalnih statistika (Eurostat) i ekonomija definisali i pravci budućeg njihovog razvoja, načina i obima njihovog korišćenja, tokom zelene agende [9, 10, 18, 18, 19, 20].

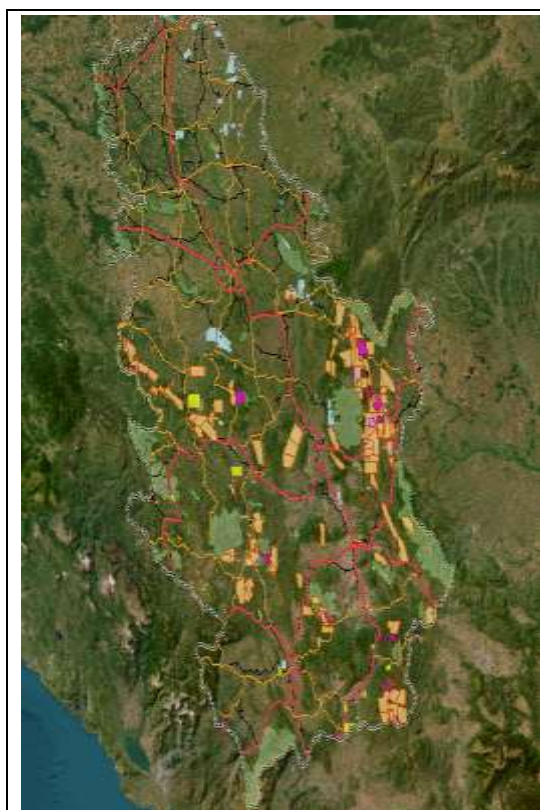
4.1. Ležišta mineralnih sirovina kao primarni izvori CRM

Okvirna ocena perspektivnosti CRM iz primarnih izvora u Srbiji, ovde je data na osnovu razmatranja javno dostupnih podataka o: ležištima mineralnih sirovina obojenih i plemenitih metala (iz literaturnih i stručnih publikacija), proizvodnji rude, uvozu-izvozu rude metala i drugih sirovina koje vode Republički

zavod za statistiku (ww.stat.gov.rs), Privredna komora Srbije (www.pks.rs), Ministarstvo rudarstva i energije (www.mre.gov.rs); Geološki zavod Srbije (www.gzs.gov.rs) i dr. [9]. Radi boljeg razumevanja predmetne problematike tj. primarnog potencijala i sekundarnih izvora CRM u Srbiji, u tabeli 2, prikazani su aktuelni istražni prostori i eksploataciona polja čvrstih mineralnih sirovina u Srbiji (na dan 7.04.2023; www.mre.gov.rs), ali je radi boljeg razumevanja ove problematike i ilustracije radi ovde prikazan karakterističan kompleksni sastav pojedinih tipova rude obojenih metala (prema Barskom i Danilčenku sadržanih u literaturi [1]).

Saglasno svemu navedenom a na osnovu javno dostupnih informacija o CRM u Srbiji tokom 2021. godine i pandemije Covid 19, sintetizovani su i razmatrani javno dostupni podaci (jako oskudni, nesistematizovani, pa delom i nedostajući) koji se odnose na geološki potencijal/rezerve, aktuelna geološka istraživanja čvrstih mineralnih sirovina, rudarsku eksploataciju i na uvoz/izvoz rude i metala [6, 7, 8, 9, 16, 17, 18].

Tabela 2. Istražni prostori i eksploataciona polja u Srbiji i ilustracija kompleksnog sastava pojedinih ruda obojenih metala (uz napomenu da u Srbiji ne postoje sulfidne rude nikla i bakra* navedene u tabeli [1]).

	Tipovi ruda	Osnovne komponente	Prateće vredne komponente	Učešće pratećih komponenti u ukupnoj vrednosti sirovine (%)
	Polimetalne rude	Pb,Zn,Cu	S,Cd,Au,Ag,In,Te,Ga,Ge, Bi, Sb, Hg, Co, Ba,Se,Tl	38
	Bakronosne rude	Cu	S,Au, Ag, Co, Re,Se,Te	44
	Bakronosno-cinkove rude	Cu-Zn	S,Au,Ag,Cd,Se,Te,In, Tl,Ge	50
	Bakronosno-molibdenske rude	Cu	Mo,S,Au,Ag,Re,Se,Te, Cd	45
	Oksidne rude nikla	Ni	Co	24
	Sulfidne rude nikla i bakra*	Ni, Cu	Co, S, Pt, Pd, Ru, Os, Ir, Au, Ag, Se, Te	34

U tabeli 3 data je (stav autora) okvirna ocena njihove perspektivnosti. Na osnovu prikaza podataka mineralnih sirovina koje su na listi od 30 CRM EU-2020, konstatovano je, da je za lanac snabdevanja u

Srbiji tokom pandemije Covid 19 (uz naglašen negativni uticaj prevashodno transportnih i pratećih uslovi), za snabdevanje bilo dostupno 8 različitih kritičnih sirovina, što ilustruje tabela 4, (veza tabela 3).

Tabela 3. Primarni izvori kritičnih mineralnih sirovina u Srbiji, sa liste EU i ocena njihove perspektivnosti, tokom pandemije Covid 19, u 2021. godini

CRM	Geološki potencijal-geološke reserve: ✓ poznat - / ✓ manje poznat	Geološka istraživanja + izvode se ne izvode se	Rudarska eksploatacija + aktivna nije aktivna	Izvoz/Uvoz ne postoje posebno izdvojenipodaci	Uticaj pandemije Covid 19 + ima uticaja nije bilo uticaja	Ocena perspektivnosti
Antimon	✓	-	-	-	-	+++
Barit	✓	+	+	-	+	++
Berilijum	✓	-	-	-	-	+
Bizmut	✓	+	+	-	+	+
Borati	✓	+	+	-	+	+++
Kobalt	✓	-	-	-	-	++
Koksni ugalj	✓	-	-	-	-	+
Fluorit	✓	-	-	-	-	++
Galijum	✓	-	+	-	+	+++
Germanijum	✓	-	+	-	+	+++
Hafnijum	✓	-	-	-	-	++
Disprozijum Itrijum Terbijum	✓	-	+	-	+	+
Skandijum Cerijum Neodimijum	✓	-	+	-	+	+
Indijum	✓	-	+	-	+	+
Magnezijum	✓	-	+	-	+	+++
Prirodni grafit	✓	-	-	-	-	++
Prirodni kaučuk	-					-
Niobijum	✓	-	-	-	-	+
Teški i laki PGM	✓	-	-	-	-	+++
Fosforitski pešćari	✓	-	-	-	-	+++
Fosfatizovane karbonantne stene (mineral frankolit)	- / ✓	-	-	-	-	+
Silicijum metal	- / ✓	-	+	-	+	+++
Tantal	✓	-	-	-	-	++
Volfram	- / ✓	-	+	-	+	+
Vanadijum	- / ✓	-	-	-	-	++
Boksiti (crveni)	- / ✓	-	-	-	-	+
Litijum	✓	+	-	-	-	++++
Titan	✓	-	-	-	-	+
Stroncijum	✓	+	-	-	-	+

Ocena perspektivnosti:

- neperspektivno, + ograničeno perspektivno, ++ manje perspektivno, +++ perspektivno, ++++ vrlo perspektivno

Tabela 4. Kritične mineralne sirovine (CRM) iz primarnih izvora u Srbiji i analiza njihove mogućnosti snabdevanja zdravstvenog sektora tokom pandemije Covid-19 (uz napomenu da kritične mineralne sirovine kao takve nigde nisu posebno kategorisane i evidentirane, veza tabela 3 [7, 8, www.un.org]).

Redni broj	Kritične mineralne sirovine (CRM)	Rudarska aktivnost	Godišnja proizvodnja	Izvoz	Covid -19
1	Antimon	Trenutno nema direktne rudarske aktivnosti na otkopavanju	ne postoji	nije bilo izvoza	U sektoru rudarstva tokom pandemije Covid-19, (u maju 2021. godine, u odnosu na maj 2020. godine) došlo je do pada rudarske proizvodnje od 2,6% [17] Negativan uticaj Covid-19
2	Barit	Aktivna, minimalno	100-200 t/god	100-200 t/god.	
3	Borati	Aktivna, minimalno uz otkopavanje uglja/jarandolski basen	1000 t/god	Domaći korisnik-nema podataka	
4	Petro koks	U začetku (!)	Nije bilo dostupnih podataka o proizvodnji	nema podataka	
5	Germanium, Indium; kao nus-produkt otkopavanja rude Pb-Zn	Aktivna; pri otkopavanju ruda Pb-Zn	Nema zasebno evidentiranih podataka o proizvodnji CRM	Nema zasebno evidentiranih podataka izvoz/uzvoz	
6	Elementi retkih zemalja, kao nus-produkt otkopavanja rude Pb-Zn; Cu	Aktivna, pri otkopavanju ruda Pb-Zn; Cu	Nema zasebno evidentiranih podataka o proizvodnji CRM	Nema zasebno evidentiranih podataka izvoz/uvoz	
7	Magnezijum	Aktivna, minimalno	10 000 t/god	Nema zasebno evidentiranih podataka izvoz/uvoz	
8	Fluorit	Nema rudarske aktivnosti		-nema podataka	

4.2. Rudarsko-industrijski otpad kao sekundarni izvor CRM

Više-milenijumska tradicija vađenja ruda obojenih i plemenitih metala (Pb-Zn, Cu; - Au, Ag, ...) kompleksnog hemijskog sastava na području Srbije, kao i danas aktivna eksploatacija, „proizveli“ su na površini zemljišta značajna nagomilanja „industrijskih metalnih otpadaka“ koja se bogata CRM i podesna za recikliranje, [6, 11, 12, 13, 14]. Novijim terenskim geološko-tehnološko-hemijskim istraživanjima (u domenu aktivnih rudnika i ranijih mesta rudarenja), na teritoriji Srbije evidentirano je više od 280 zasebnih „lokacija sa rudarskim otpadom“ [18]. Po okvirno procenjenom potencijalu metala, za dalji tretman i „korišćenje“ selektovano je 40 lokacija. [18]. Ovom broju lokacija, svakako da se moraju pridodati i desetine drugih lokacija (>70), sa više od 350.000 tona produkovanog industrijskog i drugih vrsta otpada (građevinskog, komunalnog, ...), [12, 13, 16]. Prema raspoloživim podacima o otpadu, u Srbije se godišnje generiše oko 80.000 tona industrijskog/komunalnog otpada. Najznačajnija njegova nagomilanja evidentirana su u domenu važnih

industrijskih centara tj. blizu „proizvođača otpada“, kao što su Zorka-Šabac; Prahovo-Kladovo; Kolubara, Kostolac i dr, [12]. Otpad je neretko lociran i u samim gradskim centrima u kojima predstavlja povećanu opasnost po bezbednost i zdravlje ljudi, imovinu i životnu sredinu.

Na teritoriji Srbije, sveukupni nagomilani otpadni materijal predstavlja značajnu sirovinsku bazu i sekundarni izvor (Tabela 5) za ponovno dobijanje metala (sa liste kritičnih minerala EU) postupkom recikliranja. Primera radi, još u ranijem vremenskom periodu, u svetskoj industriji korišćeni su metali dobijeni recikliranjem i to najviše Fe, Al, Cu i Pb-Zn [1, 5, 6, 13].

Danas se recikliranje odvija u uslovima modernih tehnologija i tehnološko-metalurških postupaka, koji su znatno jeftiniji u odnosu na primarno rudarenje, [1, 11]. Uz to, usmereno je i na očuvanje primarnih izvora, smanjenje obima korišćenja fosilnih goriva, smanjenje degradacije zemljišnih površina, na jeftiniji i ekološki bezbedniji način dobijanja metala, te se doprinosi ostvarenju ciljeva održivog razvoja, [1, 11, 12, 17, 18].

Tabela 5. Kritične mineralne sirovine (CRM) u Srbiji, iz sekundarnih izvora (flotacijska jalovišta i šljacišta iz dokumenta Nacionalna strategija održivog korišćenja prirodnih resursa i dobara, 2012.god.), razmatrane tokom pandemije Covid 19, [9,16]

Redni broj	Jalovište	Površina (ha)	Količina materijala (Mt)	Sadržaji CRM (% i g/t)	CRM sa liste EU	Dostupnost tokom Covid-19
Cu ležišta						
1	Flotacijsko jalovište u Boru (na otvorenom kopu i na polju Borske reke)	84 ha				Nema dostupnih podataka
1.1.	Staro jalovište borske flotacije	57,60 h (4,0 ha rekultivasno)	28 - 30 Mt jalovine	Cu oko 0,25% Au oko 0,4 g/t Ag oko 1,7 g/t		Nema dostupnih podataka
1.2.	Aktivno flotacijsko jalovište Bor	86 ha	50-60 Mt jalovine	Cu oko 0,20%		Nema dostupnih podataka
1.3.	Aktivno flotacijsko jalovište Veliki Krivelj	483,36 ha (degradirano ukupno 359,50ha)	190-195 Mt jalovine	Cu oko 0,10%		Nema dostupnih podataka
Borska šljacišta						
1.	Depo 1	1,3 ha	11,19 Mt Overene bilansne rezerve tehnogene mineralne sirovine, 2005.godine	Cu 0,715 % Cu-ox 0,202 % Cu-sulf 0,5135 Au 0,282 g/t Ag 4,5 g/t Mo 0,0413% Fe ₂ O ₃ 8,60%		Nema dostupnih podataka
2.	Depo 2		1,9 Mt šljake	Cu 0,65%		Nema dostupnih podataka
3.	Depo 3		700x10 ³ t	Cu 0,70%		
4.	Aktivno šljacište-Depo 4 (u okviru starog kopa)		1,5 Mt šljake	Cu 0,60%		Nema dostupnih podataka
Pb-Zn ležišta						
1.	Flotacijsko jalovište "Grot"		550 Mt jalovine	Pb Zn, Ag,Cd	Kadmijum (Cd)	Nema dostupnih podataka
2.	Flotacijsko jalovište Leca (Zenelov potok)		2-3 Mt jalovine	Au 1,33 g/t Ag 3,64 g/t In 17 g/t	Indijum (In)	Perspektivno za zdravstveni sektor
3.	Flotacijsko jalovište na Rudniku (Zlakućanski potok)	Projektovano do 400x10 ³ m ²	8,7 Mt jalovine	Ag 11,6 g/t Al 1,34 g/t As 563 g/t Bi 45 g/t Ca 5,84% Cd 20,8 g/t Cu 0,1055% Fe 6,735 Na 0,03% Pb 0,10% S 2,66% Zn 0,31 S uk 1,66%	Bizmut (Bi)	Perspektivno za zdravstveni sektor

Analizom podataka iz tabele 5 pokazano je, da su samo In i Bi kao kritične sirovine i dostupne za zdravstveni sektor [7]. Podaci o kritičnim sirovinama, mogu se (kroz zasenu stručnu) analizu na posredan nači posmatrati kroz spoljnotrgovinsku razmenu i industrijsku proizvodnju.

Tako je industrijska proizvodnja u maju 2021. godine bila veća za 9,4% u odnosu na maj 2020. godine, a spoljnotrgovinska razmena bila je najveća sa zemljama sa kojima Srbija ima potpisane sporazume o slobodnoj trgovini. U sektoru Rudarstva, u maju 2021. godine u odnosu na maj 2020. godine zabeležen je rast prometa u industriji od 19,9% (proizvodnja je prevashodno iz primarnih izvora). U sektoru Prerađivačka industrija zabeležen je rast od 45,1%, [17].

Tabela 6. Samorazvijena Mapa konverzije (2013) i kategorije geoloških/bilansnih rezervi u sistemu kodova mineralnih projekata UNFC -2009 (2016), [7,9,16].

Proposed New Book of Regulations for Solid Mineral Raw Materials	Results of Geological Exploration	Mineral Resources			Mineral Reserves	
		Inferred	Indicated	Measured	Probable	Proved
Official Book of Regulations for Solid Mineral Raw Materials (1979)	Potential	Established (in situ - Geological: Out-of-Balance and Balance)			Exploitation (inclusive of dilutions and losses during mining)	
	D ₁ , D ₂	C ₁	C ₁	B.A	C ₁	B.A
UNFC (2009)		Mineral Resources			Mineral Reserves	
	334	223	222	221	112	111

5. ZAKLJUČAK

Postojanje mineralizacija, orudnjenja i ležišta obojenih i plemenitih i drugih metala (Pb-Zn, Ag; Cu, Au, kao i B-Li, Mg, Sb, i dr. na području Srbije, uslovljeno je strukturno-geološko-metalogenetskom građom i procesima obrazovanja ležišta mineralnih sirovina u određenom periodu geoistorijskog razvoja. Rudarska aktivnost na području Srbije tj. vađenje/-otkopavanje ruda obojenih i plemenitih metala, doseže i više hiljada godina unazad što je rezultiralo „proizvodnjom“ znatnih nagomilanja rudarsko-industrijskog otpada. Ove činjenice ukazuju na postojanje značajnog mineralnog/rudnog potencijala Srbije, te mogućnosti ponovnog dobijanja metala tehnološkim postupcima recikliranja otpadnog materijala. U tom smislu, ležišta

4. KRITIČNE MINERALNE SIROVINE SRBIJE U HARMONIZACIJI SA PERC-OM I UNFC-2009

Čvrste mineralne sirovine Srbije prepoznate kao kritične sirovine na listi CRM EU (2020/2023), prema domaćoj regulativi razvrstane u kategorije i klase geoloških rezervi (mineralni resursi i rezerve), kroz primenu samorazvijene Mape konverzije (što ilustruje tabela 6) mogu se okvirno harmonizovati sa klasama mineralnih resursa i mineralnih rezervi PERC standarda (The Pan European Reserves and Resources Reporting Committee/Pan-Evropski standard izveštavanja o mineralnim resursima i rezervama) i kodova UNFC-2009 (United Nations Framework Classification for Fossil Energy, .../Okvirna klasifikacija Ujedinjenih nacija), saglasno razvoju mineralnog projekta, [9,16].

mineralnih sirovina su primarni izvori a nagomilani rudarsko-industrijski otpad predstavlja sekundarni izvor za obezbeđenje mineralnih sirovina, metala kao što su Cu, Pb-Zn, Co, Ni, Al, Li, W, Bi, In, Te, Ga, Ge, RRE i dr, od kojih su mnogi na listi CRM EU-2020 i sada su na listi 2023.

Kritični minerali kao stručno-formalni pojam u Srbiji nije definisan, a kritične mineralne sirovine kao stručni pojam, definisane su u oblasti ekonomske geologije. Naime, čvrste mineralne sirovine zbog specifičnog načina i obima pojavljivnja u prirodi, iscrpljivosti i neobnovljivosti rezervi, kao i obezbeđenosti pojedinih zemalja ili regiona čvrstim mineralnim sirovinama u određenim društveno-ekonomskim uslovima (svetske krize, ratovi, embarga, pandemije i dr.)

postaju deficitarne tj. nedostajuće (na tržištu). Dakle u pogledu obezbeđenja i rizika snabdevanja pokazuju kritičnost i ekonomski-strateški gledano postaju kritične sirovine.

U Srbiji su tokom pandemije Covid 19, sa aspekta lanca snabdevanja razmatrane čvrste mineralne sirovine koje su na listi CRM EU-2020. Analizirani su i razmatrani javno-dostupni podaci (nesistemizovani i vrlo oskudni), koji odražavaju geološko-rudarsko-tehnološko-potencijal u Republici Srbiji, proizvodne parametre rudarske proizvodnje, kao i parametre izvoza i spoljnotrgovinske razmene u sektoru metala (pređivački i sektor rđuarstva). Ocenjeno je, da je npr. za lanac snabdevanja zdravstvenog sektora, tokom pandemije Covid-19 bilo „dostupno“ svega njih desetak (Sb, Ba, B, Ge, In, Mg, F,...).

Čvrste mineralne sirovine Srbije razvrstane u kategorije i klase geoloških rezervi (klase mineralnih resursa i rezervi) moguće je primenom samorazvijene Mape konverzije i okvirno harmonizovati i upoređivati sa pojmovima i klasama Mineralnih resursa/Rezervi iz međunarodnih standarda izveštavanja (PERC, JORC, Ni-43 101 ili kodova UNFC).

Unapređenjem mineralne politike i regulative u domenu kritičnih mineralnih sirovina (CRM), a uz horizontalno povezivanje baza podataka u GIS-u, uočene aktuelne manjkavosti kod prikazivanja i evidentiranja podataka kritičnih mineralnih sirovina bi se eliminisale, i stvorili bi se preduslovi za integrisano, plansko upravljanje i njihovo dalje korišćenje, što bi u aktuelnim geopolitičkim i društveno-ekonomskim uslovima, na nacionalnom i/ili regionalnom nivou bilo veoma zanačajno i korisno (npr. kod nas za period od 5 godina, slično kao u Evropskoj uniji-EU).

LITERATURA

- [1] S. Janković, D. Milovanović, *Ekonomska geologija i ekonomika mineralnih sirovina*, Rudarsko-geološki fakultet-Katedra ekonomske geologije Beograd, 1985.
- [2] B.Vakanjac, *Geologija ležišta nemetalnih mineralnih sirovina*; Rudarsko-geološki fakultet-Katedra ekonomske geologije Beograd, 1992.
- [3] V. Vujanović, *Retki metali sa procenom perspektivnosti Jugoslavije*, Institut za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Rovinjska 12, Beograd, 1970.
- [4] S. Vujić, *Mineralno-sirovinski kompleks Srbije i Crne Gore*, Ministarstvo za nauku, tehnologije i razvoj Republike Srbije; Katedra za primenu računara Rudarsko-geološkog fakulteta, Rudarski odsek, Beograd, 2003.
- [5] D. Milovanović, P. Radičević, *Strategijski značaj mineralnih sirovina*; Vojna knjiga, Jugoslavija, Beograd, 1985.
- [6] R. Jelenković, *Ležišta metalnih mineralnih sirovina*; Rudarsko-geološki fakultet, Katedra ekonomske geologije Beograd, 1999.
- [7] R.Vukas, Case study *The impact of Covid-19 on critical raw material supplies needed for the healthcare and possible mitigation actions and policy recommendations for the application of the United Nations Framework Classification for Resources and the United Nations Resource Management System for the integrated energy raw materials and water management in the Republic of Serbia*, (www.un.org), 2021.
- [8] A. Dajović, *Case study Guidelines and Best Practices for MSMEs to assure resiliency and progress towards a circular economy in sustainable resource management and critical raw materials supply chain solution in Serbia*, (www.un.org), 2021.
- [9] M. Ilić, R. Jelenković, R. Vukas, Č. Beljić, Korelacija resursa i rezervi čvrstih mineralnih sirovina kodifikovanih u okvirnoj klasifikaciji Ujedinjenih nacija i u zakonskoj regulativi Srbije, *VI Međunarodna konferencija Ugalj 2013*, Zlatibor, 2-5 Oktobar 2013.
- [10] M. Ilić, R. Vukas, On the harmonization of Serbian classification and accompanying regulations on resources/reserves of solid minerals with the PERC Standard, *Geologist. Journal* 41, 2016.
- [11] Z. Aćimović-Pavlović, Đ. Simović, Lj. Andrić, Resursi i reciklaža sekundarnih sirovina kao osnova za proizvodnju legura aluminijuma, *Reciklaža i održivi razvoj* 5 (UDK 669.71.054.9), 2012.
- [12] Program upravljanja otpadom u Republici Srbiji za period 2022-2031.godine, *Službeni glasnik RS*, br. 30/18).
- [13] Uredba o uslovima i postupku izdavanja dozvole za upravljanje otpadom, kao i kriterijumima, karakterizaciji, klasifikaciji i izveštavanju o rudarskom otpadu, *Sl. glasnik RS*, broj 53/17.
- [14] <https://ec.europa.eu/critical-en/> Critical raw materials-European Commission -europa.eu
- [15] <https://warwick.ac.uk/fac/research/csgreen/> Critical minerals for the EU economy: to 2030.
- [16] <http://www.pravno-informacionisistem.rs/> Nacionalna strategija održivog korišćenja prirodnih resursa i dobara Republike Srbije, *Sl. glasnik RS* br. 33/2012; danas nevažeći akt).
- [17] <https://stat.gov.rs>
- [18] <http://mre.gov.rs>
- [19] Zakon o rudarstvu i geološkim istraživanjima *Sl. glasnik RS* 101/15, 95/18 i 40/21.
- [20] Pravilnik o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi čvrstih mineralnih sirovina i vođenju evidencije o njima *Sl. list SFRJ* br.53/79.

SUMMARY

MINERAL RAW MATERIALS OF SERBIA ON THE LIST OF CRITICAL MINERALS OF THE EUROPEAN COMMISSION (CRM EU-2020) DURING THE COVID 19 PANDEMIC AND HARMONIZED IN THE UNFC-2009 SYSTEM AND THE PERC STANDARD

The existence of mineralization, mining and deposits of non-ferrous and precious and other metals (Pb-Zn, Ag; Cu, Au, as well as B-Li, Mg, Sb, etc.) in the territory of Serbia is conditioned by the structural-geological-metallogenetic structure and processes formation of deposits of mineral raw materials in a certain period of geohistorical development. Mining activity in the territory of Serbia, i.e. extraction of non-ferrous and precious metal ores, goes back thousands of years, which resulted in the "production" of significant accumulations of mining and industrial waste. These facts indicate the existence of a significant mineral potential of Serbia, and the possibility of recovering metals through technological processes of waste material recycling. Mineral deposits are the primary sources, and accumulated mining and industrial waste are secondary sources of providing mineral resources such as Cu, Pb-Zn, Co, Ni, Al, Li, W, Bi, In, Te, Ga, Ge, REE and others, many of which are on the list of CRM EU-2020 or 2023. Critical minerals as a professional-formal term is not defined in Serbia, and in due to the specific way and extent of occurrence in nature, exhaustibility and non-renewable reserves, as well as the provision of certain countries or regions with solid mineral resources in certain socio-economic conditions (world crises, wars, embargoes, pandemics, etc.) become deficient, i.e. missing (on the market), i.e. in terms of supply chain. During the Covid 19 pandemic, publicly available data on critical raw materials in Serbia were analyzed, when it was assessed that e.g. for the supply chain of the health sector, only ten of them are available (Sb, Ba, B, Ge, In, Mg, F, ...). The solid mineral raw materials of Serbia classified into categories and classes of geological reserves (classes of mineral resources and reserves) can, for certain reporting purposes, be harmonized with the Mineral Resources/Reserves from international standards (PERC, JORC, Ni-43 101 and codes of UNFC).

Key Words: *critical raw materials (CRM), Serbia, EU, Covid 19, PERC, UNFC*