

GEOLOŠKI VJESNIK	44	139 - 149	2 Tab.	1 Sl.		ZAGREB 1991
------------------	----	-----------	--------	-------	--	-------------

AKCESORNI TEŠKI MINERALI U BOKSITIMA BOSNE I HERCEGOVINE

Fabijan TRUBELJA¹ i Rozalija MUTIĆ²

Ključne riječi: Akcesorni, detritalni, vulkanogeni minerali, boksit, trijas-neogen, Bosna i Hercegovina.

Key words: Accessory, detrital, volcanic minerals, Bauxit, Triassic-Neogene, Bosna and Hercegovina.

U kršu Dinarida (područje Bosne i Hercegovine) javljaju se brojna ležišta boksita različite geološke starosti (trias-neogen). Iz boksita, terra rosse i vulkanskog tufa izolirali smo brojne i raznovrsne minerale teške frakcije i istražili njihove morfološke i tipomorfne osobine. Boksiti gornjeg eocena i neogena sadrže bogat spektar teških minerala, koji se mogu korelirati s teškim mineralima iz piroklastičnih stijena; kvalitativna i kvantitativna analiza mineralnog sastava teške frakcije ukazuje na porijeklo boksita iz različitih matičnih stijena (vulkanski tufovi, stariji sedimenti, metamorfne stijene).

In the karst of the Dinarides (in the area of Bosnia and Hercegovina) there are numerous beds of bauxites of different geological age (Triassic to Neogene). Numerous and varied heavy fraction minerals were isolated from bauxite, terra rossa and volcanic tuff and their morphological and typomorphic characteristics were examined. The bauxites of the Upper Eocene and Neogene contain a rich spectrum of heavy minerals, which can be correlated to the heavy minerals from pyroclastic rocks. A qualitative and quantitative analysis of the mineral composition of the heavy fraction shows that bauxite comes from various sources (volcanic tuffs, older sediments, metamorphic rocks).

1. UVOD

U kršu Bosne i Hercegovine ležišta boksita su veoma rasprostranjena i mnogobrojna. Njihova geološka starost je različita. Najstariji boksiti su nastali u trijasu, a najmlađi su neogenske starosti.

Istraživanja obuhvaćaju akcesorne teške minerale koje smo izolirali iz trijaskih, eocenskih i neogenskih boksita. Pored toga, odredili smo širok spektar teških minerala u jednom uzorku vulkanskog tufa iz boksitnog ležišta Gradina kod Baraća, zatim u terra rossi iz Crvenića kod Tomislav-Grada.

U cilju dobivanja što više informacija o genetskoj povezanosti utvrđenih detritalnih teških minerala i njihovih parageneza s njihovim matičnim stijenama u distributivnim arealima kao i radi korelacije, u prikaz i interpretaciju ovih rezultata, uključeni su i neobjavljeni podaci ranijih mineraloških analiza neogenskih glinovitih boksita, boksitne gline i piroklastita iz nekoliko lokaliteta širom Bosne (Šipovo, Miljevina, Prozor, Kalinovik).

Odvajanje teških od lakih minerala izvršili smo pomoću bromoforma gustoće 2,89 iz frakcije veličine zrna 0,045 - 0,15 mm. Minerali su determinirani pomoću polarizacijskog mikroskopa i binokularne lupe. Pri ovim istraživanjima posebnu pažnju posvetili smo cirkonu, koji je prisutan u svim uzorcima i u najvećoj količini.

Mineralni sastav teške frakcije za mlade eocenske i neogenske boksite, terra rosse i vulkanski tuf i skazali smo u težinskim postocima. Za trijaski i starije eocenske boksite sastav smo izrazili samo kvalitativno (broj zrna) zbog relativno malog učešća pojedinih proziranih teških minerala. Bitne mineralne sastojke u svim uzorcima odredili smo uz primjenu rendgenske difrakcije i IR-

spektroskopije (Tabela I).

Tabelarni prikaz rezultata 18 različitih uzoraka pretežno boksita u odnosu na vremenski slijed od najstarijih do najmlađih ležišta, pokazao se prikladnom osnovom za interpretaciju rezultata analize po izdvojenim skupinama. Osim veće ili slabije zastupljenosti mineralnih vrsta i njihove učestalosti, u uzorcima boksita iz pojedinih ili uzastopnih vremenskih razdoblja, vrijednim su se pokazali, naročito za korelaciju, utvrđeni detalji na detritalnim mineralima. Tako će morfološka obilježja pojedinih minerala, sekundarni priraštaji i autigena izrastanja, karakter inkluzija u mineralima i sl. pripomoći iznalaženju njihovih izvorišta odnosno matičnih stijena, dok su autigeni minerali indikatori taložnih sredina.

2. KRATAK PREGLED DOSADAŠNJIH REZULTATA ISTRAŽIVANJA

Akcesorni teški minerali u boksitima Bosne i Hercegovine nisu do sada sistematski istraživani. Ipak treba naglasiti da je u najnovije vrijeme objavljen opširan članak o "Mineralogiji boksita u bazenu Posušje u zapadnoj Hercegovini" u kojemu je dosta pažnje posvećeno i mineralima teške frakcije (TRUBELJA & LUGOVIĆ, 1990). U radu su izneseni brojni podaci o njihovoj kvantitativnoj zastupljenosti u boksitima eocenske starosti. Interesantno je napomenuti, da među teškim mineralima ima dosta onih koji vode porijeklo iz metamorfnih stijena (epidot, granat, disten, titanit, silimanit). Utvrđeno je i prisustvo zrna piroklastita i magmatskih stijena. Na osnovi analize mineralnog sastava teške frakcije autori zaključuju da su boksiti u bazenu Posušje nastali iz matičnih stijena različitog porijekla

¹Prirodno-matematički fakultet, Vojvode Putnika 43, Sarajevo

²Institut za geološka istraživanja, Sachsova 2 Zagreb

i sastava.

Reliktne minerale izolirane iz donjokrednih boksita Vlasenice proučavali su MAKSIMOVIĆ & DANGIĆ (1984). Pored cirkona i turmalina koji su bili ranije poznati (NIKOLIĆ et al. 1976), autori navode prisustvo kromita, ilmenita, piroksena, amfibola, coisita, titanita i zrna vulkanskog pepela. Uzevši u obzir navedenu asocijaciju teških minerala i geološke uslove nastanka vlaseničkih boksita, autori zaključuju o prirodni matičnih stijena iz kojih oni nastaju (bazične i ultrabazične magmatske stijene, zatim kiseli vulkaniti i stariji sedimenti).

Fragmentarne podatke o akcesornim teškim mineralima u boksitima Bosne i Hercegovine čitalac može naći u objavljenim radovima još nekolicine autora (ŠINKOVEC & BABIĆ, 1973; TRUBELJA, 1984, 1987 i 1990; TRUBELJA & PAPEŠ, 1983; SAKAČ et al., 1987).

O akcesornim teškim mineralima u boksitima različite geološke starosti (gornji trijas - neogen) i karbonatnim stijenama podine boksita u Hrvatskoj (Kordun, Dalmacija), opširno su izvjestili ŠUŠNJARA & B. ŠČAVNIČAR (1976 i 1978). Njihovi rezultati mogu se dobro korelirati s podacima naših istraživanja, što govori o veoma sličnim ili identičnim uslovima postanka boksita na širokom području krša Dinarida i u različitim stratigrafskim nivoima.

3. REZULTATI NAŠIH ISTRAŽIVANJA

3.1 BOKSITI GORNJEG TRIJASA

Boksiti i glina gornjotrijaske starosti javljaju se u selu Bjelaj kod Bosanskog Petrovca u zapadnoj Bosni. Ležište je detaljno istraženo i opisano u dva zasebna članka (TRUBELJA et al., 1986 i 1987). Ležište pripada prijelaznom tipu između krških i lateritnih boksita (tip Ariège). Teški su minerali izolirani iz četiri uzorka idući po profilu ležišta od podine do krovine (Bj-2, Bj-8, Bj-11-13, Bj-14). Uzorak Bj-14 predstavlja krovinu boksita, koja po sastavu odgovara gotovo čistoj kaolinitnoj glini.

U uzorcima boksita i glina određeni su ovi minerali: **epidot**, **amfibol**, **granat**, **cirkon**, **turmalin**, **apatit**, **aragonit**, **kalcit**, **barit**, **biotit** i **klorit**. Pirit se javlja samo u uzorku Bj-2, (podinska glina), što ukazuje na redukcijske uslove taložne sredine.

Cirkon je najučestaliji sastojak u svim uzorcima. Ipak, broj zrna opada idući od podine do krovine. Zrna su kratko stupačasta i malo izdužena, prizmatskog oblika s dobro izraženim pojedinim kristalnim formama i bridovima. Kristalići su cijeli ili kršeni (Tabla II, sl. 19, 28, 29, 30). Katkada sadrže inkluzije poput staklastih cijevčica koje su orijentirane paralelno osi [001] i inkluzije poput kapljica i mjehurića s opakom tvari (sl. 24, 26, 35). Primijećena su i subzaobljena sitnija zrna cirkona, a ima i kristala sa zonama rasta i s tragovima defekata u rastu (sl. 21, 23). Posve čista i bezbojna zrna cirkona su vrlo rijetka. Zrna su najčešće korodirana i slabo

žučkasta od impregnacije željezovite supstance.

Opisana morfologija cirkona i prisustvo u njemu karakterističnih inkluzija, ukazuju na njegovo porijeklo iz starijih piroklastita, što je u skladu s geološkom građom i litološkim sastavom šireg boksitonošnog područja u zapadnoj Bosni.

Apatit je određen u samo dva uzorka. To su detritalna zrna dobro zaobljena i sićušna s crnim konturama od željezovite supstance.

Epidot, **turmalin** i **granat** su određeni u uzorcima Bj-8, Bj-11-13 i Bj-14, a kršeni svježi kao i zaobljeni **amfibol** u uzorku Bj-11-13. U sva četiri uzorka nađeni su romboedri **kalcita** sa zonama rasta. Korodirani romboedri **dolomita** utvrđeni su u sastavu uzoraka Bj-2, Bj-8. Sićušni kristalić autigenog **aragonita** duljine 29 μ primijećen je u uzorku BJ-11-13 (sl.1). Pločasti i vrlo svježi **barit** određen je u uzorcima Bj-2 i Bj-8. Od listićavih minerala prisutan je zeleni i zelenkastosmeđi **biotit** s crvenim pigmentom od željezovite supstance, zatim **klorit** i **hematit**.

3.2. BOKSITI STARIJEG EOCENA

Boksitna ležišta ove skupine su najbrojnija i nalaze se isključivo u Hercegovini. Tu su ubrojena ležišta slijedećih lokaliteta: Domanovići (Opličići i Bivolje Brdo), Mratnjača (Dubrave i Bisinovac), Krnin (Roško Polje), Studena Vrila i Izbično (Hržište).

U navedenim ležištima podinu boksita čine gornjokredni vapnenci, dok im krovinu predstavljaju različiti litološki članovi starijeg eocena. S obzirom na sadržaj teških minerala ovi boksiti su izuzetno deficitarni, pa je njihovo relativno učešće i ovdje izraženo samo brojem mineralnih zrna. Oskudnost u sadržaju najviše je izražena u uzorcima boksita iz Domanovića (Opličići) i Mratnjače (Dubrave).

U uzorcima boksita određeni su ovi minerali: **epidot**, **amfibol**, **granat**, **disten**, **cirkon**, **turmalin**, **apatit**, **aragonit**, **kalcit**, **dolomit**, **biotit** i **klorit**. Mineralna zrna imaju detritalna obilježja s primijećenim tragovima korozionog djelovanja taložnih sredina.

Cirkon je i u ovoj skupini boksita najučestaliji mineral. Najviše ga ima u boksitima Izbično (Hržište) i Krnina (Roško Polje). Samo pojedina zrna cirkona imaju karakteristike koje upućuju na njegovo vulkanogeno porijeklo. Osim takvog cirkona ima i poluzaobljenih i sitnijih, a također i nešto krupnijih kristalnih individuuma (Tabla II, sl. 5, 12, 13, 14, 18).

Turmalin se javlja idiomorfan, zatim ima i kršeni polukristala, a također i poluzaobljenih i zaobljenih zrna. Obojeni varijeteti su slabo zelenkastosmeđi, smeđasti i zeleni, dok je bezbojni turmalin rijedak.

Među ostalim mineralima nešto je češći **amfibol**, dok su **epidot**, **granat**, **disten** i **apatit** neredoviti i zastupljeni s jednim, dva ili najviše tri zrna. Autigeni romboedri **kalcita** i **dolomita** su ponekad znatno korodirani. U uzorku boksita iz Studenih Vrila primijećen je jako korodiran **aragonit** s inkluzijama istog minerala.

U uzorku boksita Krnina determiniran je **magnetit**. Od lističavih minerala prisutni su **muskovit**, **klorit** i rijetko **biotit**.

3.3 BOKSITI GORNJEG EOCENA I NEOGENA

Među boksite mlađeg paleogena uvršteni su oni iz Mandinog Sela (Tomislav - Grad) i Stražbenice (Roško Polje). Njihovu podinu čine vapnenci gornje krede, dok se u krovini nalaze promina naslage. Boksiti mlađeg paleogena se po sastavu i količini prisutnih teških minerala gotovo ne razlikuju od najmlađih boksita neogenske starosti.

Neogenski se boksiti javljaju na brojnim lokalitetima u Bosni i Hercegovini. Boksiti iz okolice Barača (Mrkonjić-Grad) leže na donjokrednim vapnencima (podina), a krovinu im čine naslage slatkovodnog neogena. Boksiti iste starosti od Vojkovića imaju istu krovinu, a leže na podini od gornjokrednih vapnenaca. Skupini neogenskih boksita priključen je i sloj vulkanskog tufa koji se javlja unutar boksitnog ležišta Gradina (Barači), zatim terra rossa iz sela Crvenicâ kod Tomisla v-Grada. Treba, međutim, napomenuti, da stratigrafski i položaj terra rosse nije sa sigurnošću utvrđen.

Minerali teške frakcije koji su izolirani iz uzoraka neogenskih boksita, terra rosse, vulkanskog tufa i boksita mlađeg paleogena pokazuju međusobno dosta sličnosti i zajedničkih karakteristika. To se manifestira u znatnom broju zastupljenih mineralnih vrsta, njihovoj relativno visokoj koncentraciji, te raznolikosti oblika i tipomorfni obilježja.

U navedenim uzorcima boksita, terra rossi i vulkanskog tufu redovito su prisutni ovi minerali: **granati**, **staurolit**, **cirkon**, **turmalin**, **rutil**, **ilmenit** i **biotit**. U sastavu pojedinih uzoraka manjkaju **epidot**, **amfibol**, **disten** i **apatit**. Samo u nekim uzorcima prisutni su **kloritoid**, **andaluzit**, **augit**, **kromit**, **korund**, **brukit**, **aragonit**, **dolomit**, **kalcit** i **klorit**. **Magnetit** je utvrđen u svim uzorcima, a **pirit** samo u terra rossi.

Cirkon je apsolutno dominantan mineral u ovoj skupini boksita, terra rossi i vulkanskom tufu. Njegova kvantitativna zastupljenost kreće se od 41 - 71 % u odnosu na cjelokupni sastav prozirnih teških minerala. Zrna cirkona su različitim morfoloških osobina. Primijećeni su idiomorfni dulji i kraći prizmatički kristali, zatim kršeni kristali, subzaobljena i zaobljena krupnija i sitnija zrna. Pored svježih i bezbojnih zrna ima i onih s crnom nečistoćom po rubnim dijelovima.

Cirkon u sastavu vulkanskog tufa, koji se javlja u boksitnom ležištu Gradina, naročito se ističe svojim kristalnim habitusom (Tabla I, sl. 16 - 22). Kristalni individuumi, bilo da su dulji ili kraći, odlikuju se dobro vidljivim razvijenim kristalnim formama prizme i piramide kao i u boksitima.

Međutim, za razliku od prethodne populacije cirkona, iz tufa, u sastavu terra rosse iz Crvenicâ (Tomislav-Grad) dolaze kristali koji su siromašniji kristalnim formama i izgledaju poput najfinijih iglica i njihovih

kršenih djelića. Ove morfološke razlike cirkona iz tufa i cirkona iz terra rosse upućuju na dvije, stariju i mlađu fazu vulkanske aktivnosti u tom širem području. Pored toga, cirkon iz terra rosse odlikuje se većom svježinom, kristalići su bistri i bezbojni, a susreću se i slabo ružičasti varijeteti cirkona (Tabla I, sl. 1 - 6). Na postojanje dviju faza vulkanske aktivnosti u srednjomiocenskim tufnim naslagama središnje Hrvatske i zapadne Slavonije bilo je ukazano ranije (MUTIĆ, 1981).

Turmalin je drugi značajan sastojak mineralne asocijacije ove skupine uzoraka kako u kvalitativnom, tako i u kvantitativnom pogledu. U odnosu na sveukupni sastav prozirnih teških minerala učestalost se turmalina kreće od 9 - 40 %; iznimno je u uzorku vulkanskog tufa njegova učestalost minimalna, tj. 1,3 %, iz čega se može zaključiti da je turmalin uglavnom autigeni mineral neke taložne sredine u kojoj nastaju evaporitne naslage. Kristali turmalina su idiomorfni, zatim polukristali, pa kršena i zaobljena zrna. Primijećene su i krhotinice kristala, te krupnija i sitnija subzaobljena prizmatička zrna. Na detritalnim smeđastim, zelenkastosmeđastim zrnima ili jezgrama turmalina nastavlja se autigeno izrastanje zelenkaste, modrikastozelenkaste ili bezbojne kristalizirane supstance, što predstavlja posebno tipomorfno obilježje. Detritalna jezgra turmalina često sadrži inkluzije praškaste ugljevitve nečistoće. Katkada i autogeni priraštaji turmalina sadrže uklopljenu finu praškastu nečistoću. Pored detritalnog turmalina u svim ispitanim uzorcima ove skupine stijena asociiran je idiomorfni turmalin s razvijenim terminalnim ploham na jednom, a katkada i na oba pola. Ti su kristali gotovo podjednake dimenzije. Oni su svježiji i bezbojni, zelenkasti, modrikastozelenkasti, katkada sa zonama rasta. Zonarnost kod takvih turmalina manifestira se izmjenom boje ili čistih zona sa zonama koje sadrže nečistoću (Tabla II, sl. 38, 40). Efekti tih izmjena još su izrazitiji s pojavom pleohroizma. U nekim idiomorfnim kristalima turmalina javljaju se interesantne bezbojne inkluzije poput angularnih i subzaobljenih sićušnih čestica izrazito nižeg indeksa loma u odnosu na indeks loma turmalina domaćina (Tabla II, sl. 38, 39, 44, 45). Na autigenom turmalinu nisu primijećeni tragovi transporta ili pretaloživanja.

Ilmenit je također veoma značajan sastojak u svim stijenama ove skupine. Ono što je cirkon među prozirnim teškim mineralima, to je ilmenit među opakim sastojcima. Izolirani kristali iz neogenskih tufova, tufita, boksita i terra rosse imaju uvijek iste tipomorfne osobine. Redovno su to romboedarski kristalići pločastog habitusa s jasno izraženom bazalnom plohom. Pored angularnih zrna, najčešće se susreću kristalići s otupljenim bridovima i uglovima. Na bazalnim ploham zapažaju se karakteristične udubine. Zrna su metalnog sjaja i slabo magnetična. Ilmenit istih morfoloških karakteristika dolazi i u gornjoeocenskim boksitima.

Rutil je redovit sastojak svih uzoraka ove skupine. Količinska zastupljenost mu varira od 1,3 - 8,6 %.

Najčešća su zlatnožučkasta prizmatska, rjeđe tamnocrvena krupnija zrna istog oblika, koja su na krajevima kršena. Ima i svježih nepravilnih i angularnih zrna, dok su subzaobljena zrna rjeđa pojava. Susreću se i srcoliki sraslaci rutila.

Granati su redoviti sastojci svih uzorka. Njihova količina kreće se od 1,6 - 7,6 %. Najmanje su zastupljeni u boksitu i tufu iz ležišta Gradina, a najviše u boksitu iz Mandinog Sela. Zrna granata su svježija ili vrlo trošna, angularna do subzaobljena, krupnija i sitnija. Zastupljen je bezbojni i slabo ružičasti granat.

Staurolit je prisutan u svim uzorcima boksita. Njegova neobično visoka zastupljenost, 6 - 7 %, iskazana je u uzorcima iz Mandinog Sela, Ljubičine Doline i Gradine. Nema ga, međutim, u uzorku vulkanskog tufa što je logično, budući da se radi o tipičnom metamorfnom mineralu. Zrna staurolita su redovito krupnija i više ili manje svježija. Odlikuje se izrazitim pleohroizmom od slabe zlatnožute do narančastožute boje.

Amfiboli su raznolikih detritalnih obilježja. Prisutni su u promjenljivim količinama u boksitima, a potpuno izostaju u uzorcima vulkanskog tufa. Ima vrlo svježih i kršenih zrna, zatim trošnih i onečišćenih. Amfiboli su angularni ili zaobljeni, krupniji ili sitniji. Boje su različite, svijetlozelene, modrozeleno i zelenosmeđe.

Disten je utvrđen u većini istraženih uzoraka boksita. Zrna su više ili manje pločasta, izdužena i bezbojna. Uglavnom su subzaobljena do zaobljena s dobro uočljivim

sistemima kalavosti smjerom (100) i (010). Primijećena su i izdužena i poput luka savijena zrna distena. Postoje i kristalni individuumi s autigenim priraštajem.

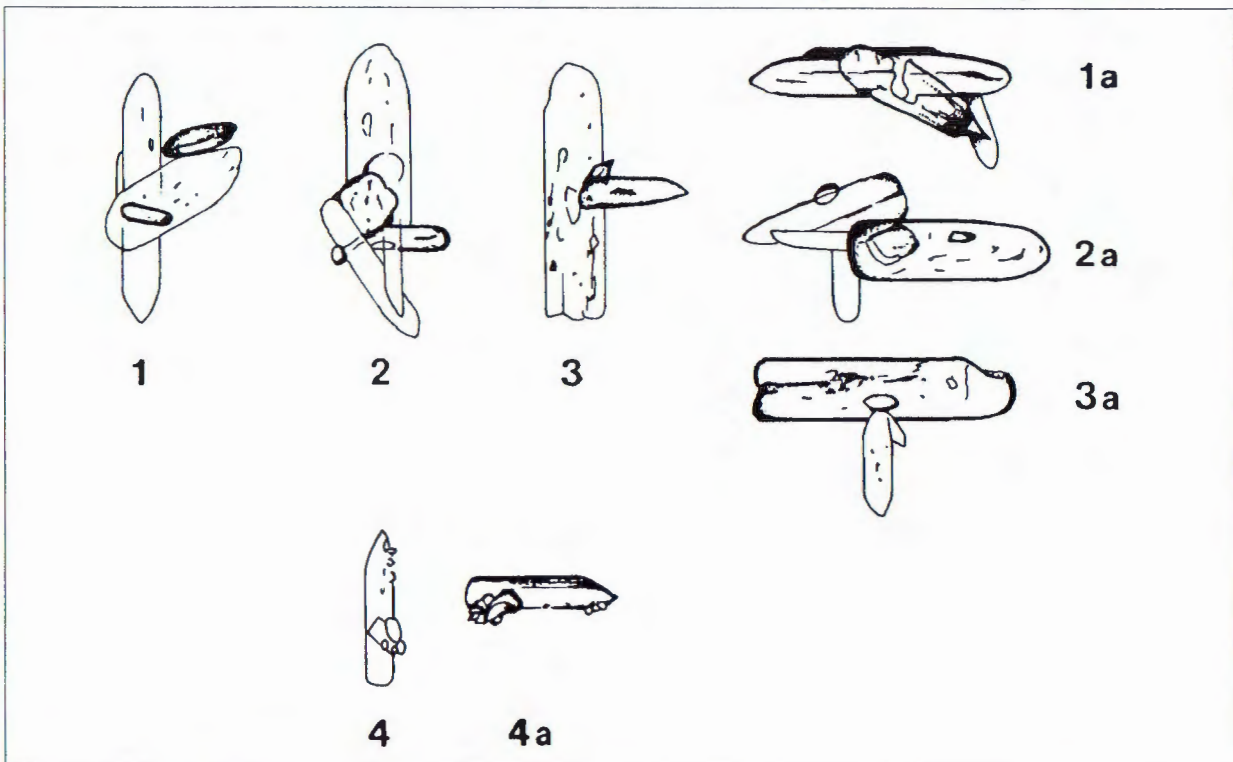
Apatit ima malu učestalost. Bezbojna zrna su najčešće subzaobljena do dobro zaobljena i slabo izdužena, katkada gotovo sferična.

Epidot ima mjestimično malu, a u nekim boksitima i terra rossi znatnu učestalost.

Aragonit je utvrđen samo u glinovitom boksitu iz Vojkovića (Roško Polje). Njegovi osebujni kristali i kristalni agregati su prikazani na slici 1. Promatranjem na polarizacionom mikroskopu kristalni individuumi odlikuju se efektima pseudoapsorpcije. Po ovim efektima, moguće je pratiti međusobne odnose pojedinih individuuma i prepoznati generacije razvoja aragonitne supstance. Kristali i kristalne nakupine aragonita su tipične autigene tvorbe nastale u blago alkalnim uvjetima taložne sredine.

Biotit je redovan sastojak u svim uzorcima boksita, terra rosse i vulkanskog tufa. U ovoj posljednjoj stijeni biotit je bitan mineralni sastojak. Boje je blijedo zelene, alteracijom prelazi u kaolinit (pseudomorfoza kaolinita po biotitu).

U uzorku terra rosse iz Crvenicâ, pored minerala teške frakcije, determinirani su i laki minerali. To su kvarc (82 %), feldspati (14 %) i muskovit (4 %). Kvarc ima detritalna obilježja, međutim, u uzorku su prisutna i vrlo svježija i nepravilna zrna ovog minerala.



Slika 1. AUTIGENI ARAGONIT

Crtano iz mikroskopskih preparata teške frakcije uzoraka (0,045 - 0,150 mm). Nije u mjerilu.

Fig. 1. AUTHIGENIC ARAGONITE

Drawn from microscope preparations of heavy fraction of samples (0,045 - 0,150 mm). Not in scale.

I. Uzorak - sample R - 503, Vojkovići. 1, 2, 3, - 1a, 2a, 3a.
II. Uzorak - sample Bjelaj, 11-13. 4, 4a.

* * *

U cilju dobivanja što potpunije slike o akcesornim teškim mineralima u neogenskim glinovitim boksitima, boksitnim glinama i piroklastičnim stijenama, ovdje iznosimo još neke podatke naših ranijih istraživanja. Ovi podaci nisu objavljeni i nema ih u sadržaju pregledne tabele o mineralnom sastavu (Tabela I).

Na prostoru Šipova (selo Sokolac) javljaju se debele naslage vulkanogenih stijena (tufovi, tufiti), koje alteracijom prelaze u boksitne gline. Mineraloška analiza je pokazala, da su ove stijene veoma bogate akcesornim teškim mineralima. Najviše sadrže ilmenita (62,3 %). Zatim slijede u znatnoj količini cirkon (9,4 %), rutil (9,0 %), pirokseni (5,5 %), disten (3,6 %), granat (3,0 %) i biotit (1,2 %). Neznatno su prisutni (do 3 zrna) amfiboli, epidot, coisit, staurolit i apatit.

U jednom uzorku boksitne gline iz doline rijeke Bistrice kod Miljevine, utvrdili smo slijedeće teške minerale: ilmenit (6,5 %), cirkon (3,0 %), rutil (0,4 %), zatim granat i staurolit (do 3 zrna). Neogenska boksitna glina iz Hotovlja kod Kalinovika sadrži ove teške minerale: ilmenit (19,5 %), magnetit (4,4 %), rutil (4,8 %), cirkon (5,5 %), turmalin (1,8 %), granat (6,0 %) i staurolit (1,0 %).

Glinoviti boksit s Makljena kod Prozora sadrži ove minerale: ilmenit (48,9 %), magnetit (18,7 %), cirkon (5,2 %) i apatit (1,2 %). Neznatno su prisutni (do 3 zrna) rutil i granat. U glinovitom boksitu s obale Ramskog jezera (selo Lučići) utvrđeni su ilmenit (26,6 %), magnetit (37 %), cirkon (1,0 %), granat (0,5 %) i apatit (0,5 %).

4. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Izneseni rezultati o istraživanju akcesornih teških minerala koji su izolirani iz boksita različite geološke starosti i neogenskih piroklastita u Bosni i Hercegovini, omogućuju nam stvaranje jasnije slike o vrsti i prirodni matičnih stijena iz kojih ovi minerali vuku svoje porijeklo. Akcesorni teški minerali su ujedno značajni pokazatelji porijekla samih boksita.

Boksiti trijasko starosti u selu Bjelaj su veoma oskudni na sadržaju teških minerala. To se ogleda kako u malom broju utvrđenih mineralnih vrsta, tako i u njihovoj kvantitativnoj zastupljenosti. Ipak, karakteristična asocijacija teških minerala kao što su cirkon, klorit, biotit, epidot, barit i dr. ukazuje na njihovo porijeklo pretežno iz starijih piroklastita koji su sastavni dio srednjotrijaske vulkanogeno-sedimentne serije. Kao i u mladim boksitima, poseban značaj pridajemo zrnima cirkona koja imaju tipična vulkanogena obilježja, a porijeklom su iz prvog erozionog ciklusa srednjotrijaskih piroklastita.

Zasebnu skupinu boksita čine ležišta u čijoj krovini se javljaju različiti litološki članovi starijeg eocena. Oskudan spektar izoliranih teških minerala iz ovih boksita onemogućuje egzaktnija zaključivanja o njihovom porijeklu i načinu postanka. Ipak, i u ovim boksitima nalazimo pojedina zrna cirkona koja ukazuju na njegovo vulkanogeno porijeklo. S druge strane, poluzaobljena

i zaobljena zrna cirkona i drugih minerala predstavljaju tragove korozivnih učinaka taložnih sredina, pa njihovo porijeklo treba vezati za starije sedimentne stijene. Na kraju, pojava distena a vjerojatno i granata indiciraju njihovo porijeklo i iz metamorfita.

Boksiti starijeg eocena imaju veliko i regionalno rasprostranjenje u Hercegovini i šire u kršu Dinarida. S obzirom na sadržaj teških minerala u njima, može se pretpostaviti, da je njihovo porijeklo i način postanka slično ili identično. Na ovakve zaključke ukazuju i podaci drugih autora koji su rješavali ovu problematiku. Imajući u vidu sve iznesene činjenice, logično je pretpostaviti transport sitnozrnog materijala iz većih udaljenosti posredstvom vjetrova i njegovo nagomilavanje u depresijama karbonatne podine.

Za razliku od dvije prethodne grupe geološki starijih boksita, boksiti gornjeg eocena i neogena imaju u svojem sastavu veoma bogat spektar minerala teške frakcije, koji mogu biti dosta pouzdani pokazatelji njihovog porijekla. Karakteristični teški minerali cirkon, ilmenit i biotit su takvih morfoloških i tipomorfnih karakteristika, koje s visokom sigurnošću upućuju na njihovo vulkanogeno porijeklo. Međutim, u ovim boksitima redovno dolaze i poluzaobljena i zaobljena zrna ovih istih minerala, a također i minerali metamorfnog porijekla.

U okolini Jajca i šire u kršu Dinarida utvrđene su u neogenskim bazenima debele naslage kiselih do neutralnih tufova i tufita u kojima su obilno zastupljeni isti teški minerali koje smo izolirali iz neogenskih boksita. Posebno treba spomenuti sloj vulkanskog tufa debljine 20 - 40 cm unutar boksitnog ležišta Gradina. Ovaj neobičan piroklastični materijal sastoji pretežno od biotita. Ovome treba dodati i pojave tufogenih stijena na prostoru između Baraća i Šipova u široj okolini Jajca. Spomenute stijene alteracijom prelaze u boksitnu glinu. Zapravo, utvrđeni su postepeni prelazi u seriji tuf (tufit) - boksitna glina s međučlanovima montmorilonitne i kaolinittne gline.

Navedene piroklastične stijene predstavljaju tipične eolske tvorevine u čijem sastavu mjestimično nalazimo i teške minerale metamorfnog porijekla kao i poluzaobljena do zaobljena zrna koja potječu iz starijih sedimentata.

Usporedbom minerala teške frakcije koji su izolirani iz boksita gornjeg eocena i neogena s mineralima iz vulkanskog tufa i tufita, utvrdili smo među njima identičnost ili sličnost u sastavu. Pored toga, pojedini karakteristični teški minerali (cirkon, ilmenit, biotit) u boksitima i u piroklastičnim stijenama imaju identičnu ili veoma sličnu morfologiju, zatim karakteristične inkluzije i druga tipomorfna obilježja.

Na osnovi rezultata naših istraživanja, literaturnih podataka koji se odnose na problematiku rješavanja porijekla najmlađih boksita u kršu Dinarida, može se zaključiti, da boksiti gornjeg eocena i neogena vuku svoje porijeklo dobrim dijelom iz vulkanskih tufova i tufita. Starije sedimentne i metamorfne stijene su također doprinijele sastavu matičnog materijala za boksit.

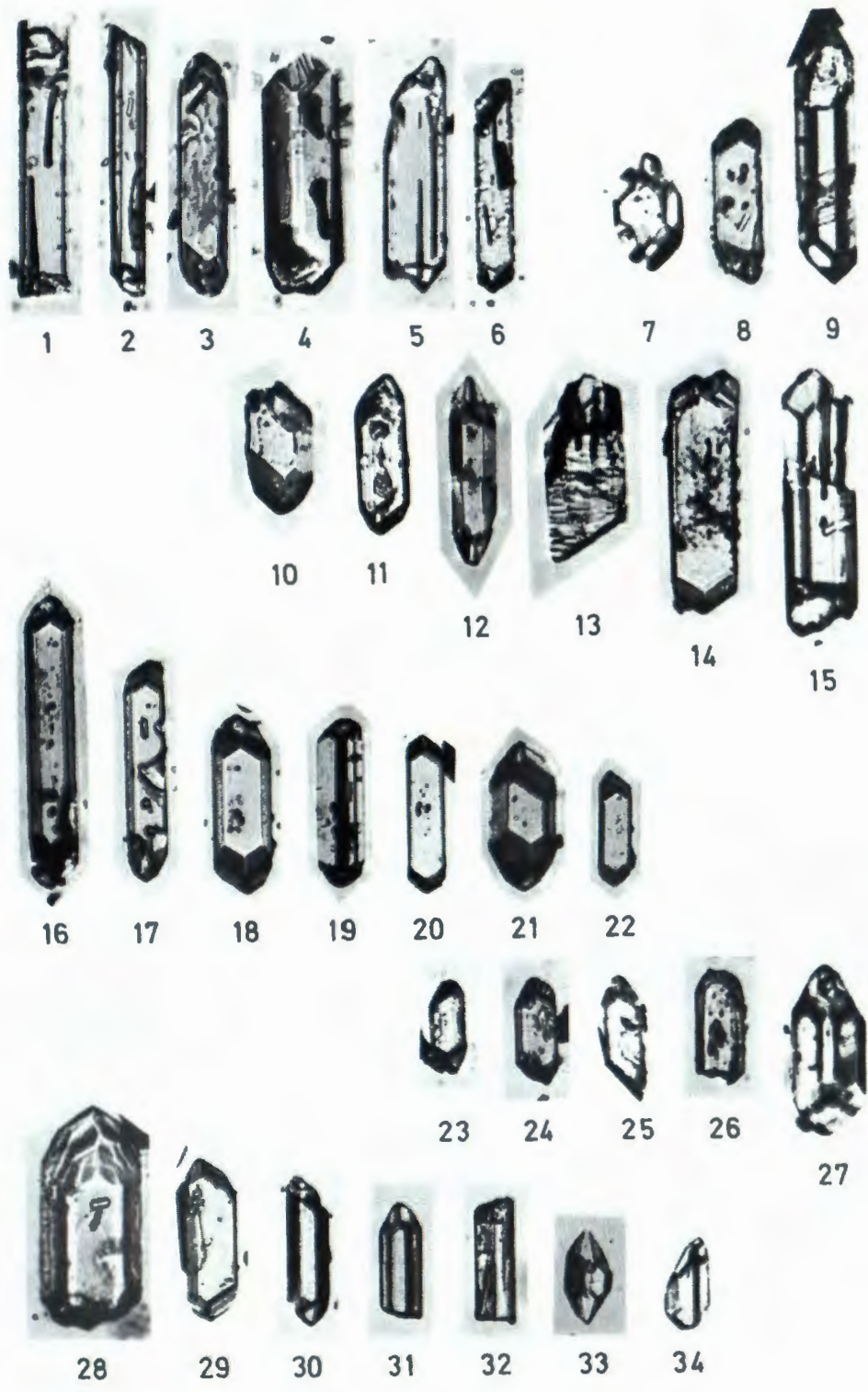
5. LITERATURA

- MAKSIMOVIĆ, Z. & DANGIĆ, A. (1984): Geohemijski aspekti porekla i geneze boksita Vlasenice. -Zbornik radova povodom jubileja akad. R. Jovanovića. Radovi ANUBiH, knj.75/8 Odjeljenje tehničkih nauka, 139-151, Sarajevo.
- MUTIĆ, R. (1981): Akcesorni cirkon iz srednjomiocenskih tufnih naslaga središnje Hrvatske i zapadne Slavonije. -Geol. vjesnik, 34, 71-83, Zagreb.
- NIKOLIĆ, D., LOGAR, M., LIKIĆ, J. & DIMITRIJEVIĆ, R. (1976): Proučavanje akcesornih minerala u boksitu ležišta Nazda - Vlasenica. - Zbornik radova IV jug. simp. o istraž. i eksploatac. boksita, 127-132, Herceg Novi.
- SAKAČ, K., ŠINKOVEC, B., BABIĆ, Lj., SESAR, T., DROBNE, K. & ZUPANIĆ, J. (1987): O tektonici, sedimentima paleogena i ležištima boksita područja Lištice u Hercegovini. - Geol. vjesnik, 40, 351-378, Zagreb.
- ŠINKOVEC, B. & BABIĆ, V. (1973): Kemijski i mineralni sastav donjokrednih glinovitih boksita u planini Grmeč. - Geol. vjesnik, 25, 245 - 253, Zagreb.
- ŠUŠNJARA, A. & ŠČAVNIČAR, B. (1976): Akcesorni teški minerali u boksitima i karbonatnim stijevama podine boksita u SR Hrvatskoj. -Zbornik radova IV jug. simp. o istraž. i eksploatac. boksita, 53-66, Herceg Novi.
- ŠUŠNJARA, A. & ŠČAVNIČAR, B. (1978): Heavy minerals as provenance indices of Tertiary bauxites in Dalmatia (Yugoslavia). 4th Internat. congress of ICSOBA, vol. 2 Bauxites, 822-836, Athens.
- TRUBELJA, F. (1984): O jednom primjeru direktne pretvorbe vulkanskog tufa u boksit u kršu Dinarida. - Zbornik radova povodom jubileja akad. A. Trumića. Radovi ANUBiH, knj.77/9, Odjeljenje tehničkih nauka, 129-135, Sarajevo.
- TRUBELJA, F. (1987): Laboratorijske metode u geološkoj nauci i praksi sa posebnim osvrtom na istraživanje boksita. Tehnika, nauka, inženjering, 27, 97-107 (Energoinvest), Sarajevo.
- TRUBELJA, F. (1991): A Contribution to the Knowledge of the Bauxite Genesis in the Karst of the Dinarides (Yugoslavia). -Radovi ANUBiH, knj.87/13, Odjeljenje tehničkih nauka, 113-128, Sarajevo.
- TRUBELJA, F. & LUGOVIĆ, B. (1991): Mineralogija boksita u bazenu Posušje (zapadna Hercegovina). -Radovi ANUBiH, knj. 87/13, Odjeljenje tehničkih nauka, 129-140, Sarajevo.
- TRUBELJA, F. & PAPEŠ, J. (1983): Bauxites of Central Bosnia (The Surrounding Region of Jayce). -5th Internat. Congress of ICSOBA, vol. 13, No18, 39-49, Zagreb.
- TRUBELJA, F., PAPEŠ, J. & MAKSIMOVIĆ, Z., (1986): Ležište trijaskog glinovitog boksita u selu Bjelaj kod Bosanskog Petrovca. -Zbornik radova XI Kongresa geologa Jugoslavije, knj.4 (Mineralne sirovine), 219-226, Tara.
- TRUBELJA, F., MAKSIMOVIĆ, Z. & PAPEŠ, J. (1987): Trijaski glinoviti boksit u selu Bjelaj kod Bosanskog Petrovca - ležište tipa Ariège. Radovi ANUBiH, knj.82/11, Odjeljenje tehničkih nauka, 63-70, Sarajevo.

TABLA - PLATE I

Akcesorni cirkon - Accessory Zircon (230 - 266 X).

1. - 6. Uzorak - sample R-490, Crvenice.
7. - 9. Uzorak - sample R-503, Vojkovići.
10. - 15. Uzorak - sample Ljubičina Dolina.
16. - 22. Uzorak - sample tuf, Gradina (Baraći).
23. - 27. Uzorak - sample Gradina (Baraći).
28. - 34. Uzorak - sample R-502, Stražbenica.



ACCESSORY HEAVY MINERALS FROM BAUXITES IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

F. Trubelja i R. Mutić

The investigations comprise accessory heavy minerals isolated from the Triassic, Eocene and Neogene bauxites, clays and pyroclastic rocks in order to get the information about the origin and genesis of bauxites in the karst of the Dinarides. A special attention was paid to the morphological and typomorphic properties of zircon and ilmenite.

Bauxites of the Triassic age in the village of Bjelaj are poor with heavy minerals. The characteristic association of heavy minerals, such as zircon, chlorite, biotite, epidote and barite, originate chiefly from older pyroclastic rocks which make a constituent part of the Middle-Triassic volcanic-sedimentary serie.

The bauxite deposits in the hanging walls, of which there are various lithological members of Older Eocene, make a separate group. A poor spectrum of isolated heavy minerals from the bauxites makes impossible to conclude on their origin and the way of their formation. But even in those bauxites some grains of zircon can be found showing its volcanic origin. On the other hand, subrounded and rounded grains of zircon and other heavy minerals represent the traces of the corosive effects of sedimentary media and their origin should be associated with older sedimentary rocks. The occurrence of kyanite and garnet in bauxite indicate its origin from metamorphic rocks too.

In contrast to the two previous groups of geologically older bauxites, the bauxites of the Upper Eocene and Neogene have in their composition a very rich spectrum of heavy fraction minerals. The characteristic heavy minerals, such as zircon, ilmenite, biotite and the others are of such morphologic and typomorphic characteristics which, with a great deal of certainty, refer to their volcanogenic origin. However, subrounded and

rounded grains of the same minerals normally appear in those bauxites, and also the minerals of the metamorphic origin.

In the surroundings of Jajce and wider in the karst of the Dinarides the layers of acid to intermediate volcanic tuffs and tuffaceous sedimentary rocks are proved, in which the same heavy minerals as those isolated from the Neogene bauxites are abundantly represented. The layer of volcanic tuff 20 to 40 cm thick, inside the bauxite deposit of Gradina must be given a special attention. That unusual pyroclastic material consists chiefly of biotite. The occurrence of tuffogenic rocks in the area between Barači and Šipovo, in the larger surroundings of Jajce, must be mentioned too. The above mentioned rocks change, by alteration, into bauxitic clay. Actually, gradual change into the tuff (tuffaceous sedimentary rock) was noticed - bauxitic clay with intermedial montmorillonitic and kaolinitic clay.

By comparing heavy fractions isolated from the bauxite of the Upper Eocene and Neogene with the minerals from the volcanic tuff and tuffaceous sedimentary rocks, identity or similarity in composition was found between them. Besides, zircon, ilmenite, and biotite in bauxites and in pyroclastic rocks have an identical or very similar morphology, and also characteristic inclusions and other typomorphic characteristics.

According to our research, the data obtained from the literature which relate to the problem of solving the origin of the youngest bauxites in the karst of the Dinarides, it can be concluded that the bauxites from the Upper Eocene and Neogene have their origin mostly in volcanic tuffs and tuffaceous sedimentary rocks. Older sedimentary and metamorphic rocks also contributed to the composition of the parent material for bauxite.

TABLA - PLATE II

I.- Akcesorni cirkon - Accessory Zircon (230 - 266 X).

- 1.- 4. Uzorak - sample, Mandino Selo.
- 5.- 6. Uzorak - sample, R-478, Domanovići (Bivolje Brdo).
- 7.- 9. Uzorak - sample, R-537, Izbično (Hržište).
- 10.- 12. Uzorak - sample, R-491, Studena Vriila.
- 13.- 15. Uzorak - sample, R-498, Krnin (Roško Polje).
16. - 18. Uzorak - sample, R-532, Mratnjača (Bisinovac).
- 19.- 24. Uzorak - sample, Bjelaj, 2.
- 25.- 27. Uzorak - sample, Bjelaj, 11 - 13.
- 28.- 29. Uzorak - sample, Bjelaj, 14.
- 30.- 35. Uzorak - sample, Bjelaj, 8.

II.- Autigeni turmalin - Authigenic Tourmaline (233-279).

- 36.- 37. Uzorak - sample, R-490, Crvenice.
- 38.- 39. Uzorak - sample, R-503, Vojkovići.
41. Uzorak - sample, R-502, Stražbenica.
- 40,42,43 Uzorak - sample, Ljubičina Dolina.
- 44,45. Uzorak - sample, Mandino Selo.



Redni broj No.	Uzorak-Sample	Lokalitet-Locality	Starost-Age	% teške frakcije % heavy fraction	Ukuni sastav teške frakcije-100% Total composition of heavy-100%			
					Opaka zrna Opaque grains	co	b	Ostalo Others
1.	Zemlja crvenica Terra rossa (R-490)	Crvenice (Tomislav-grad)	Gornja kreda-slatkovodni neogen Upper Cretaceous-Freshwater Neogene	1,00	++++	-	++	⊕
2.	Glinoviti boksit Clayey bauxite (R-503)	Vojkovići (Roško Polje)		4,33	++++	+	+	⊕
3.	Gipsitni boksit Gibbsite bauxite	Ljubičina Dolina (Baraći)	Donja kreda-slatkovodni neogen Lower Cretaceous-Freshwater Neogene	2,50	++++	-	+	⊕
4.	Vulkanski tuf Volcanic tuff	Gradina (Baraći)		2,06	++++	+	++++	⊕
5.	Gipsitni boksit Gibbsite bauxite	Gradina (Baraći)		2,67	++++	-	+	⊕
6.	Gipsitno-bemitni boksit Gibbsite-boehmitic bauxite (R502)	Stražbenica (Roško Polje)	Gornja kreda-Promina naslage Upper Cretaceous-Promina deposits	10,22	++++	-	+	⊕
7.	Gipsitno-bemitni boksit Gibbsite-boehmitic bauxite	Mandino Selo (Tomislav-grad)		0,45	++++	-	+	⊕
8.	Bemitno-gipsitni boksit Boehmite-gibbsite bauxite (R-478)	Domanovići (Bivolje Brdo)	Gornja kreda-klastični eocen Upper Cretaceous-Clastic Eocene	-	++++	+	-	⊕
9.	Bemitni boksit Boehmitic bauxite (R-537)	Izbično (Hržište)	Gornja kreda-alveolinske naslage Upper Cretaceous-Alveolina deposits	-	++++	+	+	⊕
10.	Gipsitno-bemitni boksit Gibbsite-boehmitic bauxite (R-491)	Studena Vrila	Gornja kreda-Stariji eocen Upper Cretaceous-Early Eocene	-	++++	-	+	⊕
11.	Bemitni-gipsitni boksit Boehmite-gibbsite bauxite (R-498)	Krnin (Roško Polje)		-	++++	+	-	⊕
12.	Bemitni boksit Boehmitic bauxite (R-532)	Mratnjača (Bisinovac)		-	++++	+	-	⊕
13.	Bemitni boksit Boehmitic bauxite (R-534)	Mratnjača (Dubrave)		-	++++	+	-	⊕
14.	Bemitni boksit Boehmitic bauxite (R-479)	Domanovići (Opličići)		-	++++	+	-	⊕
15.	Kaolinitna glina Kaolinitic clay (14)	Bjelaj	Gornji trijas (krovina boksita) Upper Triassic (Hanging Wall of bauxite deposit)	-	++++	-	++	⊕
16.	Bemitni boksit Boehmitic bauxite (11-13)	Bjelaj	Srednji trijas-Gornji trijas Middle Triassic-Upper Triassic	-	++++	+	-	⊕
17.	Boksitna glina Bauxitic clay (8)	Bjelaj		-	++++	+	-	⊕
18.	Glina-Clay (2)	Bjelaj		-	++++	-	+++	⊕

Legenda - Legend

co klorit - chlorite
b biotit - biotite
ep epidot - epidote
ct kloritoid - chloritoid
am amfiboli - amphiboles

g granati - garnets
st staurolit - staurolite
cy disten - kyanite
ad andaluzit - andalusite
zr cirkon - zircon

t turmalin - tourmaline
ru rutil - rutile
ap apatit - apatite
a augit - augite
cr kromit - chromite

Prozirna zrna teških minerala - Transparent grains of heavy minerals

ep	ct	am	g	st	cy	ad	zr	t	ru	ap	a	cr	c	br	ar	ca	d	ba
----	----	----	---	----	----	----	----	---	----	----	---	----	---	----	----	----	---	----

A = Broj zrna u % - Number of grains in %

5,0	-	1,5	3,0	2,0	3,0	-	60,0	14,1	6,1	2,0	1,0	0,5	-	0,5	-	1,0	1,0	-
1,6	0,5	9,0	2,7	1,0	2,1	0,5	30,4	40,1	4,9	0,5	1,0	-	1,7	0,5	2,1	1,0	1,0	-
1,6	-	-	1,6	7,0	1,6	0,5	66,5	12,3	8,6	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	1,8	-	-	0,4	95,0	1,8	-	1,3	-	0,4	-	-	-	-	-	-
0,9	-	3,9	2,9	5,9	1,9	-	41,2	27,5	5,9	2,9	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	1,0	2,0	1,0	-	-	71,0	19,0	3,0	-	-	-	2,0	-	-	2,0	-	-
7,9	-	1,1	7,9	6,8	2,8	-	48,1	9,0	11,9	1,1	-	-	1,7	0,6	-	1,1	0,6	-

B = Broj zrna - Number of grains

-	-	1	4	-	-	-	8	7	-	-	-	-	-	-	-	2	5	-
1	-	2	1	-	1	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	7	2	-
-	-	1	-	-	-	-	8	7	-	2	-	-	-	-	1	2	2	-
1	-	3	-	-	-	-	10	1	-	2	-	-	-	-	-	1	1	-
1	-	1	-	-	3	-	8	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-
-	-	1	-	-	-	-	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	1	-	-	-	11	-	-	2	-	-	-	-	1	2	-	-
2	-	2	-	-	-	-	14	2	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-
-	-	-	1	-	-	-	15	1	-	-	-	-	-	-	-	5	8	-
-	-	-	-	-	-	-	49	-	-	4	-	-	-	-	-	20	6	2

c korund - corundum
br brukit - brookite
ar aragonit - aragonite
ca kalcit - calcite
d dolomit - dolomite
ba barit - barite

+ = vrlo malo - very small
++ = malo - small
+++ = dosta - considerable
++++ = mnogo - abundant amount
Ostalo = ostala prozirna zrna teških minerala
Others = other transparent grains of heavy minerals