

Dosadašnja saznanja o bijelim boksitima na prostoru Crne Gore; Current knowledge about white bauxites in Montenegro

Mia Jovanović, Slobodan Radusinović, Vladimir Simić



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Dosadašnja saznanja o bijelim boksitima na prostoru Crne Gore; Current knowledge about white bauxites in Montenegro | Mia Jovanović, Slobodan Radusinović, Vladimir Simić | Geološki glasnik | 2023 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0008619>

Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду омогућава приступ издањима Факултета и радовима запослених доступним у слободном приступу. - Претрага репозиторијума доступна је на www.dr.rgf.bg.ac.rs

The Digital repository of The University of Belgrade Faculty of Mining and Geology archives faculty publications available in open access, as well as the employees' publications. - The Repository is available at: www.dr.rgf.bg.ac.rs

Mia Jovanović¹, Slobodan Radusinović², Vladimir Simić³

DOSADAŠNJA SAZNANJA O BIJELIM BOKSITIMA NA PROSTORU CRNE GORE

Apstrakt

Cilj rada je da kroz pregledan prikaz da uvid u do sada sprovedena geološka istraživanja formacije bijelih krednih boksita u Crnoj Gori. Imajući u vidu naznake ranijih i rezultate novijih istraživanja da se u kompleksnim ležištima bijelih boksita nalaze minerali nosioci pojedinih metala koji su dokumentima Evropske komisije označeni kao kritični i/ili strateški, što je potvrđeno geohemijskim ispitivanjima, istaknuta je potreba daljih detaljnijih geoloških i tehnoloških istraživanja.

Ključne riječi: bijeli boksit, geološka istraživanja, geologija, geohemija.

CURRENT KNOWLEDGE ABOUT WHITE BAUXITES IN MONTENEGRO

Abstract

The aim of this paper is to provide an overview of geological research conducted so far on the formation of white Cretaceous bauxite in Montenegro. Considering earlier results and results of recent research, it has been noted that complex deposits of white bauxite contain minerals that serve as carriers of certain metals marked as critical and/or strategic by the documents of the European Commission.

Keywords: white bauxite, geological research, geology, geochemistry.

¹ *Doktorand, master geolog, Zavod za geološka istraživanja Podgorica, jovanovic.m@geozavod.co.me,*

² *Dr, naučni saradnik, Zavod za geološka istraživanja Podgorica, radusinovic.s@geozavod.co.me*

³ *Prof. dr, Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, vladimir.simic@rgf.bg.ac.rs*

1. UVOD

Ležišta i pojave bijelih boksita u Crnoj Gori prostorno su vezana isključivo za Starocrnogorsku metalogenetsku subzonu koja čini jugozapadni dio metalogenetske zone Visokog krša. Na osnovu geološko-strukturnih i metalogenetskih karakteristika u ovoj subzoni Pajović (2000), izdvaja rudne rejone Zapadne Crne Gore i Čeva u kojima su formirana ležišta bijelih boksita. Rudni rejon Zapadne Crne Gore obuhvata boksitonosne terene zapadno i sjeverozapadno od Nikšića. Boksitonosni tereni između Bijelih Poljana i Nikšićkog polja na sjeverozapadu i Skadarskog jezera na jugoistoku pripadaju rudnom rejonu Čevo. Na prostorima oba rudna reiona, pored bijelih otkrivena su ležišta i pojave crvenih jurskih boksita. Rudni rejon Orjena takođe pripada Starocrnogorskoj metalogenetskoj subzoni, obuhvata širi prostor Grahova i Dragalja, a karakteriše ga prisustvo isključivo crvenih jurskih boksita (slika 1).

U geografskom pogledu navedeni boksitonosni tereni u širem smislu pripadaju Središnjoj regiji Crne Gore (Radojičić, 2008), koja zahvata prostor ograničen sa jugozapada primorskim planinama: Orjenom (1942 m), Lovćenom (1749 m) i Rumijom (1595 m), a prema sjeveroistoku visokim planinama koje čine topografsku razvodnicu između jadranskog i crnomorskog sliva: Golijom (1942 m), Vojnikom (1998 m), Lolom (2157 m), Moračkim planinama (Gradište 2253 m), Komovima (Kučki kom (2478 m), Žijovom (2141 m) i ograncima Prokletija. Izrazito duboki krš, sa svim kraškim fenomenima i oblicima reljefa (škrape, škripovi, jame, pećine, rupe, dolovi, uvale i krška polja), naročito je razvijen na prostoru zaravni dubokog krša, kojem pripadaju i rudni rejoni Zapadne Crne Gore i Čeva (Katunski krš, Grahovo, Krivošije, Rudine i Banjani). Na prostoru zapadne Crne Gore Rašović (1996), opisuje dvije morfološke cjeline: planinski i visokoplaninski dio terena koji čini sjeverni dio boksitonosnog područja i prostranu karstnu zaravan koja čini srednji i južni dio boksitonosnog područja.

2. PRIKAZ RANIJIH ISTRAŽIVANJA

Istorijski podaci i saznanja brojnih istraživača o petrografskim, stratigafskim, tektonskim i geomorfološkim karakteristikama terena i mineralnim sirovinama Crne Gore potiču sa kraja XIX i prve polovine XX vijeka. Hronološki i sadržajno su objavljeni u monografiji Kalezića i Gomilanovića (2004). Nakon završetka Drugog svjetskog rata intezivna geološka istraživanja, fundamentalnog i primijenjenog karaktera i značaja, doprinijela su značajno industijalizaciji i razvoju Crne Gore. U poslednjih dvadesetak godina obim i vrste detaljnih geoloških istraživanja ležišta boksita praktično su svedeni na minimum, bez kontinuiteta i jasne strategije. Nešto je bolja situacija kada su u pitanju fundamentalna istraživanja zahvaljujući realizaciji tematskih geoloških istraživanja kroz izradu metalogenetsko-prognoznih karata boksitonosnih područja u Crnoj Gori (Pajović i dr., 2017; Pajović, 2021; Pljevaljčić i dr., 2019).



Slika 1. Položaj rudnih rejona sa ležištima i pojavama bijelih i crvenih boksita. Prema Pajović (2000). Osnova: Uprava za nekretnine Crne Gore (2008).

2.1. ISTORIJAT ISTRAŽIVANJA

Rašović (1996), detaljno prikazuje historijat istraživanja boksitonosnog prostora zapadne Crne Gore i konstatuje da najveće zasluge za otkrivanje bijelih boksita u Crnoj Gori, pripadaju Jovoviću i Makijedu (1925), prije kojih su za bijele boksite na ovom prostoru korišteni različiti nazivi: kaolini, tvrde gline, tufovi. Poslije Drugog svjetskog rata, u periodu od 1945. do 1970. godine, geološka istraživanja i istraživanja pojava boksita na ovom prostoru vršili su brojni istraživači, od kojih Rašović (1996), izdvaja kao izuzetno značajna istraživanja Bešića, u periodu od 1948. do 1959. godine, koji, pored ostalog, u tektonskom pogledu izdvaja Starocrnogorsku kraljušt kao posebnu geotektonsku jedinicu, potom Pavića (1949, 1958), kao i Pavića i dr. (1961) koji u predjelu Bijelih Poljana, Budoša i Broćanca izdvajaju litotitski tip lijasa koji na ovom prostoru ima razviće u vidu laporovito-krečnjačke facije. Na ovim krečnjacima formirana su ležišta bijelih boksita na širem prostoru Bijelih Poljana. Dalje navodi rad Jovanovića (1951), koji na osnovu faunističkih nalaza oolitične krečnjake Rudina i Hercegovine svrstava u gornju juru. Burić (1956), što je veoma značajno, smatra da sva ležišta bokista koji se nalaze u predjelu Bijelih Poljana, Ljeskovih doli, Broćanca, Trubjele i Budoša, treba nazivati "*kompleksna nalazišta bijelog bokista*", jer su zastupljeni različiti tipovi boksita kako po hemijskom sastavu, tako i facijalnim promjenama. Ovaj termin se često sreće u kasnijoj literaturi o bijelim boksitima u Crnoj Gori. Dalje, značajan doprinos determinaciji stratigrafske pripadnosti karbonatanih sedimenata dala je Radoičić, od 1959. do 1968. godine, kroz mikropaleontološka ispitivanja boksitonosnog područja zapadne Crne Gore i na širem prostoru. Od ostalih Rašović (1996), izdvaja publikacije Bešić, Vuković i Cicović (1965) i Pavić i sar. (1967). Navodi i da je Dragović na prostoru Bijelih Poljana i na susjednim terenima vršio detaljna geološka istraživanja ležišta boksita sa proračunom rezervi u periodu od 1956. do 1963. godine, a da su Dragović, Marković i sar. (1984), istraživali i izvršili proračun rezervi bijelih boksita za ležišta: Lazine, Trebovinjski pod i Ravna Aluga. Takođe je Dragović (1993, 1996) vršio istraživanja i uradio Elaborate o proračunu rezervi bijelih boksita na području Jeline pećine, Paklarice, Lazina i Ravne Aluge (lokalnosti Studenac, Paprati i Dobrogled). Kecojević (2014), je uradio Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi bijelih boksita u ležištu "Poljane".

Vujisić i dr. (1972, 1975) uradili su Osnovnu geološku kartu i Tumač za list Nikšić 1:100.000, koja obuhvata rudni rejon Zapadna Crna Gora; Antonijević i dr. (1969, 1973) za listove Kotor i Budva, na listu Kotor se nalaze rudni rejoni Orjen i Čevo; Živaljević i dr. (1967, 1973) za list Titograd, u čijem krajnjem jugozapadnom dijelu se završava prostor rudnog rejona Čevo. Pored podataka o geološkoj građi, izdvojenim geološkim jedinicama i tektonici, na kartama su prikazana a u tumačima opisana ležišta i pojave crvenih jurskih i krednih bijelih boksita, kao i formacije koje izgrađuju podinu i povlatu boksitnim formacijama.

U periodu od 1970. do 1986. godine na prostoru boksitonosnog područja Zapadne Crne Gore vršena su osnovna geološka istraživanja bijelih i crvenih

boksita sa izradom detaljnih geoloških karata. Istraživanjima su rukovodili stručnjaci Zavoda za geološka istraživanja: Kalezić (1972. i 1973. godine - Paklarica, Crveno razdolje, Paprati, Sudenac i Dobrogled); Rašović (od 1973. do 1979. godine - Katunska nahija, Budoš-Carev most, Trubjela-Brestica); Ivanović (od 1979. do 1983. godine - Crvena kita, Bajov do, Riječani i Tupan, Milovići-Lastva, Velimlje, Petrovići, Perovići i Mirkovići, Trepča-Podkrite); Mirković (1985. godine). Rašović (1982), je u Tumaču za kartu mineralnih sirovina sintetizovao rezultate prethodnih istraživanja i iznio podatke o geološkom sastavu boksitonosnih terena i druge bitne podatke o geologiji i kvalitetu pojedinih pojava i ležišta boksita. U ovom dokumentu registrovano je 95 ležišta i pojava, a teren gdje su otkriveni bijeli boksiti izdvojen je kao *Boksitonosna oblast Stare Crne Gore, Banjana i Njegoša*. U okviru pomenute oblasti izdvojena su dva veća boksitonosna područja i to: *Područje Budoša, Bijelih poljana i Paklarice i Područje Rudina, Banjana i Njegoša*. U okviru ovih većih boksitonosnih područja izdvojena su manji boksitonosni prostori.

Cicmil (1984) bavio se istraživanjima metalogenije mezozojskih ležišta crvenih boksita na teritoriji jugozapadne Crne Gore. Ovaj autor boksitonosnu oblast jugozapadne Crne Gore, površine oko 6 500 km², smatra kao najkrupniju metalogenetsku jedinicu u okviru dinarske metalogenetske provincije. Kao metalogenetske jedinice nižeg reda izdvojeni su: rudni rejoni, rudna polja, rudna ležišta i rudna tijela. Pajović (2000), osim podataka za crvene boksite Crne Gore daje osvrt i o geologiji i genezi formacije bijelih krednih boksita koji su konstatovani na prostoru zapadne Crne Gore.

Dragović (1988) je u knjizi „Bijeli boksiti Crne Gore“, koja predstavlja sintezu doktorske disertacije iz 1986. godine, definisao bijele boksite kao stijene alumo-silikatnog sastava, koje su obrazovane na kopnu. U zaključku navodi da su ležišta obrazovana na krečnjacima i dolomitima jure i donje krede. Smtara da su boksiti nastali u prostorima močvara i baruština pod dejstvom redukcionih uslova, da su nastali od glinovitog i klastičnog materijala crvenih boksita. Dragović u knjizi navodi da su bijeli boksiti nastali preobražajem crvenih boksita.

Pajović i Radusinović (2005), prikazuju genetski model bijelih boksita, kroz analizu faktora koji su mogli uticati na njihovo formiranje. U zaključcima navode da su ležišta bijelih boksita, formirana u baruštinama i jezerima, po čemu se razlikuju od crvenih karstnih boksita. Pretpostavljaju da je početak formiranja vodenih akumulacija vezan za sredinu barema, kada je na karstnu podlogu donešen alumosilikatni materijal, a potom spiran i akumuliran u okolne karstne depresije. Pored ostalog ističu specifičnosti ležišta boksita na području Bijelih Poljana u čijoj građi učestvuje i pretaloženi boksitni materijal koji potiče od crvenih boksita.

U preglednom radu koji se bavi pitanjem stratigrafije boksita Crne Gore Pajović i Radusinović (2015), navode da se u podini bijelih boksita nalaze karbonatne stijene lijaske (Bijele Poljane), titonske (Rudine i Jelina pećina) i berijasko-baremske (Petrovići, Velimlje, Budoš) starosti. U njihovoj podini nalaze se karbonatne stene gornjeg cenomana.

Tomašić et al. (2020), u posebnoj publikaciji realizovanog projekta REEBAUX - Prospect of REE Recovery From Bauxite and Bauxite Residue in the ESEE Region, prikazuju, obrađuju i upoređuju podatke o sadržaju i načinu pojavljivanja elemenata rijetkih zemalja u boksitnim formacijama istočne i jugoistočne Evrope i u deponijama crvenih muljeva na ovom prostoru. Pored navedenog, razmatrana su i pitanja mogućnosti primjene različitih metoda ekstrakcije REE, a izvršena je i preliminarna - uslovna ekonomska ocjena, na osnovu dostupnih podataka o sadržaju elemenata rijetkih zemalja pojedinačno i procijenjenih količina boksita odnosno crvenih muljeva.

Radusinović and Papadopulou (2021), pored ostalog prikazuju potencijalnost boksitnih formacija u Crnoj Gori koje mogu biti izvori kritičnih sirovina (CRM) zbog sadržaja elemenata rijetkih zemalja i drugih kritičnih metala, pa tako i formacije bijelih krednih boksita.

Višegodišnji projekat Zavoda za geološka istraživanja "Izrada Metalogenetsko-prognozne karte boksitonosnog rejona Zapadne Crne Gore", u razmjeri 1:50 000, završen je 2019. godine. Geološko kartiranje je izvršeno na sekcijama razmjere 1:10 000, na osnovu kojih su u završnoj fazi projekta urađene geološka karta i prateće olate u razmjeri 1:50 000 čitavog rejona. Projektom su rukovodili S. Rašović, a potom B. Pljevaljić, (Pljevaljić i dr., 2019). Na finalnoj Metalogenetskoj karti predstavljene su pojave i ležišta bijelih i crvenih boksita, kao i perspektivna ležišta za detaljnija istraživanja.

Na prostoru ležišta Međeđe (kod Budoša), od strane stručnog tima Zavoda za geološka istraživanja, Podgorica, 2018. godine su izvršena osnovna a 2020/21 i detaljna geološka istraživanja. Rezultati su prikazani u izvještajima i u Elaboratu o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi bijelog boksita i tehničko-gradevinskog kamena ležišta "Međeđe", opština Nikšić, stanje 31.12.2021. godine, (Radusinović i Božović, 2022).

2.2. PREGLED PRIMIJENJENIH METODA ISTRAŽIVANJA BOKSITA

U prvim godinama nakon Drugog svjetskog rata prospekcijska geološko-rudarska istraživanja u cilju otkrivanja izdanaka boksita, a potom radi utvrđivanja kvaliteta i količina boksita vršena su primjenom različitih metoda. Najčešće su izvođeni rudarski istražni radovi: okna, potkopi, uskopi, niskopi i raskopi, a kasnije i istražno bušenje.

Nakon ovog perioda uslijedila su intenzivna geološka istraživanja, izrada detaljnih geoloških karata boksitonosnih područja, uz primjenu metode istražnog bušenja kao osnovne metode istraživanja, praćene laboratorijskim - hemijskim i mineraloškim, u manjem obimu i geohemijskim ispitivanjima, kao i tehnološkim ispitivanjima.

Boksit je klasičnim hemijskim metodama uglavnom ispitivan na šest standardnih komponenti (Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO i G.Ž.). Mineraloška ispitivanja boksita vršena su najčešće metodama DTA i TGA, a rjeđe su vršena

rendgenska (XRD) i infracrvena (IR) ispitivanja. U posljednjim decenijama korišćena su i ispitivanja boksita pomoću mikrosonde i elektronskog mikroskopa. U manjem obimu su vršena i mikroskopska petrografsko-mineraloška ispitivanja boksita, kao i ispitivanja specifične i zapreminske mase. Tokom novijih istraživanja posljednjih godina najčešće primjenjivane metode mineraloških ispitivanja su rendgenska difrakcija (XRD) i skenirajuća elektronska mikroskopija (SEM-EDS).

Ležišta i pojave bijelih krednih boksita su po vrstama primjenjenih metoda istraživanja, a posebno po obimu izvedenih istražnih radova, znatno manje istraživana u odnosu na ležišta crvenih, posebno jurskih boksita.

2.3.PREGLED PRIMIJENJENIH METODA GEOHEMIJSKIH ISTRAŽIVANJA BIJELIH BOKSITA

Burić (1966), među prvima na crnogorskim boksitima radi i prikazuje rezultate semikvantitativnih spektrohemijskih ispitivanja proba crvenih boksita iz šest ležišta i jedne probe bijelih boksita - iz ležišta Ligunar. Probe boksita su analizirane na: Co, Ni, Zr, Ag, V, Pb, Mn, Ga, In, Cr, Cu, P, a u tekstu se pominju i analize na Na₂O i K₂O.

Problematikom utvrđivanja sadržaja i geohemijske raspodjele elemenata u tragovima i posebno elemenata rijetkih zemalja, ne samo na prostoru Crne Gore, već Dinarida i Mediterana, nalazimo u brojnim radovima i studijama Maksimovića, koje je objavio samostalno ili sa svojim saradnicima. Tako na primjer Maksimović (1976), ispitujući sadržaje i odnose mikroelemenata u trijaskim, jurskim i krednim boksitima pored ostalog dolazi do zaključka da boksiti iz različitih stratigrafskih nivoa imaju različite sastave matičnih stijena.

Vukotić i Dragović (1982), su proučavali šest uzoraka crvenih i osam uzoraka bijelih boksita iz Crne Gore neutronske aktivacionom analizom i metodom masene spektrometrije. Utvrdili su da je sadržaj lantanida u crvenim boksitima veći za 2,6 puta u odnosu na bijele boksite, ustanovili različite obrasce relativne raspodjele lantanida u crvenim i u bijelim boksitima i došli su do zaključka da je stepen frakcionacije lakih prema teškim lantanidima znatno manji kod bijelih nego kod crvenih boksita. Dragović (1988) prikazuje srednji sadržaj 17 ispitivanih mikroelemenata, među kojima su Y i La, za osam genetskih tipova ležišta bijelih boksita. Ističe i da su bijeli boksiti u odnosu na crvene znatno bogatiji Li i Mo.

Pajović (2000), je izvršio obradu publikovanih i fondovskih podataka o geohemijskim karakteristikama crvenih trijaskih, jurskih i eocenskih boksita, kao i bijelih krednih boksita i potvrdio ranije rezultate istraživanja brojnih autora da su crveni boksiti u odnosu na bijele znatno bogatiji u Ni, Co, Cr, La i Y i dr., a da su bijeli obogaćeni u sadržajima Mo i Li. U knjizi je na osnovu dotadašnjih istraživanja prikazan mineraloški sastav formacija bijelih boksita gdje su kao glavni minerali izdvojeni: kaolinit i bemit, sporedni ili prateći su: gibsit, getit, hematit, anatas, kalcit, pirit, organska materija dok su akcesorni minerali: cirkon, amfibol, feldspati, piroksen, kvarc, rutil, hlorit, epidot, galenit, sfalerit, sfen, opal i drugi.

Dobijeni podaci predstavljaju sintezu podataka Dragovića (1969, 1971a, 1982, 1988, 1988a, 1990), Rašovića (1977, 1979), Ivanovića (1980, 1982a), Vorosa (1977) i Goranović (1983, 1984).

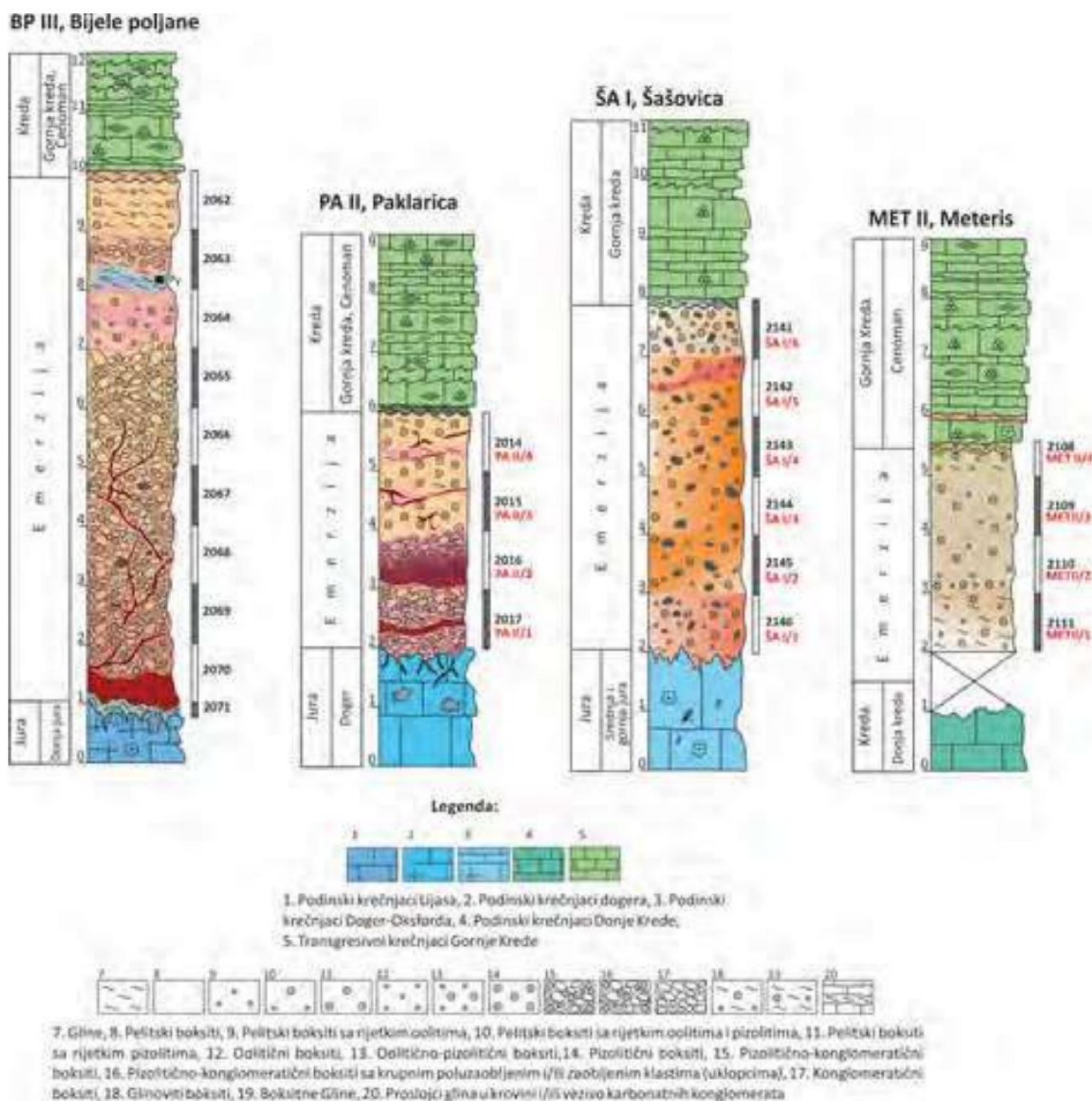
Hemijskim i geochemijskim ispitivanjima crvenih i bijelih boksita rudnog rejonu Zapadna Crna Gora (Pljevaljić i sar., 2019), kombinacijom ICP metoda: Induktivno spregnuta plazma–atomska emisiona spektroskopija (ICP-AES) i Induktivno spregnuta plazma–masena spektrometrija (ICP-MS) utvrđeno je da je prosječan sadržaj silicije veći u bijelim, a aluminijske, oksida gvožđa i kalcijuma u crvenim boksitima. Prosječni sadržaj alkalnih metala: litijuma, rubidijuma i cezijuma je veći u bijelim nego u crvenim boksitima. Prosječan sadržaj urana je dvostruko veći u bijelim boksitima, dok je sadržaj torijuma ujednačen u ispitivanim bijelim i crvenim boksitima. Prelazne metale, karakterišu uglavnom ujednačeni prosječni sadržaji Zr, Hf, Nb, Ta, W i Cu. Prosječni sadržaji V su oko 2 puta, a Mo oko 4 puta veći u bijelim u odnosu na crvene boksite. U crvenim boksitima je oko 10 puta veći prosječni sadržaj Mn, Co oko 2,5 puta, Ni oko 2 puta, Zn oko 3,5 puta i Cd oko 4,5 puta. Dalje, bijeli boksiti su u odnosu na crvene bogatiji arsenom, antimonom i selenom, dok su u crvenim u odnosu na bijele povećane koncentracije telura. Crveni jurski boksiti su u odnosu na bijele kredne boksite boksitonosnog rejonu Zapadna Crna Gora, bogatiji svim elementima rijetkih zemalja, posebno itrijumom i elementima podgrupe La, što je najviše izraženo kod La i Ce.

2.4. NOVIJA GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA BIJELIH BOKSITA

Tokom realizacije projekta “Istraživanje mikroelemenata i elemenata rijetkih zemalja u ležištima karstnih boksita na prostoru zapadne Crne Gore”, koja je u toku želi se prije svega doći do saznanja o sadržaju i distribuciji elemenata rijetkih zemalja u ležištima i pojavama crvenih i bijelih boksita rudnih rejonu “Zapadna Crna Gora”, “Čevo” i “Orjen”, kao i, u manjem obimu, pojedinačnih ležišta i pojava trijaskih crvenih boksita rudnih rejonu “Piva”, “Vojnik-Maganik” i “Prekornica”. Jedan od primarnih zadataka istraživanja je ocjena potencijalnosti prostora sa aspekta pronalaženja ekonomski značajnih rezervi boksita sa visokim sadržajem elemenata rijetkih zemalja i drugih elemenata u tragovima koji su označeni kao kritične mineralne sirovine (CRM). Ostali zadaci se ogledaju u definisanju: sadržaja, načina distribucije i koncentrisanja elemenata u tragovima, mineraloških osobenosti, sličnosti i razlika, obrazaca raspodjele, tumačenje porijekla matičnog materijala za nastanak boksita, kao i brojna druga geološka, metalogenatska i geochemijska pitanja (Radinović i dr., 2020; 2022a; 2022b; 2023).

Na prostoru rudnih rejonu Zapadna Crna Gora i Čevo izvršeno je litogeochemijsko kartiranje i oprobavanje izdanaka i rudnih tijela bijelih krednih boksita na sledećim ležištima i pojavama: Kruščice, Paklarica, Čumovica, Dobrogled, Poprat, Studenac, Trebovinjski pod, Bijele poljane, Jelina pećina, Meteris, Ljeskov kom, Lazine, Kola Bajovića, Široka ulica, Ligunar, Šašovica, Razdolje, Golubinje, Trubjela I i II, Pasji do, Trošovac, Zukva I, Zukva II, Ubao Nikolića, Podkita I i II, Pobijen kamen, Trnovac I, II i III, Cerovi do, Runjava glavica, Velika kita I i II, Milojevo korito,

Slanske strane, Žgurlini, Grabova kosa I i II, Liverovo polje, Grebnice I i II, Čista vlaka, Donje, Dubočke, Brezov do, Loparić, Gusarica, Breskavac, Kaluđerski do, Garevac, Srni do, Ječmine I i II, Sedlo Draičića I i II i Carev most (slika 2). Sve probe bijelih krednih boksita (299 uzoraka) boksita su propisno upakovane, označene i transportovane u laboratoriju za pripremu uzoraka za hemijska i geohemijska ispitivanja koja je obuhvatila grubo sušenje, vaganje, drobljenje i nakon toga fino mljevenje boksita do određene granulacije, skraćivanje i prosijavanje uzorka.



Slika 2. Detaljni geološki stubovi ležišta i pojava bijelih boksita formiranih na podinama različite starosti (Radusinović i dr. 2020, 2022a i 2022b)

Hemijska i geohemijska ispitivanja svih uzoraka boksita obavljena su klasičnim metodama i metodom ICP–AES/MS, kombinacijom ICP metoda hemijske analize:

Induktivno spregnuta plazma–atomska emisiona spektroskopija (ICP-AES) i Induktivno spregnuta plazma–masena spektrometrija (ICP-MS) uz rastvaranje uzoraka litijum boratom. Boksiti su ispitani na sadržaje 11 oksida: SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, TiO₂, P₂O₅, MnO, Cr₂O₃ i G.Ž.(LOI), potom sadržaj ukupnog ugljenika (TOT/C) i ukupnog sumpora (TOT/S), kao i 33 elementa: Ba, Ni, Sc, Be, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, W, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, i dodatnih 14 elemenata po odabranom analitičkom programu: Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Bi, Ag, Au, Hg, Tl i Se.

Za mineraloška ispitivanja ukupno su odabrana i metodom rendgenske difrakcije (XRD) analizirana 52 krednih boksita. Ispitivanjima metodom skenirajuće elektronske mikroskopije (SEM-EDS) obuhvaćeno je 26 uzoraka krednih boksita. Odabir uzoraka za mineraloška ispitivanja je izvršen nakon obrade terenskih podataka i sveobuhvatne statističke analize rezultata hemijskih i geohemijskih ispitivanja.

Ovim mineraloškim ispitivanjima je utvrđeno prisustvo sledećih minerala i grupa minerala u ispitivanim uzorcima bijelih boksita, glinovitih boksita i boksitnih glina: bemit i gipsit; getit i lepidokrokrit; kaolinit, ilit i/ili muskovit i hlorit; anatas, rutil; kalcit, kao i kvarc. U krednim boksitima takođe su detektovani fosfati kao nosioci REE: monacit i ksenotim, a rjeđe i REE karbonati-Ce (Radinović i dr., 2022a,b).

3. GEOLOGIJA LEŽIŠTA I POJAVA BIJELIH BOKSITA

Na prostoru Zapadne Crne Gore otkriveno je preko 100 ležišta i pojava bijelih boksita. U metalogenetskom pogledu tereni na kojim se nalazi bijeli boksit pripadaju zoni Visokog krša, odnosno Starocrnogorskoj metalogenetskoj zoni. Prema Dragoviću (1988), dužina izdanaka bijelih boksita iznosi oko 140 km. Starost podinskih krečnjaka kreće se u rasponu od donjeg lijsa do apta.

Tokom realizacije geoloških istraživanja boksita za potrebe „Izveštaja o istraživanju mikroelemenata i elemenata rijetkih zemalja u ležištima karstnih boksita zapadne Crne Gore”, obuhvaćena su karakteristična ležišta i pojave bijelih boksita na prostoru rudnih polja: Budoš, Bijele Poljane, Trubjela, Trepča, Banjani, Crkvice-Njegoš i Krstac-Srijede. Na šezdesetpet lokacija uzeto je i analizirano 299 proba bijelih boksita, snimljeno je 69 detaljnih geoloških stubova, ukupne dužine 497 m sa 65 lokacija.

U okviru *rudnog polja Budoš* skoro u kontinuitetu mogu se pratiti izdanci bijelih boksita, od Carevog mosta u Nikšićkom polju, preko Međeđeg i Budoša – do Jeline pećine. Ležišta i pojave najčešće su slojevita i slojevito-sočivasta boksitna rudna tijela prosječne debljine do 6 m. U podini boksita se nalaze karbonatne stijene starosti od gornje jure (malm) do donje krede. Boksitna tijela su izgrađena od različitih varijeteta po boji, fizičkim i hemijskim karakteristikama, koji se mijenjaju od jednog do drugog lokaliteta, kao i u okviru istog ležišta/pojave. Ovi varijeteti se obično opisuju kao žućkasti, bijeli, rumeni, crveni boksiti i boksitne gline.

U povlati i podini bijelih boksita skoro redovno se javljaju gline. Iz ovog rudnog polja snimljeno je sedam detaljnih geoloških stubova iz različitih ležišta i pojava (pojava Carev most, Ljeskov kom, Kola Bajovića, Široka ulica, ležište Jelina pećina I, Jelina pećina II i Lazine), ukupne dužine 71 m, od čega je 43,3 m u boksitu. Prema Pajoviću (2000), srednji hemijski sastav boksita ovog područja iznosi: Al_2O_3 51,53%, SiO_2 26,02%, Fe_2O_3 3,84%, TiO_2 2,76%, CaO 0,36% i G.Ž. 14,47%, dok su prema novijim rezultatima prosječni sadržaji glavnih oksida sledeći: Al_2O_3 43,55%, SiO_2 24,64%, Fe_2O_3 11,73%, TiO_2 2,28%, CaO 0,23% i G.Ž. 15,93%, (Radusinović i dr., 2020; 2022a; 2022b).

Rudno polje Bijele Poljane izgrađuju najznačajnija ležišta bijelih boksita koja su nekoliko decenija eksploatisana a bijeli boksit korišten za potrebe vatrostalne industrije. Boksitonosni teren ovog prostora sastoji se od nekoliko prevnutih međusobno raskinutih i izrasijedanih nabora, odnosno struktura. U njihovoj podini su lijaski, dogerski i malmski krečnjaci i dolomiti. Sva ležišta i pojave bijelih boksita ovog predjela u većoj ili manjoj mjeri sadrže crvene boksite po čemu se bitnije razlikuju od ležišta okolnog prostora. Crveni boksiti se skoro u svim ležištima ispoljavaju kao pretaloženi, bilo da se javljaju u vidu konglomerata sa crvenim vezivom, ili sa vezivom od bijelih boksita i boksitnih glina. Njihovo mjesto u stubu istog ležišta je različito, a najčešće je u donjem ili u srednjem dijelu-gdje se preslojavaju sa bijelim boksitima. Bijeli boksiti i boksitne gline najčešće se javljaju u srednjem i gornjem dijelu stuba, U ovom rudnom polju nalaze se najkvalitetnija ležišta sa bijelim bemitskim boksitima i sadržajima: 50-60% Al_2O_3 , 15-20% SiO_2 i 3-8% Fe_2O_3 , dok je hemizam crvenih boksita u istim ležištima: 50-55% Al_2O_3 , 10-20% SiO_2 i 15-22% Fe_2O_3 (Pajović i dr., 2019). Kada su prisutni različiti varijeteti bijelih i crvenih boksita i glina u istom ležištu, praktično nije moguće govoriti o srednjem hemizmu ležišta, već samo o hemizmu pojedinih članova. Novijim terenskim radovima na ovom području snimljeno je sedamnaest detaljnih geoloških stubova (pojava Sedlo Draičića I i II, Čumovica, pojava Ligunar I i II, ležište Dobrogled, Poprat, Studenac, Trebovinski pod, Bijele Poljane I, II, III, IV, V i VI i Paklarica I i II) ukupne dužine 159 m, a boksita ima 98m. Prosječne vrijednosti sadržaja glavnih oksida dobijene novijim istraživanjima, koje treba uzeti samo kao orijentacione, su: Al_2O_3 42,45%, SiO_2 21,89%, Fe_2O_3 15,83%, TiO_2 2,25%, CaO 0,43% i G.Ž. 15,8%, (Radusinović i sar., 2020; 2022a; 2022b).

Pojave boksita u rudnom polju *Trubjele* konstatovane su kod Slanog jezera i u predjelu Goštea. Podinu boksita čine krečnjaci jurske starosti (lijas, doger i malm). Ležišta i pojave bijelih boksita izgrađena su od žućkastih, smeđih i rumenih (sa pizolitima) facija boksitnih glina i glina, a manje bemitskih bijelih boksita koji se nepravilno smjenjuju po pružanju i padu. Za potrebe Izvještaja locirano je deset pojava i ležišta bijelih boksita (pojava, Trubjela I i II, Slanske strane, Srni do, Ječmine I i II, Razdolje, Golubinje, Šašovica i ležište Kruščice) na svim lokacijama snimljeni su detaljni geološki stubovi dužine 66,6 m, u boksitu je 34,5 m. Po hemijskom sastavu boksiti iz područja Trubjele pripadaju boksitnim glinama sa sadržajima: Al_2O_3 od 31 do 47,40%, SiO_2 od 29,32 do 48,05% i Fe_2O_3 od 2,80 do 6,40%, TiO_2 od 1,20

do 1,90% i G.Ž. od 14,7 do 15,6% (Pajović i dr., 2019). Srednji hemijski sastav ove formacije, isključujući crvene boksite, prema podacima Rašovića (1979), Burića (1966) iznosi : Al_2O_3 40-53%, SiO_2 15-25% i Fe_2O_3 5-12%. Prema Radusinović i dr. (2020; 2022a; 2022b), prosječan sadržaj glavnih oksida u 10 ispitanih lokalnosti iznosi: Al_2O_3 37,59%, SiO_2 27,4%, Fe_2O_3 14,13%, TiO_2 1,98%, CaO 0,39% i G.Ž. 16,7%.

Sjeverno od Trubjele je rudno polje *Trepča* u okviru koga su boksiti formirani na titonskim krečnjacima. Dužina boksitnih tijela je do 300 m, a debljina od 1 do 4 m. U sastavu boksitnih tijela su žutobijeli i bijeli glinoviti boksiti, bijele boksitne gline, bijelo-rumeni pizolitični boksiti. Sadrže u prosjeku oko 38% Al_2O_3 , 36% SiO_2 i 8,5% (Pajović i dr., 2019). Novijim istraživanjima obuhvaćeno je više lokacija gdje je litogehemijski kartirano petnaest detaljnih geoloških stubova (pojava Zukava I i II, Ubao Nikolića, Podkita I i II, Pobijen kamen, Trnovac I, II i III, Cerovi do, Runjava glavica, Velika kita I i II, Milojevo korito i Tročavac). Ukupna dužina stubova je 103,1 m, dok je debljina boksita u svim stubovima 47,8 m. Srednji sadržaji glavnih oksida je sledeći: Al_2O_3 36,43%, SiO_2 31,93%, Fe_2O_3 9,59%, TiO_2 2,00%, CaO 0,55% i G.Ž. 17,5% (Radinović i dr. 2020; 2022a; 2022b).

U okviru *rudnog polja Banjana* obuhvaćen je široki prostor istoimene antiklinalne strukture na čijim krilima su otkriveni bijeli kredni i crveni jurski boksiti. U podini bijelih boksita najčešće su krečnjaci gornjojurske i donjokredne starosti. U građi ležišta bijelih boksita ove rudne zone učestvuju crveni pizolitični, rumeni i žuti pizolitični i pelitomorfni, žutobijeli i bijeli boksiti, glinoviti boksiti, boksitne gline i gline, zatim sive (piritisane) i sivozelene gline (Pajović i dr., 2019). Pajović (2000), prikazuje srednji hemijski sadržaj na prostoru Banjana kako slijedi: Al_2O_3 34-46%, SiO_2 32-39% i Fe_2O_3 6-10%. Radusinović i dr. (2020; 2022a; 2022b) istraživali su boksite na sedam lokacija (pojave: Liverovo polje, Grebnice, Grebnice II, Čista vlaka, Loparići, Meteris I i II) snimili i oprobali su detaljne geološke stubove ukupne dužine 46m, od čega je 22,4 m u boksitu. Noviji rezultati su uglavnom saglasni i iznose: Al_2O_3 33,39%, SiO_2 35,64%, Fe_2O_3 8,22%, TiO_2 1,48%, CaO 0,92% i G.Ž. 17,6%, (Radinović i dr., 2020; 2022a; 2022b).

U sjeveroistočnom boksitonosnom dijelu rudnog rejona Zapadna Crna Gora nalazi se rudno polje *Crkvice-Njogoš*. Na krednim krečnjacima ovih zona bijeli boksiti se najčešće ispoljavaju u vidu sivožutih, smeđih, zelenosovih boksitnih gline, mjestimične debljine do 1 m, duž eroziono-diskordantnog kontakta. Sa ovog prostora uzete su probe za geohemijska ispitivanja bijelih boksita sa šest lokacija (pojave: Brezovi do, Gusarica, Brekavac, Smrdelj, Kaluđerski do i Garevac). Na četiri lokacije su snimljeni detaljni geološki stubovi kupne dužine 20m, od čega 5,9 m u boksitu. Sredni sadržaj glavnih oksida u ovim pojavama iznosi: Al_2O_3 40,21%, SiO_2 26,67%, Fe_2O_3 7,41%, TiO_2 1,22%, CaO 2,18% i G.Ž. 17,1% (Radinović i dr., 2022a; 2022b).

Na istom prostoru kao i rudno polje *Crkvice-Njogoš* nalazi se i rudno polje *Krstac-Srijede*. Glinoviti bijeli boksiti u ovom polju nalaze se na donjokrednim krečnjacima. Prosječne su debljine oko 1,5 m, predstavljeni glinovitim boksitima

smeđe, sivozelene i sive boje. Snimljena su tri detaljna geološka stuba (pojave: Žgurlini, Grabova kosa I i II) ukupne dužine od 16m, od čega je 5,4m u boksitima. Sa ovih lokacija uzete su probe koje su analizirane i dobijeni su sledeći prosječni sadržaji glavnih oksida: Al₂O₃ 26,10%, SiO₂ 36,34%, Fe₂O₃ 7,52%, TiO₂ 1,17%, CaO 6,20% i G.Ž. 19,94% (Radusinović i dr., 2022a; 2022b).

3.1. STANJE I PROCJENA REZERVI

Do sada je u Crnoj Gori registrovano preko 100 ležišta i pojava bijelih boksita koja se javljaju u području Budoša, Bijelih poljana, Paklarice, Rudina, Banjana i Njegoša. Iako su istraživanja bijelih boksita otpočela od davnina, a sa manjim ili dužim prekidima traju sve do danas, stepen istraženosti ležišta i pojava ove mineralne sirovine je nizak, a mogućnost njihove primjene u industriji slabo izučena. Ukupne geološke rezerve boksita A+B+C1 kategorije na ležištima Poljane (Dionice, Brijestovo osoje I i II), Lazine, Trebovinski pod, Ravna aluga i Međeđe iznose 2 496 639 t. Od toga rezervama A kategorije pripada 27 000 t, rezervama B kategorije 1 326 977 t a rezervama C1 kategorije 1 142 662 t (tabela 1).

Tabela 1: Geološke rezerve bijelih boksita po ležištima (Pajović i dr., 2019)

Ležište	Bilansne rezerve po kategorijama, (t)				Stanje rezervi
	A	B	C1	A + B+ C1	
1. Poljane	-	196 346	374 938	571 284	31.12.2013
2. Lazine	27 000	99 000	148 000	274 000	31.12.1983
3. Trebovinski pod	-	20 000	85 000	105 000	31.12.1984
4. Ravna aluga	-	-	50 000	50 000	31.12.1984
5. Međeđe (Stubica)	-	1 011 631	484 724	1 496 355	31.12.2022
UKUPNO	27 000	1 326 977	1 142 662	2 496 639	

Na ležištima bijelih boksita Lazine, Trebovinski pod i Ravna aluga usvojene su geološke rezerve sa stanjem 1983. odnosno 1984. godine, a stanje rezervi prema zvaničnim podacima do danas nije promijenjeno (Goranović, 1983). Na ležištu Poljane, koje čine tri rudna tijela: Dionice, Brijestovo osoje I i II su ovjerene rezerve sa stanjem 31.12.2013. godine, a eksploatacija se na tom ležištu odvijala do kraja 2016. godine. Od 2013. do 2016. godine prema zvaničnim podacima otkopano je 21 387 t rude bijelog boksita iz ovog ležišta. U 2018. godini Zavod za geološka istraživanja-Podgorica je izvršio osnovna geološka istraživanja bijelih boksita ležišta „Međeđe“ kod Budoša. Pozitivni rezultati osnovnih istraživanja, doveli su do potpisivanja uovor o koncesiji sa “Uniprom White Bauxite“, u junu 2020. godine. Zatim je usledila izrada Projekta detaljnih geoloških istraživanja u periodu jul 2020. godine. Detaljna geološka istraživanja su izvršena tokom 2021. i 2022. godine. Sintezom dobijenih podataka tokom 2022. godine urađen je Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi bijelog boksita i tehničko-građevinskog kamena ležišta “Međeđe“, opština Nikšić, stanje 31.12.2021. godine.

Potencijalni resursi bijelih boksita u Crnoj Gori procijenjeni na više desetina miliona tona, i to u području Budoša, Bijelih Poljana, Trubjele, Trepača, Rudina i Banjana. Takođe, u prethodnom tekstu su ukratko opisana najznačajnija ležišta u ovim područjima (rudnim poljima). Znači, resursi bijelih boksita u Crnoj Gori postoje, i mogli bi da doprinesu razvoju Crne Gore, ukoliko se riješi pitanje kompleksne valorizacije ove mineralne sirovine.

Crna Gora svakako ima interese da finansijski podrži rješavanje tehnologije kompleksne valorizacije bijelih boksita, odnosno izdvajanje posebnih tržišnih produkata od ove mineralne sirovine, čime bi se višestruko povećala njena tržišna cijena i vrijednost. U svjetlu sve većih potreba modernog društva za različitim materijalima, kao i značajnog tehnološkog napretka i razvoja novih tehnologija i proizvoda, potrebno je aktuelizovati pitanja mogućnosti oplemenjivanja, pripreme i prerade bijelih boksita i boksitnih glina i pronalaženje tehnoloških rješenja, kako bi se u cjelosti valorizovala rudna formacija bijelih boksita.

REZIME

U ovom radu prikazana su dosadašnja geološka istraživanja bijelih boksita na prostoru Crne Gore. Posljednjih dvadesetak godina obim i vrste detaljnih geoloških istraživanja ležišta boksita praktično su svedeni na minimum. Međutim od 2019. godine započinje projekat "Istraživanje mikroelemenata i elemenata rijetkih zemalja u ležištima karstnih boksita na prostoru zapadne Crne Gore", koji za cilj ima dolazak do saznanja o sadržaju i distribuciji elemenata rijetkih zemalja u ležištima i pojavama crvenih i bijelih boksita.

Istraživanje bijelih boksita je specifično jer formacije bijelih boksita su same po sebi izuzetno složene, samim tim njihovom istraživanju treba da se posveti veća pažnja, jer su veoma posebna i rijetka mineralna sirovina, a u mnogo manjoj mjeri su istražene u odnosu na crvene boksite.

Na prostoru Zapadne Crne Gore otkriveno je preko 100 ležišta i pojava bijelih boksita, koji pripadaju zoni Visokog krša, odnosno Starocrnogorskoj metalogenetskoj zoni. Potencijalni resursi bijelih boksita u Crnoj Gori procijenjeni na više desetina miliona tona, ali zbog pitanja tehnologije i mogućnosti primjene bijelih boksita, stepen istraženosti je nizak. Zbog sve većih potreba modernog društva za različitim materijalima, potrebno je riješiti pitanje mogućnosti oplemenjivanja, pripreme i prerade bijelih boksita i boksitnih glina i pronalaženje tehnoloških rješenja, kako bi se u cjelosti valorizovala rudna formacija bijelih boksita i stekla ekonomaska korist.

Budući da su novija istraživanja dala pozitivne rezultate, te da se u ležištima bijelih boksita nalaze ekonomski interesantne vijednosti minerala koji su nosioci metala koji su u dokumentima Evropske komisije prepoznati kao kritični, u budućnosti je potrebno detaljnije se posvetiti istraživanju ocjene potencijalnih prostora sa aspekta pronalaženja ekonomski značajnih rezervi bijelog boksita sa visokim sadržajem elemenata koji su označeni kao kritične mineralne sirovine (CRM).

SUMMARY

In this paper are presented the previous geological research of white bauxite in the area of Montenegro. The last twenty years, the scope and types of detailed geological research of bauxite deposits have been reduced to a minimum. However, since 2019, the project “Istraživanje mikroelemenata i elemenata rijetkih zemalja u ležištima karstnih boksita na prostoru zapadne Crne Gore” has been initiated, aim of this project is to attainment knowledge about the content and distribution of rare earth elements in deposits of both red and white bauxite.

Research on white bauxite is specific because the formations of white bauxite are inherently complex. Therefore, greater attention should be devoted to their exploration as they represent a very distinctive and rare mineral resource. White bauxites are far less explored compared to red bauxites.

In Western Montenegro, over 100 deposits and occurrences of white bauxite have been discovered, which belong to the High Karst zone, namely the Old Montenegro metallogenic zone. The potential resources of white bauxite in Montenegro are estimated to be several tens of millions of tons. However, due to technological issues and the potential applications of white bauxite, the level of exploration is low. Considering the increasing needs of modern society for various materials, it is necessary to address the question of the possibility of enrichment, preparation, and processing of white bauxite and bauxite clays. Technological solutions need to be found to fully valorize the white bauxite ore formation and achieve economic benefits.

As recent research has yielded positive results, and economically interesting mineral values that carry metals recognized as critical by the European Commission are found in white bauxite deposits, future efforts should focus on a more detailed assessment of potential areas. This involves identifying economically significant reserves of white bauxite with a high content of elements designated as critical mineral resources (CRM).

LITERATURA

- Antonijević, R., Pavić, A., Karović, J. i dr. (1973): *Tumač za OGK SFRJ, 1:100.000, za listove Kotor i Budva, K 34-50 i K 34-62*, Savezni geološki zavod, Beograd. FSD Zavoda za geološka istraživanja, Podgorica.
- Antonijević, R., Pavić, A., Karović, J. (1969): *Osnovna geološka karta SFRJ, 1:100 000, listova Kotor i Budva, K 34-50 i K 34-62*, Savezni geološki zavod, Beograd. FSD Zavoda za geološka istraživanja, Podgorica
- Burić, P., 1966: *Geologija ležišta boksita Crne Gore*. Posebna izdanja Geološkog glasnika, knj. VIII, Sarajevo.
- Cicmil, S., 1984: *Metalogenija mezozojskih ležišta crvenih boksita jugozapadne Crne Gore*; Izd. Rudnici boksita-Nikšić, Nikšić (1-134).
- Goranović, V., 1983: *Elaborat o OGI bijelih boksita između Kruščice i Ranjave vlake za 1981 i 1982 godinu*; Fond stručnih dokumenata MEIR-a, Podgorica.
- Dragović, D., 1988: *Bijeli boksiti Crne Gore*. 88 str., Nikšić.
- Kalezić, M., Gomilanović, M., 2004: *Traganje za rudama u Crnoj Gori*, CID, Podgorica
- Kecojević, V., 2014: *Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi bijelih boksita u ležištu „Poljane“*, stanje 31.12.2013. godine, Knjiga I
- Maksimović, Z., 1976a: *Genesis of some Mediterranean karstic bauxite deposits; Travaux*, ICSOBA, N-13, Zagreb, 1-14
- Pajović, M., 2000: *Geologija i geneza crvenih boksita Crne Gore*. Posebna izdanja Geološkog glasnika, knj. XVII, 200 str., Podgorica.
- Pajović, M., Mirković, M., Svrkota, R., Ilić, D., Radusinović, S., 2017: *Geologija boksitonsnog rejonu Vojnik-Maganik (Crna Gora)*. Posebna izdanja Geološkog glasnika, Zavod za geološka istraživanja Crne Gore i Inženjerska komora Crne Gore, UDK: 55/56, ISSN 0435-4249, COBISS.CG-ID 37922; Knj. XXI, 339 pp.
- Pajović M., Radusinović, S., 2005: *Geneza bijelih (donjokrednih) boksita*. Zbornik radova sa 14. Kongresa geologa Srbije i Crne Gore sa međunarodnim učešćem, str. 469-476, Novi Sad.
- Pajović, M., Radusinović, S., 2015: *Stratigrafija boksita Crne Gore*. Geološki glasnik Zavoda za geološka istraživanja Crne Gore, UDK: 55/56, ISSN 0435-4249, COBISS.CG-ID 37922, Knj. XVI, 27-57.
- Pajović, M., Radusinović, S., Božović, D., Korać, M., Milić, V., Lacman, R., Smić, V., Beljić, Č., 2019: *Državni plan eksploatacije mineralnih sirovina za period 2019-2028, Crna Gora*, Ministarstvo ekonomije, 434 str., Podgorica.
- Pajović, M., 2021: *Metalogenetsko-prognozna karta boksitonsnog rejonu Vojnik-Maganik (Crna Gora), metode izrade, ocjene potencijalnosti i perspektivnosti*, JU Zavod za geološka istraživanja Crne Gore, posebna izdanja Geološkog glasnika, Knjiga XXII, Podgorica.