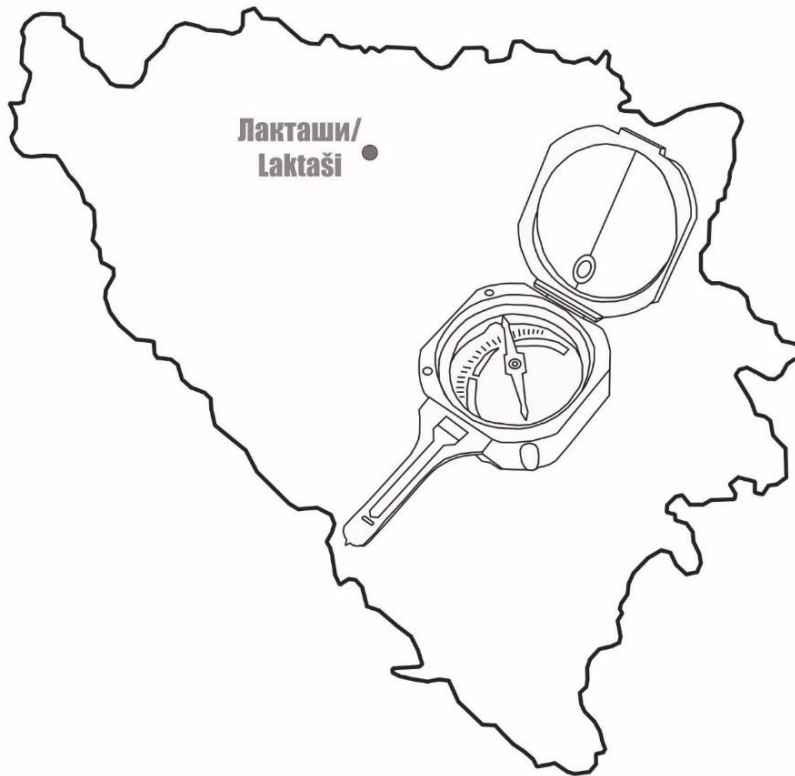


UDRUŽENJE/UDRUGA GEOLOGA U BOSNI I HERCEGOVINI  
УДРУЖЕЊЕ ГЕОЛОГА У БОСНИ И ХЕРЦЕГОВИНИ

**ZBORNİK RADOVA**  
**KNJIGA SAŽETAKA**

**ЗБОРНИК РАДОВА**  
**КЊИГА САЖЕТАКА**



**II KONGRES GEOLOGA BOSNE I HERCEGOVINE**  
**SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM**

**II КОНГРЕС ГЕОЛОГА БОСНЕ И ХЕРЦЕГОВИНЕ**  
**СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ**

Knjiga 6 / Књига 6

ЛАКТАШИ, 2 – 4 ОКТОБАР/ ЛИСТОПАД 2019. ГОДИНЕ  
ЛАКТАШИ, 2 – 4 ОКТОБАР 2019. ГОДИНЕ

**IZDAVAČ:**

Udruženje/udruga geologa  
u Bosni i Hercegovini

**Glavni i odgovorni urednik:**  
Branko Ivanković dipl. inž. geol.

**Urednici:**

Prof. dr. sc. Ferid Skopljak  
Prof. dr. sc. Aleksej Milošević  
Doc. dr. sc. Elvir Babajić  
Mr. sc. Alojz Filipović

**Tehnički urednik:**

Dalibor Grubor

**Štampa:**

Štamparija Grafix, Banja Luka

**Tiraž:**

200 primjeraka

**Za podatke i način prezentovanja  
odgovorni su autori**

**Pokrovitelji**

GIM GEOTEHNIKA d.o.o. Banja luka  
GEOAVAS d.o.o Sarajevo

**Donatori**

Z.P. RUDNIK I TERMOELEKTRANA  
UGLJEVIK, a.d. Ugljevik  
IBIS-INŽENJERING d.o.o. Banja Luka  
ZAGREBINSPEKT d.o.o. Mostar  
VODOVOD I KANALIZACIJA  
BIJELJINA a.d. Bijeljina  
GEOCON d.o.o. Čitluk  
GEO-MARIĆ d.o.o. Mostar  
KRIPTOS d.o.o. Milići  
ARCELORMITTAL d.o.o. Prijedor  
RUDNICI ŽELJEZNE RUDE LJUBIJA  
a.d. Prijedor  
RUDNICI BOKSITA JAJCE, Jajce  
ZAVOD ZA VODOPRIVREDU d.d.  
Sarajevo  
VERANO MOTORS d.o.o. Banja Luka  
BH BUŠENJE d.o.o. Tuzla  
STU-IPKIN d.o.o. Bijeljina  
GEOTEHNOS d.o.o. Sarajevo

**ИЗДАВАЧ:**

Удружење геолога  
у Босни и Херцеговини

**Главни и одговорни уредник:**  
Бранко Иванковић дипл. инж. геол.

**Уредници:**

Проф. др Ферид Скопљак  
Проф. др Алексеј Милошевић  
Доц. др Елвир Бабајић  
Мр Алојз Филиповић

**Технички уредник:**

Далибор Грубор

**Штампа:**

Штампарија Grafix, Бања Лука

**Тираж:**

200 примјерака

**За податке и начин презентовања  
одговорни су аутори**

**Покровитељи**

ГИМ ГЕОТЕХНИКА д.о.о. Бања лука  
ГЕОАВАС д.о.о Сарајево

**Донатори**

З.П. РУДНИК И ТЕРМОЕЛЕКТРАНА  
УГЉЕВИК, а.д. Угљевик  
ИБИС-ИНЖЕЊЕРИНГ д.о.о. Бања Лука  
ЗАГРЕБИНСПЕКТ д.о.о. Мостар  
ВОДОВОД И КАНАЛИЗАЦИЈА  
БИЈЕЉИНА а.д. Бијељина  
ГЕОКОН д.о.о. Читлук  
ГЕО-МАРИЋ д.о.о. Мостар  
КРИПТОС д.о.о. Милићи  
АРЦЕЛОРМИТТАЛ д.о.о. Приједор  
РУДНИЦИ ЖЕЉЕЗНЕ РУДЕ ЉУБИЈА  
а.д. Приједор  
РУДНИЦИ БОКСИТА ЈАЈЦЕ, Јајце  
ЗАВОД ЗА ВОДОПРИВРЕДУ д.д.  
Сарајево  
ВЕРАНО МОТОРС д.о.о. Бања Лука  
БХ БУШЕЊЕ д.о.о. Тузла  
ЦТУ-ИПКИН д.о.о. Бијељина  
ГЕОТЕХНОС д.о.о. Сарајево

### **ORGANIZACIONI ODBOR**

Branko Ivanković, dipl.inž.geol.

Prof. dr.sc. Ferid Skopljak

Mr. sc. Alojz Filipović

Prof. dr. sc. Zehra Salkić

Prof. dr.sc.Kenan Mandžić

Prof. dr. sc. Aleksej Milošević

Doc. dr. sc. Elvir Babajić

Mr. sc. Ćazim Šarić

Mr. sc. Sabit Begić

Svetlana Renovica, dipl.inž.geol.

Dragan Mitrović, dipl.inž.geol.

Evica Golić-Divković, dipl.inž.geol.

Željko Zubac, dipl.inž.geol.

Cvjetko Sandić, dipl.inž.geol.

Pero Jokanović, dipl.inž.geol.

Silvana Radulović, dipl.inž.geol.

Josip Marinčić, dipl.inž.geol.

Dragan Marjanović, dipl.inž.geol.

### **ОРГАНИЗАЦИОНИ ОДБОР**

Бранко Иванковић, дипл.инж.геол.

Проф. др Ферид Скопљак

Мр Алојз Филиповић

Проф. др Зехра Салкић

Проф. др Кенан Манџић

Проф. др Алексеј Милошевић

Доц. др Елвир Бабајић

Мр Ћазим Шарић

Мр Сабит Бегич

Светлана Реновица, дипл.инж.геол.

Драган Митровић, дипл.инж.геол.

Евица Голић-Дивковић,  
дипл.инж.геол.

Жељко Зубац, дипл.инж.геол.

Џвјетко Сандић, дипл.инж.геол.

Перо Јокановић, дипл.инж.геол.

Силвана Радуловић, дипл.инж.геол.

Јосип Маринчић, дипл.инж.геол.

Драган Марјановић, дипл.инж.геол.

### NAUČNI ODBOR

Akademik Neđo Đurić,  
ANURS – predsjednik naučnog  
odbora

Prof. dr.sc. Enver Mandžić,  
redovni član ANUBiH

Prof.dr.sc. Hazim Hrvatović,  
dopisni član ANUBiH

Prof. dr. sc. Tea Kolarov-Jurkovšek

Prof. dr. sc. Sejfudin Vrabac

Prof. dr.sc. Zoran Stevanović

Prof. dr.sc. Ranko Cvijić

Prof. dr. sc. Zoran Nakić

Prof. dr. sc. Blažo Boev

Dr. sc. Slobodan Miko

Prof. dr. sc. Dragoman Rabrenović

Prof. dr. sc. Izet Žigić

Prof. dr. sc. Ljupko Rundić

Dr .sc. Slobodan Radusinović

Dr.sc. Stjepan Ćorić

Dr. sc. Miloš Bavec

### НАУЧНИ ОДБОР

Академик Неђо Ђурић,  
АНУРС – председник научног  
одбора

Проф. др Енвер Манџић,  
редовни члан АНУБИХ

Проф.др Хазим Хрватовић,  
дописни члан АНУБИХ

Проф. др Теа Коларов-Јурковшек

Проф. др Сејфудин Врабац

Проф. др Зоран Стевановић

Проф. др Ранко Цвијић

Проф. др Зоран Накић

Проф. др Блажо Боев

Др Слободан Мико

Проф. др Драгоман Рабреновић

Проф. др Изет Жигић

Проф. др Љупко Рундић

Др Слободан Радусиновић

Др Стјепан Ћорић

Др Милош Бавец

**SADRŽAJ**  
**САДРЖАЈ**

Table of Contents

<b>PLENARNI RADOVI / ПЛЕНАРНИ РАДОВИ .....</b>	<b>1</b>
<b>KONODONTI PROFILA TEOČAK: GRANICA PERM-TRIJAS</b>	
<b>Tea Kolar-Jurkovšek, Hazim Hrvatović, Dunja Aljinović, Galina P. Nestell, Bogdan Jurkovšek, Ferid Skopljak .....</b>	<b>2</b>
<b>RIFT RELATED ORE-FORMING PROCESSES IN THE EARLY HISTORY OF NEOTHELYS</b>	
<b>Hrvatović, H. &amp; Palinkaš, A.L. ....</b>	<b>5</b>
<b>ТРЕНУТНО СТАЊЕ И ПЕРСПЕКТИВЕ ГЕОЛОШКИХ ИСТРАЖВАЊА У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ</b>	
<b>Бобан Јоловић .....</b>	<b>10</b>
<b>FUNDAMENTALNA GEOLOGIJA / ФУНДАМЕНТАЛНА ГЕОЛОГИЈА .....</b>	<b>11</b>
<b>ŽELJEZOVITI KONGLOMERATI LAŠVANSKE FORMACIJE (SARAJEVSKO-ZENIČKI BAZEN)</b>	
<b>Hrvatović, H., Šarić, Č., Filipović, A., Demir, V., Mujkić F., Jaganjac, N. i Nikolić, T.....</b>	<b>12</b>
<b>ANDEZITI ČELEBIĆA-OKOLORUDNE IZMENE I POJAVLJIVANJE GRANATA</b>	
<b>Danica Srečković-Batočanin, Suzana Erić, Dragan Djordjević, Dragana Stojanović i Rajko Kondžulović .....</b>	<b>17</b>
<b>BADENSKA FAUNA IZ VELIKOG IZVORA KOD ZAJEČARA (ISTOČNA SRBIJA, DAKIJSKI BAZEN)</b>	
<b>Meri Ganić .....</b>	<b>28</b>
<b>ПРИРОДНИ ЗЕЛОТИ, НАЧИН ПОЈАВЉИВАЊА И МОГУЋНОСТ ПОЈАВА НА ТЕРЕНИМА СЈЕВЕРОИСТОЧНЕ БОСНЕ</b>	
<b>М.Годоровић, Р.Бјелановић, Г.Симић, Б.Голић .....</b>	<b>30</b>
<b>MINERALOŠKE I PETROLOŠKE KARAKTERISTIKE BIGRENE AKUMULACIJE „BELI IZVORAC“ KOD MAJDANPEKA (ISTOČNA SRBIJA)</b>	
<b>Natalija Batočanin, Ivana Carević, Violeta Gajić .....</b>	<b>32</b>

ON FORMATION OF THE IRON GATES: NEW INFERENCES FROM APATITE U-  
Th/He THERMOCHRONOLOGY

**Uroš Stojadinović, Marinko Toljić, Nemanja Krstekanić, Tamara Bogdanović ..... 40**

PALEOZOJSKA PALEOGEOGRAFSKA I TEKTONSKA EVOLUCIJA  
APULIJA/ADRIJA MIKROPLOČE – POSTOJI LI UTICAJ VARISCIJSKE  
KONVERGENCIJE ILI NE?

**D. Spahić, B. Glavaš-Trbić, T. Gaudenyi, M. Poznanović-Spahić..... 42**

VARDAR ZONE: NEW INSIGHTS INTO THE TECTONO-DEPOSITIONAL  
SUBDIVISION

**Marinko Toljić, Uroš Stojadinović, Nemanja Krstekanić ..... 47**

RAZUMJEVANJE MEHANIZMA POST-SREDNJEMIOCENSKE INVERZIJE U  
CENTRALNIM DINARIDIMA NA PRIMJERU SARAJEVSKO-ZENIČKOG I  
KONJIČKOG BASENA

**Vedad Demir, Liviu Matenco, Marianne van Unen, Hazim Hrvatović..... 48**

KEMIZAM I GEOTEKTONSKI SKLOP SREDNJETRIJASKIH VULKANSKIH I  
VULKANOKLASTIČNIH STIJENA DONJEG PAZARIŠTA U HRVATSKOJ I  
BOSANSKOG GRAHOVA U BOSNI I HERCEGOVINI

**Smirčić Duje, Garašić Vesnica, Aljinović Dunja, Barudžija Uroš..... 53**

NOVI REZULTATI ISTRAŽIVANJA LEŽIŠTA KOMPLEKSNE RUDE OLOVA, CINKA  
I BARITA NA PODRUČJU BOROVICE (OPĆINA VAREŠ)

**Hrvatović, H. i Kamberović, E..... 59**

GENEZA I GEOHEMIJSKA DISTRIBUCIJA BARIJA U TLU OKOLINE MAGLAJA

**Samir Ustalić, Elvir Babajić, Alisa Babajić, Želka Stjepić-Srkalović, Dado Srkalović ..... 62**

DONJOMIOCENSKI (OTNANAG-KARPATSKI) KLASTIČNI I KLASTIČNO-  
KARBONATNI ŠELF JUGOISTOČNOG DELA CENTRALNOG PARATETISA,  
NAFTNO-GASNO POLJE MALJUREVAC-BUBUŠINAC (DRMLJANSKA DEPRESIJA,  
STIG, SRBIJA)

**Radmilo Jovanović ..... 66**

CONODONTS OF SLOVENIA

**Tea Kolar-Jurkovšek, Bogdan Jurkovšek..... 69**

ФАЦИЈАЛНА АНАЛИЗА МИОЦЕНСКИХ СЕДИМЕНАТА ШИРЕГ ПОДРУЧЈА  
СРЕМА (СРБИЈА)

**Даница Ашанин** ..... 72

STRATIGRAFSKA REVIZIJA GORNJEG BADENA RAKOVIČKOG POTOKA KOD  
BEOGRADA (CENTRALNI PARATETIS , SRBIJA)

**Gordana Jovanović, Sejfudin Vrabac, Stjepan Ćorić** ..... 76

TRAGOVI PREDACIJA NA SREDNJOMICENSKIM (BADENSKIM) SKAFOPODIMA IZ  
VIŠNJICE KOD BEOGRADA (SRBIJA)

**Gordana Jovanović, Jovica Jovanović** ..... 80

MIOCEN PROFILA BUŠOTINE DH-1 KOD LUKAVCA (TUZLANSKI BAZEN)

**Izudin Đulović, Sejfudin Vrabac, Elvir Babajić, Eldar Jašarević & Nermin Taletović** ..... 84

OD MORA PARATETISA DO JEZERA PANON: BIOSTRATIGRAFIJA,  
PALEOEKOLOGIJA I PALEOGEOGRAFIJA MIOCENA U BUŠOTINI KC-4, ZAPADNA  
SRBIJA

**Ljupko Rundić, Jelena Stefanović, Natalija Batočanin, Violeta Gajić, Nebojša Vasić, Stjepan Ćorić** ..... 88

O JEZERSKOJ UGLJENOJ SERIJI I SREDNJOMIOCENSKOJ MORSKOJ  
TRANSGRESIJI NA PODRUČJU JANJARI-ATMAČIĆI (UGLJEVIK-ISTOK)

**Ljupko Rundić, Svetlana Renovica** ..... 91

СЛИЧНОСТИ И РАЗЛИКЕ ЛИТОТИПОВА КОЛУБАРСКОГ И КОСТОЛАЧКОГ  
БАСЕНА

**Драгана Животић, Ана Ристић, Ксенија Стојановић** ..... 95

GEOLOŠKA I GEOMORFOLOŠKA ANALIZA ŠIREG PODRUČJA VAREŠA

**A. Begić, A. Baraković, D. Baraković, S. Begić** ..... 97

GEOMORFOLOŠKI TRAGOVI PLEISTOCENSKE LEDNIČKE EROZIJE NA PLANINI  
VISOČICI

**Toni Nikolić** ..... 99

GEOEKOLOŠKO VREDNOVANJE RELJEFA KANJONA RAKITNICE

**Alen Lepirica, Senad Gutić** ..... 102

FILITI PLANINE GOLIJE – OBJEKTI GEONASLEĐA

**Ljiljana Grujičić-Tešić, Jovan Kovačević ..... 105**

HRVATSKA GEOLOŠKA BAŠTINA VEZANA UZ POVIJESNO RUDARENJE

**Marta Mileusnić, Ana Maričić, Michaela Hruškova Hasan..... 112**

DIVERZITET KARSTNIH POJAVA

**Milorad Kličković..... 116**

METODOLOGIJA VREDNOVANJA I KATEGORIZACIJE OBJEKATA GEONASLEĐA  
PRIMENJENA NA PODRUČJU GOLIJE I PEŠTERA

**Ljiljana Grujičić, Dragoman Rabrenović, Jovan Kovačević, Nataša Gerzina Spajić, Nevenka Đerić..... 122**

ALTERACIJA TUFA IZ LEŽIŠTA LAPORACA TREŠNJA (POPOVAC, SRBIJA)

**Željana Sekulić, Vladimir Simić, Suzana Erić, Nevena Andrić ..... 130**

**PRIMJENJENA GEOLOGIJA / ПРИМЈЕЊЕНА ГЕОЛОГИЈА ..... 133**

3D GEOLOŠKI MODELI: OD 3D PRIKAZA GEOLOŠKE GRAĐE PODZEMLJA DO  
PROJEKTIRANJA NOVIH ISTRAŽNIH RADOVA I PRONALASKA NOVIH REZERVI  
MINERALNIH SIROVINA

**Pavičić, Ivica; Dragičević, Ivan; Deljak, Gordana; Crnoja Filip; Radovac, Tihomir; Bojčetić  
Željko..... 134**

MOGUĆNOSTI UPOTREBE NEMETALIČNIH MINERALNIH SIROVINA U PROCESU  
ORGANSKE PROIZVODNJE

**Cvetko Živković, Jelena Kokot ..... 136**

KARTA SKLONOSTI TERENA KA KLIŽEŃU OPŠTINE VIŠEGRAD

**Цвјетко Сандић, Ковиљка Лека..... 142**

UPOREDNA ANALIZA REZULTATA PRETHODNIH ISTRAŽIVANJA I  
ISTRAŽIVANJA IZVEDENIH 2019. g. NA LEŽIŠTU OSTRUŽNJA, STANARI

**Jovana Ječmenica, Slobodanka Lazarev, Dušan Simić, Stevan Lončar ..... 145**



EIT RAWMATERIALS KIC, GEOERA AND OTHER OPPORTUNITIES FOR  
COLLABORATION FOR GEOSCIENCE INSTITUTIONS IN CENTRAL AND SE  
EUROPE

**Bavec Miloš, Šolar V. Slavko, Vidović Jelena, Zajc Benda Tina, Šolc Urša & Simić Barbara .. 146**

UTICAJ CIRKULARNE EKONOMIJE NA MINERALNU EKONOMIJU I  
FUNKCIONISANJE MINERALNOG SEKTORA

**Radule Tošović..... 150**

NEKI ASPEKTI UTICAJA DIGITALNOG POSLOVANJA NA UPRAVLJANJE  
MINERALNIM PROJEKTIMA

**Radule Tošović..... 155**

FORMACIONA ANALIZA PODGRADAČKO-JOGUNOVAČKOG OFIOLITSKOG  
BLOKA NA SJEVERU KOZARE ZA POTREBE ISTRAŽIVANJA GRAĐEVINSKOG  
KAMENA

**Aleksej Milošević, Ranko Cvijić..... 158**

PLITKI GEOTERMALNI POTENCIJAL SA VERTIKALNIM ZATVORENIM  
SISTEMIMA: TRI STUDIJSKA PRIMERA IZ ALPSKOG PROSTORA

**Dušan Rajver, Alessandro Casasso, Pietro Capodaglio, Charles Maragna, Joerg Prestor, Charles  
Cartannaz and Jernej Jež..... 159**

INŽENJERSKOGEOLOŠKI I GEOMEHANČKI USLOVI IZGRADNJE TUNELA  
„BRADINA“ NA KORIDORU VC

**Safet Mutapčija, Selma Gosto, Mevludin Karzić, Belmin Bektić, Elvir Babajić..... 163**

PHASE TRANSITIONS OF SILICA IN DIATOMITE FROM BESISTE (NORTH  
MACEDONIA) DURING THERMAL TREATMENT

**Arianit Reka, Blagoj Pavlovsk, Blazo Boev, Ivan Boev, Petre Makreski..... 166**

KORELACIJA GORNJOMIOCENSKIH LITOSTRATIGRAFSKIH JEDINICA JUŽNOG  
DELA PANONSKOG BASENA

**Filip Anđelković, Dejan Radivojević..... 169**

STRATIGRAFSKI I PALEOEKOLOŠKI ZNAČAJ ŠKOLJAKA RODA CORBICULA U  
KVARTARNIM NASLAGAMA SRBIJE

**Draženko Nenadić, Dr. Slobodan Knežević, Dr. Katarina Bogićević, Dr. Barbara Radulović.. 173**

GRANATI U ALUVIONU LEŠNICE, PLANINA CER

**Milošević Maja, MSc Kostić Bojan, Dr Vulić Predrag, MSc Jelić Ivana ..... 177**

PERMANENTNO GNSS OSMATRANJE U MULTIDISCIPLINARNIM  
ISTRAŽIVANJIMA

**Biljana Stamatović, Vladimir Bulatović, Zoran Sušić, Ivan Aleksić, Gojko Nikolić, Kruna  
Ratković, Marko Simeunović, Tomo Popović, Milica Vukotić, Veselin Vukotić ..... 183**

GREŠKA INKLINACIJE KOD DEPOZICIONE REMANENTNE MAGNETIZACIJE

**Mirko Petković, Vesna Cvetkov ..... 185**

ОПЕРАЦИОНА ГЕОЛОШКА ИСТРАЖИВАЊА КВАЛИТАТА БОКСИТА НА  
ПОДРУЧЈУ МИЛИЋИ-СРЕБРЕНИЦА

**М.Годоровић, Р.Бјелановић, Г.Симић, Б.Голић ..... 189**

MINERAL POTENTIAL OF MINING AND PROCESING TAILINGS IN THE ESEE  
REGION

**Robert Šajn, Aleksandra Trenchovska ..... 191**

DOLOMITI PLJEŠEVCA (KISELJAK, BiH): KVALITATIVNO-KVANTITATIVNE  
ODLIKE I DOMEN PRIMJENE

**Viktorija Musa, Adi Redžić, Armin Hasić, Elvir Babajić ..... 194**

UČEŠĆE SRBIJE NA PROJEKTU RESEERVE

**Vladimir Simić, Ivica Ristović, Rade Jelenković, Dragana Životić, Zoran Draško ..... 197**

PLANIRANJE SNABDEVANJA AGREGATIMA – PRIMER SRBIJE

**Vladimir Simić, Dragana Životić, Zoran Miladinović, Nevena Andrić ..... 201**

ДОКУМЕНТАЦИОНИ ГЕОЛОШКИ РЕЗУЛТАТИ – НИВО ПРЕЛИМИНАРНЕ  
ГЕОЛОШКЕ ПРОГНОЗЕ ПАРАМЕТАРА КВАЛИТЕТА УГЉА У ПРОЦЕСУ  
ХОМОГЕНИЗАЦИЈЕ

**Гојак Зорица ..... 205**

GEOTERMALNI POTENCIJALI FEDERACIJE BOSNE I HERCEGOVINE, SADAŠNJE  
KORIŠTENJE I REGULATORNI OKVIR

**Ferid Skopljak, Natalija Samardžić, Hazim Hrvatović, Ćazim Šarić ..... 206**

HIPERALKALNE TERMOMINERALNE VODE LJEŠLJANA, BOSNA I  
HERCEGOVINA

**Neven Miošić, Natalija Samardžić, Hazim Hrvatović, Ferid Skopljak ..... 212**

ISTRAŽIVANJE DUBOKOG I PLITKOG GEOTERMALNOG POTENCIJALA NA  
ZAGREBAČKOM PODRUČJU

**Staša Borović, Kosta Urumović, Josip Terzić..... 222**

STANJE I MJERE ZAŠTITE IZVORIŠTA NA PODRUČJU TUZLANSKOG KANTONA

**Dinka Pašić-Škripić, Izet Žigić..... 227**

HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE VODONOSNIKA VODNIH TIJELA  
STUDEŠNICA I KRABAŠNICA LOCIRANIH U ZAŠTIĆENOM PEJZAŽU PLANINE  
KONJUH

**Izet Žigić, Dinka Pašić-Škripić..... 229**

RANJIVOST I RIZIK OD ZAGAĐENJA PODZEMNIH VODA U BUNARSKOM  
SISTEMU „NEREZI – LEPENAC”, GRAD SKOPJE

**Zlatko Ilijovski, Stojan Mihailovski, Marija Makeshoska ..... 231**

HIDROHEMIJSKE ODLIKE TERMALNIH VODA U SLIVU RIJEKE KRIVAJE

**Ćazim Šarić, Ferid Skopljak, Izet Žigić, Dinka Pašić-Škripić ..... 232**

GEOLOŠKE I HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE SJEVEROISTOČNOG OBODA  
ZENIČKO-SARAJEVSKOG BASENA

**Ćazim Šarić, Ferid Skopljak ..... 234**

DETERMINATION OF THE PRESENCE OF NANO-PLASTIC IN BOTTLED DRINKING  
WATER IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA BY APPLYING THE SEM-EDX  
METHOD

**Ivan, B., Mirakovski, D., Lazarova, M., Arianit, R., Blazo, B..... 235**

TRANSBOUNDARY CONTAMINATION RISK ASSESSMENT AND MODELLING IN  
THE DRAVA RIVER FLOODPLAIN

**Robert Šajn, Jasminka Alijagić, Győző Jordán, Josip Halamić ..... 238**

SEDIMENT-QUALITY INFORMATION, MONITORING AND ASSESSMENT SYSTEM  
TO SUPPORT TRANSNATIONAL COOPERATION FOR JOINT DANUBE BASIN  
WATER MANAGEMENT – SIMONA PROJECT

**Jasminka Alijagić ..... 239**

THE CONDITIONS OF THE WATER INFLOW IN THE PIT „ŠUTA RASOVAČA“, THE  
LEAD/ZINC ORE deposit „LECE“, AND APPLIED SYSTEM OF DEWATERING

**Vaso Kitanović, Zoran Popović, Ljiljana Popović..... 240**

ZNAČAJ IZBORA GEOMEHANIČKIH PARAMETARA ZA GEOTEHNIČKE  
PRORAČUNE

**Kenan MANDŽIĆ, Adnan IBRAHIMOVIĆ, Enver MANDŽIĆ ..... 244**

INŽENJERSKOGEOLOŠKE I GEOTEHNIČKE KARAKTERISTIKE KLIZIŠTA U  
NASELJU LIPOVICE, OPĆINA KALESIJA

**Jasenko Čomić, Aida Hrustić ..... 247**

GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA KAO PREDSTUDIJA ZA IZRADU URBANISTIČKIH  
PLANOVA NEKAD I SAD

**Petar Begović, Branko Ivanković, Aleksej Milošević..... 250**

REZULTATI GEOLOŠKIH I GEOTEHNIČKIH ISTRAŽIVANJA ZA NIVO GLAVNOG  
GRAĐEVINSKOG PROJEKTA REGIONALNE DEPONIJE „KALENIĆ” – I FAZA  
GRADNJE

**Dragana Savic, Petar Isaković, Dejan Živkovic, Dejan Nikolic ..... 251**

GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA ZA IZGRADNJU TS LEMUGUR U  
TANZANIJI

**Ermedin Halilbegović..... 252**

UTICAJ AKUMULACIJE ZAOVINE NA KLIZIŠTE „MANDIĆI“

**Danijela Božić, Marijana Petrović..... 254**

ZNAČAJ PRIMJENE GEOTEHNIČKIH STANDARDARDA (EUROCODE 7 I 8) U  
RADOVIMA REKONSTRUKCIJE SAVSKOG NASIPA

**Despotović Dragan ..... 255**

PROJEKT ISSAH – HIDROGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA PRAPORA ISTOČNE  
HRVATSKE

**Kosta Urumović, Marco Pola, Ivica Pavičić, Staša Borović, Vedran Rubinić, Jasmina Lukač  
Reberski, Ivan Kosović ..... 257**

BANJA GATA – NEISKORIŠĆENI POTENCIJAL

**Petar Begović, Branko Ivanković..... 262**

**ГЕОТЕХНИЧКА ИСПИТИВАЊА, УЗРОЦИ НАСТАНКА И МОГУЋНОСТИ  
САНАЦИЈЕ КЛИЗИШТА НА ПОРУЧЈУ МЗ ГРБАВЦИ, ГРАД ГРАДИШКА**

**Бранко Иванковић, Срђан Рајак, Петар Беговић, Драган Марјановић, Наташа Бајић,  
Далибор Грубор ..... 263**

**HIДРОГЕОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ЗАШТИЋЕНОГ РОДУЋЈА „ ТРЕВЕВИЋ“**

**Ferid Skopljak, Đenari Ćerimagić..... 264**

**POKPOBИTEЛJI / ПOKPOBИTEЛЬИ ..... 269**

**DONATOPИ / ДОНАТОРИ..... 273**

II KONGRES GEOLOGA BOSNE I HERCEGOVINE SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM  
II КОНГРЕС ГЕОЛОГА БОСНЕ И ХЕРЦЕГОВИНЕ СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ

## **PLENARNI RADOVI / ПЛЕНАРНИ РАДОВИ**

# KONODONTI PROFILA TEOČAK: GRANICA PERM-TRIJAS

## CONODONTS OF THE TEOČAK SECTION: PERMIAN-TRIASSIC BOUNDARY

Tea Kolar-Jurkovšek<sup>1</sup>, Hazim Hrvatović<sup>2</sup>, Dunja Aljinović<sup>3</sup>, Galina P. Nestell<sup>4</sup>, Bogdan Jurkovšek<sup>1</sup>, Ferid Skopljak<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, tea.kolar@geo-zs.si, [bogdan.jurkovsek@geo-zs.si](mailto:bogdan.jurkovsek@geo-zs.si)

<sup>2</sup> Federalni zavod za geologiju, Ilidža, Ustanička 11, 71 210 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, [hharish@bih.net.ba](mailto:hharish@bih.net.ba), [fskopljak@yahoo.com](mailto:fskopljak@yahoo.com)

<sup>3</sup> Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Pierottijeva 6, Zagreb, Hrvatska, [dunja.aljinovic@rgn.hr](mailto:dunja.aljinovic@rgn.hr)

<sup>4</sup> Department of Earth and Environmental Sciences, University of Texas at Arlington, Arlington, TX 76019, USA, [gnestell@uta.edu](mailto:gnestell@uta.edu)

**Ključne riječi:** perm-trijas, donji trijas, biostratigrafija, petrografija, Dinaridi, Bosna i Hercegovina

### Apstrakt

Konodonti su fosfatni, zubićima slični elementi izumrlih vertebrata bez čeljusti koji su u zoološkom sistemu uvršteni u samostalan razred Conodonta. Zbog brze evolucije, široke paleogeografske rasprostranjenost i velike otpornosti konodonti su jedni od najznačajnijih mikrofosilnih grupa u biostratigrafiji paleozoika i trijasa. Životinje sa konodontima bile su bilateralno simetrični, isključivo morski organizmi, gdje su nastavali različite okoliše. Među njima su i vrste koje su bile prilagodjene plitkomorskim uvjetima u međuplinskoj zoni.

U bazenskim, a naročito u plitkomorskim sedimentima, konodonti su zamijenili ulogu ortokronostratigrafskih fosila (npr. amonita), koji su zbog veličine osjetljiviji na eroziju ili njihova očuvanost ne dozvoljava determinaciju na razini vrste. Zbog svoje otpornosti, konodonti su se često sačuvali i tamo, gdje nije bilo pogodnih uslova za fosilizaciju drugih organizama. Primjenom hemijske preparacije pomoću octene ili mravlje kiseline možemo ih naći u mnogim morskim sedimentima paleozojske i trijaskе starosti, uglavnom karbonata.

Konodonti su pokazali svoju vrijednost za biostratigrafiju paleozoika i trijasa, gdje je njihov doprinos široko prepoznat zbog velike preciznosti za relativnu dataciju starosti stijena. Na osnovu različitih vrsta ili zajednica bilo je biostatigrafima po svijetu omogućeno da razdijele morske sedimente od gornjeg kambrija do kraja trijasa na više od 200 konodontskih biozona. Konodonti su dokazali svoju praktičku vrijednost kao parastratigrafski fosili naročito u trijaskoj periodi. Na osnovu njihovih zajednica bile su revidirane i preciznije definirane granice mnogih geoloških doba. Sistemska granica perm-trijas je na osnovu međunarodnih kriterija definirana sa prvom pojavom konodontne vrste *Hindeodus parvus* (Kozur & Pjatakova).

Najveće izumiranje u historiji Zemlje dogodilo se prije oko 252 milijun godina, na granici perm-trijas. Tom prilikom izumrlo je do 95% svih morskih vrsta i oko 70% kopnenih vrsta kičmenjaka. Stoga su uzroci, efekti i vrijeme ovog masovnog izumiranja predmet studija mnogih istraživačkih grupa širom svijeta. U Dinaridima je sačuvano nekoliko profila sa



permsko-trijaskom granicom. U Bosni i Hercegovini istražene su stijene profila Teočak, a rezultati doprinose našem znanju o masovnom izumiranju i oporavku biote na permsko-trijaskoj granici. Glavni cilj multidisciplinarnog studija (regionalna geologija, sedimentologija, biostatigrafija, paleontologija beskičmenjaka) je biostratigrafska definicija i interpretacija paleookoliša.

Profil Teočak obuhvata sedimentne stijene gornjeg perma i donjeg trijasa koji u geotektonskom smislu pripadaju Savsko-vargarskoj zoni.

Slijed čine četiri intervala, od kojih najstarije stijene predstavlja Bellerophonska formacija (gornji perm, changshingij). U njoj se javljaju krečnjaci vapneni tipa wackestone/packstone u čijem sastavu dominira fosilno kršje uglavnom dimenzija < 2 mm. U sastavu bioklasta (fosila) dominantni su ostaci alge *Gymnocodium*, dok podređeno ima fragmenata ježinaca i školjki. Vezivo između bioklasta je gusti mikrit. Od foraminifera, determinirane su *Hemigordius* aff. *H. komircensis* Nestell, Sudar, Jovanović & Kolar-Jurkovšek, *Hemigordius* sp., *Midiella?* sp. i *Polarisella sagitta* (K. Miklukho-Maklay), holoturije i konodonti roda *Hindeodus* sa vrstom *H. typicalis* (Sweet). Ovakav tip krečnjaka taložen je u uslovima niske energije okoliša, što odgovara plitkome moru, vjerovatno laguni.

Nakon prethodnog intervala u kratkom vremenskom periodu taložili su se dolomiti i evaporiti. Zatim slijedi taloženje „prijelaznih slojeva“ vremenskog raspona od najvišeg changhsingija do donjeg griesbachija i uključuje P-T granicu. U stijenama tog intervala može se uočiti nagla promjena sastava u smislu da gotovo potpuno izostaju skeletni fragmenti organizama. Stijene se sastoje dominantno od najsitnijeg vapnenačkog materijala - mikrita (ili mikrosparita), uz rijetku pojavu ljušturica ostrakoda. Prisutni su i krečnjaci izgrađeni od okruglih čestica koji odgovaraju jednostavnim ooidima, tzv. mikrosferama. To su dobro sortirane čestice, a njihovu građu karakterizira mikritna ovojnica i makrokristalasta unutrašnjost, a njihov nastanak pretpostavlja se posredstvom mikroorganizama - bakterija. U vrijeme prelaska iz perma u trijas došlo je do naglog izumiranja organizama, a u stresnim uvjetima toga razdoblja mogli su preživjeti samo najjednostavniji mikroorganizmi (bakterije). Na izumiranje biote vezane uz perm-trijas granicu ukazuje nagli izostanak fosila u stijenama što se nastavlja kroz čitavi interval „prijelaznih slojeva“. Konodontnu zajednicu sastavlja populacija *Hindeodus-Isarcicella*, među kojim su determinirane vrste *Hindeodus parvus* (Kozur & Pjatakova), *Isarcicella isarcica* Huckriede i *I. staeschei* Dai & Zhang. Taloženje i dalje nastavlja u plitkom marinskom okolišu.

Prekid nepoznatog trajanja odjeljuje interval „prijelaznih slojeva“ od slijedećeg intervala u donjem trijasu. Taj interval je kasnodienerijske do ranosmithijske starosti, a konodontna vrsta *Eurygnathodus costatus* Staesche ukazuje na blizinu granice indij-olenekij. Mikrofosilnu zajednicu pored rijetkih foraminifera *Ammodiscus* i sitnih gastropoda zastupaju još konodontne vrste *E. hamadai* (Koike) i *Hadrodontina* sp. Između vapnenaca se pojavljuje sve više klastičnog materijala (uglavnom čestica kvarca), čineći proslojke siltita i pješčara. Klastiti se izmjenjuju sa slojevima krečnjaka tipa mudstonea u kojima dominira karbonatni mulj (mikrit), ali je prisutno i sve više bioklasta od ljuštura školjki, puževa i ježinaca. Rjeđe su prisutni krečnjaci tipa grainstone građeni od kompleksnih ooida ili obavijenih bioklasta. Ovakav tip izmjene sedimenata ukazuje na pojačani donos klastičnog materijala s kopna. Klastični materijal se taloži u plitkom moru, a smjenjuju se taloženje krečnjaka (mudstonea, grainstonea),

s taloženjem pješčara i silita. Prisutnost skeletnih fragmenata u sastavu krečnjaka, koji dokazuju prisustvo fosila, ukazuje da je već u indiju nastupio oporavak živoga svijeta. Vršni interval slijeda predstavljaju spathijske naslage (kasni olenekij), čija starost je dokazana na osnovu konodontne zajednice sa rodom *Triassospathodus* u asocijaciji sa predstavnicima familije Ellisoniidae. Slojevi odgovaraju karbonatnim madstonima u kojima su prisutni i fosilni fragmenti školjki i ježinaca. Moguće da krupni skeletni materijal predstavlja olujni lag nakupljen u bazi olujnih slojeva pa taloženje u ovom intervalu svjedoči o olujnoj komponenti taloženja u relativno dubljem okolišu (dalje od obale) u odnosu na taloženje prethodnoga intervala.

Na osnovu prisutnih mikrofosilnih zajednica može se utvrditi prisutnost slijedećih konodontnih zona: gornjopermska *praeparvus* (changhsingij) i donjotrijaske *isarcicella* (griesbachij), *costatus* (?gornji dienerij - donji smithij) i *triangularis* (spathij). Stijene profila Teočak pored permsko-trijaske granice obuhvaćaju i granicu indij-olenekij. Pribavljeni podaci su vrijedan izvor paleontoloških podataka i pružaju također važan doprinos za paleobiogeografiju zapadnog Tetisa. Za sada je to jedini lokalitet sa permsko-trijaskim intervalom u Bosni i Hercegovini i zbog relevantnosti se taj geološki profil predlaže za upis u registar prirodnog naslijeđa državnog značaja.

## RIFT RELATED ORE-FORMING PROCESSES IN THE EARLY HISTORY OF NEOTETHYS

Hrvatović, H.<sup>1</sup> & Palinkaš, A.L.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Federalni Zavod za geologiju, Sarajevo,

<sup>2</sup> Geološki odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu

**Key words:** Ljubija siderite deposit, Vareš SEDEX polymetallic deposit, early rifting, advanced rifting, Dinarides, Neotethys

### Introduction

The Dinarides are a part of the Alpine–Himalayan orogenic system, developed as a result of opening and closure of the Tethys Ocean by convergence of the African and Eurasian plates. The northern boundary of the Dinarides is related to the northern African margin (Adria–Apulia), i.e. Gondwana in a wider sense of meaning (Hrvatović et al., 2015; Hrvatović, 2018; Sassi et al., 2004, Pamić et al., 2004). The Tisia mega-unit, a small continental block, positioned between the Dinarides and the Carpathians, is genetically related to the South Eurasian edge (Schmid et al. 2018).

The geology and metallogeny of the Dinarides is constrained by the Alpine Wilson cycle. The major stages of the cycle are: (a) Permian early intra-continental rifting; (b) Triassic advanced rifting; (c) Jurassic oceanization; (d) Cretaceous subduction; (e) Paleogene collision; and (f) Neogene post-collision and extension followed by orogenic collapse. Each stage creates characteristic ore deposits related to the specific geological environments (Palinkaš et al. 2008). Early-intracontinental rifting of Pangea was a result of thermal doming in Uppermost Permian time giving rise to the formation of horst-graben structures, followed by slow subsidence, marine transgression and evaporite deposition. The consequence of incipient magmatism and a high heat flow are numerous geothermal fields and subterrestrial hydrothermal siderite-barite-polysulfide deposits, like **Ljubija** deposits as *locus typicus*.

On the other hand, advanced rifting magmatism, as a successive stage in the Middle Triassic brought intensive submarine volcanism, accompanied by coeval sedimentation of chert and siliciclastics, building up volcanogenic-sedimentary formations. Volcanic activity with explosive phases and the generation of large volumes of pyroclastic rocks in the rifts produced concomitant sedimentary exhalative deposits (SEDEX) of Fe-Mn-Ba-polysulfides, exemplified by deposits in the **Vareš** metallogenetic district.

### The Ljubija geothermal field

The Ljubija ore deposits are situated within the thick Upper Palaeozoic sequence of the allochthonous Sana-Una Upper Palaeozoic complex of the Inner Dinarides. The primary ore occurrences are stratabound metasomatic bodies of iron carbonates within Carboniferous limestones and dolostones, and siderite veins within the Carboniferous phylites and meta-sandstones.

Primary mineralization consists of siderite-ankerite-barite-polysulfide cavities, and open space fillings in the veins. The shape of the hydrothermal cell is defined by isotherms based on mineral formation temperature (Fig.1). The most influential processes in the formation of

chemical components of fluids are metasomatic sideritization and ankeritization. The ore forming fluids were dominantly NaCl-CaCl<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O with highly variable salinity (0.4 to 39 % NaCl equ.) and T<sub>h</sub> between 100 and 310 °C. The hydrothermal fluids are a mixture of high-temperature-high-salinity Permian evaporitic sea water diluted by low-temperature-low-salinity sea or meteoric waters. Boiling within near-surface hydrothermal reservoirs contributed to the high variability of temperature and salinity of the fluids. Sulphur isotopes confirm Permian sea water as the major source of sulphates for barite formation ( $\delta^{34}\text{S} + 9.2\text{‰}$  V-CDT). Thermal reduction of marine sulphates supplies H<sub>2</sub>S for precipitation of sulphides, which were deposited out of equilibria, with the exception of the cogenetic pair galena-sphalerite, formed at 245 °C. The temperature of formation determined by oxygen isotopes on calcite-siderite-quartz cogenetic minerals is in the range between 164-224 °C. Temperature of the cation geothermometer Na/K matches those obtained from fluid inclusion, vitrinite reflectance and isotope thermometry. The Ar/Ar age determination recorded two prominent tectono-thermal events, Variscan (332 ± 3.1 Ma and 342 ± 3.3 Ma) overprinted by thermal post-Variscan event at ca. 265 ± 6.2 Ma and 274.2 ± Ma, interpreted as the maximum age of hydrothermal activity in the Middle Permian. The ages and thermal features coincide well with those in the neighbouring deposits in the Paleozoic of Trgovska gora and the Petrova gora Mts. their counterparts in the space and time, announcing the future break-up of Pangea and the birth of the **Neotethys** (Fig.2, Strmić Palinkaš et al., 2009; Palinkaš et al., 2016).

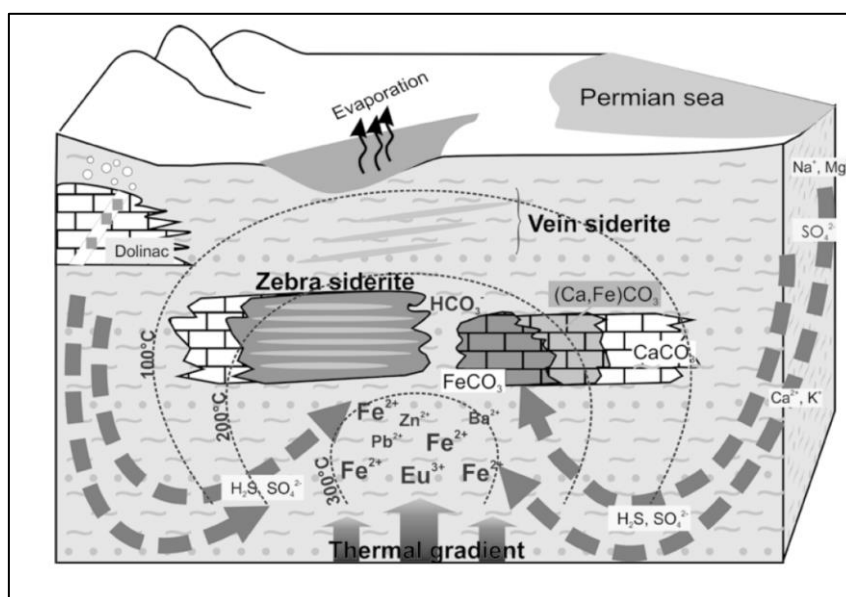


Fig.1 Metasomatic hydrothermal genetic model of the Ljubija mineral deposit based on organic and inorganic geochemical research. Shapes of isotherms depict local heat foci and fluid flow in a geothermal field (Palinkaš et al., 2016).

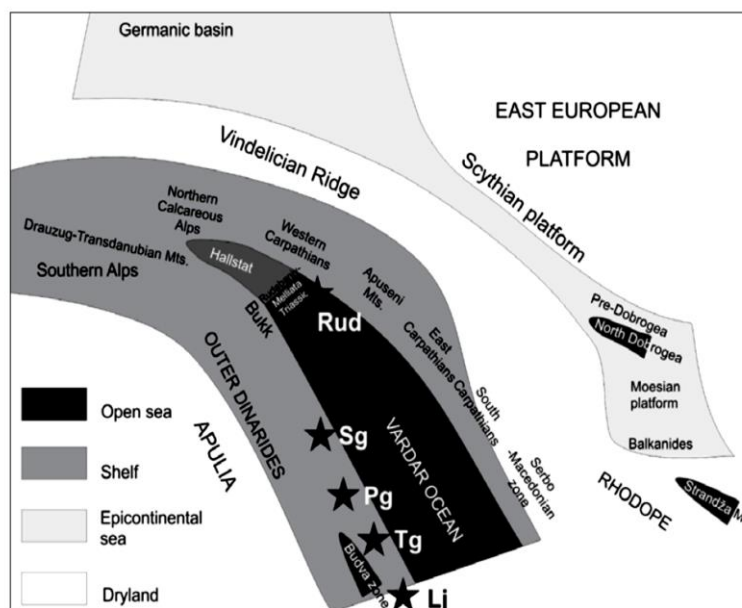


Fig.2 Palinspastic sketch shows the Circum-Pannonian triassic units, with special regards to Ladinian palaeogeography (not to scale, Kovács, 1984). The sketch depicts advanced rifting in progress toward the northwest (present geographical orientation), dissecting Pangea into the Gondwanian and Eurasian continental blocks. Early rifting formations and phenomena, including Permo-Carboniferous geothermal fields, were covered by newly formed Dinaridic and Moesian carbonate platforms. Tectonic evolution, collision, uplift, napping, thrusting and erosion uncovered their mineral load to the present exposed spatial organisation. (Abb.: Lj. Ljubija, Tg. Trgovska gora, Pg. Petrova gora, Sg. Samoborska gora, Rud. Rudabanya).

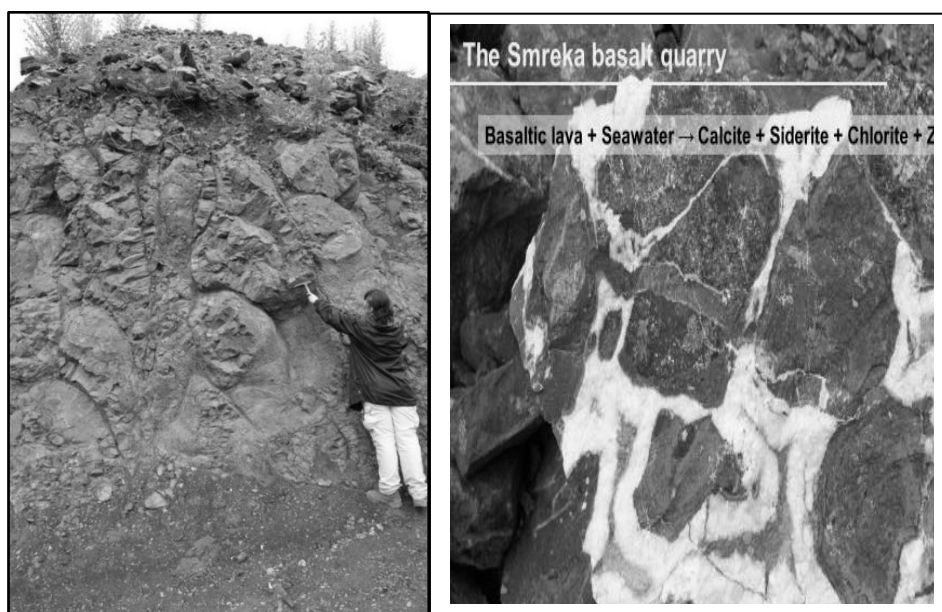
## Vareš

**Vareš** metallogenic province in the Central Bosnia owes its ore load to the processes during the advanced rifting in the evolution of the Neotethys. Coeval magmatism produced spilites, basalts, keratophyres and diabbases interbedded with Ladinian sedimentary rocks. The **Vareš** deposits with **Smreka**, **Droškovac** and **Brezik** deposits are taken as the *locus typicus* SEDEX mineralization of the Neotethyan rifting in the Middle Triassic time. The deposits are made of hydrothermal, stratiform siderite-hematite-chert beds. The ore mineralization is interstratified into Anisian and Ladinian sequences and distinctly stratified vertically, reflecting gradual changes of redox conditions in the depositional environment during the basin subsidence. The sequence began with bituminous, thinly bedded black shales with plenty of pyrite and base metal sulphides, overlain by barite and siderite, all of which were deposited under reducing conditions. Clastic rocks and oolitic limestone rest upon this metalliferous series and are succeeded by another metalliferous series with hematitic shale and siliceous hematite beds, which in contrast to the footwall rocks were deposited under oxidizing conditions. The overall mineralization consists of siderite, Mn-enriched hematite, barite, pyrite, marcasite, chalcopyrite, galena, sphalerite, tetrahedrite and Pb-sulphosalts.

The FIs data indicate that modified seawater represents the major constituent of the mineralizing fluids and that magmatic activity in the region had served as principal driving mechanism for fluid convection. The presence of hydrocarbons reflects interaction of

mineralizing fluids with organic rich sediments. The chemical composition of fluid inclusions in sphalerite and barite are described as a  $\text{CaCl}_2\text{-NaCl-H}_2\text{O}$  system which evolved under moderately high temperature, ( $T_H$  between 110 and 230°C). Salinity ranges from 2 to 4 wt.% NaCl equ. The  $\delta^{34}\text{S}$  values of barite vary from +21 to +29 ‰. In context with the Cl/Br ratio the fluids are assumed to had been derived from slightly modified seawater (Strmić Palinkaš et al., 2010).

**Peperitic facies;** Intensive intrusion of basalt magma into the footwall of the deposits is a thermal *deux ex machina* for ore forming processes. The exposed pillow lava on both flanks of the Stavnja rivulet exceeds several square km. The pillow lava pile is made of m-dm sized pillows rounded, semi-rounde, squeezed, contorted, green, red and gray in colour. The foundation of the pile are lobes, partly disintegrated, turning into hyaloclastite breccias and pink peperitic micritic carbonates, within the inter-pillow space. The carbonate part of peperite contains Triassic index conodont fauna *Paragondollela excelsa*, *Paragondollela foliata foliate*, *Paragondollela foliate inclinata*, *Nurella sp.*, CAI 6 ½, what appropriates to the Langobardian. The basalt was extruded into soft, unconsolidated sediments, of the Triassic rifting basin. Primary fluid inclusions in the hydrothermal minerals within peperites show coexistence of liquid-rich and vapour-rich Fis pointing to boiling effect. Their salinity is 10 wt.% NaCl equ. and  $T_H = 275$  to 290°C, what determines the depth of formation at 600-770 m b.s.l. There is still no creation and evidences of the oceanic crust which developed afterwards in uppermost Triassic and Jurassic time (Fig.3, Palinkaš et al., 2016a.)



*Fig.3 Intrusion od basalt lava into Triassic soft sediments, with characteristic peperitic facies, Smreka basalt quarry. The carbonate part of peperite contains Triassic index conodont fauna *Paragondollela excelsa*, *Paragondollela foliata foliate*, *Paragondollela foliate inclinata*, *Nurella sp.*, CAI 6 ½, what appropriates to the Langobardian. Primary fluid inclusions in the hydrothermal minerals within peperite show coexistence of liquid-rich and vapour-rich Fis pointing to boiling effect. Their salinity is 10 wt.% NaCl equ. and  $T_H = 275$  to 290°C, what determines the depth of formation at 600-770 m b.s.l.*

## References:

1. Hrvatović, H., Dunkl, I., Palinkaš, L.A. (2015): A new research results on metamorphic complex of the Mid-Bosnian Schist Mountains. I Geological Congress of Bosna and Hecegovina, 1-5 Tuzla.
2. Hrvatović, H. (2018): Metamorfni kompleks Srednjobosanskog škriljavog gorja, (Metamorphic complex of the Mid-Bosnian Schist Mts). Federalni Zavod za geologiju Sarajevo, str. 144, Sarajevo.
3. Kovacs, S. (1984): North Hungarian Triassic facies types: a review. Acta Geol. Hungarica, 27, (34), 251-264.
4. Palinkaš, A., Borojević Šoštarić, S., Strmić Palinkaš, S. (2008): Metallogeny of the Northwestern and Central Dinarides and Southern Tisia. Ore Geology Reviews, 14, 501-520.Šorš.
5. Palinkaš, L., Borojević šoštarić, S., Strmić Palinkaš, S., Prochaska, W., Pécskay, Z., Neubauer, F., Spangenberg, J.E. (2016): The Ljubija geothermal field: A herald of the Pangea break-up (NW Bosnia and Herzegovina). Geol. Croatica, 69, No 1, 1-28.
6. Palinkaš, L.A., Damyanov, Z.K., Borojević Šoštarić, S., Strmić Palinkaš, A.L., Marinova, I. (2016a): Divergent drift of Adriatic-Dinaridic and Moesian carbonate platforms during the rifting phase witnessed by triassic MVT Pb-Zn and SEDEX deposits; a metallogenic approach. Geol. Croatica, 69(1), 75-78 ·
7. Pamić, J., Balogh, K., Hrvatović, H., Balen, D., Jurković, I., Palinkaš, L. (2004): K–Ar and Ar–Ar dating of the Palaeozoic metamorphic complex from the Mid-Bosnian Schist Mts., Central Dinarides, Bosnia and Herzegovina. Miner. Petrol. 82(1):65-79
8. Sassi, F.P., Mazzoli, C., Peruzzo, L., Sassi, R., Spiess, R. (2004): The crystalline basements of the Italian eastern Alps: A review of the metamorphic features. Per Mineral., 73,23-42.
9. Schmid, S. , Bernoulli, D., Fügenschuh, B., Matenco, L., Schefer, S., Schuster, R., Tischler, M. & Ustaszewski, K. (2018): The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units. Swiss J. Geosci. 101 (2008) 139–183.
- 10.Strmić Palinkaš S., Palinkaš L.A., Kolar-Jurkovšek T., Hrvatović H.(2010): Thermal processes in Triassic SEDEX ore deposit Vareš and adjacent pile of pillow lavas, Central Bosnia and Herzegovina, CBGA, Thessaloniki, Greece.
- 11.Strmić Palinkaš, S., Spangenberg, J.E., Palinkaš, L.A. (2009): Organic and inorganic geochemistry of Ljubija siderite deposits, NW Bosnia and Herzegovina. Miner. Deposita, 44, 893-913.

## ТРЕНУТНО СТАЊЕ И ПЕРСПЕКТИВЕ ГЕОЛОШКИХ ИСТРАЖВАЊА У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ

Бобан Јоловић

Републички завод за геолошка истраживања Републике Српске, [bjolovic@yahoo.com](mailto:bjolovic@yahoo.com)

**Кључне ријечи:** геологија, истраживања, основна детаљна, стање, перспективе.

### Сажетак

Као основа развоја бројних дјелатности које служе као покретачка снага једног модерног друштва, геолошка истраживања на нашим просторима у посљедњим деценијама значајо заостају за онима у развијеним земљама, па и онима у нашем сусједству. Разлози за то су бројни и комплексни, а углавном се разматрају у свјетлу њихове основе подјеле у складу са актуелним законодавством, као основа и детаљна. Основна истраживања, као истраживања од општег интереса за Републику Српску реализује се у складу са Дугорочним програмом основних геолошких истраживања, односно у складу са макропројектима дефинисаним у овом документу који је усвајила Народна скупштина Републике Српске јула 2014. Без обзира на ову чињеницу и да се поменути програм дефинише и начин финансирања значајнији ефекти овог програма су изостали, углавном као посљедица недостатка адекватних финансија. На овај проблем у наредном периоду треба ставити акценат јер без адекватних финансија од стране државе изостаће неопходни резултати кључни за будући развој струке али и других повезаних области, посебно рударства. Могући начин превазичажења овог проблема анализиран је у овом раду. У складу са важећим геолошким законодавством детаљна геолошка истраживања изводе привредна друштва која посједују лиценцизату од стране Министарства енергетике и рударства. Данашња привредна друштва која посједују лиценцу углавном се баве доминантно геотехничким, хидрогеолошким и истраживањима неметаличних минералних сировина (доминантно грађевинско-технички камен). Може се рећи да недостају појединачно финансијски значајније инвестиције у ову врсту истраживања, прије свега истраживања металичних минералних сировина, као сигурно најзначајнији и економски најзахтјевнији вид геолошких истраживања. Разлоге лимитираног улагања у област истраживања металичних минералних сировина, као реално дијела детаљних истраживања који повлачи убједљиво највеће инвестиције, треба тражити у неколико чињеница, добрим дијелом анализираним и у овом раду.



**FUNDAMENTALNA GEOLOGIJA /  
ФУНДАМЕНТАЛНА ГЕОЛОГИЈА**

## **ŽELJEZOVITI KONGLOMERATI LAŠVANSKE FORMACIJE (SARAJEVSKO-ZENIČKI BAZEN)**

### **FERREOUS CONGLOMERATES LAŠVA FORMATION (SARAJEVO-ZENICA BASIN)**

**Hrvatović, H<sup>1.</sup>, Šarić, Č<sup>1.</sup>, Filipović, A<sup>1.</sup>, Demir, V<sup>1.</sup>, Mujkić F<sup>1.</sup>, Jaganjac, N<sup>1.</sup> i Nikolić, T<sup>1.</sup>**

1. Federalni zavod za geologiju Sarajevo, Ustanička 11 Ilidža, e-mail: 1. Federalni zavod za geologiju Sarajevo, zgeolbih@bih.net.ba

**Ključne riječi:** željezoviti konglomerati, limonit, getit, Lašvanska formacija, Sarajevsko-zenički bazen, Srednjobosansko škriljavo gorje.

#### **Sažetak**

Federalni zavod za geologiju je u sklopu projekta “Geološka karta Federacije Bosne i Hercegovine” razmjere 1:10000, je u periodu od 2008. do 2012. godine vršio geološko kartiranje u Sarajevsko-zeničkom bazenu. Tom prilikom posebna pažnja bila je posvećena litostratigrafskoj jedinici Lašvanska formacija koja je u geološkoj literaturi poznata i kao Lašvanska serija. Glavni razlog usmjeravanja pažnje na ovu litostratigrafsku jedinicu je zbog njenog položaja i rasprostranjenja u bazenu, debljine i porijekla sedimenata, mogućnosti pronalaska ekonomski interesantnih mineralnih sirovina i vodnih tijela podzemnihe pitke vode. Geološkim kartiranjem je utvrđeno da se unutar formacije, na osnovu litoloških osobina, posebno izdvaja jedinica (član formacije) koju smo nazvali željezoviti konglomerati. Naziv željezoviti konglomerati je proizašao zbog karakteristične crveno-smeđe boje i sadržaja željeza od 18.5 do 34,4%. Na pojavu ovih konglomerata je ukazano još tokom istraživanja urana u pješčarima Lašvanske formacije (Golo i dr 1982). Prilikom geološkog kartiranja uzeti su uzorci za laboratorijska ispitivanja koja su izvedena u laboratoriji Argetest u Turskoj i Mineral laboratories Bureau Veritas u Kanadi.

Sarajevsko-zenički bazen kao jedan od najvećih neogenih bazena u Dinaridima Bosne i Hercegovine, bio predmet različitih istraživanja i studijskih ispitivanja od kojih su najvažnija prikazana u radovima: Soklić 1951, Milojević 1964, Muftić 1965, de Leeuw et al., 2012, Mandić et al., 2012, Andrić, N. et. al., 2017; Karin, S. et-al., 2018, Demir, V.

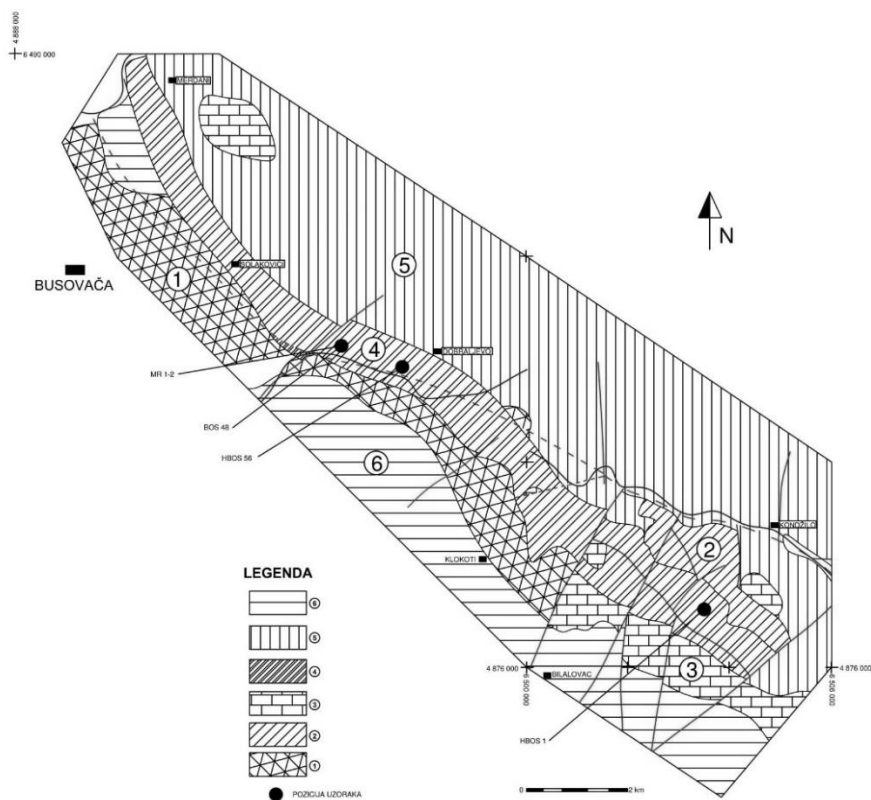
Geološka evolucija bazena je vezana za oligomiocenski i miocenski ciklus sedimentacije te pliocensku seriju aluvijalnih sedimenata. Oligomiocenski ciklus sedimentacije započinje taloženjem transgresivnih fluvijalnih sedimenata koji diskordantno leže preko turbidita zone Bosanskog fliša (na sjeveroistoku bazena) i metamorfnog kompleksa Srednjobosanskog škriljavog gorja (na jugozapadu bazena). U kasnijim fazama, u uslovima jezerske sedimentacije, talože se karbonati i ugalj koji se izmjenjuju sa aluvijalnim sedimentima. Ukupna debljina oligomioenskih sedimenata je oko 800 m.

Oligomioenski sedimenti ciklus je predstavljen: 1) bazalnom zonom sa konglomeratima, pješčarima i krečnjacima; 2) koščanskim ugljenim slojem sa krečnjacima i laporima; 3) crvenom serijom sa konglomeratima, pješčarima i laporcima i 4) šupljikavim bituminoznim krečnjacima.

Miocenski sedimentni ciklus započinje glavnom ugljenom zonom a završava sa konglomeratima gornjeg miocena. Ukupna debljine miocenskog sedimentnog ciklusa je oko 1500 m. Predstavljen je sa: 1) Glavnom ugljenom zonom (donji miocen); 2) Prelaznom zonom (srednji miocen); 3) Lašvanskom formacijom (gornji dio srednjeg miocena i donji dio gornjeg miocena) i 4) Koševskom serijom i Orlačkim konglomeratima (gornji miocen).

Pliocenska aluvijalna serija je predstavljena sa glinama, pijesima i fragmentima stijena različite starosti (od proterozoika do mezozoika).

Željezoviti konglomerati predstavljaju posebno karakterističan član Lašvanske formacije. Ta posebnost se ogleda u crveno-smeđoj boji, sastavu i sadržaju željeza koji varira od 18,5 do 34,5 %. Lašvanska formacija leži konkordantno preko prelazne zone izgrađene od tankoslojevitih lapora sa proslojcima pješčara (srednji miocen) i diskordantno preko metamorfnog kompleksa Srednjobosanskog škriljavog gorja. Debljina Lašvanske formacije varira od 400 do 800 m. Ona se proteže, na dužini od oko 40 i širini 5-9 km, duž jugozapadnog obodnog i u središnjem dijelu bazena, od Zenice i Kaonika (zona rijeke Lašve) pa do Reljeva kod Sarajeva. Sedimenti Lašvanske formacije su aluvijalno-deltne konglomerati i pješčari (Hrvatović, 2009, Andrić, N. et. al., 2017).

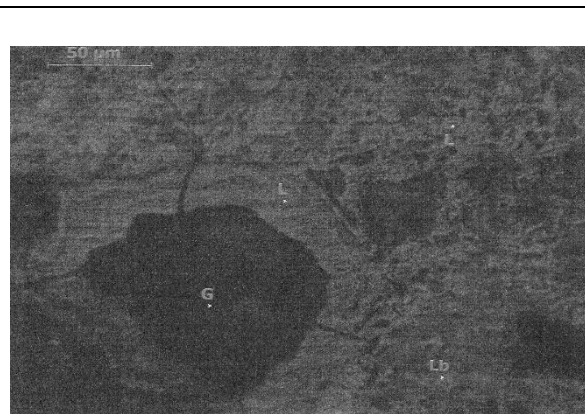


Sl. 1. Pojednostavljena geološka karta jugozapadnog dijela Sarajevsko-zeničkog bazena  
Legenda: 1. Metamorfni kompleks Srednjobosanskog škriljavog gorja (prekambrij-kambrij), 2. Crveni klastiti, gips i šupljikavi krečnjaci (gornji perm), 3. Masivni i slojeviti krečnjaci i dolomitični krečnjaci (anizik), 4. Željezoviti konglomerati (srednje-gornji miocen; član Lašvanske formacije), 5. Pješčari i konglomerati (srednje-gornji miocen; član Lašvanske formacije), 6. Gline, pjeskovite gline, zaglinjen kvarcni šljunak (pleistocen).



Sl.2. Uzorak MRT-1:

*Q-kvarc, MS.kvarcmikašist,  
SS-kvarcsericitski škriljac,  
L-limonit (crvenosmeđe boje)*



Sl.3. Uzorak MRT-2:

*L-limonit,  
G-getit,  
Lb-limonit žućkasto obojen*

Željezoviti konglomerati sadrže valutice nastale erozijom metamorfnog kompleksa Srednjobosanskog škriljavog gorja, u kojem su poznata nalazišta željeza (željezni šeširi) sa povećanim sadržajem zlata, bakra i srebra (na primjer: Mačije Jame kod Busovače i Vranjska rijeka kod Viteza). To su krupnozrni konglomerati sa valuticama metariolita, različitih škriljaca (kvarcno-sericitski, hloritski, amfibolski, filitični, otrelitski, kvarcno-grafitični i dr.), kvarcita i kvarca koje su vezane sitno do srednjezrnim matriksom, koji oko 90 % čini kvarc. Oblik valutica je sferoidan, pločast, diskoidan i vretenast, s tim da preovlađuje sferoidan. Sadržaj matriksa je oko 50 %. Debljina željezovitih konglomerata je oko 50 m. Po pružanju se mogu pratiti na dužini od oko 6 km (Slika 1).

Na jugozapadnom obodu bazena, konglomerati leže diskordantno na gornjopermskim šupljikavim krečnjacima (lokalitet Prževine i Kondžilo) i metamorfnom kompleksu Srednjobosanskog škriljavog gorja (lokalitet Klokot gdje su poznate pojave CO<sub>2</sub>).

Konglomerati su intenzivno liminitisani a pod mikroskopom se vide zrna getita, limonita i kvarca (slika 2 i 3). Laboratorijskim ispitivanjima (rezultati prikazani u tabeli 1) je utvrđeno da sadržaj željeza varira od 18,5-34,4 %. Posebno su interesantni visoki sadržaji As(0,9%) i V(0,03%). Uzorci za laboratorijska ispitivanja su sa područja Dobraljeva i lokaliteta Pržine gdje su željezoviti konglomerati najbolje razvijeni. Područje Dobraljeva je ispitivano kroz projekt istraživanja nuklearnih mineralnih sirovina u 1981 godini.

Imajući u vidu sadržaj željeza i porijeklo materijala za stvaranje konglomerata, preporučuje se geološko istraživanje željezovitih konglomerata u svrhu definiranja njihove ekonomičnosti kao rude željeza i mogućeg pronalaska zlatonosnih nivoa (unutar željezovitih konglomerata).

*Tabela 1. Rezultati hemijskih ispitivanja uzoraka iz željezovitih konglomerata Lašvanske formacije (Mineral laboratories Bureau Veritas Canada).*

element		uzorak									
		MRT-1	MRT-2	HBOS-1	HBOS-48	HBOS-56	BOS-25	BOS-26	BOS-27	BOS-28	BOS-29
Ag	ppm	<0,15	<0,15	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	<0,1
Al	%	0,53	0,58				0,30	0,64	0,82	0,67	0,57
As	ppm	<b>811</b>	<b>3100</b>	185,8	<b>9208,1</b>	<b>423,7</b>	<b>401,7</b>	34,2	24,5	76,4	84,8
B	ppm	58	<5		<1	3	<20	<20	<20	<20	<20
Ba	ppm			193	268	485	11	24	18	16	24
Be	ppm	<0,5	<0,5	<1	<1	3					
Bi	ppm	17	21	0,2	0,2	0,3	1,0	0,4	0,6	0,4	0,5
Ca	%	0,31	0,27				0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
Cd	ppm	6	17	<0,1	0,2	0,7					
Ce	ppm			28,7	38,5	60,1					
Cs	ppm			2,7	4,2	3,4					
Co	ppm	6	5	3,4	16	14,9	5,7	59,1	2,9	6,1	2,1
Cr	ppm						22	60	28	29	50
Cu	ppm	38	43	59	51,9	34,7	38,1	42,1	58,0	125,8	66,2
Dy	ppm			1,83	2,78	5,41					
Eu	ppm			0,43	0,64	1,27	<0,1	0,4	<0,1	0,3	0,1
Er	ppm			1,83	1,63	2,97					
Fe	%	<b>18,52</b>	<b>19,23</b>				<b>36,46</b>	<b>22,47</b>	<b>22,95</b>	<b>34,88</b>	<b>23,7</b>
Hg	ppm			0,07	0,24	0,38	0,23	0,54	1,67	0,66	1,18
Hf	ppm			2,4	3,0	3,9					
Ho	ppm			0,38	0,58	1,06					
Ga	ppm	68	73	8,4	11,9	12,1					
Gd	ppm			1,9	2,81	6,33					
K	%	0,15	0,13				0,03	0,10	0,09	0,05	0,12
La	ppm	10	8	28,7			2	10	5	4	2
Lu	ppm			0,17	0,26	0,38					
Mg	ppm	511	492				<0,01	0,02	0,01	0,01	0,02
Mn	ppm	130	99				52	2264	70	66	56
Mo	ppm	5	6	0,6	1,4	4,7	0,03	0,2	0,5	0,6	0,8
Na	%	0,22	0,18								
Nb	ppm			7,3	7,3	10,4					
Nd	ppm			11,7	16,5	32,9					
Ni	ppm	25	23	11,6	43,6	71,8	38,1	144,7	12,5	31,4	7,4
P	%	0,033	0,037				0,620	0,091	0,193	0,605	0,143
Pr	ppm			3,28	4,45	8,5					
Pb	ppm	481	154	4,8	11,2	9,2	17,5	25,1	18,6	70,1	17,6
Rb	ppm			48,8	64,4	82,6					
S%							0,09	<0,05	0,06	<0,05	0,05
Sb	ppm	32	154	6,8			3,3	1,8	0,9	8,1	1,8
Sc	ppm	<1	<1				5,4	43,3	3,9	11,8	6,0
Se	ppm			<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,9	0,5	<0,5	0,6
Sn	ppm	18	18	1	11	3					
Sm	ppm			2,17	3,13	6,32					
Sr	ppm	20	18	31,1	58,8	34,7	4	10	8	6	4
Ta	ppm			0,6	0,6	0,9					
Tb	ppm			0,31	0,44	0,94					
Th	ppm	68	61	4,9	6,4	8,3	1,0	2,9	5,3	1,1	4,8
Ti	%	0,010	0,005				0,006	0,005	0,006	0,006	0,003
Tl	ppm	<5	<5	1,2	2,3	0,4	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Tm	ppm			0,17	0,24	0,42					
U	ppm			0,9	1,8	2,4	0,5	0,3	1,0	3,8	0,6
V	ppm	23	14	77	135	81	73	<b>304</b>	112	129	193
W	ppm	14	12	1,0	1,5	2,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Zn	ppm	150	237	128	194	114					
Zr	ppm	7	9	86,5	104	142,6					
Y	ppm			11,2	14,9	28,1					
Yb	ppm			1,09	1,56	2,64					
Au	ppm	<0,15	<0,15	0,001	0,001	0,001			0,006		

### Literatura

1. Andrić, N., K. Sant, L. Matenco, O. Mandić, B. Tomljenović, D. Pavelić, H. Hrvatović, V. Demir, J. Ooms, (2017): The link between tectonics and sedimentation in asymmetric extensional basins: Inferences from the study of the Sarajevo-Zenica Basin, *Marine and Petroleum Geology* 83 (2017). 305-332.
2. De Leeuw, Mandić, O. Krijgsma, W., Kuiper, K & Hrvatović, H. (2012): Paleomagnetic and geochronologic constraints on the geodynamic evolution of the Central Dinarides, *Tectonophysics* (2012).
3. Golo, B., Hrvatović, H., Jelić, N. I Talić, D. (1982): Izvještaj o rezultatima istraživanja urana na području Dobraljeva, Škriljavog gorja i Jugoistočne Bosne za 1981. godinu, Arhiv Federalnog zavoda za geologiju Sarajevo. str., 1-62.
4. Hrvatović, H. (2009): Geološko kartiranje, ISBN 978-9958-9073-5-7, COBIS. BH-ID 17117702; CIP 528.91:550.8 (075.9). 1-388 str.
5. Karin, S., Andrić, N., Mandić, O., Demir, V., Pavelić, D., Rundić, Lj., Hrvatović, H., Matenco, L. Krijgsman, W. (2018): Magneto-biostratigraphy and paleoenvironments of the Miocene freshwater sediments of the Sarajevo-Zenica Basin, June 2018, *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, DOI: 10.1016 /j.paleo.2018.06.009.
6. Milojević, R. (1964): Geologic composition and tectonic pattern of Middle-Bosnia coal basin with special review of development and economic value of coal-bearing facies. PhD Thesis, *Geološki glasnik*, Geological Survey Sarajevo special publication, p.190.
7. Muftić, M. (1965): Geological relationship between coal terrains Mid-Bosnian coal mines: Bila, Zenica, kakanj and Breza. *Geološki glasnik*, Geological Survey Sarajevo special publication, p.108.
8. Soklić, I. (1951): Identifikacija slojeva i geoloških horizonata u Srednjobosanskom zeničko-sarajevskom ugljenom basenu, *Geološki vesnik*, 9. Beograd.

## ANDEZITI ČELEBIĆA-OKOLORUDNE IZMENE I POJAVLJIVANJE GRANATA

dr Danica Srečković-Batoćanin<sup>1\*</sup>, dr Suzana Erić<sup>1</sup>, dipl.inž Dragan Djordjević<sup>2</sup>, dipl.inž  
Dragana Stojanović<sup>2</sup> i MSc Rajko Kondžulović<sup>2</sup>

1. Univerzitet u Beogradu, Rudarsko geološki fakultet, Djušina 7, 1100 Beograd, Srbija;

2. MINECO Project Delivery Team, Strahinjića Bana 1, 11000 Beograd, Srbija

\* - [danica.sreckovic@rgf.bg.ac.rs](mailto:danica.sreckovic@rgf.bg.ac.rs) - koresponding autor

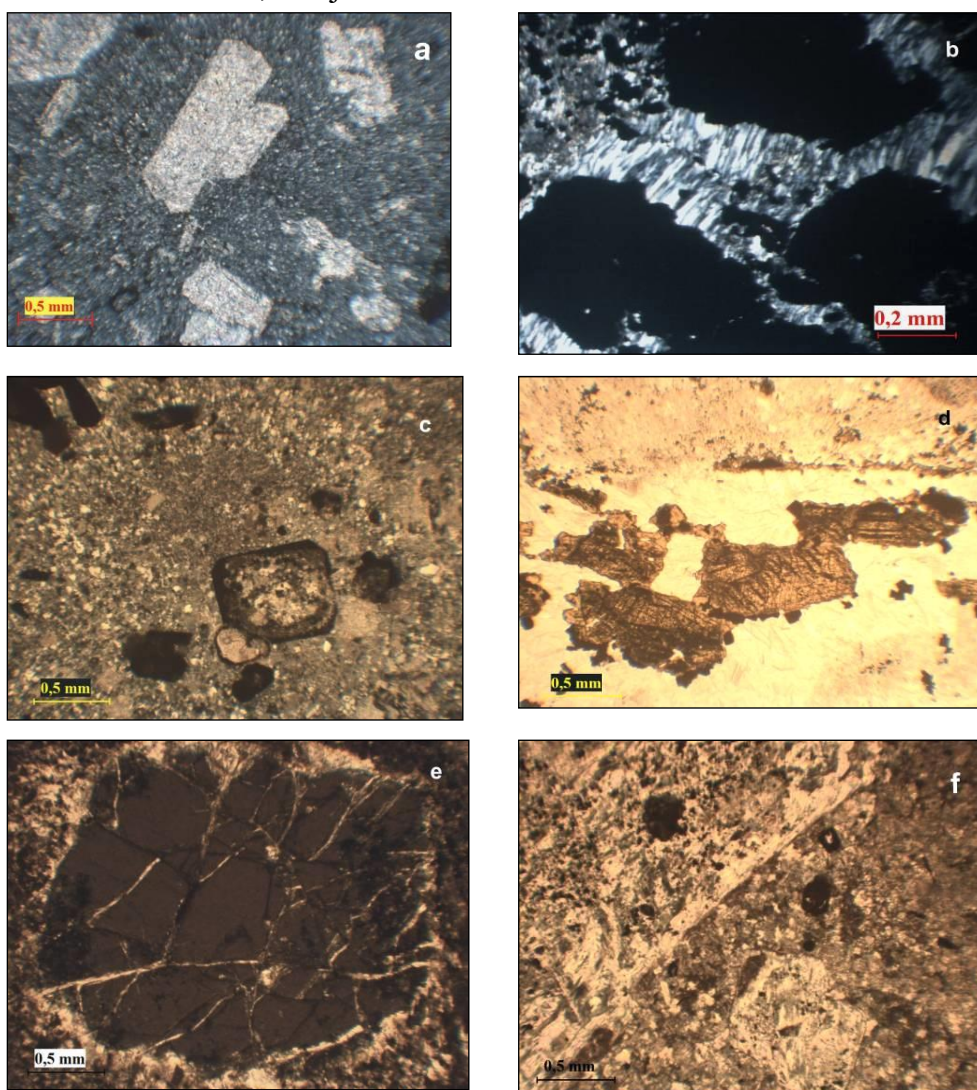
**Ključne reči:** Čelebići, andeziti, keratofiri, granati.

### Apstrakt

Magmatizam iniciran razlamanjem Dinaridske kontinentalne ploče u donjem trijasu bio je aktivan u različito vreme u različitim delovima Dinarida. Produkti tog magmatizma se, zavisno od puteva magmi i njihove kontaminacije, takođe veoma razlikuju. Krajem ladina vulkanizam slabi i prekida se, sa izuzetkom SZ dela današnje Crne Gore, gde se odvija i u karniku. Na prostoru Čelebića se vulkanska aktivnost odvijala tokom tokom ladina. Pored dominantnih andezita, obrazovani su i dioriti, kvarcdioriti, keratofiri, žične ašistne stene, kao i uzane zone skarnova i mermera u kontaktnom području sa terigenim sedimentima i krečnjacima anizijskog kata. U mermerisanim krečnjacima i keratofirima su još pre Drugog svetskog rata u predelu Viševine vršena istraživanja na sadržaje olova i cinka. Pored mineralizacije, oslobođeni hidrotermalni fluidi dovode i do različitih okolorudnih izmena: uznapredovale argilitizacije, sericitizacije (sl.1a), silifikacije sa pojavom kvarca koji je rastao u senci pritisaka (sl.1b), hloritizacije, odnosno propilitizacije, opacitizacije (sl.1c) i mineralizovane/orudnjene skarnove i mermere (sl.1d). Na ladinskim andezitima, koji su često u neposrednoj vezi s keratofirima i kvarc-keratofirima, leže masivni krečnjaci ladinskog kata. Sve navedene alteracije primećene su u andezitima Čelebića na lokalitetu Rudnice-Rajkovići, a poseban raritet predstavljaju vulkaniti otkriveni istražnom bušotinom RRDD023 na dubini 261,6 do 262,3 m u kojima se pojavljuju krupni kristali granata mrko-crvene boje (sl.1e).

Mineralni sastav i intenzitet alteracije ovih stena određen je optičkim ispitivanjima na polarizacionom mikroskopu za propuštenu svetlost, Leica DMLSP, koji je povezan sa kamerom Leica DFC290 HD preko programa LAS V4.1. U cilju detaljnijih podataka o prisutnim mineralnim fazama, u Laboratoriji za skenirajuću elektronsku mikroskopiju urađene su SEM-EDS analize korišćenjem elektronskog mikroskopa tipa JEOL JSM-6610LV koji je povezan sa energo-disperzionim spektrometrom tipa X – Max Large Area Analytical Silicon Drift (Oxford) u uslovima visokog vakuuma. Površine poliranih preparata su prethodno naparene provodničkim slojem ugljenika na neparivaču tipa BALTEC – SCD – 005. Slike uzoraka dobijene su pomoću detektora za povratno-rasute elektrone (BSE), korišćenjem volframskog filameta kao izvora elektrona. Kvalitativne hemijske analize faza urađene su uz upotrebu spoljašnjih standarda (minerali i čisti metali).

Ispitivane stene su sivozelene boje, masivne teksture i holokristalaste porfirske strukture sa makroskopski vidljivim fenokristalima feldspata, dimenzija do 3 x 1,5 mm (sl.1f), granata i biotita. Deo kristala feldspata, najverovatnije bivšeg K-feldspata (sl.2) je potpuno zamenjen mešavinom ilita i muskovita, dok je biotit delimično hloritisan.

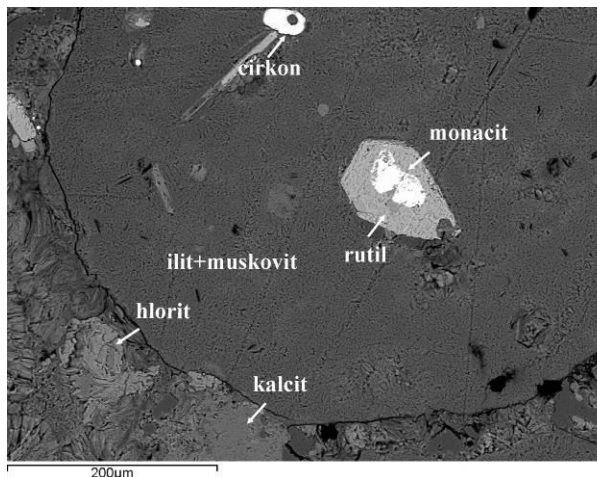


Slika 1. Fotomikrografije andezita Čelebića sa različitim okolorudnim izmenama: a. sericitizacija; b. kvarc u „senci pritisaka“; c. opacitizacija; d. sfalerit-kleofan; e. granat; f. plagioklas sa pojkilitski uklopljenim liskama hlorita i metaličnim mineralima.

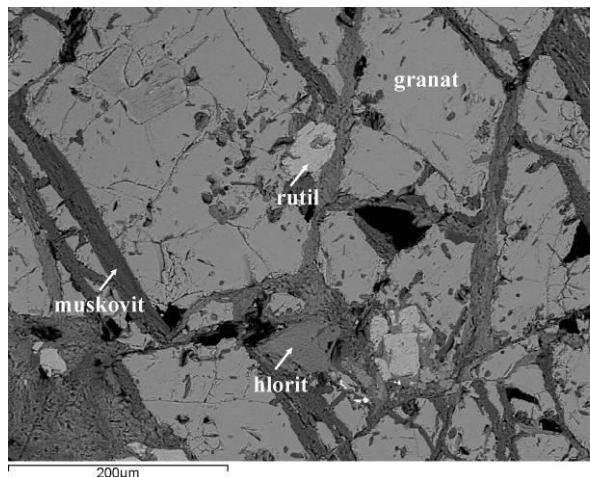
Osnovnu masu čine alotriomorfna zrna albita, muskovita (sericita) i hlorita (sl 2). Rutil, cirkon, neprovidni minerali i monacit su akcesorne mineralne vrste, kao i granati. Sekundarni minerali, pored pomenutog hlorita, ilita i sericita, su kalcit i brunerit ((Mg,Fe)CO<sub>3</sub>). Granati se pojavljuju u formi idiomorfnih i jako ispucalih kristala, dimenzija i iznad 4 mm, sa brojnim inkluzijama rutila i cirkona. U izgradnji stene učestvuju sa oko 10 %. Pukotine su ispunjene sericitom i/ili hloritom (sl. 3). Optički su izotropni i ne pokazuju zonarnost. Prema hemijskom sastavu odgovaraju almandinsko-piropskom granatu, srednjeg sastava: Alm<sub>75,9</sub>Spe<sub>8,1</sub>Pi<sub>17,8</sub>Gro<sub>1,8</sub>Andr<sub>1,4</sub> (tabela 1).



Granati u vulkanskim stenama su retki. U našoj geološkoj literaturi su granati, takodje almandinskog sastava, zabeleženi u kvarc-porfirima koji probijaju anizijske flišne konglomerate na starom putu Virpazar-Bar, između sela Boljevići i Limljani, i u „klastolavama“ u kanjonu Tare, selo Bistrica.



Slika 2. Kristal feldspata potpuno zamenjen mešavinom ilita i muskovita u osnovi od hlorita, sericita i kalcita



Slika 3. Mreža pukotina u granatima sa sericitom i hloritom

Tabela 1. Reprezentativne hemijske analize granata

	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO <sub>2</sub>	36.50	36.68	36.85	36.51	36.00	36.63	36.19	36.31
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.81	0.00	0.00	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21.86	21.59	21.76	21.35	21.66	21.40	21.59	22.23
FeO	33.51	33.67	33.37	33.24	33.52	33.65	33.35	33.54
MnO	1.34	1.38	1.36	1.48	1.50	1.18	1.23	1.19
MgO	4.61	4.14	4.39	4.43	4.05	4.35	4.24	4.58
CaO	1.05	1.11	1.02	1.24	1.03	1.05	1.09	1.15
Total	98.87	98.57	98.75	98.25	98.57	98.26	97.69	99.00
broj jona izračunat na bazi 12(O)								
Si	2.937	2.970	2.970	2.961	2.920	2.972	2.953	2.916
Al <sup>IV</sup>	0.063	0.030	0.030	0.039	0.080	0.028	0.047	0.084
T	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Al <sup>VI</sup>	2.010	2.030	2.038	2.001	1.990	2.018	2.029	2.020
Fe <sup>3+</sup>	0.053	0.001	0.000	0.038	0.000	0.010	0.019	0.065
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.049	0.000	0.000	0.000
	2.063	2.030	2.038	2.039	2.040	2.028	2.047	2.084
Mg	0.553	0.500	0.528	0.536	0.490	0.526	0.516	0.548
Fe <sup>2+</sup>	2.202	2.279	2.250	2.216	2.274	2.273	2.257	2.188
Mn	0.091	0.095	0.093	0.102	0.103	0.081	0.085	0.081
Ca	0.091	0.096	0.088	0.108	0.090	0.091	0.095	0.099
	2.937	2.970	2.958	2.961	2.956	2.972	2.953	2.916
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.87	0.01	0.00	0.63	0.00	0.16	0.31	1.07
FeO	32.73	33.66	33.37	32.67	33.52	33.51	33.07	32.58
Py	18.8	16.8	17.8	18.1	16.6	17.7	17.5	18.8
Alm	75.0	76.7	76.0	74.8	76.9	76.5	76.4	75.0
Gro	0.5	3.2	3.0	1.8	0.6	2.6	2.3	0.3

And	2.6	0.0	0.0	1.9	2.4	0.5	0.9	3.1
Sp	3.1	3.2	3.1	3.4	3.5	2.7	2.9	2.8

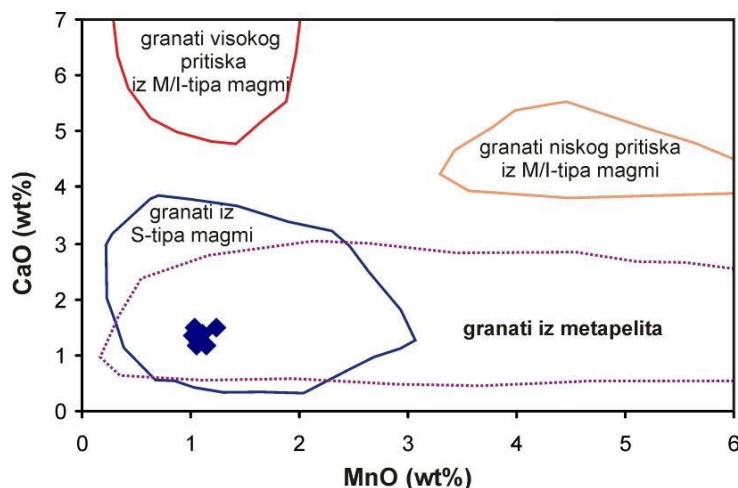
U prvom slučaju autori smatraju da je granat primarnog, magmatskog porekla. Kao dokaz navode način pojavljivanja granata - okruženi fenokristalima feldspata, oligoklas/albita, povijanje (rotiranje) mikrolita u osnovnoj masi oko njih, i nizak sadržaj Mn, odnosno spesartitske komponente. Za granate u „klastolavama“ u kanjonu Tare, se smatra da su nastali od pelitskog materijala mora, kojim su bili obloženi fragmenti vulkanske breče, pod uticajem pridošle usijane lave.

Pojavljivanje granata u vulkanskim stenama je rezultat tri različita procesa:

- 1- rezidualna su faza, nasleđena iz metamorfne stene koja je parcijalno stapanana,
- 2- kristalisali su iz rastopa kontaminiranih kroz proces asimilacije okolnih stena, ili
- 3- primarna faza obrazovana kristalizacijom magme sa visokim sadržajem vode u uslovima visokog pritiskai temperature, što odgovara dubinama > 25 km.

Granati sa malo MnO (<2 wt.%) i relativno dosta CaO (>5 wt.%) nastaju iz rastopa koji su obrazovani parcijalnim stapanjem gornjeg omotača i magmatskih stena, dok iz rastopa u čijoj genezi su učestvovali i metapeliti (metasedimenti) nastaju granati sa niskim CaO (<4 wt.%) i različitim sadržajem MnO. U oba slučaja povećanje sadržaja vode u rastopu snižava temperaturu kristalizacije granata. Almandin siromašan MnO nestabilan je u plitkom nivou i može ostati sačuvan samo uz veoma brz uspon magme.

Iz svega navedenog može se zaključiti da su granati u nekim vulkanitima Čelebića primarna faza kristalisala iz peraluminijске magme koja je obrazovana parcijalnim stapanjem pelita na znatnim dubinama u Zemljinoj kori u uslovima izuzetno visokog pritiska (polje stabilnosti granata) od  $\geq 7$  kbar-a i temperaturama od oko 950–1050 °C (sl.4).



Slika 4. Položaj ispitivanih granata u andezitima Čelebića na dijagramu CaO (wt.%) vs. MnO (wt.%).

### Zahvalnost

Rad je podržan sredstvima Ministarstva nauke i tehnologije, Republike Srbije, Projekt No 176019. Autori se zahvaljuju kolegama iz kompanije “Mineco” na odobrenju za publikovanje. Sva ispitivanja obavljena su na Departmanu za mineralogiju, kristalografiju, petrologiju i geohemiju Rudarsko-geološkog fakulteta, Univerziteta u Beogradu.

## Literatura

1. Bach, P., Smith, I. E. M. and Malpas, J. G., (2012): The Origin of Garnets in Andesitic Rocks from the Northland Arc, New Zealand, and their Implication for Sub-arc Processes. *Journal of petrology*, 53/6, 1169-1195.
2. Clemens, J. D. & Wall, V. J., (1984): Origin and evolution of a peraluminous silicic ignimbrite suite: The Violet Town Volcanics. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 88, 354-371.
3. Ćirić, B., (1954): Neka zapažanja o dijabaz-rožnačkoj formaciji Dinarida. *Vesnik zavoda za geol. i geofiz. istr. SRS*, 31-88. Beograd.
4. Dimitrijević, M.D. i Dimitrijević, M. N., (1973): Olistostrome mélange in the Yugoslavien Dinarides and late Mesozoic plate tectonics. *The Journ. of Geology*, vol. 81, No.3, 328-340.
5. Djordjević, V. i Djordjević, P., (1967). Vulkaniti i tufno-tufitne stene u seriji trijaske starosti u centralnom i južnom delu Crne Gore. *Fond RGF*, Beograd.
6. Djordjević, P. i Knežević, V., (1972): Trijaske magmatske stene planine Ljubišnje (Crna Gora). *Geološki Anali Balkanskog poluostrva*, sv.2, 199-218, Beograd.
7. Green, T.H., (1977): Garnet in silicic liquids and its possible use as a PT indicator. *Contrib. Mineral. Petrol.* 65, 59-67.
8. Green, T.H., (1992): Experimental phase equilibrium studies of garnet-bearing I-type volcanics and high-level intrusives from Northland, New Zealand. *Earth and Environmental Science. Transactions of The Royal Society of Edinburgh* 83, 429-438.
9. Green, T.H., Ringwood, A.E., (1968): Origin of garnet phenocrysts in calc-alkaline rocks. *Contrib. Mineral. Petrol.* 18, 163-174.
10. Green, T.H., Ringwood, A.E., (1972): Crystallization of garnet-bearing rhyodacite under high-pressure hydrous conditions. *J. Geol. Soc. Aust.* 19, 203-212.
11. Harangi, S.Z., Downes, H., Kosa, L., Szabo, C.S., Thirwall, M.F., Mason, P.R.D., Matthey, D., (2001): Almandine garnet in calc-alkaline volcanic rocks of the northern Pannonian basin (Eastern-Central Europe): geochemistry, petrogenesis and geodynamic implications. *J. Petrol.* 42, 1813-1843.
12. Hensen, B.J., Green, D.H., (1973): Experimental study of the stability of cordierite and garnet in pelitic compositions at high pressures and temperatures. *Contrib. Mineral. Petrol.* 38, 151-166.
13. Karamata, S., (1974): Geološka evolucija našeg područja od trijasa do danas: značaj petroloških, sedimentoloških, geofizičkih i geohemijskih podataka za interpretaciju tektonske evolucije. *Jugoslovenski geološki kongres*, Bled.
14. Knežević, V., (1975): Trijaske magmatske stene Crne Gore. *Acta geol.*, VIII/8, prir. istr., 41, 107-147.
15. Lantai, C., (1991): Genesis of garnets from andesite of Karanca mountains. *Acta Geol. Hung.* 34, 133-154.
16. Lopez-Ruiz, J., Badiola, E. R. & Garcia, C. L. (1977): Origine des grenats des roches calco-alcalines du Sud-Est de l'Espagne. *Bulletin Volcanologique* 40, 141-152 (in French).
17. Obradović, J. i Joksimović, J., (1968/69): Pojava granata u kvarc-porfiru Limljana (Crna Gora). *Zbornik radova Rudarsko-geološkog fakulteta*, sv. 11-12, 81-89. Beograd.
18. Pabst, A., (1938): Garnets from vesicles in rhyolite near Ely, Nevada. *Am. Miner.*, v. 23, no. 2, p.101-104.
19. Pamić, J., (1968): Srednjotrijaski magmatizam u Dinaridima. *I kol. geol. Dinarida*, 117-185, Zagreb.
20. Pamić, J., (1974): Middle Triassic Spilite-Keratophyre Association of the Dinarides and Its Position in Alpine Magmatic-tectonic Cycle. In „Spilites and Spilitic Rocks“. Ed. By G.C. Amstutz. 161-174, Springer-Verlag -Berlin-Heidelberg-New York.
21. Stevens, G., Villaros, A., Moyen, J.-F., (2007): Selective peritectic garnet entrainment as the origin of geochemical diversity in S-type granites. *Geology* 35, 9-12.
22. Wood, C.P., (1974): Petrogenesis of garnet-bearing rhyolites from Canterbury, New Zealand. *N. Z. J. Geol. Geophys.* 17, 759-787.

## ANDESITES FROM ČELEBIĆI-WALL ROCK ALTERATIONS AND THE GARNET OCCURRENCES

Danica Srečković-Batočanin<sup>1\*</sup>, Suzana Erić<sup>1</sup>, Dragan Djordjević<sup>2</sup>, Dragana Stojanović<sup>2</sup> and  
Rajko Kondžulović<sup>2</sup>

1. University in Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Djusina7, 11000 Belgrade, Serbia

2. MINECO Project Delivery Team, Strahinjića Bana 1, 11000 Belgrade/Serbia

\* - [danica.sreckovic@rgf.bg.ac.rs](mailto:danica.sreckovic@rgf.bg.ac.rs) -corresponding author

**Key words:** Čelebići, andesite, keratophyre, garnet.

### Abstract

Magmatism caused by the breaking of the Dinarids continental plate in the lower Triassic was active in different periods within the different parts of the Dinarids. Depending on the paths of magma and its contamination it brought very diverse products. At the end of Ladinian, magmatism weaken and ceased except in the NW Montenegro where it continued through Carnian stage. In the area of Čelebići volcanism has been active during Ladinian. Beside the most abundant andesites, it revealed diorites, quartz diorites, keratophyres, vein rocks, as well as a narrow zones of skarns and marble along the immediate contacts with the underlying Anisian clastic sediments and limestones. Concentrations of Pb and Zn have been explored in marbleized limestones and keratophyres yet before the World war II on the Viševina hill. Released hydrothermal fluids brought along with the mineralization a various wall rock alterations: advanced argyllic, phyllic (fig.1a), silification with the "pressure shadow" quartz (fig.1b), chloritization, i.e. propylitisation, opacite rims (fig.1c) and mineralized/ore-bearing skarns and marbles (fig.1d). Ladinian volcanics are in close spatial relation with keratophyres and quartz keratophyres and are overlying by massive Ladinian limestones. The all of the mentioned alteration styles were recognized in andesites from Čelebići, in the locality Rudnice-Rajkovići, but of particular importance are volcanic rocks discovered in the exploration borehole RRDD023 at 261.6 - 262.3 m depth, which contain coarse brownish-red garnet crystals (fig.1e). Mineral composition and the intensity of alteration were determined in thin sections using a Leica DMLSP petrographic microscope with digital camera Leica DC 300 over the program LAS V4.1. Chemical compositions of mineral phases were identified using a JEOL JSM-6610LV Scanning Electron Microscope that is connected to an X-Max Energy Dispersive Spectrometer. The samples were covered with carbon using a BALTEC-SCD-005 Sputter coating device. The results were recorded under high vacuum conditions, with an accelerating voltage of 20 kV and a beam current of 0.5–1.8 nA. The scanning electron microscope is also used for imaging of specimens over the detector for back-scattered electrons with the tungsten filament as the electron source. The qualitative chemical analyses required external standards (minerals and pure metals).

Investigated rocks are grayish-green in color, of massive structure and holocrystalline porphyritic texture. Phenocrysts of feldspar, up to 3 x 1.5 mm (fig.1f), garnet and biotite are visible macroscopically. A part of the feldspar crystals, most probably prior K-feldspar (fig.2) are completely replaced by mixture of illite and muscovite, whereas biotite is partly chloritized.

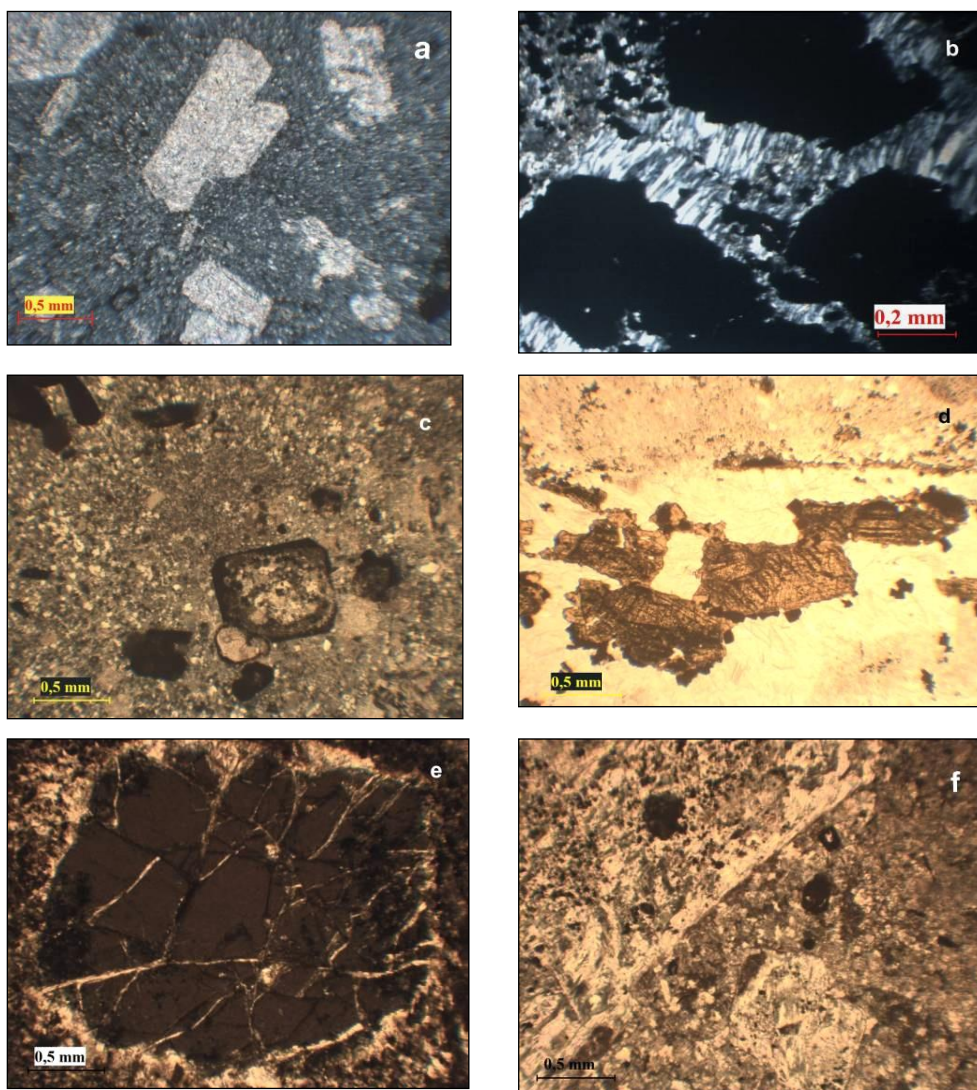


Figure 1. Photomicrographs of diversely wall rock-altered andesites from Čelebići: a. phyllic; b. „pressure shadow” quartz; c. opacite rims; d. sphalerite-cleofane; e. garnet; f. plagioclase with poikilitic included chlorite laths and dusty opaques.

The groundmass consists of anhedral albite, muscovite (sericite) and chlorite (fig. 2). Rutile, zircon, opaque minerals and monazite are accessory constituents, including garnets. Secondary phases, beside the mentioned chlorite, illite and sericite are calcite and brunnerite ((Mg,Fe)CO<sub>3</sub>). Garnets occur in euhedral, intensively cracked crystals exceeding 4 mm in size. Fissures are filled by sericite and/or chlorite(fig. 3). Rutile and zircon are common inclusions in optically isotropic and zonality lack garnet crystals. Garnet is approximately 10 % abundant. According to chemical compositions it considers almandine being in average: Alm<sub>75,9</sub>Spes<sub>3,1</sub>Pi<sub>17,8</sub>Gros<sub>1,8</sub>Andr<sub>1,4</sub> (table 1).

Garnet-bearing volcanic rocks are very rare. According to our geological literature, the garnet of almandine composition were also recorded in quartz porphyries that intruded the Anisian flysch conglomerates on the old way Virpazar-Bar, between the villages Boljevići and Limljani. The second record is in "clasto lava" in the River Tara canyon, the village Bistrica.

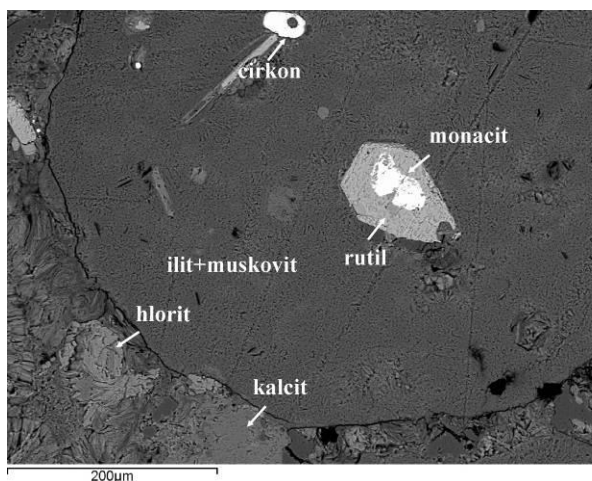


Figure 2. Feldspar crystal completely replaced by the mixture of illite and muscovite settled in the groundmass of chlorite, sericite and calcite

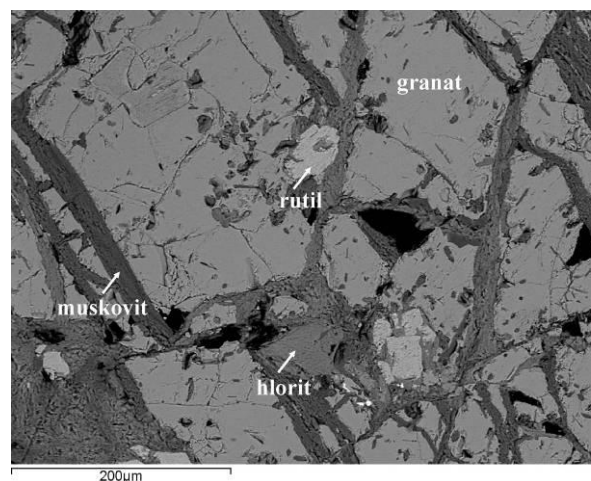


Figure 3. Micro-fissures in garnet filled up by sericite and chlorite

Table 1. Representative chemical analyses of garnets

	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO <sub>2</sub>	36.50	36.68	36.85	36.51	36.00	36.63	36.19	36.31
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.81	0.00	0.00	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21.86	21.59	21.76	21.35	21.66	21.40	21.59	22.23
FeO	33.51	33.67	33.37	33.24	33.52	33.65	33.35	33.54
MnO	1.34	1.38	1.36	1.48	1.50	1.18	1.23	1.19
MgO	4.61	4.14	4.39	4.43	4.05	4.35	4.24	4.58
CaO	1.05	1.11	1.02	1.24	1.03	1.05	1.09	1.15
Total	98.87	98.57	98.75	98.25	98.57	98.26	97.69	99.00
number of ions calculated on the base of 12(O)								
Si	2.937	2.970	2.970	2.961	2.920	2.972	2.953	2.916
Al <sup>IV</sup>	0.063	0.030	0.030	0.039	0.080	0.028	0.047	0.084
T	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Al <sup>VI</sup>	2.010	2.030	2.038	2.001	1.990	2.018	2.029	2.020
Fe <sup>3+</sup>	0.053	0.001	0.000	0.038	0.000	0.010	0.019	0.065
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.049	0.000	0.000	0.000
	2.063	2.030	2.038	2.039	2.040	2.028	2.047	2.084
Mg	0.553	0.500	0.528	0.536	0.490	0.526	0.516	0.548
Fe <sup>2+</sup>	2.202	2.279	2.250	2.216	2.274	2.273	2.257	2.188
Mn	0.091	0.095	0.093	0.102	0.103	0.081	0.085	0.081
Ca	0.091	0.096	0.088	0.108	0.090	0.091	0.095	0.099
	2.937	2.970	2.958	2.961	2.956	2.972	2.953	2.916
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.87	0.01	0.00	0.63	0.00	0.16	0.31	1.07
FeO	32.73	33.66	33.37	32.67	33.52	33.51	33.07	32.58
Py	18.8	16.8	17.8	18.1	16.6	17.7	17.5	18.8
Alm	75.0	76.7	76.0	74.8	76.9	76.5	76.4	75.0
Gro	0.5	3.2	3.0	1.8	0.6	2.6	2.3	0.3
And	2.6	0.0	0.0	1.9	2.4	0.5	0.9	3.1
Sp	3.1	3.2	3.1	3.4	3.5	2.7	2.9	2.8

In the former record garnets are interpreted as being of primary, igneous origin. The proofs for such statement are the mode of they occurrence – surrounded by feldspar, oligoclase/albite

phenocrysts, contorting (rotation) of microlites in a groundmass around them, as well as the low content of spessartite component. The later, garnets in the canyon Tara River, are assumed to derive from clayey marine mud wrapping fragments in volcanic breccia, under the influence of the effused hot lava.

Garnet occurrences in volcanic rocks are the result of three different processes:

1. a residual phase derived from partially melted metamorphic rocks,
2. a phase crystallized from a contaminated melt that undergone assimilation of country rocks, so called xenocrysts, and
3. a primary phase crystallized from apparently uncontaminated host magma with significant water-content at high pressures and temperatures corresponding to depths of >25 km.

Garnets with low MnO content (<2 wt.%) and relatively high CaO (>5 wt.%) form from partial melts derived from the upper mantle and of igneous rocks, while from partial melts of metapelites and metasediments form garnets with low CaO-content (<4 wt.%) and variable MnO content. In both cases the increase of water content in the magma decreases the crystallization temperature of garnets. Almandine MnO-poor is unstable in shallow levels in the crust and could remain preserved only by rapid ascent of magma

According to the all mentioned facts it could be concluded that garnets in volcanic rocks from Čelebići are the primary phase. They crystallized from peraluminous magma, which derived by partial melting of pelitic rocks at considerable depths in the crust under high pressures (stability field for garnets) of  $\geq 7$  kbar and high temperatures, about 950–1050 °C (fig.4).

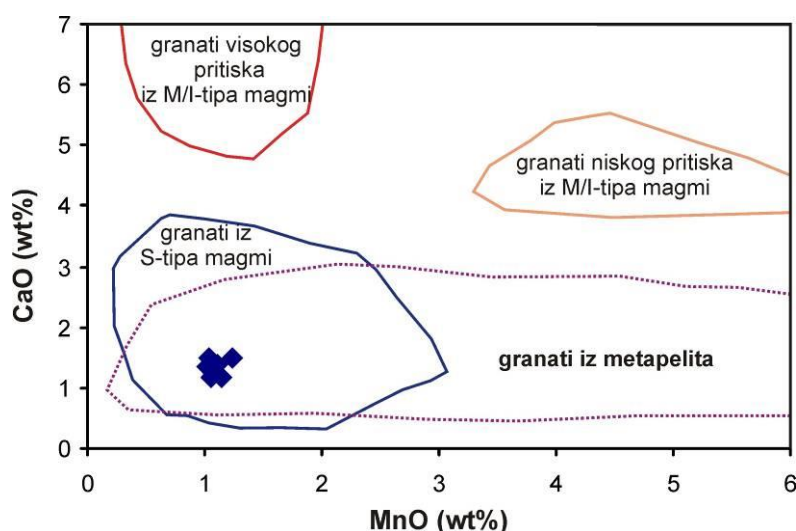


Figure 4. Position of the studied garnets from andesites from Čelebići at the CaO (wt.%) vs. MnO (wt.%) diagram.

### Acknowledgment

This research has been supported by the Serbian Ministry of Science, Project No 176019. The authors are indebted to colleagues from the company “Mineco” for permission to publish a part of their research results. All investigations were conducted at the Department for mineralogy, crystallography, petrology and geochemistry of the Faculty of Mining and geology, University of Belgrade.

## Reference

1. Bach, P., Smith, I. E. M. and Malpas, J. G., (2012): The Origin of Garnets in Andesitic Rocks from the Northland Arc, New Zealand, and their Implication for Sub-arc Processes. *Journal of petrology*, 53/6, 1169-1195.
2. Clemens, J. D. & Wall, V. J., (1984): Origin and evolution of a peraluminous silicic ignimbrite suite: The Violet Town Volcanics. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 88, 354-371.
3. Ćirić, B., (1954): Neka zapažanja o dijabaz-rožnačkoj formaciji Dinarida. *Vesnik zavoda za geol. i geofiz. istr. SRS*, 31-88. Beograd.
4. Dimitrijević, M.D. i Dimitrijević, M. N., (1973): Olistostrome mélange in the Yugoslavien Dinarides and late Mesozoic plate tectonics. *The Journ. of Geology*, vol. 81, No.3, 328-340.
5. Djordjević, V. i Djordjević, P., (1967). Vulkaniti i tufno-tufitne stene u seriji trijaske starosti u centralnom i južnom delu Crne Gore. Fond RGF, Beograd.
6. Djordjević, P. i Knežević, V., (1972): Trijaske magmatske stene planine Ljubišnje (Crna Gora). *Geološki Anali Balkanskog poluostrva*, sv.2, 199-218, Beograd.
7. Green, T.H., (1977): Garnet in silicic liquids and its possible use as a PT indicator. *Contrib. Mineral. Petrol.* 65, 59–67.
8. Green, T. H., (1992): Experimental phase equilibrium studies of garnet-bearing I-type volcanics and high-level intrusives from Northland, New Zealand. *Earth and Environmental Science. Transactions of The Royal Society of Edinburgh* 83, 429–438.
9. Green, T.H., Ringwood, A.E., (1968): Origin of garnet phenocrysts in calc-alkaline rocks. *Contrib. Mineral. Petrol.* 18, 163–174.
10. Green, T.H., Ringwood, A.E., (1972): Crystallization of garnet-bearing rhyodacite under high-pressure hydrous conditions. *J. Geol. Soc. Aust.* 19, 203–212.
11. Harangi, S.Z., Downes, H., Kosa, L., Szabo, C.S., Thirwall, M.F., Mason, P.R.D., Matthey, D., (2001): Almandine garnet in calc-alkaline volcanic rocks of the northern Pannonian basin (Eastern–Central Europe): geochemistry, petrogenesis and geodynamic implications. *J. Petrol.* 42, 1813–1843.
12. Hensen, B.J., Green, D.H., (1973): Experimental study of the stability of cordierite and garnet in pelitic compositions at high pressures and temperatures. *Contrib. Mineral. Petrol.* 38, 151–166.
13. Karamata, S., (1974): Geološka evolucija našeg područja od trijasa do danas: značaj petroloških, sedimentoloških, geofizičkih i geohemijskih podataka za interpretaciju tektonske evolucije. *Jugoslovenski geološki kongres*, Bled.
14. Knežević, V., (1975): Trijaske magmatske stene Crne Gore. *Acta geol.*, VIII/8, prir. istr., 41, 107-147.
15. Lantai, C., (1991): Genesis of garnets from andesite of Karanca mountains. *Acta Geol. Hung.* 34, 133–154.
16. Lopez-Ruiz, J., Badiola, E. R. & Garcia, C. L. (1977): Origine des grenats des roches calco-alcalines du Sud-Est de l'Espagne. *Bulletin Volcanologique* 40, 141-152 (in French).
17. Obradović, J. i Joksimović, J., (1968/69): Pojava granata u kvarc-porfiru Limljana (Crna Gora). *Zbornik radova Rudarsko-geološkog fakulteta*, sv. 11-12, 81-89. Beograd.
18. Pabst, A., (1938): Garnets from vesicles in rhyolite near Ely, Nevada. *Am. Miner.*, v. 23, no. 2, p.101-104.
19. Pamić, J., (1968): Srednjotrijaski magmatizam u Dinaridima. I kol. *geol. Dinarida*, 117-185, Zagreb.
20. Pamić, J., (1974): Middle Triassic Spilite-Keratophyre Association of the Dinarides and Its Position in Alpine Magmatic-tectonic Cycle. In „Spilites and Spilitic Rocks“. Ed. By G.C. Amstutz. 161-174, Springer-Verlag -Berlin-Heidelberg-NewYork.



21. Stevens, G., Villaros, A., Moyen, J.-F., (2007): Selective peritectic garnet entrainment as the origin of geochemical diversity in S-type granites. *Geology* 35, 9–12.
22. Wood, C.P., (1974): Petrogenesis of garnet-bearing rhyolites from Canterbury, New Zealand. *N. Z. J. Geol. Geophys.* 17, 759–787.

## **BADENSKA FAUNA IZ VELIKOG IZVORA KOD ZAJEČARA (ISTOČNA SRBIJA, DAKIJSKI BASEN)**

**Dr Meri Ganić**

Univerzitet u Beogradu, Rudarko-geološki fakultet, e-mail: [meri.ganic@rgf.bg.ac.rs](mailto:meri.ganic@rgf.bg.ac.rs)

**Ključne reči:** Baden, fauna, Dakijski basen, Veliki Izvor, istočna Srbija

### **Apstrakt**

Badenski sedimenti Dakijskog basena u istočnoj Srbiji otkriveni su na više lokaliteta od Brze Palanke na severu do Vrške Čuke na jugu. Ovaj sedimentacioni prostor predstavljao je zapadni obod Dakijskog basena (istočni Paratetis). Badenski deponati su relativno retko otkriveni na površini terena i prekriveni mlađim, sarmatskim sedimentima. Konstatovani su u strmim uvalama, osecima i obalama potoka u okolini Urovice, Jabukovca, Štubika, Salaša, Rgotine, Nikolićeva, Jasenice, Braćeveca i Karbulova.

Jedan od paleontološki najinteresantnijih lokaliteta je selo Veliki Izvor kod Zaječara. Na ovom lokalitetu je otkriveno nekoliko profila izgrađenih od klastičnih sedimenata. U najnižim delovima profila otkriven je paket slojeva sastavljen od sitnozrnih konglomerata i grubozrnih peskova kod kojih su valutice dobro zaobljene i nepravilno raspoređene i krupnozrnih konglomerata sa dobro zaobljenim valuticama. Preko toga leži debeo paket slojeva ukupne debljine oko 8 m koji su izgrađeni od sitnozrnih konglomerata, grubozrnih peskova, srednjezrnih peskova i peskovitih alevrita, koji se naizmenično smenjuju.

Iz ovih peskova prikupljena je veoma bogata i dobro očuvana fauna koralna, (*Heliastrea*, *Favites*, *Favia*, *Stilopora*), skafopoda (*Dentalium*), bivalvija (*Pecten*, *Ostrea*, *Spondylus*, *Cardium*, *Lucina*), gastropoda (*Conus*, *Nassa*, *Clavatula*, *Turitella*), etc., kao i mikrofauna foraminifera i ostrakoda. Biostratigrafskom analizom makro i mikrofaune sa ovog lokaliteta utvrđena je gornje badenska starost.

Paleoekološkom analizom prikupljene asocijacije morske faune utvrđeno je da je ovaj sedimentacioni prostor vezan za plitke delove mora, gde je bila velika energija vode. Takođe je u peskovima česta pojava valjkastih tela formiranih od mestimično zaglinjenih proslojaka sa ostacima faune. Ovakva pojava u sedimentima ukazuje na oblasti plaža, gde postoji stalno kretanje talasa. Pojava većeg broja odlomaka koralna može ukazivati da je tokom badenskog veka u blizini postojao i veći koralni sprud, mada to do sada nije utvrđeno.

## THE BADENIAN FAUNA OF VELIKI IZVOR NEAR ZAJEČAR (EASTERN SERBIA, DACIAN BASIN)

PhD Meri Ganić

University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, e-mail: [meri.ganic@rgf.bg.ac.rs](mailto:meri.ganic@rgf.bg.ac.rs)

**Key words:** the Badenian, fauna, Dacian Basin, Veliki Izvor, Eastern Serbia

### Abstract

The Badenian sediments in Dacian Basin (Eastern Serbia) were discovered in several locations from Brza Palanka in the north to Vrška Čuka in the south. The accommodation space was settled in the western rim of the Dacian Basin (Eastern Paratethys). The Badenian deposits are relatively rarely found as outcrops and usually are covered with younger Sarmatian sediments. There were found in incised valleys, scarps and the creek banks around: Urovica, Jabukovac, Štubik, Salaš, Rgotina, Nikoličevo, Jasenica, Braćevci and Karbulovo villages.

One of the most interesting paleontological sites is the village Veliki Izvor near Zaječar at which there are several sections with siliciclastic sediments. The package of fine-grained conglomerates and coarse-grained sands with well-rounded, irregularly distributed particles and well-rounded coarse-grained conglomerates are found in the lowest section part. This package is covered with thick, around 8 meters total, package of fine-grained conglomerates, coarse and medium-grained sands and sandy silts in alternation.

There is very rich and well-preserved fauna of corals (*Heliastrea*, *Favites*, *Favia*, *Stilopora*), scaphopods (*Dentalium*), bivalves (*Pecten*, *Ostrea*, *Spondylus*, *Cardium*, *Lucina*), gastropods (*Conus*, *Nassa*, *Clavatula*, *Turitella*), as well as foraminifera and ostracode microfauna. Micro and macrofauna biostratigraphy analysis from this site determined the Upper Badenian age of this sediments.

Paleoecological analysis of collected marine fauna association connect this accommodation space to area of shallow water sea with high water energy. Also, there are frequent occurrence of cylindrical bodies formed from sporadically clayey interlayers with fauna remains. These phenomena in the sediments indicate the area of beaches, with constant wave movement. The appearance of large number of coral fragments may indicate the presence of larger coral reef in vicinity during Badenian, although so far this is not confirmed.

## ПРИРОДНИ ЗЕОЛОТИ, НАЧИН ПОЈАВЉИВАЊА И МОГУЋНОСТ ПОЈАВА НА ТЕРЕНИМА СЈЕВЕРОИСТОЧНЕ БОСНЕ

М.Тодоровић<sup>1</sup>, Р.Бјелановић<sup>2</sup>, Г.Симић<sup>3</sup>, Б.Голић<sup>4</sup>

АД„БОКСИТ,,<sup>1,2,3,4</sup> - Милићи, Република Српска БиХ

**Кључне ријечи:** минерални ресурс, геолошка истраживања, зеолитски минерали, могућност примјене

### Rezime

У раду је дат преглед о минералном ресурсу зеолита, начину појављивања и могућност појава који су пројектоване са намјером истраживања базе геолошке информације као основа за развој рудника. Ова геолошка информација има ток истраживања да би се обезбиједио што већи степен сазнања о минералном ресурсу.

Зеолити као стијене које су носиоци зеолитских минерала, представљају минерални ресурс који у новије вријеме има све већи значај.

Данас се о зеолитима много више пише, истражује и тражи могућност примјене, као замјена за синтетичке зеолите. Свјетски планови везани за будућност експлоатације зеолита крећу се око 10% годишње. Значајна заступљеност у свијету, а посебно у источној Европи, су интересантне појаве у Републици Српској и дају оправданост нових истраживања.

Потенцијално подручје за истраживање значајног присуства зеолитских туфова и минерала зеолита су у околини Милића и Сребренице. Идеја свега је развијање модела архивирања геолошких података као информације која нам треба предочити колика је њена важност и колико утиче на ефикасност и будућност развоја компаније.

## NATURAL ZEOLITI, METHOD OF NAVIGATION AND POSSIBILITY ON THE TERRITORIES OF NORTH-EASTERN BOSNIA

M.Todorović<sup>1</sup>, R.Bjelanović<sup>2</sup>, G.Simić<sup>3</sup>, B.Golić<sup>4</sup>

AD BOKSIT,<sup>1,2,3,4</sup> – Milići, Republika Srpska, BiH

**Key words:** mineral resource, geological exploration, zeolite minerals, possibility of application

### Abstract

The paper presents an overview of the mineral resource of zeolite, the way of occurrence and the possibility of phenomena that have been designed with the intention of exploring the base of geological information as the basis for the development of the mines. This geological information has a course of research in order to provide as much knowledge about the mineral resource as possible.

Zeolites like rocks that carry the zeolite minerals represent a mineral resource that has become increasingly important in recent times.

Today, zeolites are much more written, explored and sought for the application, as a substitute for synthetic zeolites. World plans related to the future of zeolite exploitation are around 10% per year. Significant representation in the world, and especially in Eastern Europe, are interesting phenomena in the Republic of Srpska and give justification for new research.

Potential area for research of the significant presence of zeolite tuffs and zeolites are in the vicinity of Milić and Srebrenica. The idea behind everything is to develop a model of archiving geological data as information that we need to show how important it is and how much it affects the efficiency and future of the company's development.

## MINERALOŠKE I PETROLOŠKE KARAKTERISTIKE BIGRENE AKUMULACIJE „BELI IZVORAC“ KOD MAJDANPEKA (ISTOČNA SRBIJA)

MSc Natalija Batočanin<sup>1\*</sup>, dr Ivana Carević<sup>1</sup>, dr Violeta Gajić<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet, Studentski trg 3, 11000 Beograd, Srbija;

<sup>2</sup>Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Djušina 7, 11000 Beograd, Srbija

\*natalijabatocanin@yahoo.com- koresponding autor

**Ključne reči:** Beli Izvorac, bigar, istočna Srbija

### Sažetak

Spomenik prirode „Bigrena akumulacija Beli Izvorac“ se nalazi na istoimenoj reci nedaleko od Majdanpeka u istočnoj Srbiji (slika 1). Lokalitet je poznat po akumulaciji bigra, nataloženog ispod vrela koje izbija iz kratke pećine na 320 m n.v. Izvorište reke je smešteno u podnožju krečnjačke litice Malog krša na oko 3 km od sela Blizna.

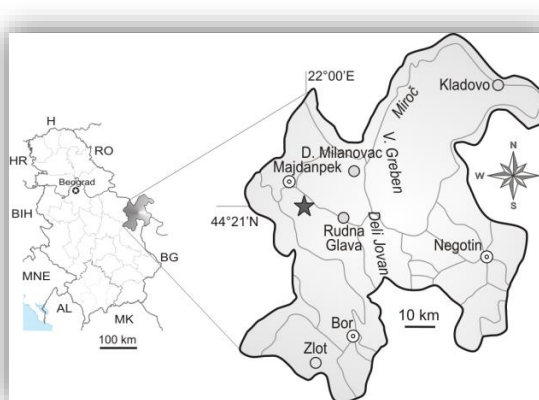
Beli Izvorac predstavlja desnu pritoku Šaške reke, ukupne dužine 1.24 km i površine sliva 0.88 km<sup>2</sup> koji se nalazi izvan granica NP Djerdap. Na malom prostoru od oko 205 m<sup>2</sup> nalazi se veliki vodopad visine 16 m, a nizvodno od vodopada brojne pregrade od bigra, iza kojih su obrazovana jezera u bigrenim kadicama prečnika do 10 m i dubine 2-3 m. Ispod vodopada, poniranjem vode kroz bigar, obrazovan je pećinski kanal dug 13 m i širok 4 m, otvoren sa obe strane. Pretaložavanjem bigra u pećini su obrazovani salivi i stalaktiti. Preko pregrada potok se sliva u vidu slapova i manjih vodopada, među kojima su dva visoka 5 m. Na osnovu geomorfoloških vrednosti kao objekta površinskog kraškog reljefa, ovaj lokalitet proglašen je Spomenikom prirode i uvršten u Inventar objekata geonasledja Srbije. U dolini Belog Izvorca postoje dve akumulacije bigra različite starosti, taložene jedna preko druge. Prema literaturnim podacima, od svih bigrenih akumulacija u Srbiji, Beli Izvorac ima najveći pad, delom je to razlog zašto je na ovoj lokaciji obaranje bigra najintenzivnije. Na intenzitet taloženja u slučaju Belog Izvorca, uprkos generalnom mišljenju da je taloženje intenzivnije sa povećanjem temperature, temperatura nije imala veliki uticaj. Najveću ulogu u stvaranju bigra, generalno ima koncentracija slobodnog CO<sub>2</sub>. Bitan faktor je i visoka mineralizacija vode, kao i pH vrednost iste (minimalno 7,6).

U blizini akumulacije postoji više kaverni i pećina koje nisu uređene za posetioce, od kojih su najpoznatije Kozja i Mala pećina, kao i greben Malog Krša i atraktivni vrh i vidikovac Straža. U blizini je i lokalitet Valja Prerast.

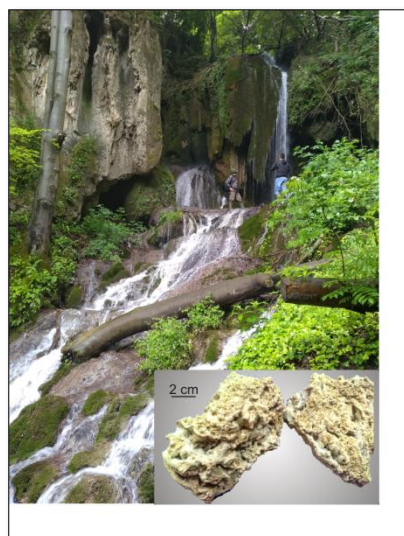
Kao i većina kontinentalnih karbonata na teritoriji Srbije, Beli izvorac je kvartarne, preciznije holocenske starosti.

Za potrebe ovog rada primenjena su terenska i laboratorijska ispitivanja. Terenska ispitivanja obuhvatila su prikupljanje uzoraka sa najviših delova bigrene akumulacije (slika 2), zbog nepristupačnosti nižih delova. Uzeto je pet uzoraka, od kojih su tri odabrana za dalja laboratorijska ispitivanja. Sva ispitivanja obavljena su na Departmanu za mineralogiju, kristalografiju, petrologiju i geohemiju Rudarsko-geološkog fakulteta, Univerziteta u Beogradu.

Od laboratorijskih ispitivanja rađena su najpre optička ispitivanja na polarizacionom mikroskopu Leica DMLSP, koji je povezan sa kamerom Leica DFC290 HD preko programa LAS V4.1. U cilju detaljnijih podataka o prisutnim mineralnim fazama, u laboratoriji za skenirajuću elektronsku mikroskopiju urađene su SEM-EDS (Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive Spectroscopy) analize korišćenjem elektronskog mikroskopa tipa JEOL JSM-6610LV koji je povezan sa energo-disperzionim spektrometrom tipa X – Max Large Area Analytical Silicon Drift (Oxford) u uslovima visokog vakuuma. Površine poliranih preparata su prethodno naparene provodničkim slojem ugljenika na neparivaču tipa BALTEC – SCD – 005. Slike uzoraka dobijene su pomoću detektora za povratno-rasute elektrone (BSE), korišćenjem volframskog filameta kao izvora elektrona. Kvalitativne hemijske analize faza urađene su uz upotrebu spoljašnjih standarda (minerali i čisti metali). Za određivanje sadržaja  $\text{CaCO}_3$  korišćena je brza, ručna metoda – kalcimetrija, preko uređaja poznatog kao kalcimetar. Od sprasanih uzoraka izmereno je po 0.5g koji su zatim tretirani sa hlorovodoničnom (HCl) kiselinom. Metoda se zasniva na odredbi ml  $\text{CO}_2$  koji nastaje u reakciji sa HCl (10%) i  $\text{CaCO}_3$ . Preračunom sa odgovarajućim faktorima dobija se procentualni sadržaj  $\text{CaCO}_3$  tj. sadržaj kalcita u ispitivanoj probi. Za određivanje mineralnih faza korišćena je rendgenska difrakcija praha. Ova metoda zasniva se na upotrebi rendgenskih (X-zraka) i njihovoj difrakciji. Ispitivane stene su smeđe boje, šupljikave teksture i kristalaste strukture (slika 2). Na osnovu različite orijentacije slojeva, makroskopski je uočeno da se kalcijum-karbonat taložio u više faza.



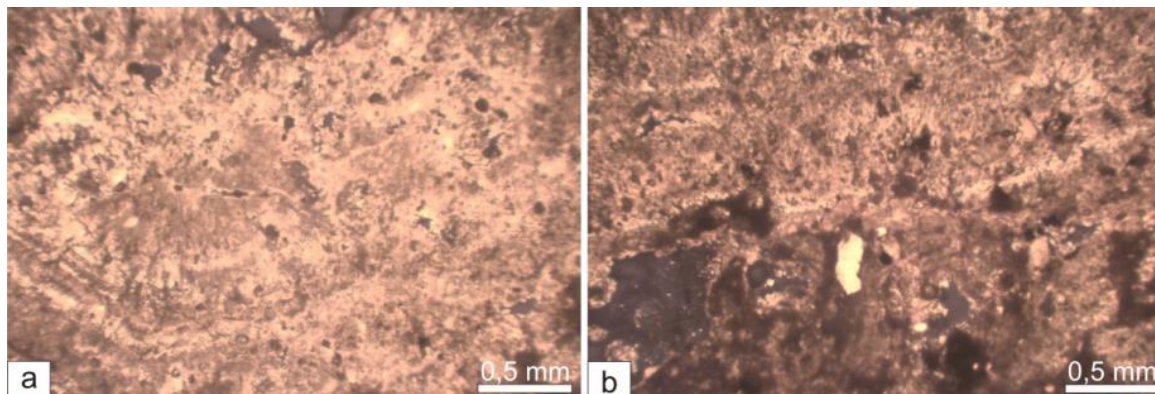
Slika 1: Geografski položaj bigrene akumulacije Beli izvorac u Borskom okrugu



Slika 2. Najviši delovi bigrene akumulacije sa kojih su uzeti uzorci i makroskopski izgled ispitivanih uzoraka

Svi ispitivani uzorci pokazuju burnu reakciju sa razblaženom hlorovodoničnom (HCl) kiselinom. Ispitivanja na polarizacionom mikroskopu potvrdila su da je kalcit najzastupljeniji mineral. Stepem kristaliniteta ovog minerala je različit, ali dominira mikrokristalasti kalcitni mulj. To može ukazati da je bigar taložen direktno iz vode, tokom procesa fotosinteze. Kristali kalcita najčešće su fibrozni ili vlaknasti, mestimično radijalno-zrakasti ili talasastog oblika (slika 3a). Osim kalcita, u svim uzorcima identifikovana je terigena komponenta u veoma

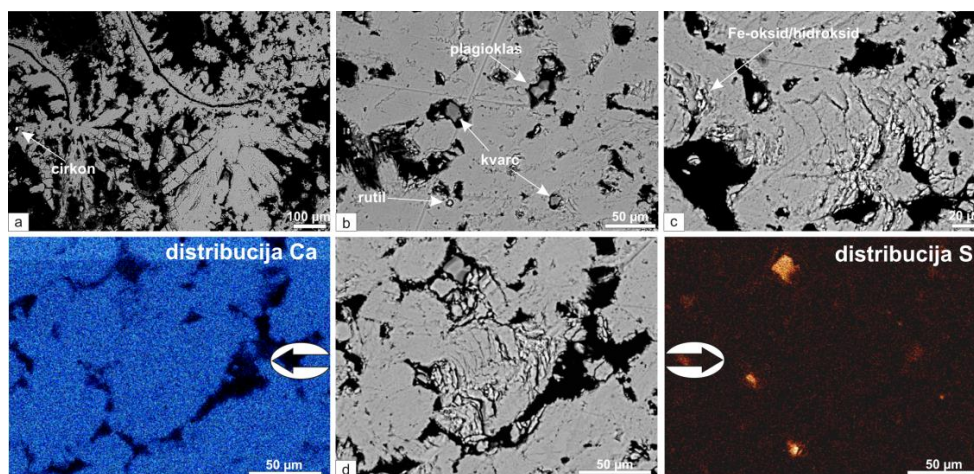
malom procentu (<2%). Predstavljena je izometričnim, alotriomornim zrnima kvarca (slika 3b) najčešće alevritske (0.05-0.005mm) veličine.



Slika 3a. Talasasti oblik slojeva

Slika 3b. Terigeni kvarc u kalcitnom mulju

Terigena komponenta je sekundarnog porekla, odnosno taložena je naknadno u šupljinama. Svi ispitivani uzorci su veoma porozni. Oblik šupljina je nepravilan, veličina istih varira u opsegu 0.5-6 mm. U određenim delovima uzoraka šupljine pokazuju orijentaciju. Osim kalcita i kvarca, mestimično su zapažene i crvene skrame, koje po hemijskom sastavu odgovaraju oksidima i hidrosidima gvožđa. Rezultati rendgenske difrakcije praha, SEM-EDS analize, kao i kalcimetrije podudaraju se sa petrografskim analizama. Naime, kalcimetrija koja je rađena na tri uzorka pokazuje da sadržaj kalcijum-karbonata varira između 93 i 96%. Osim dominantnog kalcita i male količine kvarca, SEM-EDS analize ukazale su i na prisustvo sledećih mineralnih faza: plagioklas, cirkon, rutil i piroksen (slika 4a-c). Mapiranjem dela površine preparata (~ 250 μm, slika 4d) dobijena je distribucija više elementa, ali su samo Ca i Si pokazali značajnu raspodelu. Povišena koncentracija Si ukazuje na prisustvo kvarca ili nekih drugih silikata.



Slika 4. Rezultati SEM-EDS analize: a. cirkon; b. plagioklas, kvarc i rutil; c. Fe-oksidi/hidroksidi; d. distribucija Ca i Si

Rendgenska difrakcija na prahu ukazala je na prisustvo samo jedne faze kalcijum-karbonata, odnosno kalcita. Ova metoda još jednom je potvrdila prisustvo kvarca kao dominantne terigene komponente.



### **Zahvalnica**

Rad je podržan sredstvima Ministarstva nauke i tehnologije, Republike Srbije, Projekti 176019 i 176017.

### **Literatura**

1. Bogdanović P., Rakić M., (1973): Tumač za listove Donji Milanovac, Oršova, Baja de Arama i Turnu Severin L 34-129 L 34-117 L 34-118 L 34-130, OGK 1:100.000, Savezni Geološki Zavod, Beograd.
2. Manojlović, P., (1996): Prilog poznavanju geneze bigra. Zbornik radova geografskog fakulteta, 46, 17-34. Beograd.
3. Milanović Pešić A., (2015): Leksikoni nacionalnih parkova Srbije. Đerdap. JP Službeni glasnik, 360
4. Viles, H., 1988. Biogeomorphology Blackwell, Oxford, 365 pp.

## MINERALOGY AND PETROLOGY OF TUFA ACCUMULATION „BELI IZVORAC“ NEAR MAJDANPEK (EASTERN SERBIA)

MSc Natalija Batočanin<sup>1\*</sup>, PhD Ivana Carević<sup>1</sup>, PhD Violeta Gajić<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Belgrade, Faculty of Geography, Studentski trg 3, 11000 Belgrade, Serbia;

<sup>2</sup>University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Djušina 7, 11000 Belgrade, Serbia

\*natalijabatocanin@yahoo.com – corresponding author

**Key words:** Beli izvorac, tufa accumulation, Eastern Serbia

### Abstract

The nature monument “Tufa accumulation *Beli izvorac*” is located in the river Beli izvorac near the city of Majdanpek in eastern Serbia (figure 1). Calcareous tufa accumulation deposited downstream of spring that outflows from a short cave at 320 m a.s.l., makes this locality known. The river source is situated at the base of a limestone cliff about 3 km of the village Blizna. The river Beli izvorac which is 1.24 km long represents a right tributary of the River Šaška and has a total catchment area of 0.88 km<sup>2</sup> located beyond the borders of the National park “Đerdap”. At a small area of about 205 m<sup>2</sup> occurs a large waterfall with a height of 16 m. Downstream from the waterfall, the accretion of tufa barriers enables the formation of lakes in ponds with diameter up to 10 m and depth that ranges from 2 to 3 m. Below the waterfall, the subterranean water percolation through the tufa leads to the development of cave channel which is 13 m in length and 4 m in width, opened from both side. The redeposition of tufa in cave produces flowstones and stalactites. Over the barriers, the stream flows in forms of rapids and smaller waterfalls, including two 5 m-high waterfalls. According to geomorphologic values as a surface karst relief object this locality granted the status of the Nature Monument in the Inventory of Geoheritage sites in Serbia. In the Beli Izvorac River valley there are two tufa accumulations of different age deposited conformably. According to the references, among all the tufa accumulations deposited in Serbia, the Beli Izvorac River deposits have a biggest gradient and that is the reason of the most intense tufa deposition at this locality. Despite the general opinion that tufa deposition become more intense with temperature increase, the temperature didn't have much influence on the velocity of deposition in Beli Izvorac. The key role in the tufa accumulation generally, has a concentration of free CO<sub>2</sub>. An important factor is the high mineralization of water, as well as its pH (minimum 7.6). Near the accumulation there are several caverns and caves not designed for visitors, of which the most famous are Kozja and Mala caves, as well as the Mali Krš ridge and the attractive peak and viewpoint Straža. Nearby is also the site Valja natural bridge.

Like most continental carbonates on the territory of Serbia, the tufa accumulation Beli izvorac is of Quarternary, more precisely Holocene age.

This paper discusses results from both the field and the laboratory investigations. The field investigations included the sample collection from the highest parts of the tufa accumulation (figure 2) due to the inaccessibility of the lower parts of deposits. Five samples were taken, of which three were selected for further laboratory analyses. All investigations were performed at

the Department of Mineralogy, Crystallography, Petrology and Geochemistry at the Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade.

The laboratory examinations included the optical investigations under the Leica DMLSP petrographic microscope, which is connected with the digital camera Leica DC 300 over the program LAS V4.1. Afterwards, the chemical compositions of mineral phases were identified using a JEOL JSM-6610LV Scanning Electron Microscope that is connected to an X-Max Energy Dispersive Spectrometer. The samples were covered with carbon using a BALTEC-SCD-005 Sputter coating device. The results were recorded under high vacuum conditions with an accelerating voltage of 20 kV and a beam current of 0.5-1.8 nA. The scanning electron microscope is also used for imaging of specimens over the detector for back-scattered electrons with the tungsten filament as the electron source. The qualitative chemical analyses required external standards (minerals and pure metals). To determine the content of  $\text{CaCO}_3$ , a quick, manual method – calcimetry was applied using 0.5 g of the powdered samples, which were treated with hydrochloric acid (HCl). The determination is made via a device known as calcimeter. This method is based on the volume of  $\text{CO}_2$  in ml that forms in reaction between HCl (10%) and  $\text{CaCO}_3$ . By calculating the corresponding factors, the percentage content of  $\text{CaCO}_3$  is obtained, i.e., the calcite content in the analyzed samples. The determination of crystal phases required implementation of the X-rays and their diffraction.

Investigated rocks are brownish in color, of crystalline texture and vesicular structure (figure 2). Based on the different orientation of layers, it was macroscopically observed that the calcium carbonate was deposited in several phases. All investigated samples show turbulent reaction with diluted hydrochloric (HCl) acid.

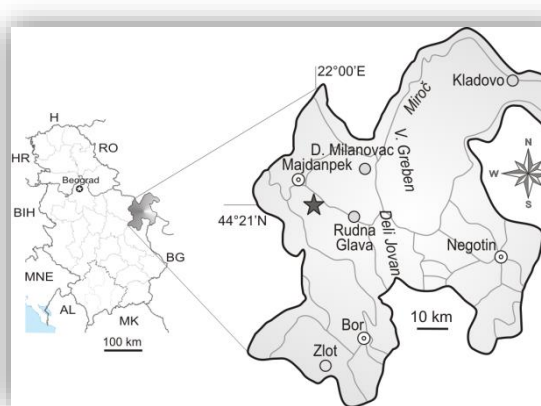


Figure 1: Geographic position of the tufa accumulation Beli izvorac in the Bor region

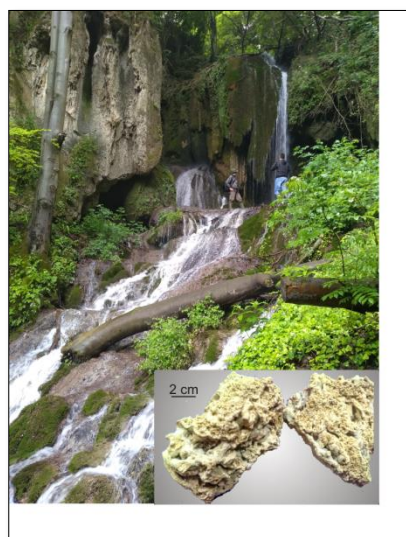


Figure 2: The highest part of tufa accumulation where samples are taken and their macroscopic appearance

Investigations on petrographic microscope confirmed that the most abundant mineral is calcite. Although the crystallinity degree of calcite widely varies, the prevailing of microcrystalline micrite mud is recorded. This may indicate that the tufa deposition is mainly caused by photosynthesis. Calcite crystals are commonly fibrous, sporadically radial and fan- or wavy-

shaped (figure 3). In all of the samples were noted a negligible percentage of terrigenous component (<2%) beside calcite. Terrigenous component includes isometric, anhedral quartz grains (figure 3) commonly silty-sized (0.05-0.005mm). It is of secondary origin and was deposited inside voids subsequently. All analysed samples are highly porous. Voids are irregular in shape ranging in size from 0.5 to 6 mm. Sporadically, within the samples voids display orientation. Reddish patches, chemically considering iron oxides and hydroxides, were additionally noted beside the mentioned calcite and quartz.

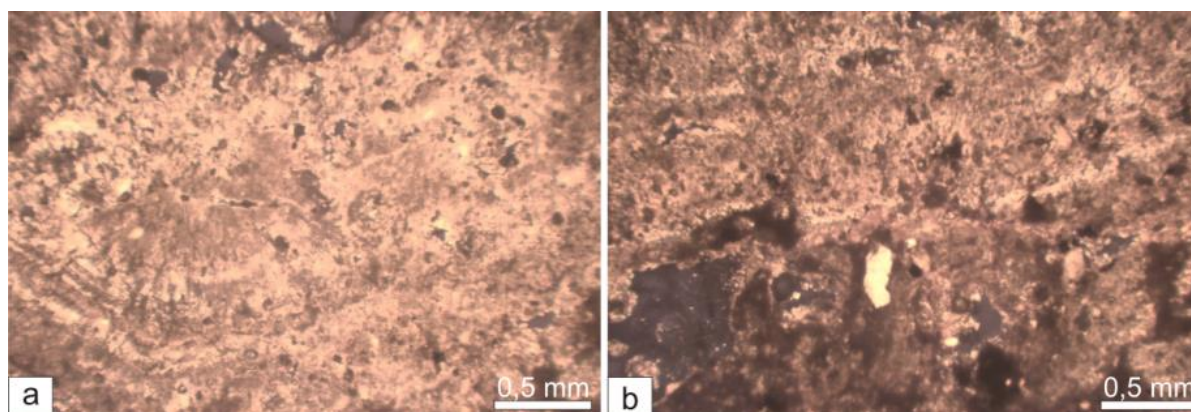


Figure 3a. Wavy-shaped layers

Figure 3b. Terrigenous quartz in calcite mud

Results of the X-ray powder diffraction and SEM-EDS analysis, as well as the results obtained by calcimetry are in agreement with those obtained by petrographic analyses. Actually, the calcimetry applied for three samples reflected to the content of calcium carbonate in range 93-96%. The SEM-EDS analyses pointed, beside the prevailing calcite and less abundant quartz, on the presence of following mineral phases: plagioclase, zircon, rutile and pyroxene (figure 4a-c). Mapping of a part of the thin section surface (~ 250 μm, figure 4d) reflected the distribution of several elements, but the significant distribution shared only Ca and Si. The elevated concentration of Si implies on the presence of quartz or some other silicate minerals.

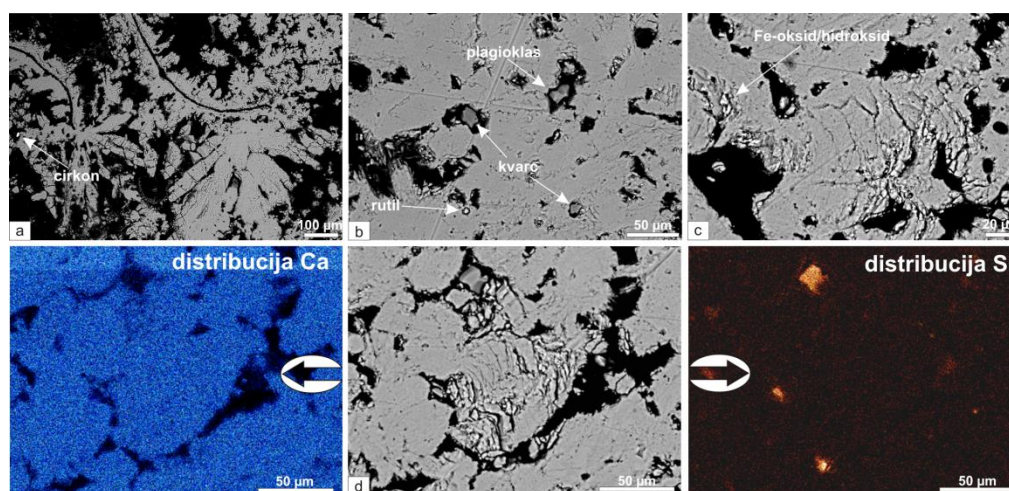


Figure 4. Results of SEM-EDS analyses: a. zircon; b. plagioclase, quartz, rutile; c. Fe-oxides/hydroxides; d. distribution of Ca and Si

The X-ray powder diffraction confirmed the existence of only one calcium carbonate phase, i.e., calcite. Though, this method approved once again the presence of quartz as the dominant terrigenous component.

### **Acknowledgment**

This research has been supported by the Serbian Ministry of Science, Project No 176019 and 176017.

### **References**

1. Bogdanović P., Rakić M., (1973): Tumač za listove Donji Milanovac, Oršova, Baja de Arama i Turnu Severin L 34-129 L34-117 L 34-118 L 34-130, OGK 1:100.000, Savezni geološki zavod, Beograd.
2. Manojlović, P., (1996): A contribution to the understanding of tufa genesis. Zbornik radova Geografskog fakulteta, Beograd, 46, pp 17-34 (in Serbian with English summary)
3. Milanović Pešić A., (2015): Leksikoni nacionalnih parkova Srbije. Đerdap. JP Službeni glasnik, 360p.
4. Viles, H., (1988): Biogeomorphology. Blackwell, Oxford, 365 p.

## ON FORMATION OF THE IRON GATES: NEW INFERENCES FROM APATITE U-Th/He THERMOCHRONOLOGY

Uroš Stojadinović<sup>1</sup>, Marinko Toljić<sup>1</sup>, Nemanja Krstekanić<sup>1,2</sup>, Tamara Bogdanović<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Belgrade, Serbia;

<sup>2</sup> Utrecht University, Faculty of Geosciences, Department of Earth Sciences, Utrecht, The Netherlands

Corresponding author: [uros.stojadinovic@rgf.bg.ac.rs](mailto:uros.stojadinovic@rgf.bg.ac.rs)

**Keywords:** basin connectivity, tectonic geomorphology, low-t thermochronology

### Abstract

Changes in the drainage networks often occur as a response to tectonically induced uplift and therefore can be an indicator of recent tectonic activity in a region. Originating in the Alps, Danube, the Europe's second longest river, flows southeast for 2,860 kilometers before emptying into the Black Sea. The Iron Gates is area where Danube crosses the South Carpathians thus connecting the Pannonian and Dacian Basins. However, there are still ongoing discussions about the time when Danube crossed the Carpathians and the main mechanisms of the gorge formation. The main differences between the existing models of the Iron Gates genesis are concerning the time when the connection between the Pannonian and Dacian Basins was reestablished. According to the classical antecedence hypothesis a connection between the Pannonian and Dacian Basins through the Iron Gates area was existing already in Pliocene times. Subsequently, following the South Carpathians uplift, the river incised the gorge-like Danube valley. However, in the capture hypothesis two separate hydrographic entities of opposite flow directions existed in the Iron Gates area. Later on, the eastward-flowing drainage system of the Dacian Basin captured the westward-flowing drainage system of the Pannonian Basin. The latter is temporally compatible with the overflow hypothesis that is suggesting that increased incision, which led to the gorge formation, was due to the Pannonian Lake overflowing into the Dacian Basin. For both river capture and overflow hypotheses to be correct the re-connection between the Pannonian and Dacian Basins should occurred in the Pleistocene. In any case, increase in incision rates which led to the gorge formation could be the result of recent tectonic uplift in this area or significant increase in discharge that would boost the stream power of the Danube. While the Cretaceous – Pliocene exhumation of the South Carpathians is well documented, much less is known about the amounts of their recent uplift. The estimates about low rates of recent uplift restrict studies based on thermochronological systems. Hence, in this study we used apatite U-Th/He thermochronology to quantify recent tectonic uplift in the Iron Gates area. Consequently, it could be determined whether this uplift triggered the observed incision.

### References

1. Bojar, A.-V., Neubauer, F., and Fritz, H. (1998): Cretaceous to Cenozoic thermal evolution of the southwestern South Carpathians: evidence from fission-track thermochronology. *Tectonophysics*, 297, 229–249.
2. Fügenschuh, B. and Schmid, S. (2005): Age and significance of core complex formation in a very curved orogen: Evidence from fission track studies in the South Carpathians (Romania). *Tectonophysics*, 404, 33–53.

3. Leever, K. A. (2007): Foreland of the Romanian Carpathians. Controls on late sedimentary basin evolution and Paratethys paleogeography. PhD thesis, VU University Amsterdam.
4. Marović, M., Grubić, A., Djoković, I., Toljić, M., and Vojvodić, V. (1997): The genesis of Djerdap Gorge. In Grubic, A. and Berza, T., editors, Proceedings International Symposium Geology in the Danube Gorges, pages 99–104. Geoinstitute, Belgrade.
5. Matenco, L., Krézsek, C., Merten, S., Schmid, S., Cloetingh, S., and Andriessen, P. (2010): Characteristics of collisional orogens with low topographic build-up: an example from the Carpathians. *Terra Nova*, 22(3), 155–165.
6. Merten, S. (2011): Thermo-tectonic evolution of a convergent orogen with low topographic build-up: exhumation and kinematic patterns in the Romanian Carpathians derived from thermochronology. PhD thesis, VU University Amsterdam.
7. ter Borgh, M., (2013): Connections between sedimentary basins during continental collision: how tectonic, surface and sedimentary processes shaped the Paratethys. *Utrecht Stud. Earth Sci.* 45 (212 pp.).
8. Twiss, R.J. and Moores, E.M., (1995): *Tectonics*. New York: H.W. Freeman and Company.

## PALEOZOJSKA PALEOGEOGRAFSKA I TEKTONSKA EVOLUCIJA APULIJA/ADRIJA MIKROPLOČE – POSTOJI LI UTICAJ VARISCIJSKE KONVERGENCIJE ILI NE?

Dr D. Spahić<sup>1,\*</sup>, Dr B. Glavaš-Trbić<sup>1</sup>, Dr T. Gaudenyi<sup>2</sup>, MSc M. Poznanović-Spahić<sup>1</sup>

\*Corresponding author; e-mail: [darkogeo2002@hotmail.com](mailto:darkogeo2002@hotmail.com); [darko.spahic@gzs.gov.rs](mailto:darko.spahic@gzs.gov.rs) (D. Spahić)

<sup>1</sup>Geološki zavod Srbije; <sup>2</sup>Geografski institut "Jovan Cvijić" SANU;

**Ključne reči:** “Paleo-Adrija”, Severna Gondvana, Drinska formacija, Variscijski događaj

### Abstrakt

Paleozojska evolucija Apulijsko-Adrijske mikroploče je slabije istražena u odnosu na alpsku evoluciju Dinarida. Paleozojska paleogeografija ove mikroploče je rekonstruisana na osnovu nedovoljno razjašnjenih metamornih formacija i odsustva kiselog magmatizma. Unutrašnji Dinaridi, npr., Drinska formacija prema Đokoviću (1985) sadrže markere tektonskih događaja kao što su duktilne deformacije i polimetamorfizam (Milovanović, 1986).

Nedovoljno rasčlanjen tektono-metamorni uticaj se najbolje može ilustrovati kroz prostornu promenu facija srednjeg- do anhezonalnog metamorfizma. Osim metamorfizma postoje i strukturno-geološki parametri (duktilne deformacije) koje potvrđuju događaje na krystalnom nivou. Među geolozima ne postoji konsenzus oko starosti deformacija. Raniji radovi (Đoković, 1985) ukazuju na prisustvo variscijskog i alpskog oblikovanja u Drinsko-Ivanjičkom kristalinu, dok novije studije (Porkoláb *et al.*, 2018) ukazuju isključivo na alpsku starost duktilnih deformacija. Bez jasne rekonstrukcije paleogeografske evolucije Apulijsko-Adrijske mikroploče ne možemo prepoznati učešće ove jedinice u variscijskom orogenom događaju.

U paleogeografskom smislu, Apulijsko-Adrijska mikroploča je deo Severne Afrike, mikrokontinent koji je tokom paleozoika bio u interakciji sa paleookeanima (Franke *et al.*, 2017) nastalim kao posledica aktivne tektonske margine severne Gondvane (*e.g.*, Stampfli and Borel, 2004; Stampfli and Hochard, 2009; Casas and Murphy, 2018; Spahić and Gaudenyi, 2018). Međutim, prostorno-vremenska separacija mikroploče od oboda superkontinenta nije još uvek precizirana, vezuje se za silur tzv. “Velika Adrija” prema Franke *et al.*, (2017) ili permotrijas (Bernouli, 2001 sa citiranim referencama).

Segment Unutrašnjih Dinarida koji je danas utvrđen u zapadnoj Srbiji i istočnoj BiH je Drinsko-Ivanjički "paleozojski" blok (Đoković, 1985; Spahić *et al.*, 2018). Kristalaste stene ovog bloka, neoproterozojsko-ordovicijumske starosti (Đajić *et al.*, 2012), sadrže nekoliko sistema metamorfisanih do facije zelenih škriljaca. Ove stene su prekrivene klastično-karbonatnom sukcesijom donjokarbonske starosti (Filipović and Sikošek, 1999; Spahić *et al.*, 2018).

Što se tiče kompresionih tektonskih pokreta na pr. severozapadno od Drinsko-Ivanjičkog bloka u Hrvatskoj, kristalaste stene u pojedinačnim slučajevima imaju variscijsko vreme ekshumacije (<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar starost platoa od 342.9± 3.3 Ma i 332.8± 3.1 Ma (Sana-Una jedinica, Petrova i Trgovska Gora; Borojević-Šošćarić *et al.*, 2012 sa referencama).

Nedovoljna definisanost paleozojskih formacija kao i polifazni karakter regionalne ekshumacije različitih blokova predstavlja nedovoljan okvir za pozicioniranje “Paleo-Adrije” (mikroploča definisana prema Franke *et al.*, 2017) tokom variscijske konvergencije i tokom konsolidacije Pangee (kasni paleozoik). Ova tematika zahteva dalja istraživanja kao i preciznije



analize tektonske ekshumacije Drinsko-Ivanjičkog bloka, koja uključuju i analizu spektra detritalnih cirkona (paleokontinentalna provenanca) iz klastičnih/parametamorfni paleozojskih sekvenci. Pored mnogobrojnih nejasnoća nameće se preliminarni zaključak, da je realna mogućnost da su pojedini delovi “Paleo-Adrije” bili zahvaćeni variscijskim tektonskim pokretima, dok su drugi delovi ove mikroploče bili izvan aktivne margine.

## Reference

1. Bernoulli, D., (2001): Mesozoic-Tertiary carbonate platforms, slopes and basins of the external Apennines and Sicily. In *Anatomy of a Orogen: The Apennines and Adjacent Mediterranean Basins*, eds. G.B. Vai and P. Martini, pp. 307–325. Dordrecht: Kluwer.
2. Borojević Šošarić, S., Neubauer, F., Handler, R., & Palinkaš, L.A., (2012): Tectonothermal history of the basement rocks within the NW Dinarides: new  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ages and synthesis. *Geologica Carpathica*, 63, (6), 441—452. doi: 10.2478/v10096-012-0034-2.
3. Casas, J.M., & Murphy, J.B., (2018): Unfolding the arc: The use of pre-orogenic constraints to assess the evolution of the Variscan belt in Western Europe. *Tectonophysics*, 736, <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2018.04.012>
4. Filipović, I., & Sikošek, B., (1999): Pre-Variscan and Variscan successions of the Drina anticlinorium and the Drina-Ivanjica Paleozoic. *Bulletin, Tome CXIX Serb. Acad. Sci. and Arts, Cl. Sci. math. nat., Sci. nat.* 39, pp 61-71.
5. Đajić, S., Đajić, Z., & Đoković, I., (2012): Paleozoic and early Paleozoic planktonic palynomorphs in western Serbia. Proceedings 2nd international conference “Harmony of nature and spirituality in stone”, pp. 9-19. Kragujevac.
6. Franke, W., Cocks, L.B.M., & Torsvik, T.H., (2017): The Palaeozoic Variscan oceans revisited. *Gondwana Research*, 48, 257–284.
7. Đoković, I., (1985): Primena strukturne analize na rešavanje građe paleozojskih tvorevina Drinsko-Ivanjičke oblasti. *Geološki Anali Balkanskoga Poluostrva*, 49, 11-160. doi:10.2298/GABP8549011D (in Serbian).
8. Milovanović, D., (1984): Petrology of low metamorphic rocks of the middle part of the Drina–Ivanjica Paleozoic. *Glasnik prirodjačkog muzeja*, A, 39, 13–139.
9. Porkoláb, K., Kövér, S., Benkó, Héja, G.H., Fialowski, M., Soós, B., Gerzina Spajić, N., Đerić, N., & Fodor, L., (2018): Structural and geochronological constraints from the Drina-Ivanjica thrust sheet (Western Serbia): implications for the Cretaceous–Paleogene tectonics of the Internal Dinarides. *Swiss Journal of Geosciences*. <https://doi.org/10.1007/s00015-018-0327-2>
10. Spahić, D., & Gaudenyi, T., (2018): Primordial geodynamics of Southern Carpathian – Balkan basements (Serbo-Macedonian Mass): Avalonian vs. Cadomian arc segments. Proceedings of the Geologists’ Association. London. <https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2018.10.006>
11. Spahić, D., Glavaš-Trbić, B., Đajić, S., & Gaudenyi, T., (2018): Neoproterozoic - late-Variscan geodynamics of the Drina Formation (Drina-Ivanjica metamorphic basement). *Geološki Anali Balkanskog Poluostrva*. <https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2018.10.006>.
12. Stampfli, G.M., & Borel, G.D., (2004): The TRANSMED Transects in Space and Time: Constraints on the Paleotectonic Evolution of the Mediterranean Domain. In *The TRANSMED Atlas The Mediterranean Region from Crust to Mantle*, eds. Cavazza, W., F.M. Roure, W. Spakman, G.M. Stampfli, P.A. Ziegler. Springer.
13. Stampfli, G.M., & Hochard, C., (2009): Plate-tectonics of the Alpine realm. In *Ancient Orogens and Modern Analogues*, eds. Murphy, J.B., J.D. Keppie, and A.J. Hynes. Geological Society of London, Special Publications 327, pp. 89–111. DOI: 10.1144/SP327.6.

## PALEOZOIC PALEO GEOGRAPHY AND TECTONIC EVOLUTION OF THE APULIA/ADRIA MICROPLATE – IS THERE A VARISCAN INTERFERENCE OR NOT?

Dr D.Spahić<sup>1,\*</sup>, Dr B.Glavaš-Trbić<sup>1</sup>, Dr T.Gaudenyi<sup>2</sup>, MSc M.Poznanović-Spahić<sup>1</sup>

\*Corresponding author: *D.Spahić*, E-mail: [darkogeo2002@hotmail.com](mailto:darkogeo2002@hotmail.com); [darko.spahic@gzs.gov.rs](mailto:darko.spahic@gzs.gov.rs)

<sup>1</sup> Geological Survey of Serbia;

<sup>2</sup> Serbian Academy of Sciences and Arts - Geographical Institute "Jovan Cvijić";

**Key words:** "Paleo-Adria", North Gondwana, Drina Formation, Variscan event

### Abstract

Paleozoic evolution of the Apulia/Adria microplate is less constrained relative to its Alpidic stage controlling the development of the Dinarides. Disputed Paleozoic paleogeography of the Apulia/Adria is a consequence of poorly constrained sedimentary (parametamorphic) formations and absence of acidic magmatism. Moreover, the Inner Dinarides (*e.g.*, Drina Formation; Đoković, 1985) carry the evidence of the interference of major tectonic events: ductile and brittle deformation record in addition to the polymetamorphic imprint (Milovanović, 1986).

The ambiguous metamorphic overprint is illustrated by a variety of different metamorphic facies ranging from low- to medium-grade metamorphism descending down to anchizonal imprint. In addition, there is a cluster of ductile deformations corroborating crustal involvement. However, there is no clear distinction between the ages of structural-tectonic events; the pioneering data (Đoković, 1985) indicate a presence of Variscan deformations in Drina-Ivanjica crystalline segment. Recent authors, however, attribute the ductile imprint to the Alpine event (Porkoláb *et al.*, 2018). Thus, the purpose of the paper is to emphasize the importance of the paleogeographic evolution of the Apulia/Adria microplate raising the unsolved issue of the involvement of the latter in the Variscan events.

Paleogeographically, the Apulia/Adria microplate stands for a former North African paleo-microcontinent interacted with wide Paleozoic oceanic basins (Franke *et al.*, 2017) derived by the tectonic activity of the north Gondwanan active margin (*e.g.*, Stampfli and Borel, 2004; Stampfli and Hochard, 2009; Casas and Murphy, 2018; Spahić and Gaudenyi, 2018). The timing of the separation of this ancient fragment of Africa is still under discussion. Detaching from the North African (Gondwana) margin occurred either in the Silurian ("Greater Adria"; Franke *et al.*, 2017) or in the Permian, Triassic (Bernouli, 2001 and references therein).

A segment of the Inner Dinarides stretches in the form of Drina-Ivanjica block (Đoković, 1985; western Serbia, eastern Bosnia and Herzegovina). The crystalline basement rocks of the Inner Dinarides, in particular Drina-Ivanjica carry a number of the dominant greenschist-rock systems of the Neoproterozoic to Lower Ordovician age (Đajić *et al.*, 2012). Greenschist facies rocks are superseded by the clastic-carbonate system of the Lower Carboniferous age (Filipović and Sikošek, 1999; Spahić *et al.*, 2018).

With regard to the tectonic shortening, northwestern from the Drina-Ivanjica segment (External Dinarides, Croatia) crystalline rocks just occasionally exhibit Variscan exhumation age or <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar plateau ages at 342.9± 3.3 Ma and 332.8± 3.1 Ma (Sana-Una Unit, Petrova and

Trgovska Gora; Borojević-Šoštarić *et al.*, 2012 and references therein). More frequent are the early Alpine exhumation ages having the cooling ages ranging from 135 to 122 Ma (Medvednica), 159—92 Ma and 50—37 Ma (Mid-Bosnian Schist; Borojević-Šoštarić *et al.*, 2012 and references therein).

Unconstrained lithostratigraphy and formations, polyphase character of the regional exhumation gives rather insufficient data framework to position the “Paleo-Adria” neither within the Variscan convergence nor in stabilizing juvenile Pangea (late Paleozoic). The complexity of the Paleozoic formations and their involvement in eventual Variscan event will need further study. Following analytical methods may help in providing a more precise structural-tectonic deciphering, *e.g.*, fission-track of crystalline basement (Drina-Ivanjica), detrital zircon spectra (paleocontinental provenance) from the entire set of clastic/parametamorphic Paleozoic formations. Despite the significant aforementioned uncertainties, it appears that certain segments of Apulia/Adria were involved- and certain were outside the Variscan active margin.

## References

1. Bernoulli, D., (2001): Mesozoic-Tertiary carbonate platforms, slopes and basins of the external Apennines and Sicily. In *Anatomy of a Orogen: The Apennines and Adjacent Mediterranean Basins*, eds. G.B. Vai and P. Martini, pp. 307–325. Dordrecht: Kluwer.
2. Borojević Šoštarić, S., Neubauer, F., Handler, R., & Palinkaš, L.A., (2012): Tectonothermal history of the basement rocks within the NW Dinarides: new  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ages and synthesis. *Geologica Carpathica*, 63, (6), 441—452. doi: 10.2478/v10096-012-0034-2.
3. Casas, J.M., & Murphy, J.B., (2018): Unfolding the arc: The use of pre-orogenic constraints to assess the evolution of the Variscan belt in Western Europe. *Tectonophysics*, 736, <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2018.04.012>
4. Filipović, I., & Sikošek, B., (1999): Pre-Variscan and Variscan successions of the Drina anticlinorium and the Drina-Ivanjica Paleozoic. *Bulletin, Tome CXIX Serb. Acad. Sci. and Arts, Cl. Sci. math. nat., Sci. nat.* 39, pp 61-71.
5. Đajić, S., Đajić, Z., & Đoković, I., (2012): Paleozoic and early Paleozoic planktonic palynomorphs in western Serbia. *Proceedings 2nd international conference “Harmony of nature and spirituality in stone”*, pp. 9-19. Kragujevac.
6. Franke, W., Cocks, L.B.M., & Torsvik, T.H., (2017): The Palaeozoic Variscan oceans revisited. *Gondwana Research*, 48, 257–284.
7. Đoković, I., (1985): Primena strukturne analize na rešavanje građe paleozojskih tvorevina Drinsko-Ivanjičke oblasti. *Geološki Anali Balkanskoga Poluostrva*, 49, 11-160. doi:10.2298/GABP8549011D (in Serbian).
8. Milovanović, D., (1984): Petrology of low metamorphic rocks of the middle part of the Drina-Ivanjica Paleozoic. *Glasnik prirodjačkog muzeja*, A, 39, 13–139. (in Serbian, English summary).
9. Porkoláb, K., Kövér, S., Benkó, Héja, G.H., Fialowski, M., Soós, B., Gerzina Spajić, N., Đerić, N., & Fodor, L., (2018): Structural and geochronological constraints from the Drina-Ivanjica thrust sheet (Western Serbia): implications for the Cretaceous–Paleogene tectonics of the Internal Dinarides. *Swiss Journal of Geosciences*. <https://doi.org/10.1007/s00015-018-0327-2>
10. Spahić, D., & Gaudenyi, T., (2018): Primordial geodynamics of Southern Carpathian – Balkan basements (Serbo-Macedonian Mass): Avalonian vs. Cadomian arc segments. *Proceedings of the Geologists’ Association. London*. <https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2018.10.006>

11. Spahić, D., Glavaš-Trbić, B., Đajić, S., & Gaudenyi, T., (2018): Neoproterozoic - late-Variscan geodynamics of the Drina Formation (Drina-Ivanjica metamorphic basement). *Geološki Anali Balkanskog Poluostrva*. <https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2018.10.006>.
12. Stampfli, G.M., & Borel, G.D., (2004): The TRANSMED Transects in Space and Time: Constraints on the Paleotectonic Evolution of the Mediterranean Domain. In *The TRANSMED Atlas The Mediterranean Region from Crust to Mantle*, eds. Cavazza, W., F.M. Roure, W. Spakman, G.M. Stampfli, P.A. Ziegler. Springer.
13. Stampfli, G.M., & Hochard, C., (2009): Plate-tectonics of the Alpine realm. In *Ancient Orogens and Modern Analogues*, eds. Murphy, J.B., J.D. Keppie, and A.J. Hynes. Geological Society of London, Special Publications 327, pp. 89–111. DOI: 10.1144/SP327.6.

## VARDAR ZONE: NEW INSIGHTS INTO THE TECTONO- DEPOSITIONAL SUBDIVISION

dr Marinko Toljić<sup>1,\*</sup>, dr Uroš Stojadinović<sup>1</sup>, Nemanja Krstekanić<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Belgrade, Serbia, <sup>2</sup>Utrecht University, Faculty of Geosciences, Department of Earth Sciences, Utrecht, the Netherlands

\*corresponding author: dr Marinko Toljić, full professor, University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, marinko.toljic@rgf.bg.ac.rs

**Ključne reči:** *Neotetis, pasivna kontinentalna margina, aktivna kontinentalna margina, Vardarska mega-jedinica, bazalna navlaka*

**Keywords:** *Neotethys, passive continental margin, active continental margin, Vardar mega-unit, basal thrust*

### Apstrakt

Vardarska mega jedinica je složena tektonska jedinica nastala tokom mezozojske tektonsko-depozicione evolucije Neotetisa i margina njemu susednih kontinenata. Vardarska mega jedinica se može podeliti na tri tektonske celine kontrastnih litostratigrafskih svojstava i interne tektonske arhitekture. Od zapadu ka istoka to su: Zapadna Vardarska Zona, Centralna Vardarska Zona i Istočna Vardarska Zona. Litostratigrafski sadržaji ovih zona su deponovani u tri različita domena, a to su, od zapada ka istoku, basen pasivne Adrijske margine, dubokomorski rov i ispredlučni basen na aktivnoj Evropskoj margini.

### Abstract

Vardar mega-unit represents complex tectonic unit, which was structured during Mesozoic tectono-depositional evolution of Neotethys and the adjoining continental margins. Vardar mega-unit can be subdivided into the three tectonic entities characterized by contrasting lithostratigraphic and structural features. Going from west towards east these are: Western Vardar Zone, Central Vardar Zone, and Eastern Vardar Zone. Lithostratigraphic contents of these zones were, again, deposited in three different domains. From west to east, these domains are: basin of the Adriatic passive margin, subduction trench, and forearc basin of the European active margin.

## RAZUMJEVANJE MEHANIZMA POST-SREDNJIJEMIOCENSKE INVERZIJE U CENTRALNIM DINARIDIMA NA PRIMJERU SARAJEVSKO-ZENIČKOG I KONJIČKOG BASENA

Vedad Demir<sup>1,2</sup>, Liviu Matenco<sup>1</sup>, Marianne van Unen<sup>1</sup>, Hazim Hrvatović<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Utrecht University, Faculty of Geosciences, Utrecht, The Netherlands (v.demir@uu.nl),

<sup>2</sup>Federal Institute for Geology, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina

**Ključne riječi:** Inverzija, indentacija, subdukcija, transpresija, ekstenzija, raspodjela deformacija, stepover, restraining bend

### Sažetak

Dinaridi su dio Mediteranskog orogenog sistema koji je formiran za vrijeme Mezozoika i Kenozoika kao rezultat zatvaranja sjevernog ogranka Neotetisa smještenog između evropskih kontinentalnih jedinica i kontinentalnih jedinica Jadranske mikroploče. Srednjetrojasko otvaranje ovog okeana je povezano sa riftinim magmatizmom i formiranjem pasivne margine kontinentalne Jadranske mikroploče.

U srednjoj juri započela je okeanska subdukcija u Dinaridima, nakon čega je u gornjoj juri i početkom donje krede uslijedila obdukcija ofiolita i genetski povezanog ofiolotnog melanža preko pasivne kontinentalne margine. Nastavkom okeanske subdukcije u najgornjoj kredi započela je kontinentalna kolizija između kontinentalnih jedinica Jadranske mikroploče i Evropske ploče što je rezultiralo stvaranjem Sava zone kao zone šava okeana Neotetis. Ova zona šava razdvaja Dinaride Jadranske mikroploče od Srpsko-makedonske mase i Tisza mega jedinice kao dijela Evropske ploče.

Početak kolizije povezan je i sa stvaranjem debelih naslaga dubokovodnih sin-kontrakcijskih kampan-mastriht turbidita koje su lokalizovale deformacije za vrijeme navlačenja (kraljuštanja). Kolizija se nastavila i za vrijeme paleogena ali se deformacije generalno pomijeraju ka vanjskim Dinaridima. Vrhunac eocensko-oligocenskih kontrakcijskih deformacija predstavljenih jugozapadnim navlačenjem je povezana sa depozicijom eocenskih turbidita i gornjeeocensko-oligocenske konglomeratične sekvence molasa (Promina slojevi) naslaganih u blizini čela navlaka.

Krajem eocena i većim dijelom miocena Dinaride je zahvatila ekstenzija širokih razmjera koja je najvjerojatnije povezana sa formiranjem Panonskog back-arc basena. Ovom ekstenzijom formirani su detachmenti velikih razmjera i drugih listrični normalni rasjedi duž Sava zone i u čelima navlaka u Dinaridima. Ekstenzijom je formiran veliki broj izoliranih intra-montane basena poznatih kao Jezerski sistem Dinarida.

Nakon toga, negdje u gornjem miocenu počinje sjeverno do sjeveroistočno orijentisana indentacija čime se formiraju brojne transpresivne strukture koje deformišu ove neogene basene. Ova posljednja, još uvijek aktivna tektonska faza, predmet je rasprave među tektoničarima o njenoj genezi, kinematici i uopće postojanju tektonike nakon paleogena.

Mi smo detaljno istraživali mehanizam indentacije u neogenim basenima Centralnih Dinarida Bosne i Hercegovine, naročito u najvećem Sarajevsko-zeničkom basenu te Konjičkom basenu. U smislu sedimentacije, miocenska ekstenzija je povezana sa sin-kinematskom depozicijom klastičnih klinova u spuštenim blokovima normalnih rasjeda. Kartiranjem prikupljeni

kinematski podaci ukazuju da se inverzija koja se odvija posljednjih 8 miliona godina karakteriše velikom raspodjelom deformacija distribuisanih na takav način da sjeverozapadno-jugoistočni do sjever-jug orijentisani dekstralni strike-slip rasjedi premještaju svoj hod (offset) na istok-zapad orijentisane navlake, visokoinklinirane reversne rasjede i nabore duž transpresijskih step-over i restraining bend struktura. Sveukupna transpresija je raspodjeljena duž naslijeđenih normalnih rasjeda sa velikim skokom i orogenetskih kontakata. Nastavak deformacija duž zakrivljene geometrije ovih struktura rezultirala je u djelimičnoj rotaciji, suprotno od kazaljke na satu, oko vertikalne ose, mijenjajući kinematiku sa navlačenja velikog iznosa kretanja na dekstralno strike-slip kretanje. Ukupni dekstralni transpresijski transfer je također raspodijeljen duž basena na takav način da je kretanje jako varijabilno duž pojedinih struktura, iako su ukupne deformacije relativno konstantne.

Deformisanje je još uvijek aktivno što je evidentirano seizmičnošću i distribucijom aktivnih rasjeda. U razmjeri Dinarida, studirane deformacije su dio većeg sistema sjever-jug do sjeverozapad-jugostok orijentiranih dekstralnih transpresijskih rasjeda, stepover i restraining bend struktura koje prenose deformacije sa sjeverozapadnog unutrašnjeg dijela na jugoistočni vanjski dio gdje se deformacije povezuju sa aktivnom subdukcijom i navlačenjem evidentiranim jugoistočno u Albanidima i Helenidima.

## **UNDERSTANDING THE MECHANISM OF POST-MIDDLE MIOCENE INVERSION IN THE CENTRAL DINARIDES: INFERENCES FROM THE STUDY OF THE SARAJEVO-ZENICA AND KONJIC BASINS**

**Vedad Demir<sup>1,2</sup>, Liviu Matenco<sup>1</sup>, Marianne van Unen<sup>1</sup>, Hazim Hrvatović<sup>2</sup>**

### **Abstract**

The Dinarides are part of the Mediterranean orogenic system that formed during Mesozoic–Cenozoic times in response to the closure of a northern branch of the Neotethys Ocean located between Europe- and Adria- derived continental units. The Middle Triassic opening of this ocean was associated with rift-related magmatism and was followed by the formation of Adriatic passive continental margin.

In the Middle Jurassic, oceanic subduction took place in the Dinarides, which was followed by the obduction over the Dinarides passive continental margin of ophiolites and the formation of a genetically related ophiolitic mélange during Late Jurassic-earliest Cretaceous times. By continuation of oceanic subduction the onset of continental collision between the Adria- and European- derived continental units took place during the latest Cretaceous, which resulted in the formation of the Sava zone as the suture of the Neotethys Ocean. This suture separates the Adriatic-derived Dinarides from the European-derived Serbomacedonian and Tisza units.

The onset of collision was associated with the thick deposition of syn-contractual Campanian–Maastrichtian turbidites in a deep-water environment, which localized deformation during nappe stacking. The collision continued during Paleogene times, but deformation migrated to more external areas of the Dinarides. The peak Eocene-Oligocene shortening in the External Dinarides created SW–ward thrusting and was associated with the deposition of Eocene turbidites and a late Eocene–Oligocene coarse conglomeratic regressive molasse sequence (the Promina Beds) deposited near thrust contacts.

The Late Oligocene - Miocene extension has affected the Dinarides which is the most probably related to the formation of the Pannonian Basin back-arc. This extension has created large-scale detachments and other listric normal faults along the entire length of the Sava zone and other Dinarides nappe contacts. Extension has formed a large number of isolated intra-montane basins known as the Dinaric Lake System.

This was followed by N to NE oriented indentation started somewhere in the upper Miocene, which has formed numerous transpressive structures that have deformed these Neogene basins. This last, still active tectonic phase, is a subject of discussion among tectonicists about its genesis, kinematics and the existence of tectonics after paleogene.

We have studied in detail the mechanics of indentation in some of the largest Miocene basins located in the Central Dinarides of Bosnia and Herzegovina, such as the Sarajevo-Zenica and Konjic. In terms of sedimentation, the Miocene extension was associated with a basin deepening stage characterized by syn-kinematic deposition of clastic wedges in the hanging-wall of normal faults. Field data kinematics has demonstrated that the post- 8 Ma inversion was characterized by large amounts of strain partitioning distributed in such a way that NW-SE to N-S oriented dextral strike-slip faults transfer their offsets to E-W oriented thrusts, high-angle reverse faults and folds along transpressional step-overs and retraining bends. The overall transpression is partitioned along inherited large-offset normal faults and orogenic contacts,



while continuation of deformation along the curved geometry of such structures resulted in limited counter-clockwise rotation around vertical axes, changing the kinematics of large offset thrusts to dextral strike-slip. The overall dextral transpressional transfer has also partitioned deformation across basins in such a way that offsets are highly variable along individual structures, although the total amount of deformation is relatively constant.

The overall deformation is still presently active, as observed in seismicity and distribution of active faults. At the large scale of the Dinarides, the studied deformation is part of a larger system of N-S to NW-SE oriented dextral transpressive faults, step-overs and retraining bends that transfer their deformation from the NW internal part to the SE external part, where deformation connects with the active subduction and thrusting observed SE-ward in the Albanides and Hellenides.

#### Reference:

1. Dimitrijević, M. D. (1997). *Geology of Yugoslavia*. 2nd edition, Geoinstitute, Belgrade, Serbia.
2. Hrvatović, H. (2006). *Geological Guidebook through Bosnia and Herzegovina* (ISBN: 9958-9351-3). Sarajevo, Bosnia and Herzegovina: Geological Survey of Federation Bosnia and Herzegovina.
3. Hrvatović, H., & Pamić, J. (2005). Principal thrust-nappe structures of the Dinarides. *Acta Geologica Hungarica*, 48/2, 133-151. doi: 10.1556/AGeol.48.2005.2.4
4. Kreemer, C., Holt, W. E., & Haines, A. J. (2003). An integrated global model of present-day plate motions and plate boundary deformation. *Geophysical Journal International*, 154(1), 8-34. doi: 10.1046/j.1365-246X.2003.01917.x
5. Matenco, L., & Radivojević, D. (2012). On the formation and evolution of the Pannonian Basin: Constraints derived from the structure of the junction area between the Carpathians and Dinarides. *Tectonics*, 31(6), TC6007. doi: 10.1029/2012TC003206
6. Matenco, L., Krézsek, C., Merten, S., Schmid, S., Cloetingh, S., & Andriessen, P. (2010). Characteristics of collisional orogens with low topographic build-up: an example from the Carpathians. *Terra Nova*, 22(3), 155-165. doi: 10.1111/j.1365-3121.2010.00931.x
7. Matenco, L., Munteanu, I., ter Borgh, M., Stanica, A., Tilita, M., Lericolais, G., Dinu, C., & Oaie, G. (2016). The interplay between tectonics, sediment dynamics and gateways evolution in the Danube system from the Pannonian Basin to the western Black Sea. *Science of The Total Environment*, 543, 807–827. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.10.081.
8. Schmid, S., Bernoulli, D., Fügenschuh, B., Matenco, L., Schefer, S., Schuster, R., Tischler, M., & Ustaszewski, K. (2008). The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: correlation 153 and evolution of tectonic units. *Swiss Journal of Geosciences*, 101(1), 139-183. doi: 10.1007/s00015-008-1247-3
9. Ustaszewski, K., Schmid, S. M., Lugović, B., Schuster, R., Schaltegger, U., Bernoulli, D., Hottinger, L., Kounov, A., Fügenschuh, B., & Schefer, S. (2009). Late Cretaceous intraoceanic magmatism in the internal Dinarides (northern Bosnia and Herzegovina): Implications for the collision of the Adriatic and European plates. *Lithos*, 108(1-4), 106-125. doi: 10.1016/j.lithos.2008.09.010
10. Ustaszewski, K., Kounov, A., Schmid, S. M., Schaltegger, U., Krenn, E., Frank, W., & Fügenschuh, B. (2010). Evolution of the Adria-Europe plate boundary in the northern Dinarides: From continent-continent collision to back-arc extension. *Tectonics*, 29(6), TC6017. doi: 10.1029/2010TC002668

11. van Unen, M., Matenco, L., Nader, F.H., Darnault, R., Mandic, O., & Demir, V. (2019). Kinematics of foreland-vergent crustal accretion: inferences from the Dinarides evolution. *Tectonics*, 38, doi: 10.1029/2018TC005066.
12. Zupanič, J., & Babić, L. (2011). Sedimentary evolution of an inner foreland basin margin: Paleogene Promina Beds of the type area, Mt. Promina (Dinarides, Croatia). *Geologia Croatica*, 64(2), 101-120. Retrieved from <https://hrcak.srce.hr/71039>

## **KEMIZAM I GEOTEKTONSKI SKLOP SREDNJETRIJASKIH VULKANSKIH I VULKANOKLASTIČNIH STIJENA DONJEG PAZARIŠTA U HRVATSKOJ I BOSANSKOG GRAHOVA U BOSNI I HERCEGOVINI**

**Smirčić Duje, Garašić Vesnica, Aljinović Dunja, Barudžija Uroš**

Smirčić Duje, viši asistent Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu,  
[dsmircic@rgn.hr](mailto:dsmircic@rgn.hr)

Garašić Vesnica, izv. prof. Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Aljinović Dunja, red.prof. Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Barudžija Uroš, doc. Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

**Ključne riječi:** srednji trijas, Donje Pazarište, Bosansko Grahovo, Vanjski Dinaridi, magmatizam, vulkanoklastiti, geokemija, geotektonski sklop

### **Sažetak:**

Srednjetrijaske vulkanske i vulkanoklastične stijene se na području Vanjskih Dinarida pojavljuju kao manja tijela neutralnih do bazičnih stijena, dok su u sedimentnim sukcesijama prisutni različiti vulkanoklastični varijeteti. Vulkanizam u srednjem trijasu Vanjskih Dinarida uobičajeno se veže za dezintegraciju prostora procesima nastanka rifta (Belak, 2000; Marjanac, 2000). Intenzivna magmatska faza bila je do sada definirana u razdoblju ladinika, ali novija istraživanja pokazuju da je magmatska aktivnost započela već u aniziku (Smirčić, et al., 2018). Istraženi lokaliteti u okolici Donjeg Pazarišta na Velebitu te u okolici Bosanskog Grahova ukazuju na istovremenu magmatsku aktivnost. U okolici Donjeg Pazarišta analizirane su tri pojave: slijed karbonatnih sedimenata i tufova Donje Pazarište (oznaka DP, debljine 90 m) starosti donji-gornji ilirik, pojava ignimbrita kod Brušana (oznaka V) te pojava jastučastih olivinskih bazalta i hijaloklastita na lokalitetu Jovanović Draga (oznaka JD). Na lokalitetu Bosansko Grahovo u Bosni i Hercegovini, nalazi se interesantna pojava hijaloklastita te naslaga nastalih miješanjem sedimentnog i vulkanskog materijala, također anizičke starosti (ilirik).

Petrografska obilježja tufova iz slijeda karbonatnih sedimenata i tufova starosti donji-gornji ilirik (DP) te ignimbrita (V) ukazuju na njihovu genezu eksplozivnim vulkanskim erupcijama neutralnih i kiselih magmi, na kopnu ili u plitkome moru. Pri tome su tufovi s lokaliteta DP sineruptivno pretaloženi u dublji pelagički prostor, što je zaključeno na osnovi njihovih struktura te pelagičkih fosila iz vapnenaca s kojima se tufovi izmjenjuju.

Na lokalitetu Jovanović Draga pojavljuju se jastučasti olivinski bazalti i hijaloklastiti. Karakteristike hijaloklastita ukazuju na bazaltne izljeve nastale u dubljem marinskom okolišu te na procese autofragmentacije bazaltne magme u kontaktu s hladnom morskom vodom, kao i na pretaloživanje uz istovremeno miješanje s fragmentima pelagičkih vapnenaca.

Vulkanoklastiti u okolici Bosanskoga Grahova, gdje je tijekom ilirika uz fragmentaciju bazaltno-andezitne magme također došlo do miješanja s pelagičkim vapnencima, pokazuju slične karakteristike kao i hijaloklastiti Jovanović Drage.

Biostratigrafski podaci iz sljedova karbonatnih sedimenata i tufova Donjeg Pazarišta i Bosanskog Grahova (analiza konodonata i amonita iz proslojaka vapnenaca) ukazuju na vulkanizam u istom stratigrafskom intervalu (donji-gornji ilirik), iako su na oba lokaliteta prisutni genetski vrlo različiti vulkanoklastiti. Tako je vulkanoklastični materijal na lokalitetu Donje Pazarište vezan uz eksplozivni vulkanizam na kopnu te je sinsedimentacijski pretaložen u pelagički okoliš, dok lokalitet Bosansko Grahovo karakteriziraju izravni bazaltni izljevi u dubljem marinskom okolišu, uz tvorbu hijaloklastita. Iako jastučasti olivinski bazalti i hijaloklastiti Jovanović Drage nisu stratigrafski definirani, postoji sličnost u vulkanskim procesima pa se hijaloklastiti Bosanskoga Grahova mogu usporediti s onima Jovanović Drage. Isto se tako ignimbriti Brušana (neutvrđene starosti) genetski mogu korelirati s eksplozivnim vulkanizmom na kopnu, koji je utjecao na sedimentaciju na lokalitetu Donje Pazarište.

Iako vulkanske i vulkanoklastične stijene sva četiri lokaliteta ukazuju na različite uvjete taloženja i genezu, njihov geokemijski sastav pokazuje jedinstveno porijeklo magme.

Rezultati geokemijskih analiza pokazuju da srednjetrijska magma u Vanjskim Dinaridima ima kalcijsko-alkalijski karakter, kakav je uobičajen u područjima subdukcije. U dijagramu Ti/Y vs. Zr/Y (Pearce & Gale, 1977) uzorci srednjetrijskih vulkanoklastita se projiciraju u područje bazaltnih magmi nastalih na granicama tektonskih ploča, a u dijagramu Nb/Yb vs. Th/Yb (Pearce, 2008) u područje kontinentalnih lučnih bazalta. To nije u suglasju s idejom geneze ovih stijena u klasičnim riftnim sistemima za koje se pretpostavlja da su se formirali tijekom srednjega trijasa u zapadnom Tetiskom prostoru. Dodatno, u La/10-Y/15-Nb/8 dijagramu (Cabanis & Lescolle, 1989) analizirani uzorci se projiciraju u područje kalcijsko-alkalijske magme i magme kontinentalnih područja.

U geotektonskim diskriminacijskim dijagramima prema Wood-u (1980) (Th-Hf/3-Nb/16; Th-Hf/3-Ta; Th-Zr/117-Nb/16) niti jedan od uzoraka se ne projicira u područje bazalta srednjeoceanskih grebena, već svi u područje vulkanskih lukova, ukazujući time na genezu srednjetrijske magme vezanu za aktivne subdukcijske procese ili za moguće taljenje stijena koje su formirane u ranije aktivnim subdukcijskim zonama. Svi geokemijski podaci sugeriraju relativno specifične uvjete nastanka srednjetrijske magme u Vanjskim Dinaridima, kao i u okolnom zapadno Tetiskom prostoru (Crisci et al., 1984; Castellarin et al., 1988; Obenholzner, 1991; Harangi et al., 1996; Trubelja et al., 2004). Geološki i geotektonski gledano, srednji trijas zapadnoga Tetisa bio je obilježen subdukcijom Cimerijskog podkontinenta prema sjevernoj obali Tetiskog oceana te otvaranjem Neotetisa (Scotese, 2002; Stampfli & Borel, 2003). U zaleđu glavne subdukcijske zone formirano je više manjih inicijalnih zalučnih riftova povezanih s riftnom zonom otvaranja Neotetisa. Ovi riftovi se nisu u početnoj fazi razvitka u potpunosti razvili u prave riftne sustave, već su u određenom trenutku prestali biti aktivni. Jedan takav sustav protezao se i područjem Dinarida. Pretpostavlja se da je subdukcija Cimerijskog podkontinenta pod sjevernu obalu Tetiskog oceana (odnosno pod južnu obalu Pangee) imala utjecaj na sastav magme i srednjetrijski magmatizam u području Vanjskih Dinarida. Moguće je da je ranija subdukcija, okončana nastankom Pangee hercinskom orogenezom, također utjecala na kasniji sastav srednjetrijske magme, dajući joj subdukcijsko obilježje, odnosno noseći karakteristike plašnog materijala kontaminiranog materijalom kontinentalne kore.

Rezultati geokemijskih analiza stijena sa sva četiri lokaliteta ukazuju na jedinstven magmatski regionalni događaj koji je producirao vulkanski i vulkanoklastični materijal na području Vanjskih Dinarida u srednjem trijasu.

Literatura:

1. Belak, M., (2000): Postaja 2: profil Sutina-Zelovo Sutinsko; Kristaloklastični i vitoroklastični tufovi (pietra perde) s proslojcima silicificiranih dolomita, vapnenaca, tufita i rožnjaka. U: Jelaska, V., Benček, Đ., Matičec, D., Belak, M., & Gušić, I: Geološka povijest i strukturna evolucija Vanjskih Dinarida. - Vodič ekskurzija (Vlahović, I. & Biondić, R. Eds.). 2. Hrv. geol. kongres, Cavtat-Dubrovnik, 6-9, IGI, Zagreb.
2. Cabanis, B., & Lecolle, M., (1989): Le diagramme La/10-Y/15-Nb/8; an outil pour la discrimination des series volcaniques et la mise en evidence des processus de mélange et/ou de contamination crustale. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences, Serie 2, Mecanique, Physique, Chimie, Sciences de l'Univers, Sciences de la Terre*, 309 (20), 2013-2029.
3. Castellarin, A., Lucchini, F., Rossi, P.L., Selli, L., & Simboli, G., (1988): The Middle Triassic magmatic-tectonic arc development in the Southern Alps. *Tectonophysics*, 146, 79-89.
4. Crisci, C.M., Ferrara, G., Mazzuoli, R., & Rossi, P.M., (1984): Geochemical and geochronological data on Triassic volcanism in the Southern Alps of Lombardy (Italy): genetic implications. *Geol.Rundschau*.73, 279-292.
5. Harangi, Sz., Szabó, Cs., Józsa, S., Szoldán, Zs., Árváné Sós, E., Balla, M., & Kubovics, I., (1996): Mesozoic igneous suites in Hungary: implications for genesis and tectonic setting in the northwestern part of Tethys. *Int. Geol. Rev.*, 38, 336-360.
6. Marjanac, T., (2000): Triassic of Dalmatia – Evidence of a failed rift (Muć section). *PANCARDI 2000, Vijesti Hrv. geol. dr.*, 37/2, 117-126.
7. Obenholzner, J.H., (1991): Triassic volcanogenic sediments from the Southern Alps (Italy, Austria, Yugoslavia) – a contribution to the “Pietra verde” problem. *Sedimentary Geology*, 74, 147-171.
8. Pearce, J.A., (2008): Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust. *Lithos* v.100, 14-48.
9. Pearce, J.A., & Gale, G.H., (1977): Identification of ore deposition environments from trace element geochemistry of associated igneous host rocks. *Geological Society of London, Special publications*, 7, 14-24.
10. Scotese, C.R., (2002): PALAEOMAP website. [www.scotese.com](http://www.scotese.com)
11. Smirčić, D., Kolar-Jurkovšek, T., Aljinović, D., Barudžija, U., Jurkovšek, B., & Hrvatović, H., (2018): Stratigraphic definition and correlation of Middle Triassic the volcanoclastic facies in the External Dinarides: Croatia and Bosnia and Herzegovina. *Journal of Earth Science*, 29/4, 864-878. <https://doi.org/10.1007/s12583-018-0789-1>
12. Stampfli, G.M. & Borel, G., (2003): A revised plate tectonic model for the Western Tethys from Paleozoic to Cretaceous. *AAPG International Conference*, Barcelona, Spain.
13. Trubelja, F., Burgath, K.P., & Marchig, V., (2004): Triassic magmatism in the area of the Central Dinarides (Bosnia and Herzegovina): geochemical resolving of tectonic setting. *Geol. Croatica*, 57, 159-170.
14. Wood, D.A., (1980): The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. *Earth and Planetary Science Letters*, 50/1, 11-30.

## **GEOCHEMISTRY AND GEOTECTONIC SETTING OF THE MIDDLE TRIASSIC VOLCANIC AND VOLCANICLASTIC ROCKS FROM DONJE PAZARIŠTE IN CROATIA AND BOSANSKO GRAHOVO IN BOSNIA AND HERZEGOVINA**

**Smirčić Duje, Garašić Vesnica, Aljinović Dunja, Barudžija Uroš**

Smirčić Duje, viši asistent Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, [dsmircic@rgn.hr](mailto:dsmircic@rgn.hr)

Garašić Vesnica, izv. prof. Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Aljinović Dunja, red.prof. Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Barudžija Uroš, doc. Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

**Keywords:** Middle Triassic, Donje Pazarište, Bosansko Grahovo, External Dinarides, magmatism, volcanics, volcanoclastics, geochemistry, geotectonic setting

### **Abstract**

Middle Triassic volcanic and volcanoclastic rocks appear in the External Dinarides as small bodies of neutral and basic rocks, while in sedimentary successions different volcanoclastic rocks are present. Middle Triassic volcanism in the External Dinarides was usually related to rifting and disintegration (Belak, 2000; Marjanac, 2000). Intensive magmatic phase was dated so far as Ladinian, while recent investigations indicate magmatic activity already in Anisian (Smirčić, et al., 2018). Investigated localities, in Donje Pazarište area at Velebit Mt. and in Bosansko Grahovo, suggest contemporaneous phases of magmatic activity. Three sedimentary successions of Lower to Upper Illyrian age with carbonates and tuffs in Donje Pazarište area (DP, 90 m thick), ignimbrites near Brušane village (V), as well as pillows of olivine basalts and hyaloclastics at Jovanović Draga locality (JD), were analyzed in the Croatian part of the External Dinarides. An interesting succession of hyaloclastics and mixed sedimentary-volcanic material of Anisian (Illyrian) age is investigated at Bosansko Grahovo locality in Bosnia and Herzegovina.

Petrographic characteristics of tuffs from Lower to Upper Illyrian carbonates and tuffs succession (DP), as well as ignimbrites (V) indicate genesis by explosive volcanic eruptions of neutral and acidic magmas, on land and in the shallow sea. Tuffs from DP locality were syneruptively resedimented into deeper pelagic environment, that is interpreted from the sedimentary structures and pelagic fossils from limestones interlayered with tuffs.

Pillows of olivine basalts and hyaloclastics appear at Jovanović Draga locality (JD). The characteristics of hyaloclastics indicate basaltic effusions, originated in deeper marine environment and auto-fragmentation of basaltic magma in contact with cold sea water, as well as their resedimentation with contemporaneous mixing with pelagic limestone fragments.

Volcanoclastics from Bosansko Grahovo area, where was also in Illyrian documented fragmentation of basaltic-andesitic magma and mixing with pelagic limestones, show characteristics similar to hyaloclastics from Jovanović Draga locality.

Biostratigraphic results from the successions of hyaloclastics and mixed sedimentary-volcanic material at Donje Pazarište and Bosansko Grahovo localities (analysis of conodonts and ammonites from limestone interlayers) indicate contemporaneous volcanism (Lower to Upper Illyrian), despite genetically different types of volcanoclastics. Volcanoclastic material at Donje Pazarište locality is related to explosive volcanism on land, and it is synsedimentary redeposited into pelagic environment, while direct basaltic effusions in deeper marine environment followed by hyaloclastics, is characteristic at Bosansko Grahovo locality. Although olivine pillow basalts and hyaloclastics from Jovanović Draga are not stratigraphically defined, there is a significant resemblance of their formation mechanisms with the hyaloclastics from Bosansko Grahovo section. Similarly, pyroclastic flow deposits of undefined age from Brušane locality can be genetically correlated with explosive volcanism on land that influenced the deposition at Donje Pazarište locality.

Although volcanic and volcanoclastic rocks from all four localities indicate different depositional and genetic processes, their geochemical characteristics imply the same magma origin.

Results of the geochemical analyses indicate calc-alkaline character of the Middle Triassic magma in the External Dinarides, suggesting its origin in the subduction zones. The Ti/Y vs. Zr/Y diagram (Pearce & Gale, 1977) show that all samples of the Middle Triassic volcanics/volcanoclastics fall in the area of basaltic magmas, formed in plate margin settings. In the Nb/Yb vs. Th/Yb diagram (Pearce, 2008) samples plot in the area of continental arc basalts. These data are not in agreement with a general concept of magma originated in classical rift systems, which is usually presumed for Middle Triassic rift formation in the Western Tethys. Additionally, in the La/10-Y/15-Nb/8 diagram (Cabaniš & Lescolle, 1989), analyzed samples plot in the area of calc-alkaline magma and magma generated in the continental areas. In the discrimination diagrams by Wood (1980) (Th-Hf/3-Nb/16; Th-Hf/3-Ta; Th-Zr/117-Nb/16), none of the samples plot in the area of mid-ocean ridge basalts. Furthermore, they are all well grouped in the area of volcanic arcs, indicating Middle Triassic magma generated in the active subduction zones, or melting of the rocks formed in the former subduction zones. All geochemical results suggest that the Middle Triassic magma generated in the specific conditions in the area of External Dinarides, as well as in the surrounding Western Tethyan area (Crisci et al., 1984; Castellarin et al., 1988; Obenholzner, 1991; Harangi et al., 1996; Trubelja et al., 2004). Geotectonically, the Middle Triassic of the Western Tethys was characterized by the subduction of the Cimmerian subcontinent towards the northern Tethyan Ocean and the opening of Neotethys (Scotese, 2002; Stampfli & Borel, 2003). In the hinterland of the main subduction zone, several small initial back-arc rifts were formed and related to the opening of the Neotethyan rift zone. These rifts did not develop in real rift systems in the early stages, and they stop being active at a certain point.

One of these systems stretched through the Dinarides. It is assumed that the subduction of the Cimmerian subcontinent beneath the north Tethyan coast (southern Pangea) had the influence on the magma composition and Middle Triassic magmatism in the External Dinarides. It is possible that the former subduction, finalized by the Hercinian orogenesis and formation of Pangea, influenced the Middle Triassic magma as well. It gave to magma subduction characteristics, or the characteristics of mantle material contaminated by the continental crust.

The results of geochemical analysis for rocks from all four investigated localities indicate unique magmatic regional event in the Middle Triassic, which produced volcanic and volcanoclastic material in the area of the External Dinarides.

#### References:

1. Belak, M., (2000): Postaja 2: profil Sutina-Zelovo Sutinsko; Kristaloklastični i vitoroklastični tufovi (pietra perde) s prosljocima silicificiranih dolomita, vapnenaca, tuftita i rožnjaka. U: Jelaska, V., Benček, Đ., Matičec, D., Belak, M., & Gušić, I: Geološka povijest i strukturna evolucija Vanjskih Dinarida. - Vodič ekskurzija (Vlahović, I. & Biondić, R. Eds.). 2. Hrv. geol. kongres, Cavtat-Dubrovnik, 6-9, IGI, Zagreb.
2. Cabanis, B., & Lecolle, M., (1989): Le diagramme La/10-Y/15-Nb/8; an outil pour la discrimination des series volcaniques et la mise en evidence des processus de mélange et/ou de contamination crustale. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences, Serie 2, Mecanique, Physique, Chimie, Sciences de l'Univers, Sciences de la Terre*, 309 (20), 2013-2029.
3. Castellarin, A., Lucchini, F., Rossi, P.L., Selli, L., & Simboli, G., (1988): The Middle Triassic magmatic-tectonic arc development in the Southern Alps. *Tectonophysics*, 146, 79-89.
4. Crisci, C.M., Ferrara, G., Mazzuoli, R., & Rossi, P.M., (1984): Geochemical and geochronological data on Triassic volcanism in the Southern Alps of Lombardy (Italy): genetic implications. *Geol.Rundschau*.73, 279-292.
5. Harangi, Sz., Szabó, Cs., Józsa, S., Szoldán, Zs., Árváné Sós, E., Balla, M., & Kubovics, I., (1996): Mesozoic igneous suites in Hungary: implications for genesis and tectonic setting in the northwestern part of Tethys. *Int. Geol. Rev.*, 38, 336–360.
6. Marjanac, T., (2000): Triassic of Dalmatia – Evidence of a failed rift (Muć section). *PANCARDI 2000, Vijesti Hrv. geol. dr.*, 37/2, 117-126.
7. Obenholzner, J.H., (1991): Triassic volcanogenic sediments from the Southern Alps (Italy, Austria, Yugoslavia) – a contribution to the “Pietra verde” problem. *Sedimentary Geology*, 74, 147-171.
8. Pearce, J.A., (2008): Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust. *Lithos* v.100, 14-48.
9. Pearce, J.A., & Gale, G.H., (1977): Identification of ore deposition environments from trace element geochemistry of associated igneous host rocks. *Geological Society of London, Special publications*, 7, 14-24.
10. Scotese, C.R., (2002): PALAEOMAP website. [www.scotese.com](http://www.scotese.com)
11. Smirčić, D., Kolar-Jurkovšek, T., Aljinović, D., Barudžija, U., Jurkovšek, B., & Hrvatović, H., (2018): Stratigraphic definition and correlation of Middle Triassic the volcanoclastic facies in the External Dinarides: Croatia and Bosnia and Herzegovina. *Journal of Earth Science*, 29/4, 864-878. <https://doi.org/10.1007/s12583-018-0789-1>
12. Stampfli, G.M. & Borel, G., (2003): A revised plate tectonic model for the Western Tethys from Paleozoic to Cretaceous. *AAPG International Conference*, Barcelona, Spain.
13. Trubelja, F., Burgath, K.P., & Marchig, V., (2004): Triassic magmatism in the area of the Central Dinarides (Bosnia and Herzegovina): geochemical resolving of tectonic setting. *Geol. Croatica*, 57, 159-170.
14. Wood, D.A., (1980): The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. *Earth and Planetary Science Letters*, 50/1, 11-30.



## NOVI REZULTATI ISTRAŽIVANJA LEŽIŠTA KOMPLEKSNE RUDE OLOVA, CINKA I BARITA NA PODRUČJU BOROVICE (OPĆINA VAREŠ)

Hrvatović<sup>1</sup>, H. i Kamberović<sup>2</sup>, E.

1.Federalni zavod za geologiju Sarajevo

2.Eastern Mining d.o.o Sarajevo

**Ključne riječi:** Borovica, Vareš, Rupice, olovo, cink, barit, srebro, zlato, bakar

### Apstrakt

Rudonosnost područja Borovice (18 km sjeverozapadno od Vareša) je poznata odavno, zbog čega je ovaj teren privlačio pažnju istraživača mineralnih sirovina od vremena srednjovjekovne Bosne pa do danas. Svi istraživači su ukazivali na potencijal područja za pronalazak ležišta olova, cinka, bakra, srebra, zlata i barita i isticali složenost tektonskih odnosa.

Sredinom 20 stoljeća započeta su detaljna istraživanja kompleksne rude olova, cinka i barita na lokalitetu Rupice (2 km, sjeveroistočno od Borovice) i trajala, sa povremenim zastojima, do 1989. godine, kada su prekinuta zbog pokretanja stečaja Rudnika olova, cinka i barita u Varešu. U tom periodu je izvedeno 46 istražnih bušotina ukupne dužine 7300 m, 700 m podzemnih jamskih radova, preko 2000 m<sup>3</sup> istražnih raskopa, geofizička istraživanja i obimna laboratorijska ispitivanja. Geološka istraživanja su finansirana iz različitih fondova (državnih) a istraživanjima su rukovodili geolozi iz Geološkog zavoda sa sjedištem na Ilidži. Na osnovu izvedenih geoloških istraživanja utvrđena su tri tipa orudnjenja: 1)bariti sa sulfidima, 2)polimiktne breče sa piritom, sulfidima olova, cinka i baritom i 3)rudonosni dolomiti. Krajem 1989 godine izvršen proračun rezervi B+C<sub>1</sub> kategorije od 1,5 miliona tona rude sa prosječnim sadržajima Pb+Zn=6,8% i BaSO<sub>4</sub>=51,43%. Na osnovu, manjeg obima ispitivanja (u kompozitnim uzorcima i zlata u dvije bušotine) izvršena je i procjena sadržaja Cu=0,45%, Ag=135 gr/t i Au=1-4 gr/t.

Pokretanje novih aktivnosti na istraživanju ovog ležišta započelo je dodjelom ugovora o koncesiji privrednom društvu Eastern Mining d.o.o Sarajevo. Privredno društvo Eastern Mining d.o.o Sarajevo je na osnovu odobrenja za geološka istraživanja Federalnog ministarstva energije, rudarstva i industrije izvelo istraživanja tokom 2017 i 2018. godine. U 2017 i 2018 godini, izvedene su 44 bušotine obima 9544 m, obimna laboratorijska ispitivanja kvaliteta rude, geohemijska i geofizička istraživanja šireg područja ležišta Rupice.

Hemijska ispitivanja jezgra bušotina (dužina jezgra za jedan uzorak je 2 m) iz 2017 i 2018. godine su vršena u laboratoriji ALS Minerals sa sjedištem u Boru (R Srbija). Hemijski sadržaj barita je urađen u 1567 uzoraka, cinka 1794 i olova u 1826 uzorka. Hemijskim ispitivanjima utvrđen je sadržaj i slijedećih komponenti na svim uzorcima iz bušotina: Ti, Sb, S, P, Ni, Mo, Mn, Hg, Fe, Cu, Co, Cd, Ca, Bi, As, Ag i Au.

Da postoji značajan potencijal, ležišta na lokalitetu Rupice, pokazali su podaci o debljini rudnog tijela i prosječni sadržaji olova, cinka, bakra, srebra, zlata i barita:

- bušotina Br-1-17 je presjekla rudno tijelo debljine 64 m sa sadržajima 5,1% olova, 8,5% cinka, 1,0% bakra, 347 g/t srebra i 2,3 g/t zlata;
- bušotina BR-4-17 je presjekla rudno tijelo debljine 30 m sa sadržajima 4,2% olova, 5,76% cinka, 0,21% bakra, 382 g/t srebra i 3,47 g/t zlata;
- bušotina BR-7-17 je presjekla rudno tijelo debljine 40 m sa sadržajima 5,45% olova, 8,17% cinka, 0,58% bakra, 478 g/t srebra i 3,62 g/t zlata.
- bušotina BR-10-18 je presjekla rudno tijelo debljine 28 m sa sadržajima olova 5,9%, cinka 10,8%, 271 g/t srebra, 3,4g/t zlata, 0,5% bakra i 61% barita.
- bušotina BR-12-18 je presjekla rudno tijelo debljine 18 m sa sadržajima olova 4,2%, cinka 8,2%, 131 g/t srebra, 1,4g/t zlata, 0,8% bakra i 27% barita;
- bušotina BR-13-18 je presjekla dva rudna tijela debljine 22 i 24 m. Rudno tijelo debljine 22 mima sadržaj olova 1,2%, cinka 0,6%, 91 g/t srebra, 1,4g/t zlata, 0,3% bakra i 41% barita, a rudno tijelo debljine 24 metra ima sadržaj olova 7,7%, cinka 14,8%, 167 g/t srebra, 3,7g/t zlata, 0,7% bakra i 53% barita,
- bušotina BR-17-18 je presjekla rudno tijelo debljine 66 m sa sadržajima 9,5% cinka, 4,9% olova, 187 g/t srebra, 2,4 g/t zlata, 0,5% bakra i 56% barita
- bušotina BR-22-18 je presjekla rudno tijelo debljine od 42 m, sa visokom koncentracijom Zn-14,1%, Pb-8,4%, Ag-245 g/t Ag, Au-5,7 g/t Au, Cu-1,4% i 47% BaSO<sub>4</sub>.
- bušotina BR-25-18 je presjekla rudno tijelo debljine 46 m sa sadržajima od 12.7% Zn, 9.6% Pb, 309g/t Ag, 4.1g/t Au, 1.0% Cu, i 40% BaSO<sub>4</sub>.
- bušotina BR-32-18 je presjekla rudno tijelo debljine 20m sa sadržajima: 8.2% Zn, 5.6% Pb, 479g/t Ag, 4.1g/t Au, 0.5% Cu, i 60% BaSO<sub>4</sub>.
- bušotina BR-36-18 je presjekla rudno tijelo debljine 72m sa sadržajima od 18.3% Zn, 10.7% Pb, 211g/t Ag, 2.5g/t Au, 2.5% Cu, i 25% BaSO<sub>4</sub>.

Detaljnim istražnim bušenjem i geološkim kartiranjem utvrđeno je da je ležište smješteno u dupleks strukturi ( a ne u prevrnutoj sinklinali kako je to ranije smatrano) u kojoj postoji više ravni navlačenja.

Rudnomikroskopska ispitivanja su obuhvatila masivna sulfidna tijela (bariti sa sulfidima) i polimiktne orudnjene breče. Ispitivanjima je utvrđeno slijedeće:

Ruda cinka je u suštini niskožljezni sfalerit. Cink je također detektiran i u tetraedritu. Sfalerit u rudi se javlja na slijedeći način:

- Sfalerit u zrnima veličine od 10 do 200 $\mu$  se javlja 50 %u masivnim baritima i podređeno uz zrna galenita i pirita.
- Sfalerit u zrnima veličine od 0,5 do 1mm je zastupljen oko 20 u kompozitu sa baritom.
- Sfalerit sa mm veličinom zrna kao i galenit je zastupljen 10%
- Sfalerit i galenit sa zrnima >mm 10% i
- Sfalerit/pirit+galenit (u zrnima 100 $\mu$  5% u baritu).

Ruda olova je uglavnom predstavljena galenitom i podređeno burnonitom. Galenit se dominantno javlja sa sfaleritom unutar masivnih barita. Dodatni sadržaji galenita se javljaju uz kolomorfne piritite, u zrnima veličine  $100\mu$  u baritu. Podređeno se javlja uz grubozrne piritite i tetraedrite. Masivni galenit sa  $50\mu$  se javlja kao inkluzije u burnonitu i piritu.

Ruda bakra je predstavljena halkopiritom, burnonitom i tetraedritom/tenantitom. Halkopirit se javlja u zrnima veličine  $50-150\mu$  u tetraedritu unutar barita.

Pirit se većinom pojavljuje kao diseminacija unutar barita a nalazi se i kao vezan sa sfaleritom i galenitom te kao zasebna masivna tijela.

Srebro se pretežno javlja uz galenit. Neki od tetraedrita također sadrže značajne vrijednosti srebra.

Zlato se javlja uz veoma sitna zrna halkopirita koji se nalazi u baritu, te uz galenit i zrna pirita.

## GENEZA I GEOHEMIJSKA DISTRIBUCIJA BARIJA U TLU OKOLINE MAGLAJA

Samir Ustalić<sup>1</sup>, Elvir Babajić<sup>2</sup>, Alisa Babajić<sup>3</sup>, Željka Stjepić-Srkalović<sup>4</sup>, Dado Srkalović<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Samir Ustalić, bach. ing. geol., ustalicsamir@gmail.com

<sup>2</sup>Dr sc. Elvir Babajić, docent, RGGF Univerziteta u Tuzli, elvir.babajic@untz.ba

<sup>3</sup>Dr sc. Alisa Babajić, v.ass. - saradnik, RGGF Univerziteta u Tuzli, alisababajic@yahoo.com

<sup>4</sup>Mr sc. Željka Stjepić-Srkalović, v.ass., PMF Univerziteta u Tuzli, zeljka.s.srkalovic@gmail.com

<sup>5</sup>Dr sc. Dado Srkalović, v.ass. - saradnik, RGGF Univerziteta u Tuzli, dadosrkalovic@gmail.com

Korespondent: ustalicsamir@gmail.com

**Ključne riječi:** barij, geneza, geohemijska raspodjela, tlo, Maglaj.

### Sažetak

Geneza i geohemijska distribucija barija (Ba), kao potencijalno toksičnog elementa (PTE), u tlu okoline Maglaja je definisana na osnovu terenskih istraživanja i laboratorijskih ispitivanja. Uzorkovanje tla je izvršeno prema uputama EuroGeoSurvey - Geohemijske ekspertne grupe. Podloge za uzorkovanje su bile geološka, pedološka i topografska karta mjerila 1:25 000. Sistematskim terenskim istraživanjima prikupljeno je 45 uzoraka tla, koji su nakon laboratorijske obrade podvrgnuti hemijskim ispitivanjima metodom ICP-MS, sa osjetljivim pragom detekcije (1 - 10.000 ppm). Mreža uzorkovanja je obuhvatila eutrični fluvisol (EF) i nekarbonatni eutrični fluvisol (Efn) tip tla.

Sukladno Pravilniku o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih tvari u zemljištu i metodama njihovog ispitivanja u FBiH, utvrđene su povišene koncentracije Ba u tlu u rasponu 2,5 - 7 puta većim od dozvoljenih.

Statističkom obradom podataka hemijskih analiza tla, minimalna koncentracija Ba iznosi 167 ppm, maksimalna 690 ppm, srednja vrijednost 374,64 ppm, medijana 345 ppm, standardna devijacija 122,32 i koeficijent varijacije 33%.

Povećane koncentracije Ba u tlu mogu biti produkt antropogenih aktivnosti koje se ogledaju kroz odlaganje industrijskog i kućanskog otpada te kroz upotrebu mineralnih gnojiva na bazi fosfata.

Analizom geološke istorije stvaranja terena, za vrijeme neogena, dacito-andezitni vulkanizam je imao značajnu ulogu u litološkoj građi predmetnog terena. Za kisele ekstruzivne stijene (dacite i andezite) genetski je vezan i Ba koji se veže za petrogene K-feldspate i Ca-plagioklase. S obzirom na geološku građu, geohemijsku distribuciju i dugogodišnje procese dekompozicije i dezintegracije dacito-andezitnih stijena Maglaja, može se zaključiti da su povišene koncentracije Ba geogenog porijekla i direktno su vezane za dominantne petrogene Ca-plagioklase (andezin (An<sub>44.3-47.6</sub>)).

## GENESIS AND GEOCHEMICAL DISTRIBUTION OF BARIUM IN THE SOIL OF THE MAGLAJ AREA

Samir Ustalić<sup>1</sup>, Elvir Babajić<sup>2</sup>, Alisa Babajić<sup>3</sup>, Željka Stjepić-Srkalović<sup>4</sup>, Dado Srkalović<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Samir Ustalić, BA. ing. geol., [ustalicsamir@gmail.com](mailto:ustalicsamir@gmail.com)

<sup>2</sup>Dr. sc. Elvir Babajić, docent, RGGF Univerziteta u Tuzli, [elvir.babajic@untz.ba](mailto:elvir.babajic@untz.ba)

<sup>3</sup>Dr. sc. Alisa Babajić, v.ass. - saradnik, RGGF Univerziteta u Tuzli, [alisababajic@yahoo.com](mailto:alisababajic@yahoo.com)

<sup>4</sup>Mr.sc. Željka Stjepić-Srkalović, v.ass., PMF Univerziteta u Tuzli, [zeljka.s.srkalovic@gmail.com](mailto:zeljka.s.srkalovic@gmail.com)

<sup>5</sup>Dr. sc. Dado Srkalović, v.ass. - saradnik, RGGF Univerziteta u Tuzli, [dadosrkalovic@gmail.com](mailto:dadosrkalovic@gmail.com)

Korespondent: [ustalicsamir@gmail.com](mailto:ustalicsamir@gmail.com)

**Key words:** barium, genesis, geochemical distribution, soil, Maglaj.

### Abstract

The genesis and geochemical distribution of barium (Ba) as a potentially toxic element (PTE) in the soil of the Maglaj region is defined based on field research and laboratory testing. Soil sampling was performed according to EuroGeoSurvey - Geochemical Expert Group guidelines. The base for sampling were geological, pedological and topographic maps with scale of 1:25 000.

By systematic field examination collected are 45 soil samples, which were subjected to laboratory tests by ICP-MS method, with high detection limit (1 - 10,000 ppm).

The sampling network included mainly eutric fluvisol (EF) and non-carbonate eutric fluvisol soil type.

According to the Regulations on determination of allowed amounts of harmful and hazardous substances in soil in the FBiH, increased concentrations of Ba in the soil were found in the range of 2.5 - 7 times higher than allowed ones.

By statistical processing of chemical soil analysis data, the minimum concentration of Ba is 167 ppm, a maximum is 690 ppm, average value is 374.64 ppm, a median is 345 ppm, standard deviation is 122.32 and a coefficient of variation is 33%.

Increased Ba content in the soil can be product of anthropogenic activities caused by the disposal of industrial and household waste, and through the use of mineral phosphate fertilizers. Analyzing the history of geological creation of the terrain, during Neogene dacite-andesite volcanism played an important role in the lithological composition of the subjected field.

Barium is genetically associated with felsic extrusive rocks (dacite-andesites), where is related to petrogenetic minerals K-feldspar and Ca-plagioclase.

Considering the geological composition and long-term processes of decomposition and disintegration of the dacite-andesite rocks of Maglaj, it can be concluded that increased Ba concentrations have geogenic origins and directly are related to the dominant petrogenic Ca-plagioclase (andesine (An<sub>44.3-47.6</sub>)).

## Zahvala

Zahvaljujemo se Uredu za Naučno-istraživački rad Univerziteta u Tuzli i Federalnom ministarstvu obrazovanja i nauke za grant sredstva u realizaciji naučno-istraživačkog projekta: „Koncentracija teških metala i ukupnih karbonata u tlu šire okoline Maglaja”.

Broj Projekta : 01/2 - 7396 - VI/15.

## Reference

1. Adriano, D. C., (1986): Barium. Trace Elements in the Terrestrial Environment. Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo: 472 - 473.
2. Ahmetbegović, S., Stjepić Srkalović, Ž., Gutić, S., (2017): Pedogeografija, Off Set, Tuzla.
3. ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) (1992): Public Health Assessment Guidance Manual. U.S. Department of Health and Human Services. PB92 - 147164.
4. Babajić, E., Babajić, A., Stjepić Srkalović, Ž., Srkalović, D., Ustalić, S., Akmadžić, H., (2017): Chromium and nickel in soil in the wider Maglaj area - concentration and genesis. Archives for Technical Sciences 2017. 17(1), 1-8.
5. Barbalace, K., (2007): [Periodic Table of Elements](#)". Environmental Chemistry.com. Retrieved 2007-04-14.
6. BAS CEN ISO/TS 17892 – 3, (2009): Geotehničko istraživanje i ispitivanje – Laboratorijsko ispitivanje tla – Dio 3: Određivanje gustoća čvrstih čestica – metoda piknometra.
7. BAS CEN ISO/TS 17892–4, (2009): Geotehničko istraživanje i ispitivanje – Laboratorijsko ispitivanje tla – Dio 4: Određivanje granulometrijskog sastava (CEN ISO/TS 17892-4:2004, IDT).
8. Boffito, C., (1991): Barium. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. 4th edition, Vol. 3. John Wiley and Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto and Singapore: 902 – 908.
9. Federalni Zavod za agropedologiju: Pedološka karta FBiH, 1:20 000. Sarajevo.
10. Halamić, J., Miko, S., (2009): Geokemijski atlas Republike Hrvatske. Hrvatski geološki Insitut. Zagreb.
11. Haynes, W. M., [ed.]. (2011): Section 4. Properties of the elements and inorganic compounds in CRC Handbook of Chemistry and Physics, 91st Edition (Internet Version 2011), CRC Press/Taylor and Francis, Boca Raton, FL.
12. Martin, R. B., (1986): Bioinorganic chemistry of metal ion toxicity. Metal Ions in Biological Systems, Vol. 20, H. Sigel (Ed.). Marcel Dekker, New York: 21 – 65.
13. Ottesen, R.T. (2008): Sampling protocol for Urban Geochemistry in Europe (URGE).
14. Pamić, J., Sunarić-Pamić, O., Kapeler, I., Olujić, J., (1966): Tumač za osnovnu geološku kartu, list Zavidovići 1:100 000. Institut za geološka istraživanja, Sarajevo.
15. Pradyot, P., (2003): Handbook of inorganic chemicals. ISBN 0-07-049439-8.
16. Salkić Z., Babajić E., Babajić A., Pobrić V., i Bešić, A., (2014): Petrogenesis of the Maglaj volcanics, Central Bosnia. Archives for Technical Sciences 11(1), 7-1. UDC: 553.98:622.276 (497.6 Maglaj). DOI: 10.7251/afts.2014.0611.007S. COBISS.RS-ID 4571160.
17. Salkić, Z. (2005): Petrologija i geohemija tercijarnih vulkanskih stijena u Bosni i Hercegovini. Doktorska disertacija. Rudarsko-geološko-građevinski fakultet Univerziteta u Tuzli.
18. Salkić, Z. (2015): Tercijarni vulkanizam u Bosni i Hercegovini. RGGF Tuzla.
19. Salminen, R., Batista, M.J., Bidovec, M., Demetriades, A., de Vivo, V., de Vos, W., Duris, M., Gilucis, A., Gregorauskiene, V., Halamić, J., Heitzmann, P., Jordan, G., Klaver, G., Klein, P.,

- Lis, L., Locutura, J., Marsina, K., Mazreku, A., O'connor, P.J., Alsson, S.Å., Ottesen, R.T., Petersell, V., Plant, J.A., Reeder, S., Salpeteur, I., Sandström, H., Siewers, U., Steenfelt, A. & Tarvainen, T., (2005): *Geochemical Atlas of Europe, Part 1, Background Information, Methodology and Maps.*- Geological Survey of Finland, 526 pp, Espoo.
20. Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine (2009): *Pravilnik o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih tvari u zemljištu i metode njihovog ispitivanja, broj 72/09.* Sarajevo.
21. Sunarić-Pamić, O., Pamić, J., Kapeler, I., Olujić, J., Zec, F., (1966): *Osnovna geološka karta, list Zavidovići 1:100 000.* Institut za geološka istraživanja, Sarajevo.
22. Šorša, A., Halamić, J., (2014): *Geokemijski atlas Siska.* Hrvatski geološki Institut Zagreb.
23. Tanović, N., Ivanković, M., Džubur, A., Kurtović, O. i Salčinović, A. (2017): *Strategija razvoja poljoprivrede općine Maglaj (2017 - 2021).* Maglaj.
24. Taylor, S. R., (1964): *Abundance of chemical elements in the continental crust: A new table.* *Geochim. Cosmochim. Acta.* 28: 1273 – 1285.
25. WHO (World Health Organisation) (1990): *Environmental Health Criteria 107: Barium.* International Programme on Chemical Safety, Geneva: 121.

# DONJOMIOCENSKI (OTNANAG-KARPATSKI) KLASTIČNI I KLASTIČNO-KARBONATNI ŠELF JUGOISTOČNOG DELA CENTRALNOG PARATETISA, NAFTNO-GASNO POLJE MALJUREVAC-BUBUŠINAC (DRMLJANSKA DEPRESIJA, STIG, SRBIJA)

Dr Radmilo Jovanović, dipl. inž. geologije

NTC NIS Naftagas, d.o.o., Novi Sad, Republika Srbija; [radmilo.jovanovic@nis.eu](mailto:radmilo.jovanovic@nis.eu)

**Ključne reči:** Naftno-gasno polje Maljurevac-Bubušinac, Paratetis, otnang-karpat, formacija Sirakovo, klastično-karbonatni šelf, Stig, Srbija

## Sažetak

Naftno-gasno ležište „Maljurevac-Bubušinac“ se nalazi na oko 70km istočno od Beograda u Drmljanskoj depresiji, Stiški okrug, Istočna Srbija.

Naftno-gasni sistem je u donjem miocenu, u otnangsko-karpatkim (Gagić, 1990) klastičnim i karbonatnim stenama koje su nastale jugoistočnom delu Paratetisa (Janković, 1982). Sedimentne stene tog naftnog ležišta pripadaju formaciji Sirakovo (Jovanović, 2017). Pre-ma generalnoj geotektonskoj rejonizaciji Evrope, formacija Sirakovo je u okviru pokri-vaču Srpsko-makedonskog kompozitnog terana.

Eksplatacija nafte i gasa ležišta Maljurevac-Bubušinac je još uvek aktivna (Bajatović, 2002; Jovanović, 2016). Sedimentne i vulkano-sedimentne stene su deponovane u različitim facijama klastičnog i klastično-karbonatnog šelfa koji je bio razvijen tokom otnangsko-kar-patske faze egzistencije jugoistočnog dela Paratetisa. Nekoliko različitih faza sinsedimentacione tektonike su za posledicu imale intenzivni subsidencionalni transgresivni (agradacija) i regresivni (progradacija) stil sedimentne depozicije. Povremeno su se sticali uslovi za formiranje karbonatne platforme sa razvojem krpastih sprudova. Uočeno je nekoliko faza depozicije tufnih sedimenata. Sinsedimentaciona i sindijagenetska tektonska aktivnost za posledicu ima razvoj veoma velikog broja deformacionih struktura. Mlađa tektonika sred-njemiocenske i pliocenske starosti je uzrokovala aktuelni strukturni sklop naftno gasnog ležišta Maljurevac-Bubušinac.

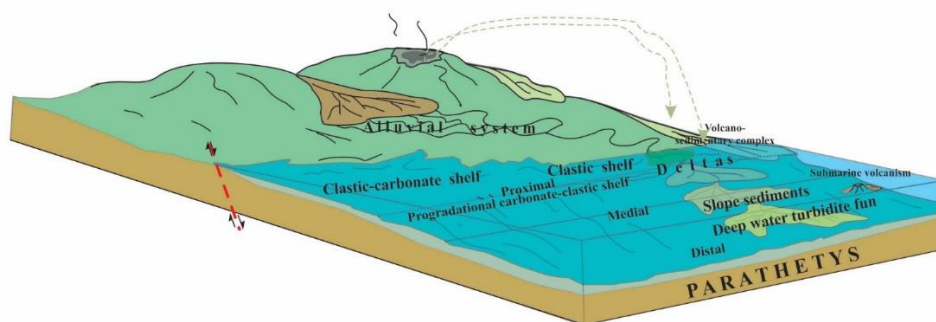


Fig. 1 Model of sedimentary environments during Otnangian-Karpathian



## LOWER MIOCENE (OTTNANGIAN-CARPATHIAN) CLASTIC AND CLASTIC-CARBONATIC SHELF OF SOUTH-EASTERN PART OF CENTRAL PARATHETYS, OIL AND GAS FIELD MALJUREVAC-BUBUŠINAC (DRMNO DEPRESSION, STIG DISTRICT, SERBIA)

Dr Radmilo Jovanović, dipl. inž. Geologije

NTC NIS Naftagas, d.o.o., Novi Sad, Republika Srbija; [radmilo.jovanovic@nis.eu](mailto:radmilo.jovanovic@nis.eu)

**Key word:** Petroleum deposit Maljurevac-Bubušinac, Parathetys, Otnnangian-Karpathian, Formation Sirakovo, clastic-carbonate shelf, Stig, Serbia

### Abstract

Petroleum deposit „Maljurevac-Bubušinac“ is located 70 km eastern of Belgrade in Drmno depression, Stig District, East Serbia.

Petroleum system are in Lower Miocene, Otnnangian-Karpathian (Gagić, 1990) clastic and carbonate rocks in south eastern part of Parathetys (Janković, 1982). Sedimentary rock of this petroleum deposit belongs to the Formation Sirakovo (Jovanović, 2017). According to general geotectonic zoning and setting of Europe Formation Sirakovo belongs to the cover of Serbian-Macedonian Composite Terrane.

The exploitation of petroleum (oil and gas) deposit Maljurevac-Bubusinac is still in progress (Bajatović, 2002, Jovanović, 2016). The sedimentary and volcano-sedimentary rocks are deposited in the various facies of clastic and carbonate-clastic shelf which were developed during the Otnnangian and Karpathian phase of existence of east-southern part of Parathetys. Several phases of various synsedimentary tectonic activity produced intensive subsidential transgressive (aggradation) and regressive (progradation) style of sedimentary deposition. Occasionally they acquired conditions for the formation of a carbonate platform with patch reefs. It is noted several stages of deposition of tuffaceous matter. Synsedimentary and syndiagenetic tectonic activity produced a lot of deformational structures. Younger tectonic of Middle Miocene and Pliocene age produced actual tectonic setting of oil and gas deposit Maljurevac-Bubušinac.

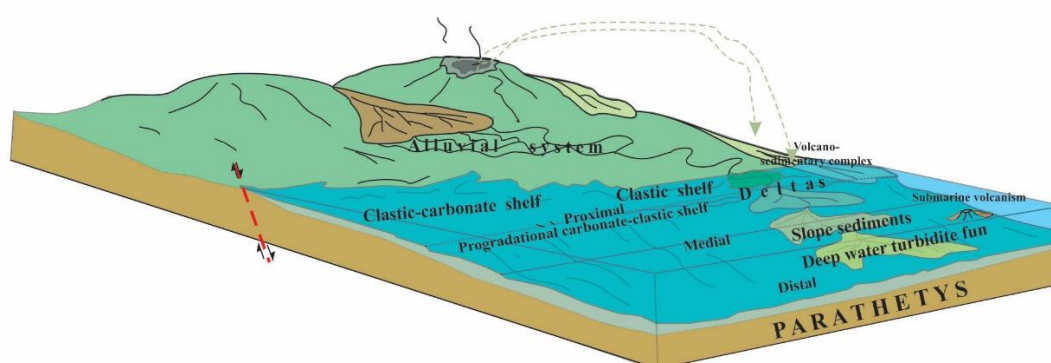


Fig. 1 Model of sedimentary environments during Otnnangian-Karpathian

**References:**

1. Bajatović, M. (2002): Aneks projekta detaljnih geoloskih istraživanja na lokalitetu Maljurevac-Bubusinac. Confidential, unpublished, NTC NIS Naftagas in-haus data base. Novi Sad.
2. Gagić, N. (1990): First Recovery of Carpathian and Ottnangian Microfossil Communities in Požarevac Area of the Danubian Littoral (Stig, Serbia). *Annal. Geol. Pen. Balk.*, LIV, 277-294 . Belgrade.
3. Janković, P., Pantić, N., Sećerov P., Marković, V., Kurbalija, J., Bundaleski, M. (1982): Tercijarne naslage Podunavlja (između Smedereva, Požarevca i Velikog Gradišta) na osnovu dubokog bušenja. *Zbornik radova, knj. I, X Geol. Kong. Jugoslavije*, 123-135, Budva.
4. Jovanović, R. (2015): Izveštaj o izvršenim radovima na sedimentološkoj studiji donjomiocenskih jezgara sa polja Sirakovo. Confidential, unpublished, NTC NIS Naftagas in-haus data base, 1-111. Novi Sad.
5. Jovanović, R. (2016): Izveštaj o izvršenim radovima na sedimentološkoj studiji donjomiocenskih jezgara sa polja Maljurevac-Bubusinac. Confidential, unpublished, NTC NIS Naftagas in-haus data base, 1-132. Novi Sad.
6. Jovanović, R. (2017): Lithostratigraphy of Lower Miocene (Ottangian-Karpathian) elastic-carbonatic shelf of south-eastern part of central Parathetys, Formation Sirakovo (Drmno Depression, Stig District, Serbia). Unpublished, NTC NIS Naftagas in-haus data base. Novi Sad.

## CONODONTS OF SLOVENIA

### KONODONTI SLOVENIJE

Tea Kolar-Jurkovšek, Bogdan Jurkovšek

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, [tea.kolar@geo-zs.si](mailto:tea.kolar@geo-zs.si),  
[bogdan.jurkovsek@geo.zs.si](mailto:bogdan.jurkovsek@geo.zs.si)

**Key words:** conodonts, biostratigraphy, Paleozoic, Triassic, Permian-Triassic boundary, Slovenia

#### Abstract

The monograph *Conodonts of Slovenia* is a review of conodont research on the Slovenian territory, aiming to present an interesting fossil group, particularly important for Palaeozoic and Triassic biostratigraphy. Conodonts are phosphatic, tooth-like elements of an extinct, jawless vertebrate animal grouped in the class Conodonta. The entire group became extinct at the end of the Triassic due to rapid simultaneous changes in the environment caused by the progressive disintegration of the Pangea supercontinent. Short chronostratigraphic range coupled with extensive geographic distribution and high resistance to rock alteration, place conodonts among the most important index fossils in the biostratigraphy of Paleozoic and Triassic marine formations.

Preserved fossils of entire conodont animals are extremely rare. Conodont phylogeny is therefore based on delicate, tooth-like phosphatic elements that can be obtained by dissolving marine sedimentary rocks in diluted formic or acetic acid. These bilaterally and symmetrically arranged tooth-like elements were positioned in the anterior part of the digestive tract of conodont animal. They were first described by Heinz Christian Pander (1794–1865) from the Paleozoic strata along the Baltic Sea, but only in the first half of the 20th century, in the pioneering era of conodont study, did their chronostratigraphic value gradually come to be recognized, which continues to be further refined today. In the modern period of post-World War II, conodont research became more important in establishing the relative geological age of rocks.

Conodont elements can be collected in variety of sedimentary rocks because conodont animals inhabited vastly different marine environments, ranging from just the sea floor to far higher up in the water column. Among them were also species adapted to shallow marine environments. Due to their microscopic size conodonts are often abundantly preserved in the rocks. Conodont elements enable us to determine the relative age of the strata where ammonoids and other fossils are rare or not preserved at all.

In Slovenia, the first research on conodonts dates back to the 1960s, which coincides with the production of the first Basic Geological Map of Yugoslavia 1:100,000, and at the Geological Survey of Slovenia it represents still today one of the most important paleontological methods used to determine the relative geological age.

This work presents the results of long-year systematic research in marine sedimentary rocks of the Eastern and Southern Alps, the External Dinarides and the transitional area between the External and Internal Dinarides. They are evidence of the history of the main Paleozoic and Triassic palaeogeographic units, from the unified Slovenian Carbonate Platform in the Paleozoic and Lower Triassic to its disintegration into the Julian and Adriatic-Dinaric Carbonate Platform with an intermediate Slovenian Basin in the Anisian. Today the Southern Alps correspond to the Julian Carbonate Platform, and comprise a large part of the Southern Karavanke, the Julian Alps and the Kamnik-Savinja Alps. The rocks of the Slovenian Basin are exposed on the surface in the border area of the Southern Alps and the External Dinarides, from where they extend across central Slovenia towards the southeast to the transitional area between the External and Internal Dinarides. The sediments of the Adriatic-Dinaric Carbonate Platform are represented in the External Dinarides, which were deposited over the extensive carbonate area of southern and south-western Slovenia.

An important supplement to the book represent several illustrations with geotectonic, paleogeographic and lithostratigraphic position of all the studied conodont bearing strata in Slovenia, which is an important tool for geologists to use in dating relative age of Paleozoic and Triassic strata.

In addition to the description of the basic geotectonic, paleogeographic and paleoecologic conditions, some key events, that had a fatal impact on life on Earth are highlighted. Among the latter, the Permian-Triassic catastrophe is definitely the most important. It is evidenced by conodonts in the strata of the Idrija-Žiri area and in the Permian-Triassic interval strata that can be tracked further south-east in the Dinarides.

The Permian-Triassic interval strata in Slovenia are characterized by the *Hindeodus* and *Isarcicella* population and in the absence or very rare presence of gondolellids. The Lukač section, with a continuous succession of zones, from the latest Permian *praeparvus* zone through the entire Griesbachian, represents a key section to define the Permian-Triassic boundary based in Slovenia on international criteria, as well as in the wider Dinarides area. Dienerian and Smithian strata are marked by shallow water genera: *Eurygnathodus*, *Foliella*, *Hadrodontina*, *Pachycladina* and *Platyvillosus*, whereas in the Spathian *Triassospathodus* prevails. Following Lower Triassic zones can be recognized: *parvus*, *lobata*, *isarcica-staeschei*, *postparvus*, *aequabilis*, *anceps*, *costatus*, *obliqua*, *gardenae*, *corniger*, *regularis*, *hungaricus*, *symmetricus*, *homeri-robustispinus* in *triangularis* Zones.

The Middle and Upper Triassic zones are largely comparable to conodont zones elsewhere in the world. Middle Triassic faunas are indicated by the presence of *Budurovignathus*, *Neogondolella* and *Paragondolella*, which enable the recognition of the following zones: *bulgarica*, *bifurcata*, *constricta*, *trammeri*, *hungaricus* and *mungoensis* Zones. In the Longobardian strata of central Slovenia *Pseudofurnishius murcianus* occurs, which is therefore an important paleobiogeographic marker. *P. murcianus* is a typical element of the Sephardic province characterized by partly endemic faunas of the western Tethys and its marginal seas.

The distinguished Carnian zones are based on *Carnepigondolella*, *Paragondolella* and *Quadralella*, followed by: *polygnathiformis*, *praelindae*, *tuvalica-carpathica* and the *pseudodiebeli-zoae* Zones, which are comparable to the zones of the standard conodont zonation. The only difference is the Julian-?early Tuvalian zone, with monofauna of *Nicoraella? budaensis* which designates the *budaensis* Zone and indicates the stressful

conditions of the Carnian Pluvial Event; the species being an important regional marker. From the lower Norian until the end-Triassic, a noticeable decline in conodonts is demonstrated in the *Epigondolella*, *Mockina*, *Parvigondolella* and *Misikella* cycle. The following succession of the zones was identified: *rigoi-quadrata*, *triangularis*, *postera*, *bidentata*, *andrusovi-hernsteini*, *posthernsteini* (divided into the *hernsteini-posthernsteini* and *koessenensis* Subzones) Zones and one Unnamed Zone. The latter corresponds to the *ultima* Zone, which to date has been documented in the eastern part of the Dinarides area.

Conodonts were certainly one of the most successful animal groups. They demonstrated their importance for Paleozoic and Triassic stratigraphy, world palaeogeography and paleoclimate, enable to determine the thermal history of sedimentary rocks that is especially useful in the search for hydrocarbon as well as the study of structural geology. According to the reviewers, the presented book is a fundamental scientific work in the field of paleontology and biostratigraphy in Slovenia. The monograph is supported by numerous graphics and field photographs, an important part of which are several illustrations of conodont elements. The selection of literature contains 364 reference sources which provides a more detailed insight into the conodont research of the studied area and in the world.

The studied conodonts obtained in the Paleozoic strata of Slovenia enabled to distinguish 18 Devonian, Carboniferous and Permian associations. A conodont zonation scheme for the strata ranging through the entire Triassic was established based on identification of 34 zones and 2 subzones.

## ФАЦИЈАЛНА АНАЛИЗА МИОЦЕНСКИХ СЕДИМЕНАТА ШИРЕГ ПОДРУЧЈА СРЕМА (СРБИЈА)

Даница Ашанин, дипл. инж. геологије

НТЦ-НИС-Нафтагас д.о.о., Нови Сад, Република Србија; [danica.asanin@nis.eu](mailto:danica.asanin@nis.eu)

**Кључне речи:** 3Д сеизмичко испитивање, миоцен, фације, депозиционе средине

### Апстракт

Истражни простор припада Славонско-сремској депресији, која се налази у јужном делу Панонског басена. На северу се граничи са Дравском, а на западу са Савском депресијом. Геолошка интерпретација 3Д сеизмичких података била је полазна основа за свеобухватно разумевање истражног простора.

Фацијална анализа миоценских седимената урађена је на основу синтезе података који су добијени палеонтолошко-петролошко-седиментолошким проучавањима узорака језгара и њиховом корелацијом са подацима добијеним каротажним мерењима у бушотинама. Детаљним петролошко-седиментолошким испитивањима стена миоценског комплекса утврђени су типови стена и депозициони услови њихове генезе. Палеонтолошка испитивања омогућила су идентификацију фосилних остатака и самим тим дефинисање стратиграфске припадности и депозиционих средина.

Циљ овог рада био је седиментолошка реконструкција ширег истражног простора, као и боље разумевање ширег простора и његове везе са околним депресијама.

Фацијална анализа је урађена за четири хоризонта: „Доњи миоцен“, „Баден“, „Панон“ и „Доњи понт“.

У раздобљу отнанга (18-17 м.а.) су створени услови који су омогућили таложње седимената распрострањених на целом подручју. Седиментација се одвијала у копненим срединама алувијалних лепеза и у језерским срединама.

На основу фацијалне анализе хоризонта „Доњи миоцен“ издвојени су седименти проксималних и дисталних језерских фација. На крајњем истоку су утврђени олигоценско-доњемиоценски дацити.

На ширем подручју истраживања, средином миоцена (16,5-11,6 м.а.) долази до трансгресије. Као резултат регионалне екстензије формиран је низ полуграбена у којима се одвијала седиментација која је била праћена вулканском активношћу, о чему сведоче наслаге туфова и вулканских стена на околним Славонским горама и Мотајици, као и на мањим структурама. Трансгресивни карактер ових седимената условио је значајну фацијалну диференцијацију па се таложје органогени кречњаци, брече, конгломерати, пешчари, песковити лапорци, лапорци.

На основу фацијалне анализе хоризонта „Баден“ утврђени су органогени кречњаци, пешчари и конгломерати приобалног појаса, као и карбонатни и песковити седименти фација унутрашњег шелфа. У дубљим деловима депресија депоновани су претежно глиновито-лапоровити седименти.

Седименти панона припадају следећем седиментационом мегациклусу (време горњег миоцена (11,6 – 5,3 м.а.). То је фаза термалне субсиденције. Дебљина наслага горњег

миоцена у Славонско-сремској депресији највећа је у западном и северном делу ове депресије, где досежу 1500 м.

Током панона шири простор обележавају бракични језерски услови седиментације. Продубљавање акомодационог простора условило је таложење дубоководних седимената.

На основу фацијалне анализе хоризонта „Панон“ издвојено је подручје приобалског појаса, падине шелфа (са развићем дистрибутивних канала), као и најдубљи делови депресија (фације турбидитних лепеза).

Током понта (8,2-5,3 м.а.) на ширем истражном простору долази до поступног запуњавања акомодационог простора, што је довело до оплићавања и пораста учешћа теригеног материјала.

На основу фацијалне анализе хоризонта „Доњи понт“ можемо закључити да северозападни део истражног простора припада проксималним деловима (приносни канали шелфа). Глиновити лапорци су депоновани у басену, у деловима турбидитских лепеза. Фације пешчара, лапораца и глинаца таложене су у делтном режиму седиментације. Песковито-лапоровите фације припадају челу делте. Јужни део истражног простора карактерише дубоководније басенско развиће. Седименти доњег понта се одликују већим дебљинама у северном делу истражног простора.

Сеизмогеолошка интерпретација 3Д података била је полазна основа за просторно дефинисање хоризоната у миоцену, а бушотински подаци (анализе језгара и геофизичког каротажа) као основа за израду карата седиментолошке реконструкције.

Приказани модел Срема можемо користити за истраживање депресија ширег простора у циљу разматрања нафтно-геолошке перспективности.

Резултати ових испитивања омогућавају разумевање геолошких процеса који су утицали на колекторска својства седимената.

Сви резултати ће користити за израду детаљних геолошких модела, као и за будуће планирање истраживања нафте и гаса.

## Референце

1. Čanović, M., Kemenci, R., (1999): Geologic setting of the Pre-Tertiary basement in Vojvodina (Yugoslavia). Part II: The north part of the Vardar zone in the south Vojvodina. Acta Geologica Hungarica, Budapest
2. Фонд стручне документације НТЦ НИС а.д. Научно-технолошки центар, Нови Сад, Република Србија
3. Karamata, S., Krstić, B., Dimitrijević, D. M., Dimitrijević, M. N., Knežević, V., Stojanov, R., Filipović, I., (1997): Terranes between the Moesian plate and the Adriatic sea. Annales géologiques des pays Helléniques, IGCP Project, 276. Terrane maps and terranes descriptions D. Papanikolaou (coordinator), Panepistimiopolis, Athines
4. Velić, J. (2007): Geologija ležišta nafte i plina. Sveučilište u Zagrebu, 342, Zagreb
5. Вучковић, Б. и др., (2018): Извештај комплексне сеизмогеолошке интерпретације података снимљених на истражном простору „3Д Моровић“; Нови Сад, Република Србија

## FACIAL ANALYSIS OF THE MIOCENE SEDIMENTS IN WIDER AREA OF SREM (SERBIA)

Danica Ašanin, geologist

NTC-NIS Naftagas d.o.o. Novi Sad, Republic of Serbia, [danica.asanin@nis.eu](mailto:danica.asanin@nis.eu)

**Key words:** 3D seismic exploration, Miocene, facies, depositional environment

### Abstract

The exploration area belongs to the Slavonian-Syrmian depression, which is located along the southern edge of the Pannonian basin. On the north it is bordered by Drava depression, and on the west by Sava depression.

A geological interpretation of 3D seismic data was the starting point for an integral understanding of the exploration area.

The facies identification of Miocene sediments was carried out based on the synthesis of data obtained by complex petrological and palaeontological studies of the core samples and their correlation with well log data. Detailed sedimentological studies of the samples of Miocene complex have obtained the lithotypes determination and the deposition conditions of their genesis. Paleontological tests enabled the identification of fossil remains and depositional environments.

The main goal of this paper was the sedimentological reconstruction of the wider exploration area, as well as its connection with the adjacent depressions.

Facies analysis was carried out for four horizons; "Lower Miocene", "Badenian", "Pannonian", and "Lower Pontian".

During the Ottnangian period (18-17 m.a.), conditions that allowed the deposition of widespread sediments were created. Sedimentation took place in the conditions of alluvial fans and lake areas.

Based on the facial analysis of the horizon "Lower Miocean", the sediments of proximal and distal lake facies were distinguished. In the easternmost part of terrain, Oligocene-Lower Miocene dacites were observed.

In the wider area, by Middle Miocene (16.5-11.6 m.a.) transgression had occurred. As a result of the regional extension, a series of half-grabens, and sedimentation was followed by volcanic activity, which is evidenced by the tuffs and volcanic rocks on the surrounding Slavonian and Motajica mountains, as well as on smaller structures. The transgressive character of these sediments has resulted in significant facial differentiation, and organogenic limestones, breccia, conglomerates, sandstones, sandy marlstones, and marlstones were deposited.

Based on the facial analysis of the horizon "Badenian", organogenic limestones, sandstones and conglomerates of the coastal belt were established, as well as carbonates and sandstones of inner shelf facies. In deeper areas clayey-marly sediments were deposited.

Pannonian sediments belong to the next sedimentation megacycle (the Upper Miocene time (11.6 – 5.3 m.a.). It is a phase of thermal subsidence. The thickness of the upper Miocene deposits in the Slavonian- Syrmian depression is highest in the western and northern parts of depression, reaching 1500 m.



During the Pannonian, the wider area is characterized by brackish deposition conditions. Deepening of the accommodation space caused the deposition of deep-water sediments.

Based on the facial analysis of the horizon "Pannonian" the area of the coastal belt, the slope (with the development of distribution channels), as well as deeper parts of depression (turbidite fan facies) were distinguished.

During the Pontian stage (8.2-5.3 m.a.), the wider exploration area experienced gradual filling of the accommodation space, which has led to the expansion and increase of the content of terrigenous material.

Based on the facial analysis of the horizon "Lower Pontian" we can assume that the northwestern part of the exploration area belongs to the proximal parts (tributary channels of the shelf). Clayey marls are deposited in the basin, in parts of the turbidite fans. Sand, marl and clay facies are deposited in the delta sedimentation regime. The southern part of the exploration area is characterized by deep-water basin development. The Lower Pontian sediments are characterized by greater thicknesses in the northern part of terrain.

The geological interpretation of 3D seismic data was used as the starting point for the spatial definition of the horizons: "Lower Miocene", "Badenian", "Pannonian", and "Lower Pontian", the general palaeotransport definition, and the well data (core analysis and well logging data) as the basis for making facies distribution and sedimentological reconstruction maps.

The presented model of the Srem can be used for studying the surrounding depressions and considering their hydrocarbon potential.

The results of this study provide an understanding of the geological processes and features, patterns of changes in reservoir properties of oil and gas reservoirs in the Miocene sediments of the wider area of Srem region.

All results could be used for detailed geological models, as well as for future drilling plans, not only for exploration, but also for field development phase.

## References

1. Čanović, M., Kemenci, R., (1999): Geologic setting of the Pre-Tertiary basement in Vojvodina (Yugoslavia). Part II: The north part of the Vardar zone in the south Vojvodina. Acta Geologica Hungarica, Budapest
2. Documentation fund of NIS a.d. Scientific-technological center, Novi Sad, Republic of Serbia
3. Karamata, S., Krstić, B., Dimitrijević, D. M., Dimitrijević, M. N., Knežević, V., Stojanov, R., Filipović, I., (1997): Terranes between the Moesian plate and the Adriatic sea. Annales géologiques des pays Helléniques, IGCP Project, 276. Terrane maps and terranes descriptions D. Papanikolaou (coordinator), Panepistimiopolis, Athines
4. Velić, J. (2007): Geologija ležišta nafte i plina. Sveučilište u Zagrebu, 342, Zagreb
5. Вучковић, Б. и др., (2018): Извештај комплексне сеизмогеолошке интерпретације података снимљених на истражном простору „3Д Моровић“; Нови Сад, Република Србија

## STRATIGRAFSKA REVIZIJA GORNJEG BADENA RAKOVIČKOG POTOKA KOD BEOGRADA (CENTRALNI PARATETIS , SRBIJA)

Dr Gordana Jovanović 1, dr Sejfudin Vrabac 2 , dr Stjepan Ćorić 3

<sup>1</sup> Prirodnjački muzej, Beograd, Srbija; <sup>2</sup> Rudarsko-geološko-građevinski fakultet u Tuzli (Bosna i Hercegovina), <sup>3</sup> Geologische Bundesanstalt Neulinggasse, Wien, Austria,

(e-mail: <sup>1</sup>[gordana.j@nhmbeo.rs](mailto:gordana.j@nhmbeo.rs), <sup>2</sup>[sejfudin.vrabac@untz.ba](mailto:sejfudin.vrabac@untz.ba)), <sup>3</sup>[stjepan.coric@geologie.ac.at](mailto:stjepan.coric@geologie.ac.at)

**Ključne reči:** stratigrafija, donji baden, Rakovica (Srbija), krečnjački nanofosili, foraminiferi, mekušci.

### Sažetak

U ovom radu su prikazani rezultati biostratigrafskih studija badenskih (srednjomiocenskih) pešćara u Rakovičkom potoku kod Beograda (centralna Srbija). Prikazano područje se nalazi na južnim bokovima brda Torlaka, južno od Beograda. U prethodnoj literaturi, gornjobadenska starost (*Ammonia beccarii* Zone) ovih naslaga je zasnovana na proučavanjima zajednice foraminifera. Novi uzorci su sakupljeni 2018. godine za analizu fosilnog materijala. Nova istraživanja su pojasnila stratigrafski položaj sedimenata nazvanih "Rakovički peskovi". Na osnovu novih fosilnih nalaza krečnjačkog nanoplanktona, foraminifera i mekušaca objedinjeni su dokazi i izvršena revizija gornjobadenskih sedimenata Rakovičkog potoka, čime je obezbeđena dobra osnova za buduća istraživanja. Mikropaleontološka i makropaleontološka proučavanja ovih sedimenata koji su u radu pripisani donjem badenu, pokazala su postojanje bogate faune mekušca, foraminifera i retkih nanofosila, kao značajnih zajednica koje su omogućile precizno definisanje starosti istraživanih sedimenata.

Formacija pešćara Rakovica koja je ovde opisana iznosi 3 m debljine srednjomiocenskih (badenskih) sedimenata. Autori su prikupili stratigrafski i taksonomski važne mikrofosile i makrofosile. Takođe, proučene su i stare zbirke Muzeja koje obuhvataju 3000 primeraka iz mesta Rakovica. Opisani deo se sastoji od slabo cementiranog pešćara žućkaste boje i malog sivog sloja pešćara u obliku sočiva. Fosili su nađeni u oba uzorka. Na vrhu izdanka otkriveni su tanki i jako cementirani slojevi pešćara s retkim nanofosilima.

Analizirano je nekoliko uzoraka u pogledu nanoplanktona, foraminifera i mekušaca. Vrlo plitkovodni pešćari potoka Rakovica nisu povoljni za nalazak bogatih asocijacija nanofosila. Retkost krečnjačkog nanoplanktona je otežavalo utvrđivanje biostratigrafskog položaja istraživanih sedimenata. Ipak, nekoliko identifikovanih vrsta ukazuju da pešćari pripadaju srednjomiocenskoj nanoplanktonskoj, NN5 (korišćena je nanoplanktonska zonacija Martini, 1971). *Sphenolithus heteromorphus* Deflandre 1953 je identifikovan u uzorku iz stare zbirke Muzeja. Zajednica ovog uzorka sadrži i *Sphenolithus moriformis* (Brönnimann & Stradner, 1960 Bramlette & Wilcoxon, 1967), *Siracosphaera pulchra* Lohmann, 1902 i tri vrste pretaloženih nanofosila iz krednih naslaga. Foraminiferi su retki i gotovo isključivo zastupljeni bentoskim oblicima. Pronađeno samo nekoliko planktonskih oblika roda *Orbulina*. Zajednice foraminifera iz analiziranih uzoraka ukazuju da sedimentne naslage potoka Rakovica pripadaju donjem badenu, i to starijoj zoni *Ammonia viennensis* i *Elphidium crispum*. Jedna od činjenica je i da se u pešćaru nalazi podvrsta *Borelis melo haueri* (d'Orbigny), koja se u Centralnom

Paratetisu vezuje isključivo za donji baden. Pored toga, bazalni konglomerat i peščari potoka Rakovica nastali su tokom transgresije badenskog mora, što je karakteristično za donjobadensku zonu *Ammonia viennensis*, u Srbiji i severnoj Bosni. Naši rezultati pokazuju da se oko 150 vrsta mekušaca pojavljuje na istraživanom terenu. Gastropodi dominiraju. Zajednice mekušaca predstavljene su vrstama čestim u ranom srednjem miocenu Centralnog Paratetisa. Mnogi morski mekušci su dostigli vrhunac raznovrsnosti tokom toplog ranog badena. Neke vrste kao što su *Xenophora deshayesi* (Michelotti), *Babylonia (Peridipsaccus) eburnoides* (Matheron), *Semicassis laevigata* (Defrance), *Vittularia linguabovis* (Basterot), *Persististrombus exbonellii* (Sacco), *Persististrombus lapugyensis* (Sacco) i *Megacardita hoernesii* La Perna, Mandić i Harzhauser, takođe pripadaju tom periodu, ili se vezuju za početak badenske transgresije. Istraživanja su pokazala da sedimenti Rakovičkog potoka stratigrafski odgovaraju ranom badenu (nanoplankton NN5 zona).

#### Reference:

1. Ćorić S., Vrabac S., Đulović I. & Babajić E., (2018): Donji miocen i donji baden na profilu Čaklovići u Tuzlanskom bazenu. Knjiga apstrakata 17. kongresa geologa Srbije, 115-120, Vrnjačka Banja.
2. Jovanović G., Ćorić S. & Vrabac S., (2018): Prvi dokazi morske donjobadenske transgresije kod Koceljeve (zapadna Srbija). Knjiga apstrakata 17. kongresa geologa Srbije, 139-143, Vrnjačka Banja.
3. Petrović M., (1962): Prilog poznavanju tortonskih foraminifera iz Beograda i bliže okoline. Geol. anali Balk. pol., 29, 27-38, Beograd.
4. Vrabac S., Ćorić S., Đulović I. & Ječmenica Z., 2015: Diskordancija između badena i sarmata u profilu Spasine kod Ugljevika. Zbornik radova I kongresa geologa BiH sa međunarodnim učešćem, 10-15, Tuzla.

## STRATIGRAPHY REVISION OF UPPER BADENIAN OF RAKOVICA STREAM NEAR BELGRADE (CENTRAL PARATETHYS, SERBIA)

Dr Gordana Jovanović 1, Dr Sejfudin Vrabac 2 , Dr Stjepan Ćorić 3

<sup>1</sup>Natural History Museum, Belgrade, Serbia; <sup>2</sup> Faculty of Mining, Geology and Civil engineering of Tuzla (Bosnia and Herzegovina), <sup>3</sup> Geologische Bundesanstalt Neulinggasse, Wien, Austria,

(e-mail: <sup>1</sup>[gordana.j@nhmbeo.rs](mailto:gordana.j@nhmbeo.rs), <sup>2</sup>[sejfudin.vrabac@untz.ba](mailto:sejfudin.vrabac@untz.ba)), <sup>3</sup>[stjepan.coric@geologie.ac.at](mailto:stjepan.coric@geologie.ac.at)

**Key words:** stratigraphy, Lower Badenian, Rakovica (Serbia), calcareous nanofossils, foraminifers, molluscs.

### Summary

This paper presents the results of biostratigraphy studies of Badenian (Middle Miocene) of the sandstone deposits of the Rakovica stream near Belgrade (central Serbia). The studied area is located on the southern flanks of Torlak hill, south of Belgrade. In previously literature, the upper Badenian age (*Ammonia beccarii* Zone) of these deposits were based on studies of the foraminifers assemblages. A new bulk samples were taken in 2018 for analyses of fossils materials. New research are clarified the stratigraphic position of the deposit so-called "Rakovica sand". Here, has been integrated evidences based on new fossil findings of calcareous nanoplankton, foraminifera and molluscs shells in order to revised the Upper Badenian deposits of Rakovica stream, and in order to provide a thorough scientific background for future study. Micropaleontological and macropaleontological studies on the sediments of Rakovica Stream herein reported to the Lower Badenian showed the existence of a rich faunal where molluscs and foraminifera, as well as some rare nanofossils are enabled accurate defining of the age of the researched sediments.

. The Rakovica sandstone Formation is herein named and described for a 3-m-thick sequence of the Middle Miocene sediments (Badenian). Autors have collected stratigraphically and taxonomically important microfossils and macrofossils. Also, old collections of Museum comprise 3000 specimens from the Rakovica deposits were investigated. The described section consists of poorly cemented sandstone yellowish color and small gray sandstone body in the lens shape. Fossils come from both sample. On the top of the section, thin and strongly layers cemented sandstones with rare nanofossils are exposed.

Several samples from the Rakovica Stream have been analysed in respect to nanoplankton, foraminifers and molluscs. Very shallow sandstones of the Rakovica Stream are not very favorable to provide abundant and rich associations of nanofossils. The rarity of calcareous nanoplankton has made difficult the establishing biostratigraphic framework. Nevertheless, the few identified species are informative and show that NN5 zone of the Middle Miocene is present in the sampled succession. The occurrences of *Sphenolithus heteromorphus* Deflandre 1953 in the sample from old collection of Museum enabled the attribution into NN5 .(nanoplankton zonation of Martini, 1971). The nanofossil assemblage is composed of *Sphenolithus moriformis* (Brönnimann & Stradner, 1960) Bramlette & Wilcoxon, 1967 and *Syracosphaera pulchra* Lohmann, 1902 and three species of the reworked nanofossils from

Cretaceous deposits. Foraminifers are rare and almost exclusively represented by benthic forms, only several planktonic forms of genus *Orbulina* was found. The associations of foraminifers from the analyzed samples also indicate that the sedimentary deposits of Rakovica Stream belong to the Lower Badenian, to older zone of *Ammonia viennensis* and *Elphidium crispum*. One of the fact is that in the sandstone a subspecies *Borelis melo haueri* (d'Orbigny), is found, which in the Central Paratethys is related exclusively to the Lower Badenian. Also, basal conglomerate and sandstones of Rakovica Stream was formed during the transgression of the Badenian sea which is a characteristic of lower Badenian zone *Ammonia viennensis* in Serbia and northern Bosnia. Our results show approximately 150 molluscs species occurring in the studied section. Gastropods are dominated. Molluscan assemblages represent elements common in early Middle Miocene of the Central Paratethys. Many marine molluscs display a peak in diversity during the warm early Badenian. Some species such as *Xenophora deshayesi* (Michelotti), *Babylonia (Peridipsacus) eburnoides* (Matheron), *Semicassis laevigata* (Defrance), *Vittularia linguabovis* (Basterot), *Persististrombus exbonellii* (Sacco), *Persististrombus lapugyensis* (Sacco) i *Megacardita hoernesii* La Perna Mandić & Harzhauser, belong to that periode or appear with the beginning of Badenian transgression. Therefore, the investigated sections corresponding to early Badenian age (nanoplankton zone NN5).

#### References

1. Ćorić S., Vrabac S., Đulović I. & Babajić E., (2018): Donji miocen i donji baden na profilu Čaklovići u Tuzlanskom bazenu. Knjiga apstrakata 17. kongresa geologa Srbije, 115-120, Vrnjačka Banja.
2. Jovanović G., Ćorić S. & Vrabac S., (2018): Prvi dokazi morske donjobadenske transgresije kod Koceljeve (zapadna Srbija). Knjiga apstrakata 17. kongresa geologa Srbije, 139-143, Vrnjačka Banja.
3. Petrović M., (1962): Prilog poznavanju tortonskih foraminifera iz Beograda i bliže okoline. Geol. anali Balk. pol., 29, 27-38, Beograd.
4. Vrabac S., Ćorić S., Đulović I. & Ječmenica Z., 2015: Diskordancija između badena i sarmata u profilu Spasine kod Ugljevika. Zbornik radova I kongresa geologa BiH sa međunarodnim učešćem, 10-15, Tuzla.

## TRAGOVI PREDACIJA NA SREDNJOMICENSKIM (BADENSKIM) SKAFOPODIMA IZ VIŠNJICE KOD BEOGRADA (SRBIJA)

<sup>1</sup> Dr Gordana Jovanović, <sup>2</sup>Jovica Jovanović

Prirodnjački muzej, Njegoševa 51, Beograd, Srbija, e-mail: [gordana.j@nhmbeo.rs](mailto:gordana.j@nhmbeo.rs);

Geološki zavod Srbije, Rovinjska 12, Beograd, Srbija, e mail: [jovica.jovanovic@gzs.gov.rs](mailto:jovica.jovanovic@gzs.gov.rs)

**Ključne reči:** tragovi predacija, skafofode, baden, Višnjica kod Beograda (Srbija).

### Sažetak

U morskim ekosistemima, predatori koji se hrane mekušcima koriste razne metode prilikom ishrane, kao što su bušenje, struganje, grebanje. U toku predatorstva, često ostavljaju različite tragove na ljušturama plena, koji daju važne informacije o interakciji predatora i plena. Izbušene ljuštire nam mogu dati podatke kako o veličini plena tako i o veličini predatora. U ovom radu dajemo pregled takvih predacija na ljušturama skafofoda iz zbirki Prirodnjačkog muzeja u Beogradu. Skafofodi su mekušci u obliku kljove, koji žive kao infauna, zakopavajući se mišićavom nogom u isključivo meke morske sedimente. Ljuštura im je otvorena na oba kraja. Primerci skafofoda su sakupljeni iz jednog lokaliteta (potok Ramadan u Višnjici kod Beograda, centralna Srbija), lokalitet je trenutno nedostupan. Srednjomiocenska glina u Višnjici sadrži raznovrsnu, dobro očuvanu faunu, a to su briozoe, koralni, gastropodi, skafofodi, školjke, zubi ajkula, i dr. Stratigrafska pripadnost višnjičkih glina je još uvek predmet rasprava, ali svi dostupni podaci ukazuju na srednji miocen (baden, nanoplanktonska NN5 zona).

Skafofode iz miocenskih sedimenata Srbije su veoma slabo proučene. Istraživanja su pretežno predstavljena kratkim spiskovima identifikovanih vrsta ili njihovom stratigrafskim položajem. U fosilnim zapisima Srbije, gastropodi su poznati kao predatori, ali nema informacija o tragovima predacija na skafofodima iz srpskih lokaliteta. Naše istraživanje obuhvata više od 300 ljušturica, od kojih oko 130 uzoraka pripada *Fissidentalium badense* (Partsch in Hoernes, 1856). Većina fosilnih ljuštura je izlomljena, dominiraju središnji delovi ljuštura. Veći delovi su retki. Najveća izmerena dužina je bila 37,3 mm. Na ispitivanim materijalima su uočena različita oštećenja: pukotine, perforacije itd. Neki primerci pokazuju nepravilnost u rastu ljuštire. Analiza ovih oštećenja ukazuje da neka od njih predstavljaju delo predatora.

Badenski skafofodi sa lokaliteta Višnjica bili su povredjeni na više načina. Primerci sadrže potpune i nepotpune bušotine koje su napravili gastropodi. Identifikovani dokazi o predatorskom pritisku na ispitivanom materijalu su povezani sa bušenjem gastropoda iz porodice Naticidae. Više od 100 primeraka predatora natika je zabeleženo u fosilnoj zajednici. Bušotine koje su kružnog oblika odgovaraju ihnotaksonu *Oichnus paraboloides* Bromley, 1981. Takođe su pronađeni i predatori mureksi, ali mureksi žive uglavnom kao epifauna, dok skafofod plen živi kao infauna. Zabeženi su i tragovi bušenja crva i oporavljeni ožiljci koje su napravili durofagni predatori. Jedan primerak *Fissidentalium*-a ima nekoliko malih tragova koji su česti na ehinidima: *Tremichnus excavatus* (Donovan i Jagt, 2002).

Naši rezultati pokazuju da: (1) skoro sve bušotine se nalaze između čvrstih radijalnih, rebara; (2) zapažene su višestruke rupe male veličine, strme u odnosu na površinu ljuštire; (3) bušotine su češće na središnjim delovima ljuštire (4) opšta morfologija bušotina je kružna ili skoro

kružna sa vertikalnim zidovima, (5) primećena je selekcija plena; (6) Intenzitet bušenja je bio nizak, samo 8 ljuštura ima rupe. *Fissidentalium*, skafopod sa rebrima je pokazao viši stepen predacija; (7) učestalost neuspelih napada konstatovanih nepotpunim bušenjem je bila relativno niska.

### Reference

1. Bromley, R. G., (1981): Concepts in ichnology illustrated by small round holes in shells. *Acta Geológica Hispánica*, 16: 55–64.
2. Jovanović, G., and Jovanović, J. (1998): Tertiary scaphopods in Natural History Museum Belgrade. *Bulletin of Natural History museum*, A, 47-50, 199-204.
3. Klompmaker, A., (2011): Drilling and crushing predation on scaphopods from the Miocene of the Netherlands. *Lethaia*, doi:10.1111/j.1502-3931.2010.00254.x.
4. Klompmaker, A., Chattopadhyay, D., Clements, C. J., Kowalewski, M. (2019): Predation in the marine fossil record: Studies, data, recognition, environmental factors, and behavior. *Earth-Science Reviews*, doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.02.020.
5. Yochelson, E.L., Dockery, D. & Wolf, H. (1983): Predation of sub-Holocene scaphopod mollusks from Southern Louisiana. *Geological Survey Professional Paper* 1282, 13.

## TRACES OF PREDATION ON THE MIDDLE MIOCENE (BADENIAN) SCAPHOPODA OF VIŠNJICA NEAR BELGRADE (SERBIA)

<sup>1</sup>Dr Gordana Jovanović, <sup>2</sup> Jovica Jovanović

Natural History Museum Belgrade, Njegoševa 51, Belgrade, Serbia, e-mail: [gordana.j@nhmbeo.rs](mailto:gordana.j@nhmbeo.rs);  
Geological Survey of Serbia, Rovinjska 12, Beograd, Srbija, e mail: [jovica.jovanovic@gzs.gov.rs](mailto:jovica.jovanovic@gzs.gov.rs)

**Key words:** traces of predation, scaphopoda, Badenian, Višnjica near Belgrade (Serbia).

### Abstract

In marine ecosystems, predators which feed on molluscs use a variety of foraging methods such as drilling, rasping, scraping, etc. In the course of predation, predators often leave various traces on prey shells, which provide important informations on the predator–prey interaction. A drilled fossil shells can tell us both the size of the prey and the size of the predator that ate it. In this paper, we provide an overview of such as predations on the shells scaphopods from collection of Natural History Museum of Belgrade. Scaphopods are tusk-shaped mollusks which live infaunally, burrowing into exclusively soft marine sediments with a muscular foot. The shell is open at both ends. Specimens of the scaphopod were collected from a single locality (Ramadan creek in Višnjica near Belgrade, central Serbia), the site is currently inaccessible. The Middle Miocene clay of Višnjica contains a common and diverse, well-preserved fauna, namely bryozoa, corals, gastropods, scaphopods, bivalves, sharks teeth, crustaceans, etc. The stratigraphy of the Višnjica clay is still debated but all the available data indicate the Middle Miocene (Badenian, nannoplankton NN5 Zone) age.

Scaphopoda from the Miocene sediments of Serbia was very poorly studied. The researchs were presented mainly with brief lists of the identified species or their stratigraphic position. Gastropods are known predators in the fossil record Srbije, but there is no information about trace predation on the scaphopods, from Serbian localities. Our investigated includes more than 300 shells, from which about 130 specimens belong to *Fissidentalium badense* (Parsch in Hoernes, 1856). Most of the fossil shells is fragmented, central parts of shells dominated. Larger parts of shells are rare. The greatest measured length was 37.3 mm. We recognized a different damage in the studied materials: cracks, perforations, etc. Some specimens show an irregularity in the growth of shell. Analysis of the shape these damages suggesting that they represent the work of a predator.

Badenian scaphopods from Višnjica locality was preyed upon in several ways. Specimens exhibit complete and incomplete drillholes produced by gastropods. Identifiable evidences for the predatory pressure imposed on the investigated material is associated with drilling gastropods of the family Naticidae. Naticid predators were present, more than a 100 specimens recorded in the fossil assemblage. The drill holes that are circular in outline corresponding to the ichnotaxon *Oichnus paraboloides* Bromley, 1981. Also, muricid predators were found, but the muricids live mostly epifaunally while the scaphopod prey is infaunal. Boring Polychaetes and repair scars of shell-breaking durophagous predators were observed. One specimen of *Fissidentalium* displays a several small traces which often found on echinoids: *Tremichnus excavatus* (Donovan & Jagt, 2002).



Our the results indicate that (1) almost all of drill-hole situated between the solid radial primary ribs; (2) multiple holes of small size perpendicular to the surface of shell were observed; (3) the drill-holes seem to be more common on the central parts of the shell; (4) the general morphology of the drill-holes is circular or nearly circular in outline with vertical walls; (5) Prey selectivity is recognized; (6) Drill-hole predation intensitie was low, only 8 shells displays holes. *Fissidentalium*, scaphopod with ribs, showed a higher rate of predation; (7) the frequency of failed attacks recorded by incomplete drill holes was relatively low.

#### References:

1. Bromley, R. G., (1981): Concepts in ichnology illustrated by small round holes in shells. *Acta Geológica Hispánica*, 16: 55–64.
2. Jovanović, G., and Jovanović, J. (1998): Tertiary scaphopods in Natural History Museum Belgrade. *Bulletin of Natural History museum*, A, 47-50, 199-204.
3. Klompmaker, A., (2011): Drilling and crushing predation on scaphopods from the Miocene of the Netherlands. *Lethaia*, doi:10.1111/j.1502-3931.2010.00254.x.
4. Klompmaker, A., Chattopadhyay, D., Clements, C. J., Kowalewski, M. (2019): Predation in the marine fossil record: Studies, data, recognition, environmental factors, and behavior. *Earth-Science Reviews*, doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.02.020.
5. Yochelson, E.L., Dockery, D. & Wolf, H. (1983): Predation of sub-Holocene scaphopod mollusks from Southern Louisiana. *Geological Survey Professional Paper* 1282, 13.

## MIOCEN PROFILA BUŠOTINE DH-1 KOD LUKAVCA (TUZLANSKI BAZEN)

Izudin Đulović<sup>1</sup>, Sejfudin Vrabac<sup>2</sup>, Elvir Babajić<sup>3</sup>, Eldar Jašarević<sup>4</sup> & Nermin Taletović<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Dr. sc. Izudin Đulović, vanr. profesor, RGGF Univerziteta u Tuzli, [izudin.dulovic@untz.ba](mailto:izudin.dulovic@untz.ba)

<sup>2</sup>Dr. sc. Sejfudin Vrabac, red. profesor, RGGF Univerziteta u Tuzli, [sejfudin.vrabac@untz.ba](mailto:sejfudin.vrabac@untz.ba)

<sup>3</sup>Dr. sc. Elvir Babajić, docent, RGGF Univerziteta u Tuzli, [elvir.babajic@untz.ba](mailto:elvir.babajic@untz.ba)

<sup>4</sup>Mr. sc. Eldar Jašarević, Rudarski institut Tuzla, [eldar.jasarevic@rudarskiinstitutuzla.ba](mailto:eldar.jasarevic@rudarskiinstitutuzla.ba)

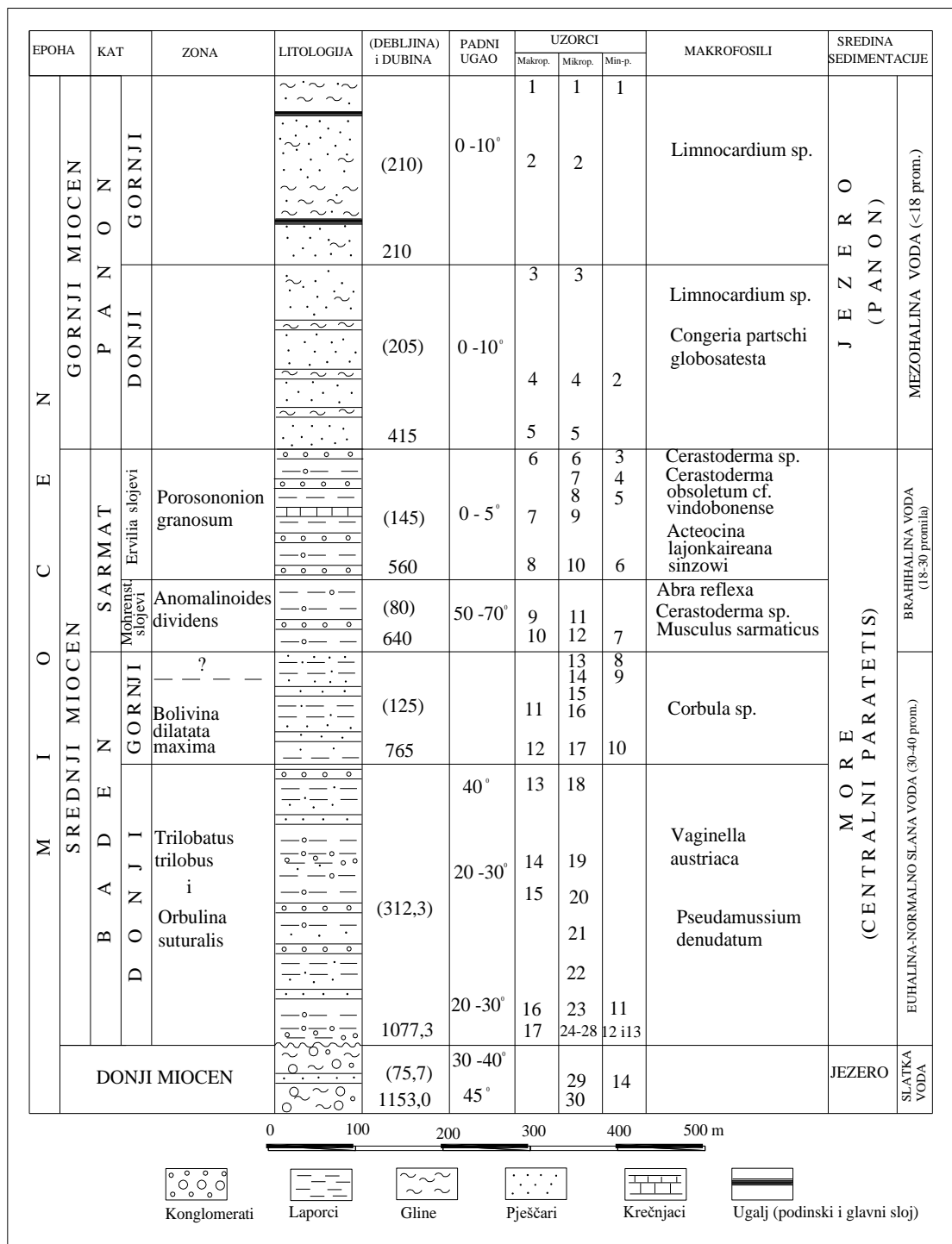
<sup>5</sup>Mr. sc. Nermin Taletović, Rudarski institut Tuzla, [nermin.taletovic@rudarskiinstitutuzla.ba](mailto:nermin.taletovic@rudarskiinstitutuzla.ba)

Korespondent: [izudin.dulovic@untz.ba](mailto:izudin.dulovic@untz.ba)

**Ključne riječi:** Miocen, Tuzlanski bazen, Centralni Paratetis, foraminifere, mekušci.

### Sažetak

Bušotina DH-1 kod Lukavca urađena je 2017. godine s namjerom da se provjeri zastupljenost evaporitnih sedimenata, posebno sone formacije, u sjeverozapadnom dijelu Tuzlanskog bazena. Tom prilikom izvršeno je sistematsko uzorkovanje jezgra bušotine za izradu paleontoloških i mineraloško-petrografskih analiza. Prioritetni cilj ovih istraživanja bio je utvrđivanje stratigrafske pripadnosti sedimenata. Paleontološki uzorci su korišteni za analizu makrofosila, foraminifera i ostrakoda. Mineraloško-petrografski uzorci su korišteni za određivanje mineralnog sastava, tipa i intenziteta alteracije minerala, definisanje vrsta stijena, te njihovih strukturnih i teksturnih odlika. Istraživanja su izvedena primjenom terenskih i laboratorijskih metoda. Od terenskih metoda korištena je metoda detaljnog geološkog kartiranja jezgra bušotine DH-1. Određene su optimalne pozicije (dubine) za uzimanje proba za makropaleontološka, mikropaleontološka i mineraloško-petrografska istraživanja. Na području Smoluće određeni su slatkovodni sedimenti donjeg miocena, marinski sedimenti badena i sarmata, i jezerski brakični sedimenti panona (sl.1). Na objavljenim geološkim kartama Tuzlanskog bazena sedimenti Smoluće su uvrštavani u različite stratigrafske jedinice, a granice između jedinica su označene kao konkordantne. Izrazite litološke razlike slatkovodnih i marinskih sedimenata, različiti padni uglovi, te odsustvo sone formacije i foraminiferske zone *Ammonia viennensis* i *Nonion commune*, koja je u istočnom dijelu Tuzlanskog bazena zastupljena u neposrednoj krovini sone formacije, svjedoče da je granica između donjeg miocena i donjeg badena tektonsko-eroziona, odnosno diskordantna. Granica između badena i sarmata je upitno konkordantna, jer nije utvrđeno postojanje mlađe zone *Ammonia viennensis*. Provjera zastupljenosti ove zone, kao i srednjeg badena, biti će predmet budućih istraživanja. Granica između sarmata i panona vjerovatno je normalna. Za detaljnija stratigrafska i mineraloško-petrografska istraživanja miocena u prifilu bušotine DH-1 uzeti su uzorci na svakih 5m. Petrografske i paleontološke osobine sedimenata donjeg miocena ukazuju da su oni taloženi u plitkovodnom slatkovodnom jezeru. Badenski i sarmatski sedimenti taloženi su na južnom obodu Centralnog Paratetisa. Panonski klastiti su deponovani u brakičnom jezeru. Salinitet je tokom badena bio normalan, a tokom sarmata i naročito panona došlo je do značajnog oslađivanja. Rezultati ovih istraživanja su reprezentativni za Tuzlanski bazen i kao takvi se trebaju koristiti prilikom izrade detaljnih geoloških karata, kako ovog bazena tako i susjednih bazena na prostoru sjeverne Bosne.



Slika 1. Stratigrafski stub sedimenata u bušotini DH-1 kod Lukavca

## MIOCENE OF THE PROFILE OF BOREHOLE DH-1 NEAR LUKAVAC (TUZLA BASIN)

Izudin Đulović<sup>1</sup>, Sejfidin Vrabac<sup>2</sup>, Elvir Babajić<sup>3</sup>, Eldar Jašarević<sup>4</sup> & Nermin Taletović<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Dr. sc. Izudin Đulović, associate professor, RGGF University of Tuzla, [izudin.dulovic@untz.ba](mailto:izudin.dulovic@untz.ba)

<sup>2</sup>Dr. sc. Sejfidin Vrabac, full professor, RGGF University of Tuzla, [sejfidin.vrabac@untz.ba](mailto:sejfidin.vrabac@untz.ba)

<sup>3</sup>Dr. sc. Elvir Babajić, assistant professor, RGGF University of Tuzla, [elvir.babajic@untz.ba](mailto:elvir.babajic@untz.ba)

<sup>4</sup>Mr. sc. Eldar Jašarević, Mining Institute Tuzla, [eldar.jasarevic@rudarskiinstitutuzla.ba](mailto:eldar.jasarevic@rudarskiinstitutuzla.ba)

<sup>5</sup>Mr. sc. Nermin Taletović, Mining Institute Tuzla, [nermin.taletovic@rudarskiinstitutuzla.ba](mailto:nermin.taletovic@rudarskiinstitutuzla.ba)

Correspondent: [izudin.dulovic@untz.ba](mailto:izudin.dulovic@untz.ba)

**Key words:** Miocene, Tuzla basin, Central Paratethys, foraminifera, molluscs.

### Abstract

The DH-1 borehole at Lukavac was made in the 2017. with the intention of checking the presence of evaporite sediments, especially the salt formation, in the northwestern part of the Tuzla basin. On this occasion, systematic sampling of the core of the borehole was performed for the production of paleontological and mineralogical-petrographic analyzes. The priority goal of this research was to determine the stratigraphic affiliation of sediments. Paleontological samples were used to analyze of macrofossils, foraminifers and ostracods. Mineralogical-petrographic samples were used to determine the mineral composition, type and intensity of mineral alteration, the definition of rock types, and their structural and textural features. Researches were carried out using the field and laboratory methods. From the field methods, the method of detailed geological mapping of the core of the DH-1 borehole was used. Optimal positions (depths) for taking macropaleontological, micropaleontological and mineralogical-petrographic researches were determined. In the Smoluća region freshwater sediments of the Lower Miocene, marine sediments of the Badenian and the Sarmatian, and lake brackish sediments of the Pannonian were determined (Figure 1). On the published geological maps of the Tuzla basin, the sediments of Smoluća are included in different stratigraphic units, and the boundaries between units are designated as concordant. Express the lithological differences between the freshwater and marine sediments, the different dip angles, and the absence of the salt formation and foraminiferal zone *Ammonia viennensis* and *Nonion commune*, which is present in the eastern part of the Tuzla basin in the immediate roof of the salt formation, testify that the boundary between the Lower Miocene and the Lower Badenian is tectonic-erosion, or discordant. The boundary between the Badenian and the Sarmatian is questionable concordant, because the existence of a younger zone *Ammonia viennensis* has not been established. Checking the presence of this zone, as well as the Middle Badenian, will be the subject of future researches. The boundary between the Sarmatian and the Pannonian is probably normal. For detailed stratigraphic and mineralogical-petrographic studies of the Miocene in the profile of the DH-1 borehole, samples were taken at every 5 m. The petrographic and paleontological characteristics of the Lower Miocene sediments indicate that they are deposited in a shallow freshwater lake. The Badenian and the Sarmatian sediments are deposited on the southern periphery of the Central Paratethys. The Pannonian clastics are deposited in the brackish lake. Salinity was normal during the Badenian, and during the Sarmatian, and especially the Pannonian, salinity was considerably reduced. The results of these studies are representative of

the Tuzla basin and as such should be used in the making of detailed geological maps, both of this basin and adjacent basins in the area of northern Bosnia.

### References

1. Čičić S., Jovanović Č., Mojićević M., Tokić S., (1991): Tumač za list OGK Tuzla 1:100000. Savezni geološki zavod Beograd, 1-72.
2. Ćorić S., Vrabac S., Ferhatbegović Z., Đulović I., (2007): Biostratigraphy of Middle Miocene Sediments from the Tuzla Basin (North-eastern Bosnia) Based on Foraminifera and Calcareous Nannoplankton. Neogene of Central and South-Eastern Europe, 2 Inter. Works. Joanea-Geol. und Pal., 9, 21-23.
3. Đulović I., Babajić E., Vrabac S., Jašarević E., Taletović N., (2018): Miocen sinklinale Smoluća kod Lukavca. Glasnik Rudarsko-geološko-građevinskog fakulteta, Univerziteta u Tuzli, 18-24.
4. Katzer F., (1909): Geologische Spezialkarte von Bosnien-Hercegovina.- 1. Blatt., 1 : 75.000. DL. Tuzla.
5. Kranjec V., (1965): Geološka građa šireg tuzlanskog područja (doktorska disertacija). FSD RGNF- a, 1-288.
6. Mandić O., Rundić Lj., Ćorić S., Pezelj Đ., Theobalt D., Sant K. & Krijgsman W., 2019: Age and mode of the middle Miocene marine flooding of the Pannonian Basin – constraints from central Serbia. Palaios, v. 34, 71-95.
7. Martini E., (1971): Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. Proceedings of the II Planktonic Conference. Ed. Tecnoscienza, Roma, 739-785.
8. Petrović M., (1979/80): Biostratigrafski značaj srednjemiocenskih foraminifera iz bušotina Tuzlanskog bazena. Geol. anali Balk. pol., 43/44, 155-208.
9. Soklić I., Atanacković M., Jerković L., Petrović M., (1980): Biostratigrafski aspekti za utvrđivanje geneze i starosti tuzlanskog sonog ležišta. Simpoz. iz reg. geol. i paleontol., Beograd, 307-316.
10. Soklić I., (1986): Tektonsko-strukturni oblici Tuzlanskog bazena i Majevice. Akademija nauka i umjetnosti BiH, Odjeljenje tehničkih nauka, Knj. 10, 23-55.
11. Stevanović P. i Eremija M., (1960): Miocen Donje Tuzle. Geol. anali Balk. Pol., knj. XXVII, 45-102, Beograd.
12. Vrabac S., Ćorić S., (2008): Revizija „karpata“ Tuzlanskog bazena sa osvrtom na stratigrafski položaj sone formacije. Geološki glasnik 37, Sarajevo, 71-81.

## **OD MORA PARATETISA DO JEZERA PANON: BIOSTRATIGRAFIJA, PALEOEKOLOGIJA I PALEO GEOGRAFIJA MIOCENA U BUŠOTINI KC-4, ZAPADNA SRBIJA**

### **FROM THE PARATETHYS SEA TO LAKE PANON: BIOSTRATIGRAPHY, PALEOECOLOGY AND PALEO GEOGRAPHY OF MIOCENE IN THE KC-4 WELL, WESTERN SERBIA**

**Prof. dr Ljupko Rundić, MSc Jelena Stefanović, MSc Natalija Batoćanin<sup>2</sup>, Doc. dr Violeta Gajić,  
Prof. dr Nebojša Vasić, Dr Stjepan Ćorić**

Prof. dr Ljupko Rundić, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, Beograd, Srbija. Email: [ljupko.rundic@rgf.bg.ac.rs](mailto:ljupko.rundic@rgf.bg.ac.rs)

MSc Jelena Stefanović, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, Beograd, Srbija.

MSc Natalija Batoćanin<sup>2</sup>, Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet, Studentski trg 16, Beograd, Srbija

Doc. dr Violeta Gajić, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, Beograd, Srbija

Prof. dr Nebojša Vasić, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, Beograd, Srbija

Dr Stjepan Ćorić, GBA - Geologische Bundesanstalt für Österreich, Wien, Austria

**Ključne reči:** Miocen, baden, sarmat, panon, Paratetis, jezero Panon

#### **Apstrakt**

U radu su prikazani rezultati detaljnog kartiranja i različitih analiza uzoraka jezgra bušotine KC-4 (Mrovska kod Koceljeve), zapadna Srbija. Litostratigrafski stub bušotine dubine 602 metra, obuhvata oko 120 m trijaskih krečnjaka koji predstavljaju paleoreljef i podinu za jako moćnu sukcesiju, dominantno klastita, srednjeg i gornjeg miocena. Preko stotinu uzoraka je analizirano različitim petrološkim metodama koje obuhvataju mehanička, hemijska i optička merenja i analize. Od mehaničkih metoda rađene su granulometrijske analize koje su omogućile preciznu determinaciju klastičnih stena. Kalcimetrijom je utvrđen CaCO<sub>3</sub> sadržaj u pojedinim karbonatima dok je ukupni sadržaj Sr određen pomoću ICP-MS spektrometra. Tanki preparati su rađeni u cilju identifikacije mikrofacija u karbonatima. Analiza fosilnog sadržaja, prvenstveno makrofaune, foraminifera, ostrakoda i krečnjačkog nanoplanktona korišćenja je u svrhu biostratigrafske zonacije miocenske serije, paleoekološke rekonstrukcije depozicione sredine i različitog morskog i jezerskog paleobiotopa. Za potrebe vremenskog pozicioniranja vulkanskog događaja, određena je radiometrijska starost vitroklastičnog tufa (14.54 Ma) unutar serije fino-zrnih klastita donjeg badena što je korelativno sa novijim rezultatima iz Hrvatske, Mađarske, Poljske i Srbije, (Marković, 2017; Bukowski et al., 2018; Lukács et al., 2018; Sant et al., 2018). Litostratigrafski stub miocenskih naslaga debljine preko 480 m, obuhvata stene srednjeg i gornjeg miocena: badena, sarmata i panona *s.lato* (panon i pont, u ranijim radovima). Badenska morska transgresija Paratetisa osvojila je široke prostore južnog oboda Panonskog basena (Ćorić et al., 2009; Ćorić & Hohenegger 2011; Pezelj et al., 2013; Sant et al., 2017, 2018; Mandić et al., 2019a, 2019b; Jovanović et al., 2019; Stefanović et al., 2019). U području

Koceljewe, usloвила je postojanje morskoj režima na duži period jer je biostratigrafska analiza pokazala da su svi nivoi badena prisutni u ovoj bušotini (ukupno oko 300 m). Bazalni delovi badena su izgrađeni od grubozrnih klastita (dominantno fragmenti trijaskih krečnjaka) u alternaciji sa peskovitim glinama i alevritima (425-485 m). To odgovara inicijalnoj fazi morske transgresiji na ove prostore. Planktonske foraminifere (*Globigerinoides trilobus*, *Orbulina suturalis*, *O. bilobata*, etc.) ukazuju na donji baden. Preko tog paketa sedimenata naležu karbonatnih peskovi i krečnjaci do dubine od oko 355 m. Oni sugerišu plitkovodni morski razvoj sa uticajem otvorenog mora na šta ukazuju kombinovane bentosko-pelaške asocijacije foraminifera i retki mekušci (gornja lagenidna zona badena). Na karakter morskog dna i procenu paleodubine starije badenskog mora ukazuje kvantifikacija sadržaja bentoskih foraminifera o čemu govore i Pezelj & Drobniak (2019). Finozrni klastiti i laporci u interval 295-355 m sadrže mikrofaunu koja sugeriše postojanje srednjeg badena - *Spirorutilus carinata* zone. Litološki slični, najmlađi nivoi badena (195-295 m) biostratigrafski odgovaraju *Bulimina* - *Bolivina* zoni. Visoko karbonatni pesak, šljunak i ugljevite gline predstavljaju početak novog sedimentacionog ciklusa u sarmatu (135-195 m) i ukazuju na kolebanja obalske linije i veći uticaj slatke vode sa kopna. Sitne foraminifere i ostrakode (*Elphidium*, *Ammonia*, *Porosonion*, *Aurila*, etc.) i brojni fragmenti mekušaca (*Planorbis* sp.) ukazuju na promenu paleoekoloških uslova, redukciju saliniteta i razvoj brakičnog biotopa. Preko toga, navise u stubu, leži serija peskovitih laporaca i krečnjaka (135-90 m) koja predstavlja najmlađi marinsko-brakični nivo. Nalasci široko rasprostranjenih mekušaca kao što su *Valvata sarmatica*, *Pseudoamnicola* sp., *Gibbula* sp., sitnih bentoskih foraminifera (*Elphidium* sp.), jednoličnih ostrakoda (*Aurila mehesi*, *A. cf. kollmanni*, brojne briozoe i zelene alge markiraju zonu sa značajnim padom saliniteta vode (ispod 23 promila). U prvih 90 m bušotine, nabušeni su sterilni klastiti, smeđe-žuti liskunoviti peskovi i sivi alevriti koji odgovaraju fluvijalnim do sublitoralnim facijama jezera Panon. Retki fragmenti krupnije faune mekušaca (*Limnocardium* sp., *Congeria* sp., *Dreissena* sp.) i brojne ostrakode u pojedinim uzorcima (*Cyprideis triangulata*, *Hemicytheria pejinovicensis*, *Amplocypris bacevicae*, *Candona (Caspiolla) alasi mislodjini*, *Loxiconcha cumsacui* i dr.) ukazuju na mlađe etape panonskog jezera.

Proučavani litofacijlani sadržaj u bušotini KC-4, sedimentološke karakteristike i sukcesija fosilnih asocijacija, ukazuju na značajne izmene karaktera depozicionog prostora kroz period od više od 7 miliona godina i tranziciju iz tipične morske (Paratetis) u morsko-brakičnu (redukovani morski Paratetis) i na kraju, slano-jezersku sredinu (jezero Panon). Uočene promene su rezultat mladoalpske dinamike, intenzivnih ili slabije izraženih spuštanja tokom syn- i postriftno faze oblikovanja ovog prostora, smena u transgresivno-regresivnim ciklusima i klimatskih oscilacija koje su postojale tokom miocenske epohe (npr. srednje miocenski klimatski optimum - MMCO). Konačan uplift Alpsko-Karpatskog gorja (11.6 Ma) prouzrokovao je izolaciju Panonskog prostora od morskih uticaja, i nastanak jednog velikog i endemičnog slanog jezera koje je trajalo do kraja miocena (Ter Borgh et al., 2013).

## Reference

1. Bukowski, K., Sant, K., Pilarz, M., Kuiper, H. & Garecka, M., (2018): Radioisotopic age and biostratigraphic position of a lower Badenian tuffite from the western part of the Carpathian Foredeep (Cieszyn area, Poland). *Geological Quaterterly* 62, 2, 303–318.

2. Ćorić, S., Pavelić, D., Rögl, F., Mandić, O., Vrabac, S., Avanić, R., Jerković, L., Vranjković, A., (2009): Revised Middle Miocene datum for initial marine flooding of North Croatian Basins (Pannonian Basin System, Central Paratethys). *Geologia Croatica* 62, 31–43.
3. Ćorić, S., Hohenegger, J., (2011): Srednjemiocenska transgresija u južnom obodu centralnog Paratetisa i nova podjela badena. *Zbornik sažetaka IV Savjetovanja geologa BiH*, 2–3.
4. Jovanović, G., Vrabac, S., Ćorić, S., (2019): Early Badenian transgression near Koceljeva (western Serbia, Central Paratethys). 8th workshop on Neogene of Central and South/Eastern Europe (NCSSEE), Chęciny (Holy Cross Mts., Poland) May 27–31, 2019, 51–52.
5. Lukács, R., Harangi, S., Guillong, M., Bachmann, O., Fodor, L., Buret, Y., Dunkl, I., Sliwinski, J., von Quadt, A., Peytcheva, I., Zimmerer, M., (2018): Early to Mid-Miocene syn-extensional massive silicic volcanism in the Pannonian Basin (East-Central Europe): eruption chronology, correlation potential and geodynamic implications. *Earth Sci. Rev.*, 179 (2018), pp. 1–19.
6. Mandić, O., Rundić, Lj., Ćorić, S., Pezelj, Đ., Theobalt, D., Sant, K. and Krijgsman, W., (2019a): Age and mode of the middle Miocene marine flooding of the Pannonian basin - Constraints from central Serbia. *Palaios*, 2019, v. 34, 1–25
7. Mandić, O., Sant, K., Kallanxhic, M-E., Ćorić, S., Theobalt, D., Grunert, P., de Leeuw, A. and Krijgsman, W., (2019b): Integrated bio-magnetostratigraphy of the Badenian reference section Ugljevik in southern Pannonian Basin - implications for the Paratethys history (middle Miocene, Central Europe). *Global and Planetary Change* 172 (2019), 374–395.
8. Marković, F., (2017): Miocene tuffs from the North Croatian Basin. PhD thesis (in Croatian, English abstract). 1-170, University of Zagreb (unpublished).
9. Pezelj, Đ., Mandić, O., and Ćorić, S., (2013): Paleoenvironmental dynamics in the southern Pannonian basin during initial middle Miocene marine flooding: *Geologica Carpathica* 64, 81–100.
10. Pezelj, Đ., Drobňjak, L., (2019): Foraminifera-based estimation of water depth in epicontinental seas: Badenian deposits from Glavnica Gornja (Medvednica Mt., Croatia), Central Paratethys. *Geologia Croatica* 72/2, 93–100.
11. Sant, K., Palcu, D.V., Mandić, O. and Krijgsman, W., (2017): Changing seas in the Early–Middle Miocene of Central Europe: a Mediterranean approach to Paratethyan Stratigraphy. *Terra Nova* 29, 273–281.
12. Sant, K., Mandić, O., Rundić, Lj., Kuiper, K., Krijgsman, W., (2018): Age and evolution of the Serbian Lake System: integrated results from Middle Miocene Lake Popovac. *Newsletter on Stratigraphy*, 51/1, 117–143.
13. Stefanović, J., Batoćanin, N., Gajić, V., Vasić, N. & Rundić, Lj., (2019): Biostratigraphy and facial analysis of the Miocene succession from the borehole KC-4 (Koceljevo, western Serbia). 8th workshop on Neogene of Central and South/Eastern Europe (NCSSEE), Chęciny (Holy Cross Mts., Poland) May 27–31, 2019, 77.
14. Ter Borgh, M., Vasiliev I., Stoica M., Knežević S., Matenco L., Krijgsman W., Rundić Lj., Cloething S., (2013): The isolation of the Pannonian basin (Central Paratethys): new constraints from magneto- and biostratigraphy. *Global and Planetary Change*, 103: 99–118.



## **O JEZERSKOJ UGLJENOJ SERIJI I SREDNJOMIOCENSKOJ MORSKOJ TRANSGRESIJI NA PODRUČJU JANJARI-ATMAČIĆI (UGLJEVIK-ISTOK)**

### **ON A LACUSTRINE-COAL SERIES AND THE MIDDLE MIOCENE MARINE TRANSGRESSION IN THE AREA OF JANJARI-ATMAČIĆI (UGLJEVIK-EAST)**

**Prof. dr Ljupko Rundić, Svetlana Renovica, dipl.inž.geol.,**

Prof. dr Ljupko Rundić, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Dušina 7, Beograd, Srbija. Email: [ljupko.rundic@rgf.bg.ac.rs](mailto:ljupko.rundic@rgf.bg.ac.rs)

Svetlana Renovica, dipl.inž.geol., Zavисno preduzeće "Rudnik i Termoelektrana Ugljevik"a.d. Ugljevik, Ugljevik Republika Srpska, BIH

**Ključne reči:** Jezerska serija, morska transgresija, donji i srednji miocen, Ugljevik-istok

#### **Uvod**

Puno godina unazad, mnoge istraživače sa prostora južnog oboda Panonskog basena a i šire, intrigira pitanje odnosa starije miocenskih jezerskih serija i srednjomiocenske morske transgresije Paratetisa (Štajerska tektonska faza). Poslednje decenije publikovano je više radova koji se bave ovom problematikom a uključene su i potpuno nove metode (npr. visokorezolutna biostratigrafija, magnetostratigrafija, radiometrijsko datiranje i dr.) koje, zajedno sa već tradicionalnim lito- i biostratigrafskim analizama, bolje dokumentuju ovaj regionalni događaj i tektonske preduslove koji su do njega doveli (npr. Ćorić i dr., 2009, Ćorić i Hohenegger, 2011; Pezelj i dr., 2013; Sant i dr., 2017; Mandić i dr., 2019a, 2019b). Prostor Ugljevika, duga tradicija geoloških istraživanja (još od Tietze-a, 1880), pružaju odlične uslove za potvrdu pomenutih geodinamičkih i paleogeografskih događaja. Veliki i otvoreni površinski kopovi i brojne bušotine, omogućile su rekonstrukciju miocenske sedimentacije u ovom delu južnog oboda Panonskog basena. Prikazani primer iz područja revira Ugljevik-istok, zasnovan je na analizi i interpretaciji starih bušotina (prvopotpisani autor je iste koristio tokom izrade magistarske teze). Iako je prošlo 30 godina, podaci su vrlo aktuelni i to je bio glavni motiv autora da prikažu deo geološke građe ovog prostora.

#### **Materijal i metode**

Ukupno je obrađeno 75 uzoraka jezgra iz bušotina Ui-41 (x-4946205,39; y-6583196,09, z-242,53, dubina 160, 20m) i Ui-43 (x-4946390,68; y-6583001,24, z-201,50, dubina 108 m), koje je bušilo preduzeće "Geoinženjering" Sarajevo, 1989. godine. Za potrebe ovog rada, urađena je litostratigrafska i biostratigrafska interpretacija profila bušotina, međusobna korelacija i odnos prema obližnjim drugim bušotinama u cilju definisanja prostorne građe ugljene serije i njenih povlatnih naslaga. Makrofauna mekušaca i mikrofauna foraminifera i ostrakoda su bili osnov za razdvajanje jezerske od morske serije sedimenata. Analiza geološke građe i strukturno-tektonskih odnosa miocenskih jedinica, dopunjena je ranije poznatim podacima (Rudarski institut Tuzla, 1990; Rundić, 1992).

## Rezultati

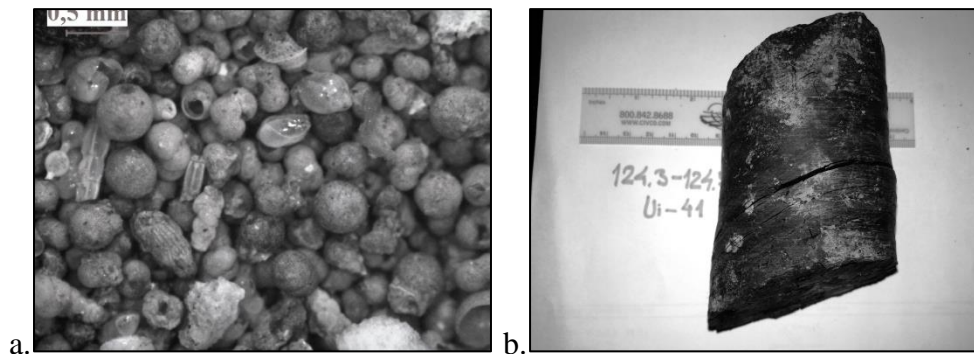
Uvidom u prostorni položaj i materijal na samom terenu tokom bušenja kao i naknadnom analizom prikupljenog materijala iz jezgara (Rundić, 1992), definisani su litostratigrafski, prostorni i strukturni odnosi miocenskih jedinica u pomenutim bušotinama.

Bušotina Ui-41 je locirana jugozapadno od bušotine Ui-43, u selu Atmačići, na desnoj strani Ugljevičkog potoka. Bušotinu su kartirali Dž. Mulaosmanović i V. Cuculić (RiTE Ugljevik). Na ukupnoj dubini od 160 m, nabušene su dve miocenske jedinice: mlađa, srednjomiocenski morski sedimenti badena nabušeni su do dubine od oko 50 m. Oni leže transgresivno i diskordnatno preko starije podloge, odnosno jezerskog, ugljonošnog donjeg miocena koji je nabušen sve do kraja bušotine. Tačna granica između dve serije nije određena jer su sve probe u intervalu 50-74 m retko uzorkovane i sadrže uglavnom samo fragmente faune. Od 74 m naniže, prisutna je oskudna slatkovodna fauna mekušaca i ostrakoda. U litološkom pogledu, ovaj mlađi paket sedimenata je izgrađen od alternacije sivih, fino-zrnih peskova, peskovitih laporaca i smeđih laporovitih do zelenkastih glina sa dosta pirita i kvarca. Analizom fosilnog sadržaja konstatovana je dosta raznovrsna makrofauna (*Corbula gibba*, *C. carinata*, *Nucula nucleus*, *Pychodonte cochler*, *Ostrea* sp., bodlje ježeva, itd – Rundić, 1992) a posebno bogata mikrofauna foraminifera (*Orbulina suturalis*, *O. bilobata*, *Trilobatus trilobus*, *T. quadrilobatus*, *T. sacculifer*, *Gutulina austriaca*, *Globigerina bulloides*, *G. parva*, *Siphonodosaria verneuli*, *S. pyrula*, *Lenticulina inornata*, *L. cultratus*, *Pullenia bulloides*, *Asterigerinata planorbis*, *Dentalina spinosa*, *D. elegans*, *D. acuta*, *Ammonia* sp., *Uvigerina* sp., *Nodosaria* sp., *Bolivina* sp., i dr. – sl. 1b). Od ostrakoda, prevlađuju uglavnom samo retko odlomci na osnovu kojih je teško identifikovati pojedine taksone. Biostratigrafski, pomenuti mlađi paket miocena bi odgovarao donjem badenu tj. gornjoj lagenidnoj zoni.

Niži paket sedimenata definisan je prisustvom fino-zrnih klastita, uglavnom zelenih, “masnih” glina i sivih laporovitih glina i tzv. ostrakodskih laporaca u koje se “umetnuo” ugljeni sloj (120-126 m). Ugljeni sloj ima padni ugao od oko 35° (sl. 2a). Manji ugljeni sloj je primećen i na dubini od 134 m i ima debljinu oko 1,5 m. Najdublji delovi bušotine, izgrađeni su od smeđe-crvenih glina sa karbonatnim konkrecijama (156-160 m). Unutar tog paketa sedimenata, često je prisutna sulfidna mineralizacija. U sivim laporacima (119,40-119,50 m) neposredne povlate glavnog ugljenog sloja, determinisana je malobrojna i slabo očuvana ostrakodska asocijacija: *Candona* sp., *Cypridopsis* sp., *Ilyocypris* sp., *Herpetocypris* sp., *Darwinula* sp., ? *Pannoninotus* sp. Od ostale faune, česti su odlomci slatkovodnih mekušaca (*Planorbis*, *Lymnea*), delovi skeleta riba i retko oogonije harofita.

Bušotina Ui-43 je celom dužinom nabušila slatkovodnu seriju sa ugljem (108 m). Bušotinu su kartirale S. Renovica i V. Cuculić (RiTE Ugljevik). Povlatni ugljeni sloji je nabušeni na dubinama ispod 55 m, raslojen je i ne prelazi debljinu od 1 m. Najniži proslojak je utvrđen na dubini od 62 m. Prvih 55 m bušotine je izgrađeno od fino-zrnih klastita, zelenih do smeđih glina, proslojaka ugljevitih glina, zelenih tufitičnih glina (markantan paket između 3,7-41,2 m u stubu bušotine). Glavni ugljeni sloj je nabušeni na dubini od oko 80 m i raslojen je na manje slojeve uglja, male debljine (obično manje od 1 m). Najdeblji sloj uglja od 2,2 m utvrđen je na dubini od 93,10 m. Slojevi su iskidani rasedima, tektonski deformisani i padaju pod uglom od oko 35° (sl. 2b). Ugljena serija je raslojena tankim paketima laporaca ili sivih glina a sama podina uglja (ispod 95 m) je izgrađena od zelenih, masnih glina. Samo iz nekoliko uzoraka je određena loše očuvana makrofauna i mikro- i makroflora koja u celosti ima slatkovodni karakter. Nađena je

u proslojcim ugljevitih glina ili uz ugalj (fragmenirani mekušci, ostrakode, i oogonije harofita). Ljušture su uglavnom polomljene i retko se nalaze celi primerci te je identifikacija otežana. Od mekušaca, prepoznati su sledeći taksoni: *Planorbis* sp., *Planorbarius* sp., *Lymnea* sp. Među ostrakodima, dominiraju fragmenti *Ilyocypris* sp., *Potamocypris* sp., *Candona* sp., ? *Pannoninotus* sp.



Slika 1. a) Bogata asocijacija donje badenskih foraminifera (Ui-41, 49.75 m), b) ugljeni slojevi zaležu pod uglom do 35° (Ui-41, 124.30 m)

### Diskusija

Brojni raniji istraživači, kako sa prostora bivše Jugoslavije tako i inostrani, bavili su se pitanjem odnosa ugljevičke slatkovodne serije i biostratigrafijom morskog miocena koji je pokriva (npr. Čičić, 1964; Petrović i dr., 1969, 1990; Rundić, 1992; Vrabac i dr., 1995, 2011). Da li je taj odnos postupan ili je u pitanju diskordantna i transgresivna granica? U konkretnom slučaju, na osnovu naše analize i komparacije sa okolnim prostorima gde postoje i druge bušotine (Rudarski institut Tuzla, 1990), može se konstatovati da je slatkovodna ugljena serija tektonski deformisana i izrasedana u manje ili veće blokove. Zahvaljujući analizi prostornih odnosa miocenskih jedinica, padnom uglu ugljene serije (do 35°) i slabo deformisanim povlatnim morskim naslagama badena, može se reći da postoji tektonski odnos između pomenutih jedinica tj. uglovna diskordancija (Rundić, 1992). Drugim rečima, badenske morske naslage su transgresivne i diskordantne preko starije slatkovodne ugljene serije.

### Zaključak

Analiza jezgara bušotina iz revira Ugljevik-istok (Ui-41 i Ui-43), područje Janjari-Atmačići, dokumentovala je postojanje transgresivno-diskordantnog odnosa pokrovnih morskih naslaga i podinske, ugljevite serije. Osnovni kriterijum za odvajanje morskih sedimenata je prisustvo morskih fosila (mekušci, foraminifere, ostrakode, ostaci riba i ježeva) determinisanih u bušotini Ui-41. Oni ukazuju na već ranije poznatu morsku transgresiju po južnom obodu Panonskog basena (pre oko 14.6 m.g).

### Reference

1. Ćorić, S., Pavelić, D., Rögl, F., Mandić, O., Vrabac, S., Avanić, R., Jerković, L., & Vranjković, A., (2009): Revised Middle Miocene datum for initial marine flooding of North Croatian Basins (Pannonian Basin System, Central Paratethys). *Geologia Croatica* 62, 31-43.
2. Ćorić, S., Hohenegger, J., (2011): Srednjemiocenska transgresiji u južnom obodu centralnog Paratetisa i nova podjela badena. *Zbornik sažetaka IV Savjetovanja geologa BiH*, 2-3.

3. Čičić, S., (1964): Geološki sastav i tektonika sjeveroistočnog dijela planine Majevice s naročitim osvrtom na geološko-ekonomski značaj ležišta mrkog uglja. *Geološki glasnik* VI, 1-175.
4. Mandić, O., Sant, K., Kallanxhić, M.-E., Ćorić, S., Theobald, D., Grunert, P., de Leeuw, A. & Krijgsman, W., (2019a): Integrated bio-magnetostratigraphy of the Badenian reference section Ugljevik in southern Pannonian Basin - implications for the Paratethys history (middle Miocene, Central Europe). *Global and Planetary Change* 172 (2019), 374-395.
5. Mandić, O., Hajek-Tadesse, V., Bakrač, K., Reichenbacher, B., Grizelj, A. & Miknić, M., (2019b): Multiproxy reconstruction of the middle Miocene Požega palaeolake in the Southern Pannonian Basin (NE Croatia) prior to the Badenian transgression of the Central Paratethys Sea. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 516 (2019), 203-219.
6. Petrović, M., Eremija, M., Pantić, N., (1969): Biostratigrafska naliza faune iz okoline Ugljevika. *Geološki anali Balkanskoga poluostrva* 34, 20-43.
7. Petrović, M., Eremija, M., Rundić, Lj., (1990): Uporedni biostratigrafski pregled badenskoga kata okoline Tuzle i Ugljevika. XII kongres geologa Jugoslavije, knj. I, 152-161.
8. Pezelj, Đ., Mandić, O. & Ćorić, S., (2013): Paleoenvironmental dynamics in the southern Pannonian basin during initial middle Miocene marine flooding. *Geologica Carpathica* 64, 81-100.
9. Sant, K., Palcu, D.V., Mandić, O. & Krijgsman, W., (2017): Changing seas in the Early-Middle Miocene of Central Europe: a Mediterranean approach to Paratethyan Stratigraphy. *Terra Nova* 29, 273-281.
10. Rudarski institut Tuzla, (1990): Izveštaj o rezultatima geoloških istraživanja područja Janjari-Atmačići, Ugljevik-istok. Fond stručne dokumentacije, RiTE Ugljevik.
11. Rundić, Lj., (1992): Neogen između Modrana i Jasenice (SI Bosna). Magistarska teza, Rudarsko-geološki fakultet Beograd, (nepublikovano), str. 1-141.
12. Tietze, E., (1880): Das ostliche Bosnien (aus den Grundlinien der Geologie Bosniens). *Jahrbuch der kais. Kön. Geologischen reichsanstalt*. 30. Band 1880, II heft., 267-352.
13. Vrabac, S., Cuculić, V., Mulaosmanović, Dž., Pavlić, G. i Okuka, S., (1995): Karakteristike geološke građe ugljonosnih sedimenata i uglja u rejonu Bogutovo Selo kod Ugljevika. *Geološki glasnik* 33, 73-80.
14. Vrabac, S., Đulović, I., Tomić, R., (2011): Paleogen i neogen na profilu Vučjak u ugljonosnom basenu Ugljevik. *Zbornik sažetaka IV Savjetovanja geologa BiH*, 6-8.

## СЛИЧНОСТИ И РАЗЛИКЕ ЛИТОТИПОВА КОЛУБАРСКОГ И КОСТОЛАЧКОГ БАСЕНА

Драгана Животић<sup>1\*</sup>, Ана Ристић<sup>1</sup>, Ксенија Стојановић<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Универзитет у Београду – Рударско-геолошки факултет, Ђушина 7, 11000 Београд, Србија,

\*e-mail: [dragana.zivotic@rgf.bg.ac.rs](mailto:dragana.zivotic@rgf.bg.ac.rs)

<sup>2</sup>Универзитет у Београду – Хемијски факултет, Студентски трг 12-16, 11000 Београд, Србија

### Апстракт

Проучаван је петрографски састав барског, земљастог, фузенизираног и ксилитног литотипа, као и варијетета ксилитног литотипа и то: мумифицираног, тракастог, тракастог влакстог, структурног и доплеритског. Узорци угљева горњемiocенске (понтске) старости за наведена испитивања узети су са површинских копова Тамнава-Запад (Колубарски басен) и Дрмно (Костолачки басен).

Садржај мацерала хуминитске групе (> 73 зап.%) преовлађује у свим испитиваним узорцима, осим код фузенизираног литотипа који се карактерише високим садржајем мацерала инертинитске групе. Изразито висок садржај текстинита (> 79 зап.%) констатован је у мумифицираном, тракастом и тракастом влакнастом типу ксилита код оба басена. Код структурног и доплеритског ксилита текстинит и улминит су много више заступљени него детрохуминити (атринит+денсинит). У наведеним типовима ксилита садржај улминита је виши него у осталим типовима. Барски и земљасти литотипови имају виши садржај детрохуминита у односу на телохумините (текстинит+улминит). Фузенизирани литотип из Колубаре има виши садржај хуминита него исти литотип из Костолца, али је садржај инертинита знатно виши у Костолцу него у Колубари.

Садржај липтинита је низак у ксилитном литотипу, показујући тренд пораста кроз фузенизирани и барски до земљастог где је највиши. Садржај резинита преовладава у мумифицираном и тракастом типовима ксилита, а суберинит у структурном и доплеритском ксилиту. Липтодетринит преовладава у барском и земљастом литотипу. Фузен из Колубарског басена има виши садржај суберинита и липтодетринита. Садржај инертинита је генерално низак, са изузетком фузенизираног литотипа, у којима преовлађују или доминирају мацерали инертинитске групе (>54 зап.%) у којима преовлађује садржај фузинита (> 35 зап.%).

Земљасти литотип стваран је у слатководној мочвари у зони отворених водених површина. Формирање барског литотипа везано је за зону зељасте вегетације. Стварање мумифицираног и тракастог типа ксилита везано је за суву зону шумске мочваре, док су структурни и доплеритски типови ксилита везани за влажну зону шумске мочваре. Формирање фузена везано је за шумске пожаре. Релативно висок садржај минералних материја у фузену из Колубаре указује на алохтоно порекло и депоновање велике количине продуката делимично сагореле оргаске супстане у дубље делове мочваре који су принети ветром и воденим токовима. Са друге стране, висок садржај инертинита у фузенизираном литотипу из Костолца указује на његово формирање у јако сувој средини.

## SIMILARITY AND DIFFERENCES OF LYTHOTYPE FROM KOLUBARA AND KOSTOLAC BASIN

Dragana Životić<sup>1\*</sup>, Ana Ristić<sup>1</sup>, Ksenija Stojanović<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Đušina 7, 11000 Belgrade, Serbia,

\* e-mail: [dragana.zivotic@rgf.bg.ac.rs](mailto:dragana.zivotic@rgf.bg.ac.rs)

<sup>2</sup>University of Belgrade, Faculty of Chemistry, Studentski trg 12-16, 11000 Belgrade, Serbia

### Abstract

Maceral composition of four different lignite lithotypes, matrix-coal, mineral-rich coal, charcoal-rich coal and xylite-rich coal, represented by 5 types: pale yellow, dark yellow, dark yellow-fibrous, brown and black, was studied. Samples were taken from the Upper Miocene (Pontian) Tamnava-Zapad field of the Kolubara Basin and Drmno field of the Kostolac basin. Huminite is prevailing maceral group in all samples (> 73 %), with exception of charcoal which characterized by prevalence of inertinite group macerals in both basins. Yellow xylite types sharply dominated by textinite (> 79 %) in both basins. In brown and black xylite type, textinite and ulminite are more abundant than detrohuminite (attrinite+densinite). In mentioned xylite types content of ulminite is higher than in yellow type. Matrix and mineral-rich coal are characterized by higher content of detrohuminite than telohuminite (textinite+attrinite). Charcoal in Kolubara basin has higher content of huminite than in Kostolac, while content of inertinite is much higher in Kostolac than in Kolubara basin.

Content of liptinite is low in xylite lithotype, showing increasing trend through charcoal and matrix coal, being the highest in mineral-rich coal. Resinite prevailed in yellow xylite types, suberinite in brown and black xylite. Liptodetrinite is prevailed in matrix and mineral-rich coal. Charcoal from the Kolubara basin is characterized by prevalence of suberinite and liptodetrinite. Content of inertinite is generally low, with exception in charcoal, where inertinite group macerals prevailed or dominates (54 vol.%) and characterized by prevalence of fusinite (>35 vol.%).

Mineral-rich coal was formed in topogenous fresh-water peat mire with open water areas. Formation of matrix coal was performed in reed march. The peatification of pale yellow and dark yellow xylites proceeded in dry forest swamp. Brown and black xylite was formed in wet forest swamp, whereas formation of charcoal is associated with wildfire. Relatively high content of mineral matter in charcoal from Kolubara basin indicates an allochthonous origin, where large quantities of fusinite are brought into the deepest parts of the mire by wind and water. Otherwise, charcoal from Kostolac basin with high inertinite content (>87 vol.%) indicates very dry environment.

## GEOLOŠKA I GEOMORFOLOŠKA ANALIZA ŠIREG PODRUČJA VAREŠA

A. Begić, Dr.sc. A. Baraković, Dr.sc. D. Baraković, Mr. sc. S. Begić

**Ključne reči:** Vareš, geološka građa područja, morfogeneza područja, morfografija, morfohronologija, morfometrija.

**Key words:** Vareš, geological area, morphogenesis, morphography, morphology, morphometry.

### Abstrakt

U ovom radu urađena je geološka i geomorfološka analiza šireg područja Vareša, grada koji pripada središnjem dijelu Dinarida Bosne i Hercegovine.

Vareš je smješten u istoimenoj opštini površine 390 km<sup>2</sup>.

Kroz grad Vareš protiče rijeka Stavnja, sa svojim manjim pritokama. Administrativno pripada Zeničko – dobojskom kantonu.

Prvi pisani podaci o gradu se javljaju u 15. stoljeću, a o prošlosti Vareša svjedoče i mnogi kulturno – historijski spomenici među kojima je svakako najznačajniji kraljevski grad Bobovac.

Priroda je vareški kraj bogato podarila planinskim predjelima koji su obrasli gustim šumama u kojim se kriju i čuvaju bistri potoci i zeleni proplanci sa živopisnim selima i izletištima.

Stanovništvo Vareša se od davnih vremena bavi kopanjem željezne rude, preradom i obradom željeza, preradom drveta, poljoprivredom i trgovinom.

Geološka i geomorfološka analiza je urađena posmatrajući područje sa pet aspekata, a ti aspekti su:

- Geološka građa područja, koja je utvrđena posmatrajući litološki sastav područja i njegov sklop, i to služeći se osnovnom geološkom kartom SFRJ list Vareš razmjere 1 : 100 000.
- Morfogeneza područja koja podrazumjeva endogene i egzogene oblike koji su utvrđeni posmatrajući geomorfološku kartu razmjere 1 : 50 000.
- Morfografija, ustvari predstavlja opis oblika.
- Morfohronologija, predstavlja red nastanka oblika.
- Morfometrija, koja se utvrđuje na osnovu analize energije reljefa i analize drenažnog sistema, te sintezom dobijenih rezultata koji su utvrđeni koristeći topografasku kartu razmjere 1 : 25 000.

### Abstract

In this work was done geological and geomorphological analysis of the wider area of Vareš, a city belonging to the central part of the Dinarides of Bosnia and Herzegovina. Vareš is located in the municipality of the same name, measuring 390 km<sup>2</sup>. Through the city of Vares, the river Stavnja flows with its smaller tributaries. It belongs administratively to the Zeničko - Dobojski Canton. The first written records of the town appear in the 15th century, and many of the cultural and historical monuments, including the most important royal city of Bobovac, are witnesses of the past of Vares.

The nature of the Vares region was rich in mountain ranges overgrown by dense forests that hide and retain clear streams and green peaks with vibrant villages and excursions. The population of Vareš has since ancient times been involved in digging of iron ore, processing and processing of iron, wood processing, agriculture and trade. The geological and geomorphological analysis was carried out by looking at the area with five aspects, and these aspects are:

- The geological structure of the area, determined by observing the lithological composition of the area and its structure, using the basic geological map of SFRY Vareš scale 1: 100 000.
- Morphogenesis of the area, which implies endogenous and exogenous forms determined by observing the geomorphological map scale of 1: 50,000.
- Morphography, in fact, rapresents a description of the form.
- Morphohronology rapresents the order in which the shape is formed.
- Morphometry, which is determined on the basis of analysis of the relief energy and the analysis of the drainage system, and the synthesis of the results obtained by using the topographic map scale of 1: 25,000.



## GEOMORFOLOŠKI TRAGOVİ PLEISTOCENSKE LEDNIČKE EROZIJE NA PLANINI VIŠOČICI

Toni Nikolić doc.dr.sc.geologije

- Federalni zavod za geologiju, Sarajevo (nikolic\_t@yahoo.com)

**Ključne riječi:** glacijacija, lednička erozija, geologija, geomorfologija, pleistocen.

### Sažetak

Geomorfološki proces oblikovanja terena glacijacijom dugotrajan je i spor proces, ali veoma značajan u formiranju topografije terena, migracijama, pojavama novih i odumiranja starih vrsta biljaka i niza pojava vezanih za promjenu klime. Zadnje ledeno doba na području Europe odvijalo se tokom kvartara, a najveću ekspaniziju je imalo u pleistocenu, prije nekih 2 mliona godina. Granice “stalnog leda” bile su ispod 2.000 m nadmorske visine. Jedan od dokaza glacijacije na prostorima Bosne i Hercegovine nalazi se na planini Visočici oko 10 km jugozapadno od Sarajeva kod mjesta Sinanovići prema vrhu Vito (1.960 m). Na navedenoj lokaciji mogu se vidjeti svojevrsni fenomeni glacijacije unutar formiranog “amfiteatra” na visini od oko 1.500 m, unutar koje se vide tragovi cirka, areata, horna, morena, glacijalni materijal til kao i veliki fragmenti stijena transportovani daleko od cirka tzv. “Eratički blokovi” veličine 2-3m. Ovaj rad je detaljniji uvid sa naučne strane na glacijalne i tektonske procese na određenom prostoru planine Visočice, oslanjajući se na predhodna istraživanja. Čitav ovaj prostor je geološki muzej na otvorenom, koji kao otvorena knjiga koja svjedoči o geološkoj prošlosti ovog mjesta.

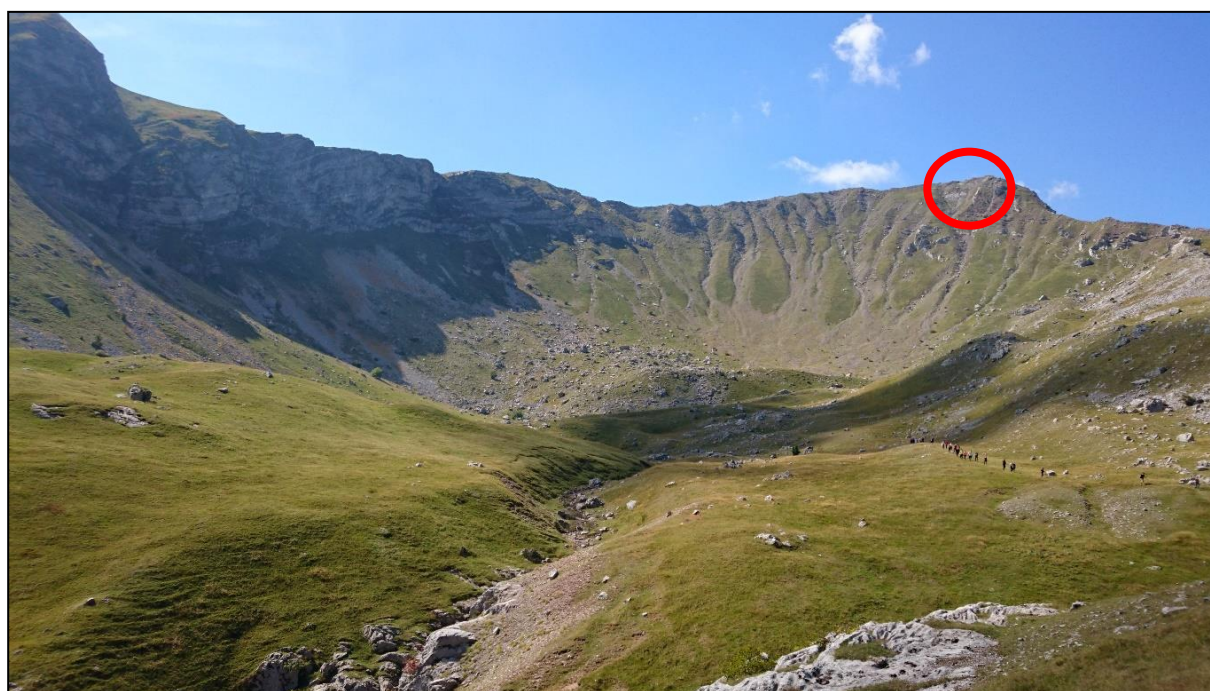
## GEOMORPHOLOGIC TRACES OF PLEISTOCENE GLACIAL EROSION ON MT. VISOCICA

Toni Nikolić doc.dr.sc.geologije

**Key words:** glaciation, ice erosion, geology, geomorphology, pleistocene.

### Abstract

Geomorphological process forming terrain by glaciation is long and slow process, but very important in topography forming terrain, migration, born new and end old plants and other occurrence related for climate change. Last Ice Age on Europe area was over quaternary, with the biggest topic over pleistocene, nearly 2 million years ago. Boundary of “permanent ice” was below 2.000 m over sea. One of direct proof glaciation on area of Bosnia and Herzegovina can be seen on Mt. Visocica about 10 km south-west from Sarajevo in place Sinanovici on the way to topic Vito (1.960 m). On presented location can be seen some geological phenomena of glaciation in side of “amphitheater” on the high 1.500 m, where can be seen traces of cirque, aerate, horn, moraine, glacial material til and huge fragments of rock transported far away from cirque called erratic blocks, size 2-3 m. This publication is more detail overview scientific side of glaciation and tectonic process on the Mt. Visocica, related with past research. All this area is some geological museum on open space, like an open book, which talk about geological history of this place.



*Slika 1. Amfiteatar na planini Visočici, sa vrhom Vito (1.960m), na grebenu cirka*

## Literatura

1. Cvijić J. (1899): “Glacijalne i morfološke studije o planinama Bosne i Hercegovine i Crne Gore”, Glas Srpske akademije nauka, 67, Beograd,
2. Dedijer J (1909): “Glacijacije Visočice u južnoj Bosni”, Glas Srpske akademije nauka 79, Beograd,
3. Marjanac Lj. (2012): “Pleistocenske glacijalne i paraglacijalne naslage kvarnera, sjeverne Dalmacije, i južnog Velebita – dokaz Dinarske glacijacije”, doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodno-matematički fakultet, Geološki odsjek,
4. Mojičević M., Tomić B. sa saradnicima (1981): “OGK Kalinovik sa tumačem”, Geoinženjering OOUR Institut za geologiju, Plidža,
5. Nikolić T. (2018): Terenski podaci i fotografije pl.Visočica.
6. Tokić S. (1983): “Genetski tipovi i osnovne geološke odlike kvartarnih naslaga Bosne i Hercegovine”, Geološki glasnik br.28, YU ISSN 0350-235x, Sarajevo.

## GEOKOLOŠKO VREDNOVANJE RELJEFA KANJONA RAKITNICE

<sup>1</sup> Alen Lepirica, <sup>2</sup> Senad Gutić

Faculty of Sciences, University of Tuzla, Bosnia and Herzegovina  
Faculty of Sciences, University of Tuzla, Bosnia and Herzegovina  
e-mail: [lepiricalen@gmail.com](mailto:lepiricalen@gmail.com), [senad.gutic@untz.ba](mailto:senad.gutic@untz.ba)

**Ključne riječi:** Kanjon Rakitnice, geokološko vrijednovanje reljefa, metoda indeksa rekreacijskog potencijala, geomorfološki rezervat, Bosna i Hercegovina.

**Key words:** Rakitnica Canyon Valley, geo-ecological evaluation of the landforms, method of indexing the recreational potential, geomorphological and hydrological reserve, Bosnia and Herzegovina.

### Sažetak

Kanjonsko-klisurasta dolina Rakitnice nalazi se u središnjem dijelu BiH u geomorfološkoj makroregiji „Visoki Središnji Dinaridi”. Dolina je duboko (mjestimice i preko 900 m) i usko (širine do 2 m) usječena između borano-blokovsko-navlačnih masiva Bjelašnice i Visočice te ima probojnički karakter. Istraživano područje površine od 54 km<sup>2</sup> obilježava izrazito naglašena dinamika reljefa s brojnim hipsometrijskim kategorijama, izrazito velikom raščlanjenošću, energijom reljefa i veoma strmim nagibima dolinskih strana.

Na temelju razmatranja generalnih morfoloških karakteristika reljef kanjona je iznimno dinamičan sa dominantno ustrmljenim padinama. U litološkom sastavu prevladavaju trijaski dolomiti i krečnjaci.

U strukturno-geološkom smislu razvoj i pružanje doline predisponirano je neotektonskim pokretima smičućih rasjeda,

Sa morfofenetskog aspekta morfoevolucija kanjona je relativno mlada. Kanjonsko dno i niže strane vezujemo za Kvaratar dok su više strane odnosno padine okolnih masiva Bjelašnice i Visočice starije vezane gornji Tercijar.

Istraživano područje obilježeno je gravitacionim i erozijskim procesima sa širokim spektrom destruktivnih aktivnosti i brojnim reljefnim formama.

Akumulacijske zone su vrlo malog rasprostranjenja na dnu doline što se odnosu na niže strane i riječno korito Rakitnice.

Dolina je poligenetska, polimorfna i polifazna po svojoj morfoevoluciji.

Naglašeni endo i egzogeomorfološki procesi su utjecali na iznimno atraktivan reljef doline koju karakterizira izvorna priroda. Tako je u ovome radu izvršeno geokološko vrednovanje reljefa metodom index-a rekreacijskog potencijala u cilju njegove buduće namjene i korištenja kao perspektivnog geomorfološko rezervata “Kanjon Rakitnice”. Ovo istraživanje je provedeno primjenjenom metodom geokološke evaluacije reljefnih oblika: vrhova, kukova, stjenovitih litica, pećina, riječnih korita i uskih tjesnaca za potrebe turizma, sporta i rekreacije. Rezultati vrednovanja potvrdili su da su ovi oblici pogodni za planinarenje, rekreativnu šetnju, kanjoning, alpinizam i speleologiju. Dakle, na osnovu geokološke evaluacije područja veći dio kanjona

bi sa prostorno - planerskog stanovišta predstavljao geomorfološki rezervat u okviru perspektivnog Nacionalnog parka: "Bjelašnica – Igman".

### **Summary**

The area under research includes the canyon valley of the river Rakitnica, located approximately 30 km southwest of Sarajevo in the central part of Bosnia and Herzegovina. The drainage basin is area of 54 km<sup>2</sup>. The valley's morphosculpture, over 900 m deep, sharply divides the adjacent high-mountain massives Bjelašnica and Visočica.

Taking general morphological characteristics into consideration it was found that the Rakitnica valley is a region of enormous dynamics of relief with dominant fifth-sixth inclination categories of the slopes. Geological structure is dominantly made of limestones and dolomite from Triassic period..

From the structural geomorphological point of view, the Rakitnica valley's development and direction of the valley have been predisposed with neotectonic movements of strike-slip faults. From the morpho-genetic aspect, the beginning of the canyon's development is relative young. The canyon's bottom and the lower parts of the valley belong to the younger generation of the relief, specific for the Quaternary period. Bjelašnica and Visočica mountain masives – that is, the higher parts of the valley – are older and their development begins in Tertiary and Tertiary periods.

The entire researched area is marked by gravitational and erosional processes with a broad spectrum of activities on the larger surface and numerous relief forms. Accumulation zones are very small on the bottom, and they are affected by the valley's bottom, the river's bed and the lower part of the valley.

According to its beginning, development and today's look, the valley is polygenetic, polyphasic and polymorphological. With respect to the quality of its surface and landscape, the valley ought to be highly protected area under perspective national park: "Bjelašnica – Igman". In accordance with these goals, this research by applying a geo-ecological evaluation of the landforms of the canyon valley by using the method of indexing the recreational potential for tourism, sport and recreation. Thus these landforms are suitable for hiking, recreational walking, canyonig, climbing and speleology. The results of the geo-ecological evaluation landforms : peaks, rocky faces, slopes, caves, riverbeds and narrow slot gorges were showed that these landforms are suitable for hiking, recreational walking, canyonig, climbing and speleology. At finally, we have concluded from environmental planning point of view that the most part of the canyon is an geomorphological reserve.

### **Reference**

1. Bognar, A., (2010.): Geokološko vrednovanje reljefa R. Hrvatske, Zbornik referata Geokologija XXI vijeka – teorijski i aplikativni zadaci, Žabljak-Nikšić, 44-65.
2. Bognar, A., (1987): Reljef i geomorfološke osobine Jugoslavije, Veliki geografski atlas Jugoslavije, SNL, Zagreb;
3. Bušatlija, I., (1973.), Kanjon Rakitnice, 25. godina PD Bjelašnica., Sarajevo;

4. Buzjak, N., 2008: Geokološko vrednovanje speleoloških pojava Žumberačke gore, Hrvatski geografski glasnik 70 (2),73-89.
5. Červanjev, I. G., (1979.), Strukturnij analiz reljefa, Avtoreferat doktorskoj disertaciji, Moskva;
6. Čičić, S., Mojićević, M., Papeš, J., (1984.), Geologija Bosne i Hercegovine, Knjiga II, Geoinženjering, Sarajevo;
7. Ed. B. L. Rhoads, C.E. Thom. Wiley, (1996.), The scientific nature of geomorphology – Electronic book;
8. Krajić, A. (2011) Geocological evaluation of landscape of southwest Srem, Zaštita prirode, Scindeks.ceon.rs.
9. Lepirica A (2004): Geokološke značajke kanjona Rakitnice i njegovo geokološko vrednovanje, Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek, Zagreb.
- 10.Lepirica Alen (2005): Morphological and morphostructural characteristics of the Rakitnica Canyon Valley, Acta Carsologica Vol 34 No 2 , Ljubljana.
- 11.Lepirica A (2007): Geokološke značajke doline gornjeg toka Une od Martin Broda do Pritoke, Hrvatski Geografski Glasnik 68/2.
- 12.Lepirica A (2013): Geomorfologija Bosne i Hercegovine, Sarajevo Publishing, Sarajevo;
- 13.Marković, M., (1983.), Osnovi primenjene geomorfologije, Beograd;
- 14.Miklós, L., (1994): Landscape ecological principles of the sustainable development, Roskilde University, Department of Geography and International Development Studies, Roskilde.
- 15.Piha, B., (1973.), Prostorno planiranje, Beograd;
- 16.Riđanović, J., (1993.), Hidrogeografija, II. ( izmijenjeno i dopunjeno ) izdanje. 215 str., Školska knjiga, Zagreb;
- 17.Saletto Janković, M., (1997): Geokološke značajke Nacionalnog parka „Paklenica“, Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek, Zagreb.
- 18.Skupina autora, (1983.), Enciklopedija Jugoslavije, II tom, JLZ, Zagreb;
- 19.Smerke, Z., (1989.), Planinarstvo i alpinizam, PSH, Zagreb;
- 20.Tandarić, N., Buzjak, N., Bočić N., V. Dubovečak., (2018) Fizičkogeografska analiza i geokološko vrednovanje potencijalno zaštićenog područja - primjer doline Kupčine, Hrvatski Geografski Glasnik 80/1.

## FILITI PLANINE GOLIJE – OBJEKTI GEONASLEDA PHYLLITE ROCKS OF GOLIJA – GEOHERITAGE OBJECTS

dr Ljiljana Grujičić-Tešić, dr Jovan Kovačević

dr Ljiljana Grujičić-Tešić, JP „Vodovod“ Ruma (ljiljana.grujicic.tesic@gmail.com),

dr Jovan Kovačević, Geološki zavod Srbije-Beograd (jovan.kovacevic@gzs.gov.rs)

**Ključne reči:** geonasleđe, geoobjekat, filiti

**Key words:** geoheritage, geosite, phyllite rocks

### **Sažetak:**

Na području Golije konstatovane su pojave silifikovanih stena, filita. Ove stena su površinski otkrivene na lokalitetima Lisa (potok Klisura), Međurečje, Đonovo Polje, ispod Jankovog kamena. Velike naučne i obrazovne vrijednosti su, posebno za stratigrafiju, petrologiju, paleoekologiju i paleogeografiju. Jedan od ciljeva ovog rada je promocija geoobjekata sa izdancima filita koji su nepravедно zanemareni.

### **Apstrakt:**

In the Golija region, research in the period after the Second world war revealed the appearance of silted rocks, the phyllite rocks. These rocks were superficially discovered at the locations of Lisa (the stream Klisura), Međurečje, Đonovo polje, below Jankov kamen. Great scientific and educational values are, especially for stratigraphy, paleoecology, petrology and paleogeography. One of the goals in this paper is the promotion of geosites with outlet of phyllite rocks that are unfairly ignored.

### **1. Uvod**

Planina Golija je smeštena u JZ Srbiji. Ovo planinsko područje izduženo je u pravcu sever-jug dok glavni planinski masiv ima oblik latiničnog slova S u dužini od 33 kilometra. Golija je 2001. god. Uredbom Vlade Republike Srbije (“Službeni glasnik RS” br. 45/01) svrstana u prvu kategoriju zaštite kao prirodno dobro od izuzetnog značaja, Park prirode “Golija”(75183 ha).

### **2. Geološke karakteristike predmetnog područja**

U proteklom periodu, na kompleksu geotopa Golije istražena su geološka svojstva stena (tip stene, starost, fosilni sadržaj, morfološke i hidrogeološke karakteristike itd.) (Dimitrijević & Dimitrijević, 1973; Zeremski, 1983; Robertson & Karamata, 1994; Ćirić, 1996; Komatina i Mijović, 1998; Dimitrijević, 2001; Karamata, S. i Mijović, D., 2005; Kovačević i dr., 2010; Nikolić, 2014; Grujičić-Tešić i dr., 2016;) na osnovu čega je bilo omogućeno sistematsko i kompleksno rangiranje objekata u smislu geonasleđa.

Geoobjekat “Izdanci filita, Međurečje kod Ivanjice, Golija” prepoznat je od strane stručne javnosti i uvršten u Inventar geonasleđa Srbije. Za objekte geonasleđa predloženo je 7 potencijalnih objekata među kojima je i geoobjekat “Izdanci filita, Đonovo Polje, Golija” (Grujičić-Tešić, 2017).

Golija, koja obiluje brojnim geološkim, geomorfološkim i pedološkim lokacijama, pripada Dinarskom geotektonskom pojasu.

Sa geološkog gledišta Dinaridi su zastupljeni Drinsko-ivanjičkim elementom izgrađenom od paleozojskih sedimenata, karbonatne platforme trijasa, ofijolitskog pojasa i gornjokrednih plitkovodnih sedimenata (Đurović i Mijović, 2006).

Paleozojska serija leži u unutrašnjim Dinaridima, uz granicu prema Vardarskoj zoni. Najvećim delom je izgrađena od metamorfisanih kvarc-sericitskih peščara i argilošista, zatim filita, retko mermerisanih krečnjaka i metamorfisanih kvarcnih breča i zelenih škriljaca.

Peščari, filiti i argilošisti su najzastupljenije stene u karbonskoj seriji na predmetnom području. Filiti su lepidoblastične strukture, sive do sivo-smeđe boje, imaju veliku rasprostranjenost. Nastali su metamorfozom glinovitih i alevrolitskih sedimenata, bogatih organskom materijom (Brković i dr., 1977).

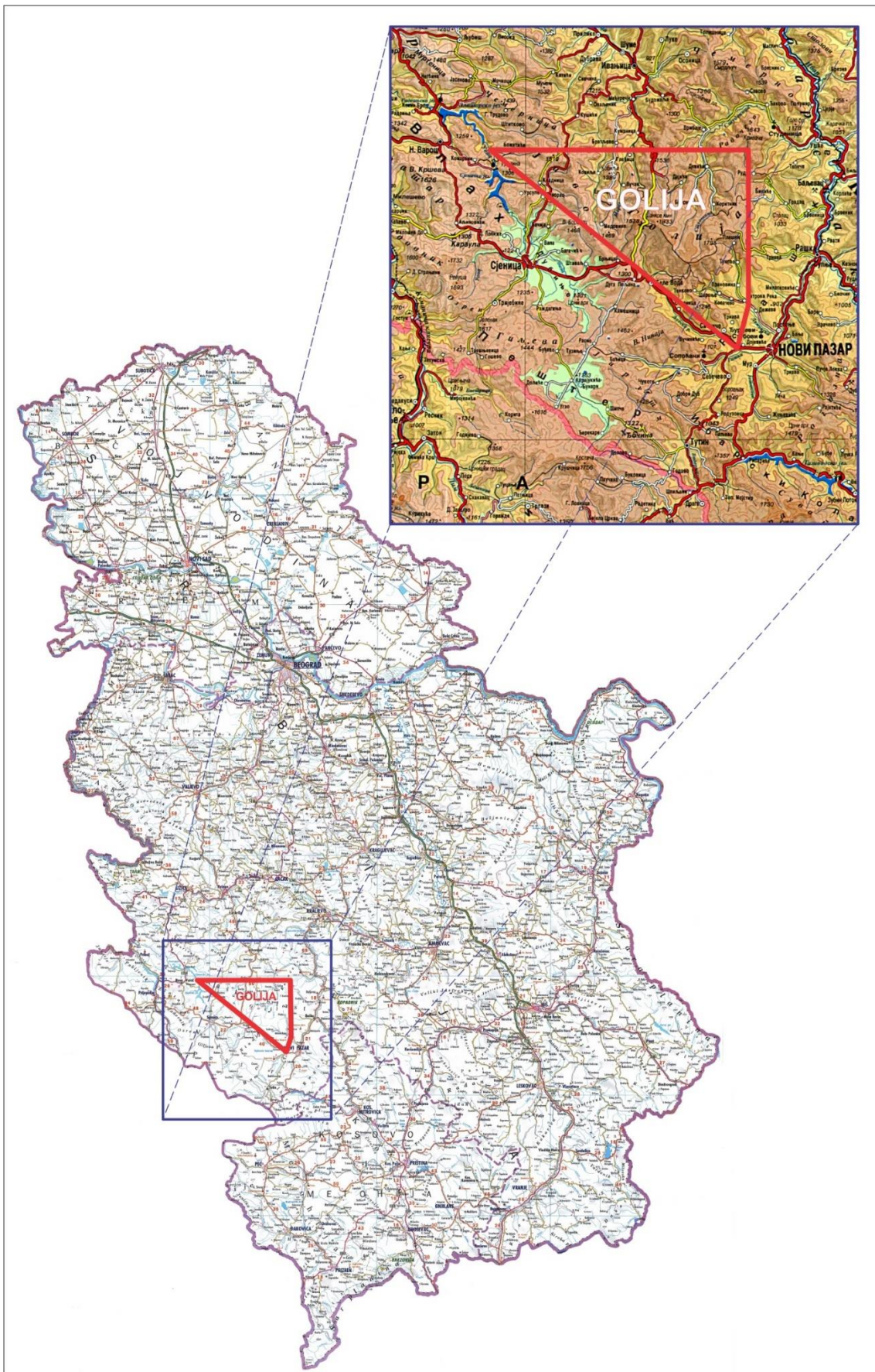
Stene mezozoika Golije predstavljene su donjotrijaskim klastitima i srednjotrijaskim karbonatima.

Preko oboda golijskog paleozoika najčešće leže gornjokredni sprudni krečnjaci i flišni sedimenti.

Tercijar se karakteriše slatkovodnim naslagama i magmatskim stenama. Tokom tercijara došlo je do stvaranja depresija u kojima su formirani jezerski baseni. Tada su svi procesi bili praćeni vulkanskom aktivnošću.

U složenom magmatskom kompleksu centralnog dela Golije konstatovane su intruzivne (granitoidne) stene otkrivene u izvorištu Golijske reke, dok su po obodu plutona raspoređeni tercijarni vulkaniti sa stenama dacito-andezitskog sastava (kvarclatiti i piroklastiti) (Kovačević i dr., 2010).





*Slika 1. Geografska skica Golije*  
*Figure 1. Geographical map of Golija*

### 3. Upotrebna vrednost filita

Golija je bogata mineralnim sirovinama o čemu svedoče nazivi golijskih sela (Ugljari, Sasi, Samokov...) koju ukazuju na rudno bogatstvo kao i tragovi rudarenja (Nikolić, 2014).

Od ležišta nemetalčnih mineralnih sirovina važno je pomenuti nalazašta filita-arhitektonsko-građevinskog kamena. Od filitičnih škriljaca sa ovog dela terena pravljene su krovovi mnogih seoskih kuća Golije (Slika 2).

Jedinstvena vrsta kućnog krova od kamenih ploča predstavljaju delove folklorne arhitekture Srbije i ukazuje na upotrebnu vrednost i značaj filita kao građevinskog kamena. Krovne strane kuća su strme i visoke zbog jakih planinskih vetrova koji ne retko duvaju velikom brzinom kao i za lakše spadanje snežnih naslaga sa kamenih ploča pričvršćenih ekserima za drvenu krovnu konstrukciju.



*Slika 2. Krovni škriljci Golije*

*Figure 2. Roof slate of Golija*

### 4. Postojeći objekat geonasleđa

#### 4.1. Izdanci filita, Međurečje kod Ivanjice, Golija

(objekat petrološkog geonasleđa-metamorfna stena)

Međurečje, kao što i samo ime kaže, smešteno je između dveju reka, Moravice i Nošnice na 884 m n.v. u okviru Parka prirode „Golija“. Do lokaliteta se može doći asfaltnim putem koji spaja Ivanjicu sa vrhom Golije.

Profil sa filitima (Slika 3) je otkriven na desetom kilometru od Ivanjice.

Filiti su sa jako izraženom folijacijom centimetarskih debljina. U okviru stenske mase filita javljaju se eksudati (žice) hidrokvarcita. Žice su različito orjentisane, većinom paralelne folijaciji.

Na kontaktu sa kvarcnom žicama filitni škriljci su najvećim delom grafitični.

Tektonika je odigrala veliki uticaj na sadašnji izgled filita, pa se javljaju međuslojni nabori.



*Slika 3. Lokalitet Međurečje, koordinate 7440078; 4813098*

*Figure 3. Međurečje locality, coordinates 7440078; 4813098*

Lokalitet se ističe svojim petrografskim karakteristikama i može se koristiti kao poligon za izvođenje nastave studenata geologije.

## **5. Potencijalni objekat geonasleda**

### **5.1. Izdanci filita, Đonovo Polje, Golija**

#### **(objekat petrološkog geonasleda-metamorfna stena)**

*Reprezentativnost:* Reprezentativan primerak karbonskih metamornih stena, slični primer je poznat u Međurečju kod Ivanjice kao i u drugim delovima Srbije.

*Saobraćajna infrastruktura:* Profil Đonovo Polje nalazi se na lokalnom putu Ivanjica-Golija. Blizina ugostiteljskih objekata za smeštaj i ishranu: U neposrednoj blizini se nalazi turistički kompleks Bele Vode i Odvraćenica.

*Kulturno-istorijske znamenitosti u okruženju:* Rimski most; Manastir Kovilje; Manastir Gradac; Sezonska naselja-katuni.

*Prirodne znamenitosti u okruženju:* Geolokaliteti-Golijaska Reka-magmatsko telo (nek); Izdanci filita-Međurečje kod Ivanjice; Cirk Jankov kamen; Dajičko jezero; Svilanovo-gornjokredni sprudni krečnjaci; Kulizino selo-gornjokredni sprudni krečnjaci; Mnoštvo izvora pijaće vode.

*Stepen ugroženosti:* Može ga oštetiti antropogeni faktor.

*Stepen zaštite:* Nazaštićen. Smešten u okviru zaštićenog područja, Park prirode „Golija“.

*Opis:* Profil je otkriven otkopavanjem puta Odvračeaica-Ivanjica, u blizini sela Đonovo Polje (Slika 4A,B). Filiti su škrljave tekture sa jako izraženom folijacijom centimetarskih debljina (Slika 4C,D).



*Slika 4. Lokalitet Đonovo Polje, koordinate 7441771; 4798853:  
A, B-geološki profil sa filitima pored puta; C-filiti, škrljava tekstura;  
D-organske primese u filitima;*

*Figure 4. Đonovo Polje locality, coordinates 7441771; 4798853:*

*A, B-geological profile with phyllite rocks beside the road; C- phyllite rocks, slate texture; D-organic primers in the phyllite rocks*

## 6. Zaključak

Objekti geonaleda Golije imaju potencijal da postanu atraktivne tačke geoturističkih destinacija. Ovaj prostor nije turistički uobličen, jer razvijene grane turizma nisu međusobno povezane, i ako svojim prirodnim, kulturološkim, tradicionalnim, estetskim vrednostima, pruža mogućnost za sportsko-rekreativne aktivnosti, izletnički i ekskurzioni turizam, manifestacioni turizam, verski turizam i sl.

Objekti geonasleđa Golije sa izdancima filita su višestruko značajni ali su istovremeno zanemareni i nepoznati javnosti.

Golija predstavlja područje sa izuzetnim prirodnim retkostima koji se mogu sačuvati uz sprovođenje mera zaštite kao savremenog koncepta zaštite prirode i ako ga zanemarimo, uništimo, više ga nikada ne možemo vratiti u prvobitno stanje.

Najefikasniji način zaštite objekata geo-baštine je podizanje svesti o njihovom naučnom, obrazovnom, estetskom i turističkom značaju, kao i primena “pametne” eksploatacije. Ovaj rad pokazuje da objekti geonasleđa sa izdancima filita planine Golji zaslužuju takav tretman.

## Literatura

1. Brković, T., Malešević, M., Urošević, M., Trifunović, S., Radovanović, Z., Dimitrijević, M., Dimitrijević, N. (1977): Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100000. Tumač za list Ivanjca K34 - 17 - Savezni geološki zavod. Beograd.
2. Ćirić, B. (1996): Geologija Srbije (Geology of Serbia – in Serbian)–Geokarta. Beograd. 273 p.
3. Dimitrijević, M.N. & Dimitrijević, M.D. (1973): Olistostrome mélange in the Yugoslavian Dinarides and late Mesozoic plate tectonics.– J. Geol., 81/3, 328–340.
4. Dimitrijević, M.D. (2001): Dinarides and the Vardar Zone: a short review of the geology.– Acta Vulcanol., 13, 1–8.
5. Đurović, P. & Mijović, D. (2006): Geonasleđe Srbije – reprezent njenog ukupnog geodiverziteta (Geoheritage of Serbia-Representative of its Total Geodiversity – in Serbian).– Zbornik Radova Geografskog Fakulteta u Beogradu. 54, 5–18.
6. Grujičić - Tešić, Lj., Rabrenović, D., Kovačević, J., Gerzina, N. & Đerić, N. (2016): Upper Cretaceous geosites on Golija mountain - objects of geoheritage. Geologia Croatica. 69, 3, pp. 337 – 345.
7. Grujičić - Tešić, Lj., (2017): Geonasleđe Golije i Peštera. Doktorska teza. Univerzitet u Beogradu, Rudarsko - geološki fakultet. Beograd. 179: 38-41.
8. Karamata, S. i Mijović, D. (2005): Inventar objekata geonasleđa Srbije - u: Mijović, D. (ed.): II naučni skup o geonasleđu. Zavod za zaštitu prirode Srbije. Posebno izdanje. 20, str.1 - 36.
9. Kovačević, J., Nikić, Z. i Kovačević, S. (2010): Geološke karakteristike strukture Višegrad – Peć. Zbornik radova 15. Konresa geologije sa međunarodnim učešćem. Beograd. str.103 - 106.
10. Nikolić, S. (2014): Golija. Ekološko turistička studija sa programskom osnovom. Naučna monografija. Beograd: 175.
11. Robertson, A.H.F. & Karamata, S. (1994): The role of subduction-accretion processes in the tectonic evolution of the Mesozoic Tethys in Serbia.– Tectonophysics. 234, 73–94.
12. Zeremski, M. (1983): Tragovi neotektonskih procesa u reljefu zapadne Srbije. Posebno izdanje Geografskog institute “Jovan Cvijić” SANU. Beograd: 33.

## HRVATSKA GEOLOŠKA BAŠTINA VEZANA UZ POVIJESNO RUDARENJE

Prof. dr.sc. Marta Mileusnić, Doc. dr. sc. Ana Maričić, Dr. sc. Michaela Hruškova Hasan

Prof. dr.sc. Marta Mileusnić, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, [marta.mileusnic@rgn.hr](mailto:marta.mileusnic@rgn.hr)

Doc. dr. sc. Ana Maričić

Dr. sc. Michaela Hruškova Hasan

**Ključne riječi:** geološka baština, rudarska baština, rudarstvo, mineralne sirovine, kamenarstvo, prirodni kamen

### Apstrakt

Geološka baština (ili „geobaština“) obuhvaća prirodne geološke ili geomorfološke značajke koje posjeduju estetsku, intrinzičnu, znanstvenu i obrazovnu vrijednost te pružaju jedinstven uvid u geološke procese koji utječu na formiranje ili evoluciju Zemlje. Često samo ljudskim djelovanjem te značajke dolaze na vidjelo. U tom slučaju možemo istodobno govoriti o prirodnoj (geološkoj), kao i o kulturnoj (povijesnoj, industrijskoj, rudarskoj) baštini, odnosno nasljeđu. Geo-baština se može podijeliti na „in situ“ (npr. izdanak određene stijene) i „ex situ“ (npr. zbirke minerala).

U Hrvatskoj su isključivo zbog vrijedne geobaštine zaštićena 53 lokaliteta i to u kategorijama posebnog rezervata (paleontološkog i geografsko-botaničkog) i spomenika prirode (geološkog, paleontološkog, geološko-paleontološkog, geomorfološkog, geološko-geografskog i hidrološkog). Osim toga postoji i jedan slučaj u kategoriji zaštićenog minerala. Geobaština se nalazi i unutar većih zaštićenih područja kao što su strogi rezervati (npr. Hajdučki i Rožanski kukovi), nacionalni parkovi (npr. Paklenica), parkovi prirode (npr. Papuk koji je ujedno i geopark), regionalni parkovi (npr. Moslavačka gora) i značajni krajobrazi (npr. Baraćeve špilje).

Eksploatacija geoloških resursa odigrala je važnu ulogu u razvoju čovječanstva od prapovijesti do danas. Stoga povijesne rudarske lokacije predstavljaju vrijednu industrijsku, kulturnu i znanstvenu baštinu za Hrvatsku koja ima dugu rudarsku tradiciju. Osim toga, mnogi površinski i podzemni izdanci stvoreni rudarenjem, kao i „ex situ“ zbirke minerala, stijena ili fosila pronađenih na tim mjestima, predstavljaju vrijednu geološku baštinu.

U Hrvatskoj je kamen najvažniji resurs koji se iskorištava kroz povijest, s mnogo napuštenih kamenoloma koji bi potencijalno mogli predstavljati geološku baštinu. Među njima su samo dva zaštićena kao geološki spomenici prirode. Rupnica kod Voćina prvi je geološki spomenik u Hrvatskoj, a zaštićen je zbog stupastog lučenja albitnog riolita. Kamenolom Fantazija kod Rovinja jedinstven je primjer sedimentologije karbonatnih stijena. Iako u Hrvatskoj danas nema potencijalnih rudnih ležišta, u prošlosti je proizvodnja metala bila značajna. Iako nisu zaštićena kao geološka baština, dva su mjesta revitalizirana za potrebe geoturizma (rudnik bakra Rude i rudnik srebra Zrinski). Postoji i nekoliko važnih povijesnih nalazišta nemetalnih minerala. Nažalost, do sada nijedno nije dostupno široj zajednici. Međutim, Muzej Radboa je dobar primjer kako se takva nalazišta i rudarska tehnologija (rudnik sumpora i radobojski stroj) mogu predstaviti javnosti. Ugljen i bitumen su također rudareni u Hrvatskoj. Rudarska tradicija vezana uz ugljenokope očuvana je u obliku nematerijalne baštine (npr. Rudarska četa u Ivancu). Na temelju gore navedenog, postoji dovoljno prostora za rad na promociji geološke baštine vezane uz rudarstvo u Hrvatskoj. Očuvanje geološke baštine u kontekstu rudarskog naslijeđa od temeljne je važnosti za promicanje odgovarajuće zaštite, valorizacije i mogućeg budućeg korištenja kao geoturističkih lokaliteta. Stoga je tekući europski projekt cjeloživotnog učenja

„MineHeritage: Historical Mining – Tracing and Learning from Ancient Materials and Mining Technology“ dobra osnova za dugoročno planiranje geokonzervacije. Cilj ovog projekta je podizanje svijesti društva o upotrebi i potrebi za sirovinama. Budući da je projekt u svojoj početnoj fazi, osim očekivanih rezultata, bit će predstavljeni unosi za europsku bazu podataka o starim rudarskim mjestima, napuštenim rudnicima, i klasificiranoj baštini vezanoj uz povijesno rudarstvo Hrvatske.

### **Zahvala**

Ovaj sažetak rezultat je rada na projektu “MineHeritage: Historical Mining – Tracing and Learning from Ancient Materials and Mining Technology” koji je financiran od Europskog instituta za inovacije i tehnologiju (EIT), tijela Europske Unije, pod programom Obzor 2020, Okvirnog programa EU za istraživanja i inovacije.

### **Reference:**

1. Laszowski, E. (1942): Rudarstvo u Hrvatskoj, Izdanje Nakladnog odjela Hrvatske državne tiskare, Zagreb
2. Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, Uprava za zaštitu prirode (2017): Upisnik zaštićenih područja
3. Zwicker, G., Žeger Pleše &, I. Zupan, I. (2008): Zaštićena geobaština Republike Hrvatske, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb

## CROATIAN GEOLOGICAL HERITAGE RELATED TO HISTORICAL MINING

**Prof. dr.sc. Marta Mileusnić, Doc. dr. sc. Ana Maričić, Dr. sc. Michaela Hruškova Hasan**

Prof. Marta Mileusnić, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, HR-10000 Zagreb, Croatia, [marta.mileusnic@rgn.hr](mailto:marta.mileusnic@rgn.hr)

Asst. Prof. Ana Maričić

Dr. Michaela Hruškova Hasan

**Keywords:** geological heritage, mine heritage, mining, raw materials, quarrying, natural stone

### Abstract

The geological heritage (or ‘geo-heritage’) encompasses natural geological or geomorphological features possessing aesthetic, intrinsic, scientific and educational value, that provide unique insight into geological processes affecting the formation or evolution of the Earth. Often, only by human activity, these features come to light. In that case, we can talk at the same time of natural (geological), as well as cultural (historical, industrial, mine) heritage. Geo-heritage can be divided to “in situ” (e.g. outcrop of a specific rock) and “ex situ” (e.g. mineral collection).

In Croatia, 53 localities are protected exclusively due to their geological value. Those localities have different level of protection, special reserves (paleontological and geographic-botanical) and nature monuments (geological, paleontological, geological-paleontological, geomorphological, geological-geographic and hydrological). In addition, there is one case of protected minerals. Geo-heritage in Croatia is located within the larger protected areas such as strict reserves (e.g. Hajdučki i Rožanski kukovi), national parks (e.g. Paklenica), nature parks (e.g. Papuk which is also Geopark), regional parks (e.g. Moslavačka gora) and significant landscapes (e.g. Barać caves etc.).

Exploitation of geological resources has played an important role in the development of mankind since prehistory until the present days. Hence, historical mining sites represent valuable industrial, cultural and scientific heritage for Croatia which has a long mining tradition. In addition, many surface and underground outcrops that were opened by quarrying and mining, as well as ex situ collections of minerals, rocks or fossils found at such sites, represent valuable geological heritage.

In Croatia, stone material has been the most important resource exploited throughout history, with many abandoned quarries that could potentially represent geological heritage sites. Among them, only two are already protected as geological monuments of nature, Rupnica near Voćin where columnar albite rhyolite became the first protected geological site in Croatia and quarry Fantazija near Rovinj as unique example of carbonate sedimentology. Although, in Croatia nowadays there is no potential ore deposits, there were times in the past when metal production was significant. Although not protected as geological heritage, two sites are revitalised for geotourism (copper mine Rude and silver mine Zrinski). There are also several important historical mining sites of non-metallic minerals. Unfortunately, so far, none of them are accessible to wider society. However, Radboa museum is good example how such sites and mining technology (sulphur mine and Radboj machine) could be presented to public. Coal and



bitumen were mined in Croatia as well. Mining tradition at some coal mining places is preserved in the form of non-material heritage (e.g. Rudarska četa in Ivanec).

Based on the above, there is plenty of room for work on the promotion of geological heritage related to mining in Croatia. Preservation of geological heritage within the mining heritage context is fundamental to promote proper protection, valorisation and possible future utilization as geotouristic sites. Hence, running European wider society learning project “MineHeritage: Historical Mining – Tracing and Learning from Ancient Materials and Mining Technology” is a good basis for longer-term planning of geoconservation. The aim of this project is to raise society’s awareness of usage and need for raw materials. Since the project is in its initial phase, beside expected outcomes, entries for the European database on ancient mining sites, abandoned mines, classified heritage sites related to historical mining in Croatia will be presented.

### **Acknowledgment**

This contribution is supported by the project “MineHeritage: Historical Mining – Tracing and Learning from Ancient Materials and Mining Technology” funded by the European Institute of Innovation and Technology (EIT), a body of European Union, under the Horizon 2020, the EU Framework Programme for Research and Innovation.

### **References:**

1. Laszowski, E. (1942): Rudarstvo u Hrvatskoj, Izdanje Nakladnog odjela Hrvatske državne tiskare, Zagreb
2. Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, Uprava za zaštitu prirode (2017): Upisnik zaštićenih područja
3. Zwicker, G., Žeger Pleše &, I. Zupan, I. (2008): Zaštićena geobaština Republike Hrvatske, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb

## DIVERZITET KARSTNIH POJAVA

Milorad Kličković

Zavod za zaštitu prirode Srbije, Dr Ivana Ribara 91, Novi Beograd; [milorad.klickovic@zzps.rs](mailto:milorad.klickovic@zzps.rs)

**Ključne reči:** diverzitet karstnih pojava, geodiverzitet, karst, diverzitet karsta, karstne pojave.

### Uvod

Karst kao geomorfološki, geološki, na kraju i multidisciplinarni fenomen nije se do sada značajnije tretirao sa aspekta geodiverziteta i geonasleđa, bar ne na ovim prostorima.

U radu „Diverzitet karsta“ (Kličković M., 2018) sabrane su i date opšte pojmovne postavke geodiverziteta u karstu, njegove osnovne odlike i pojmovna veza sa drugim diverzitetima – biodiverzitetom i predeonim diverzitetom. Definicija geodiverziteta može se isvesti analogijom iz ranije nastalog pojma biodiverziteta Stevanović & Vasić (1995), kao „*Geodiverzitet je sveobuhvatnost nežive prirode*“ ili „*Geodiverzitet je sveukupna varijabilnost pojava i procesa nežive prirode na Zemlji*“ (Kličković M., 2018).

Cilj ovog teksta je da se napravi usmereni osvrt na raznovrsnost karstnih pojava.

Moglo bi se reći da je diverzitet karstnih pojava sveukupna raznovrsnost pojava (reljefnih oblika) nastalih dejstvom karstnog procesa i njegovog sadejstva sa drugim geološkim procesima tokom geološke istorije do danas.

### Diverzitet u karstu

Diverzitet u karstu može se posmatrati u dve ravni (Kličković M., 2018):

1. Diverzitet pojava i
2. Diverzitet procesa.

### Diverzitet karstnih pojava

Može se izdvojiti šest kategorija karstnih pojava, odnosno oblika (Kličković M., 2018):

1. Površinski oblici
2. Podzemni oblici
3. Hidrogeološki aktivni oblici
4. Fluviokarstni oblici
5. Reliktni oblici
6. Pećinski nakit

**Površinski oblici** su oblici reljefa nastali dejstvom karstnog procesa na površini zemljine kore.

Prema dimezijama posmatranja mogu se izdvojiti dve grupe:

- a) mikro oblici obuhvataju škrape (sa čebeljima), kamenice, i
- b) makro oblici obuhvataju veći broj grupa pojava od lokalnih do regionalnih, a to su: vrtače, uvale i karstna polja.

Već na ovom početnom stadijumu pobrojavanja i razvrstavanja uočljiva je raznovrsnost, odnosno diverzitet. Pored toga izražena je raznovrsnost pojavljivanja svakog od oblika ponaosob.

Škrape su olučasta udubljenja, kanalići, na površini stenske mase. Imaju visok diverzitet pojavljivanja u pogledu i oblika i demenzija. Mogu se javljati kao pojedinačne, paralelne i mrežaste. A u pogledu dimenzija mogu biti od jedva naglašenih, veličine prsta (centimetarskih dimenzija), do takvih u koje može da stane čovek, širine nekoliko decimetara do metra i dubine 1 – 2 m, kao na primer na Subri.

Vrtače imaju veliku raznovrsnost oblika. Prema obliku preseka, odnosno prema odnosu prečnika i dubine, mogu biti: tanjiraste, levkaste i bunaraste (3), a u planu okrugle, elipsaste, izdužene, bubrežaste, krstaste i nepravilne (6); i veoma veliki diverzitet kombinacija napred navedenih oblika u planu i preseku. Zatim mogu biti jednostruke, dvogube, trogube (3). Mogu se javljati u jednom ili više paralelnih ili ukrštenih nizova.

Uvale su takođe makrooblici u vidu depresija, po pravilu nešto većih dimenzija i složene geneze (Ćalić J., 2015). Mogu biti u različitom rasponu dimenzija od reda srednjih i većih vrtača do reda manjih karstnih polja. Takođe i različitih oblika od čega su najčeće koncentrične i izdužene. U preseku su uglavnom asimetrične. Često su praćene vrtačama ili ostacima vrtača po dnu. Često ih prate podzemni oblici (pećine i jame) i hidrološke i druge pojave, uglavnom po obodu.

Karstna polja su posebno interesantan makro oblik koji ima regionalne razmere. Genetski nisu vezani isključivo za karstni proces, već su uglavnom tektonski predisponirana. Mogu biti suva, povremeno plavljena i stalno plavljena (jezera) (3). Karstna polja po obodu prate podzemni oblici pećine i jame i hidrološki aktivne pojave, izvori (vrela), ponori i estavele. Tako se može reći da su karstna polja centri diverziteta karstnih pojava.

**Podzemni oblici** rezultat su dejstva karstnog procesa ispod površine zemlje. Upravo oni predstavljaju jednu od specifičnosti karsta i značajno doprinose ukupnom bogatstvu diverziteta karstnih pojava. To su kanali unutar stenske mase, različitog prostornog položaja i dimenzija. Pretežno horizontalni su pećine, pretežno vertikalni su jame. Pored toga postoje i šupljine u stenskoj masi koje su fizički nedostupne spolja – kaverne. Iako je brojnost podzemnih oblika manja u odnosu na površinske, pećine i jame su vrlo raznovrsne po obliku, prostornom položaju, razgranatosti i dimenzijama. Pećine mogu biti od prostih, vijugavih, nagnutih, kaskadnih, etažnih do pećinskih sistema sa dva ili više ulaza. Jame mogu biti: proste, zvekare, snežnice, ledenice, kaskadne i jamski sistemi. I ovde su moguće kombinacije više tipova, npr. vijugava nagnuta pećina sa kaskadama i dva ili više ulaza.

**Hidrogeološki aktivni oblici** su morfološki oblici karsta sa aktivnom hidrogeološkom funkcijom. To su pre svega izvori (ili u karstu često nazvani vrela) i ponori, zatim estavele koje u zavisnosti od hidrogeološkog režima mogu da vrše obe funkcije, ponora i izvora (3). Takođe postoje i specifični tipovi izvora u karstu – vrulje i intermitentni izvori (2).

**Fluviokarstni oblici** nastaju u sadejstvu fluvijalnog procesa sa karstnim. Najjednostavniji primer, kada površinski tok (fluvijalni proces) prelazi preko rastvorljive, karbonatne podloge. U ovom sadejstvu formiraju se specifični i atraktivni oblici rečne doline, klisure i kanjioni (2) sa mogućim lokalnim pojavama tesnaca i suteski (2).

**Reliktни (fosilni) oblici** su nastali u geološkoj prošlosti. Sada nisu aktivni. Najpoznatiji su suve doline, slepe doline, viseće doline (3). Zatim su tu suve, neaktivne pećine, fosilizovan (neaktivan) pećinski nakit i dr.

**Pećinski nakit** je naziv koji objedinjuje veliki broj oblika nastalih hemijskom akumulacijom. Pećinski nakit je izuzetno raznovrstan kako u oblicima tako i u dimenzijama, počevši od

jednostavnih manjih fenomena do masivnih ambijentalnih celina. To su stalaktiti, stalagmiti, stalagnjati (stubovi), helaktiti, salivi, draperije, korali, pizoliti, bigrene kade (9) i mnogi drugi. Za deo formi, kao i za brojne kombinacije navedenih i ne postoje posebni nazivi. I danas se otkrivaju i istraživače zadivljuju pojave novih formi.

**Crvenica** (ili *terra rossa*) je pedološki oblik karsta. Nastaje kao rastesiti ostatak materijala nerastvorenog u procesu hemijske erozije. To je često jedina agrokulturna podloga u oblastima potpuno razvijeneog karsta – holokarst.

### **Zaključna razmatranja**

Napred navedno pobrojavanje, poznatih oblika, bez ulaženja u druge detalje, može kod čitaoca da izazove osećaj zbunjenosti i konfuzije, ali upravo to ukazuje na veoma veliku raznovrsnost – diverzitet karstnih pojava, naročito kada se ona obrađuje na malom prostoru kakav je ovaj tekst.

Cilj ovog razmatranja geološkog diverziteta u karstu trebalo bi da bude uvod i podloga ka sledećem koraku, izdvajanju pojava pojedinih oblika kao objekata geonasleđa i kategorisanja njihovog značaja po pojedinim aspektima i potrebe za njihovom zaštitom.

Karstne pojave mogu se javiti od sasvim tipičnih do krajnje atipičnih. Tipični karstni oblici imaju karakteristiku pojaljivanja u velikoj brojnosti na određenom prostoru. U bilo kom slučaju karstne pojave, skoro obavezno, prati vizuelna atraktivnost i snažan estetski doživljaj koji gotovo uvek zaustavljaju dah.

Izdvajanje pojava pojedinih oblika kao reprezentativnih objekata geonasleđa i njihovo kategorisanje u karstu veoma je težak posao zbog izuzetno velike raznovrsnosti kako tipičnih, tako i atipičnih oblika. Može se zaključiti da je izdvajanja lokaliteta i oblasti sa više istih ili različitih karstnih oblika, u većini slučajeva, smislenije nego izdvajanje pojedninačnih karstnih pojava.

### **Literatura**

1. Ћалић J., 2015. Место карстне увале у систему површинских карстних депресија (1. део), Зборник радова одбора за крас и спелеологију, Одељење за математику, физику и геонауке, Књ. 5, САНУ, Посебна издања Књ. DCLXXIII, Београд, 49-62
2. Клиčković M., 2018. Diverzitet karsta, (prošireni apstrakt), XVII Kongres geologa Srbije, Vrnjačka Banja 17.-20.05.2018, Knjiga apstrakata 2, Vrnjačka Banja, 796-801
3. Stevanović, V. & Vasić, V., 1995. O biodiverzitetu, U: Stevanović, V. & Vasić, V., eds., 1995. Biodiverzitet Jugoslavije sa pregledom vrsta od međunarodnog značaja, Biološki fakultet i Ecolibri, Beograd, 562.

## DIVERSITY OF KARST PHENOMENA

Milorad Kličković

Institute for Nature Conservation of Serbia, Dr Ivana Ribara 91, Novi Beograd;  
[milorad.klickovic@zzps.rs](mailto:milorad.klickovic@zzps.rs)

**Keywords:** diversity of karst phenomena, geodiversity, karst, karst diversity, karst phenomena.

### Introduction

Karst as geomorphological, geological, and finally, multidisciplinary phenomenon has not so far been significantly treated in terms of geodiversity and geoheritage, at least not in this region. The paper “Karst diversity” (Kličković M., 2018) summarizes and presents general principles of geodiversity in karst, its general characteristics and conceptual connection with other diversities – biodiversity and landscape diversity. The aim of this text is to create a focused review of the diversity of karst phenomena (feature).

It can be said that the diversity of karst phenomena is the overall diversity of occurrences (relief shapes) caused by the effects of the karst process and its cooperation with other geological processes during the geological history to date.

### Diversity in karst

Diversity in the karst can be analyzed on two levels (Kličković M., 2018):

1. Diversity of phenomena and
2. Diversity of processes

### Diversity of karst phenomena

Six categories of karst phenomena or forms can be distinguished (Kličković M., 2018):

1. Surface forms
2. Subterranean forms
3. Hydrogeologically active forms
4. Fluvial karst forms
5. Relict forms
6. Speleothems

**Surface forms** are forms of relief formed by the action of the karst process on the earth's surface. Two groups can be distinguished according to the dimensions of observation:

- a) micro forms include carens (with čebelji), kamenice (solution pans), and
- b) macro forms which include a number of groups of phenomena from local to regional, such as: sinkholes, uvalas and karst fields.

Already at this initial stage of classification, diversity is noticeable. In addition, the variety of occurrences of each form is distinct.

Carens are guttery recesses, canals, on the surface of stone mass. They are extremely diverse in terms of forms and dimensions. They can occur as single, parallel, and mesh. And in terms of dimensions, they can vary from barely pronounced, fingertip size (a few centimeter in

dimensions), to human-sized ones, from few decimeters to one meter wide and 1 – 2 m deep, such as in Subra.

Sinkholes have a great variety of forms. Sinkholes can in cross section be in the shape of a plate, funnel or well (3); in plane section, they can be round, elliptic, elongated, kidney-shaped, cross-shaped or irregular (6); there is also a great diversity of combinations of the aforementioned forms in cross-section and in plane section. They can also be single, double or triple (3). They can occur in one or more parallel or cross strings.

Uvalas are also macro forms in the form of depressions, primarily of somewhat larger dimensions and complex genesis (Ћалић Ј., 2015). They may vary in dimension from medium and large sinkholes to smaller karst fields. Also, different forms of which are most often concentric and elongated. In cross-section they are usually asymmetrical. Often they are accompanied by sinkholes or sinkhole residue at the bottom. They are often accompanied by subterranean forms (caves and pits) and hydrological and other phenomena, mainly along the periphery.

Karst fields are a particularly interesting macro form which has regional distribution. Genetically, they are not exclusively related to the karst process, but are mainly tectonically predisposed. Karst fields can be dry, periodically flooded or permanently flooded (lakes) (3). The karst fields along the periphery are accompanied by subterranean forms such as caves and pits and hydrologically active phenomena, springs (sources), sinks and estavelles. Thus it can be said that the karst fields are centers of diversity of karst phenomena.

**Subterranean forms** are the result of the effects of the karst process under the earth's surface. They represent one of the specificities of the karst and significantly contribute to the total richness of the diversity of karst phenomena. These are canals within the rock mass, different spatial position and dimensions. Horizontal ones are caves, vertical ones are pits. In addition, there are cavities in the rock mass that are physically inaccessible from the outside - caverns. Although the number of underground forms is smaller compared to the surface ones, caves and pits are very diverse in shape, spatial position, diversity and dimensions. Caves can range from simple, meandering, inclined, cascade, multilevel, to cave systems with two or more entrances. Pits can range from simple, shaft, snowshaft, iceshaft, cascade, to pit systems. Combination of multiple types can occur, such as meandering inclined cave with cascades and two or more entrances.

**Hydrogeologically active forms** are karst morphological forms with active hydrogeological function. These are primarily springs and sinks, then estavelles that, depending on the hydrogeological regime, can carry out both functions, the sinking and the discharging (3). There are also specific types of karst springs - vrulje and intermittent sources (2).

**Fluvial karst forms** form in the combination of fluvial and karst processes. The simplest example is when the surface flow (fluvial process) passes over a soluble, carbonate substrate. In this combination, specific and attractive forms of the river valley, gorges and canyons (2) are formed with possible local occurrences such as defiles and sutiske (2).

**Relict (fossil) forms** occurred in geological past. They are not currently active. The most famous ones are dry valleys, blind valleys, and hanging valleys (3). Then there are dry, inactive caves, fossilized (inactive) cave formations and others.

**Speleothem** is a common name for a large number of forms of chemical accumulation. Speleothems are characterized by a high diversity of both forms and dimensions, starting from

the simpler smaller phenomena to the large ones. These are stalactites, stalagmites, stalactite pillars, helictites, draperies, corals, pisolites, tufa tubs (9), etc. Many others, as well as numerous combinations of the said forms are yet to be named. Even today, new breathtaking forms are being discovered.

**Crvenica** (or *terra rossa*) is a pedological karst form. It occurs as a clastic material residue undissolved in the process of chemical erosion. It is often the only agricultural substrate in the areas of a fully developed karst - holokarst.

### **Conclusion**

The aforementioned classification of known forms without diverging into other details may confuse the reader, but precisely this points to its high diversity – diversity of karst phenomena, especially when they are analyzed in a limited scope such as in this paper.

The aim of this review of the geological diversity in karst should serve as an introduction and background for the next step, the separation of occurrences of individual forms as geoheritage sites and the categorization of their significance by individual aspects and the need for their protection.

Karst forms vary from quite typical to extremely atypical. Typical karst forms have a high occurrence rate in a given area. No matter the karst phenomena in question, they are always, almost mandatory, accompanied by visual appeal and a powerful aesthetic experience that almost always leave you breathless.

The identification of occurrences of individual forms as representative geoheritage forms and their categorization in karst is a very difficult task due to the extremely wide diversity of both typical and atypical forms. It can be concluded that the identification of sites and areas with a number of the same or different karst forms is, in most cases, more meaningful than the identification of individual karst phenomena.

## **METODOLOGIJA VREDNOVANJA I KATEGORIZACIJE OBJEKATA GEONASLEĐA PRIMENJENA NA PODRUČJU GOLIJE I PEŠTERA**

## **METHODOLOGY GEOSITE EVALUATION AND CATEGORIZATION APPLIED IN THE AREA OF GOLIIJA AND PEŠTER**

**dr Ljiljana Grujičić, prof. dr Dragoman Rabrenović, dr Jovan Kovačević, prof. dr Nataša  
Gerzina Spajić, prof. dr Nevenka Đerić**

dr Ljiljana Grujičić – Tešić, JP „Vodovod“ Ruma (ljiljana.grujicic.tesic@gmail.com), prof. dr Dragoman Rabrenović, Geološki zavod Srbije-Beograd (d.rabrenovic@gmail.com), dr Jovan Kovačević, Geološki zavod Srbije-Beograd ([jovan.kovacevic@gzs.gov.rs](mailto:jovan.kovacevic@gzs.gov.rs)), prof. dr Nataša Gerzina Spajić Rudarsko - geološki fakultet-Beograd, ([natasa.gerzina@rgf.bg.ac.rs](mailto:natasa.gerzina@rgf.bg.ac.rs)), prof. dr Nevenka Đerić, Rudarsko - geološki fakultet-Beograd ([nevenka.djeric@rgf.bg.ac.rs](mailto:nevenka.djeric@rgf.bg.ac.rs))

**Ključne reči:** geonasleđe, geoobjekat, vrednovanje, kategorizacija

**Key words:** geoheritage, geosite, evaluation, categorization

### **Sažetak:**

Devedesetih godina XX veka u svetu započelo je vrednovanje geoobjekata prema jedinstvenom konceptu pod nazivom GEOSITES (A Global Comparative Site Inventory) koje su pokrenule međunarodne organizacije IUGS, UNESCO i IGCP. U Evropi je formirana asocijacija PROGEO (European Association for the Conservation of Geological Heritage), koja je u početku okupljala zemlje zapadne Evrope, a kasnije celu Evropu. Radi procene vrednosti objekata geonasleđa razvijene su brojne kvantitativne metode. U ovom radu biće prikazana novopredložena metoda za valorizaciju i evaluaciju, primenjena na objektima geonasleđa Golije i Peštera.

### **Abstract:**

Geosite assessment according to the unique concept named GEOSITES (A Global Comparative Site Inventory), initiated by the international organizations IUGS, UNESCO and IGCP, started during the last decade of the XX century. The association PROGEO (European Association for the Conservation of Geological Heritage) was established in Europe. In the beginning, it included only West-European countries, but it covered the whole Europe in time. Many quantitative methods have been developed to evaluate of geosites.

A new method for geoheritage assessment and evaluation, applied on geosites on Golija Mt. and Pešter highland is presented in this paper.

### **1. Uvod**

Planina Golija i Pešterska visoravan smešteni su u JZ Srbiji. U geomorfološkom smislu predmetno područje je uglavnom brdovito-planinski i pripada oblasti starovlaško-raške visije, dinarskom planinskom vencu. Pešterska visoravan je okružena visokim planinama među kojima dominira Golija sa najvišim vrhom Jankov kamen, 1833 m n.v.

Ovaj prostor predstavlja mozaik objekata geološkog, geomorfološkog, speleološkog, hidrogeološkog, petrološkog nasleđa koji su lakše i teže dostupne čoveku, u velikom broju



nedirnuti i očuvani. Tokom dugogodišnjeg istraživanja izdvojeni su i prikazani lokaliteti na kojima je geonasleđe na odgovarajući način evidentirano (Karamata & Mijović, 2005), ali i lokaliteti na kojima je potrebno raditi na promociji (Grujičić et al., 2016). Dosadašnjim sprovedenim istraživanjima izdvojeno je 26 objekata geonasleđa (postojećih i potencijalnih) na kojim je primenjena novopredložena metoda vrednovanja i kategorizacije (Grujičić-Tešić, 2017).

## **2. Osnovne karakteristike predmetnog područja**

Planina Golije je 2001. god. Uredbom Vlade Republike Srbije ("Službeni glasnik RS" br. 45/01) svrstana u prvu kategoriju zaštite kao prirodno dobro od izuzetnog značaja, park prirode (75183 ha). Različiti, mnogobrojni šumski i travnati ekosistem, obilje vode na Goliji, obezbeđuju dobro stanišne uslove za razne vrste faune. Ornitofauna je bogato zastupljena, pa se područje Golije ubraja u među značajne evropske centre ornitološke raznovrsnosti. Za Goliju se može reći da je i centar reliktnih i endemičnih biljnih vrsta.

Pešterska visoravan u pogledu prirodnih vrednosti prevazilazi nacionalne okvire pa je njen deo, Peštersko polje, proglašeno za "Područje od međunarodnog značaja za očuvanje biljnog sveta (IPA – Important Plant Area); "Područje od međunarodnog značaja za očuvanje ptica" (IBA – Important Bird Area); „Odabrano područje dnevnih leptira Srbije" (PBA – Prime Butterfly Areas in Serbia) i „Područje vlažnih staništa od međunarodnog značaja" (Ramsar Convention – The Convention on Wetlands of International Importance), a područje reke Uvca, površine 7453 ha, proglašeno je, 2006. god., prirodnim dobrom od izuzetnog značaja (I, II i III kategorije) Uredbom Vlade Republike Srbije o zaštiti Specijalnog rezervata prirode "Uvac". Zahvaljujući geološkoj građi, na području Peštera srećemo i karstne fenomene podzemnog kraškog reljefa (pećine, jame, karstne kanale, pećinski nakit i bigrene akumulacije) u krečnjacima srednjeg trijasa od kojih su neki zaštićeni objekti geonasleđa (Grujičić i Kovačević, 2018).

Golija i Pešterska visoravan predstavljaju prostor vekovnog preplitanja različitih kultura, vera, mentaliteta te otuda i bogato kulturno-istorijsko nasleđe. Brojni su srednjovekovni manastiri i crkve među kojima je i manastir Studenica neprocenjive vrednosti, uvršćen na listu svetske kulturne baštine 1979. godine UNESCO-a.

## **3. Novopredložena metoda**

Kako bi se procenile vrednosti geoobjekata kao i njihova potreba za geokonzervacijom (skup aktivnosti usmerenih ka očuvanju, prezentaciji i promociji) razvijene su brojne kvantitativne metode radi procene geoobjekata (npr. Bruschi & Cendrero, 2005; Gray, 2005; Pralong, 2005; Reynard et al., 2007; Zouros, 2007; Vujičić et al., 2011; Fassoulas et al., 2012; Tomić i Božić, 2014; Maran Stevanović, 2015).

Novopredložena metoda, za kvantitativnu i kvalitativnu procenu, poseduje niz prednosti u odnosu na druge primenjivane metode u oblasti geonasleđa, valorizacije i evolucije. Predložena metodologija omogućava veću preglednost, kroz predloženi broj parametara. Parametri koji su često promenljivi (kao što su pomoćni toalet, kanta za smeće) ne tretiraju se, kao ni parametri koji zavise od vremenskih prilika (znakovne table koje mogu biti zavejane ili vetrom porušene i sl.).

Naučna relevantnost prepoznata na terenu je osnovni kriterijum koji geoobjekat mora zadovoljiti da bi bio predmet evaluacije. Nakon toga sledi kvalitativno - kvantitativna procena,

koja označava i potencijalnu upotrebu geobjekta, bilo da je to naučna, obrazovna ili geoturistička. Skala bodova, koja je parametar vrednosti, postavljena je od 0 do 100 (Tabela 1), gde se geobjekti bez ikakve ili male naučne vrednosti eliminišu. u prvoj fazi. Nova metoda je predstavljena formulom:

$$UV \text{ (ukupna vrednost)} = NV \text{ (naučna vrednost)} + DV \text{ (dodatne vrednosti)}$$

Kriterijum *naučna vrednost* procenjen je kroz 5 parametara: geološka pripadnost, stepen istraženosti, nivo zainteresovanosti javnosti, nivo zaštite i status.

Geološka pripadnost nosi veliki broj bodova - 14. U zavisnosti od geološke pripadnosti, odnosno geoloških obeležja, geomorfološka (geolokalitet sa geomorfološkim obeležjima), hidrogeološka (geolokalitet sa izraženim hidrogeološkim pojavama), paleontološka (geolokalitet sa fosilnim ostacima flore i faune), petrološka (geolokalitet sa petrološkim obeležjima - stene specifične po mineraloškom sastavu, načinu postanka), sedimentološka (geolokalitet sa specifičnim sedimentima u smislu strukture, teksture, sa transgresivnim granicama, sa pojavom obrnute slojevitosti), tektonska (geolokalitet sa izraženim odlikama tektonskih procesa - rasedi, nabori, antiforme, sinforme), broj bodova se kreće od 6 do 14. Dakle, ako geobjekat pripada samo jednoj kategoriji biće ocenjen sa 6 bodova. Ako geobjekat poseduje više od 2 geološka obeležja ocenjen je maksimalnim brojem bodova 14.

Stepen istraženosti pokazuje koliko je geolokalitet istražen, odnosno da li je poznat iz lokalne, nacionalne, regionalne ili međunarodne literature. Maksimalan broj bodova iznosi 6.

Nivo zainteresovanosti javnosti zavisi od sadržaja geolokaliteta kao i reprezentativnosti. Broj poena raste sa širenjem potencijalo zainteresovane populacije. Ukoliko je geolokalitet interesantan uskostručnoj javnosti bodovan je sa 5, a ukoliko može biti interesantan grupi srodnih naučnih disciplina sa 10, dok 15 bodova dobijaju geolokaliteti za koje može postojati zainteresovanost široke populacije.

Parametar nivo zaštite je bodovan od 0 do 12. Geolokaliteti koji su pod zaštitom u okviru zaštićenog područja (spomenik prirode, u okviru rezervata prirode (opšti i specijalni), u okviru parka prirode, u okviru nacionalnog parka ocenjeni su sa 6 bodova. Sa 12 bodova su ocenjeni objekti sa posebnom zaštitom, zaštićeni kao objekti geonasleđa.

Koliko je objekat izuzetan i prepoznat od strane naučne javnosti pokazuje parametar status. Ukoliko je objekat na Inventar listi Geonasleđa Srbije bodovan je sa 5, a ako je na Uneskovej listi prirodne i kulturne baštine sa 10 bodova.

Kriterijum *druge vrednosti* procenjen je kroz 4 parametra: atraktivnost, stepen ugroženosti, infrastruktura, drugi objekti u okruženju i estetski doživljaj.

Atraktivnost je usko povezana sa promocijom geolokaliteta u naučne, sportske, turističke i druge svrhe. Međunarodno atraktivan geolokalitet je vrednovan sa 10, dok su nacionalno atraktivni, posećeni geolokaliteti vrednovani sa 5 bodova, a regionalno, odnosno od strane lokalnog stanovništva bodovan je brojem 3.

Stepen ugroženosti govori o mogućim nepovoljnim uticajima na geolokalitet koju mogu biti uzrokovani prirodnim procesima, antropogenim uticajima, odnosno okruženjem koje je proizvod ljudskog delovanja. Ova kategorija je bodovana od 2 do 8.

Infrastruktura je bodovana sa maksimalnim brojem 8 za geobjekte koji u okruženju na udaljenosti do 10 km imaju hotelske/motelske usluge, smeštaja, ishrane kao putnu mrežu. Za

geoobjekte koji u okruženju na udaljenosti od 10 do 30 km imaju hotelske/motelske usluge, smeštaja, ishrane kao putnu mrežu predviđen broj bodova je 6. Objekti kod kojih je usluga smeštaja i ishrane bazirana na seoskom turizmu kao i oni koji su od hotela/motela udaljeni od 30 do 50 km bodovani su sa 4 boda U kategoriju geolokaliteta koji su bodovani sa 0 spadaju objekti gde ne postoje seoska domaćinstva u okruženju kao ni hotelske/motelske usluge na udaljenosti do 50 km.

Parametar pristupačnost nosi 5 bodova ukoliko se do geoobjekta može stići asfaltnim putem, 3 boda, makadamskim putem. Ako do geoobjekta vodi pešačka staza bodovan je nulom.

Prisustvo, odsustvo drugih objekata okruženja kao što su kulturno-istorijski spomenici, drugi geoobjekti u blizini utiču na finalnu ocenu geoobjekta. Zavisno od broja i udaljenosti objekata ova kategorija je bodovana od 0 do 6. Kategorija delimično prisutni drugi objekti u okruženju podrazumeva do 2 objekta geonasleđa, do 2 kulturno-istorijska objekta u bližem okruženju

Estetski doživljaj je, za razliku od ostalih parametara, subjektivan. Njime se pokazuje okruženje geoobjekta koje ostavlja estetski utisak na posmatrača. Ako je geoobjekat u prirodnom okruženju i predstavlja vidikovac bodovan je brojem 6. Ako je u prirodnom okruženju, sa suženim vidnim poljem bodovan je brojem 4. Ukoliko je prirodno okruženje objekata narušeno, pa je smešten u naseljenom mestu (kuće, zgrade) ili pored građevinskih objekata (dalekovod, predajnik) bodovan je brojem 2.

Maksimalna ocena je 100. Ona predstavlja maksimum svih obeležja koja ulaze u ukupnu vrednost geoobjekta. U svim naučnim disciplinama broj 100 predstavlja maksimum (procenti) što predstavlja olakšanje pri evaluaciji, a kasnije i kategorizaciji objekata geonasleđa. Broj dobjenih bodova se direktno odražava na kategorizaciju:

- geoobjekti međunarodnog značaja 85- 100
- geoobjekti nacionalnog značaja 65-85
- geoobjekti regionalnog značaja 45-65
- geoobjekti lokalnog značaja 11-45.

*Tabela 1. Valorizacija i evaluacija geoobjekta prema novopredloženom modelu*

*Table 1. Valorization and evaluation of geo-objects according to the new model*

<b>Kriterijum</b>	<b>Karakteristike geoobjekta</b>	<b>Br. bodova</b>
<b>(NV) Naučna vrednost</b>	1. Geološka pripadnost (geomorfološka, hidrogeološka, paleontološka, petrološka, mineraloška, stratigrafska, sedimentološka, strukturna)	sa jednim geološkim obeležjem - 6 sa 2 geološka obeležja - 10 sa više od 2 geološka obeležja - 14
	2. Step en istraž enosti	neizuč en - 0 poznat iz regionalne literature - 2 poznat iz nacionalne literature - 4 poznat iz međunarodne literature - 6
	3. Nivo zainteresovanosti javnosti	usko stručna - 5 grupa srodnih naučnih disciplina - 10 širok dijapazon zainteresovanosti - 15

	4. Nivo zaštite	nezaštićen - 0 zaštićen u okviru zaštićenog područja - 6 zaštićen kao objekat geonasleđa - 12
	5. Status	nepoznat - 0 na Inventar listi geonasleđa Srbije - 5 na Unesco-voj listi pr. i kul. baštine - 10
<b>(DV)</b> <b>Dodatne vrednosti</b>	1. Atraktivnost	regionalno - 3 nacionalno - 5 međunarodno - 10
	2. Stepen ugroženosti (prirodni, antropogeni uticaj)	ugrožen antropogenim i prirodnim uticajem - 2 prirodni uticaj - 4 antropogeni uticaj - 6 neugrožen - 8
	3. Infrastruktura (putna mreža, hoteli, specijalizovane službe, naselja)	ne postoje - 0 delimično prisutni (udaljenost od 30 - 50km) - 4 prisutni (udaljenost od 10 do 30km) - 6 prisutni (udaljenost do 10km) - 8
	4. Pristupačnost	pešačka staza - 0 makadamski put - 3 asfaltni put - 5
	5. Drugi objekti okruženja geoobjekti, kulturno - istorijski objekti	ne postoje - 0 delimično prisutni - 3 prisutni - 6
	6. Estetski doživljaj	u bližem okruženju građevine - 2 u prirodnom okruženju - 4 u prirodnom okruženju, vidikovac - 6
	<b>Maksimalna vrednost</b>	<b>100</b>

#### **4. Primena novopredložene metode na objektu geonasleđa - Ušački pećinski sistem – Vapa, Pešter**

Kako bi razjasnili funkcionisanje novopredložene metode njena primena je tabelarno prikazana na objektu geonasleđa (Inventar objekata geonasleđa), speleološkom objektu geonasleđa-Ušački pećinski sistem-Vapa, Pešter (Tabela 2).

Tabela 2. Evaluacija geoobjekta Ušački pećinski sistem – Vapa, Pešter

Table. 2 Evaluation of geo-object, cave system of Ušak – Vapa, Pešter

Kriterijum	Karakteristike geoobjekta	Opis	Br.bodova
<b>(NV)</b> Naučna vrednost	1. Geološka pripadnost	Geomorfološki, paleontološki objekat	10
	2. Stepen istraženosti	Poznat iz međunarodne literature	6
	3. Nivo zainteresovanosti javnosti	Širok dijapazon zainteresovanosti	15
	4. Nivo zaštite	Zaštićen u okviru zaštićenog područja SRP „Uvac“	6
	5. Status	Na Inventar listi geonasleđa Srbije	5
<b>(DV)</b> Dodatne vrednosti	1. Atraktivnost	Međunarodno atraktivan	10
	2. Stepen ugroženosti (prirodni, antropogeni uticaj)	Pećinski nakit kao i kretanje pećinom može ugroziti voda	4
	3. Infrastruktura (putna mreža, hoteli, specijalizovane službe, naselja)	Udaljen od Sjenice 11km	6
	4. Pristupačnost	Makadamski put kroz selo Ušak i uplovljavanjem iz reke Uvac	3
	5. Drugi objekti okruženja, geoobjekti, kulturno - istorijski objekti	U neposrednoj blizini geoobjekti: Uklješteni meandri Uvca kod Sjenice; Pešter, Tubića pećina – Tubići; Pešter Baždarska pećina - Ursule, Pešter...	6
	6. Estetski doživljaj	U prirodnom okruženju, reka Uvac	4
<b>NV+DV</b>			<b>75</b>

Ušački pećinski sistem (Slika 1) je objekat geonasleđa severnog oboda Sjeničke kotline smešten u okviru Specijalnog rezervata prirode “Uvac”.

Pećinski sistem (dužina kanala 6185 m) je dobio ime po zaseoku Ušak (Gornje Lopiže) u kom se i nalazi. Sastoji se iz tri međusobno povezane celine (Ušačka pećina, Ledena pećina i Bezdani) (Lješević, 1982).

Pećina je poznata ne samo po svojoj morfologiji već i po fosilnoj fauni koja je pronađena: pećinski medved (*Ursus spelaeus*), pećinska hijena (*Crocota spelaea*) i jelen (*Cervus alaphus*). U ovoj pećini živi endemična i reliktna pećinska stonoga (*Haasea lacusnigiri microcornia*) (Kličković, 2005).

Primenom novopredložene metode objekat geonasleđa -Ušački pećinski sistem – Vapa, Pešter, pripada kategoriji geoobjekta nacionalnog značaja.



*Slika 1. Pećinski nakit, Ušačka pećina*  
*Figure 1. Cavejewelry, cave of Ušac*

## 5. Diskusija i rezultati

Potreba za pojednostavljenim i jasnije definisanim kriterijumima dovela je do predloga nove metode za procenu značaja i vrednosti nepokretnih objekata geonasleđa, koja je nastala prilagođavanjem procedura i već postojećih kvalitativnih i kvantitativnih elemenata našim uslovima, kao i geološkom znanju.

Predložena metodologija za kvantitativnu i kvalitativnu procenu omogućava veću preglednost, kroz predloženi broj i vrstu parametara.

U rezultatima dobijenim analizom novopredloženom metodom uočava se nedostatak promocije geolokaliteta Golije i Peštera, kako u naučne, tako i u turističke, sportske i u druge svrhe.

## 6. Zaključak

U funkciji što jednostavnijih, lakše primenjivijih i operativnijih evaluacija, predloženi kriterijumi bi trebalo da omogući kategorizaciju kako objekata većeg, tako i objekata manjeg značaja na bilo kom području Republike Srbije i šireg regiona.

Ova metoda daje pregled, ukazuje na neophodnost unapređenja, objekata geonasleđa, a u smislu boljeg korišćenja, uređenja i zaštite.

## Literatura

1. Bruschi, V. M. & Cendrero, A., 2005. Geosite evaluation: Can we measure intangible values? Italian Journal of Quaternary Science. 18 (1), 293 – 306. Fassoulas, C., Mouriki, D., Dimitriou-Nikolakis, P. & Iliopoulos, G. 2012. Quantitative Assessment of Geotopes as an Effective Tool for Geoheritage Management. Geoheritage. 4: 177–193.
2. Gray, M., 2004. Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature. Department of Geography. Queen Mary. University of London. 2 – 68.
3. Gray, M., 2005. Geodiversity and Geoconservation: What, Why and How? George Wright Forum 22(3). 4 - 12.

4. Grujičić - Tešić, Lj., Rabrenović, D., Kovačević, J., Gerzina, N. & Đerić, N. (2016): Upper Cretaceous geosites on Golija mountain - objects of geoheritage. *Geologia Croatica*. 69, 3. pp. 337 - 345.
5. Grujičić - Tešić, Lj., (2017): Geonasleđe Golije i Peštera. Doktorska teza. Univerzitet u Beogradu, Rudarsko - geološki fakultet: 179
6. Grujičić-Tešić, Lj. i Kovačević, J. (2018): Uklješteni meandri Uvca – objekat geonasleđa 17. Kongres geologa Srbije. Srpsko geološko društvo. Vrnjačka Banja. knjiga 2. str. 814- 818.
7. Karamata, S. i Mijović, D. (2005): Inventar objekata geonasleđa Srbije - u: Mijović, D. (ed.): II naučni skup o geonasleđu. Zavod za zaštitu prirode Srbije. Posebno izdanje. 20. str.1 - 36.
8. Kličković, M. (2005): Objekti geonasleđa zaštićenog dobra „klisure reke Uvac” i njihovo uređenje. Drugi naučni skup o geonasleđu Srbije. Zbornik radova Zavoda za zaštitu prirode Srbije. Beograd. str. 159 - 165.
9. Lješević, M. (1982): Ušački pećinski sistem sa krasom bliže okoline. Posebna izdanja Srpskog geografskog društva. Beograd. 53: 384
10. Maran Stevanović, A., 2015. Methodological guidelines for geoheritage site assessment: a proposal for Serbia - *Geološki anali Balkanskoga poluostrva*, 76. pp. 105 – 113.
11. Pereira, P., Pereira, D., Caetano Alves, M. I. 2007: Geomorphosite assessment in Montesinho Natural Park (Portugal). *Geographica Helvetica*. Basel: 62.
12. Pralong, J. P., 2005. A method for assessing the tourist potential and use of geomorphological sites. *Géomorphologie. Relief, processes, environnement*, 3, 189 – 196.
13. Reynard, E., Fontana, G., Kozlik, L., Scapozza, C., 2007. A method for assessing „scientific“ and „additional values“ of geomorphosites. *Geographica Helvetica*, 62/3, 148 – 158.
14. Tomić, N. & Božić, S. (2014): A modified Geosite Assessment Model (M-GAM) and its Application on the Lazar Canyon area (Serbia).— *Int. J. Environ. Res.*, 8/4: 1041–1052.
15. Vujičić, M. D., Vasiljević, Dj.A., Marković, S.B., Hose, T.A., Lukić, T., Hadžić, O., Janićević, S., 2011. Preliminary geosite assessment model (GAM) and its application on Fruška Gora mountain, potential geotourism destination of Serbia. *Acta geographica Slovenica*. 51 /3, 361 – 377.
16. Zouros, N.C. 2007. Geomorphosite assessment and management in protected areas of Greece Case study of the Lesvos island - coastal geomorphosites. *Geographica Helvetica*. 62 – 93.

## ALTERACIJA TUFA IZ LEŽIŠTA LAPORACA TREŠNJA (POPOVAC, SRBIJA)

**B.Sc. Željana Sekulić, Dr Vladimir Simić, Dr Suzana Erić, M.Sc. Nevena Andrić**

B.Sc. Željana Sekulić, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

Dr Vladimir Simić, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet,  
[vladimir.simic@rgf.bg.ac.rs](mailto:vladimir.simic@rgf.bg.ac.rs)

Dr Suzana Erić, vanredni profesor, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

M.Sc. Nevena Andrić, stručni saradnik, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

**Ključne reči:** bentonit, XRD, SEM-EDS, srednji miocen, popovački basen

### Apstrakt

Padavinski tufovi su dosta čest član u miocenskim sedimentnim basenima Srbije. Na području Popovca konstatovani su u srednjomiocenskim crvenim sedimentima Senja kao i u seriji cementnih laporaca Popovca. Proučavanje upravo tih izmenjenih tufova unutar laporovitih sedimenata ležišta Trešnja pokazalo je da se alteracija odvijala u pravcu stvaranja bentonita.

Uzorci izmenjenog tufa uzeti su iz tankog sloja debljine 0,40 m koji se nalazi u seriji laporaca ležišta Trešnja. Uzorak 1 predstavlja makroskopski glinu, uzorak 2 slabo izmenjen tuf, a uzorak 3 delimično izmenjen tuf. Uzorak 4 predstavlja tipične glinovite laporce iz neposredne podine sloja izmenjenog tufa.

Na svim uzorcima (rovnim i izdvojenoj glinovitoj frakciji) određen je mineralni sastav metodom rendgenske difrakcije praha i proveren na SEM-EDS mikroskopu. Osim toga određen je granulometrijski sastav uzoraka, a na uzorcima izmenjenih tufova i silikatna hemijska analiza.

U mineralnom sastavu izmenjenih tufova dominantan je mineral iz grupe smektita, što je uobičajeno za procese devitifikacije vulkanskog stakla iz padavinskih tufova, koja se odigravala u našim sedimentnim basenima. Prisustvo ostalih minerala ukazalo je na način alteracije primarnog padavinskog tufa. Uzorak 4 najviše se razlikuje po mineralnom sastavu i kod njega, pored minerala iz grupe smektita koji su prisutni i kod ostalih uzoraka, dominira ilit od mineral glina, a prisutni su u velikom procentu kvarc, feldspat, liskun i kalcit. Granulometrijski i hemijskih sastav ispitanih uzoraka potvrđuju mineralni sastav i takođe potvrđuju intenzitet alteracije tufova. SEM-EDS analiza utvrdila je da je dobar deo gvožđa vezan za pirit, koji se javlja u vidu kocki ili oktaedara.



## ALTERATION OF TUFF FROM THE TREŠNJA MARLSTONE DEPOSIT (POPOVAC, SRBIJA)

**B.Sc. Željana Sekulić, Dr Vladimir Simić, Dr Suzana Erić, M.Sc. Nevena Andrić**

Željana Sekulić, B.Sc., Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

Dr Vladimir Simić, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet,  
[vladimir.simic@rgf.bg.ac.rs](mailto:vladimir.simic@rgf.bg.ac.rs)

Dr Suzana Erić, vanredni profesor, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

Nevena Andrić, stručni saradnik, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

**Key words:** bentonite, XRD, SEM-EDS, Middle Miocene, Popovac basin

### **Abstract**

Ash-fall tuff is common member within Miocene sedimentary basins in Serbia. In the Popovac area they were discovered in Middle Miocene red sediments of Senje and within marlstones of the Popovac basin. Study of altered tuff in the Trešnja marlstone deposit revealed that devitrification of tuff resulted in formation of bentonite (or smectite-rich clay).

Samples of altered tuff were taken from thin layer 0.40 m thick from the Trešnja marlstone deposit. Sample 1 represents silty clay, sample 2 weakly altered tuff and sample 3 moderately altered tuff. Sample 4 is typical clayey marlstone collected from the floor of the altered tuff layer.

Mineral composition on all samples (bulk and separated clay fraction) was determined using XRD and SEM-EDS methods. Granulometric composition was also determined, and on altered bulk tuff samples chemical analyses were done.

Smectite is by far the dominant clay mineral in all samples of altered tuff, which is normal for devitrification processes of ash-fall tuff in sedimentary basins. The presence of other minerals confirmed the alteration stages of tuff. Mineral composition of sample 4 is completely different, with illite as dominant clay mineral, smectite but also large amount of quartz, feldspar, mica and calcite. Granulometry and chemistry of samples confirmed mineral composition and alteration pattern of tuff. SEM-EDS analysis has proven that large portion of Fe is from pyrite, which occurs both as cubes and octahedral forms.



**PRIMJENJENA GEOLOGIJA / ПРИМЈЕЊЕНА  
ГЕОЛОГИЈА**

## **3D GEOLOŠKI MODELI: OD 3D PRIKAZA GEOLOŠKE GRAĐE PODZEMLJA DO PROJEKTIRANJA NOVIH ISTRAŽNIH RADOVA I PRONALASKA NOVIH REZERVI MINERALNIH SIROVINA**

### **3D GEOLOGICAL MODELLING: FROM THE SUBSURFACE REPRESENTATION TO THE PLANING OF NEW RESEARCH AND DISCOVERY OF NEW MINERAL RESOURCES**

**Pavičić, Ivica; Dragičević, Ivan; Deljak, Gordana; Crnoja Filip; Radovac, Tihomir; Bojčetić  
Željko**

**Ključne riječi:** 3D geološki modeli, 3D geološka prospekcija, mineralne sirovine, boksit, Jajce (BiH)

**Keywords:** 3D geological modeling, 3D geological prospecting, mineral resources, bauxites, Jajce (BiH)

#### **Sažetak:**

3D geološko modeliranje je primijenjena geoznanost vizualizacije geološke građe podzemlja na temelju različitih ulaznih podataka. Razvoj računalne tehnologije pratio je i razvoj računalnih softvera za 3D geološko modeliranje. Primjena se uglavnom odnosila na naftnu industriju koja je ulagala najveća sredstva u razvoj te tehnologije, no u posljednjih 15ak godina sve je češća i uspješnija primjena u drugim geološkim disciplinama. 3D geološki modeli ne koriste se samo za vizualizaciju podzemlja i pojedinih mineralnih sirovina nego i za planiranje istražnih radova, optimizaciju rudarskih zahvata, planiranje izvedbe bušotina, kao podloga za donošenje ekonomskih važnih odluka (jer mogu značajno smanjiti troškove izvedbe rudarskih radova) te prospekciju nedovoljno istraženih područja. Ovaj rad obuhvaća primjenu 3D geoloških modela u boksitonosnom području Jajca, na primjerima vizualizacije podzemlja istražnog prostora, planiranju izvedbe bušotina, optimizaciji troškova bušenja te prospekciji nedovoljno istraženog prostora. Boksitonosno područje Jajca predmet je brojnih znanstvenih i stručnih geoloških i rudarskih istraživanja preko 30 godina. Kao najznačajniji lokaliteti ističu se ležišta *Crvene stijene*, *Bešpelj*, *Poljane* i *Liskovica*. Na spomenutim lokalitetima provedena su brojna detaljna geološka istraživanja u svrhu pronalaska ležišta boksita čija se eksploatacija na ovom području obavlja već desetljećima. Produkti istraživanja ležišta boksita su velik broj istražnih bušotina (preko 1000), detaljni površinski geološki podaci i podaci iz podzemnih rudarskih radova. Izrađeni 3D modeli u prvom redu prikazuju geometrije ležišta boksita i plohe paleoreljefa na kojoj su boksiti taloženi, podzemne rudarske radove kroz ležišta boksita te položaje istražnih bušotina. Dosadašnja istraživanja i prikupljeni podaci te stupanj završenosti modela, posebno u području Crvenih stijena omogućuju 3D geološku prospekciju u okolnim neistraženim područjima odnosno izradu prognoznih modela podzemlja s ciljem pronalaska novih ležišta boksita.

#### **Abstract**

3D geological modeling is the applied geoscience of creating virtual representation of the Earth subsurface based on different types of input data. The development of computer hardware

enabled the development of computer software for the 3D geological modeling. The application was mainly focused on the petroleum industry, which invested the largest resources in the development of the technology, but in the last 15 years it has been increasingly frequent and successful implementation in other geological disciplines. 3D geological models are not only using for the visualization of the subsurface and investigated mineral resources but also for planning of exploration works, optimization of mining operations, drill hole planning, as a basis for decision making processes, cost-effectives of mining operations and the 3D geological prospecting. This paper represents the application of 3D geological models in the bauxite-bearing area Jajce, with examples of application in underground exploration, cost effective borehole planning and the 3D geological prospecting. The Bauxite-bearing area Jajce is the subject of numerous scientific and expert geological and mining research for over 30 years. The most important localities are the Crvene Stijene, Bešpelj, Poljane and Liskovica. Numerous regional and detailed geological surveys have been made with aim to find a bauxite deposits whose exploitation in this area is last for decades. The results of these extensive research include many exploration and structural drill holes (over 1000), detailed surface geological data and data from underground mining works. The created 3D models primarily represent the geometry of the bauxite deposits and palaeorelief surfaces on which the bauxites were deposited, adits, mining tunnels and drill holes (positions and lithological column). All conducted research and collected data, together with the degree of completion of the model, especially in the Crvene Stijene area, makes solid base for 3D geological prospecting in the surrounding unexplored areas with purpose to find new bauxite deposits.

## MOGUĆNOSTI UPOTREBE NEMETALIČNIH MINERALNIH SIROVINA U PROCESU ORGANSKE PROIZVODNJE

Cvetko Živković, Jelena Kokot

Samostalni savetnik, Geološki zavod Srbije, [cvetko.zivkovic@gzs.gov.rs](mailto:cvetko.zivkovic@gzs.gov.rs), Rovinjska 12, Beograd, Srbija

Savetnik, Geološki zavod Srbije, [jelena.kokot@gzs.gov.rs](mailto:jelena.kokot@gzs.gov.rs), Rovinjska 12, Beograd, Srbija

**Ključne reči:** nemetalične mineralne sirovine, ogledni rezultati, organska poljoprivredna proizvodnja

### Kratak opis ciljeva i metoda

U okviru ovog stručnog rada prikazaćemo siže dobijenih rezultata na jednom ogledu koji je „Geološki zavod Srbije“ uradio zajedno sa Poljoprivrednom stanicom Novi Sad, u proteklom periodu.

Iskazaćemo „Tehnološki proces“ (metodologija) realizacije upotrebljivosti domaćeg supstrata (zeolit kao stub nosač) u proizvodnji paradajza.

Za izvor izvođača na ovom ogledu bazirali smo se da to bude referentna ustanova među poljoprivrednim proizvođačima koja se u dosadašnjoj praksi uspešno bavi proizvodnjom u zatvorenom prostoru, a to je Poljoprivredna stanica iz Novog Sada.

Poljoprivredna stanica Novi Sad, ogled je postavila kod individualnog proizvođača iz Mošorina (u okviru plastenika).

Ogled je vršen na paradajzu „Nemo Netta“.

Pošto se izvršio izbor proizvođača, mesto ogledanja i vrsta sorte pristupilo se prvoj fazi postavljanja ogleda vezane za površine obeležavanja.

Nastojali smo da te površine budu iste, kao i površina koju ćemo izdvojiti za konvencionalnu proizvodnju (uobičajene).

U završnoj fazi postavljenog ogleda imali smo sledeće površine i to:

#### a) Površina pod rasadom za:

- paradajz - sorte .. sa upotrebljenim substratom G-1 označićemo sa ..... A
- paradajz - sorte.. sa upotrebljenim substratom G-2 označićemo sa ..... B
- površinu pod sortom paradajza gde je uobičajeni (konvencionalni) substrat označićemo sa ..... D

#### b) Površina pod redovnom proizvodnjom plodova za:

- paradajz - sorte.. sa upotrebljenim substratom G-1 - označićemo sa ..... E
- paradajz - sorte.. sa upotrebljenim substratom G-2 - označićemo sa ..... Z
- površinu pod sortom paradajza gde je uobičajeni (konvencionalni) substrat označićemo sa ..... J

Stalno praćenje bilo je počev od rasadnika preko nege biljaka, do proizvodnje plodova gledano kroz sve glavne faze razvoja useva i to:

0. Faza - klijanje, izbijanje klica, razviće pupoljaka;
1. Faza - razvoj lišća (glavnog stabla);

2. Faza - formiranje sekundarnih stabala (bokorenje);
3. Faza - rast stabla i rozete, vodeće stablo;
4. Faza - razvoj vegetativnog dela biljke koji služi za berbu ili organa koji se vegetativno šire (vodeće stablo);
5. Faza - početak cvetanja (vodeće stablo), klasanje;
6. Faza - cvetanje (vodeće stablo);
7. Faza - razvoj ploda;
8. Faza - sazrevanje i zrelost plodova i semena;
9. Faza - starenje, početak mirovanja.

Za ovakvu jednosezonsku demonstraciju oglada na paradajzu, sačinjena su od strane "Geološkog zavoda Srbije" dva supstrata ("G-1 i "G-2") od tri nemetalične mineralne sirovine od kojih jedan zeolit (nosač oba supstrata), drugi bentonit i treći treset.

Sve tri sirovine su sa prostora teritorije Republike Srbije i to:

**Zeolit:** Sa ležišta "Igroš" kod Brusa. U supstratu, zeolit je korišćen u prirodnom stanju (netretiran) u granulaciji od 60-100 µm.

**Bentonit:** Sa ležišta "Mečji Do" kod Vlasotinca u usitnjenom stanju (oko 80 µm).

**Treset:** Sa ležišta "Karajukića Bunari" - Sjenica u rovnom stanju.

1. Prvi substrat označen sa " G -1" činile su sledeće mineralne sirovine (simboli sirovine):

- G -1 Be sa 30% učešća,
- G -1 Tr sa 40,0% učešća i
- G -1 Ze sa 30,0% učešća.

2. Drugi substrat označen sa "G-2" činile su sledeće mineralne sirovine (simboli sirovine):

- G-2 Be sa 30% učešća,
- G-2 tr sa 50% učešća i
- G -2 Ze sa 20% učešća

### **Dobijeni rezultati**

Demonstracioni ogladi su **bili vrlo uspešni** i opravdali su dosta skromna ulaganja u njih.

Dobijeni rezultati su **opravdali naša očekivanja** da upotrebom nekih prirodnih nemetaličnih mineralnih sirovina, tehnološko tretiranih **daju znatno bolje rezultate kako u kvalitetu tako i u kvantitetu.**

Poređenjem dobijenih rezultata između substrata „G -1“ i „G -2“ u odnosu na kontrolu je na strani substrata u pozitivni gotovo u svim fazama tj. do branja.

- Tako na primer nicanje je bilo 31.01.2007. godine, kod substrata „G -1“ i „G -2“, a kod kontrole 2.02.2007. godine
- Sadnja rasada (Novi Sad - Mošorin) – paradajz obavljena je 02.04.2007. godine („G -1“, „G -2“ i kontrola)
- Cvetanje paradajza počelo je 10.04.2007. godine, oba substrata, a kod kontrole 12.04.2007. godine.
- Broj rodni gran (substrat) – 12-15; kontrola 10-13.



Slika 1: Ogled paradajza – Mošorin - supstrat G-1 i G-2 i kontrola K

- Broj plodova paradajza po rodnoj grani: supstrat 5-8, a kontrola 5-7
- Prinos po rodnoj grani : supstrat 950-1000 gr, kontrola 700-800 gr
- Prinos po m<sup>2</sup>: supstrat 44,6 kg, kontrola 37,3 kg
- Visina biljke paradajza: supstrat 5,30 m, kontrola 4,8 m

Može se zaključiti da su biljke gajene u substratu „G -1“ i „G -2“ pokazale bolje rezultate nego biljke u kontroli. Pored vidljivo pozitivne razlike u korist paradajza tretiranom kroz supstrat koga čine neke nemetalične mineralne sirovine (na čelu sa zeolitom, mora se napomenuti da ovako tretirane biljke donose mnogo zdraviji plod jer su tretirane bez hemije (veštačkih đubriva, pseticida i dr.) već su hranu primali na potpuno prirodan organski način i da bi u budućnosti trebalo uraditi mnogo više ovakvih ogleda iz kojih bi se izveo znatno relevantniji zaključak, o upotrebi nekih nemetaličnih mineralnih sirovina u poljoprivredi.

### Zaključak

Upotrebom nemetaličnih mineralnih (sa zeolitom kao nosačem) sirovina u poljoprivrednoj proizvodnji stvorice se niz pozitivnih uticaja:

- Stvara se perspektiva za otpočinjanje poljoprivredne biljne proizvodnje (a ona je osnova i za stočarsku proizvodnju) po principima organske poljoprivrede, što ima za posledicu dobijanje poljoprivrednih proizvoda visoke biološke (eko) vrednosti traženih kako na našem, tako i na tržištima razvijenih zemalja.
- Povećaće se racionalno korišćenje površina degradiranog poljoprivrednog zemljišta.
- Nemetalične mineralne sirovine (zeolit kao nosač) koje kandidujemo za upotrebu u poljoprivrednoj proizvodnji po proceduri organske poljoprivrede, upravo su te koje se kako je to i Zakon o organskoj poljoprivredi definisao, u trajanju od 3-5 godina, zemljište „čisti“ od teških metala, velikih kiselosti, poslanjenosti, itd; rečju meliorišu se, a istovremeno unošenjem nemetaličnih (prirodnih) sirovina vrši se i obogaćivanje zemljišta sa neophodnim i korisnim hranljivim elementima.

### Literatura

1. Vakanjc B. (1990): Geologija ležišta novih tipova mineralnih sirovina, Beograd, s. 417-126.
2. Živković C. (2006): Prirodne mineralne sirovine i mogućost njihove upotrebe u poljoprivrednoj proizvodnji i prehrambenoj industriji. Beograd, Savez poljoprivrednih inženjera i tehničara Srbije.



## OPPORTUNITIES OF USE ON NON-METALLIC RAW MATERIALS IN PROCESS OF ORGANIC PRODUCTION

Cvetko Živković, Jelena Kokot

Geological Survey of Serbia, Rovinjska 12, Belgrade, Serbia; [cvetko.zivkovic@gzs.gov.rs](mailto:cvetko.zivkovic@gzs.gov.rs)

Geological Survey of Serbia, , Rovinjska 12, Belgrade, Serbia; [jelena.kokot@gzs.gov.rs](mailto:jelena.kokot@gzs.gov.rs)

**Key words:** non-metallic raw materials, experimental results, organic agricultural production

### Short description of objectives and methods

In this scientific paper we will represent summary of given results of one experiment which Geological Survey of Serbia realized together with Agricultural station from Novi Sad town. We will demonstrate “Technological process” (methodology) of realization of usability of domestic substratum (zeolite as carrier) in production of tomatoes.

For our experiment, between agricultural producers which are successful in indoor work, we chose as a reference institution Agricultural station from Novi Sad town.

Agricultural station from Novi Sad is prepared experiment in greenhouse of one individual producer from Mošorin village.

Experiment is made on tomato type „Nemo Netta“.

After the selection of producers, also the place of experiment and type varieties, is started with first phase of setting experiment in connection to marked surfaces.

We tried to be the same marked surfaces, also as surface what we will sort out for the conventional production (usual).

In the final phase of set experiment we had the following surfaces:

- a) Surface per seedling for:
  - tomato – sorts ...with used substratum G-1 we will marked by...A
  - tomato – sorts ...with used substratum G-2 we will marked by...B
  - surface with tomato sort where is usual (conventional) substratum we will marked by ...D
- b) Surface with regular production of fruits for:
  - tomato – sorts ...with used substratum G-1 we will marked by...E
  - tomato – sorts ...with used substratum G-1 we will marked by...Z
  - surface with tomato sort where is usual (conventional) substratum we will marked by ...J

Constant monitoring started from seed-plot, over plant care to production of fruits, is followed through all main phases of development of growers:

0. Phase – germination, appearance of germs, development of buds;
1. Phase – development of leaves (of main three);
2. Phase – forming of secondary three (shrubbing);
3. Phase – growth of three and rosette, leading three;
4. Phase – development of vegetative part of plants which serve for harvest or organs which spread vegetatively (leading three);
5. Phase – start of flowering (leading three), forming of ears;

6. Phase – flowering (leading three);
7. Phase – development of fruit;
8. Phase – maturation and maturity of fruits and seeds;
9. Phase – aging, start of stagnancy.

For this one-season demonstration experiment on tomato, Geological Survey of Serbia prepared two substratums (G-1 and G-2) made of three no-metallic raw materials, one is zeolite (carrier of both substratums), another is bentonite and third is peat.

All three materials are from territory of Republic of Serbia:

**Zeolite.** Originates from ore deposit "Igroš" near to Brus town. In substratum zeolite is used untreated in granulation 60-100  $\mu\text{m}$ .

**Bentonite.** Originates from ore deposit "Mečji Do" near to Vlasotince town, in granulation around 80  $\mu\text{m}$ .

**Peat.** Originates from ore deposit "Karajukića Bunari", near to Sjenica town.

The first substratum, marked as G -1, is made of:

- G -1 with 30% of bentonite,
- G -1 with 40,0% of peat and
- G -1 with 30,0% of zeolite.

The second substratum, marked as G -2, is made of:

- G-2 with 30% of bentonite,
- G-2 with 50% of peat and
- G -2 with 20% of zeolite.

### **The results**

The demonstrationl experiments **were very successful** and vindicated relatively modest investments in them.

The results confirmed our expectations that the use of some natural non-metallic raw materials, technologically treated, **give more better results both in quality and in quantity**.

Comparing the results obtained between substratums G -1 and G -2 related to control substratum, in almost all phases (i.e. to picking) are positive.

- For example, using substratums G -1 and G -2 germination was in 31.01.2007., but in control was 2.02.2007.
- Planting of tomatoes (Novi Sad - Mošorin) was in 2.04.2007. (G -1 and G -2 and also control)
- Flowering of tomatoes of both substratums started at 10.04.2007., and in control 12.04.2007.
- Number of bearing branches (substratum) – 12-15; control 10-13.



Figure 1: Tomato experiment – Mošorin - substratums G-1, G-2 and control K

- Number of tomato fruits per bearing branch: substratum 5-8, control 5-7
- Yield of bearing branch: substratum 950-1000 g, control 700-800 g
- Yield per m<sup>2</sup>: substratum 44.6 kg, control 37.3 kg
- Height of tomato plant: substratum 5.30 m, control 4.8 m

It is possible to conclude that the plants cultivated in substratums G-1 and G-2 performed better results than plants cultivated as control. In spite of visible positive difference in favor of tomato treated through substratums made of some non-metallic row minerals (especially zeolite), it must be noted that the plants treated using non-metallic row minerals bring more healthier fruits because they are treated without chemistry (fertilizers, pesticides etc.). Fruits were fed on totally natural organic way and in the future will be necessary to make more similar experiments to be performed more relevant conclusion about use of some non-metallic row minerals in agriculture.

### Conclusion

The use of non-metallic row minerals (zeolite as carrier) in agricultural production will create many positive influences, as follows:

- The perspective of starting in agricultural vegetable production (which is also base for stock farming production) using principles of organic production in order to obtain agricultural products of high biological (eco) values required in our country and in the markets of developed countries.
- The rational use of surfaces of degraded agricultural soils will be increase.
- The non-metallic row minerals (zeolite as carrier), what we suggest for use in agricultural production following procedure in organic agriculture, are just those which Organic Agriculture Law defined for a period of 3-5 years to “clean” soil from heavy metals, big acidities, salinity etc.; at the same time, after introducing non-metallic (natural) row minerals the soil is enriched with necessary and useful nutritious elements.

### References

1. Vakanjac B. (1990): Geologija ležišta novih tipova mineralnih sirovina, Beograd, s. 417-126.
2. Živković C. (2006): Prirodne mineralne sirovine i mogućost njihove upotrebe u poljoprivrednoj proizvodnji i prehrambenoj industriji. Beograd, Savez poljoprivrednih inženjera i tehničara Srbije.

## КАРТА СКЛОНОСТИ ТЕРЕНА КА КЛИЖЕЊУ ОПШТИНЕ ВИШЕГРАД

Цвјетко Сандић, дип. инж. геол., Ковиљка Лека, дип. инж. геол.

Цвјетко Сандић, дип. инж. геол., Републички завод за геолошка истраживања РС

Ковиљка Лека, дип. инж. геол., Републички завод за геолошка истраживања РС

**Кључне ријечи:** склоност, клизишта, хазард, ризик, Вишеград.

### Сажетак

Карта склоности терена ка клижењу подручја општине Вишеград настала је према Дугорочном програму развоја основних геолошких истраживања Републике Српске за период 2014.-2029. године, као један од планских докумената из области клизишта. Представља основу за друге, детаљне карте које ће бити од велике важности за свакодневно управљање хазардима и ризицима од клизишта, а посебно за управљање у ванредним ситуацијама.

### 1. Увод

Клизишта представљају један веома комплексан и сложен проблем који је веома чест на територији Републике Српске, па и у општини Вишеград и својим дјеловањем угрожава становништво, безбједност саобраћаја и изазива велике материјалне штете. До сада је за територију општине Вишеград у базу унесено 105 појединачних појава нестабилности терена. Такође значајно је да је једна оваква карта израђена према најсавременијим научним и техничким достигнућима и праксама из ове области, уз коришћење савремених GIS алата. Општина Вишеград се налази на крајњем истоку Републике Српске, односно Босне и Херцеговине. Заузима површину од 448 km<sup>2</sup>, а просјечна надморска висина износи 324 m.

### 2. Геолошка и инжењерскогеолошка грађа територије општине Вишеград

Генерално гледано, све стијене које учествују у грађи терена у инжењерскогеолошком смислу могу се подијелити у сљедеће комплексе: комплекс тријаских седимената; комплекс наслага јурске старости (дијабаз-ројначка формација); комплекс стијена горње креде; комплекс миоценских седимената; комплекс седимената квартара.

### 3. Методологија израде карте склоности ка клижењу

АНР метода (*Analytic Hierarchy Process*) је математичка, вишекритеријумска метода (Saaty, 2003) која се доста користи за моделирање просторних података, а у данашње вријеме има велику примјену и у области инжењерске геологије. АНР је погодан поступак за вишекритеријумско моделирање са растерима, те је итекако погодан

за анализу просторних података о клизиштима и другим утицајним факторима (Marjanović, 2013). Коначна једначина модела након анализе треба да има сљедећи облик (1):

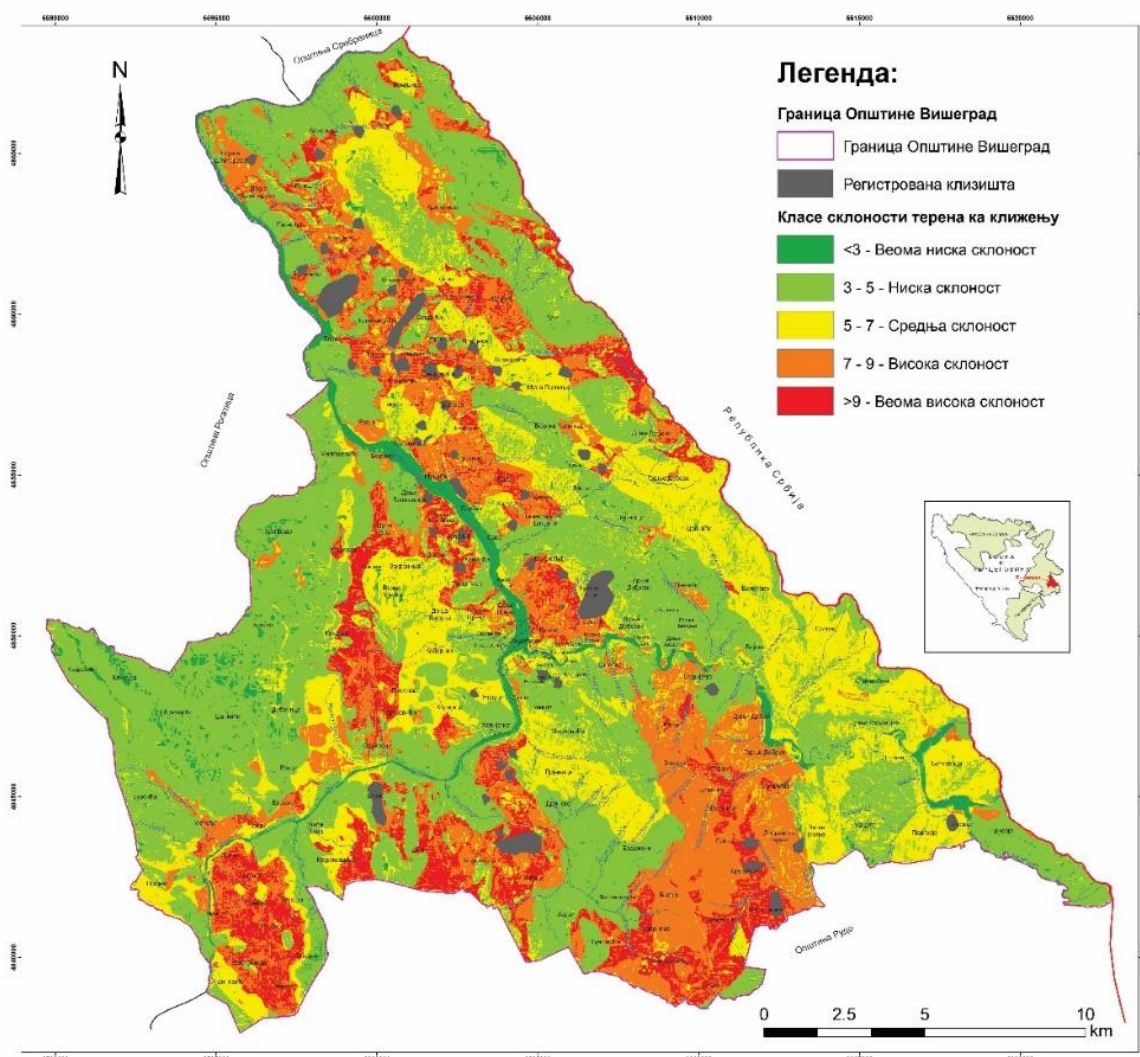
$$M_{\text{АНР}} = \sum_{i=1}^n w_i F_i \quad (1)$$

где је:  $w_i$  тежински фактор,  $F_i$  одговарајући критеријум (*layer*)

За предметну анализу, односно потребе карте размјере 1:25.000 узимани су сљедећи параметри: инжењерскогеолошка грађа терена (литологија); нагиб површине терена; падавине; удаљеност од водотокова; коришћење земљишта (CORINE 2012); оријентација падине; закривљеност падине.

## 5. Анализа добијених резултата

Спроведеним моделирањем у GIS окружењу добијена је карта склоности/подложности терена ка клижењу која је рекласификована у пет класа склоности ка клижењу (слика 1).



Слика 1. Карта склоности терена ка клижењу општине Вишеград.

Анализом добијених резултата показано је да се у категоријама „висока“ и „веома висока склоност“ активирало највише клизишта и да оне заузимају 21 % односно 8 % територије општине Вишеград. У терене са веома високом склоношћу на територији општине Вишеград спадају дијелови подручја у више насеља као што су Рујиште, Каменица, Паочићи, Клашник, Купусовићи, Руде Баре, Омерагићи, Палеж, Кочарим, Јелачићи, Вељи Луг, Каоштице, Мермишље, Шип, Дринско, Ћаћице, Репушевићи, Небоговине. Такође, постоји још подручја под овом „класом“ али она нису толико доминантна. То значи да су ови терени природно предиспонирани ка развоју процеса клижења те да је приликом просторних планирања и грађевинских захвата велику пажњу потребно посветити геотехничким истраживањима терена.

## UPOREDNA ANALIZA REZULTATA PRETHODNIH ISTRAŽIVANJA I ISTRAŽIVANJA IZVEDENIH 2019. g. NA LEŽIŠTU OSTRUŽNJA, STANARI

### COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESULTS OF PREVIOUS EXPLORATIONS AND EXPLORATIONS CARRIED OUT IN 2019 IN THE OSTRUZNJA DEPOSIT, STANARI

Jovana Ječmenica<sup>1</sup>, Slobodanka Lazarev<sup>1</sup>, Dušan Simić<sup>1</sup>, Stevan Lončar<sup>2</sup>

Jantar grupa d.o.o. Beograd, [jantargrupa@mts.rs](mailto:jantargrupa@mts.rs)

EFT Rudnik i Termoelektrana Stanari d.o.o.

**Ključne reči:** Stanari, Ostružnja, detaljna geološka istraživanja 2019.;

#### **Abstract:**

In the most recent phase of detailed geological explorations in 2019, the object was deposit Ostružnja located in the Stanari coal basin. This deposit has been explored in the previous period (from 1964 to 2008). By comparative analysis of the data from previous period and new preliminary data, some differences were observed in terms of the knowledge obtained on distribution of the coal layer, its position in space, thickness and structure of the coal layer and associated members in the geological column of sediments, and, finally, on the qualitative indicators of coal itself. The most recent explorations in 2019 have been carried out using modern methods of detailed geological explorations and have obtained preliminary results that will serve as a more detailed basis for the subsequent preparation of the Elaborate on classification, categorization and reserves calculation, as well as mining projects.

## EIT RAWMATERIALS KIC, GEOERA AND OTHER OPPORTUNITIES FOR COLLABORATION FOR GEOSCIENCE INSTITUTIONS IN CENTRAL AND SE EUROPE

Bavec Miloš<sup>1</sup>, Šolar V. Slavko,<sup>2</sup> Vidović Jelena<sup>2</sup>, Zajc Benda Tina<sup>1</sup>, Šolc Urša<sup>1</sup> & Simić Barbara<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, Ljubljana, Slovenija

<sup>2</sup> Eurogeosurveys, 36–38, Rue Joseph II, 1000 Brussels, Belgium

**Keywords:** EIT RawMaterials KIC, Horizon 2020, Horizon Europe, Eurogeosurveys

### Abstract

Here we present a case of internationalization of one of the national geological surveys from SE/Central Europe. Along with a presentation of the current state of play of one such Survey we also present some current and upcoming opportunities for collaboration.

Following its modest beginnings in 2003, the Geological Survey of Slovenia (GeoZS) – a member of the Eurogeosurveys (EGS) – has since 2006 been turning increasingly in the direction of more intensive international collaboration. On the one hand, the GeoZS is a relatively small geological survey, and on the other hand the demands of its funder to provide answers to most any geoscience-related question in the country rendered involving specialists from abroad an obvious solution. The commitment to further internationalize become even stronger once the economic situation of the late-2000s became progressively unstable. At that time, national research funds shrank dramatically, and most governmental bodies hesitated to invest in a more sustainable future, and projects in private sector (i.e. construction, infrastructure, environment-related projects) almost ceased entirely.

In 2018, the number of international projects in which the GeoZS was involved totalled 42. Of these, GeoZS led projects or work packages in as many as 12 projects. GeoZS's staff increased from 85 in 2013 to 105 by mid-2019, and turnover for the period 2013–2018 rose by 30%. This increase was largely the result of international activities, which share in the Survey's annual turnover has gradually grown from 12% in 2010 to 20% in 2018. It should be noted, however, that with its stronger reputation internationally recognition for the GeoZS's work at home, in Slovenia, has improved considerably.

Throughout this time, the GeoZS has gradually transformed its international activities from a local to more regionally oriented professional support organization. Involvement in pan-European projects has been increasing, while our engagement in transnational programs has remained relatively stable for the last several years. On the other hand, cross-border cooperation (Interreg A) programs have remained stalled for some time and we don't expect much growth there. We should note here that Interreg programs are considering reducing the share of co-financing from 85% going in the future. If such a reduction goes into effect, this will require a re-considering of any further involvement in such programs.

For the above-stated reasons, and especially given the fact that the GeoZS aims to follow more closely its primary role as a research institute, we are turning increasingly to more pan-European (as well as global) research programs.

Below, we present some collaborative frameworks that could be of interest for other research and professional geoscience organisations in the region.

**EuroGeoSurveys (EGS), The Geological Surveys of Europe**, is a not-for-profit organization bringing together 37 National Geological Surveys and a number of regional European Surveys, constituting a combined workforce of several thousand experts. EuroGeoSurveys provides



official, comparable, homogeneous, reliable and INSPIRE-compliant geological data, which benefits society in the spheres of and related to the circular economy, climate change, the development of safe infrastructures threatened by natural hazards, the sustainability of natural resources (e.g. energy, raw materials, water) for future generations to come. In its strategic vision, EGS aims to establish a Geological Service for Europe (GSE) based on three pillars: 1. Joint Research with an impact on the level of EU Policy, 2. Harmonizing and sharing pan-European Geological data (EGDI), and 3. Sharing Knowledge, Capacities and Infrastructure. The first pillar of the EGS strategy is currently being implemented by 45 national and regional Geological Survey Organizations (GSOs) from 33 European countries that joined forces to develop an ERA-NET Co-Fund Action: GeoERA, establishing a European Geological Surveys Research Area to deliver a Geological Service for all of Europe. GeoERA deals with four different scientific themes: Geo-energy, Groundwater, Raw Materials and an Information Platform. The Geo-energy, Groundwater and Raw Materials themes all share the common objective to provide and disseminate spatial information on their respective resources and its underpinning geological data. An important aspect of GeoERA is its cross-thematic integration of information through the Information Platform.

In revising the EGS strategy, the members agreed that the basic idea of its 1st pillar, driven by global change, demographic growth and technological development, remains valid, with the primary objective to develop a strategic research agenda and to contribute to the formulation of The Horizon Europe Framework Programme.

The next EU Framework Programme Horizon Europe is designed around three pillars: (I) Open Science, (II) Global Challenges and Industrial Competitiveness and (III) the Innovation Pillar. The Global Challenges and Industrial Competitiveness pillar includes five thematic clusters that address the full spectrum of global challenges through top-down collaborative R&I activities: Health, Inclusive and Secure Society, Digital and Industry, Climate, Energy and Mobility, and Food and Natural Resources. The Commission advocates for an integrated value chain approach that covers, under the same “Digital and Industry” cluster, closely-related inputs such as the sustainable supply and substitution of raw materials, industrial symbiosis, improved resource and energy efficiency in industry, and the decarbonisation of energy-intensive industries (the latter under the area Low Carbon and Clean Industries).

In Horizon Europe, EuroGeoSurveys aims to contribute to sustainable subsurface management by integrating geo-resources (energy, water, raw materials) and environmental conditions (natural hazards, anthropogenic impacts), and in this way continue to support the EU in its transition to a low-carbon, climate-neutral, resource-efficient and biodiverse economy in full compliance with the United Nations 2030 Agenda and the 17 SDGs.

**KIC EIT RawMaterials** (KIC) is a pan-European partner network covering the entire raw material value chain with more than 120 Core and Associated partners from all three sides of the Knowledge Triangle – research, education and industry. KIC represents the world’s largest community in the raw materials sector. Slovenia is covered by the Eastern Co-location centre and is represented by two core partners. Apart from the Geological Survey of Slovenia, the Slovenian National Building and Civil Engineering Institute is also a partner. Currently, GeoZS is coordinating 2 projects and participating as partner in 11 other projects funded by the KIC. Half of these projects are funded under the Regional Innovation Scheme (RIS; see below), and focus on the involvement of ESEE countries in the KIC’s activities.

In order to achieve radical innovation along the Raw Materials Value Chain the following knowledge and innovation themes are defined: Exploration, Mines for Modern Society, Develop and Improve Processing, Substitution, Recycling and the Circular Economy. These themes are addressed through three groups of activities: 1. Matchmaking and Networking, 2. Acceleration and 3. Education Activities.

EIT RawMaterials has established six Co-Location Centers (CLC) covering Europe in a geographically balanced way to offer physical proximity to the partners. Each CLC is transnational in order to stimulate cross-cultural networking and collaboration across Europe. According to its Strategic Agenda 2016–2022, EIT RawMaterials aims at extending its geographical reach to those countries where it is not yet present by establishing fruitful partnerships and by sharing knowledge, best practices and innovative technologies with the respective ecosystems.

EIT RawMaterials will reach out to those EU regions/countries where a Smart Specialisation Strategy supports raw materials issues and where there is no critical mass of KIC partners. Outreach activities will be defined on a case-by-case basis, but may include e.g. mobility programmes for students and professors, study visits, scientific and technical validation of results, technology transfer, support of local start-ups, joint matchmaking and networking events.

To better understand the concept of operation the three mechanisms KIC Raw Materials has been using to leverage its success are described below.

**1. The EIT Regional Innovation Scheme (RIS)** focuses on countries with limited or no participation in the EIT Community's activities, where innovation capacity is moderate or modest (according to the European Commission Scoreboard) and which otherwise would not benefit from the experience gained by the KICs. By this definition the entire area of the Western Balkans is eligible, as an area, for RIS projects. In other words, any progress in the field of raw materials in this region may be eligible for support from the KIC.

One of the KIC's main tasks is to bring the RIS regions and countries to EIT RawMaterials and EIT RawMaterials to the RIS regions and countries. This will allow all relevant stakeholders from RIS countries to participate in all of the above-mentioned activities.

**2.** In order to leverage innovativeness in the region, the **Regional Center Adria – EIT RawMaterials hub** was established in early 2018. RC Adria has three founding members – the Geological Survey of Slovenia, the Slovenian National Building and Civil Engineering Institute from Slovenia, and the University of Zagreb from Croatia, with outreach to Southeast Europe/Western Balkan countries (Albania, Bosnia and Herzegovina, Montenegro, North Macedonia and Serbia). RC Adria's basic activities consist in the following:

- interface between EIT RawMaterials and the local RIS SEE knowledge triangle,
- offer information on EIT RawMaterials funding, networking events, potential new business partners, project ideas, and business support for stakeholders from the SEE region,
- provide expertise to national, regional and local authorities,
- mobilise, connect and internationalise national/regional networks,
- identify funding and project opportunities,
- contribute to project development and implementation.

According to the 2019 annual plan, RC Adria aims to:

- organize 2 matchmaking and networking events – one in Croatia, and one in Slovenia, the Adria Innovation Day 2019 on 23 October in Portorož,
- implement the first internship program for ESEE RawMaterials students,
- support the development of the RawMaterials business idea.

ADRIA Innovation Day 2019, with the title Innovation in Primary and Secondary Raw Materials Sector in Southeast Europe, will be held 23 October 2019 in Portorož, Slovenia. ADRIA Innovation Day is a one-day event presenting the many opportunities available to the

business sector under the EIT RawMaterials and the Regional Center ADRIA aimed at enhancing the raw materials network in Southeast Europe. The invited speakers and participants at ADRIA Innovation Day are professionals from businesses and organizations in the primary and secondary raw materials sectors: corporations, SMEs, start-ups or idea holders, decision- and policy makers as well as business support organizations from Slovenia, Croatia Albania, Bosnia and Herzegovina, Montenegro, North Macedonia and Serbia. The event is co-organized by the Geological Survey of Slovenia and the Slovenian National Building and Civil Engineering Institute.

**3. EIT RawMaterials Lighthouse Sustainable Discovery and Supply** is a scheme that aims to unlock potentials in the European raw materials sector, specifically new discoveries and the reassessment of existing mines, including tailings and waste management. In this context, the Lighthouse will support and co-develop improved systems and innovative technologies for exploration through mining and processing in order to revitalize the raw materials sector via the effective engagement of civil society, government, research and industry. Knowledge and technology transfer and the establishment of new markets and a search to identify and produce both primary and secondary resources are key instruments here. Given that the need for new discoveries (e.g. of new deposits) is highlighted in the Lighthouse and the fact that the whole region is eligible under RIS, geological surveys and other geoscience research organisations from the Western Balkans represent much-wanted potential partners in the search for ideas for RIS projects.

## **UTICAJ CIRKULARNE EKONOMIJE NA MINERALNU EKONOMIJU I FUNKCIONISANJE MINERALNOG SEKTORA**

### **THE INFLUENCE OF CIRCULAR ECONOMY ON MINERAL ECONOMICS AND FUNCTIONING OF THE MINERAL SECTOR**

**Prof. dr Radule Tošović, dipl. inž. geol., dipl. ecc.,**

Katedra ekonomske geologije, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet,  
toshovic@yahoo.com, radule.tosovic@rgf.bg.ac.rs

**Ključne reči:** cirkularna ekonomija, mineralna ekonomija, mineralni sektor, mineralno ležište, mineralne rezerve.

#### **Sažetak**

Savremna problematika proizvodnje mineralnih sirovina u mineralnom sektoru, tranzicioni i integracioni uslovi funkcionisanja mineralne ekonomije zemlje, zavisi od velikog broja različitih i specifičnih internih i eksternih faktora. U grupi eksternih faktora nalaze se razni uticajni faktori na regionalnom i globalnom nivou. Među njima posebno značajno mesto zauzimaju novi trendovi razvoja ekonomije, kroz različite razvojne pravce, koji rezultiraju nastankom specifičnih vrsta ekonomija, kao što su npr. cirkularna ekonomija, zelena ekonomija, ekonomija znanja, digitalna ekonomija i dr. vrste ekonomija. Iste na različite načine, u različitim oblicima i stepenima uticaja, odražavaju se na mineralnu ekonomiju i njenu uspešnost. Osnovni cilj ovog rada je da ukaže na uticaj i međufunkcionalnu vezu, koja postoji između cirkularne ekonomije, kao specifičnog vida ekonomije, i mineralne ekonomije, naročito sa stanovišta uticaja i potrebnih pravca aktivnosti u mineralnom sektoru, odnosno proizvodnji veoma različitih i privredno veoma značajnih metaličnih, nemetaličnih i energetske mineralnih sirovina. U okviru studioznog naučno-istraživačkog i stručno-analičkog rada na obradi predmetne materije primenjene su metoda analize i sinteze, metoda komparacije, statistička metoda i metoda ekonomske ocene.

U ranijem periodu ekspanzivnog rasta ekonomije, većina proizvodnih procesa se odvijala po principima tzv. linearne ekonomije, bazirane na linearnom kretanju materije, odnosno klasičnom proizvodnom konceptu “uzmi-napravi/koristi-odloži“ ili „proizvodni resurs-proizvod-otpad“. Sa praktičnog stanovišta linearna ekonomija je rezultirala stvaranjem relativno velikih količina neadekvatno tretiranog i odlaganog otpada i ispuštanja različitih otpadnih materija. Na taj način, nakon završetka životnog veka proizvoda nastajao je veliki broj različitih deponija čvrstih otpadnih materija, zatim vršeno ispuštanje predmetnih tečnih i gasovitih materija u medijume životne sredine, uz prateće procese zagađenja. Linearni model ekonomije je pratio plansku ekonomiju u kojoj upotreba proizvodnih resursa nije bila dovoljno kontrolisana, potrošnja energije po jedinici proizvoda je bila prilično visoka, a uticaj na životnu sredinu se nije adekvatno pratio, merio i otklanjao.

Shodno osnovnom zahtevu za efikasnijim korišćenjem proizvodnih resursa dolazi do značajnog ekonomskog usmeravanja na pitanja ekonomskih troškova otklanjanja posledica stvaranja otpada i raznih vrsta zagađenja. Delom, u sklopu koncepta održivog razvoja, pojavljuje se potreba internalizacije eksternalija i ekonomskog opterećenja preduzeća kao proizvodnih subjekata, koji izazivaju posledice po životnu sredinu. Prirodnim tokom razvoja menjala se paradigma u pravcu ekonomije sa cirkulisanjem materije i njihovom ponovnom upotrebom, štednjom resursa i korišćenjem na efikasan i efektivan način, uz ograničavanje formiranja različitih otpadnih materija, koje opterećuju i zagađuju životnu sredinu. Cirkularna ekonomija na taj način nudi novi model „proizvod – otpad – proizvod“ ili „proizvedi – upotrebi – proizvedi“. Pri tome se konceptualno kao osnovni izvor ekonomskog rasta pojavljuje veća ponovna upotreba materijala iz proizvoda koji su završili životni ciklus, a manje korišćenje novih proizvodnih resursa. Težište cirkularne ekonomije nije prevashodno razmišljanje o otpadu nego o proizvodu, od kojih materijala je napravljen, kako je dizajniran, koliko je reciklabilan, kako je proizveden i koliko utiče na životnu sredinu, uz tendenciju korišćenja energije za njegovu proizvodnju iz obnovljivih izvora. Time cirkularna ekonomija otvara nove proizvodne mogućnosti, povećava ekološku bezbednost, otvara nova zelena radna mesta i obezbeđuje novi kvalitet zemljišta, vode i vazduha, uz posebne perspektive upravljanja otpadom. Mnoge zemlje EU uveliko realizuju brojne projekte na osnovu važeće strategije i akcionog plana za implementaciju cirkularne ekonomije. Čitav koncept je dodatno podržan paketom direktiva i propisa iz oblasti upravljanja otpadom, a koncept cirkularne ekonomije sprovode i velike ekonomske sile kao što su SAD i Kina.

Uticaj cirkularne ekonomije na mineralnu ekonomiju, s obzirom na specifičnosti materijalne proizvodnje metalnih, nemetalnih i energetskih mineralnih sirovina, odlikuje niz specifičnosti. Predmetni uticaj i relacija se može pratiti sa: (a) proizvodnog stanovišta, odnosno neposredne realizacije proizvodnog procesa eksploatacije, pripreme i prerade mineralne sirovine; (b) stručnog geološko-rudarsko-tehnološkog stanovišta, u polaznom analitičkom razmatranju ležišta mineralne sirovine; i (c) stanovišta reciklaže proizvoda sa mineralnim komponentama.

Proizvodni aspekt se odnosi na proizvodnju određenih mineralnih proizvoda (rovne rude, koncentrata ili metala), što boljeg kvaliteta uz što manju količinu otpadnih materija, koje se moraju na odgovarajući, siguran i bezbedan način tretirati. Pri tome se posebna pažnja mora posvetiti jalovostima i njihovom modeliranju, kao de facto tehnogenim ležištima, koja se, pod određenim uslovima, mogu ekonomski dodatno valorizovati i omogućiti dobijanje ekonomski značajnih korisnih komponenata iz jalovine od eksploatacije ili pripreme mineralnih sirovina. Posebno specifičan proizvodni aspekt uključuje i uticaj rudničkih voda, kao podzemnih voda, koje mogu imati značajan uticaj na medijume životne sredine u širem prostoru oko ležišta kao osnovnog ekonomskog objekta. Sastavni deo koncepta cirkularne ekonomije obuhvata i globalni trend zamene fosilnih goriva, obnovljivim izvorima energije. Predmetni uticaj se direktno odražava naročito na geološka istraživanja, eksploataciju i tržišnu valorizaciju mineralnih rezervi uglja, uljnih šejlova, nafte i gasa u budućnosti.

Sa geološko-rudarsko-tehnološkog stanovišta posebno je značajna ekonomska ocena i analiza određenih faktora ekonomske ocene mineralnih ležišta, koji su posebno značajni sa stanovišta cirkularne ekonomije. Među njima se naročito mogu izdvojiti: (a) geološki; (b) rudarski; (c) tehnološki i (e) geokološki faktori. Među geološkim faktorima poseban značaj imaju: (i) kvalitet mineralne sirovine u ležištu i njena promenljivost; (ii) sadržaj korisnih, štetnih i nepoželjnih komponenti u rudi; (iii) hidrogeološki uslovi ležišta i (iv) inženjersko-geološki uslovi ležišta. Među rudarskim faktori se posebno mogu izdvojiti: (i) metoda eksploatacije; (ii) gubici i razblaženja mineralne sirovine; i (iii) kompleksno iskorišćenje ležišta. Među tehnološkim faktorima, kao značajni mogu se izdvojiti; (i) tehnološki tipovi mineralne sirovine; (ii) kompleksno iskorišćenje mineralne sirovine; (iii) metode pripreme i prerade mineralne sirovine; i (iv) supstitucija mineralne sirovine. Među geokološkim faktorima posebno se izdvajaju: (i) geokološki tip minerala, rude i ležišta; (ii) uticaj istraživanja, eksploatacije, pripreme, valorizacije mineralnih resursa i pratećih procesa na promene stanja: vazduha, vode, zemljišta, biljnog i životinjskog sveta; (iii) mere rekultivacije i revitalizacije geološke sredine; (iv) mogućnost iskorišćenja/uklanjanja ekološki bitnih/toksičnih komponenata; (v) geokološko stanje jalovišta i njihov uticaj na životnu sredinu; (vi) mogućnost korišćenja tehnogenih mineralnih sirovina, postojećih ili nastalih tokom korišćenja ležišta; (vi) geokološka konzervacija mineralne sirovine; (vii) mere prevencije zagađenja u raznim procesno-radnim fazama: istraživanju, eksploataciji, pripremi, valorizaciji mineralnih resursa i pratećim procesima; i (viii) ekološki troškovi i njihov uticaj na profitabilnost i bilansnost mineralnih rezervi u ležištima.

Stanovište reciklaže je specifično, jer se mineralne sirovine koriste u vidu određenih mineralnih proizvoda, ili najčešće mineralnih komponenata, koje se ugrađuju u proizvode različitih vrsta. Otuda u reciklažnom postupku, posebno različitih metalnih proizvoda, postoji mogućnost dobijanja niza metala, koji su sekundarnog porekla, a koji u značajnoj meri mogu nadomestiti prirodne mineralne sirovine (npr. bakar, olovo, cink i dr.). U novije vreme se primenjuju i reciklažni postupci za nemetalne mineralne sirovine ili proizvode od njih (npr. reciklaža betona). Pri tome treba imati u vidu da se cirkularna ekonomija razlikuje od reciklaže, jer zahteva aktivnost na svakom delu proizvodnog procesa i na kraju recikliranje iskorišćenog proizvoda sa mineralnom komponentom.

Celovito sagledavanje pitanja mineralne ekonomije, koja se odnose na aspekte cirkularne ekonomije obuhvataju i posebno značajna pitanja menadžmenta geoloških istraživanja, menadžmenta na rudnicima, menadžmenta rudarskog otpada, menadžmenta mineralnih resursa, ekološkog menadžmenta, ali isto tako i neka strategijska pitanja. U okviru njih kao posebno uticajna mogu se izdvojiti pitanja mineralne strategije i mineralne politike zemlje, zatim koncesiona politika i obaveza primene koncepta održivog razvoja u mineralnom sektoru, a u sklopu njega i koncepta prevencije zagađenja i predmetnih troškova. Pitanja troškova se odražavaju na ukupno troškovno opterećenje jedinice rezervi, a u određenim situacijama mogu direktno uticati na bilansnost predmetnih mineralnih rezervi, odnosno na profitabilnost valorizacije mineralnih sirovina iz rudnih ležišta.

Za mineralnu ekonomiju je posebno bitno da će, s obzirom na neobnovljivost i iscrpivost mineralnih rezervi, u bliskoj budućnosti njihova cena rasti, zatim da će rasti troškovi energije, shodno rastu potreba stanovništva i migracijama u velike gradove. S obzirom na planove privrednog razvoja i intenziviranje privredne aktivnosti, u sklopu koga mineralne sirovine imaju nezaobilaznu bazičnu materijalnu ulogu, u predstojećem vremenu u mineralnoj ekonomiji i mineralnom sektoru zemlje treba posvetiti posebnu pažnju relevantnim uticajima cirkularne ekonomije. To obuhvata prvenstveno adekvatan institucionalni ambijent i potrebne kadrove u resornim državnim organima, koji prepoznaju proizvodni i ekonomski značaj mesto i ulogu mineralnog sektora. Isto tako veoma su značajni planiranje i sprovođenje odgovarajućih strategijskih i operativnih mera i aktivnosti usmerenih na dalje uspešno funkcionisanje mineralne ekonomije, u skladu sa konceptima cirkularne ekonomije i održivog razvoja, kako bi se obezbedilo uspešno funkcionisanje mineralnog sektora i predmetne proizvodnje mineralnih sirovina u predstojećem privredno, ekonomskom i razvojnom periodu u Srbiji, Republici Srpskoj, Bosni i Hercegovini i zemljama regiona.

## Reference

1. EU (2015), European Commission, communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy, 21 pp., Brussels.
2. Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M., and Hultink, E. J., (2016), The Circular Economy—A new sustainability paradigm?. *Journal of Cleaner Production*, 143, pp.757-768.
3. George, D. A., Lin, B. C. A., and Chen, Y., (2015), A circular economy model of economic growth. *Environmental Modelling & Software*, 73, pp.60-63.
4. Gligorić M., Jovanović Gavrilović B. (2017), Cirkularna ekonomija kao okosnica održivog razvoja privrede Srbije, *Ekonomski vidici*, XXII, br. 2-3, pp. 119 – 134.
5. Stahel W.R. (2019), *The Circular Economy*, Routledge, 118 pp., New York.
6. Tonelli M., Cristoni N. (2018), *Strategic Management and the Circular Economy (Routledge Research in Strategic Management)*, Routledge, 256 pp., New York.
7. Tošović R. (2019), Economic and Ecological Risks in the Economic Evaluation of Mineral Reserves of Tailings as Technogenic Mineral Deposits, *International Scientific Conference: Effects of Natural and Technological Disasters on Environment and Economy*, Book of abstracts, pp. 155-156, Belgrade.
8. Tošović R. (2019), Some Starting Analytical Elements of Change Management in Enterprises of the Mineral Sector, *Proceeding of 22th International Conference Dependability and Quality Management ICDQM-2019*, pp. 256-267, Belgrade.
9. Tošović R. (2018), Specifics of Engineering Making Decision in Mineral Sector, *Proceeding of 13th International Conference OMC 2018*, pp. 297-302, Zlatibor.
10. Tošović R. (2015), Expert Economic Evaluation in Mineral Project and Decision-Making, *XIX International conference on project management, YUPMA 2015*, Belgrade.
11. Tošović R. (2014), The Specifics of Project Management in Mineral Resources Exploration, *XVIII International conference on project management, YUPMA 2014*, Belgrade.
12. Tošović R. (2010), Management in Modern Conditions of Serbian Mineral Economy, *MISKO* 10, 411-434, Belgrade.
13. Tošović R. (2007), Geocological Aspects of the Geological-Economic Evaluation of Mineral Resources, *Proceedings of Simposium of Ecological Truth*, pp. 596-601, Sokobanja.

14. Wright S.J. (2019), Forget Mars: Circular Economy, The Next Big Business Opportunity, Bluetrees GmbH, 58 pp., Feusisberg.
15. Zakon o rudarstvu i geološkim istraživanjima, Službeni glasnik Republike Srbije 101/2015, Beograd.



## NEKI ASPEKTI UTICAJA DIGITALNOG POSLOVANJA NA UPRAVLJANJE MINERALNIM PROJEKTIMA

### SOME ASPECTS OF THE INFLUENCE OF DIGITAL BUSINESS ON MANAGEMENT OF MINERAL PROJECTS

**Prof. dr Radule Tošović, dipl. inž. geol., dipl. ecc.,**

Katedra ekonomske geologije, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet,  
toshovic@yahoo.com, radule.tosovic@rgf.bg.ac.rs

**Ključne reči:** mineralni projekat, digitalno poslovanje, menadžment.

#### **Sažetak**

Savremena proizvodnja velikih količina različitih metaličnih, nemetalnih i energetskih mineralnih sirovina potrebnih privredi, zahteva posebna unapređenja upravljanja mineralnim projektima, povećanjem efikasnosti i efektivnosti u različitim projektnim fazama, odnosno u njihovoj pripremi, izradi i neposrednoj realizaciji. Aktuelni zahtevi multifaktorne proizvodnje u mineralnom sektoru, kao i povećanje konkurentnosti i inovativnosti na tržištu mineralnih sirovina odražavaju se na geološku, rudarsku, tehnološku, ekonomsku i profesionalnu potrebu praćenja i primene aktuelnih trendova proizvodnje u savremenim mineralnim ekonomijama razvijenih zemalja. Navedeno, između ostalog naročito uključuje prednosti koje nudi digitalna ekonomija i digitalna revolucija proizvodnje, obuhvaćena promotivnim terminom Industrija 4.0, a koje, sa svog aspekta, omogućuju poboljšanje uslova i načina proizvodnje mineralnih sirovina, zatim povećanje produktivnosti, ekonomičnosti i rentabilnosti u preduzeća mineralnog sektora. Osnovni cilj ovog rada je da generalno ukaže na neke značajne aspekte vezane za upravljanje mineralnim projektima, s obzirom na poseban uticaj aktuelnog trenda digitalizacije, digitalne ekonomije i digitalnog pristupa poslovanju u mineralnom sektoru i mineralnoj ekonomiji Srbije. U okviru studioznog naučno-istraživačkog i stručno-analitičkog rada na obradi predmetne materije primenjene su metode analize i sinteze, metode indukcije i dedukcije, metoda komparacije i statistička metoda.

Projektantske aktivnosti u poslovima mineralnog sektora, odgovaraju tro-aspektnom procesnom tretiranju mineralnih sirovina, koje uključuje: (a) geološka istraživanja, (b) eksploataciju i (c) tehnološku pripremu i preradu. Svaka od ovih stručnih aktivnih faza praćena je odgovarajućim stručnim projektima i posebnim aspektima projektnog menadžmenta u mineralnom sektoru. U aktuelnom trendu digitalizacije, posebno su značajni uticajni aspekti četvrte industrijske revolucije, kao globalnog događanja, naročito kroz tri tehnološke inovacije: (a) Automatizaciju; (b) Internet komunikacije, i (c) Veštačku inteligenciju, sa različitim stepenom primene u mineralnom sektoru.

Projekti geoloških istraživanja su stručno, procesno i istraživački veoma značajni u mineralnom sektoru, jer predstavljaju prvu polaznu kariku u lancu materijalne proizvodnje i u krajnjem rezultiraju pronalaženjem mineralnih sirovina i njihovih ležišta, kao ekonomskih objekata tržišne valorizacije. Sa praktičnog i operativnog stanovišta realizacije i upravljanja geološkim projektnim aktivnostima, procesno se mogu naročito izdvojiti: (a) Priprema; (b) Izrada i (c)

Realizacija geološkog projekta. Najveći obim stručnog i ekspertskog posla, zavisno od složenosti geološke, geotektonske i metalogenetske građe istražnog područja, odnosno objekta istraživanja, obuhvata prikupljanje, analizu i obradu često i više hiljada veoma različitih podataka i informacija. Nezamenljivu ulogu u ovom delu projektnih aktivnosti imaju: (a) Odgovarajuće dobro strukturirane baze podataka; (b) Intranet mreža za razmenu podataka između članova projektnog tima, kao i projektnog tima i arhivske ili druge službe preduzeća kod kojih se nalaze odgovarajući podaci; (c) Internet za prikupljanje odgovarajućih podataka i ostvarivanje eksterne komunikacije u cilju prikupljanja ili kompletiranja potrebnih podataka; i (d) Cloud podaci vezani za predmetno područje ležišta dostupnih projektnom timu. Izrada geološkog projekta, kao druga projektna aktivnost, direktno je zavisna od odgovarajućih softverskih paketa, koji naročito služe: (a) Integralnoj obradi i (b) Interpretaciji prikupljenih podataka. Pri tome je nezaobilazno ekspertsko geološko angažovanje, kako u delu izbora relevantnih podataka, tako i u primeni analitičko-sintetičke i induktivno-deduktivne metode na njihovu obradu. Savremeni softverski paketi su nezaobilazni u delu sa ocenom potencijalnosti istražnog prostora na pronalaženje određene mineralne sirovine. Projektovanje istražnih radova, posebno bušotina, mora pratiti i ekonomska kalkulacija troškova, uz komparativnu ekonomsku ocenu vrednosti očekivanih mineralnih rezervi. Ovo zahteva posebno značajnu grupu ekonomskih, finansijskih i investicionih podataka, koji moraju, na odgovarajući način, biti dostupni projektantima. Realizacija geološkog projekta predstavlja deo projektantskih aktivnosti u kojima je najznačajniji uticaj savremene digitalne revolucije, odnosno veze koja postoji između digitalnih i fizičkih sredstava, u sklopu kibernetičko-fizičkih sistema. Ona se u praktičnom smislu direktno odnosi na: (a) Neposredno izvođenje istražnih geoloških radova; i (b) Projektantsko praćenje realizacije istražnih radova.

Projekte iz oblasti rudarstva i tehnologija takođe, u veoma visokom stepenu, prati primena digitalizacije i savremenih kibernetičko-fizičkih sistema. U savremenoj eksploataciji se primenjuje produktivna i veoma skupa mehanizacija, kako u površinskoj, tako i podzemnoj, kao i geotehnoškoj eksploataciji. Ova automatizovana mehanizacija je opremljena savremenim upravljačkim softverima, koji omogućuju uspešno odvijanje eksploatacionog procesa i veoma su važni za ostvarivanje planiranog obima projektovane eksploatacije na dnevnom, mesečnom i godišnjem nivou. Posledično ona direktno utiče na ekonomske efekte proizvodnje, odnosno obezbeđenje planiranih i ugovorenih količina mineralne sirovine i ispunjenje ugovornih obaveza rudnika u savremenim uslovima poslovanja na sve zahtevnijem tržištu mineralnih sirovina.

U sadašnjim tržišnim i tranzicionim uslovima mineralne ekonomije, posebnu pažnju u savremenom projektantskom radu treba posvetiti aspektima veće primene digitalizacije i digitalnog pristupa poslovanju u realizaciji mineralnih projekata. Ovi aspekti treba da omoguće uspešnije upravljanje mineralnim projektima, pronalaženje novih mineralnih rezervi i ležišta, kako bi se poboljšalo stanje mineralno-sirovinske baze, uslovi njenog intenzivnijeg proizvodnog i ekonomskog aktiviranja u predstojećem strategijski značajnom razvojnom periodu održive mineralne ekonomije Srbije.

## Reference

1. Berger, R., (2016). The Industrie 4.0, Transition quantified. GMBH, 321 pp.
2. Kumar, K., Zindani, D., Davim, J.P., (2019). Industry 4.0: Developments towards the Fourth Industrial Revolution. Springer, 59 pp.
3. Schwab K., (2017). The Fourth Industrial Revolution. Currency, 192 pp.
4. Tošović R. (2019), Some Starting Analytical Elements of Change Management in Enterprises of the Mineral Sector, Proceeding of 22th ICDQM-2019, pp. 256-267, Belgrade.
5. Tošović R. (2019), Project Management in the Mineral Sector and Digital Approach to Business, XXIII International Congress on Project Management: Project Management and Industry 4.0, pp. 112-117, Belgrade.
6. Tošović, R., (2018). Specifične mogućnosti primene agilnog pristupa u upravljanju mineralnim projektima. Zbornik IPM kongresa, pp. 241-245, Beograd.
7. Tošović, R. (2014). Specifičnosti projektnog menadžmenta u istraživanju mineralnih resursa, Zbornik YUPMA 2014, pp. 376-380, Beograd.

## FORMACIONA ANALIZA PODGRADAČKO-JOGUNOVAČKOG OFIOLITSKOG BLOKA NA SJEVERU KOZARE ZA POTREBE ISTRAŽIVANJA GRAĐEVINSKOG KAMENA

Aleksej Milošević <sup>1</sup>, Ranko Cvijić <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Banjoj Luci, Rudarski fakultet, Save Kovačevića bb, Prijedor

<sup>2</sup>Rudarski institut, Save Kovačevića bb, Prijedor

**Ključne riječi:** dijabazi, ofiolitski melanž, rudna formacija, tehnički-građevinski kamen, Kozara.

### Sažetak

Na osnovu temeljnih terenskih i laboratorijskih istraživanja prikazane su osnovne geološke karakteristike ofiolitskog melanža sjeverne Kozare, sa akcentom na Podgradačko – jogunovski ofiolitski blok na sjeveru Kozare. U Podgradačko-jogunovskom, jednom od pet ofiolitskih tijela rudonosne formacije ofiolitskog melanža severne Kozare, razvijena je kompletna sekvenca okeanskog dna, dok su drugi blokovi predstavljeni sa jednim ili dva nivoa očvršćavanja magme. U takvoj situaciji, blokovi odnosno njihovi dijelovi predstavljaju određene rudne ofiolitske formacije. Specifično razvijeni dijelovi rudnih formacija su rudne subformacije.

U radu su uspostavljeni, a onda i primjenjeni kriterijumi izdvajanja formacija, naročito oni geološki direktno prepoznatljivi na terenu i izdanku, pa je u Podgradačko – jogunovskom ofiolitskom bloku izdvojena jedna rudna formacija sa tri subformacije. U centralnoj zoni bloka su dominantni dajkovi dijabazi, u sjevernoj se dijabazi javljaju kao žice u gabrovima, dok je na jugu bloka riječ o izlivoj sekvenci okeanskog dna koja se završava pilou lavama. Izvršena je komparacija subformacija prema geološkim i genetskim karakteristikama i njihovom značaju, a zatim su prema stepenu perspektivnosti izdvojene površine za dalja istraživanja. Rudna formacija u cijelini je ocijenjena kao formacija srednje perspektivnosti. „Dijabazni dajkovi Trnove“ je rudna subformacija velike perspektivnosti, a njeni južni dijelovi predstavljaju visoko perspektivne terene za proširenje sirovinske baze i pronalaženje novih ležišta dijabaza. Tu su stijene dobrih fizičko-mehaničkih karakteristika i ispunjavaju najzahtevnije standarde u putogradnji.

Rezultati formacione analize su opovrgli neke od prethodnih prognoza o rudonosnosti ovog prostora, jer se smatralo da su ofiolitski blokovi izgrađeni skoro samo od dijabaza, te da su tereni gdje se javljaju jednake i dobre perspektivnosti za pronalaženje ležišta tehničkog građevinskog kamena.

## **PLITKI GEOTERMALNI POTENCIJAL SA VERTIKALNIM ZATVORENIM SISTEMIMA: TRI STUDIJSKA PRIMERA IZ ALPSKOG PROSTORA**

### **SHALLOW GEOTHERMAL POTENTIAL WITH VERTICAL CLOSED- LOOP SYSTEMS: THREE CASE STUDIES FROM THE ALPINE SPACE**

**Dušan Rajver MSc<sup>1</sup>, Alessandro Casasso<sup>2</sup>, Pietro Capodaglio<sup>3</sup>, Charles Maragna<sup>4</sup>, Joerg Prestor<sup>1</sup>, Charles Cartannaz<sup>4</sup>, and Jernej Jež<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Geological Survey of Slovenia, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana, Slovenia

<sup>2</sup>DIATI – Politecnico di Torino, corso Duca degli Abruzzi 24, 10129 Turin, Italy

<sup>3</sup>ARPA Valle d'Aosta, Loc. Grande Charrière 44, 11020 St. Christophe, Italy

<sup>4</sup>BRGM, Direction des Géoresources – Div. Géothermie, 3 av. Claude-Guillemin - BP36009, 45060 Orléans Cedex 2, France

dusan.rajver@geo-zs.si

**Ključne riječi:** plitka geotermalna energija, geologija, geotermalni parametri, geosonde, metoda G.POT, Regija Aosta, Park des Bauges, opština Cerčno

**Key words:** shallow geothermal energy, geology, geothermal parameters, BHEs, G.POT method, Aosta region, Parc des Bauges, Cerčno municipality

#### **Uvod i cilj studije**

U cilju povećanja korišćenja geotermalne energije i, posebno, broja plitkih geotermalnih instalacija, procjena i kartiranje plitkog geotermalnog potencijala može doprinijeti identifikaciji najpogodnijih područja za svaku tehnologiju (zatvoren / otvoren krugotok). Plitki geotermalni sistemi su obično podjeljeni u dvije glavne skupine: otvoreni krugotok koji razmjenjuje toplinu sa podzemnom vodom, i zatvoreni sistemi, gdje se izmjena topline odvija kroz cirkulaciju tekućine nosača topline u zatvorenom cevnom krugotoku ukopanom u tlo horizontalno ili vertikalno kao bušotinski izmjenjivači topline i geotermalni piloti. U okviru projekta GRETA (Interreg alpski prostor) provedena je studija geoloških i geotermalnih karakteristika u tri alpska pilotna područja, to je u dolini Aosta (severozap. Italija), u Prirodnom parku Bauges (jugoist. Francuska) i opštini Cerčno (zapadna Slovenija). Cilj ove studije bio je definisanje geotermalnog potencijala za bušotinske izmjenjivače topline u ovim regijama. Prethodne studije o plitkoj geotermalnoj procjeni potencijala sa zatvorenim krugotokom identificirale su dva ključna parametra: toplotnu provodljivost i netaknutu temperaturu tla. Geološko mapiranje je prvo provedeno u većim mjerilima za određivanje potencijala cijelih područja, a razlikovale su se u sva tri područja (obično 1: 50.000 ili 1: 25.000), a zatim u manjim mjerilima za identifikaciju potencijala za specifične male površine i za objekte, uglavnom u 1: 10.000 ili 1: 5.000. Posebno je najveći izazov bio identifikacija litologije u različitim stjenama kako bi se ispravno dodjelile vrednosti toplinskih svojstava. S druge strane, dugoročni učinak bušotinskih

izmjenjivača topline u velikoj mjeri ovisi o ravnoteži između oduzimanja topline u periodu grijanja i vraćanja topline u okolne stijene u periodu hlađenja prostorija. Ova ravnoteža zavisi od klime regiona i toplinskih svojstava tla, zbog čega je potrebno istražiti potencijal koji odgovara lokalnim uslovima.

### **Geologija, geotermalni parametri i upotrebljena metoda**

Područje doline Aosta karakteriziraju metamorfne stijene sa nešto granita, s druge strane istražena područja Cerkno i Park Bauges uglavnom se sastoje od sedimentnih stijena s brzim promjenama geoloških jedinica (sekvenci) i, posljedično, različitih geotermalnih svojstava stijena. Toplinska provodljivost uzoraka stijena određena je laboratorijskim mjerenjima metodom skeniranja toplinske provodljivosti na Geološkom zavodu Slovenije. Skener TCS pruža opcionalno i simultano mjerenje toplotne difuzivnosti. Srednje vrednosti toplotne provodljivosti kreću se od 2,8 do 4,0 W/(m·K) za stijene iz doline Aosta, od 2,4 do 3,5 W/(m·K) (s jednim izuzetkom 1,3 W/(m·K)) za sedimentne stijene iz Parka Bauges, i u rasponu od 1.8 do 5.6 W/(m·K) za sedimentne stijene iz područja Cerkno. Sa ovim ulaznim podacima, plitki geotermalni potencijal je određen metodom G.POT za standardni 100 m duboki izmjenjivač topline. Metoda G.POT zasniva se na ugradnji analitičkih jednadžbi prenosa topline kroz tla i može uzeti u obzir nekoliko ulaznih parametara: osim toplotnih svojstava tla (uključujući temperaturu tla) takođe i karakteristike postrojenja i profila upotrebe, koje uključuju dužinu bušotine, prag temperature tekućine nosioca topline, trajanje sezone grijanja / hlađenja i simulirani vijek trajanja. Jedino ograničenje metode je da se može razmotriti jedan način rada i stoga treba uzeti u obzir prevladavajući način rada za kartiranje. Zahvaljujući tipičnom klimatskom rasponu alpskog prostora, istraživali smo samo korištenje za grijanje.

### **Plitki geotermalni potencijal**

Dobijene karte pokazuju, da se prostorni distribuirani potencijal za opštinu Cerkno kreće od 8 do 15 MWh / god. za 100 m dugačak izmjenjivač topline; za dolinu Aosta od 5 do 17 MWh / god., sa preko 70% kartirane teritorije koja prelazi 10 MWh / god., dok za Park Bauges potencijal varira od 5,5 do 15 MWh / god., pri čemu su najniže vrednosti (<7 MWh / god.) određene na aluvijalnim naslagama u dvije najjužnije opštine. Vredi napomenuti, da je G.POT metoda omogućila korektno razmatranje temperature tla, koja se prilično razlikuje u širokom rasponu nadmorskih visina koje karakteriziraju sva tri analizirana područja. U svim potencijalnim mapama područja boljeg potencijala su prikazana kao zelenkasto obojena, gdje bi bila dovoljna 100 m duboka ili plića bušotina. U drugim područjima bušotina bi trebala biti dublja. Jednu dublju bušotinu mogu zamjeniti dvije ili više plitkih. Što se tiče efekta nadmorske visine, posebno u dolini Aoste, vrednosti geotermalnog potencijala su globalno niže u višem dijelu doline, zbog niže temperature tla i s time su, unatoč dužoj sezoni grijanja, nametnute na velikim nadmorskim visinama.

### **Introduction and aim of study**

In view of increasing the utilization of geothermal energy and, especially, the number of shallow geothermal installations, the assessment and mapping of shallow geothermal potential can contribute to identify the most suitable areas for each technology (closed/open loop). Shallow geothermal systems are usually divided into two main groups: open-loop, exchanging

heat with groundwater, and closed-loop systems, where the heat exchange occurs through the circulation of a heat carrier fluid in a closed pipe loop buried in the ground horizontally or vertically as borehole heat exchangers and geothermal piles. In the framework of the project GRETA (Interreg Alpine space), a study of geological and geothermal characteristics in the three alpine pilot areas was carried out, namely Aosta Valley (NW Italy), Parc Naturel des Bauges (SE France) and municipality of Cerklno (western Slovenia). The aim of this study was in defining the geothermal potential for borehole heat exchangers in these areas. Previous studies on closed-loop shallow geothermal potential assessment have identified two key parameters: thermal conductivity and undisturbed temperature of the ground. Geological mapping was first carried out in larger scales for the potential determination of the entire areas, and they were different in all three areas (usually 1:50,000 or 1:25,000), and then in smaller scales for identifying potential for specific small areas and for objects, mostly in 1:10,000 or 1:5,000. In particular, the greatest challenge is the identification of lithologies in different scales in order to assign thermal property values correctly. On the other hand, the long-term performance of borehole heat exchangers highly depends on balance between heat extraction in the heating period and heat injection into the surrounding rock formation in the period of space cooling. This balance depends on ground thermal properties and on climate of the region, which is why it is necessary to investigate the potential corresponding to local conditions.

### **Geology, geothermal parameters and the method used**

The Aosta Valley region is characterized by metamorphic rocks with some granite, on the other hand the studied areas of Cerklno and Parc des Bauges predominantly consist of sedimentary rocks with rapid changes in geological units (sequences) and, consequently, various geothermal properties of rocks. Thermal conductivity of rock samples was determined with laboratory measurements using the thermal conductivity scanning method at Geological Survey of Slovenia. The TCS scanner provides optionally also simultaneous measurements of thermal diffusivity. The mean values of thermal conductivity range from 2.8 to 4.0 W/(m·K) for rocks from the Aosta Valley, from 2.4 to 3.5 W/(m·K) (with one exception of 1.3 W/(m·K)) for sedimentary rocks from Parc des Bauges, and in a range of 1.8 to 5.6 W/(m·K) for sedimentary rocks from the Cerklno area. With this input, the shallow geothermal potential was determined using the G.POT method for a standard 100 m deep borehole heat exchanger. The G.POT method is based on the fitting of analytical ground heat transport equations and can account for several input parameters: besides the thermal properties of the ground (including the ground temperature) also plant characteristics and usage profile, which include borehole length, threshold temperature of the heat carrier fluid, duration of the heating/cooling season, and simulated lifetime. The method's only limitation is that a single operating mode can be considered and therefore, the prevailing operating mode should be considered for mapping. Owing to the typical climate range of the Alpine space, we investigated the heating use only.

### **Shallow geothermal potential**

The resulting maps show that spatial distributed potential for Cerklno ranges from 8 to 15 MWh/y for a 100 m long borehole heat exchanger; for the Aosta Valley from 5 to 17 MWh/y, with over 70% of the mapped territory exceeding 10 MWh/y; for Parc des Bauges, the potential ranges from 5.5 to 15 MWh/y, with the lowest values (<7 MWh/y) determined over alluvial

deposits in the two southernmost municipalities. It is worth to note that the G.POT method allowed to correctly consider the ground temperature, which strongly varies in the wide elevation ranges characterizing all the three case studies analysed. In all potential maps the areas of better potential are presented as greenish-colored, where a 100 m deep or shallower borehole would suffice. In other areas, the borehole should be deeper. One deeper borehole can be replaced by two or more shallow ones. Concerning the effect of the elevation, particularly in the Aosta Valley, geothermal potential values are globally lower in the higher part of the valley, due to lower ground temperature and they are by this, despite the longer heating season, imposed in high altitude areas.

**Reference:**

1. Bottig, M., Hoyer, S., Prestor, J., Pestotnik, S., Rajver, D., Zosseder, K., Böttcher, F., Capodaglio, P., Maragna, C., Casasso, A., Piga, B., Della Valentina, S. & Zambelli, P., (2017): Catalogue of operational criteria and constraints for shallow geothermal systems in the Alpine environment. GRETA project deliverable **3.2.1**, TUM, Munich, 91 p.
2. Casasso, A. & Sethi, R., (2016): G.POT: A quantitative method for the assessment and mapping of the shallow geothermal potential. *Energy*, 106, pp 765-773.
3. Casasso, A., Sethi, R., Tiraferri, A., Della Valentina, S., Bucci, A., Tosco, T., Zosseder, K., Böttcher, F., Capodaglio, P., Baietto, A., Prestor, J., Pestotnik, S., Bottig, M., Hoyer, S., Rupprecht, D., Götzl, G., Maragna, C., Cartannaz, C., Zambelli, P., Scaramuzzino, C., Vianello, A. & Huggenberger, P., (2018): Local-scale maps of the NSGE potential in the Case Study areas. GRETA project deliverable 4.2.1, TUM, Munich, 137 p.



## INŽENJERSKOGEOLOŠKI I GEOMEHANČKI USLOVI IZGRADNJE TUNELA „BRADINA“ NA KORIDORU VC

Safet Mutapčija<sup>1</sup>, Selma Gosto<sup>2</sup>, Mevludin Karzić<sup>3</sup>, Belmin Bektić<sup>4</sup>, Elvir Babajić<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Safet Mutapčija, student, safet.mutapcija@student.rggf.untz.ba

<sup>2</sup>Selma Gosto, student, selma.gosto@student.rggf.untz.ba

<sup>3</sup>Mevludin Karzić, bach. ing. geol., mevludin.karzic@student.rggf.untz.ba

<sup>4</sup>Belmin Bektić, bach. ing. geol., belmin.bektic@student.rggf.untz.ba

<sup>5</sup>Dr. sc. Elvir Babajić, docent, RGGF Univerziteta u Tuzli, elvir.babajic@untz.ba

Korespondent: safet.mutapcija@student.rggf.untz.ba

**Ključne riječi:** tunel, Bradina, inženjerska geologija, geomehanika, RQD, GSI, RMR.

### Sažetak

Tunel „Bradina“ se planira graditi na trasi koridora Vc, a stacioniran je oko 1 km JZ od naselja Bradina. Dužina tunela je oko 430 m. Inženjersko-geološki uslovi izgradnje su definisani kroz detaljno geološko i inženjersko-geološko kartiranje, izvođenje istražnih geoloških radova i laboratorijska ispitivanja geomehaničkih parametara. Kartiranjem je definisana litološka kategorija izgrađena od paleozojskih hloritsko-muskovitskih škriljaca i porfirita, kao i heterogeni kompleks kvartarnih naslaga.

Detaljnim geološkim i inženjersko-geološkim kartiranjem, kao i geofizičkim ispitivanjima trase tunela, definisani su rupturni i litološki modeli, a takođe su definisani i parametri za izračunavanje dinamičkih modula elastičnosti.

Geološki istražni radovi (istražne bušotine) su izvedeni na pozicijama ulaznog portala. Nabušena jezgra su podvrgnuta ispitivanju geomehaničkih parametara koji su poslužili za geotehničke proračune.

U inženjersko-geološkom smislu izdvojene su tehnogene i eluvijalno - deluvijalne tvorevine, zona raslabljenog geološkog supstrata i geološki supstrat.

Kvalitet nabušene stijenske mase je određivan na osnovu RQD vrijednosti i ustanovljeno je da se kreće u rasponu 58,20 - 71,34 te pripada III kategoriji.

Uticajni diskontinuiteti su izdvojeni u tri klase: I (dm područje, prostorna orijentacija 150-155 / 80-85), II (dm-m područje, prostorna orijentacija 195-205 / 70-75) i III (prostorna orijentacija 22-28 / 30-35).

GSI indeks (određen na osnovu ocjene strukture stijenske mase (SR) i ocjene stanja površinskih uslova na plohama diskontinuiteta (SCR)) se kreće u intervalu 27 - 35.

Na osnovi laboratorijskih ispitivanja fizičko-mehaničkih karakteristika stijena, vrijednosti RQD-a, GSI-a, uticaja podzemnih voda i stanja i orijentacije diskontinuiteta izvršena je geomehanička RMR klasifikacija stijenskog masiva. Utvrđeno je da stijenski masiv pripada III RMR kategoriji (42 - 54).

Rejonizacijom stabilnosti terena utvrđeno je da najveći dio trase tunela pripada stabilnom terenu (oko 76%), a uslovno stabilnom terenu pripadaju dijelovi trase uglavnom u zonama portala (oko 24%).

## ENGINEERING-GEOLOGICAL AND GEOMECHANICAL CONDITIONS OF THE TUNNEL "BRADINA" CONSTRUCTION ON THE CORRIDOR Vc

Safet Mutapčija<sup>1</sup>, Selma Gosto<sup>2</sup>, Mevludin Karzić<sup>3</sup>, Belmin Bektić<sup>4</sup>, Elvir Babajić<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Safet Mutapčija, student, safet.mutapcija@student.rggf.untz.ba

<sup>2</sup>Selma Gosto, student, selma.gosto@student.rggf.untz.ba

<sup>3</sup>Mevludin Karzić, BA. ing. geol., mevludin.karzic@student.rggf.untz.ba

<sup>4</sup>Belmin Bektić, BA. ing. geol., belmin.bektic@student.rggf.untz.ba

<sup>5</sup>Dr. sc. Elvir Babajić, docent, RGGF Univerziteta u Tuzli, elvir.babajic@untz.ba

Correspondent: safet.mutapcija@student.rggf.untz.ba

**Key word:** tunnel, Bradina, engineering geology, geomechanics, RQD, GSI, RMR.

### Abstract

The tunnel „Bradina“ is planned to be built on the VC highway route, 1km SW of the Bradina settlement (picture 1). The length of tunnel is about 430 meters. Engineering-geological conditions for constructions are defined using geological and engineering-geological mapping, by performing exploratory geological works and laboratory tests of geomechanical parameters. Lithology category made of paleozoics chlorite-muscovite schist and porphyrites, as well as quaternary deposit of heterogeneous complex, is defined by geological mapping.

Ruptured and lithological models as well as parameters for calculating the dynamic elastic modulus is defined also by geological and engineering-geological mapping as well as by geophysical testing of the tunnel route. Geological exploration works were performed at the position of tunnel entry port. Core samples were subjected to geomechanical testing which were used for geotechnical calculations.

According to engineering-geological classification, technogenic rock dumps, alluvial-diluvial deposits, weakened geological substrate as well as geological substrate, are separated. Rock quality of core samples are defined by RQD value. It has been established to be in range between 58.20 and 71.34 and according to that it belongs to 3th category. Most significant discontinuities are separated in 3 classes: I (dm domain, strike and dip 150-155/80-85), II (dm-m domain, strike and dip 195-205/70-75), III (strike and dip 22-28/30-35). GSI index determined on basis SR and SCR is in range between 27 and 35. Based on laboratory tests, physical-mechanical properties, values of RQD and GSI, influence of underground water, conditions and orientation of discontinuities, geomechanical RMR classification was done. It was found that the rock massive belongs to III RMR category (42-54). By stability of terrain zoning it was found that most of tunnel belongs to stable terrain (around 76%) and the conditionally stable terrain is part of route in portal zones (about 24%).

### Reference

1. Babajić, E., Selimović, E., Musić, A, Šehbajraktarević, M. (2012): Elaborat o inženjersko-geološkim i geotehničkim istražnim radovima za tunele Zukići T3. Glavni projekat autoputa Vc, dionica Tarčin – Zukići, stacionaža 0+000 – 10+0,050 km. Geotehnos d.o.o., Sarajevo.
2. Bieniawski, Z. T., (1989): Engineering rock mass classifications: a complete manual for

- engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering, John Wiley & Sons.
3. Hoek E. (2007): "Practical Rock Engineering". Chapter 11, pp. 50. [Hoek's Corner \(Rock Science\)](#)
  4. Hoek, E. & Brown, E.T., (1997): **Practical estimates of rock mass strength**. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts, 34 (8), pp. 1165 - 1186.
  5. Jovanović, R., Mojičević, M., Tokić, S. i Rokić, Lj. (1962-67): Osnovna geološka karta, list Sarajevo, Zavod za inženjersku geologiju i hidrogeologiju građevinskog fakulteta u Sarajevu.
  6. Jovanović, R., Mojičević, M., Tokić, S. i Rokić, Lj. (1978): Tumač za osnovnu geološku kartu, list Sarajevo, Zavod za inženjersku geologiju i hidrogeologiju građevinskog fakulteta u Sarajevu i Institut za geološka istraživanja Sarajevo.
  7. Pantelidis L. (2009): "Rock slope stability assessment through rock mass classification systems" International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 46(2): 315 - 325.
  8. Vrkljan, I. (2003a): Inženjerska mehanika stijena. Građevinski fakultet u Rijeci. Rijeka.
  9. Vrkljan, I. (2003b): Podzemne građevine i tuneli. Građevinski fakultet u Rijeci. Rijeka.
  10. Vučković, D., Miloševski, D. i Sretković, B. (2012): Izveštaj o izvedenim kompleksnim geofizičkim ispitivanjima u zoni tunela T3, deonica Tarčin-Zukići, Koridor 5C. Centar za nedestruktivna testiranja i geofiziku. Beograd.
  11. Deere, D. U. (1989): Rock quality designation (RQD) after 20 years, U.S. Army Corps Engrs. Contract Report GL-89-1. Vicksburg, MS: Waterways Experimental Station.

## PHASE TRANSITIONS OF SILICA IN DIATOMITE FROM BESISTE (NORTH MACEDONIA) DURING THERMAL TREATMENT

Arianit Reka<sup>1</sup>, Blagoj Pavlovski<sup>2</sup>, Blazo Boev<sup>3</sup>, Ivan Boev<sup>3</sup>, Petre Makreski<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Tetovo, Ilinden n.n., 1200 Tetovo, Republic of North Macedonia

<sup>2</sup>Faculty of Technology and Metallurgy, Ss. Cyril and Methodius University, Ruger Boskovic bb, 1000 Skopje, Republic of North Macedonia

<sup>3</sup>Faculty of Natural and Technical Sciences, Goce Delčev University, Blvd. Krste Misirkov 10-A, 2000 Štip, Republic of North Macedonia

<sup>4</sup>Institute of Chemistry, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Ss. Cyril and Methodius University, Arhimedova 5, 1000 Skopje, Republic of North Macedonia

**Key words:** diatomite, scanning electron microscopy, XRDP, phase transition

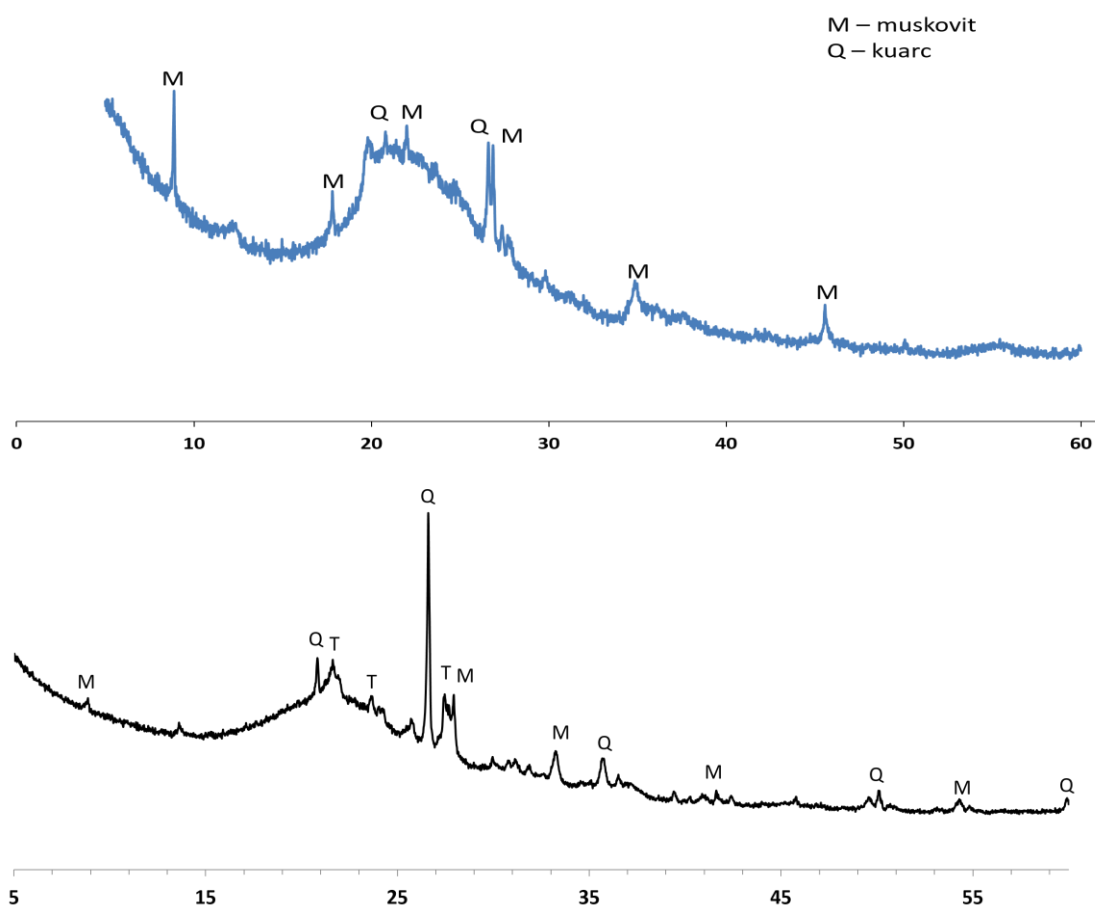
### Introduction

Diatomaceous earth (DE) is one of the raw materials that is very intensively examined. This is mainly to its application in ceramic, pharmaceutical, chemical, food industries, in the drinking and waste water treatments, as well as in the development of new technologies i.e fabrication of semiconductors, optical fibers, solar cells etc. The diatomaceous earth presented in this work is collected from Besiste region. For the characterization of the DE physical-mechanical, chemical, XRPD, SEM and IR analysis were performed. From the physical-mechanical characterization, the materials represents a white to grayish rock with homogenous texture and shell-like fragility. The diatomaceous earth is very light, soft, and weakly bound, while in dry state exhibits compressive strength from 2.20–3.20 MPa. The total porosity ranges 68–72%, whereas the density is 2.01–2.06 g/cm<sup>3</sup>. Results obtained from ICP-MS show the following chemical composition: SiO<sub>2</sub> (86.338%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (3%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2.8 %), CaO (0.76%), TiO<sub>2</sub> (0.139%), K<sub>2</sub>O (0.687%), Na<sub>2</sub>O (0.191%), MnO (0.0006%), MgO (0.28%), and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0.139%). The results from the X-ray powder diffraction of the raw diatomaceous earth indicate amorphous SiO<sub>2</sub> phase with the established presence of muscovite and quartz. The XRPD of the thermally treated diatomaceous earth at 950 C for a period of 1 hour, shows increase of the quartz peak while the peak for muscovite is significantly reduced. Evident is presence is the formation of tridymite in the sample. The results of the SEM analysis of the DE provide valuable information for the morphology, surface characteristics as well as the nanometric pores present in the raw material.

*Table 1. Chemical composition of diatomaceous earth from Besiste*

Oksidi	%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.8
TiO <sub>2</sub>	0.139

CaO	0.76
MgO	0.28
K <sub>2</sub> O	0.687
Na <sub>2</sub> O	0.191
MnO	0.006
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.139
SiO <sub>2</sub>	86.338
<b>LOI</b>	<b>5.66</b>
<b>Total</b>	<b>100%</b>



### References

1. Ralph K. Iler, *The Chemistry of Silica*, p. 15-16, A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons (1978)
2. William D. Callister, Jr, David G. Rethwisch, *Material Science and Engineering*, John Wiley & Sons Inc., p 464-465, 2010
3. Holleman, A.F., Wiberg, E., *Lehrbuch der Anorganischen Chemie*, Walter de Gruyter, Berlin, New York, pg 975, 2007
4. W.D. Kingery, *Introduction to Ceramics*, John Willey & Sons, Inc., New York, London, 1960

5. Pavlovski, B., Jančev, S., Petreski, Lj., Reka, A., Bogoevski, S., Boškovski, B.: Trepel – a peculiar sedimentary rock of biogenetic origin from the Suvodol village, Bitola, R. Macedonia, *Geologica Macedonica* Vol. 25, No.1, pp. 67-72 (2011).
6. Bogoevski, S., Jančev, S., Boškovski, B, Characterization of diatomaceous earth from the slavishko pole locality in the Republic of Macedonia, *Geologica Macedonica* Vo. 28, No.1, pp 39-43 (2014).
7. Inglethorpe, S. D. J.: *Diatomite - Industrial Minerals Laboratory Manual*, NERC 1993, Keyworth, Nottingham, British Geological Survey, 1993.
8. Wu, J., Yang, Y. S., Lin, J.: Advanced tertiary treatment of municipal wastewater using raw and modified diatomite, *Journal of hazardous materials.*, 127: 196-203, 2005.
9. Hassan, M. S., Ibrahim, I.A., Ismael, S.I.: Diatomaceous deposits of Fayium, Egypt; characterization and evaluation for industrial application, *Chinese Journal of Geochemistry*, July 1999, Volume 18, Issue 3, pp 233-241.

## KORELACIJA GORNJOMIOCENSKIH LITOSTRATIGRAFSKIH JEDINICA JUŽNOG DELA PANONSKOG BASENA

Filip Anđelković<sup>1</sup>, Dejan Radivojević<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, master student (email: [filip.andjelkovic@rgf.rs](mailto:filip.andjelkovic@rgf.rs))

<sup>2</sup>Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Departman za regionalnu geologiju

**Ključne reči:** gornji miocen, litostratigrafske jedinice, formacije, Panonski basen

### Sažetak

Panonski basen je klasičan izalučni basen, formiran tokom miocena. Riftogeneza se odvijala po modelu asimetričnog jednostavnog smicanja. Analiza sinkinematskih seizmičkih refleksija pokazuje da je normalno rasedanje migriralo vremenski i prostorno i da se odvijalo u toku velikog vremenskog intervala (otprilike 20 – 5.5 Ma).

Sistem panonskog basena obuhvata veći broj subdepresija, pa mogu se izdvojiti regioni različite starosti, razvijeni na podlozi raznih afiniteta, sa različitim debljinama sedimenata. Ovaj rad u fokus stavlja južni deo Panonskog basena, i to one delove koji su dobro proučeni i gde su izdvajane litostratigrafske jedinice u okviru gornjeg miocena. Konkretni prostor obuhvata severni Banat u Srbiji, jugoistočne delove Mađarske, kao i delove Hrvatske (Slavonske gore i Hrvatsko zagorje).

Opisane litostratigrafske jedinice su u nivou formacije i člana, a izdvojene su na osnovu litološkog sastava, depozicione sredine, korišćenjem podataka sa terena i iz bušotina, i geofizičkih metoda (reflektivna seizmika i geofizički karotaž).

Ovakva korelacija ima veliki značaj za poznavanje kompletnog Sistema Panonskog basena. Pored toga, poseduje i ekonomski značaj: bolje razumevanje vremena i karaktera depozicije dovodi i do boljeg razumevanja naftnogeološkog sistema.

U nastavku su navedene sve litostratigrafske jedinice na nivou formacije. Geolozi koji se bave proučavanjem Panonskog basena za iste formacije koriste drugačije nazive, što otežava korelaciju. Stoga, prvo su navedeni mađarski, srpski i zatim hrvatski nazivi. Pored toga, navedena je depoziciona sredina kojoj formacija pripada.

1. Endrőd – Hetin – Medvedski Breg: jezerska dubokovodna sredina

2. Szolnok – Majdan – Andraševac (donji deo): dubokovodni turbiditi

3. Algyő – Mokrin – Andraševac (gornji deo): sedimenti padine

4. Újfalu – Kikinda – Nova Gradiška: plitkovodni deltni sedimenti

Gruba naftnogeološka klasifikacija ovih sedimenata bi bila: Formacija 1 – matične stene; Formacija 2 – rezervoar stene; Formacija 3 – zaštitne stene; Formacija 4 – rezervoar stene.

### Reference:

1. Balázs, A., Maženco, L., Magyar, I., Horváth, F., Cloething, S., (2016). The link between tectonics and sedimentation in back-arc basins: New genetic constraints from the analysis of the Pannonian Basin. *Tectonics*. 35, pp.1526-1559

2. Balázs, A., Burov, E., Maženco, L., Vogt, K., Francois, T., Cloething, S., (2017). Symmetry during the syn- and post-rift evolution of extensional back-arc basins: The role of inherited orogenic structures. *Earth and Planetary Science Letters*. 462, pp 86-98
3. Ivanišević, S., & Radivojević, D., (2018). Upper Miocene depositional environments of Kikinda-Mokrin High (Serbia). *Interpretation*. 6, pp 1-40
4. Juhász, G., Pogácsás, G., Magyar, I., Vakarcs, G., (2007). Tectonic versus climatic control on the evolution of fluvio-deltaic systems in a lake basin, Eastern Pannonian Basin. *Sedimentary Geology*. 202, pp 72-95
5. Kovačić, M., (2018). Upper Miocene lithostratigraphic units of the southwestern part of the Pannonian Basin. 17. Kongres Geologa Srbije, Vrnjačka Banja, pp 55-59
6. Magyar, I., Fogarasi, A., Vakarcs, G., Bukó, L. & Tari, G., (2006). The largest hydrocarbon field discovered to date in Hungary: Algyő. In Golonka, J., & Picha, F.J., (Eds) : *The Carpathians and their foreland: geology and hydrocarbon resources*. AAPG Memoir. 84, pp 619-632
7. Maženco, L., & Radivojević, D., (2012). On the formation and evolution of the Pannonian Basin: constraints derived from the structure of the junction area between the Carpathians and the Dinarides. *Tectonics*. 31, TC6007
8. Radivojević, D., (2019). Pannonian Basin, Pannonian Basin System and Pannonian realm – three different concepts. *GeomorForum 2019 Book of abstracts*, pp 14-15



## THE CORRELATION OF UPPER MIOCENE LITHOSTRATIGRAPHIC UNITS OF THE SOUTHERN PART OF THE PANNONIAN BASIN

Filip Anđelković<sup>1</sup>, Dejan Radivojević<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, master student (email: [filip.andjelkovic@rgf.rs](mailto:filip.andjelkovic@rgf.rs))

<sup>2</sup>University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Department of Regional Geology

### Key words

Upper Miocene, lithostratigraphic units, formations, Pannonian Basin

### Abstract

The Pannonian basin is a classical back-arc basin formed during Miocene times. The rifting took place along asymmetric simple shear extensional mechanism. The analysis of syn-kinematic reflectors demonstrates that normal faulting migrates in time and space and took place on a wide Miocene time interval (roughly 20 – 5.5 Ma).

The Pannonian Basin System encompasses a number of subdepressions, regions with varying age, deposited over different basement rocks and with different sediment thickness. The focus of this paper is the southern part of the Pannonian Basin, and more specifically, the parts which have been well-documented and where the formational analysis has been carried out. The concrete areas are: North Banat (Serbia), southeastern parts of Hungary (Great Hungarian Plain), as well as some parts of Croatia (Slavonian mountains and Hrvatsko zagorje area).

The described lithostratigraphic units are on the level of formations and members and are characterized by their lithological content, depositional environments, using field and borehole data, and geophysical methods (reflection seismics and geophysical well-logging).

Such correlation has great significance for the knowledge of the Pannonian Basin System. Besides that, it also has a practical role: a better understanding of the time and character of deposition leads to a better understanding of petroleum geology.

Further in the text, those units with formation rank are listed. Geologists who study the Pannonian basin use different names for the same formations, thus making correlation more difficult. According to this, the first name is the Hungarian one, then the Serbian one, and after that the Croatian one. Furthermore, the depositional environment is indicated after the name.

1. Endrőd – Hetin – Medvedski Breg: hemipelagic lacustrine environment
2. Szolnok – Majdan – Andraševac (lower part): basinal turbidites
3. Algyő – Mokrin – Andraševac (upper part): slope sediments
4. Újfalu – Kikinda – Nova Gradiška: shallow-water deltaic sediments

A rough petroleum geological classification of these formations would be like this: Formation 1 – source rocks; Formation 2 – reservoir rocks; Formation 3 – seal rocks; Formation 4 – reservoir rocks.

### References:

1. Balázs, A., Maţenco, L., Magyar, I., Horváth, F., Cloething, S., (2016). The link between tectonics and sedimentation in back-arc basins: New genetic constraints from the analysis of the Pannonian Basin. *Tectonics*. 35, pp.1526-1559
2. Balázs, A., Burov, E., Maţenco, L., Vogt, K., Francois, T., Cloething, S., (2017). Symmetry during the syn- and post-rift evolution of extensional back-arc basins: The role of inherited orogenic structures. *Earth and Planetary Science Letters*. 462, pp 86-98
3. Ivanišević, S., & Radivojević, D., (2018). Upper Miocene depositional environments of Kikinda-Mokrin High (Serbia). *Interpretation*. 6, pp 1-40
4. Juhász, G., Pogácsás, G., Magyar, I., Vakarc, G., (2007). Tectonic versus climatic control on the evolution of fluvio-deltaic systems in a lake basin, Eastern Pannonian Basin. *Sedimentary Geology*. 202, pp 72-95
5. Kovačić, M., (2018). Upper Miocene lithostratigraphic units of the southwestern part of the Pannonian Basin. 17<sup>th</sup> Serbian Geological Congress, Vrnjačka Banja, pp 55-59
6. Magyar, I., Fogarasi, A., Vakarc, G., Bukó, L. & Tari, G., (2006). The largest hydrocarbon field discovered to date in Hungary: Algyő. In Golonka, J., & Picha, F.J., (Eds) : *The Carpathians and their foreland: geology and hydrocarbon resources*. AAPG Memoir. 84, pp 619-632
7. Maţenco, L., & Radivojević, D., (2012). On the formation and evolution of the Pannonian Basin: constraints derived from the structure of the junction area between the Carpathians and the Dinarides. *Tectonics*. 31, TC6007
8. Radivojević, D., (2019). Pannonian Basin, Pannonian Basin System and Pannonian realm – three different concepts. *GeomorForum 2019 Book of abstracts*, pp 14-15

## STRATIGRAFSKI I PALEOEOKOLOŠKI ZNAČAJ ŠKOLJAKA RODA CORBICULA U KVARTARNIM NASLAGAMA SRBIJE

## STRATIGRAPHIC AND PALAEOECOLOGICAL SIGNIFICANCE OF CORBICULA CLAMS IN QUATERNARY DEPOSITS OF SERBIA

Dr. Draženko Nenadić<sup>1</sup>, Dr. Slobodan Knežević<sup>1</sup>, Dr. Katarina Bogičević<sup>2</sup>, Dr. Barbara Radulović<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Belgrade – Faculty of Mining and Geology, Department of Regional Geology, Kamenička 6, 11000 Belgrade, Serbia, e-mail: [drazenko.nenadic@rgf.bg.ac.rs](mailto:drazenko.nenadic@rgf.bg.ac.rs)

<sup>2</sup>University of Belgrade – Faculty of Mining and Geology, Department of Palaeontology, Kamenička 6, 11000 Belgrade, Serbia

**Key words:** Quaternary, Serbia, *Corbicula*, stratigraphy, palaeoecology, alluvial deposits.

### Summary:

Freshwater clams of the genus *Corbicula* have considerable distribution and great climato-stratigraphic significance in the alluvial Quaternary deposits of the northern parts of Serbia. The two morphotypes of these clams are connected to river courses that lie in the Pannonian Plain s.str. Remains of the species *Corbicula fluminalis* are connected to palaeo-flows of the “pre-Danube” and “pre-Sava”, migrating during Pleistocene and leaving behind them characteristic alluvial deposits in the wider area of Vojvodina, while remains of *Corbicula fluminea* (Fig. 1) are spatially limited to the recent courses of the Danube, Sava and Tisza (Paunović et al., 2007).

Pleistocene *Corbicula* is a very successful invasive species which colonized European rivers, so it is now present in almost all of the parts of continental Europe. It can be found in more than 15 localities in Serbia, with best localities in the vicinity of Belgrade (Gaudenyi et al., 2015; Nenadić et al., 2010).

Pleistocene *Corbicula* is used in biostratigraphic-palaeontological research as characteristic, i.e. “leading” fossil, for the age determination and correlation of Pleistocene sediments. This term was first used for a stratigraphic unit by Laskarev (1922, 1938, 1951) when studying Quaternary deposits in the Sava valley near Belgrade, and after him, they got a name “beds with *Corbicula fluminalis*”. Based on this species, the mentioned author considered them as the oldest Quaternary deposits in this area. They contain in their lower part *Viviparus boeckhi* (Gunz-Mindel after Alpine geochronological scheme), and in the upper *Corbicula fluminalis* (Mindel and Mindel-Riss). The same viewpoint on stratigraphic position of these deposits had Rakić (1975) and Stevanović (1977). Based on the recent research it has been established that species *Corbicula fluminalis* characterizes warm temperature intervals (equivalents of interglacials) of younger parts of Lower and a part of Middle Pleistocene (Gaudenyi et al., 2015; Nenadić et al., 2010).

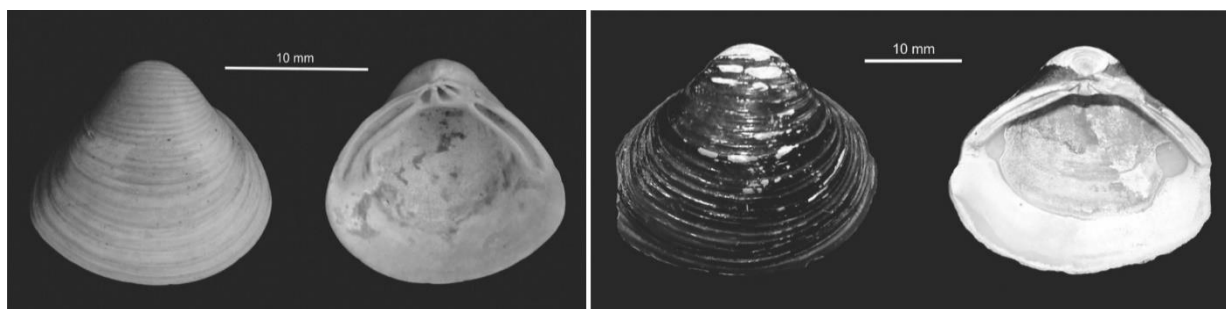


Fig. 1. Left: *Corbicula fluminalis*; right: *Corbicula fluminea*.

Lithologically, “beds with *Corbicula fluminalis*” are clastic fluvial sediments, among which prevail sandy gravels and gravelly sands (riverbed deposits), which alternate with fine-grained deposits – silts and clays (floodplain deposits).

These sediments are mainly deposited over Upper Miocene deposits (of Pannonian and Pontian age), different lithological units of Paludina beds (equivalents of lower part of Lower Pliocene), or palustrine-lacustrine deposits of Plio-Pleistocene age. Over them, in normal succession lie loess deposits or recent alluvial deposits of the Danube and Sava.

The dimensions of *Corbicula* shells diminish during Pleistocene. Juvenile forms are wider and more rounded, while adult ones are more elongated. Wide, rounded and thinner forms are also connected to finer sediments (silts and clays), with small hydraulic energy, while elongated and thicker shells define high energy of the habitat in which individuals grew (Gulyás et al., 2013). Judging from analogy with recent *Corbicula*, this species lived in rivers in which summer temperatures varied between 22<sup>o</sup> and 23<sup>o</sup>C. Accordingly, deposits with Pleistocene *Corbicula* can be defined as climato-stratigraphical unit of warm fluvial phases (Gaudenyi et al., 2015).

As a warm-loving species, with arrival of cold climatic phases in Middle Pleistocene, *Corbicula* withdrew from the Pannonian Basin to warmer areas, settling, in younger Pleistocene and Holocene southern parts of the Caspian Basin, central Asia, India and warmer regions of the American continent.

Over the last few decades it has been established that clams of the genus *Corbicula* inhabit again the vicinity of the Danube in northern Serbia and in neighbouring countries (Csanyi, 1999, 2002). These clams have first been recorded in Europe between 1980. and 1995, so this period could be considered as the beginning of settling of this region. The first data on their presence come from the Rhine area (Kinzelbach, 1991), while Csányi (1999) reports on their presence in the Hungarian part of the Danube valley near the nuclear power plant at Paks.

The fact is that the species *Corbicula fluminea*, related to the fossil Pleistocene species *Corbicula fluminalis*, already thrives in the Danube and its largest tributaries - Sava and Tisza (Paunović, 2004; Paunović et al., 2005, 2007, 2012; Knežević et al., 2005). Its presence has not been confirmed in colder and faster tributaries, such as the Great Morava and Drina. The causes of the "return" of *Corbicula* into this area, after a break of hundreds of thousands of years, are not yet well known. It is possible that larvae of modern *Corbicula* were transported from the warmer areas of the Caspian Basin by birds, or combined: birds to the Black Sea coast, and by the ships further along the Danube (Bernet et al., 2002). It is assumed that the anthropogenic factor has greatly influenced their migration: in transporting ballast water, by draining water from the aquarium, using them as fish baits and, in particular, by changing the water environment by building the hydroelectric power plant Đerdap on the Danube.

Modern *Corbicula* are noticeably larger and significantly more numerous in alluvial deposits than Pleistocene ones. They are one of the most invasive species in fresh waters of Europe, with a markedly negative impact on the existing river ecosystem and its biodiversity. These clams have spread beyond the river systems, and their presence in the wider area of Europe has been observed in irrigation channels and irrigation pipes for agricultural land, as well as in drinking water supply systems for the city's water supply, thus bringing danger to human health (Radulović et al., 2016).

The above-mentioned data point to the fact that the Danube today represents one of the most important invasion corridors from the Palaearctic to the south, which was confirmed by the mass and speed of settlement of the *Corbicula* shells in the area of the Danube basin.

Their migration to the Danube region is significant, not only as a zoogeographical phenomenon, but also from a geologic-stratigraphic aspect, giving a significant contribution to the knowledge of regional geology of Quaternary in Europe (Knežević et al., 2005).

### References:

1. Berneth, H., Tobias, W., Stein, S. & Turowski, S., (2002): Ekological staus characteristion-macrozoobenthos in literathy, P. Koller-Kreime, V. Liska, I. Joint Danube survey, Final report, International Commission for the protection of the Danube river, pp 33-64.
2. Csanyi, B., (1999): Spreading invaders along the Danubian highway: first record of *Corbicula fluminea* (O.F.Müller 1774) and *C. fluminalis* (O.F.Müller1774) in Hungary (Mollusca, Bivalvia). Folia Historico Naturalia Musei Matraensis, 23, pp 343-345.
3. Csanyi, B., (2002): Joint Danube Survey: Investigation of the Tisza River. International Commission for the Protection of the Danube River, pp 1-135.
4. Gaudenyi, T., Nenadić, D., Stejić, P., Jovanović, M., Bogićević, K., (2015): The stratigraphy of the Serbian *Corbicula* beds. Quaternary International, pp 357: 4-21.
5. Gulyas, S., Sumegi, P., Szaloki, Z. & Nenadić, D., (2013): Assessing the morphological variability of the invasive thermophylous Asian clam (*Corbicula fluminalis* Muller 1774) from the Pleistocene fluvial deposits of the Carpathian basin using geometric morphometric techniques. In: Geiger, J., Pál-Molnár, E., Malvić, T. (Eds.). *Theories and applications in geomathematics*, Geolitera Publishers, Szeged, pp 37-48.
6. Kinzelbach, R., (1991): Die Körbchenmuscheln *Corbicula fluminalis*, *Corbicula fluminea* und *Corbicula fluviatilis* in Europa (Bivalvia: Corbiculidae). Mainzer Naturwissenschaftliches Archiv, 29, pp 215-228.
7. Knežević, S., Nenadić, D. i Paunović M., (2005): Pojave školjaka roda *Corbicula* u kvartarnim naslagama podunavlja u Srbiji. XIV Kongres geologa Srbije i Crne Gore, Novi Sad, pp100-108.
8. Laskarev, V., (1938): Troisieme note le Quaternaire des Environs de Belgrade. Ann. Geol. Penins. Balk., 15, pp 1-35, Belgrade. (in Serbian, French summary).
9. Laskarev, V., (1951): O stratigrafiji kvartarnih naslaga Vojvodine. Geološki anali Balkanskoga poluostrva, 19, pp 1-19.
10. Nenadić, D., Gaudenyi, T., Bogićević, K. & Jovanović M., (2010): The occurrence of the *Corbicula* in the Pleistocene of Serbia. Conference of the European Quaternary Malacologists: EQMal 2010 - Molluscs and Quaternary Environment of Central Europe - Book of Abstracts and Conference Guide, Serbian Geological Society-Quaternary Commission and Department of Geology and Paleontology, University of Szeged-Belgrade, Szeged, p 26.
11. Paunović, M., (2004): Qualitative composition of the macroinvertebrate communities in the Serbian sector of the Sava River. Inter. Assoc. Danube Res. 35, pp 349-354

12. Paunović, M., Simić, V., Jakovčev-Todorović, D. & Stojanović, B., (2005): Results on macroinvertebrate community investigation in the Danube River in the sector upstream the Iron Gate (1083-1071 km). *Archiv of Biological Sciences* (in press).
13. Paunović, M., Csanyi, B., Knežević, S., Simić, V., Nenadić, D., Jakočev-Todorović, D, Stojanović, B. & Cakić, P., (2007): Distribution of Asian clams *Corbicula fluminea* (Muller, 1774) and *C. fluminalis* (Muller, 1774) in Serbia.- *Aquatic Invasions* (2007), 2, 2, pp 105-112
14. Radulović, B., Nenadić, D., Knežević, S., Paunović, M. & Bogičević, K., (2016): Paleocological Character of Asian clams in estimates of the Anthropogenous effect on recent ecosystems. *Tret Kongres na Geolozite na Republika Makedonija*, 1, pp 347-351, Struga.
15. Rakić, M., (1975): Slojevi sa *Corbicula fluminalis* (*Corbicula fluminalis* beds). In: Petković, K. (Ed.), *Terminologie et nomenclature geologiques I - Stratigraphie et paleographie*. Institut de Geologie et de Paleontologie, Faculte des Mines et de Geologie, Universite de Belgrade, pp 250-251.
16. Stevanović, P., (1977): Kvaratar (antropogen). Opšti pregled facija i njihovo rasprostranjene s posebnim osvrtom na prelesne, lesne i antropogene naslage severne Srbiji. *Geologija Srbije II-3, Stratigrafija (Kenozoik)*, Univerzitet u Beogradu, pp 357-417, Beograd

## GRANATI U ALUVIONU LEŠNICE, PLANINA CER

Dr Milošević Maja<sup>1</sup>, MSc Kostić Bojan<sup>1</sup>, Dr Vulić Predrag<sup>1</sup>, MSc Jelić Ivana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Beogradu, Rudarsko - geološki fakultet, Srbija; <sup>2</sup>Prirodnjački Muzej, Beograd, Srbija

**Ključne reči:** Granati, Mineraloška karakterizacija, Lešnica, Cer

### Sažetak

Pojava minerala iz grupe granata u aluvionu reke Lešnice (Cer) i njihova mineraloška karakterizacija, do sada nisu detaljnije obrađene, i prikazane su u ovom radu. Granulometrijska metoda, spektrofotometrija, infracrvena spektroskopija, rendgenska difrakciona analiza (XRD) i SEM-EDS metoda primenjene su na prethodno izdvojenim pojedinačnim zrnima. Optičke osobine, SEM-EDS, XRD, gustina ( $4.20 \text{ g/cm}^3$ ), boja (603 nm) kao i vibracione trake u regionu između  $400\text{-}1200 \text{ cm}^{-1}$  ukazuju da je reč o mineralima iz grupe granata. Ispitivani granati bogatiji su manganom u centralnim delovima zrna, dok na obodu zrna koncentracija mangana opada a koncentracije gvožđa rastu. Na osnovu dobijenih rezultata, ispitivanih granata iz aluviona reke Lešnice, može se zaključiti da je reč o spesartinsko-almandinskom tipu.

### Uvod

Minerali iz grupe granata predstavljaju nezosilikate složenog hemijskog sastava sa opštom hemijskom formulom  $X^{2+}_3Y^{3+}_2Si_3O_{12}$ , gde je  $X = \text{Ca, Fe}^{2+}, \text{Mn, ili Mg}$ ;  $Y = \text{Al, Cr, ili Fe}^{3+}$  (Novak and Gibbs, 1971). Kao stabilni minerali u procesima hemijskog i mehaničkog raspadanja javljaju se u klastičnim sedimentima, peskovima i peščarima. Minerali iz grupe granata ispitivani zbog mogućnosti njihove primene kao geotermobarometra, što je od velikog značaja u oblasti petrologije, kao i njihove sposobnosti da mogu posedovati različite izomorfne substitucije (Ballaran and Woodland, 2006). Cilj ovog rada bila je preliminarna mineraloška karakterizacija minerala iz grupe granata u aluvionu reke Lešnice.

### Lokacija i geološka struktura

Cer je planinski venac koji se nalazi u zapadnom delu Srbije i pruža se pravcem JI - SZ, između sela Rumske i varošice Lešnice, kome sa severne strane leže Pocerina i Mačva a sa južne Jadar. Prema Knežević (1960), utvrđeno je da u geološkoj građi planine Cer učestvuju sledeći članovi: kvarcmonconiti, aplitoidni graniti i granodioriti sa žičnim pratiocima i efuzivnim ekvivalentima; argilošisti, peščari i krečnjaci donjeg i gornjeg karbona; bituminozni tamno sivi krečnjaci gornjeg perma; masivni trijaski krečnjaci; mediteranski marinski sedimenti Iverka i desne obale Jadra; pliocenski (pontijski) peskovi, peščari, šljunkovi i aglomerati i mladi kvartarni sedimenti (nanosi) Jadra i Lešnice. Reka Lešnica pripada grupi nanosnih ležišta čija se širina kreće do 150 m (Jelenković, 1999). Od sporednih minerala, osim grupe granata mogu se zapaziti povišene koncentracije sfena, rutila, apatita, magnetita, epidota, hlorita, cirkona i drugih minerala.

## Uzorci i metode

Kristali granata izdvojeni iz peskovite frakcije aluviona reke Lešnice, selo Milina, analizirani su granulometrijski (metodom piknometra), metodom teških tečnosti (Bromoform ( $2.89 \text{ g/cm}^3$ ) i Metilen jodid ( $3.325 \text{ g/cm}^3$ )) i magnetnom separacijom (Franz ( $0.35\text{A}$  i nagibom od  $20^0$ )). Primenom ovih metoda postigla se čistoća mineralne frakcije od preko 90%. Gustina minerala izmerena je metodom piknometra. Hromatične koordinate i dominantna talasna dužina  $dc(\text{nm})$  određene su spektrofotometrijski na instrumentu Spekol, opremljenim uređajem za refleksiju (R45/0), pri čemu je MgO korišćen kao standard za belinu (CIE 1931). Rendgenskim ispitivanjima (XRD) izvršenim na sprasanim uzorcima primenom Rigaku SmartLab difraktometra, prikupljeni su podaci za primenu Ritveldove metode. Tačkasta hemijska analiza obavljena je primenom SEM-EDS metode (JEOL 6610 LV). Analize su urađene pod uslovima jačine struje  $10\text{nA}$  i naponom ubrzanja  $20\text{kV}$ . Furije Infracrveni spektri (FT-IR) prikupljeni su na Nicolet™ iS™ spektrometru (Thermo Fisher SCIENTIFIC) sa Smart iTR™ ATR u opsegu od  $400$  do  $4000 \text{ cm}^{-1}$  i 32 skana po spektru.

## Rezultati i diskusija

Kristali su prozirni do providni, staklaste do poludijamantske sjajnosti. Pojedinačna zrna blago su zaobljena, polomljena i neretko sa očuvanim kristalnim formama. Često se javljaju u kristalnim oblicima gde preovlađuju forme rombododekaedra ili ikositetraedra, kao i njihove kombinacije. Na pojedinim zrnima zapažaju se crtaste pljosni. Veličina zrna, dobijena granulometrijski, iznosi između  $0.5\text{mm}$  i  $1.0\text{mm}$  pri čemu se kod krupnije frakcije uglavnom zapažaju prelomne površine. Kod kristala često su primetne i inkluzije drugih minerala koje u daljem tekstu nisu obrađene. Gustina ispitivanog minerala jednaka je  $4.20 \text{ g/cm}^3$ , što je u dobroj saglasnosti sa gustinom spesartina ( $4.19\text{g/cm}^3$ ). Intenzitet boje koja se manifestuje zavisi od vrste agregata i površine minerala. U krupnim kristalima i krupnozrnim agregatima boja je obično tamnija, u odnosu na sitne ili disperzne agregate. Hromatski parametri za uzorak granata koje smo izdvojili, dobijeni proračunom preko odgovarajućih izraza, iznose:  $X=0,398$ ,  $Y=0,329$ . Dominantna talasna dužina  $dc(\text{nm})$ , koja je očitana sa dijagrama hromatičnosti ukazuje da je reč o narandžastoj boji ( $603\text{nm}$ ). Sadržaj mangana, kao hromofore, ukazuje da je on dominantan element koji određuje boju u uzorcima. Mangan u granatima rezultuje sa pink i narandžastim nijansama dok gvožđe dovodi do pojave crvene nijanse. Na osnovu boje, uzorci se mogu karakterizovati kao minerali spesartinskog i/ili almandinskog sastava. Rezultujući spektar absorpcionih frekvencija (ATR) u regionu od  $400\text{-}1200 \text{ cm}^{-1}$  je karakterističan za minerale iz grupe granata (Moenke 1961). Region od  $1200\text{-}3000 \text{ cm}^{-1}$  nije razmatran u ovom radu. Trake u regionu između  $800$  i  $1000 \text{ cm}^{-1}$  ( $952$ ,  $889$ ,  $860 \text{ cm}^{-1}$ ) mogu se pripisati asimetričnim istežućim vibracijama  $\text{SiO}_4$  tetraedara u strukturi. Traka koja se nalazi na  $631 \text{ cm}^{-1}$  pripada ili savijajućim vibracijama  $\text{SiO}_4$  tetraedra ili vibracijama oktaedarske grupe, dok se trake ispod  $400 \text{ cm}^{-1}$  mogu pripisati prisustvu dvovalentnih katjona (Tarte and Deliens, 1973). Prisustvo  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , tačnije  $\text{FeO}_6$  oktaedra, može se osmotriti u regionu između  $400$  i  $500 \text{ cm}^{-1}$  gde se nalaze karakteristične istežuće vibracije. Hemijska analiza granata metodom SEM-EDS prikazuje razlike u hemizmu u centru i obodu granata. Granati su u centralnim delovima zrna bogatiji manganom, dok na obodu zrna koncentracija mangana opada a koncentracije gvožđa rastu. Rezultati hemijskih analiza u oksidima su dati u tabeli 1.



*Tabela 1. Hemijskih analiza ispitivanih granata, u oksidima*

Tabela 1.	Mg	Al	Si	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Total
Centar	0.61	20.29	34.72	0.92	0.16	0.00	25.09	17.85	99.64
Obod	0.97	20.27	34.79	1.35	0.00	0.00	21.93	19.50	98.81

Sastav uzoraka dobijen je preračunom kristalohemijske formule pri čemu rezultati ukazuju da se radi o mešavini spesartinske (50%) i almandinske komponente (43%). Ostatak, 7%, je piropska komponenta. Utačnjavanjem Ritveldovom metodom potvrđena je raspodela katjona dobijena SEM-EDS ispitivanjem kao i da je reč o mineralima iz grupe granata spesartinsko-almandinskog tipa.

### **Zaključak**

Aluvion reke Lešnice sastoji se od velikog broja minerala iz kojeg su izdvojeni kristali granata za mineralošku analizu. Izdvojeni granati analizirani su različitim metodama. Na osnovu dobre saglasnosti među primenjenim metodama i upoređivanjem rezultata sa literaturnim podacima došlo se do zaključka da je reč o granatima spesartinsko-almandinskog tipa kod kojih se sadržaj Mn i Fe smenjuju od centra ka obodu zrna.

### **Literatura**

1. Novak, G.A. and Gibbs, G.V., 1971. The crystal chemistry of the silicate garnets. *Am. Mineral.* 56, 791–825.
2. Knežević, V. 1960. Postanak i petrohemijski karkter magmatskih i kontaktno metamorfnih stena Cera. Beograd
3. Jelenković, R. 1999. Ležišta mineralnih sirovina. Beograd
4. CIE (1932), 1931. Commission Internationale de l'Eclairage Proceedings. Huitième session. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 19–29.
5. Ballaran, T.B and Woodland A.B., 2006. Local structure of ferric iron-bearing garnets deduced by IR-spectroscopy. *Chemical Geology* 225, 360– 372.
6. Moenke, H., 1961. Ultrarotspektralphotometrische Differenzierung von Mineralien tier Granatgruppe im Spektralbereich 400-650 cm<sup>-1</sup>. *Iena Nachrichten* 9, 82.
7. Tarte, P. and Deliens, M., 1973. Correlations between the Infrared Spectrum and the Composition of Garnets in the Pyrope-Almandine-Spesartine Series. *Contr. Mineral. and Petrol.* 40, 25-37.

## GARNETS FROM RIVER LEŠNICA ALLUVION, MOUNTAIN CER

Dr Milošević Maja<sup>1</sup>, MSc Kostić Bojan<sup>1</sup>, Dr Vulić Predrag<sup>1</sup>, MSc Jelić Ivana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Belgrade, Faculty of mining and geology, Serbia; <sup>2</sup>Natural History Museum, Belgrade, Serbia

**Key words:** Garnets, Mineralogical characterization, Lešnica, Cer

### Abstract

The occurrence of minerals from the garnet group in the alluvion of Lešnica river (Cer) and their mineralogical characterization have not been investigated in detail and have been reported in this paper. Granulometry methods, spectrophotometry, infrared (FT-IR) spectroscopy, X-ray diffraction (XRD) and SEM-EDS method have been applied on previously separated grains. Results of optical properties, SEM-EDS, XRD, specific density (4.20 g/cm<sup>3</sup>), color (603nm) and vibration bands in the region between 400 and 1200 cm<sup>-1</sup> have shown that the investigated minerals are from the garnet group. It has been noted that they are richer with manganese in the central parts of their grains while on the periphery areas the concentration of Mn is decreasing and Fe concentration is increasing. Based on the results of the investigated garnets from the alluvion of Lešnica River, it can be concluded that they are spessartine-almantine type.

### Introduction

Minerals from the garnet group represent nesosilicates with a complex chemical composition  $X^{2+}_3Y^{3+}_2Si_3O_{12}$ , where X = Ca, Fe<sup>2+</sup>, Mn, or Mg; Y = Al, Cr, or Fe<sup>3+</sup> (Novak and Gibbs, 1971). As a stable mineral in the process of chemical and mechanical weathering, they are often found in clastic sediments, sands, and sandstones. Minerals in the garnet group have been investigated for their petrological value in thermobarometric measurements as well as for their ability to have different isomorphous substitutions (Ballaran and Woodland, 2006). The main goal of this paper is the mineralogical characterization of minerals from the garnet group from the river Lešnica alluvion.

### Location and geological structure

Cer is a mountain range which is located in the western part of Serbia between villages Rumska and Lešnica, spread in the direction of SE-NW with Pocerina and Mačva on its north and Jadar on its left side. According to Knežević (1960), it has been determined that the geological structure of mountain Cer is comprised of several members: quartzmonzonite, aplitoide granites and granodiorites with veins and effusives; argilochists, sandstones and limestones from upper and lower carbon; bituminous dark gray limestones from upper perm; massive trias limestones; mediteranian marine sediments of Iverak and right bank of Jadar; pliocen (pontic) sands, sandstones, gravel, agglomerates and young quarter sediments (alluvial) of rivers Jadar and Lešnica. Lešnica is a river that belongs to the group of alluvial deposits with 150m in width (Jelenković, 1999). Besides minerals from the garnet group, it can be noted that larger concentrations of sphene, rutile, apatite, magnetite, epidote, chlorites, zircons have been observed.

## Samples and methods

Crystals, that have been investigated, have been extracted from the sandy fraction with granulometry (pycnometer method), heavy liquids method (Bromoform ( $2,89\text{g/cm}^{-3}$ ) and Methylene iodine ( $3,325\text{ g/cm}^{-3}$ ) and magnetic separation (Franz ( $0,35\text{A}$  and  $20^{\circ}$  inclination) methods. Purity above 90% has been achieved by the application of these collective methods. Specific density has been measured by pycnometer method. Chromatic coordinates and dominant wavenumber  $dc(\text{nm})$  have been determined with Specol spectrophotometer equipped with a device for reflection (R45/0) and MgO standard for whiteness (CIE 1931). XRD measurements on a powder sample were acquired with Rigaku SmartLab diffractometer with the application of the Rietveld method. SEM-EDS (JEOL 6610 LV) method (10nA electricity and charge acceleration of 20kV) have been applied for the chemical analyses of the individual grains. Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) spectra is acquired using a Nicolet<sup>TM</sup> iS<sup>TM</sup> 10 FT-IR Spectrometer (Thermo Fisher SCIENTIFIC) with Smart iTR<sup>TM</sup> Attenuated Total Reflectance (ATR). Sampling was conducted in the range from 400 to 4000  $\text{cm}^{-1}$  with 32 scans per spectrum.

## Results

The crystals are translucent to transparent, glassy to semi-diamond gloss. Individual grains are mildly rounded, broken and often with preserved crystalline forms. Often they occur in crystalline forms where there are prevalent forms of rhombododekahedra or icositrahedra, as well as their combinations. On the individual grains, the striated faces have been noticed. The grain size obtained by granulometry is between 0.5mm and 1.0mm, where it can be noted that in the larger fraction fractured surfaces are generally observed. Inclusions of other minerals are often noticed in the crystals but are not investigated further. The density of the tested minerals is  $4.20\text{ g/cm}^3$ , which is in good agreement with the density of spessartine ( $4.19\text{ g/cm}^3$ ). The intensity of the color depends on the type of aggregate and the surface of the mineral. In large crystals and large-scale aggregates, colors are usually darker than in tiny or disperse aggregates. The chromatic parameters for the samples we have selected, obtained by calculation over the corresponding expressions, are:  $X = 0.398$ ,  $Y = 0.329$ . The dominant wavelength  $dc$  (nm), which is read from the chromaticity diagram, indicates that the color of the sample is orange (603nm). The content of manganese, as a chromophore, indicates that it is the dominant element that determines color in samples. Manganese, in garnets, results in pink and orange nuances at the presence of iron leads to the appearance of a red shade. Based on color, the samples can be characterized as minerals of the spessartine and/or almandine composition. The resulting spectrum of absorption frequencies (ATR) in the region of 400-1200  $\text{cm}^{-1}$  is characteristic for minerals from the group of garnets (Moenke 1961). The region of 1200-3000  $\text{cm}^{-1}$  has not been considered in this paper. The bands in the region between 800 and 1000  $\text{cm}^{-1}$  (952, 889, 860  $\text{cm}^{-1}$ ) can be attributed to the asymmetric vibration of the  $\text{SiO}_4$  tetrahedra in the structure. The band at 631  $\text{cm}^{-1}$  belongs to either the vibrating vibrations of the  $\text{SiO}_4$  tetrahedron or vibration of the octahedral group, while the band below 400  $\text{cm}^{-1}$  can be attributed to the presence of divalent cations (Tarte and Deliens, 1973). The presence of  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , more precisely  $\text{FeO}_6$  octahedron, can be seen in the region between 400 and 500  $\text{cm}^{-1}$  where characteristic stretching vibrations are found. Chemical analysis of the garnets by the SEM-EDS method shows the differences in the center and the periphery of the investigated grains. The garnets are richer with

manganese in the central parts of the grain, while on the periphery of the grain the concentration of manganese decreases and the iron concentrations increase. The results of chemical analyses, represented as oxides, are given in Table 1.

*Table 1. Chemical analyses of the investigated garnets represented as oxides*

Table 1.	Mg	Al	Si	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Total
Center	0.61	20.29	34.72	0.92	0.16	0.00	25.09	17.85	99.64
Periphery	0.97	20.27	34.79	1.35	0.00	0.00	21.93	19.50	98.81

The composition of the samples was obtained by calculating the crystallochemical formula, with the results indicating that it was a mixture of spessartine (50%) and almandine component (43%). The rest, 7%, is a pyrope component. The distribution of cations obtained by SEM-EDS testing was confirmed by the Rietveld method, as well that investigated garnets are minerals from the group of spessartine-almandine type.

### Conclusion

Aluvion of the Lešnica River consists of a large number of minerals from which crystals of garnets have been extracted for the mineralogical analysis. Separated garnets were analyzed by different methods. Based on the good agreement between the applied methods and comparing the results with the literature data, it was concluded that these are spessartine-almandine garnets in which the Mn and Fe content is shifted from the center to the grain boundary.

### Literature

1. Novak, G.A. and Gibbs, G.V., 1971. The crystal chemistry of the silicate garnets. *Am. Mineral.* 56, 791–825.
2. Knežević, V. 1960. Postanak i petrohemijski karkter magmatskih i kontaktno metamorfnih stena Cera. Beograd
3. Jelenković, R. 1999. Ležišta mineralnih sirovina. Beograd
4. CIE (1932), 1931. Commission Internationale de l’Eclairage Proceedings. Huitième session. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 19–29.
5. Ballaran, T.B and Woodland A.B., 2006. Local structure of ferric iron-bearing garnets deduced by IR-spectroscopy. *Chemical Geology* 225, 360– 372.
6. Moenke, H., 1961. Ultrarotspektralphotometrische Differenziernng von Mineralien tier Granatgruppe im Spektralbereich 400-650 cm<sup>-1</sup>. *Iena Nachrichten* 9, 82.
7. Tarte, P. and Deliens, M., 1973. Correlations between the Infrared Spectrum and the Composition of Garnets in the Pyrope-Almandine-Spessartine Series. *Contr. Mineral. and Petrol.* 40, 25-37.

## PERMANENTNO GNSS OSMATRANJE U MULTIDISCIPLINARNIM ISTRAŽIVANJIMA

**Prof. dr Biljana Stamatović<sup>1</sup>, Prof. dr Vladimir Bulatović<sup>2</sup>, Doc. dr Zoran Sušić<sup>2</sup>, Prof. dr Ivan Aleksić<sup>3</sup>, Prof. dr Gojko Nikolić<sup>3\*</sup>, Doc. dr Kruna Ratković<sup>1</sup>, Doc. dr Marko Simeunović<sup>1</sup>, Doc. dr Tomo Popović<sup>1</sup>, Prof. dr Milica Vukotić<sup>1</sup>, Prof. dr Veselin Vukotić<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Univerzitet Donja Gorica, Fakultet za informacione sisteme i tehnologije

<sup>2</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka

<sup>3</sup>Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet

<sup>3\*</sup>Univerzitet Crne Gore, Institut za geografiju, Filozofski fakultet

\*korespondentni autor: Prof. dr Gojko Nikolić, [gojkorn@t-com.me](mailto:gojkorn@t-com.me)

**Ključne riječi:** GNSS, permanentna stanica, monitoring, EUREF, EPN

### Sažetak

Permanentno osmatranje terena primjenom tehnologije satelitskog pozicioniranja pored dugobazisne interferometrije (eng. *Very Long Baseline Interferometry*), predstavlja važan osnov kada je u pitanju istraživanje tektonske aktivnosti i drugih prirodnih fenomena (promjena zemljine rotacije, dužine dana, praćenje plime i osjeke i dr.). Kontinualna GNSS mjerenja su prisutna i u postupcima lokalnog monitoringa građevinskih i infrastrukturnih objekata koji su pod uticajem lokalnih fenomena, odnosno geohazarda, kao što su klizišta i promjena nivoa podzemnih voda.

Početkom 2019. godine U Crnoj Gori je pokrenut inovativni projekat pod nazivom „Joining to EUREF permanent network with Multi GNSS CORS stations in Montenegro”, finansiran od strane Ministarstva nauke Crne Gore, čiji je nosilac Univezitet Donja Gorica. Jedan od ciljeva projekta jeste uspostavljanje ETRS89 koordinatnog sistema na teritoriji Crne Gore, kao preduslov uvođenja Crne Gore u EUREF mrežu permanentnih stanica (EPN) sa bar jednom svojom stanicom, koja ima mogućnost prijema signala GPS, GLONASS, Galileo i Beidou sistema za satelitsko pozicioniranje.

Pristupanjem EPN mreži otvara se prostor regionalnim geodinamičkim istraživanjima koja podrazumjevaju praćenje kinematičkih karateristika Zemljine kore, na kojoj su locirane stanice, a što se može dovesti u korelaciju sa aktivnim lokalnim tektonskim procesima, imajući u vidu identifikovane obrasce poniranja Jadranske tektonske ploče ispod Dinarida sa jedne i Apenina sa druge strane. Postojeća mreža permanentnih stanica na teritoriji Crne Gore, koja se koristi prvenstveno za potrebe premjera, nije uključena ni sa jednom svojom stanicom u Centralnoevropsku geodinamičku referentnu mrežu (CEGRN), što bi bilo značajno iz razloga interesantnog geotektonskog sklopa koji obuhvata i Crnu Goru.

U radu će biti prezentirano tehničko rješenje GNSS permanentne stanice, koja je instalirana na krovu Univerziteta Donja Gorica u Podgorici i koja prima signale od svih raspoloživih GNSS provajdera. U okviru rada biće prikazani detalji procesiranja baznih vektora u odnosu na okolne IGS stanice u cilju određivanja prostornih koordinata u ITRF 2014 koordinatnom sistemu. Prikazaće se kratka analiza mogućih primjena integracije satelitskog pozicioniranja sa drugim sensorima u okviru multidisciplinarnih istraživanja, koja imaju prirodne relacije sa dinamičkom geologijom, inženjerskom seizmologijom, neotektonikom, strukturnom i dinamičkom geomorfologijom i brojnim drugim disciplinama u okviru geonauka.

## Reference

1. AUSPOS GPS Processing Report , 07.05.2019., AUSPOS OnlineGPS Processing Service, Geoscience Australia.
2. Bruyninx, C., Altamimi, Z., Caporali, A., Kenyeres, A., Legrand, J, Lidberg, M. (2018): Guidelines for EUREF Densifications, IAG sub-commission for the European Reference Frame – EUREF.
3. Kenyeres, A. (2010): Categorization of permanent GNSS reference stations, EUREF Permanent GNSS Network
4. Millis, S.W., Ho, A.N.L., Chan, E.K.K., Lau, K.W.K., Sun, H.W., (2008): Instrumentation and Real Time Monitoring of Slope Movement in Hong Kong, International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (IACMAG), Goa, India.
5. Stamatović, B., Bulatović, V., Sušić, Z., Nikolić, G., Maksimović, J., Aleksić, I., Ratković, K., Simeunović, M., Popović, T., Vukotić, M., Vukotić, V. (2019): Joining to EUREF permanent network with Multi GNSS CORS stations in Montenegro, EUREF 2019 Symposium, Tallinn, Estonia, 21-24.05.2019.

## GREŠKA INKLINACIJE KOD DEPOZICIONE REMANENTNE MAGNETIZACIJE

**Mast. inž. geol. Mirko Petković, Prof. dr Vesna Cvetkov**

Mast. inž. geol. Mirko Petković, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu  
(mirkopetkovic.90@gmail.com)

Prof. dr Vesna Cvetkov, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu  
(vesna.cvetkov@rgf.bg.ac.rs)

**Ključne riječi:** depoziciona remanentna magnetizacija, oplicavanje inklinacije, faktor elipticiteta

### Abstract

Paleomagnetska istraživanja se bave proučavanjem remanentne magnetizacije nastale djelovanjem magnetskog polja Zemlje u geološkoj prošlosti, sa ciljem definisanja prostornog i vremenskog položaja ispitivanih stijenskih kompleksa. Položaj vektora remanentne magnetizacije u prostoru određen je paleo deklinacijom i inklinacijom. Međutim, procesi redeponovanja, kompakcija i cementacija sedimenata dovode do, odstupanja vrijednosti inklinacije od one koju je stijena stekla prilikom svog nastanka tzv. greška inklinacije. Nekada je ta greška zanemarljiva, a nekada značajna i može izazvati pogrešno određene paleoširine deponovanja, vrijednosti translacionog i rotacionog kretanja blokova, kao i ne podudaranje magetostratigrafskih skala.

Eksperimentalna ispitivanja procesa redepozicije, na modelima, pokazala su da dolazi do promjene u inklinaciji depozicione remanentne magnetizacije, odnosno da se vrijednost inklinacije prije i nakon eksperimenta ne poklapa. Laboratorijska ispitivanja prirodnih sedimenata potvrdila su pojavu greške inklinacije, tj. pojavu oplicavanja inklinacije depozicione remanentne magnetizacije, najčešće usled gravitacione torzije u trenutku depozicije, porasta pritiska ili usled smanjenja poroznosti sedimenta.

Greška inklinacije depozicione remanentne magnetizacije može se odrediti mjerenjem anizotropije remanentne magnetizacije pojedinačnih minerala u uzorku. S obzirom da ovaj proces zahtjeva višesedmična laboratorijska ispitivanja i veliki broj instrumenata razvijene su znatno brže, numeričke, tehnike. Jedna od njih je određivanje inklinacije depozicione remanentne magnetizacije na osnovu mjerene anizotropije anhisterezisne remanentne magnetizacije uzorka. Proporcionalnost između dveh osa anizotropije remanentne magnetizacije pojedinačnih minerala može da bude bilo koja vrijednost u skupu pozitivnih realnih brojeva. Na osnovu ove pretpostavke računa se vrijednost faktora elipticiteta zrna,  $f$ , zavisnog od mjerenih vrijednosti anizotropije anhisterezisne remanentne magnetizacije uzorka. Presječna tačka  $y$ -ose i prave koja najbolje aproksimira dobijene vrijednosti predstavlja traženi faktor elipticiteta, na osnovu kog se, zatim, računa inklinacija u trenutku depozicije sedimenta. Mjerenje anizotropije pojedinačnih minerala nosioca magnetizacije pokazalo je da je faktor elipticiteta za magnetit u domenu  $0,54 \leq f \leq 1$ , a za hematit  $0,4 \leq f \leq 1$ .

Druga numerička aproksimacija, prikazana u ovom radu, zasniva se na pretpostavljenoj starosti sloja iz kog su uzeti uzorci. Koeficijent pravca prave koja najbolje aproksimira tangens mjerene inklinacije i tangens pretpostavljene inklinacije obrnuto je proporcionalan faktoru elipticiteta.

Ovaj postupak daje dobre rezultate ako je nosioc remanentne magnetizacije magnetit, što je i najčešći slučaj kod sedimentnih stijena. Ukoliko je nosioc remanentne magnetizacije hematit, getit ili pirotin, prikazana aproksimacija se ne može primjeniti zbog specifičnosti njihove kristalne rešetke koja dozvoljava lako magnećenje duž jednog preferiranog pravca. U tom slučaju, magnetizacija duž jednog pravca može se smatrati numerički beskonačnom, odnosno anizotropija pojedinačnog minerala je beskonačna, pa je za računanje faktora elipticiteta neophodno samo poznavanje depozicione remanentne magnetizacije uzorka.



## INCLINATION ERROR IN DEPOSITIONAL REMANENT MAGNETIZATION

MSc Mirko Petković, Assoc. Prof. Vesna Cvetkov

MSc Mirko Petković, Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade  
(mirkopetkovic.90@gmail.com)

Assoc. Prof. Vesna Cvetkov, Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade  
(vesna.cvetkov@rgf.bg.ac.rs)

**Key words:** depositional remanent magnetization, inclination error, flattening factor

### Abstract

Paleomagnetic investigations deal with the study of remanent magnetization caused by the influence of the Earth's magnetic field in the geological past, with the aim of defining the spatial and temporal position of the investigated rock complexes. The spatial position of the remanent magnetization vector is determined by the paleo declination and inclination. However, the processes of re-deposition, compaction and cementation of sediments lead to the deviation of the inclinations value from one that the sediments acquired during their formation, the so-called inclination error. Sometimes this error is negligible, sometimes it is significant and can cause wrongly defined paleolatitude of deposition, the magnitude of translational and rotational movement of blocks, as well as non-matching of magnetostratigraphic scales.

Experimental investigations of the re-deposition process, on mathematical models, showed that there was a change in the inclination of the depositional remanent magnetization, that is, that the inclination value before and after the experiment did not coincide. Laboratory testing on natural sediments confirmed the occurrence of an inclination error, i.e. shallowing of the inclinations of the depositional remanent magnetization, the most often due to gravity torsion at the moment of deposition, pressure increase or due to decreased porosity of the sediment.

The inclination error of depositional remanent magnetization can be determined by measuring the anisotropy of the remanent magnetization of the individual minerals in the sample. Since this process requires weeks of laboratory testing and the use of a large number of instruments, much faster, numerical, techniques are developed. One of them is the determination of the inclination of depositional remanent magnetization based on the measured anisotropy of the anhysteretic remanent magnetization of the sample. The ratio between the two axes of the anhysteretic remanent magnetization of individual minerals can be any value in a set of positive real numbers. Based on this assumption, the value of the grain flattening factor,  $f$ , which is dependent on the measured values of the anisotropy of anhysteretic remanent magnetization is calculated. The intersection point of the y-axis and the line that best approximates the obtained values represents the required flattening factor, on the basis of which, then, the inclination is calculated at the moment of the deposition of the sediment. Measurement of the anisotropy of individual minerals which carry the magnetization showed that the flattening factor for magnetite is in the domain  $0.54 \leq f \leq 1$ , and for hematite  $0.4 \leq f \leq 1$ .

The second numerical approximation, shown in this study, is based on the presumed geological age of the strata from which the samples were taken. The coefficient of the straight line that best approximates the tangent of the measured inclinations and the tangent of the assumed inclinations is inversely proportional to the flattening factor.

This procedure gives reliable results if the carrier of the remanent magnetization is magnetite, which is most common in sedimentary rocks. If the carrier of remanent magnetization is hematite, goethite or pyrrhotite, the shown approximation cannot be applied due to the specificity of their crystal lattice, which allows easy magnetization along a preferred direction. In this case, the magnetization along one direction can be considered numerically infinite, i.e. the anisotropy of the individual mineral is infinite, so it is only necessary to know the depositional remanent magnetization of the sample to calculate the flattening factor.

## ОПЕРАЦИОНА ГЕОЛОШКА ИСТРАЖИВАЊА КВАЛИТАТА БОКСИТА НА ПОДРУЧЈУ МИЛИЋИ-СРЕБРЕНИЦА

М.Тодоровић<sup>1</sup>, Р.Бјелановић<sup>2</sup>, Г.Симић<sup>3</sup>, Б.Голић<sup>4</sup>

АД „БОКСИТ“,<sup>1,2,3,4</sup> - Милићи, Република Српска БиХ

**Кључне ријечи** : операциона истраживања, бокситоносно лежиште, минералозна испитивања

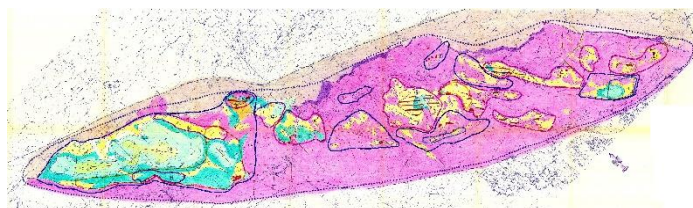
### Rezime:

На основу резултата геолошких истраживања овог подручја добили смо различите параметре квалитета минералне сировине боксита који нам говоре о различитим економским ефектима.

Повод писања овог рада је да прикаже даљи смјер, проспекцију и оцјену истраживања бокситне минералне сировине.

Кроз овај рад је доказан процес понашања квалитета минералне сировине и оцјена истраживања, како су сјеверозападна лежишта ванбилансна у односу на југоисточна лежишта.

Добијеним подацима смјер истраживања боксита треба усмјерити на југоисточна лежишта минералне сировине.



Слика 1. Локација скупине лежишта БОКСИТА

## **OPERATIONAL GEOLOGICAL RESEARCH OF QUALITY OF BAUXITE AT LOCATION OF MILICI – SREBRENICA**

**M.Todorović<sup>1</sup>, R.Bjelanović<sup>2</sup>, G.Simić<sup>3</sup>, B.Golić<sup>4</sup>**

AD BOKSIT,<sup>1,2,3,4</sup> – Milići, Republika Srpska, BiH

**Key words:** operational research, deposit of bauxite, bauxite, research of minerals, module

### **Abstract**

According to results of geological research of this location, we have obtained different parameters of quality of mineral source of bauxite which indicate various economic effects.

The reason of this project is to show farther direction, recognition and evaluation of research of bauxite's mineral sources.

Throughout of this project is proved that location of quality of mineral source, and evaluation of the research, in which northwest deposits are negative versus southwest deposits.

According to obtained data, direction of the research of bauxite should be directed to southwest deposits of mineral sources.

## MINERAL POTENTIAL OF MINING AND PROCESING TAILINGS IN THE ESEE REGION

Robert Šajn, Ph.D., Aleksandra Trenchovska, M.Sc.

Robert Šajn, Ph.D., Geological Survey of Slovenia, [robert.sajn@geo-zs.si](mailto:robert.sajn@geo-zs.si)

Aleksandra Trenchovska, M.Sc., Geological Survey of Slovenia, [aleksandra.trenchovska@geo-zs.si](mailto:aleksandra.trenchovska@geo-zs.si)

**Key words:** raw materials, ESEE region, zero waste, mining and processing tailings, innovation

### Abstract:

RESEERVE project is a RIS project, related to the EC/EIT objectives for regional innovation development that targets the following 6 countries of the West Balkan: Albania, Bosnia and Herzegovina, Croatia, North Macedonia, Montenegro and Serbia. All aforementioned countries are located in the Eastern and South-Eastern European (ESEE) region, which is identified as one of the priority outreach regions by the Strategic Innovation Agenda of the EIT and as such of particular strategic interest for the European raw materials sector. The West Balkan region is considered to be one of the future potential mineral supply areas of Europe. The large trans-national concerns, as well as SMEs, are aiming to expand their business to the region, but access to relevant data interesting for investors are still hindered in the region. Most EU countries (including Slovenia) are already part of the pan-European Minerals Intelligence Network, in which the West Balkan region represents a gap. The RESEERVE project will be extending the geographical reach of EIT RawMaterials to the ESEE region, help disseminate the knowledge and know-how of the EIT Community, facilitate developing new markets for new technologies, create opportunities for start-ups and SMEs and contribute to new job opportunities. This is directly fitting into the specific KIC's point of view interest in this region. It will be the first step of the integrating process for these 6 task partner countries into the pan-European Mineral Intelligence Network and European minerals market. The main outcome of the project will be a register of available primary and secondary mineral resources data of the West Balkan region, which will be provided by official national data providers (geological surveys). Both; primary and secondary data, will be unified during the project. In the years following the project, the results will represent a platform for ESEE region integration into the pan-European Mineral Intelligence Network and into the common European mineral market.

Although mining and processing tailings can present a substantial risk to the environment, on the other hand they represent valuable sources of secondary and in particular critical raw materials. Serbia and North Macedonia have an abundance of Cu mines which have been exploited since ancient times. These activities generated about 920 M tones of different types of mining, floatation and metallurgical tailings, containing approximately 1.3 M tones of Cu, 128 tones of Ag and 23 tones of Au, which could be a valuable resource for the European raw materials market sector.

The activities of the RIS-CuRE project are based on an innovation model merging all relevant stakeholders within the knowledge triangle in the field of industry, research, and education in order to increase regional competitiveness based on a regional scale, taking into account the latest know-how of the RIS-CuRE consortium. This innovative approach is based on the zero waste paradigm, which means that, once valuable raw materials such as CRM and other metals are extracted, the residues can be recycled for the construction sector. Such a holistic eco-innovative approach to the extraction of valuable metals and the beneficial use of residues after the extraction of metals provides a guarantee for the successful development of a regional innovation scheme based on the exploitation of tailings, and is, from the economic, organizational, technological, environmental and social points of view, the most viable option. This will lead to the development of an encouraging environment for the boosting entrepreneurship and intrapreneurship in the region, based on the exploration of secondary deposits. The final output of the project will be a strong sustained regional network, based on validated and fact-based data, including a study of the potential economic, technological, organizational (legislative), environmental and social impacts of applying the innovative methodology of the zero waste extraction of valuable materials in Serbia and North Macedonia. Once this has been developed it will be easy to transfer the validated approach to other parts of the ESEE region with similar geological, social, and economic backgrounds, as well as to other parts of Europe, which will create a ripple effect in the further development of more sustainable mining and the processing of primary and secondary raw materials in Europe, and worldwide.

Due to their quantity and composition, mining tailings and metallurgical heaps can pose a substantial risk to environment, while on the other hand representing valuable sources of secondary raw materials, including critical raw materials. South East Europe, including North Macedonia, is rich in deposits of secondary raw materials in the form of mining tailings of polymetallic ores and heaps from the metallurgical industry (e.g. landfills of metallurgical slags) and as such represent a relatively undiscovered potential for the European raw materials market sector. The RIS-RECOVER project activities are based on a quintuple innovation helix approach merging industry, research/education, government, the general public and environment sectors in order to increase regional competitiveness based on a regional background and the latest know-how of the RIS-RECOVER consortium. The innovative approach is based on the zero waste paradigm, which means that, once valuable raw materials like CRM and metals are extracted, the residues can be recycled for the construction sector. Such holistic eco-innovative approach of the extraction of critical raw materials and other metals and the beneficial use of residues from old environmental burdens provide a guarantee for the development of regional innovation scheme which is based on the optimal positioning of the management of old landfills and is the most viable from the economic, organizational, technological, environmental and social point of view. This will lead to development of encouraging environment for boosting entrepreneurship and entrepreneurship in the region based on exploration of secondary deposits. The final output of the project will be a regional innovation scheme based on validated and fact-based data including a study of the potential economic, technological, organizational (legislative), environmental and social impacts of applying the innovative methodology of zero waste extraction of valuable materials in North Macedonia. Once this will be developed it will be easy to transfer the validated approach to other parts of SEE with similar geological, social, and economic background, as well as to other

parts of Europe which will create a ripple effect of creating more sustainable mining and processing of primary and secondary raw materials in Europe and globally.

## DOLOMITI PLJEŠEVCA (KISELJAK, BiH): KVALITATIVNO-KVANTITATIVNE ODLIKE I DOMEN PRIMJENE

Viktorija Musa<sup>1</sup>, Adi Redžić<sup>2</sup>, Armin Hasić<sup>3</sup>, Elvir Babajić<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Viktorija Musa, BA. ing. geol., viktorija.musa@hotmail.com

<sup>2</sup>Adi Redžić, apsolvant, RGGF Univerziteta u Tuzli, adi.rggf@hotmail.com

<sup>3</sup>Armin Hasić, apsolvant, RGGF Univerziteta u Tuzli, hasic455@gmail.com

<sup>4</sup>Dr. sc. Elvir Babajić, docent, RGGF Univerziteta u Tuzli, elvir.babajic@untz.ba

Korespondent: viktorija.musa@hotmail.com

**Ključne riječi:** Plješevac, Kiseljak, dolomiti, kvalitativno-kuantitativne odlike, primjena.

### Sažetak

Trijaski dolomiti Plješevca kod Kiseljaka se, skoro u kontinuitetu, istražuju od 1980-e godine i koriste kao tehnički građevinski kamen. Sintezom rezultata istraživanja i ispitivanja u zadnjih 40-ak godina definisane su kvalitativno-kuantitativne odlike i domen primjene dolomita.

Detaljnim geološkim kartiranjem etaža i istražnih radova, na prostoru od oko 20 ha, definisan je prostorni položaj mineralne sirovine.

Laboratorijska ispitivanja su obuhvatila ispitivanja fizičko-mehaničkih parametara, tehničko-tehnoloških parametara, hemijskog sastava i mineraloško-petrografskog sastava.

Rezultati mineraloško-petrografskih (optička ispitivanja u propuštenom polarizovanom svjetlu) i hemijskih ispitivanja su potvrdili dolomite/dolosparite sa prosječnim vrijednostima MgO = 19,36 % (MgCO<sub>3</sub> = 40,36 %), CaO = 30,55 % (CaCO<sub>3</sub> = 59,63 %) i gubitak žarenjem = 46,66 %.

Ispitani su i fizičko-mehanički parametri (pritisna čvrstoća u vodozasićenom stanju = 144,7 MPa; upijanje vode 0,71%; poroznost 1,93; test na mraz i dr.) koji zadovoljavaju propisane standarde.

Zaključno sa 2014. godinom, Elaborirane su eksploatacione rezerve (A+B+C<sub>1</sub>) od oko 7,5 miliona m<sup>3</sup>. Geološko-ekonomskom ocjenom je utvrđena rentabilnost (R) od 1.5 KM po jedinici proizvoda, vijek trajanja ležišta od 75 godina (na osnovu godišnje proizvodnje od 100.000 m<sup>3</sup>) i ukupna vrijednost ležišta od oko 11,2 miliona KM.

Evaluacijom prethodnih rezultata i rezultata tehnoloških ispitivanja (frakcije agregata 0 - 4 - 8 - 11 - 16 - 32 - 63 mm) definisan je domen primjene predmetne mineralne sirovine:

- kameni agregat za proizvodnju armiranog i prednapregnutog betona,
- kameni agregat za izradu donjih nosivih (tampon) slojeva u putogradnji,
- kao punilo (uz dopunska ispitivanja) u drugim industrijskim granama.
- za izradu maltera sa uobičajenim vezivima kao što su kreč, cement i gips.



## DOLOMITES OF PLJEŠEVAC (KISELJAK, BiH): QUANTITATIVELY-QUALITATIVE FEATURES AND DOMAIN OF APPLICATION

Viktorija Musa<sup>1</sup>, Adi Redžić<sup>2</sup>, Armin Hasić<sup>3</sup>, Elvir Babajić<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Viktorija Musa, BA. ing. geol., viktorija.musa@hotmail.com

<sup>2</sup>Adi Redžić, apsolvent, RGGF Univerziteta u Tuzli, adi.rggf@hotmail.com

<sup>3</sup>Armin Hasić, apsolvent, RGGF Univerziteta u Tuzli, [hasic445@gmail.ba](mailto:hasic445@gmail.ba)

<sup>4</sup>Dr. sc. Elvir Babajić, docent, RGGF Univerziteta u Tuzli, [elvir.babajic@untz.ba](mailto:elvir.babajic@untz.ba)

Korespondent: viktorija.musa@hotmail.com

**Keywords:** Plješevac, Kiseljak, dolomites, quantitatively-qualitative features, application.

### Abstract

Triassic dolomites of Plješevac, near Kiseljak, have been investigated almost continuously since 1980s and used as a technical building stone. The synthesis of the research results and testing in the last 40 years has defined quantitatively-qualitative characteristics and the domain of dolomite application.

Detailed geological mapping of benches and exploration works in the area of about 20 ha, have defined the position of mineral raw material.

Laboratory tests were included examination of physical – mechanical parameters, technical – technological parameters, chemical composition and mineralogical – petrographic composition. The results of mineralogical - petrographic (optical examination in transmitted polarized light) and chemical tests were confirmed by dolomite/dolosparite with average values of MgO = 19,36 % (MgCO<sub>3</sub> = 40,36 %), CaO = 30,55 % (CaCO<sub>3</sub> = 59,63 %) and LOI = 46,66 %.

Physical - mechanical parameters (compression strength in water-tight condition = 144,7 MPa, water absorption 0,71%, porosity 1,93, frost test etc.) were also investigated, which satisfies the prescribed standards.

Concluded with 2014.y., exploratory reserves have been elaborated (A + B + C1) of about 7,5 million m<sup>3</sup>. The geo-economic evaluation has determined the profitability (R) of 1,5 KM per unit of product, lifetime of ledge 75 years (based of annual production of 100 000 m<sup>3</sup>) and the total value of the deposit of about 11,2 milion BAM.

By evaluating the previous results and the results technological tests (aggregate fractions 0 - 4 - 8 - 11 - 16 - 32 - 63 mm) application of the mineral raw material is defined:

- stone aggregate for the production of reinforced and prestressed concrete,
- stone aggregate for the production of lower supporting (tampon) layers in road construction,
- as a filler (with supplementary tests) in other industrial branches and
- for making mortars with conventional binders such as limestone, cement and gypsum.

## Reference

1. Adams, E. A., MacKenzie W.S. & Guilford C., (1997): Atlas of sedimentary rocks under the microscope, London, UK.
2. Barić, Lj. (1964): Mikrofiziografija petrogenih minerala, Zagreb
3. Bland, J.M. & Altman, D.G. (1996): Statistics notes: measurement error.
4. Đulović I. (2007): Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i obračunu rezervi tehničkog građevinskog kamena u ležištu dolomita "Plješevac" kod Kiseljaka. FSD RGGF u Tuzli.
5. Folk, R. (1969): Klasifikacija karbonatnih i klastičnih stijena, Geološki glasnik br. 13, prevod: Pamić, J., & Sijerčić, Z., Sarajevo.
6. Janković S., (1968): Metode oprobavanja i obračuna rezervi mineralnih sirovina, Beograd.
7. Jovanović R., Mojićević M., Tokić S., Rokić LJ. (1962-67): OGK, list Sarajevo, 1:100.000, Zavod za inženjersku geologiju i hidrogeologiju građevinskog fakulteta Sarajevo.
8. Jovanović R., Mojićević M., Tokić S., Rokić LJ. (1978): Tumač za OGK, list Sarajevo, 1:100.000, Zavod za inženjersku geologiju i hidrogeologiju građevinskog fakulteta Sarajevo i Institutu za geološka istraživanja Sarajevo.  
kamena u ležištu dolomita "Plješevac" kod Kiseljaka. FSD "Dolomit" Kiseljak.
9. Serdar, V. i Šošić, I. (2000): Uvod u statistiku. Školska knjiga, Zagreb.
10. Šerifović E. i Salkić, E. (2015): Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i obračunu rezervi tehničkog građevinskog kamena na ležištu dolomita „Plješevac“ kod Kiseljaka (stanje na dan 31.12. 2014. god.). Cerberus d.o.o., Tuzla.
11. Šošić, I. (2004): Primijenjena statistika. Školska knjiga, Zagreb.
12. Tadić, T. (2017): Artimetička sredina i standardna devijacija. Poučak 69.
13. Tišljar, J. (1994): Sedimentne stijene, Zagreb.
14. Tišljar, J. (2001): Sedimentologija karbonata i evaporita. Institut za geološka istraživanja. Zagreb.
15. Veljković D. (1981): Elaborat o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi tehničkog građevinskog kamena u ležištu dolomita "Plješevac" kod Kiseljaka. FSD "Dolomit" Kiseljak.

## UČEŠĆE SRBIJE NA PROJEKTU RESEERVE

**Dr Vladimir Simić, Dr Ivica Ristović, Dr Rade Jelenković, Dr Dragana Životić, Mr Zoran Draško**

Dr Vladimir Simić, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet,  
[vladimir.simic@rgf.bg.ac.rs](mailto:vladimir.simic@rgf.bg.ac.rs)

Dr Ivica Ristović, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

Dr Rade Jelenković, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

Dr Dragana Životić, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

Mr Zoran Draško, samostalni stručni saradnik, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

**Ključne reči:** primarna ležišta mineralnih sirovina, tehnogena ležišta mineralnih sirovina, baza podataka, projekat RESEERVE

### Uvod

Ležišta primarnih i sekundarnih mineralnih sirovina su od strateškog značaja za ekonomiju Evropske Unije, s obzirom na različitu, ali generalno malu pokrivenost njihovom proizvodnjom iz sopstvenih izvora. Stoga je većina zemalja Evrope već pokrivena sve-evropskom mrežom mineralnih podataka (pan-European Minerals Intelligence Network), osim zemalja jugoistočne Evrope. Stoga je pokrenut projekat RESEERVE, kao deo programa RIS KAVA, sa ciljem da se napravi baza podataka mineralnih sirovina u šest država JI Evrope: Albaniji, Bosni i Hercegovini, Crnoj Gori, Hrvatskoj, Severnoj Makedoniji i Srbiji, i uklopi u postojeće mreže podataka.

Projekat RESEERVE predstavlja prvi korak u primeni strategije EIT RawMaterials RIS sa ciljem uspostavljanja saradnje među državama koje još nisu partneri u EIT RawMaterials kroz predviđene osnovne rezultate:

- Stvaranje Registra mineralnih sirovina zapadnog Balkana za primarne i sekundarne mineralne sirovine;
- Formiranje zajednice za mineralne sirovine JI Evrope sa ciljem utvrđivanja postojećih dostupnih informacija i ubuduće potrebnih daljih podataka o ležištima mineralnih sirovina država zapadnog Balkana;
- Povećanje kapaciteta država zapadnog Balkana za održivo upravljanje mineralnim sirovinama na nacionalnom nivou;
- Osiguranje dovoljnog protoka informacija o mineralnim sirovinama za evropsku industriju sa ciljem razvoja poslovne saradnje i ulaganja u državama zapadnog Balkana;
- Prenos znanja od strane partnera EIT RawMaterials na područje zapadnog Balkana sa ciljem razvoja novih tržišta, stvaranje prilika za nove i postojeće male i srednje kompanije, otvaranje novih radnih mesta i stvaranje dodatne vrednosti u industriji mineralnih sirovina.
- Dodatni podaci o projektu mogu se naći na adresi:  
<https://eitrawmaterials.eu/project/reseerve/>.

## **Realizacija projekta RESEERVE u Srbiji**

- Tokom realizacije projekta u prvih 18 meseci, tim Rudarsko-geološkog fakulteta je definisao sledeće:
- Listu potencijalno zainteresovanih učesnika/korisnika rezultata, grupisanih u nekoliko kategorija kao što su: ministarstva i instituti, državne agencije, profesionalne i stručne agencije i udruženja, industriju, akademske institucije i istraživačke institucije;
- Ležišta primarnih mineralnih sirovina;
- Lokacije sekundarnih mineralnih sirovina.

Lista potencijalno zainteresovanih učesnika/korisnika rezultata obuhvata oko 60 institucija i kompanija vezanih direktno ili indirektno za industriju mineralnih sirovina, od kojih je najveći broj iz industrije.

Projektom se tražilo da se definiše minimum 50 ležišta primarnih mineralnih sirovina i to prema sledećem kriterijumu/redosledu: ležišta metaličnih mineralnih sirovina, ležište nemetaličnih mineralnih sirovina i ležište sirovina za agregate ukoliko prethodnih nema dovoljno. Na nivou Srbije mi smo do sada definisali 28 postojećih i potencijalnih ležišta metaličnih mineralnih sirovina i 25 postojećih i potencijalnih ležišta nemetaličnih mineralnih sirovina.

Od izdvojenih ležišta metaličnih mineralnih sirovina najveći broj se odnosi na ležišta bakra (obično praćenim zlatom i srebrom), zatim polimetalična ležište olova i cinka praćenih srebrom i drugim pratećim metalima, kao i dva potencijalna ležišta zlata i jedno molibdena.

Od nemetaličnih mineralnih sirovina izdvojeno je jedno ležište barita, 4 ležišta zeolita, 2 ležišta bornih minerala, jedno ležište Li-B minerala, nekoliko ležišta magnezita i desetak ležišta industrijskih glina (bez opekarskih sirovina) i kvarcnog peska. Ove metalične i nemetalne mineralne sirovine trenutno predstavljaju realnu raspoloživu mineralno-sirovinsku bazu Srbije, ne računajući ležišta građevinskih materijala.

U državama EU problematika sekundarnih (tehnogenih) mineralnih resursa (sirovina) predstavlja veoma važan segment ekologije ali i ekonomije. Brojna flotacijska jalovišta, pepelišta termoelektrana i toplana, elektofilterski pepeo, razne vrste topiničkih i drugih šljaka, izazivaju brojne probleme u vezi sa njihovima skladištenjem, zauzimanjem (degradacijom) novih površina zemljišta, kao i sa određenim zagađenjem životne sredine, pa zbog toga i saniranjem posledica tog istog zagađenja. Najlakši i najekonomičniji način sprečavanja zagađenja je maksimalno korišćenje sekundarnih mineralnih sirovina u industriji, zbog čega im je u projektu RESEERVE posvećena velika pažnja.

Iako je u prvih 18 meseci realizacije projekta akcenat bio na primarnim ležištima, prikupljeni su podaci o najznačajnijim jalovištima u Srbiji, pre svega flotacijskim jalovištima rudnika olova i cinka, bakra, kao i napuštenih rudnika antimona. Takođe je izvršeno i preliminarno oprobavanje najvažnijih lokacija, sa ciljem preliminarne karakterizacije jalovišta.

## **Zahvalnost**

Ovaj projekat finansira KIC EIT RawMaterials, na čemu se zahvaljujemo. Takođe se zahvaljujemo Ministarstvu rudarstva i energetike Republike Srbije na pomoći u realizaciji projekta, kao i svim udruženjima i kompanijama koje su nam pomagale i pomažu tokom rada na projektu.

## SERBIAN PARTICIPATION IN THE RESEERVE PROJECT

**Dr Vladimir Simić, Dr Ivica Ristović, Dr Rade Jelenković, Dr Dragana Životić, Mr Zoran Draško**

Dr Vladimir Simić, full professor, University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology,  
[vladimir.simic@rgf.bg.ac.rs](mailto:vladimir.simic@rgf.bg.ac.rs)

Dr Ivica Ristović, full professor, University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology

Dr Rade Jelenković, full professor, University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology

Dr Dragana Životić, full professor, University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology

Mr Zoran Draško, independent expert associate, University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology

**Key words:** primary mineral deposits, secondary mineral deposits, database, RESEERVE project

### Introduction

RESEERVE is a RIS KAVA project, focussed on mapping the mineral sources of the six ESEE countries: Albania, Bosnia and Herzegovina, Croatia, Serbia, Montenegro and North Macedonia, currently not included in the existing pan-European data platforms. The main project result will be the creation of the West Balkan Mineral Register for primary and secondary mineral resources. The register will be a starting point to integrate the region into pan-European Minerals Intelligence Network and promote mineral industry in the region.

Further data on the project can be seen at: <https://eitrawmaterials.eu/project/reseerve/>.

### Realisation of the RESEERVE project in Serbia

According to the project schedule during first 18 months of the project realisation, team from the Faculty of Mining and Geology in Belgrade prepared the following results:

- List of potentially interested stakeholders and users of results, grouped in several categories such as public institutions, state agencies, professional and other agencies and societies, industry, academic institutions and research institutions;
- List of primary mineral deposits;
- List of secondary mineral resources.

The list of potential stakeholders includes around 60 institutions and companies directly or indirectly related to mineral industry, the majority of them from industrial sector.

Regarding mineral deposits, project asked specifically for a minimum of 50 primary mineral deposits according to the following criteria: metallic mineral deposits, deposits of industrial minerals and, finally, aggregate deposits if there is not enough deposits from the first two groups. At the state level we have defined up to now in Serbia 28 existing and potential deposits of metallic ores and 25 existing and potential deposits of industrial minerals excluding materials for construction industry.

Majority of the selected metallic mineral deposits are copper deposits (usually with Au and Ag), then polymetallic lead and zinc deposits with silver and other metals, as well as two potential gold deposits and one molybdenum deposit.

Deposits of industrial minerals include one barite deposit, four zeolite deposits, two deposits of borates, one Li-B potential deposit, several magnesite deposits and dozen deposits of industrial clays (excluding common clays) and quartz sand. All those metallic mineral resources and industrial minerals represent a real mineral potential of Serbia, again excluding raw materials for construction industry.

In the EU countries, the problem of secondary mineral resources (raw materials) is a very important segment of both ecology and economics. Numerous tailings, bottom ash from coal-fired thermal power plants and heating plants, fly ash, various types of smelter and other slags cause numerous problems related to their storage, occupying (degrading) new fertile land surfaces, as well as with certain environmental pollution, and consequently by remediation of consequences of that same pollution. The easiest and most economical means of preventing pollution is the maximum use of secondary mineral raw materials in the industry, which is why they have been given special attention in the RESEERVE project.

Although during the first 18 months of the project realization, main accent was on primary deposits, data were collected on the most important waste dumps in Serbia, primarily tailings of lead and zinc, copper, and abandoned antimony mines. Preliminary sampling of the most important locations was carried out, with the aim of preliminary characterization of the waste material.

### **Acknowledgement**

This project is funded by KIC EIT RawMaterials, which is gratefully acknowledged. We are also obliged to Ministry of Mining and Energy of the Republic of Serbia for their help and support, as well as many associations and companies which do help us.

## PLANIRANJE SNABDEVANJA AGREGATIMA – PRIMER SRBIJE

Dr Vladimir Simić, Dr Dragana Životić, Dr Zoran Miladinović, Nevena Andrić

Dr Vladimir Simić, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet,  
[vladimir.simic@rgf.bg.ac.rs](mailto:vladimir.simic@rgf.bg.ac.rs)

Dr Dragana Životić, vanredni profesor, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

Dr Zoran Miladinović, stručni saradnik, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

Nevena Andrić, stručni saradnik, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

**Ključne reči:** primarni agregati, sekundarni agregati, planiranje, SNAPSEE, MINATURA2020

### Abstrakt

Obezbeđivanje održivog snabdevanja resursima agregata predstavlja značajan izazov s obzirom na njihovu ograničenu dostupnost u pojedinim državama/regionima, a naročito kada se za cilj ima održiv regionalni razvoj. Zahvaljujući regionalnim razlikama i istorijskom razvoju, u zemljama Jugoistočne Evrope javljaju se različiti pristupi politici snabdevanja agregatima, planiranju i upravljanju, što umanjuje efikasnost resursa i ekonomski razvoj u ovom regionu. Cilj projekta SNAP-SEE bio je da omogući poboljšanja u planiranju snabdevanja agregatima u Jugoistočnoj Evropi na osnovu principa SARM (održivo planiranje kamenih agregata) i SSM (održivo kombinovano snabdevanje agregatima).

Jedna od osnovnih karakteristika postojećih mineralnih planova u EU jeste rascepanost pojedinih politika između različitih organa, različitih sektorskih planova i različitih nivoa razvijenosti. U većini država poseban Zakon o rudarstvu reguliše eksploataciju mineralnih sirovina koja su u vlasništvu države. Mnoge države Jugoistočne Evrope takođe imaju i mineralnu politiku. Sektorske politike predstavljaju ciljeve vlade, kojima se potpomaže ekonomski, socijalni i ekološki razvoj jedne zemlje. Pravljenje i sprovođenje planova predstavlja obavezu rukovodećih organa.

Nasuprot činjenici da zakoni o rudarstvu postoje, usvajanje posebnih politika i planova ne predstavlja tako široko rasprostranjenu praksu; međutim kreiranje ovakvih planova jeste proces koji je u toku i predstavlja dobru priliku za usvajanje održivih pristupa u regionu.

U Srbiji za sada ne postoji politika planiranja snabdevanja agregatima. Tokom realizacije projekta SNAP-SEE održana su dva kruga konsultacija sa zainteresovanim partnerima - predstavnicima proizvođača i korisnika agregata, državnih institucija, lokalne samouprave, instituta i fakulteta, konsultantskih kuća, NVO i medija.

Najznačajniji zaključci prvih konsultacija bili su da je za početak procesa planiranja snabdevanja agregatima u Srbiji potrebno uraditi sledeće: Definisati zakonsku regulativu po svim pitanjima; Formirati katastar svih proizvođača kamenih agregata u Srbiji; Striktno primeniti zakonsku regulativu po pitanju izdavanja sertifikata o kvalitetu agregata; Suzbiti ilegalnu eksploataciju kamenih agregata; Vršiti strogi monitoring eksploatacije kamenih agregata od strane inspeksijskih službi i sprečiti ugradnju materijala iz ilegalne proizvodnje; Uvesti sistem subvencija za proizvođače recikliranih agregata i obavezu recikliranja; Sprečiti odlaganje građevinskog otpada na javne deponije.

Posle prvih konsultacija pripremljena su dodatna pitanja za dalju diskusiju – šta treba uraditi da se počne sa planiranjem snabdevanja agregatima. Na drugim konsultacijama zaključeno je da je potrebno da se u Srbiji usvoji Strategija održivog upravljanja mineralnim sirovinama, napravi Mineralni plan, Politika agregata i Plan snabdevanja agregatima. Planiranje je potrebno na Nacionalnom nivou i Regionalnom nivou (nivou okruga), dok za sada na Lokalnom (opštinskom nivou) nije potrebno niti za to ima raspoloživih kapaciteta.

Geološki zavod Srbije treba da obrađuje podatke o stanju sirovinske baze, proizvodnji (i instalisanim kapacitetima za proizvodnju) i potrošnji mineralnih sirovina uključujući i štampanje godišnjaka o mineralnim sirovinama, što treba definisati u Strategiji održivog upravljanja mineralnim sirovinama. Učesnici skupa podržali su inicijativu tima SNAPSEE projekta za izradu Studije mineralne potencijalnosti Srbije na nivou okruga, a po potrebi u daljem radu i na nivou pojedinih opština. Ministarstvo nadležno za mineralne sirovine i rudarstvo treba da bude odgovorno za planiranje snabdevanja agregatima.

Ključni problemi u budućem planiranju snabdevanja agregatima jesu: nepostojanje politike planiranja agregata; nedovoljno precizno i odgovorno planiranje infrastrukturnih projekata; neusklađenost planiranja na državnom nivou; neusklađenost standarda i ispitivanja kvaliteta agregata u različitim dokumentima. Reciklirane i sekundarne agregate treba uključiti u planiranje kroz uvođenje zelenih javnih nabavki i definisanje standarda za korišćenje recikliranih i sekundarnih agregata.

Planiranju snabdevanja agregatima u Srbiji pomoći će i novi EU projekat pod naslovom MINATURA2020 – Razvoj koncepta za Evropski okvir o ležištima mineralnih sirovina, finansiran u okviru programa Horizont 2020 Evropske Komisije, koji se realizuje od početka 2015 kao odgovor na društvene potrebe za čuvanjem ležišta mineralnih sirovina od javnog značaja za budućnost.

Projektom je predviđeno da se definišu ležišta mineralnih sirovina od panevropskog značaja (lista kritičnih mineralnih sirovina), kao i nacionalnog i regionalnog značaja. Ležišta agregata od javnog značaja najvećim delom će biti u kategoriji regionalnog značaja, a pojedina možda i u kategoriji nacionalnog značaja, što će se definisati tokom realizacije projekta.



## AGGREGATE SUPPLY PLANNING – EXAMPLE OF SERBIA

Dr Vladimir Simić, Dr Dragana Životić, Dr Zoran Miladinović, Nevena Andrić

Dr Vladimir Simić, full professor, University of Belgrade – Faculty of Mining and Geology,  
[vladimir.simic@rgf.bg.ac.rs](mailto:vladimir.simic@rgf.bg.ac.rs)

Dr Dragana Životić, associate profesor, University of Belgrade – Faculty of Mining and Geology

Dr Zoran Miladinović, University of Belgrade – Faculty of Mining and Geology

Nevena Andrić, University of Belgrade – Faculty of Mining and Geology

**Key words:** primary aggregates, secondary aggregates, planning, SNAPSEE,  
MINATURA2020

### Abstract

Securing sustainable supply of aggregates resources is an important challenge due to their limited availability in some countries/regions, particularly when aiming at sustainable regional development. Due to the regional differences and historical development, there are diverse approaches to aggregates policies, planning and management in South East Europe, which is affecting resource efficiency and economic development in the region. The aim of SNAP-SEE project was to facilitate improved aggregates planning in South East Europe based on SARM (Sustainable aggregates resource management) and SSM (Sustainable supply mix) principles. One of the most important features of existing mineral plans across EU is the disaggregation of some policies among different authorities, different sectorial plans and different development levels. In most states a specific Mining Law covers the extraction of state-owned minerals. Many South East Europe countries have also a mineral policy. Whereas a mining law exists, the adoption of specific policies and plans are not so widespread, but the creation of these plans is an on-going process and provides a great opportunity to adopt sustainable approaches in the region.

Serbia at the moment does not have Aggregate planning policy. Thus, during realisation of the SNAP-SEE project two rounds of consultations with different stakeholders – representatives from Ministries, other Authorities, Universities, Concessionaires, Institutes, Companies, Consulting Companies, NGO and Media were held.

The most important messages from the first consultations were that for aggregate planning process in Serbia it is necessary to prepare the following: Define laws and regulations on all aspects; Create cadastre of aggregate producers in Serbia; Strict application of regulations regarding certificates of aggregate quality; Suppression of illegal aggregate exploitation; Perform strict monitoring of aggregate exploitation by inspection and prevent utilisation of aggregate from illegal quarries and pits; To introduce Subvention system for recycled aggregates producers and mandatory recycling; To prohibit C&DW dumping on public waste disposals.

After the first consultations additional topics for further discussion were prepared – what shall be done to start with aggregate planning. At the second consultations was concluded that it is

necessary to update and adopt Sustainable mineral resources management strategy, prepare Mineral plan, Aggregate policy and Aggregate plan. Planning is necessary both on national and regional level, while at the local level is neither necessary nor possible at the moment.

Geological Survey of Serbia should process data on mineral resources base, their production and installed capacities in Serbia and consumption of mineral resources, including periodical publication of Mineral Yearbook, which should be defined in the Sustainable mineral resources management strategy. Participants supported the idea of SNAPSEE project team that Mineral potential studies should be prepared as basis for future planning at the regional level and, when necessary, on municipality level. Ministry in charge of mining and mineral resources should be responsible for aggregate supply planning.

Key problems in future aggregate supply planning are: There is neither aggregates planning policy in Serbia, nor legal document which can start it; No stable and reliable planning of infrastructural objects; Disharmonious planning at the state level (between different institutions); Authorities need better and more efficient organization. Recycled and secondary aggregates should be included in aggregate planning policy through green public procurement procedures and definition of standards for their utilization.

Aggregate supply planning in Serbia will also benefit from the new EU project entitled MINATURA2020 – Developing a concept for a European minerals deposit framework, funded within the European Commission's Horizon 2020 Programme, which was launched in the beginning of 2015 as a response to social needs to safeguard mineral deposits of public importance for the future.

Project proposes that mineral deposits of public importance should be classified in three categories, i.e. of pan-European importance (list of critical minerals), national and regional importance. Aggregate deposits of public importance will be mostly classified as regionally important, and some maybe even in the regionally important ones, which will be defined through realization of the Project.

## ДОКУМЕНТАЦИОНИ ГЕОЛОШКИ РЕЗУЛТАТИ – НИВО ПРЕЛИМИНАРНЕ ГЕОЛОШКЕ ПРОГНОЗЕ ПАРАМЕТАРА КВАЛИТЕТА УГЉА У ПРОЦЕСУ ХОМОГЕНИЗАЦИЈЕ

### DOCUMENTATION OF GEOLOGICAL RESULTS – THE STAGE OF PRELIMINARY GEOLOGICAL PROGNOSIS OF COAL QUALITY PARAMETERS IN THE HOMOGENIZATION PROCESS

Гојак Зорица, дипл.инж.геол.,

Јавно предузеће „Електропривреда Србије“, [www.eps.rs](http://www.eps.rs), [zorica.gojak@eps.rs](mailto:zorica.gojak@eps.rs)

**Кључне речи:** Геолошки подаци, софтверски пакет MINEX , хомогенизација угља

#### Апстракт

Доминантан, необновљиви енергетски ресурс и основно гориво за рад термоелектарана у процесу продукције електричне енергије јесу експлоатационе резерве угља, са површинских копова Колубарског и Костолачког рударског басена, са трендом задржавања своје улоге у следећим деценијама, што и јесте наша реалност.

Документациони геолошки подаци резултат су мерења структурно-текстурног склопа у истражним геолошким бушотинама и резултат су хемијских анализа појединачно опробаваних литолошких чланова из истражних геолошких бушотина-in situ. Геозаписи се обједињују израдом геолошких модела, а потом генеришу у основне елементе геометрије откопавања. Интеракцијом моделираних слојева, са својим нумеричким параметрима квалитета, и пројектованог технолошког модела блокова изворни записи исказују динамику у простору и омогућавају ниво *прелиминарне геолошке прогнозе основних параметара квалитета ресурса* и основна су подлога за процес аутоматског управљања квалитетом угља-процес *хомогенизације*.

**Key words:** geological of data, software package MINEX , homogenization of coal

#### Abstract

Coal reserves from the open-pit mines of the Kolubara and Kostolac mining basins are dominant, non-renewable energy resource and basic fuel for the operation of thermal power plants in the process of electricity generation, with the trend of maintaining their role in the next decades, which is our reality.

Documentation of geological data is the result of structural and texture measurements performed in exploratory geological wells and the chemical analyzes of individually tested lithological members from exploratory geological wells in situ. Geological records are assembled through the creation of geological models and then generated into the basic elements of excavation geometry. Through the interaction between modelled layers, with their numerical parameters of quality, and the projected technological model of blocks, original records display dynamics in the space and enable to conduct the preliminary geological prognosis of basic parameters of the quality of resources, thus laying the groundwork for the process of automated coal quality management, i.e. the homogenization process.

## GEOTERMALNI POTENCIJALI FEDERACIJE BOSNE I HERCEGOVINE, SADAŠNJE KORIŠTENJE I REGULATORNI OKVIR

### GEOTHERMAL POTENTIALS OF THE FEDERATION OF BOSNIA AND HERZEGOVINA, THE USE AND REGULATORY FRAMEWORK

Prof.dr. Ferid Skopljak, Mr. Natalija Samardžić, Prof.dr. Hazim Hrvatović, Mr. Ćazim Šarić

<sup>1)</sup> Federalni zavod za geologiju, Ustanička 11 Sarajevo; e-mail: [fskopljak@yahoo.com](mailto:fskopljak@yahoo.com)

**Ključne riječi:** geotermalni potencijal, rejonalizacija, korištenje, regulatorni okvir

#### Uvod

U Federaciji Bosne i Hercegovine su na sadašnjem stepenu istraženosti zastupljena samo niskotemperaturna hidrotermalna ležišta geotermalne energije predstavljena termalnim i termomineralnim vodama. U Federaciji BiH utvrđeno je 75 ležišta termalnih i termomineralnih voda od čega 43 termalna i 32 ležišta termomineralnih voda.

#### Rejonizacija Geotermalnog Potencijala

Ležišta termalnih i termomineralnih voda na teritoriji Federacije Bosne i Hercegovine situirana su u osam hidrogeotermalnih regiona (sl.1).



Slika 1 - Hidrogeotermalni regioni (Miošić, N. Samardžić, N. & Hrvatović, H. 2010.) 1-Mezozojski masiv sjeverozapadne Bosne; 2-Mezozojski i tercijarni arteški baseni sjeverne Bosne; 3-Unsko-sanski paleozojski masiv; 4-Ofiolitski masiv; 5-Mezozojski srednjobosanski masiv; 6-Srednjobosanski paleozojski masiv; 7-Srednjobosanski mezozojski basen; 8-Paleozojski masiv jugoistočne Bosne

**1) Mezozojski masiv sjeverozapadne Bosne** se nalazi na sjeverozapadu Bosne i Hercegovine. Ležišta termalne i termomineralne vode primarno su vezane za trijasko naslage dubinama do 500 m. Izvori i bušotine *termalne vode* se u ovom hidrogeološkom regionu su u rejonu Velike Kladuše (Mala Kladuša  $T_v=27^\circ\text{C}$ , Šumatac  $T_v=22^\circ\text{C}$ ), Bužima (Čava  $T_v=19^\circ\text{C}$ ), Cazina (Tržačka Raštela  $T_v=22^\circ\text{C}$ ) i Bihaća (Vedro polje  $T_v=20^\circ\text{C}$ , Prošići  $T_v=21^\circ\text{C}$ ). *Termomineralne vode* su registrirane na izvorima i bušotinama u rejonu Bihaća (Gata  $T_v=37^\circ\text{C}$ , Račić  $T_v=19^\circ\text{C}$ ).

**2) Mezozojski i tercijarni arteški baseni sjeverne Bosne** se nalazi na sjeveru Bosne i Hercegovine. Ležišta termomineralne vode primarno su vezane za trijaske naslage na dubinama do 1.500 m, a termalne za miocenske naslage na dubinama do 300 m. Izvori i bušotine *termomineralne vode* su u rejonu Gračanice (Terme  $T_v=38^{\circ}\text{C}$ ), Gradačca (Banja Ilidža  $T_v=32^{\circ}\text{C}$ ), Orašja (Domaljevac  $T_v=96^{\circ}\text{C}$ ), Tuzla (Slavinovići  $T_v=35^{\circ}\text{C}$ ) i Teočaka (Rasol  $T_v=24^{\circ}\text{C}$ ). Od *termalnih voda* važniji su izvori termalne vode u Odžaku (Vrbovac  $T_v=18^{\circ}\text{C}$ ), Gradačcu (Mionica  $T_v=20^{\circ}\text{C}$ , Industrijska zona  $T_v=31^{\circ}\text{C}$ ), Srebreniku (Ljenobud  $T_v=28^{\circ}\text{C}$ ). **3) Unsko-sanski paleozojski masiv** se nalazi na sjeverozapadu Bosne i Hercegovine. Ležišta termomineralne i termalne vode primarno su vezane za trijaske naslage na dubinama do 500 m. Izvori i bušotine *termomineralne vode* su u rejonu Sanskog Mosta (Tomina Ilidža  $T_v=32^{\circ}\text{C}$ ). Od *termalnih voda* važniji su u Sanskom Mostu (Tješnica  $T_v=19^{\circ}\text{C}$ , Kozička Ilidža  $T_v=19^{\circ}\text{C}$ ). **4) Ofiolitski masiv** se u FBiH proteže od Olova i Kladnja na jugoistoku do Tešnja na sjeverozapadu. Ležišta termomineralne i termalne vode primarno su vezane za trijaske naslage na dubinama do 500 m. Izvori i bušotine *termomineralne vode* su u rejonu Tešnja (Dolac  $T_v=22^{\circ}\text{C}$ ) i Žepča (Ljeskovica  $T_v=17^{\circ}\text{C}$ , Bistrica  $T_v=19^{\circ}\text{C}$ , Ponijevo  $T_v=17^{\circ}\text{C}$ ), a *termalnih voda* u okolini Tuzle (Toplica  $T_v=24^{\circ}\text{C}$ ), Olova (Zelen vir  $T_v=33^{\circ}\text{C}$ , Banja  $T_v=34^{\circ}\text{C}$ , Kovačići  $T_v=19^{\circ}\text{C}$ , Solun  $T_v=27^{\circ}\text{C}$ , Orlja  $T_v=25^{\circ}\text{C}$ , Podlipnik  $T_v=21^{\circ}\text{C}$ ), Vareša (Banja Ponikva  $T_v=19^{\circ}\text{C}$ , Očevija  $T_v=25^{\circ}\text{C}$ ). **5) Mezozojski srednjobosanski masiv** obuhvata mezozojske naslage u sjeveroistočnom obodu sarajevsko-zeničkog basena. Ležišta termomineralne i termalne vode primarno su vezane za trijaske naslage na dubinama do 500 m. Izvori i bušotine *termomineralne vode* su u Kaknju (Tičići  $T_v=56^{\circ}\text{C}$ , Bičer  $T_v=26^{\circ}\text{C}$ , Hrasno  $T_v=18^{\circ}\text{C}$ , Papratnica  $T_v=19^{\circ}\text{C}$ ), Brezi (Sedra  $T_v=20^{\circ}\text{C}$ ). Od *termalnih voda* važniji su izvori termalne vode u Kaknju (Ribnica  $T_v=29^{\circ}\text{C}$ , Kraljeva Sutjeska  $T_v=21^{\circ}\text{C}$ ), Visoko (Podvinci  $T_v=14^{\circ}\text{C}$ ). **6) Srednjobosanski paleozojski masiv** se proteže od Tarčina na jugoistoku do Jajca na. Ležišta termomineralne i termalne vode primarno su vezane za trijaske naslage na dubinama do 500 m. Izvori i bušotine *termomineralne vode* su u rejonu Bugojna (Vruća voda  $T_v=27^{\circ}\text{C}$ ) i Kiseljaka (Biohan  $T_v=18^{\circ}\text{C}$ ), a *termalnih voda* u okolini Viteza (Kruščica  $T_v=20^{\circ}\text{C}$ ), Fojnice (Banja  $T_v=30^{\circ}\text{C}$ , Voljevac  $T_v=18^{\circ}\text{C}$ , Grabovik  $T_v=21^{\circ}\text{C}$ ), Kreševa (Banja  $T_v=19^{\circ}\text{C}$ ), Lepenice (Toplik  $T_v=24^{\circ}\text{C}$ ), i dr. **7) Srednjobosanski mezozojski basen** obuhvata mezozojske naslage u jugoistočnom obodu sarajevsko-zeničkog basena. Ležišta termomineralne i termalne vode primarno su vezane za trijaske naslage na dubinama do 500 m. Izvori i bušotine *termomineralne vode* su u Sarajevu (Ilidža  $T_v=58^{\circ}\text{C}$ , Blažuj  $T_v=24^{\circ}\text{C}$ ), a *termalnih voda* također na Ilidži (Butmir  $T_v=22^{\circ}\text{C}$ , Sokolović Kolonija  $T_v=14^{\circ}\text{C}$ , Mostarsko raskršće  $T_v=18^{\circ}\text{C}$ ). **8) Paleozojski masiv jugoistočne Bosne** u FBiH ima utvrđeno samo jedno utvrđeno ležište *termalne vode* u Prači (Čeljadinići  $T_v=20^{\circ}\text{C}$ ). Ležišta termalne vode primarno je vezano za devonske naslage na dubinama do 500 m.

### Geotermalni potencijal

Ukupni dokazani geotermalni potencijal termalnih i termomineralnih voda u Federaciji Bosne i Hercegovine iznosi 196,79 MWt (tab.1). Prognozni geotermalni potencijal u Federaciji Bosne i Hercegovine je 409,14 MWt koji je moguće dobiti uz dodatnu razradu ležišta (crpljenjem na postojećim bušotinama na kojima nisu instalirane pumpe već se koristi samoizliv bušotine, bušenjem novih bušotina, i dr.).

Tabela 1 – Geotermalni potencijal FBiH po kantonima

Kantoni ↓	Broj ležišta sa termalnim vodama	Broj ležišta sa termominalnim vodama	Raspoloživa termalna snaga do 10°C (MWt)	Moguća (prognozna) termalna snaga do 10°C (MWt)	Raspoloživa termalna energija do 10°C (TJ/god)	Moguća (prognozna) termalna energija do 10°C (TJ/god)	Sadašnje korištenje	
							Broj lokacija korištenju	Instalirana termalna snaga (MWt)
Unsko-sanski	10	4	34,2	76,42	1082,29	2512,9	3	2,73
Posavski kanton	2	1	8,58	34,52	267,43	1085,21	0	0
Tuzlanski	7	7	34,42	69,81	1091,61	2198,43	5	3,0
Zen.-dobojski	11	12	30,78	70,81	968,28	2309,45	4	2,89
Bos-podrinjski	1	0	1,78	5,96	59,35	189,93	0	0
Srednjobosanski	7	3	24,54	52,87	669,38	1563,08	2	0,45
Kanton Sarajevo	5	5	62,49	98,75	1969,51	3106,24	2	4,06
<b>Ukupno</b>	<b>43</b>	<b>32</b>	<b>196,79</b>	<b>409,14</b>	<b>6107,85</b>	<b>12965,24</b>	<b>16</b>	<b>13,13</b>

### Korištenje geotermalnog potencijala

Geotermalna energija u Federaciji Bosne i Hercegovine se koristi na 16 lokacija sa ukupnim instaliranim kapacitetom od 13,13 MWt, što iznosi svega 7,7 % od raspoloživih 196,79 MWt (tab.2). Najveći dio geotermalne energije koristi tzv. „*direktnim načinom*“, a samo manji dio „*indirektno*“ korištenjem izmjenjivača toplote. Termalne i termomineralne vode se u FBiH uglavnom koriste u 1) balneologiji, 2) rekreaciji, 3) grijanju prostora, i 4) industrijske procese. Glavni korisnici termalnih i termomineralnih voda su banjsko-rekreacioni kompleksi. Pored balneološkog i geotermalnog korištenja, termalne i termomineralne vode se koriste za vodosnabdijevanje (9 lokacija), flaširanje (2) i ekstrakciju CO<sub>2</sub> iz vode (1 lokacija).

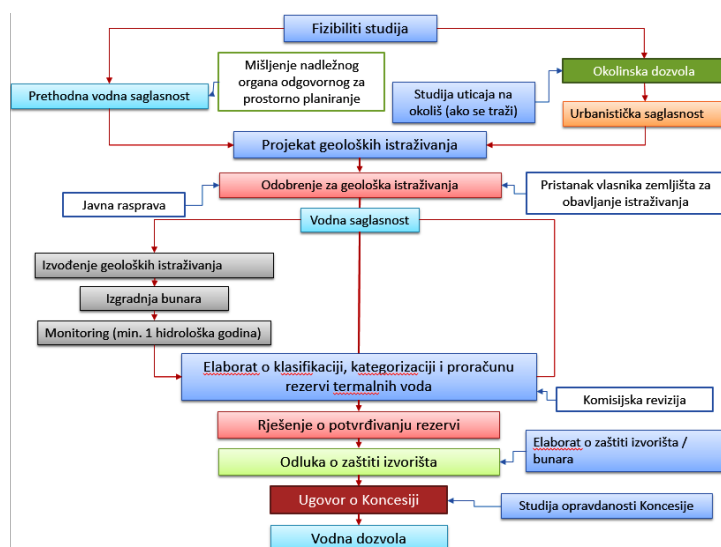
Tabela 2 – Korištenje geotermalni potencijala FBiH po kantonima

Ordinal number	Locality	Type of use	Geoth. Capacity installed (MWt)
<b>UNA-SANA CANTON</b>			
1.	Mala Kladaša Ilidža	Recreation	2,51
2.	Gata	Balneology and individual space heating	0,10
3.	Sanska Ilidža	Recreation	0.12

<b>TUZLA CANTON</b>			
4.	Gračanica PEB-4	Balneology, recreation	2,56
5.	Banja Gradačac	Balneology and individual space heating	0,13
6.	MI 99-Gradačac (BZ-1)	Industrial use (milk industry)	0,16
7.	Inmer Gradačac (BMI-2)	Sanitary water	0,08
8.	Swity –Gradačac (EB-1)	Industrial use	0,07
<b>ZENICA-DOBOJ CANTON</b>			
9.	Tičići-Kakanj	Recreation	2,51
10.	Banja Olovo	Balneology, recreation and ind.space heating	0.13
11.	Zeleni vir-Olovo	Recreation	0,06
12.	Sedra Breza	Recreation	0.19
<b>CENTRAL BOSNIA CANTON</b>			
13.	Fojnica FB-1 and FB-2	Balneology and individual space heating	0.205
14.	Toplica Lepenica	Recreation	0.24
<b>SARAJEVO CANTON</b>			
15.	Ilidža Termalna rivijera	Individual space heating (heat exchangers)	3.22
16.	Ilidža Terme	Balneology and individual space heating	0.84
<b>Total: Federation of Bosnia and Herzegovina</b>			<b>13,13</b>

### **Regulatorni okvir**

Korištenje geotermalne energije u FBiH propisano je Zakonom o korištenju obnovljivih izvora energije i efikasne kogeneracije. Prema Zakonu ispitivanje potencijala geotermalne energije vrši se na osnovu planova razvoja energetskog sektora u Federaciji/kantona i općina, kao i na inicijativu potencijalnih investitora. Ispitivanje potencijala vrši se na osnovu rješenja o odobrenju ispitivanja potencijala izdatog od nadležnog organa za prostorno planiranje i građenje. Energetsku dozvolu izdaje Federalno ministarstvo energije, rudarstva i industrije. Kada je riječ o geotermalnoj energiji Zakon se ne primjenjuje u praksi. Zakonom o koncesijama FBiH je propisano da je korištenje ljekovitih, termalnih i mineralnih voda predmet koncesije, ali ne i korištenje geotermalne energije. Zakonom o geološkim istraživanjima termalne vode se smatraju mineralnom sirovinom, tako da su geološka istraživanja geotermalne energije stavljena u određeni zakonski okvir. Regulatorni okvir dobivanja licenci i odobrenja za istraživanje, eksploataciju i koncesiju geotermalne energije u Federaciji Bosne i Hercegovine provodi se prema šemi (slika 2):



Slika 2 – Regulatorni okvir dobivanja odobrenja za istraživanje i korištenje geotermalne energije u FBiH

## Zaključak

Neki od osnovnih razloga za primjenu geotermalne energije za dobivanje električne i/ili toplinske energije su: 1) smanjenje potrošnje fosilnih goriva; 2) smanjenje emisija štetnih plinova; 3) mogućnost pretvaranja geotermalne energije u više oblika energije; 4) mogućnost dugoročnog iskorištavanja geotermalne energije; 5) prilagodljivost veličine sistema; 6) mogućnost povezivanja više jedinica malih snaga i 7) visoka raspoloživost energije tokom godine. U FbiH je potrebno povećati *korištenje dokazanog* geotermalnog potencijala, i poticati *istraživanje prognozno* geotermalnog potencijala. Državni organi i institucije trebaju davati poticaje i podržavati projekte korištenja geotermalne energije, npr.: oslobodjenjem opreme od carina; smanjenjem stope PDV-a; otvaranjem pristupa fondovima EU; stvaranje pretpostavke privatnim investitorima za ulaganje u korištenje geotermalne energije; podrška preko fondova za zaštitu okoliša, i dr. Svi nivoi vlasti trebaju poticati: 1) kaskadne sisteme korištenja termalnih i termomineralnih voda; 2) vraćanje iskorištene termalne vode u podzemlje preko reinjekcionih bunara; 3) povećanje stepena istraženosti geotermalne energije u hidrogeotermalnim regionima i 4) korištenje toplinskih pumpi i toplinskih izmjenjivača.

## Literatura

1. Čičić, S., Miošić, N. (1986.): Geotermalna energija Bosne i Hercegovine, Geoinženjering, Sarajevo.
2. Miošić, N. (2003.): Geotermalni parametri i značajke hidrogeotermalnih regiona Bosne i Hercegovine, Geološki glasnik, 35, Sarajevo, pp. 279 -307.,
3. Miošić, N., Samardžić, N. and Hrvatović H. (2015): The Current Status of Geothermal Energy Research and Use in Bosnia and Herzegovina, Proceedings World Geothermal Congress 2015, 19-25 April 2015, Melbourne, Australia.
4. Hrvatović, H. (2006.): Geological guidebook through Bosnia and Herzegovina, Separate Monograph of Herald Geological, volume 25, p.1-165. Sarajevo.
5. Hrvatović, H., Begić, H., Skopljak, F., Samardžić N., Šarić, Č. (2018.): Analysis of heating sector in the Federation of Bosnia and Herzegovina, B&H (Analiza sektora grijanja u Federaciji Bosne i Hercegovine, BiH), Federalni zavod za geologiju, Sarajevo.



6. Samardžić N., Hrvatović H. (2016.): Geothermal Energy Use - Country Update Report for Bosnia and Herzegovina, European Geothermal Congress 2016, Strasbourg, France.
7. Skopljak, F. (2018.): Tumač – Karta mineralnih, termalnih i termomineralnih voda Federacije Bosne i Hercegovine, Federalni zavod za geologiju, Sarajevo.

## HIPERALKALNE TERMOMINERALNE VODE LJEŠLJANA, BOSNA I HERCEGOVINA

Neven Miošić, dipl. ing. geol., znanstveni savjetnik<sup>1</sup>, M. Sc. Natalija Samardžić, dipl. ing. geol.<sup>2</sup>, akademik prof. dr. Hazim Hrvatović, dipl. ing. geol.<sup>2</sup>, prof. dr. Ferid Skopljak, dipl.ing. geol.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dr. F. Bećirbegovića 19, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

<sup>3</sup>Federalni zavod za geologiju - Sarajevo, Ustanička 11, 71210 Ilidža, Bosna i Hercegovina

E-mail kontakt osobe: [natalija.samardzic@fzzg.gov.ba](mailto:natalija.samardzic@fzzg.gov.ba)

**Ključne riječi:** Dinarska ofiolitska zona, hiperalkalne termomineralne vode, metan i njegovi viši homolozi, izvori i bušotina SB-1, geneza voda i plinova

### Sažetak

U krajnjem sjeverozapadnom dijelu Bosne i Hercegovine u selu Lješljani (opština Novi Grad) u zoni bezimenog potoka - lijeve pritoke rijeke Strižne, a koja je desna pritoka rijeke Une, pojavljuju se dva stalna kaptirana izvora (Slatina I i Slatina II) i bušotina SB-1 hiperalkalnih termomineralnih voda. Izvori su međusobno udaljeni 40 m, a SB-1 oko 30 m od izvora Slatina I.

Mnogobrojna geološka istraživanja, počev od Katzera, koji je na Preglednoj geološkoj karti Banja Luka 1:200 000 iz 1921. godine prikazao izvorište ovih voda, obrađivane su hiperalkalne vode Lješljana i utvrđena je složenost geoloških i tektonskih odnosa, a također indicirano po ondašnjim klasičnim (po Miladinoviću i Miošiću i dr. postoje ležišta ugljikovodika) i izotopskim (po Hoefsu i Pezdiću ovdje je CH<sub>4</sub> termogeni mokri plin iz marinskih stijena) metodama brojnih istraživača i institucija postojanje indikacija ležišta naftnih ugljikovodika ili nafte u dubljim horizontima u podini ofiolita.

Istraživanjem Etiopca i dr. iz 2016. godine došlo se do potpuno novih i iznenađujućih saznanja o genezi plinova, a posebno metana i njegovih viših homologa. Ova istraživanja su pokazala da ležište Lješljani ima najveću CH<sub>4</sub> koncentraciju (2706 μM, tj. oko 9 t/god.) i najveći pH (12,8) poznat do sada u vodama akumuliranim u peridotitima u svijetu te da su CH<sub>4</sub> i H<sub>2</sub> (185,03 μM) abiotskog porijekla nastali u procesima serpentinizacije peridotita. Ovo je bio jedan od povoda za izradu ovog rada. Prognoza postojanja fluida u podini peridotita nije vršena. Pitanje je ima li CH<sub>4</sub> i viših homologa u podini peridotita. Istraživanjima na bušotini SB-1 1991. godine, tokom izrade, registrirane su znatno veće količine slobodno ekshalirajućeg metana (241.920 l/dan CH<sub>4</sub>=62,8 t/god). Na bušotini je 1991. izmjereno 2,8 l CH<sub>4</sub>/7 l vode, a energija sagorijevanja metana je 8.748 MJ/dan odnosno snaga sagorijevanja metana iznosi 0,1 MW, a snaga vode uz Q=8,9 l/s i t<sub>ref.</sub>=10°C je 0,75 MW<sub>t</sub>.

Kao specifikum, ova voda je jedina hiperalkalna termomineralna voda u BiH, dok ima veliki broj hiperalkalnih hipotermalnih i termalnih voda u drugim dijelovima Ofiolitske zone BiH i Srbije. Za razliku od hiperalkalnih voda Bosne, Srbije, Bugarske, Jemena, USA, Filipina i dr. voda Lješljana ima oko 10 puta veću mineralizaciju. S bušotinom SB-1 su dobivene 20 puta veće količine voda i veća temperature za 11-13°C od postojećih izvora uz nepromijenjeni pH. Ovo najvjerojatnije ukazuje na složeniji geološki razvoj i strukturu terena od ostalih dijelova terena ofiolitske zone. Od svih ležišta hidroterma u Bosni i Hercegovini, ležište Lješljana je

najviše istraživano sa geološkog, hidrogeološkog, geofizičkog, naftno-geološkog, geohemijeskog i geotermalnog stanovišta, ali i dalje postoje brojne nepoznanice o genezi njegovih fluida osobito zašto je ovo ležište sa najvećom emisijom metana i najvećim pH iz ultramafita u cijelom svijetu.

U geotektonskom smislu teren Lješljana pripada Dinarskoj ofiolitskoj zoni i to gdje je njen razvoj na površini terena najuži. Ofiolitska zona ovdje je navučena na paleozojske (karbon i gornji perm) i mezozojske formacije (trijas) Sansko-unske navlake.

U 1989. i 1990. godini izvori su imali temperaturu 17 – 19°C, pH=11,7-12, mineralizaciju 2139.6 mg/l, Cl-OH-Na tip vode i izdašnosti Q=0,25 l/s (Slatina I) i Q=0,3 l/s (Slatina II); GWR na izvoru Slatina I iznosio je 0,56. Prema analizi iz 1982. godine dominantni rastvoreni gasovi u vodi izvora Slatina I su N<sub>2</sub> (80,3%) i O<sub>2</sub> (14,4 %) a od slobodnih preovlađuje CH<sub>4</sub> sa njegovim višim homolozima (62 %) and N<sub>2</sub> (34,5 %).

Bušotina SB-1 je nabušila od 0-80 m glince i pješčenjake iz ofiolitskog melanža, a 80-672 m peridotite i serpentizirane peridotite ofiolitske zone.

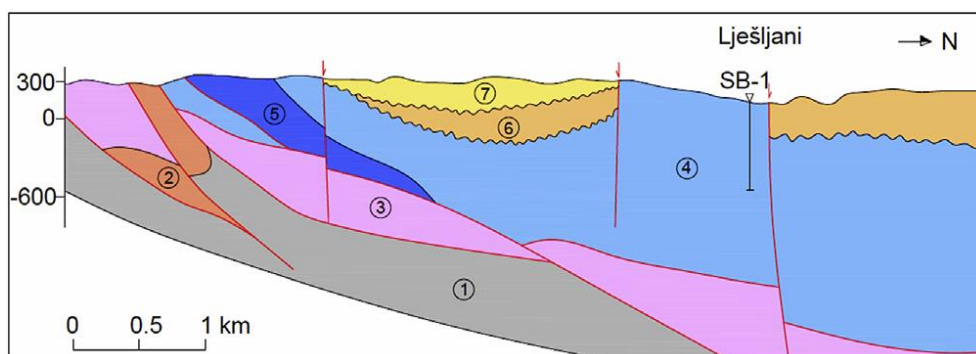
Bušotina je tokom izrade imala različite prilive voda i temperatura, počev od 299 m do orta od 672 m. Maksimalna kumulativna izdašnost na ušću bušotine pri dubini od 672 m je bila 8,9 l/s, temperatura 30,4°C (po termokarotažu temperatura na 662 m je bila 34,2°C), pH 12 i p<sub>st</sub>= 7,3 bara na ušću bušotine. Zbog tehničkih razloga izvođač radova nije mogao nastaviti sa dubljim bušenjem. Izdašnosti rastu diskontinualno s dubinom, dok temperatura od 480 m do orta raste linearno, što ukazuje na ascendentnu cirkulaciju voda duž rasjeda te da će i dubljim bušenjem rasti ovi parametri uz nepromijenjen kemizam. Kemizam voda na bušotini je isti kao i na izvorima. Dozvoljenom ekstrapolacijom temperatura po dubini od 50% od izmjerene temperature na 662 m na bušotini SB-1 dubine dobijamo temperaturu na 1000 m dubine od 39 – 47°C uz uvjet da je i dublje isti kapacitet priliva voda kao na 662 m te da su i dalje peridotiti u profilu. Ipak, evidentno je da će se dubljim bušenjem dobiti veća izdašnost, temperatura vode i količina plina. Ovi parametri će rasti sve do ulaska u trijaske akvifere u kojima će se temperatura ponašati kao jedna izoterma.

Geotermalni konvektivni gradijent na bušotini SB-1 iznosi G=36,2 °C/km (proračuna konduktivnih parametara nema u cijeloj ofiolitskoj zoni) pri dubini mjerenja od 662 m pri čemu temperatura iznosi 34,2 °C i predstavlja nestacionarnu temperaturu iz termokarotaža, toplinski konduktivitet peridotita je pretpostavljen k= 2,8 W/mK te uz klimatsku korekciju od +10, konvektivni toplinski tok iznosi q=111,4 mW/m<sup>2</sup>, a moguće je i veći čak i do 180 mW/m<sup>2</sup>, jer peridotiti imaju toplinsku vodljivost čak i do k=cca 5 W/mK. Ovo ukazuje na postojanje povećane pozitivne geotermalne anomalije i eksploatabilnih hidrotermalnih resursa u plićim horizontima, što je dokazano bušotinom SB-1.

Vode su atmosferskog porijekla po izotopskom sastavu kisika (δ<sup>18</sup>O= - 10,45 ‰) i vodika (δD= - 66 ‰) na bušotini, a slično je i na izvorima i nalaze se uz liniju atmosferskih voda na analognom dijagramu, a sadržaj tricija od 0,2 Bq/l pokazuje da su vode prednuklearne i nisu imale vezu sa bilo kojim drugim vodama nakon 1954. god. Ove vode nastaju intezivnom i brzom infiltracijom atmosferilija u karbonatne mezozojske stijene krških masiva južno od Novog Grada, vode descendiraju i dublje od 5 km po seizmo-neotektonskim podacima, pa bi temperatura primarnog akvifera mogla biti i preko 150°C, a njihovo se zagrijavanje vrši iz baze

karstifikacije-cirkulacije voda konduktivnim prenosom toplote iz stijena povećane toplinske vodljivosti. Cirkulacija fluida se vrši iz neposredne krovine donjopaleozojskih izolatorskih stijena termalnom ekspanzijom te je toplota movens knvekcije hidrogeotermalnog sustava. Ofiolitske stijene, kao izolatori, ne dopuštaju descendenciju atmosferilija i površinskih voda u hiperalkalne kolektore, pa su isti zaštićeni od miješanja drugih voda i zagađenja s površine terena i istovremeno predstavljaju krovne barijere uzlaznom kretanju hiperalkalnih voda u kojima se ipak u privilegiranim rasjednim pukotinama niskog transmisibiliteta vrši cirkulacija fluida iz dubljih kolektora, kakav je slučaj u Lješljanima.

Iz prezentiranih podataka slijedi da su primarni akviferi ovih voda devonski i P-T<sub>1</sub> karbonati, sekundarni T<sub>2,3</sub> karbonati i tranzitni peridotiti ofiolitske zone (slika 1).



*Legenda: 1. Karbonska klastična podina, 2. Gornjopermski klastiti i evaporiti, 3. Trijaski karbonati i silikoklastiti, 4. Jurski ofiolitski melanž uključujući ultramafitske stijene, 5. Jurske ultramafitske formacije, 6. Gornjopaleogeni fliš, 7. Neogeni sedimenti; bušotina SB-1 Lješljani*

*Slika 1. Geološki profil u Lješljanima (Etiope i dr. 2017)*

Visoka mineralizacija i Cl-OH-Na tip voda uz samo 10 mg/l SO<sub>4</sub> može ukazivati na cirkulaciju voda kroz P-T<sub>1</sub> halitne evaporite, koji su u podini peridotita, a visok pH je rezultat spore cirkulacije kroz ultramafite.

Primjena vode bi bila kao energent vode i plina te u balneologiji, rekreaciji, rehabilitaciji, zdravstvenom turizmu i dr. dok preliminarna balneološka ekspertiza iz 1989. pokazuje da je voda rijetka te se može koristiti za pijenje i inhalacije. Indicirana su i sljedeća područja primjene: bolesti i oštećenja lokomotornog aparata, ginekološke i kožne bolesti i dr.

Iz navedenih podataka očito je da postoji opravdanost dubljeg bušenja, produbljem postojeće (bušenje sa Ø 101 mm dublje od 670 m ili izvaditi liner iz bušotine i bušiti sa Ø 152,7 mm) ili bušenjem nove bušotine i sigurno je dobijanje većih količina voda i pritiska, viših temperatura hiperalkalnih voda i većeg plinskog faktora (GWR), a ujedno bi se ulaskom u podinu peridotita odredili primarni akviferi i ispitalo postojanje halitnih evaporita, kao slanih voda ili čvrstih stijena.

## Literatura / Reference

1. Barić G., (1988): Rezultati geokemijskih ispitivanja stijena Didaridsko-jadranskog područja i rubnig dijelova Panonskog basena, Nafta 9, Zagreb.
2. Čepelak R., Mandić V., (1989): Preliminarna balneološka ekspertiza vode Lješljani, Zavod za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju Medicinskog fakulteta sveučilišta u Zagrebu.
3. Čičić S., Miošić N., (1986): Geotermalna energija Bosne i Hercegovine, Geoinženjering, Sarajevo.
4. Čvorović Lj., (1967): Katastar hemijskih analiza mineralnih, termalnih i termomineralnih voda BiH, Geološki zavod, Sarajevo.
5. Čvorović Lj., (1969): Naftogeološke karakteristike podzemnih voda SRBiH, Institut za geološka istraživanja, Sarajevo.
6. Etiope G., Samardžić N., Grassa F., Hrvatović H., Miošić N. and Skopljak F., (2017): Methane and hydrogen in hyperalkaline groundwaters of the serpentinized Dinaride ophiolite belt, Bosnia and Herzegovina, Applied Geochemistry, 84, 286-296.
7. Glavaš S. Toholj N., Jolović B. (2015?): Nivo istraženosti, ocjena održivosti i mogućnosti korištenja hiperalkalnih termomineralnih voda na području Lješljana; Geološki glasnik – Nova serija 2?, Zvornik.
8. Grandić, S. (1974): Prva panel diskusija o 'Pregibnoj zoni' Unutrašnjih Dinarida'. Radovi znanstvenog savjeta za naftu. Nafta, 7-8.
9. Hoefs J., (1980): Stable isotope geochemistry; Springer Verlag, Berlin; Heidelberg, New York.
10. Jagačić T., (1976): Izvještaj o izvršenim analizama sa Slatine kod Lješljana, Naftaplin Zagreb.
11. Jagačić T., Miladinović M., Rubinić A., (1972): Mineralne sirovine Bosne i Hercegovine, Knj. VII, Ležišta ugljovodonika, Rukopis, Institut za geologiju, Sarajevo.
12. Josipović, J. , (1971): Mineralne, termalne i termomineralne vode na teritoriji Bosne I Hercegovine. Geološki glasnik 15, Sarajevo.
13. Jurić M., (1971): Geologija područja sanskog paleozoika u sjeverozapadnoj Bosni, Posebno izdanje Geološkog glasnika, knjiga XI, Srajevo.
14. Katzer F., (1921): Geologische uebersichtkarte von Bosnien – Herzegovina, 1:200.000, Drittes Sechstelblatt: Banja Luka, Sarajevo.
15. Miladinović M., (1966): O nekim problemima geologije i tektonike severnog dela Bosanske Krajine, Geološki glasnik (Sarajevo), 11, 313-345.
16. Miladinović M., (1980): Bilješka o prirodnoj pojavi metana u Slatini kod Lješljana u sjeverozapadnoj Bosni, Nafta br. 1, Zagreb.
17. Miljuš P., (1963): Novi prilog poznavanju geologije severne Bosne, Geološki glasnik 8, 95-115, Sarajevo.
18. Miošić N., (1977): Katalog pojava mineralnih, termalnih i termomineralnih voda BiH, Geoinženjering – Sarajevo, Institut za hidrogeologiju i hidrotehniku Ilidža.
19. Miošić N., (1982): Genetska kategorizacija mineralnih, termalnih i termomineralnih voda BiH. Geološki glasnik 27. p. 221 - 258. Sarajevo.
20. Miošić N., (1987): Geneza hidrogeotermalnih konvektivnih sistema H<sub>2</sub>O - CO<sub>2</sub> u nekim područjima pojava mineralnih i termomineralnih voda Bosne – novije interpretacije. Geološki glasnik 30.,p. 247 - 267. Sarajevo.
21. Miošić N. , (1987): Hiperalkalne novootkrivene termalne vode u Bosni. Geološki glasnik 30, Sarajevo.
22. Miošić N., (1989): Izvjestaj o geološkim, hidrogeoloskim i naftno-geoloskim karakteristikama termomineralne vode Slatina- Lješljani-Bosanski Novi", Geoinstitutu Ilidža, Sarajevo.

23. Miošić N., (1990): Izvještaj o naftno-geološkim karakteristikama hiperalkalne termomineralne vode Lješljani. FSD „Energonafta“ – Bosanski Brod.
24. Miošić N., (1991): Program regionalnih hidrogeoloških istraživanja termomineralnih voda Bosanskog Novog, Geoinženjering, Sarajevo.
25. Miošić N., (2001): Postignuća i zadaci hidrogeologije i geotermije Bosne i Hercegovine. Geološki glasnik 34, Sarajevo.
26. Miošić N., (2003): Geotermalni parametri i značajke hidrogeotermalnih regiona BiH, Geološki glasnik 35, Sarajevo
27. Miošić N., (2006): Komparacija izvora i bušotina hidrogeoterma Bosne i Hercegovine. Zbornik radova I Savjetovanja geologa Bosne i Hercegovine s međunarodnim sudjelovanjem. Muška voda Kladanj, Bosna I Hercegovina 24. - 25. 06. 2004., 255 – 272, Udruženje geologa Bosne i Hercegovine – Sarajevo, 2006.
28. Miošić N. et al., (1983): Izvještaj regionalnih istraživanja geotermalne energije područja Bosanske Krajine za 1882./83. godinu. FSD “Geoinstitut”- Sarajevo.
29. Miošić N., Glavaš S., (1991): Izvještaj o geološkim i hidrogeološkim istraživanjima na bušotini SB-1- Lješljani. FSD “Geoinstitut”- Sarajevo.
30. Miošić N., Mitrović D., Popaja I. (1989): Program regionalnih hidrogeoloških istraživanja termomineralnih voda Bosanskog Novog. Geoinženjering, Sarajevo.
31. Miošić N., Samardžić N., (2015): Mineral, thermal and thermomineral waters of Bosnia and Herzegovina, Monograph-Mineral and Thermal waters of Southeastern Europe, edited by Petar Papić, Environmental Earth Sciences, Springer.
32. Miošić N., Sofilj J. (1989): Izvještaj o geološkim, hidrogeološkim I naftno geološkim karakteristikama termomineralnih voda Slatina - Lješljani, Bosanski Novi. Geoinženjering, Sarajevo.
33. Obelić B. (1982): Rezultati analiza tricija (Izvor Lješljani, Barake-Mala Kladuša, Smrdeljac-Cerovica, B-1 and B-11 Gata, Slatina-bušotina kod potoka Slatina i SB-1). Institut Ruđer Bošković, Zagreb.
34. Papeš J., (1988): Tektonske structure Bosne i Hercegovine, studija, Nepublikovan izvještaj, SIZ nauke BiH, Sarajevo.
35. Pezdić J., (1990): Istraživanje gasova na izvoru Lješljani. Institut „Jožef Stefan“, Ljubljana.
36. Pezdić J. (1991): Geohemijska istraživanja vode i gasa bušotine SB-1 Lješljani, Institut „Jožef Stefan“, Ljubljana.
37. Pezdić, J., et al., (1980 –1985): Analize kemizma mineralnih, termalnih i termomineralnih voda Bosne. Izvještaji Inštituta „Jožef Stefan“ – Ljubljana. FSD „Geoinženjering“ – Sarajevo.
38. Sikošek B., (1983a): Verification of perspective paths for geothermal energy and its exploitation on selected area of Bosanska Krajina, In Miošić N. et al.: Report on regional research of Bosanska Krajina region geothermal energy, Unpublished paper, Geoinstitut Ilidža, Sarajevo.
39. Sikošek, B., (1983b): Tectonic, neotectonic and seismotectonic characteristics of wider area of Bosanska Krajina in relation to the research of geothermal potentials (in Serbian), Study, In: Miošić N. et al., 1983: Report of regional research of geothermal energy of Bosanska Krajina Region for 1982-1983, Unpublished paper.
40. Šebečić B., (1988): O problematici otkrivanja matičnih stijena u nas, Nafra 10, Geol. 39, Zagreb.
41. Tissot B. P., Walte D. H., (1984): Petroleum formation and occurrence, Springer Verlag, New York.

42. Truesdell A. H., Nehring N., L., (1978): Gases and water isotopes in a geochemical section across the Larderello, geothermal field, Italy. In Rybach L.L., Stagena: Geothermics and Geothermal Energy. CCRG 7. Birkhauser Verlag, Basel und Stuttgart.
43. Urli M. et al., (1991): Izvještaj o karotažnim mjerenjima u bušotini SB-1 – Lješljani kod Bosanskog Novog. FSD “Geoinstitut” – Sarajevo.
44. Waples D. W. (1985): Geochemistry in Petroleum exploration. Intern. Human resource. Devel. Co., Boston, 159.

## HYPERALKALINE THERMOMINERAL WATERS OF LJEŠLJANI, BOSNIA AND HERZEGOVINA

Neven Miošić, grad. geol. Eng., scientific adviser<sup>1</sup>, Mr. Sc. Natalija Samardžić, grad. geol. eng.<sup>2</sup>,  
Academician Prof. Ph.D. Hazim Hrvatović, grad. geol. eng.<sup>2</sup>, Prof. Ph.D. Ferid Skopljak, grad.  
geol. eng.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dr. F. Bećirbegovića 19, 71000 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, e-mail: [nevenmi@bih.net.ba](mailto:nevenmi@bih.net.ba)

<sup>3</sup>Federal Geological Survey Sarajevo, Ustanička 11, 71210 Ilidža, Bosnia and Herzegovina

E-mail of correspondent person: [natalija.samardzic@fzgz.gov.ba](mailto:natalija.samardzic@fzgz.gov.ba)

**Keywords:** Dinardie Ophiolite Zone, hyperalkaline thermomineral waters, methane and its higher homologues, springs and well SB-1, water and gas genesis

### Abstract

Two perennial, captured hyperalkaline thermomineral springs (Slatina I and Slatina II) and drillhole SB-1 occur in Lješljani village (Novi Grad municipality) in the northwestern part of Bosnia and Herzegovina, in zone of nameless intermittent creek - left tributary of Strižna river, which inflows into the Una river from the right side. Springs are on mutual distance of 40 m and SB-1 is 30 m from Slatina I.

Starting with Katzer, who displayed the Lješljani springs in General geological map sheet Banja Luka in 1921, numerous geological investigations treated the alkaline waters of Lešljani and determined the complexity of geological and tectonic conditions; existence of hydrocarbons or petroleum indications in deeper horizons below the ophiolite rocks also was detected by classical (after Miladinović, Miošić and others) and isotopic (according to Hoefs and Pezdich, CH<sub>4</sub> is here thermogenic wet gas from marine rocks) methods by numerous investigators and institutions of these time.

Research conducted in 2016 by Etiopce et al., showed a whole new and surprising knowledge about the genesis of gases, especially methane and its higher homologues. These investigations showed the Lješljani aquifer has the highest CH<sub>4</sub> concentration (2,706 μM, i.e. about ~9 ton/y) and the highest pH (12.8) documented so far in peridotite-hosted hyperalkaline waters in the world; the CH<sub>4</sub> and H<sub>2</sub> (185.03 μM) are dominantly abiogenic origin generated in the processes of serpentinization. This fact was the one of some motives for making the paper. The prognosis of the existence of fluids below the peridotite was not subject of the investigations. The question are there CH<sub>4</sub> and its higher homologues in the footwall of peridotite. Measuring at the SB-1 well during the drilling in 1991 showed significantly higher methane content (241,920 l/day of CH<sub>4</sub> = 62.8 t/year). In 1991 in the well was measured 2.8 l of CH<sub>4</sub> per 7 l of water and methane combustion energy of 8,748 MJ/day, i.e. power is 0.1 MW, and thermal power of water with Q=8.9 l/s and t<sub>ref.</sub>=10°C amounts 0.75 MW<sub>t</sub>.

As the specialty it can be emphasized this water is the only one hyperalkaline thermomineral water in BiH, while it has a large number of hypothermal and thermal waters with very high pH in other parts of the ophiolite zone in BiH and Serbia. Unlike the hyperalkaline waters of Bosnia, Serbia, Bulgaria, Yemen, USA, Philippines and others, the water of Lješljani has about



10 times higher mineralization. Well SB-1 produced 20 times greater water yield and higher temperatures up to 13 °C than existing springs in Lješljani with the same pH value. This probably indicates more complex geological settings and structure of terrain than it is the case in other parts of the ophiolite zone. Lješljani water is the most studied among all other hydrotherms in Bosnia and Herzegovina regarding geological, geophysical, petroleum-geological, hydrogeological, geochemical and geothermal researches, but there are still essential open questions about the genesis of its fluids especially why Lješljani has the greatest emission of CH<sub>4</sub> and higher pH value among all deposits in ultramafites throughout the whole world.

Lješljani terrain in geotectonic sense belongs to the Dinaric Ophiolite Zone, where its development on the surface of the terrain is narrowest. The ophiolite zone here is overthrust on the zone of Palaeozoic shales and Mesozoic limestones.

In 1989 and 1990 the springs had a temperature of 17 - 19 °C, pH = 11.7-12 mineralization 2,139.6 mg/l, Cl-OH-Na type of water and yield Q = 0.25 l/s (Slatina I) and Q = 0.3 l/s (Slatina II); GWR at the spring of Slatina I was 0.56. According to analysis from 1982, the dominant dissolved gases in the water of the Slatina I are N<sub>2</sub> (80.3%) and O<sub>2</sub> (14.4%) and free gases CH<sub>4</sub> with its higher homologues (62%) and N<sub>2</sub> (34.5%).

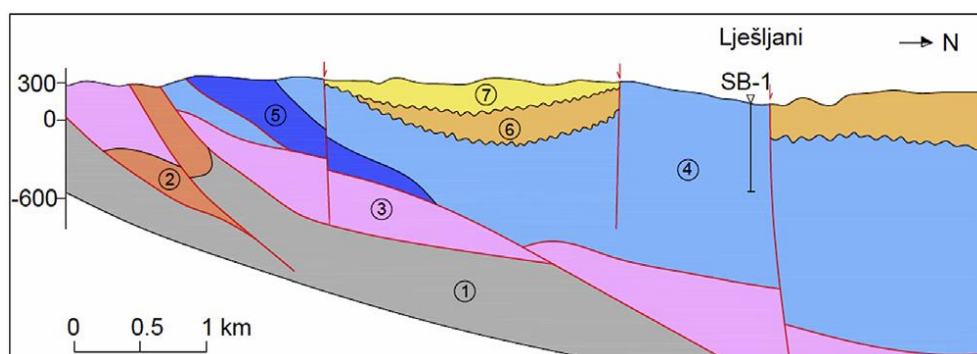
Well SB-1 is found from 0-80 m shales and sandstones of ophiolite melange and from 80 to 672 m peridotites and serpentinized peridotites of Ophiolite zone.

The well had different inflows of water and temperature during the drilling, ranging from 299 m to the bottom of 672 m. The maximum headwell cumulative yield at a depth of 672 m was 8.9 l/s and temperature 30.4 °C (according to thermal logging the temperature at 662 m was 34.2 °C), pH 12 and p<sub>st</sub> = 7.3 bar at the wellhead. Drilling company could not continue deeper drilling for technical reasons. The yields grow discontinuously with depth, while the temperature from 480 m to the bottom of well grows linearly, which indicates the ascending circulation of water along the fault paraclase, and with deeper drilling these parameters will grow with unchanged water chemistry. The water chemistry at the well is the same as in the springs. By allowed extrapolation of temperature per depth from 50% of measured temperature at 662 m at the SB-1 well, the temperature at 1000 m depth is 39 - 47 °C, provided that the water inflow is the same deeper of 662 m and that peridotite occurs furthermore in the profile. It is evident deeper drilling will result in greater yield, higher water temperature and gas content. These parameters will grow up to the entrance to the Triassic aquifer in which the temperature will behave as one isotherm.

The geothermal convective gradient at SB-1 well is G = 36.2 °C/km (calculated conductive parameters do not exist throughout the ophiolite zone) at depth of 662 m, with a temperature of 34.2 °C and it represents nonsteady temperature from thermo logging; thermal conductivity of peridotite is assumed k = 2.8 W/mK and with a climate correction of +10, the convective heat flow is q = 111.4 mW/m<sup>2</sup>, and possibly more than 180 mW/m<sup>2</sup>, because peridotites have thermal conductivity even to k = 5 W/mK. This fact points out to the existence of enlarged positive geothermal anomaly with exploitable hydrothermal resources in shallow depths, what is proved in the well SB-1.

The waters are of meteoric origin according to the isotopic composition of oxygen ( $\delta^{18}\text{O} = -10.45\text{ ‰}$ ) and hydrogen ( $\delta\text{D} = -66\text{ ‰}$ ) at the well, what is similar in the springs and isotope values are close to the meteoric water line in analogous diagram; tritium content of 0.2 Bq/l shows the waters are pre-nuclear and had no connection with any other waters after 1954. These waters are formed by intensive and fast infiltration of meteoric waters into the carbonate Mesozoic rocks of karst massifs south of Novi Grad; the waters descend deeper than 5 km according to seismic-neotectonic data, therefore, the temperature of primary aquifer can reach over 150°C and their heating is carried out from the base of karstification-circulation of water by the conductive heat transfer from the rocks of increased thermal conductivity. Fluid circulation is taking place from the roof of the Lower Paleozoic insulator (because of this there are naturally protected of mixing from other waters and the pollution from the earth surface) rocks by thermal expansion and the heat is the movens of hydrothermal system convection. The ophiolite rocks, as insulators, do not allow the descension of meteoric and surface waters into hyperalkaline reservoirs and at the same time represent roof barriers to the upflow of hyperalkaline waters, in which, however, in the privileged faults of low transmissibility, it happens fluid flows from deeper reservoirs, as is the case in Lješljani.

It follows from presented data the primary aquifers of these waters are Devonian and P-T<sub>1</sub> carbonates, secondary T<sub>2,3</sub> carbonates and transient peridotites of ophiolite zone (Fig. 1).



*Legend: 1. Carboniferous clastic basement; 2. Late Permian clastics and evaporites; 3. Triassic carbonates and siliciclastics; 4. Jurassic ophiolite melange, including ultramafic rocks; 5. Jurassic ultramafic formations; 6. Late Paleogene flysch; 7. Neogene sediments; SB-1: Lješljani well.*

*Fig. 1. Geological cross section at Lješljani (Etiope et al., 2017)*

High mineralization and Cl-OH-Na type of waters with 10 mg/l SO<sub>4</sub> only can point out to circulation of waters through P-T<sub>1</sub> halite evaporites, which are situated in foot-wall of peridotites and high pH is the result of slow circulation through peridotites.

The application of water would be a water and gas energy source and in balneology, recreation, rehabilitation, health tourism, etc. while preliminary balneological expertise from 1989 shows water is rare in the world and can be used for drinking and inhalation; the following field of use are also indicated: diseases and damages of the locomotor apparatus, gynaecological and skin diseases, etc.

From these data it is obvious there is a justification for deeper drilling of the existing well (deeper drilling of 670 m with Ø 101 mm or pull out the liner and drill with Ø 152,7 mm) or drilling a new well. It is sure the obtaining greater yields of water and pressure, higher temperatures of hyperalkaline waters and higher gas water ratio (GWR) comparing to well SB-1; at the same time the primary aquifers will be determined in the footwall of peridotites and the eventually the existence of halite evaporites, as salt water or solid rocks.

## ISTRAŽIVANJE DUBOKOG I PLITKOG GEOTERMALNOG POTENCIJALA NA ZAGREBAČKOM PODRUČJU

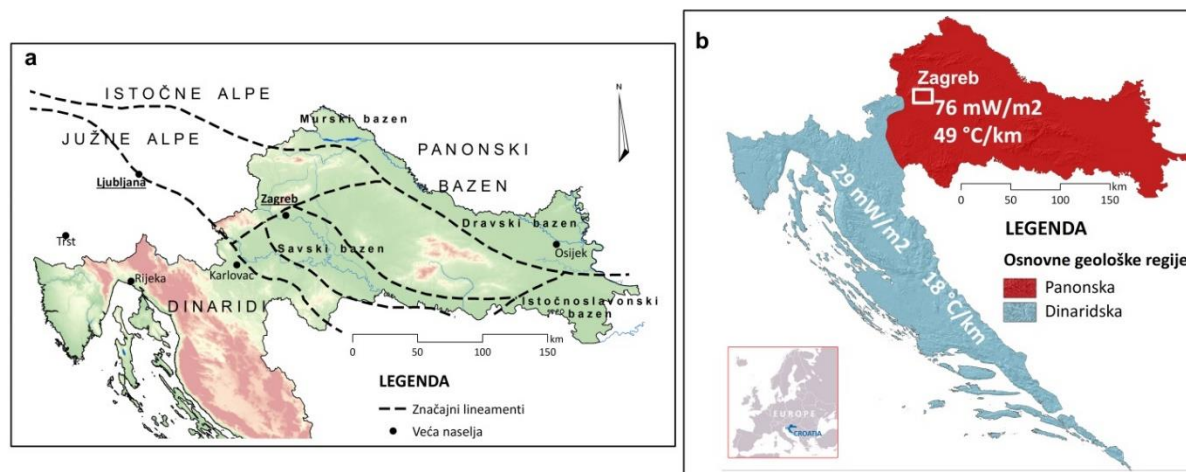
dr. sc. Staša Borović<sup>1</sup>, dr. sc. Kosta Urumović<sup>1</sup>, dr. sc. Josip Terzić<sup>1</sup>

Hrvatski geološki institut – Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju, Sachsova 2, 10000 Zagreb; [sborovic@hgi-cgs.hr](mailto:sborovic@hgi-cgs.hr)

**Ključne riječi:** termalne vode, dizalice topline, urbanizirano područje, Zagreb, Hrvatska

### Sažetak

Hrvatska je smještena području dodira glavnih europskih tektonskih jedinica: Alpa, Dinarida i Panonskog bazena (Sl. 1a). Kada se područje promatra iz perspektive korištenja geotermalnih resursa, ono se može podijeliti u dvije karakteristične regije (Sl. 1b). Geološki gledano, sjeveroistočni dio zemlje predstavlja jugozapadnu rub Panonskog bazena, dok je jugozapadni dio teritorija smješten u Dinaridima. Povoljne geotermalne karakteristike Panonskog bazena dobro su poznate i dokazane (npr. Dóvényi i Horváth, 1988; Horváth i sur., 2015), a Hrvatska se nalazi na njegovom jugozapadnom rubu. Stanjivanje litosfere u području zalučne ekstenzije dovodi do visokog toplinskog toka iz plašta te, kao posljedica toga, anomalno visokog površinskog toplinskog toka. S druge strane, dinaridsko područje karakterizira kombinacija debele litosfere i kilometarskih naslaga karbonatne platforme, koje su i okršene - omogućujući duboku cirkulaciju meteorske vode, što dovodi do gotovo zanemarivog površinskog toplinskog toka. Zato su geotermijska istraživanja (uz iznimku dizalica topline) koncentrirana na panonski dio zemlje.

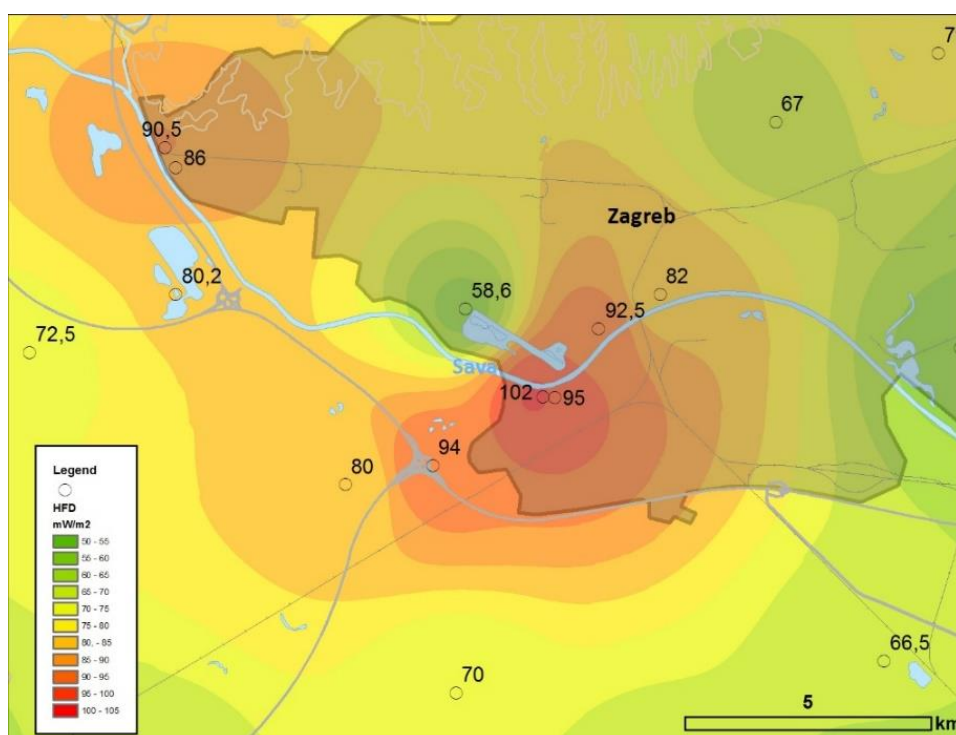


Slika 1: (a) Smještaj Hrvatske u odnosu na glavne europske tektonske jedinice (prema Lučić et al. 2001; Tari and Pamić 1998; Velić et al. 2012); (b) Gustoća toplinskog toka i geotermalni gradijent u različitim regijama Hrvatske, modificirano prema Borović et al. 2016.

Za geotermalnu energiju najperspektivnija tržišta predstavljaju upravo urbanizirane sredine. U Hrvatskoj najveću urbanu aglomeraciju čini Grad Zagreb s više od 800.000 stanovnika i gustoćom naseljenosti većom od 1.232 stanovnika po km<sup>2</sup> (DZS, 2018). Pritom sezona grijanja u ovom području traje 220 dana godišnje, a ono posjeduje značajan potencijal za korištenje i

dubokih i plitkih geotermalnih potencijala. Iz navedenih je razloga upravo ovo područje odabrano kao ogledno u sklopu tekućih projekata različite geotermijske tematike.

Duboki geotermalni resursi su sadržani u geotermalnim vodonosnicima: badenskim bioklastičnim (*Lithotamnium*) vapnencima Prečec formacije i dolomitima, vapnencima i dolomitnim vapnencima srednjeg i gornjeg trijasa (PT formacije). U većini bušotina te su formacije nabušene na dubinama u rasponu od 800 do 900 m u središnjem dijelu geotermalnog polja, a temperature vode se kreću od 57 do 85 °C. Zagrebačko geotermalno polje istražuje se od 1980-ih, ali razina iskorištenosti je loša s obzirom na raspoloživi resurs unutar gusto naseljenog područja s već postojećim sustavom daljinskog grijanja. Podatci prijašnjih istraživanja trenutno se digitaliziraju u svrhu izrade 3D modela podzemlja i modela temperatura u okviru Horizon 2020 projekata HotLime i GeoTwin.

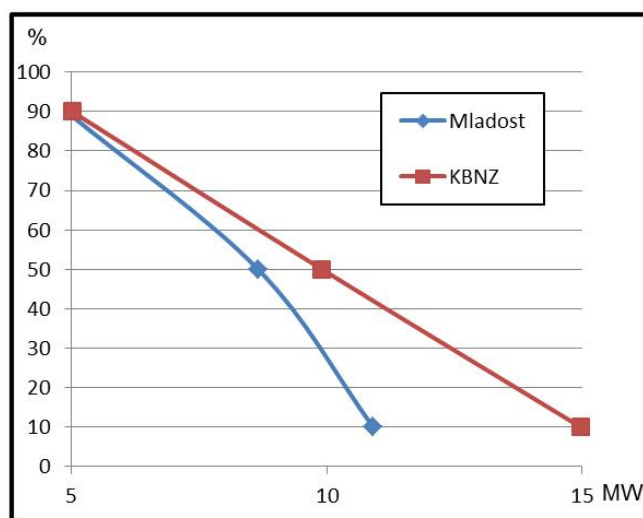


Slika 2: Interpolacija gustoće toplinskog toka (HFD) prema podatcima Kovačića (2002) na području Geotermalnog polja Zagreb. Granica Grada Zagreba predstavljena je sivim poligonom.

U sklopu projekata predviđena je reinterpretacija postojećih bušotinskih podataka i seizmičkih refleksijskih profila, hidrogeokemijskih podataka te kvantifikacija i klasifikacija dostupnoga geotermalnog resursa. Iz zajedničke interpretacije bušotinskih i seizmičkih podataka cilj je izraditi 3D model podzemlja, potom pristupiti termogeološkoj i hidrogeološkoj parametrizaciji jedinica te izradi prvo stacionarnog, a potom i prijelaznog temperaturnog modela područja.

Procjene vjerojatnosti (P10, P50 i P90) načinjene su na temelju podataka iz Glavnog rudarskog projekta Geotermalnog polja Zagreb (Zelić i sur., 1995.), koristeći softver DoubletCalc 1.4.3 (TNO, 2014), koji je kreiran u svrhu izdavanja dozvola za geotermalna polja u Nizozemskoj (Sl. 3). Potom je provedena klasifikacije raspoloživog geotermalnog resursa prema UNFC-2009

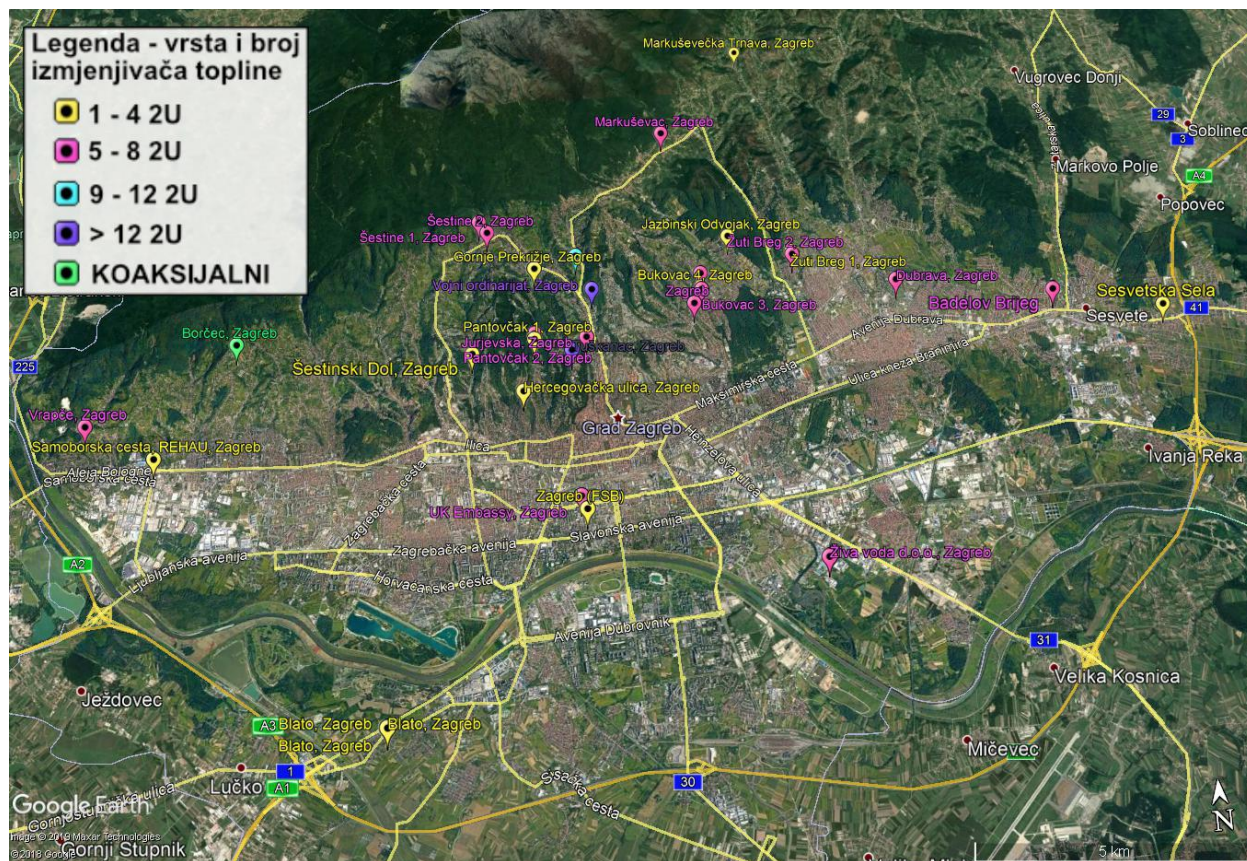
sustavu. U sklopu projekta DARLINGe provedena je klasifikacija resursa za **Zagrebački pod-bazen** Panonskog bazena te je resurs klasificiran kao **E.3; F3; G4** (Nador, 2018). Zagrebačko pilot područje ima dva tehnološka sustava: Mladost (operativan) i KBNZ (nije u funkciji). Jedini operativni sustav (**Mladost**) klasificiran je kao **7 PJ E1.1; F1.1; G1 + 5 PJ E1.1; F1.1; G2 + 3 PJ E1.1; F1.1; G3** - potpuno suprotno nego kada se (neprimjereno) promatra cijeli **Zagrebački pod-bazen**. Ovaj je sustav u uspješnom kontinuiranom radu od 1987. godine, pa je očito izvediv i društveno-ekonomski prihvaćen. S druge strane, susjedni sustav **KBNZ** istog geotermalnog polja mora biti klasificiran kao **7 PJ E3; F1.3; G1 + 7 PJ E3; F1.3; G2 + 7 E3; F1.3; G3**, jer - iako sve bušotine postoje od 1987. godine, testirane su, odobrena je koncesija itd. - sustav nikada nije počeo s radom. Slučaj KBNZ tipičan je primjer zakonodavnih, administrativnih i političkih prepreka provedbi projekta, što dovodi do klasifikacije E3 projekta koji bi mogao raditi već desetljećima.



Slika 3: Grafički prikaz vjerojatnosti ostvarenja određene toplinske snage u tehnološkim sustavima Mladost i KBNZ.

Iako su pojave termalne vode generalno spektakularan prirodni fenomen, 85% ulaganja u geotermalnu energiju u EU usmjereno je na plitko podzemlje, tj. korištenje geotermalnih dizalica topline (EGEC, 2018). Njihove su prednosti gotovo sveprisutni potencijal, manji rizici kod investicija i mogućnost reverzibilnog režima rada (grijanje, ali i hlađenje, što ima veliki značaj u urbaniziranim sredinama). U nizinskom dijelu gradskog područja Zagreba, koje karakterizira plitki aluvijalni vodonosnik Save, povoljnije je koristiti dizalice topline s podzemnom vodom kao izvorom topline (engl. Groundwater Heat Pump - GWHP), dok je na obroncima Medvednice (Podsljemenska urbanizirana zona) primjerenije instalirati dizalice topline s tlom kao izvorom topline (Ground Source Heat Pump - GSHP). Plitki geotermalni potencijal područja istražuje se u okviru Horizon 2020 projekta MUSE. Istraživanje će se usredotočiti na GWHP, budući da se isti vodonosnik koristi i za vodoopskrbu, a mogućnosti za postavljanje GSHP-a istraženi su prethodnim projektom GeothermalMapping (Borović i sur., 2018; Soldo i sur., 2016). U plitkom podzemlju urbanih područja postoji konkurencija različitih korisnika (sustavi vodovoda i odvodnje, dizalice topline, duboke podzemne građevine poput hidroizoliranih podvožnjaka, podzemnih garaža i dubokih temelja), što može dovesti do

sukoba. Postojeće metodologije nužno je prilagoditi potrebama urbaniziranih područja (područja s velikim brojem potencijalnih korisnika plitkog podzemlja) u lokalnom mjerilu, jer će ona predstavljati najvažnije tržište za plitku geotermalnu energiju u doglednoj budućnosti te se očekuje da će biti glavni pokretač dekarbonizacije sektora grijanja i hlađenja.



Slika 4: Sustavi dizalice topline na području Zagreba prema Macenić i sur. (2018). Podatci su prikupljeni kroz osobne kontakte s bušačim kompanijama.

Spomenuti projekti predviđaju i opsežnu diseminaciju svojih rezultata prema znanstvenoj, stručnoj i općoj javnosti, kao i prema regulatornim tijelima i donositeljima odluka, s konačnim ciljem povećanja iskorištenja ovog lako dostupnog resursa u zajedničkom pilot području, kao i prijenos dobre prakse u druga urbanizirana područja. To će se postići razmjenom znanja i iskustava između šesnaest europskih geoloških službi koje sudjeluju u projektima, kao i predstavljanjem putem mrežnih stranica - GeoERA informacijske platforme (GIP-P), informativnih letaka, radionica i kongresnih priopćenja.

### Zahvale

Ovo je istraživanje sufinancirano iz programa Europske unije za istraživanje i inovacije Horizon 2020: GeoERA prema ugovoru o dodjeli sredstava br. 731166 (**HotLine**: Mapping and Assessment of Geothermal Plays in Deep Carbonate Rocks – Cross-domain Implications and Impacts i **MUSE**: Managinng Urban Shallow geothermal Energy) te Twinning u okviru sporazuma o dodjeli sredstava WIDESPREAD-05-2017 (**GeoTwinn**: Strengthening research in the Croatian Geological Survey: Geoscience-Twinning to develop state-of-the-art subsurface

modelling capability and scientific impact). Hrvatski geološki institut sufinancirao je istraživanje kroz projekt Osnovna hidrogeološka karta Republike Hrvatske.

## Reference

1. Borović, S., Marković, T., Larva, O., Brkić, Ž. & Mraz, V. (2016): Mineral and thermal waters in the Croatian part of the Pannonian basin. U: Papić, P. (Ur.): Mineral and Thermal Waters of Southeastern Europe. Springer, Cham, pp 31-45.
2. Borović, S., Urumović, K., Terzić, J. & Pavičić, I. (2018): Examining thermal conductivities of shallow subsurface materials for ground source heat pump utilization in the Pannonian part of Croatia. *The Mining-Geology-Petroleum Engineering Bulletin*. 33, pp 27-35.
3. Dóvényi, P. & Horváth, F. (1988): Review of Temperature, Thermal Conductivity and Heat Flow Data for the Pannonian Basin. U: Royden, L. H., Horváth, F. (Ur.): *The Pannonian Basin – a Study in Basin Evolution*. American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma, pp 195-233.
4. Državni zavod za statistiku (DZS), Popis stanovništva RH 2011. godine, <https://www.dzs.hr/> [pristup 2019-07-30] Getliher, A. & Cazin, V: Geothermal waters of the Republic of Croatia – unutilized wealth. In: Barkovic, D. and Golub, M. (Eds.): *Geothermal resource assessment of the Drava Basin*. University of Osijek – Faculty of economy, Osijek, (2014), 59-73. (in Croatian)
5. European Geothermal Energy Council - EGEN (2018): *EGEN Annual Report 2018*, Brussels, 24 p.
6. Horváth, F., Musitz, B., Balázs, A., Végh, A., Uhrin, A., Nádor, A., Koroknai, B., Pap, N., Tóth, T. & Wórum, G. (2015): Evolution of the Pannonian basin and its geothermal resources. *Geothermics*, 53, pp 328-352.
7. Kovačić, M. (2002): *Uzroci pozitivne geotermalne anomalije na zagrebačkom području*. Doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu – Rudarsko – geološko – naftni fakultet, 102 p.
8. Lučić, D., Saftić, B., Krizmanić, K., Prelogović, E., Britvić, V., Mesić, I. & Tadej, J.: The Neogene evolution and hydrocarbon potential of the Pannonian Basin in Croatia. *Marine and Petroleum Geology*, 18, (2001), pp 133-147.
9. Macenić, M., Kurevija, T. & Strpić, K. (2018): Systematic review of research and utilization of shallow geothermal energy in Croatia. *The Mining-Geology-Petroleum Engineering Bulletin*, 33 (5), pp 37-46.
10. Soldo, V., Boban, L. & Borović, S. (2016): Vertical distribution of shallow ground thermal properties in different geological settings in Croatia. *Renewable Energy*, 99, pp 1202-1212.
11. Tari, V. & Pamić, J. (1998): Geodynamic evolution of the northern Dinarides and the southern part of the Pannonian Basin. *Tectonophysics*, 297, pp 269-281.
12. TNO: DoubletCalc, a program for calculating the indicative power of a geothermal doublet, v. 1.4.3, (2014). <https://www.nlog.nl/en/tools> [pristup 2019-07-22]
13. Zelić, M., Čubrić, S., Kulenović, I., Kušek, M., Marčan, B. et al. (1995): *Glavni rudarski projekt Geotermalnog polja Zagreb*. INA-Naftaplin, Zagreb, 268 p.



## STANJE I MJERE ZAŠTITE IZVORIŠTA NA PODRUČJU TUZLANSKOG KANTONA

**Dr.sc.Dinka Pašić-Škripić, red. prof., Dr.sc.Izet Žigić, red.prof.**

Rudarsko-geološko-građevinski fakultet, Univerzitet u Tuzli

**Ključne riječi:** izvorište, vodno tijelo, zaštita, monitoring, zakonska regulativa

**Key words:** source, body of water, protection, monitoring, legislation

### Rezime

Neophodnost zaštite izvorišta proističe iz svakodnevnog zagađenja istih, kao i neadekvatno provedenih mjera zaštite. Nedostatak vode za piće predstavlja ograničavajući faktor za intenzivni razvoj, a sa druge strane negativni antropogeni uticaj na izvorišta je toliki, da ona postaju neupotrebljiva za piće. Ovi problemi su posebno izraženi u područjima sa nedostatkom potrebnih i neophodnih količina kvalitetne vode za piće, čija se izdašnost svakodnevno umanjuje zagađivanjem, a ne daju se prednosti novim hidrogeološkim istraživanjima, čime bi se obezbjedile nove količine vode. Ljudske potrebe za vodom su odavno postale veće nego što su objektivno rezerve zahvaćenih voda, tako da se ta problematika stalno usložnjava, a adekvatnih rješenja je nedovoljno. Koliko je problem složen, predstaviti će se na primjeru prostora Tuzlanskog kantona.

### Summary

The necessity of protection of sources is derived from daily pollution thereof, and inadequate protection measures implemented. Lack of drinking water is a limiting factor for intensive development, and on the other side of the negative anthropogenic impact on water sources is such that they become unusable for drinking. These problems are particularly pronounced in areas with a lack of needed and necessary quantities of quality drinking water which can yield a daily basis reduces pollution, but do not give up the advantages of the new hydrogeological investigations, which would have provided a new water. People's needs for water have long since become bigger than they are objectively affected water reserves, so that these problems have become increasingly complex, and adequate solutions is not enough. How the problem is complex, will be presented on the example of Tuzla Canton.

### Literatura

1. Mešković A., Pašić-Škripić D., Sarajlić M., Bleković H. (2009): Kompleksna istraživanja kvalitativno-kvantitativnih karakteristika podzemnih voda na lokalitetu Zatoča u naselju Stupari, Zbornik radova RGGF-a, broj XXXIII, str. 13-19, Tuzla
2. Pašić-Škripić D., Žigić I., Srkalović D. (2010): Ecological Apects of Traditional Drinking Water Supply by Shallow Wells in Nordwest Bosnia, 14.International Research/Expert Conference, Trends in the Devolopment of Machinery and Associated Technology TMT 2010, ISBN 1840-4944, str. 333-337, Mediterranean Cruise
3. Pašić-Škripić D., Žigić I., Srkalović D. (2010): Ranjivost podzemnih voda područja sjeveroistočne Bosne, 38.konferencija o aktuelnim problemima korištenja i zaštite voda, VODA 2009, ISBN 978-86-904241-6-0, COBISS.SR-ID 16754124, str.243-249, Zlatibor-Srbija, 2009.

4. Pašić-Škripić D., Žigić I., Alić F. (2013): Kvalitet podzemnih voda područja Gračanice, V Savjetovanje geologa BiH sa međunarodnim učešćem, Pale, 24.-25.10., Jahorina
5. Pašić-Škripić D., Žigić I. (2018): Nadzor nad izvođenjem hidrogeološke bušotine B-5 na području Vlahulje, općina Srebrenik, Rudarsko- geološko-građevinski fakultet, Tuzla, 2017-2018.
6. Pašić-Škripić D., Žigić I. (2019): Elaborat o zonama sanitarne zaštite izvorišta mineralne vode lokalitet Ljubače, Rudarsko-geološko-građevinski fakultet, Tuzla, april, 2019.
7. Skopljak F., Žigić I., Pašić-Škripić D., Alić F. (2013): Metodologija istraživanja u cilju povećanja eksploatacionih rezervi kraških vrela na primjeru „Studešnice“ i „Krabašnice“ na Konjuhu - Banovići, V Savjetovanje geologa BiH sa međunarodnim učešćem, Pale, 24.-25.10., Jahorina
8. Šarić Ć., Skopljak F., Žigić I., Pašić-Škripić D. (2015): Prilog poznavanju geneze termalnih voda sjeveroistočnog oboda Zeničko – Sarajevskog bazena, I Kongres geologa sa međunarodnim učešćem, 21.-23.10. 2015., Tuzla
9. Žigić I., Pašić-Škripić D. (2008): Ranjivost podzemnih voda u stijenaма intergranularne poroznosti tuzlanskog bazena, III Savjetovanje geologa BiH sa međunarodnim učešćem, ISSN 1840-4073, str.531-535, 30. i 31.10 2008., Neum
10. Žigić I., Pašić-Škripić D., Alić F. (2008): Hidrogeološke karakteristike izvorišta za vodosnabdijevanje Gračanice, III Savjetovanje geologa BiH sa međunarodnim učešćem, ISSN 1840-4073, str.523-530, Neum
11. Žigić I., Pašić-Škripić D. (2009): Ranjivost vodnog tijela podzemnih voda sjeverozapadnog dijela Tuzlanskog područja, 6. Naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem “KVALITET 2009“, ISSN 1512-9268, str. 541-547, Neum
12. Žigić I., Pašić-Škripić D. (2011): Novi prijedlog hidrogeološkoj rejonizaciji Bosne i Hercegovine, IV Savjetovanje geologa Bosne i Hercegovine, Sarajevo, 28. i 29.10.2011.
13. Žigić I., Pašić-Škripić D. (2011): Karakterizacija vodnih tijela podzemnih voda, metodologija i ograničenja, 7th Research/Expert conference with International Participation, Quality 2011, ISSN 1512-9268, str.719-724.
14. Žigić I., Pašić-Škripić D. (2018): Elaborat zaštite izvorišta „Studešnica“ općina Banovići, Javno preduzeće za vodoprivrednu djelatnost „Spreča“, Tuzla
15. Žigić I., Pašić-Škripić D. (2018): Nadzor nad izvođenjem radova na izgradnji vodovoda u Gornjim Moranjcima – općina Srebrenik, Rudarsko-geološko-građevinski fakultet, Tuzla, novembar, 2018.
16. Žigić I., Pašić-Škripić D. (2018): Nadzor na hidrogeološkim istraživanjima podzemnih voda na istražnom prostoru Domaljevac – Jelas, Rudarsko-geološko-građevinski fakultet, Tuzla, oktobar, 2018.

## HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE VODONOSNIKA VODNIH TIJELA STUDEŠNICA I KRABAŠNICA LOCIRANIH U ZAŠTIĆENOM PEJZAŽU PLANINE KONJUH

**Dr.sc.Izet Žigić,red.prof., Dr.sc.Dinka Pašić-Škripić,red. Prof.**

Rudarsko-geološko-građevinski fakultet; Univerzitet u Tuzli

**Ključne riječi:** zaštićeni pejzaž, slivno područje, vodno tijelo, zaštita podzemnih voda, Krabašnica, Studešnica

**Key words:** protected landscape, catchment area, water body, groundwater protection, Krabašnica, Studešnica

### Sažetak

Poseban značaj za zaštitu podzemnih voda područja Konjuha ima donošenje Zakona od strane Skupštine Tuzlanskog kantona 2009.godine, kojim je dio te planine proglašen zaštićenim pejzažom „Konjuh“. Zaštićeni pejzaž „Konjuh“ prostire se na teritoriji općina Kladanj, Banovići i Živinice, na površini od 8.016 hektara i na nadmorskoj visini od 300 do 1.328 metara.

Zaštićeni pejzaž “Konjuh” podijeljen je u tri zone: Zona A, površine 2411.42 hektara je zona najviših vrijednosti koje moraju ostati upotpunosti očuvane, Zona B, površine 5093.7 hektara je zona očuvanja izvornog stanja prirode i Zona C, površine 511.49 hektara namijenjena je isključivo za turizam, sport i rekreaciju.

Slivno područje Krabanje i Studešnice pripada Zoni B1, dok veći dio sliva Skakavca pripao je Zoni A, što predstavlja neprocjenljivu vrijednost za zaštitu podzemnih i površinskih voda, obzirom na pritiske kojima su bile izložene prije donošenja ovog zakona.

Utvrđivanjem geoloških, tektonskih i hidrogeoloških karakteristika vodonosnika vodnih tijela Studešnica i Krabašnica, stvorene su pretpostavke za određivanje uslova njihove zaštite, odnosno određivanje zaštitnih zona. Vodna tijela Studešnica i Krabašnica su karstna izvorišta formirana na kontaktu srednje-gornih trijaskih krečnjaka sa tvorevinama dijabaz-rožne formacije. Ovim radom želi se posebno afirmirati projekat Zaštićeni pejzaž „Konjuha“.

Zbog zaštite velikog broja izvorišta i površinskih vodotokova i potreba da se kroz prostorne planove kantona u F BiH na sličan način ugrade mehanizmi zaštite područja na kojima su locirana vodna tijela podzemnih voda.

### Summary

Special significance for the protection of the underground waters of the Konjuh area is the passing of the Law by the Assembly of the Tuzla Canton in 2009, by which part of that mountain was proclaimed protected landscape "Konjuh". Protected landscape Konjuh extends over the territory of the municipalities of Kladanj, Banovici and Živinice, on an area of 8116 hectares and at an altitude of 300 to 1328 meters.

The protected landscape "Konjuh" is divided into three zones: Zone A, the area of 2411.42 hectares is the zone of the highest values that must remain fully preserved, Zone B, the area of 5093.7 hectares is the zone of preservation of the original state of nature and Zone C, 511.49 hectares is intended exclusively for tourism, sport and recreation.

The catchment area of Krabanje and Studašnice belongs to Zone B1, while the greater part of the Skakavac catchment area belongs to Zone A, which represents an invaluable value for the protection of underground and surface waters, given the pressures they were exposed before the adoption of this law.

By determining the geological, tectonic and hydrogeological characteristics of the aquifers of the water bodies Studešnica and Krabašnica, preconditions have been created for determining the conditions for their protection, that is, determining the protective zones. The water bodies of Studešnica and Krabašnica are the karst springs formed at the contact of the middle-mountain Triassic limestone with diabase-rose formation.

This work wishes to specifically affirm the project Protected Landscape of Konjuh for the protection of a large number of springs and surface watercourses and the need to incorporate the protection mechanisms of areas on which groundwater bodies are located in the same way through spatial plans of cantons in F BiH.

#### **Literatura**

1. Pašić-Škripić D., Žigić I., Srkalović D.(2009): Ranjivost podzemnih voda područja sjeveroistočne Bosne, 38.konferencija o aktuelnim problemima korištenja i zaštite voda, VODA 2009, ISBN 978-86-904241-6-0, COBISS.SR-ID 16754124, str.243-249, Zlatibor-Srbija
2. Skopljak F., Žigić I., Pašić-Škripić D., Alić F. (2013): Metodologija istraživanja u cilju povećanja eksploatacionih rezervi kraških vrela na primjeru „Studešnice“ i „Krabašnice“ na Konjuhu-Banovići, V Savjetovanje geologa BiH sa međunarodnim učešćem, Pale, 24.-25.10., Jahorina
3. Žigić I., Pašić-Škripić D. (2011): Karakterizacija vodnih tijela podzemnih voda, metodologija i ograničenja, 7th Research/Expert conference with International Participation, Quality 2011, ISSN 1512-9268, str.719-724,
4. Žigić I., Pašić-Škripić D. (2017): Elaborat zaštitet izvorišta “Krabašnica” općina Banovići, Javno preduzeće za vodoprivrednu djelatnost „Spreča“, Tuzla
5. Žigić I., Pašić-Škripić D. (2018): Elaborat zaštitet izvorišta “Studešnica” općina Banovići, Javno preduzeće za vodoprivrednu djelatnost „Spreča“, Tuzla

## **RANJIVOST I RIZIK OD ZAGAĐENJA PODZEMNIH VODA U BUNARSKOM SISTEMU „NEREZI – LEPENAC”, GRAD SKOPJE**

**Zlatko Ilijovski<sup>1</sup>, Stojan Mihailovski<sup>2</sup>, Marija Makeshoska<sup>3</sup>,**

<sup>1</sup>Dr. Sc. Diplomiran inž. Geologije, Građevinski institut MAKEDONIJA, Republika Severna Makedonija, geozlatko@gim.mk

<sup>2</sup> Diplomiran inž. Geologije, Građevinski institut MAKEDONIJA, Republika Severna Makedonija, stojan.mihailovski@gim.com.mk

<sup>3</sup> Diplomiran inž. Geologije, Građevinski institut MAKEDONIJA, Republika Severna Makedonija, marija.makeshoska@gim.com.mk

**Ključne reči:** ranljivost, pritisci, zagađivači, rizik, sedimenti

### **Abstract**

Groundwaters vulnerability, pressures analyses, contamination risk analysis is a mandatory task for protecting groundwaters from contamination. Drawing up a vulnerability map is indispensable document while working on Reports on defining the protection zones.

Nerezi-Lepenec well system being used for providing additional amounts of drinking water for water supply of the city of Skopje, consists of seven wells from 27 m to 70 m deep and capacity being 150 l/sec to 230 l/sec. The total well system capacity is 1200 l/sec. This well system is put into operation when spring Rashche's yield does not satisfy the city's needs.

The aquifer which is captivated by these seven wells is an alluvial deposit of River Vardar and River Lepenec which fills a neotectonic depression 3 km long, 1.2 km wide and to 130 m deep in which  $72 \times 10^6$  m<sup>3</sup> water is being accumulated.

From a quantitative and qualitative aspect, the pressures analysis is inevitable. After realization of the terrain investigations and defining the contaminants' locations and type, hydrological terrain characteristics analysis and groundwaters vulnerability analysis are necessary in order to obtain the groundwaters contamination risk of the current spring as final result. From an aspect of the quantitative condition of the aquifer, Nerezi-Lepenec well system does not obtain serious disturbances and risks. Never the less, the pressures of the aquifer's qualitative status are very serious and they lead to a high risk condition from a possible groundwaters' contamination.

## HIDROHEMIJSKE ODLIKE TERMALNIH VODA U SLIVU RIJEKE KRIVAJE

<sup>1</sup>Mr. Ćazim Šarić, dipl.ing.geol., <sup>1</sup>Dr.sc.Ferid Skopljak, vand.prof., <sup>2</sup>Dr.sc.Izet Žigić, red. prof.,  
<sup>2</sup>Dr.sc.Dinka Pašić-Škripić, red. prof.

<sup>1</sup>Federalni zavod za geologiju

<sup>2</sup>Rudarsko-geološko-građevinski fakultet - Univerzitet u Tuzli

**Ključne riječi:** termalne vode, trijas, navlaka, rasjed, geneza

**Key words:** thermal waters, triassic, cover, fault, genesis

### Rezime

U slivu rijeke Krivaje registrovano je nekoliko pojava izvora termalnih voda sličnih fizičko-hemijske karakteristika. Na svim izvorima utvrđeno je da vode imaju nisku mineralizaciju 300-530 mg/l, temperaturu 15,5-35 °C, HCO<sub>3</sub>-Ca-Mg i podređeno HCO<sub>3</sub>-Ca tipa, te N<sub>2</sub>-O<sub>2</sub> plinskog sastava. U terenima gdje se pojavljuju izvori termalnih voda izdvojene su dvije kategorije stijena: propusne stijene kavernožno-pukotinske poroznosti i nepropusne stijene. Sve vode su atmosferskog porijekla i pojavljuju se u zonama rasjeda. Hemijski sastav i hidrohemijski tip voda ukazuje da termalne vode u slivu Krivaje protiču kroz krečnjake i dolomite koji u ovim terenima ulaze u sastav trijaskih naslaga. Područje na kojem se pojavljuju izvori termalnih voda u prošlosti su bili izloženi snažnim tektonskim kretanjima, prije svega navlačenju i rasjedanju širih razmjera.

### Summary

Several occurrences of thermal water sources with similar physicochemical characteristics have been registered in the Krivaje River basin. At all sources, the waters were found to have low mineralization of 300-530 mg / l, a temperature of 15.5-35 oC, HCO<sub>3</sub>-Ca-Mg and a subordinate HCO<sub>3</sub>-Ca type, and N<sub>2</sub>-O<sub>2</sub> gas composition. In terrains where thermal water sources appear, two categories of rocks are separated: permeable rocks of cavernous-crack porosity and impermeable rocks. All waters are of atmospheric origin and occur in fault zones. The chemical composition and the hydrochemical type of water indicate that thermal waters in the Krivaja basin flow through the limestones and dolomites that form part of the Triassic deposits in these terrains. The area where thermal water springs appear in the past has been exposed to strong tectonic movements, above all, to the widening and spreading of wider proportions.

### Literatura

1. Čičić, S. (2002.): Geološki sastav i tektonika Bosne i Hercegovine, p. 1-350. Earth Science Sarajevo
2. Đerković, B. (1971.): Rezultati dosadašnjih istraživanja mineralnih, termalnih i termomineralnih voda srednje Bosne, Geološki glasnik knj.15., p 279-318, Sarajevo.
3. Hrvatović,H. (2006.): Geological guidebook through Bosnia and Herzegovina, Federalni zavod za geologiju BiH, Sarajevo.
4. Josipović,J. (1971.): Mineralne, termalne i termomineralne vode na teritoriji Bosne i

Hercegovine, Geološki glasnik knj.15., p. 233-275. Sarajevo.

5. Jovanović, R. (1984.): Prilog poznavanju hidrogeoloških odnosa u našem karstu, Zbornik radova povodom jubileja akademika A. Trumića, ANU BiH, Sarajevo.
6. Geotehnos d.o.o. Sarajevo (2014.): Elaborat o kategorizaciji, klasifikaciji i proračunu rezervi podzemnih termalnih voda izvorišta „Aquaterm“ Olovo
7. Katzer, F. (1919.): K poznavanju mineralnih vrela Bosne, Glasnik zemalj. Muzeja BiH, p.191-264, Zemaljska štamparija, Sarajevo.
8. Ludvig, E. (1893.): Mineralni izvori u Bosni, Geološki anali Balkanskog poluostrva, knj. IV, p. 244-278., Beograd.
9. Miholić, S. (1957.): Nuklearna geologija, Geološki vijesnik 11, Zagreb.
10. Miladinović, M. (1972.): Tektonika šireg područja planine Zvijezde sjeverno od Sarajeva, sa osvrtom na stratigrafsku pripadnost naslaga dijabaz-rožnačke formacije, glasnik br. 16., p. 93-102, Geoinženjering, Sarajevo
11. Miošić, N. (1977.): Katalog pojava mineralnih, termalnih i termomineralnih voda Bosne i Hercegovine, Geoinženjering-Sarajevo, Institut za geotehniku i hidrogeologiju.
12. Miošić, N. (1982.): Genetska kategorizacija mineralnih, termalnih i termomineralnih voda BiH, Geološki glasnik 27, p. 221-258., Geoinženjering, Sarajevo.
13. Olujić, J. et al. (1958-1970.): Osnovna geološka karta SFRJ i tumač, list Vareš 1 : 100 000, Savezni geološki zavod - Beograd
14. Skopljak, F. Alić, F. & Žigić, I. (2008.): Termalne vode u slivu rijeke Krivaje, III Savjetovanje geologa Bosne i Hercegovine sa međunarodnim učešćem, Neum
15. Skopljak, F. & Musić, A. (2013.): Proračun izdašnosti bunara termalne vode u ležištu „Aquaterm“ Olovo. III Savjetovanje geologa BiH, Pale
16. Skopljak, F. Šarić, Ć. & Pobrić, V. (2017.): Prilog poznavanju geneze termalnih voda sjeveroistočnog oboda Zeničko-sarajevskog basena, Sarajevo,
17. Strajin, V. et al. (1965-1972.): Osnovna geološka karta SFRJ i tumač, list Vlasenica 1 : 100 000, Savezni geološki zavod - Beograd
18. Šarić, Ć. (2015): Hidrogeološke karakteristike termalnih voda sjeveroistočnog oboda Zeničko-sarajevskog basena, Magistarski rad, RGGF Tuzla

## GEOLOŠKE I HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE SJEVEROISTOČNOG OBODA ZENIČKO-SARAJEVSKOG BASENA

<sup>1</sup>Mr. Ćazim Šarić, dipl.ing.geol., <sup>1</sup>Dr.sc.Ferid Skopljak, vand.prof.

[cazim8@gmail.com](mailto:cazim8@gmail.com)

[fskopljak@yahoo.com](mailto:fskopljak@yahoo.com)

<sup>1</sup>Federalni zavod za geologiju

**Ključne riječi:** geološka građa, basen, sklop, tvorevine, tektonski, stijene

**Key words:** geological structure, basin, assemblage, structures, tectonic, rocks

### Rezime

U geološkoj građi terena šireg područja učestvuju tvorevine paleozoika, trijasa, jure-krede, gornje krede, oligomiocena, miocena i kvartara U ovom prostoru dominantnu ulogu imaju dvije navlake: navlaka Bosanskog fliša i Durmitorska navlaka. Prema OGK-i, listovi Vareš i Zenica (1:100 000), ovo područje pripada rubnom dijelu zone središnjih Dinarida u kojem su izdvojene dvije dominantne geotektonske zone: Centralna ofiolitna zona i zona paleozojskih škriljaca i mezozojskih krečnjaka. U proučavanom terenu izdvojene su dvije osnovne hidrogeološke kategorije stijena: propusne stijene i nepropusne stijene.

### Summary

The geological structure of the terrain of the wider area includes the Palaeozoic, Triassic, Jurassic, Upper Cretaceous, Oligomiocene, Miocene and Quaternary formations. According to OGK, Vareš and Zenica (1: 100 000), this area belongs to the marginal part of the Central Dinaric Zone, which distinguishes two dominant geotectonic zones: the Central Ophiolite zone and the Paleozoic shale zone and the Mesozoic limestones. In the studied terrain, two basic hydrogeological categories of permeable rock and impermeable rock were distinguished.



## **DETERMINATION OF THE PRESENCE OF NANO-PLASTIC IN BOTTLED DRINKING WATER IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA BY APPLYING THE SEM-EDX METHOD**

**Ivan, B<sup>1</sup>., Mirakovski, D<sup>1</sup>., Lazarova, M. <sup>1</sup>, Arianit, R.,<sup>2</sup> Blazo, B<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Faculty of Natural and Technical Sciences, “Goce Delcev” University, Stip, R. of Macedonia  
blazo.boev@ugd.edu.mk

<sup>2</sup> Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Tetovo, Tetovo, R. of Macedonia

**Key words:** nano plastic, scanning electronic microscopy, drinking water

### **Abstract**

The material presents the preliminary results of the testing for the presence of micro plastic (nano-particles) in the bottled drinking water in Macedonia by applying the method SEM-EDX. The term plastic refers to any synthetic or semi-synthetic polymer with thermo-plastic or thermal characteristics, which can be synthesized from hydrocarbons or biomass. The production of plastic mass exponentially increases with the increase in its application, from 1 million tons in 1945 to over 300 million tons in 2014. Some of the characteristics of plastic arising from the very process of its production can pose a problem in the environment. Its low weight contributes to its spread over very large distances, while at the same time it is resistant to the processes of surface degradation. These characteristics are a consequence of its chemical structure. In many cases, this incoherent hydrocarbon chain structure may be food for a particular type of microorganisms. The plastic is also fragmented into small particles by means of photo-oxidative mechanisms). These small micro particles or nano-particles of plastic can be found in many parts of the environment (water, soil, food) and they very easily pass through the gastrointestinal tract.

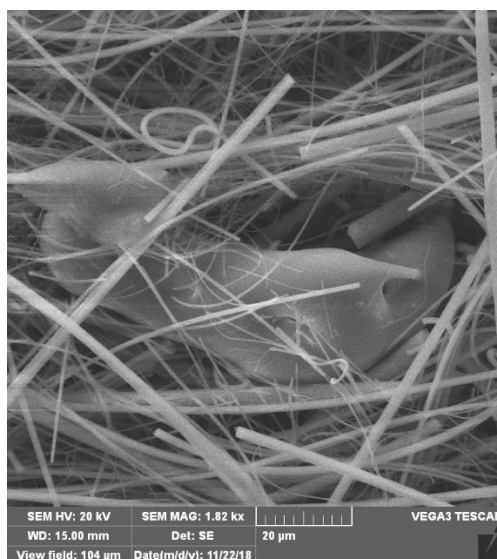
The increase in the production of plastic is also associated with the increased environmental pollution. The first reports date from the early 1970s and they are mainly about the pollution in the world's oceans, and more recently plastic contamination has been reported in freshwater lakes, inland seas, rivers, wetlands and organisms from plankton to whales (and almost all species in-between). With the increased presence of pollution in the external environment, more and more researchers are examining the presence of plastic in various foods. Fish, shells, beer and sea salt are among those most investigated. A study of pollution of tap water with plastic has been conducted at a global level (a total of 159 samples from seven geographic regions, covering five continents).

### **Methodology and results**

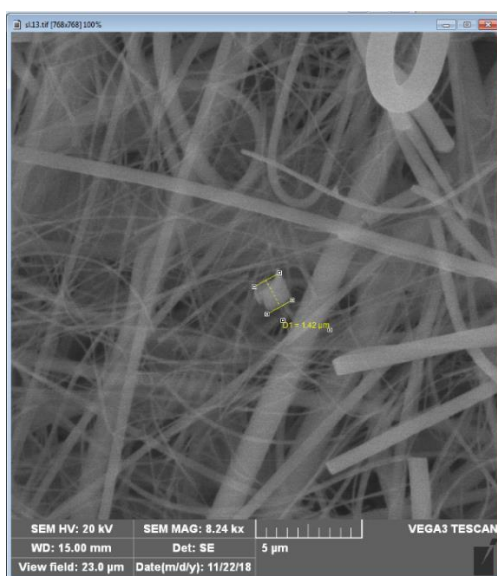
The methodology of work anticipates filtration of bottled water through a fiber filter with filter openings of less than 10 microns, drying of the filter and putting it into the electron microscope chamber.

The electronic microscope is a team TESCAN SEM VEGA3 LMU with an Oxford EDX detector.

The research of such prepared filters shows the presence of particles of nano-plastic with dimensions smaller than 10 microns (Fig. 1 and Fig. 2).



*Fig.1. SEM photograph of nano-plastic*



*Fig.2. SEM photograph of nano-plastic*

## Conclusion

Preliminary investigations of the presence of plastic nano-particles in bottled drinking water in Macedonia with the application of the SEM-EDS method show the presence of plastic particles with dimensions less than 10 microns.

## References

1. Brennecke, D., E. C. Ferreira, T. M.M. Costa, D. Appel, B. A.P. de Gama, and M. Lenz (2015). Ingested microplastics are translocated to organs of the tropical fiddler crab *Uca rapax*. *Marine Pollution Bulletin*, 96, 491-495.
2. Carpenter, E.J. and K. L. Smith (1972). Plastics on the Sargasso Sea surface. *Science*, 175, 1240-1241.
3. Erni-Cassola, G., M. I. Gibson, R. C. Thompson, and J. Christie-Oleza (2017). Lost, but found with Nile Red: a novel method to detect and quantify small microplastics (20um-1mm) in environmental samples, *Environmental Science & Technology*, 51, 13641-13648.

4. Hidalgo-Ruz, V., L. Gutow, R. C. Thompson, and M. Thiel (2012). Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science & Technology*, 46, 3060-3075.
5. Horton, A. A., A. Walton, D. J. Spurgeon, E. Lahive, and C. Svendsen (2017). Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Science of the Total Environment*, 586, 127-141.
6. Kosuth, M., S. A. Mason, and E. V. Wattenberg (2018). Anthropogenic contamination of tap water, beer, and sea salt. *PLOS One*, in review.
7. Liebezeit G. and E. Liebezeit (2014) Synthetic particles as contaminants in German beers. *Food Additives & Contaminants*, 31, 1574-1578.
8. Lusher, A. L., P. C. H. Hollman, and J. J. Mendoza-Hill (2017). Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. No. 615. Rome, Italy.
9. Maes, T., R. Jessop, N. Wellner, K. Haupt, and A. G. Mayes (2017). A rapid-screening approach to detect and quantify microplastics based on fluorescent tagging with Nile Red. *Scientific Reports*, 7, 44501-44511.
10. PlasticsEurope (2015). *Plastics – The Facts 2015: An analysis of European plastics production, demand and waste data*.
11. Renner, G., T. C. Schmidt, and J. Schram (2018). Analytical methodologies for monitoring micro(nano)plastics: which are fit for purpose? *Environmental Science & Health*, 1, 55-61.
12. Schymanski, D., C. Goldbeck, H.-U. Humpf, and P. Furst (2018). Analysis of microplastics by micro-Raman spectroscopy: Release of plastic particles from different packaging into mineral water. *Water Research*, 129, 154-162.
13. Sharma, S. and S. Chatterjee (2017). Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and human health: a short review. *Environmental Science Pollution Research*, 24, 21530-21547.
14. UNEP (2016). *Marine plastic debris and microplastics: global lessons and research to inspire action and guide policy change*. United Nations Environment Programme, Nairobi
15. Van Cauwenberghe, L. and C. R. Janssen (2014). Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environmental Pollution*, 193, 65-70.
16. Yang, D., H. Shi, L. Li, K. Jabeen, and P. Kolandhasamy (2015). Microplastic Pollution in Table Salt from China. *Environmental Science & Technology*, 49, 13622-13627.

## TRANSBOUNDARY CONTAMINATION RISK ASSESSMENT AND MODELLING IN THE DRAVA RIVER FLOODPLAIN

Robert Šajn, Jasminka Alijagić, Győző Jordán, Josip Halamić

Robert Šajn, Geological survey of Slovenia, [robert.sajn@geo-zs.si](mailto:robert.sajn@geo-zs.si)  
Jasminka Alijagić, Geological survey of Slovenia, [jasminka.alijagic@geo-zs.si](mailto:jasminka.alijagic@geo-zs.si)  
Győző Jordán, Applied Chemistry Department, Szent Istvan University, Hungary,  
[gyozojordan@gmail.com](mailto:gyozojordan@gmail.com)  
Josip Halamić, Croatian Geological Survey, Croatia, [josip.halamic@hgi-cgs.hr](mailto:josip.halamic@hgi-cgs.hr)

**Keywords:** potential toxics elements, pollution, alluvial planes, Drava catchment

### Abstract

The water catchment area of the Drava River has been an important area of mining and industrial activities since the ancient times, with highest intensity during the last centuries. Technological innovation and inventions led to very intensive anthropogenic impact, especially in upper part of Drava (numerous mines and smelters in Austria, Italy, and Slovenia) and influenced a chemical composition of floodplains along the entire Valley. In previous research, in Slovenia and Croatia, very high concentrations of potential toxic elements (PTE) such as Pb, Zn, Cu, As, and Cd have been determined. The critically contaminated area covers more than 130 km<sup>2</sup> (Šajn et al, 2011).

The proposed project is a logical continuation of such studies, mainly focused on the Hungarian lower part, since we expect that sizeable parts of Drava floodplains are contaminated with PTE, which are important arable areas. The project provides an excellent opportunity for transnational coordination of research protocols, laboratory procedures as well as design of uniform geochemical dispersion models of PTE contamination in trans-boundary floodplains along the entire Valley. At the same time, a risk assessment in the system soil-plant-food production and potential risk assessment of natural river habitats and wetlands, one of the last refuge places for riparian flora and fauna will be obtained.

In order to model the PTE distribution, the advanced methods of linear and nonlinear mathematical modelling had been applied. Particularly promising are preliminary results after application of artificial neural network (multilayer perceptron) for predicting the change in chemical concentration in the particular area depending on various spatial and climatic parameters, that affect these changes.

Beside the determination of aforementioned trans-boundary impact of PTE, the aim of project is to deliver a coordinated research approach, involving experts active in various disciplines, and consequently to build a large synergistic effect. The joint results will represent an important contribution to regional risk assessment of PTE as well as their dynamics in the food web.

## **SEDIMENT-QUALITY INFORMATION, MONITORING AND ASSESSMENT SYSTEM TO SUPPORT TRANSNATIONAL COOPERATION FOR JOINT DANUBE BASIN WATER MANAGEMENT – SIMONA PROJECT**

**Jasminka Alijagić\***

Geological Survey of Slovenia

\*corresponding author: (jasminka.aliagic@geo-zs.si)

**Keywords:** Danube River Basin, monitoring, sediments, hazardous substances, harmonisation

### **Abstract**

Over the past decades, human activities within the Danube River Basin (DRB) have led to strong changes in the sediment quality. Hazardous Substances (HSs) pollution can cause severe damage to the ecosystems and can have direct effects to the health of the human population. The Joint Danube Surveys (JDS 1 and 2) characterized HSs in the Danube sediment several years ago and they concluded that contaminated sediment with HSs is an existing problem in the Danube River Basin. Most of the DTP countries face serious challenges of the implementation of the HSs concentration monitoring in the surface water sediments as required by the EU Water Framework Directive (WFD) and the 2013/39/EU Directive, due to the lack of harmonized international sediment quality monitoring protocols and procedures. Most of the countries have no experience in sediment quality monitoring because it was not a routinely monitored matrix for any environmental assessment. The lack of relevant experience is particularly soaring in the transnational DRB where contamination propagation is often a transboundary problem.

Stemming from the above facts there is a territorial need in all the Danube Transnational Programme (DTP) countries to build and sustain a DRB-wide harmonized transnational sediment quality monitoring network in order to mitigate hazardous substances water pollution. Fundamentally, Danube countries need help in solving this task in a harmonized way. Moreover, DTP countries have different existing national methodologies and legislative frameworks (EU and non-EU members) for water quality assessment and monitoring. The availability of DTP countries' relevant technological capacities and resources for sediment quality monitoring implementation differs a lot. The most suited way to build a harmonized sediment quality monitoring network is a transnational cooperation to share the Danube-wide knowledge represented by the experience of SIMONA partnership in order to establish the protocols, tools, services and skills. the SIMONA project delivers 'ready-to-deploy' transnationally harmonized protocols and the SIMONA-tool to support the RBMPs in DTP countries that may serve as a basis for assessing the strategic quality of transnational cooperation projects.

The SIMONA partnership has 17 full partners (11 ERDF, 4 IPA, and 2 ENI) and 12 ASPs, which is strongly balanced and representative of the almost whole geographic Danube River Basin from the following countries: Austria, Bosnia and Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Germany, Hungary, Moldova, Montenegro, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia and Ukraine.

## THE CONDITIONS OF THE WATER INFLOW IN THE PIT „ŠUTA RASOVAČA“, THE LEAD/ZINC ORE deposit „LECE“, AND APPLIED SYSTEM OF DEWATERING

Vaso Kitanović<sup>1</sup> Bsc geol., Zoran Popović, dipl.ing.geol., Ljiljana Popović<sup>2</sup> dipl.ing.geol.

<sup>1</sup>) Lece Mine, Božidara Stojanovića 1, Medveđa, e-mail: kitanovic.vaso@gmail.com

<sup>2</sup>) Geološki zavod Srbije, Rovinjska 12, Beograd, e-mail: zoran.popovic@gzs.gov.rs

**Key words:** inflow, drainage, mine water

### Extended Summary

#### A brief description of the objectives

The Lece mine is located in the SE part of the Lece andesitic massif, on the southeast slopes of the Radan Mountain and belongs to the Territory of the Medvedja municipality. The exploitation field covers a surface of 12.5 km<sup>2</sup>. The deposit of lead and zinc within the exploitation field of the Lece mine is consisted of three ore structures: Šuta Rasovača, Jezerina 1 and Jezerina 2 that have been intensively exploited since 1953.

The area of deposit is mainly constructed from the andesitic rock complex of Tertiary age in which is formed a fracture aquifers. In the cave corridors, made up to a depth of 300 m, appears an influx of groundwater with a higher or lower intensity depending on different factors.

In the cave horizons that have a constant inflow of groundwater, a drainage system has been established.

The topic of this article is to show up, on the example of the „Šuta Rasovača“ cave, the primary factors that have the influence to the water inflow in the lead and zinc deposits, such as: geotectonic conditions, lithologic composition, fault structures and problems of dewatering of the cave Šuta Rasovača. The ore bodies are deposited in the subvertical fault structures that are mainly related to the quartz breccias, quartz andesite breccias, andesitic breccias and altered zones of pyroclastic rock. Over fault structures, the hydraulic connection is realized with surface waters, and the faults represent the main ways of groundwater movement.

#### Methods

Data of the geological composition of the terrain, spatial position and distribution of ore, structural geological characteristics, recharge, groundwater flow and discharge, quantitative groundwater regime and groundwater quality have been obtained through basic and detailed geological explorations: geological and hydrogeological mapping of the terrain surface and directly in the cave (narrow of mine, floor and digging ore space in the mine), exploratory drills (vertical and boreholes) with core sample mapping, geochemical and hydrochemical investigations as well as through monitoring of the water pumping rate from the pit.

#### The results

**Hydrogeological characteristics:** The lead/zinc ore deposit Lece is mainly formed of andesite, dacite and pyroclasts (breccias and tuffs), and in these rocks a fracture type of aquifer is formed.

Aquifer is formed within fault zones and fractured rock systems, along which water from the surface of the terrain infiltrate to the cave works.

Permeability is not the same in all parts of this rock complex and depends on the degree of fracturing and the backfilling of the fractured rock systems by decomposition products and chemical waves.

Along this fractured rock systems, filled with compact and homogeneous silica, the circulation of groundwater is prevented.

The main influx of groundwater in cave galleries occur along the fault structures that are filled with quartz, quartz-andesite and andesite breccias, which are also carriers of the ore mineralization.

The ground water level is not continuous, and it is found at different levels that was determined during the construction of cave halls. The position of the groundwater level is at the level of the horizons -100 and -170.

During the construction and development of the cave halls, the groundwater inflows were initially up to 20 l/s, and after a certain period it was stabilized at around 7 l/s.

In the cave halls, water appears in the form of a concentrated and diffuse outflow from the hips and bottom of the cave corridors as well as leaking from the ceiling of the corridor. Concentrated water inflow is from 0.01 l / s to 2 l / s and the highest water inflow is recorded on the horizon -222 in an amount of about 4 l / s.

Considering that the rock boundary of the volcanogenic complex and crystalline schists is several hundred meters below the current level of the lowest cave works, due to the numerous fractured, fault and ore structures, with subvertical position. During the deepening of the cave, the increased ground water inflow can be expected even below the currently lowest horizon at -222.

The basic form of the ground water recharge is happening thanks to the infiltration of the meteoric water from precipitation and bed infiltration of water from the Lecka River which flows over the cave works.

The area of the higher parts of the ore deposits is drained by Lecka and Gajtanska Reka, which originate from several springs of low yields that dry during the dry season of the year. On the surface of about 12.5 km<sup>2</sup> how the exploitation field of the Lece mine is exploited, deepening of the deeper parts is done by expelling the water into the cave rooms, with a total length of 35 km of corridors and 5.1 km to the narrowest explorations up to the lowest horizon -222, at an angle of 310.4 m.

Based on the results of the hydrochemical tests, it is about thermomineral waters with mineralization of 2.44 gr / l and temperature from 25 to 27 ° C. On the basis of content, macrocomponents of water are sulphate classes of calcium group. According to the pH values, they are acidic (pH-5.61) and are hard water (71.3 ° dH) and have an electrical conductivity of 1600 μS / cm.

Minerals (46.9 to 47.7 mg / l), cobalt (0.34 to 0.36 mg / l), nickel ( 0.28 to 0.29 mg / l), zinc (1.02 to 1.14 mg / l), strontium (4.72 to 4.76 mg / l), aluminum (0.34 to 0.38 mg / l), boron (0.85 to 19.7 mg / l). Gases in the water have not been tested, but it is evident that they exist because bubbles appear at the points of water leakage. The content of SiO<sub>2</sub> (29.3 to 35.3 mg / l) indicates the circulation of water through andesite. Hydrochemical type of water is represented by the formula of Kurlov:

$$M_{2,44} \frac{SO_{95,9}^4}{Ca_{53,7}Mg_{24,7}Na + K_{21,5}} t_{25.4^\circ C} Q_{0,2l/s}$$

According to the physical chemical characteristics of the mine water there is no harmful effect on human and equipment.

**Applicated caving drainage system** - The drainage system of „Šuta Rasovača“ is based on the acceptance of the flow of mine waters by the construction of a canal and gravity discharge of water to temporary special functioned halls, which are made in the hollows of the main cave halls, lower than the horizon -170. These water pumps are equipped with portable electric pumps of type Flygt and Weda (Figure 1).



Figure 1. Temporary water halls with portable electric pumps

Through vertical windows to which individual mining horizons are connected, pressure pipelines are mounted and water is shifted several times from one horizon to another. On the mine horizon -170, a stationary main water tank was constructed, by which all pumped water from the cave was directed. On the main water supply system, two multistage centrifugal pumps of the type VPNR, 250 kW each, are installed to pump water to the surface of the ground.

Data on the quantity of pumped water (current and cumulative flow) from the pit are registered continuously using an ultra-sound flow meter mounted at the pit outlet. According to measurements of the quantity of pumped water in the extremely dry periods, the inflow of groundwater into the pit is up to 5 l / s, while in periods with several days of rainfall and after snow melting, the maximum inflow of water is up to 25 l / s.

**Treatment of the overpumped ground water from the cave** - Drained water from the main water drain is pumped into a concrete channel that is built along the exit hall of the pit and further to the concrete basins (3 pools) at the exit from the pit. Through these three pools, pumped water circulates and releases suspended material. The dipped material (sludge) in the basins is carried by a moving centrifugal pump on the stroller, sucked in and pumped into the so-called. transports the tank to the temporary landfill where it is ejected and then reloads into the truck and transports it to the flotation pit for processing.

Part of the water from the pool is discharged into the Lecka River after deposition of concrete in concrete pools, and part of the water is taken to the fourth pool covered with a concrete slab.



From it, water is pumped into two pools on a nearby hill, from where it is gravitated to a pit where it is used for technical purposes (for a handheld hammer, ..).

### **Conclusion**

According to the data on the average annual quantity of pumped water ( $V = 252.288 \text{ m}^3$ ) and annual production ( $P = 155.000 \text{ t}$ ), the size of the water-mobility coefficient ( $K = V / P$ ) for the Šute Rasovača pit is 1.62. According to the M.Sirovatka classification, the lead deposit of zinc ore Lece belongs to the class of poorly deposited deposits ( $K = 0.5$  to  $2$ ).

The influx of groundwater into the pit is influenced by both natural and artificial factors. From the primary natural factors of drainage can be distinguished: infiltration of water from atmospheric deposits into mining works, geological structure and tectonics and hydrogeological conditions.

The basic structural characteristic of the area of deposits of lead and zinc called Lece, is represented by powerful and long fractured zones filled with breccia material, composed of quartz and surrounding silicified and kaolinized andesite. Delivery route of the fractured zones is mainly SSZ-JJI. In these cracked systems, several local aquifers were formed with favorable filtration characteristics. The almost vertical position of these structures allows the circulation of infiltrated water from precipitation and the water outflow from the river to deeper parts of the Andesite massif. Crossing these cracks with the cave halls, leads to water discharge into them.

This is confirmed by the fact that with the increase in the depth of exploitation, the inflow amount of the mine water does not decrease, but vice versa, it increase.

In addition to the mentioned natural factors, artificial factors are important too, in terms of the water inflow : the dimensions of mining corridors, the dimensions of the contour of the exploitation field, the depth of exploitation, the slope of mining works, exploration works of drilling (total length of wells about 17 km) and the manner of exploitation (use of explosives during excavation). In that case, all these works enable the connection of fractured systems and the connection of water to mining works from different levels.

It is a general assessment that the conditions of the water inflow in the pit Lece, with the deposits of the lead-zinc ore are favorable and they do not significantly affect to the performance of the work as well as the stability of the working environment in the pit.

The drainage system in the Šuta Rasovača cave with existing hydromashine equipment is designed so that in addition to regular inflows of groundwater ( $5$  to  $25 \text{ l / s}$ ), it can accept and evacuate the increased inflow of water and in the practice so far proved to be efficient.

By extending the cave works and creating new facilities (water collectors and channels), it is possible to accomplishe the connection with the already existing drainage system and in this way to provide the corresponding protection of the working environment.

### **Literature**

1. Popović, Z., & Popović Lj., (2019): Annex of the project - Preparation of the basic hydrogeological map sheet Leskovac 1: 100.000, Geological Survey of Serbia, Belgrade
2. Radisavljević, N., (2018): Elaborate on resources and reserves of ore, zinc and related metals ore in the Lece deposit near Medveđa-Geosfera, 2018. Belgrade

## ZNAČAJ IZBORA GEOMEHANIČKIH PARAMETARA ZA GEOTEHNIČKE PRORAČUNE

**Dr sc. Kenan MANDŽIĆ, vanr. prof., Dr sc. Adnan IBRAHIMOVIĆ, vanr. prof., Dr sc. Enver MANDŽIĆ, prof. emeritus**

Dr sc. Kenan MANDŽIĆ, vanr. prof., RGGF Tuzla, kenan.mandzic@untz.ba

Dr sc. Adnan IBRAHIMOVIĆ, vanr. prof., RGGF Tuzla, adnan.ibrahimovic@untz.ba

Dr sc. Enver MANDŽIĆ, prof. emeritus, ANU BiH

Korespondent: [kenan.mandzic@untz.ba](mailto:kenan.mandzic@untz.ba)

**Ključne riječi:** geomehanika, geotehnika, geomehanički parametri.

### Sažetak

Osnovu svih geotehničkih proračuna predstavljaju ulazni parametri koji se definišu provođenjem geomehaničkih istraživanja i ispitivanja. Sva ispitivanja za sanaciju klizišta ili izgradnju objekata, počinju sa geološkim i inženjerskogeološkim istraživanjima, koja deskriptivno prikazuju uslove u i na terenu. S obzirom da geotehnički proračuni podrazumjevaju definisanje brojčanih vrijednosti nekog parametra (faktora sigurnosti, nosivost, slijeganja), sam deskriptivni prikaz materijala ne može dati osnovu za izvođenje proračuna. Zbog toga, geomehanika predstavlja sponu između inženjerske geologije i geotehnički proračuna, kao dijela geotehnike. Definisane fizičko-mehaničkih parametara materijala, odnosno definisanje geomehaničkih karakteristika materijala, predstavlja osnovu za provođenje proračuna u geotehnici. U radu su razmatrani problemi pravilnog određivanja, kroz vrstu i način laboratorijskih ispitivanja, i utvrđivanja geomehaničkih parametara, kao dominantnog uticajnog faktora na rezultate geotehničkih proračuna. Osnovni motiv za ovaj rad su rezultati pojedinih geotehničkih proračuna koji se mogu naći u brojnim studijama i drugim geotehničkim dokumentima, a posljedica su neadekvatnog utvrđivanja i usvajanja ulaznih parametara za geotehničke proračune.

## THE IMPORTANCE OF GEOMECHANICAL PARAMETERS SELECTION FOR GEOTEHNICAL CALCULATION

**Dr sc. Kenan MANDŽIĆ, vanr. prof., Dr sc. Adnan IBRAHIMOVIĆ, vanr. prof., Dr sc. Enver MANDŽIĆ, prof. Emeritus**

Dr sc. Kenan MANDŽIĆ, vanr. prof., RGGF Tuzla, kenan.mandzic@untz.ba  
Dr sc. Adnan IBRAHIMOVIĆ, vanr. prof., RGGF Tuzla, adnan.ibrahimovic@untz.ba  
Dr sc. Enver MANDŽIĆ, prof. emeritus, ANU BiH  
Corespondent: [kenan.mandzic@untz.ba](mailto:kenan.mandzic@untz.ba)

**Key words:** geomechanics, geotechnics, geomechanical parameters

### Summary

The basis of all geotechnical calculations are input parameters that are defined by conducting geomechanical research and testing. All the testing for landslide remediation or construction of buildings begins with geological and engineering geological research, which descriptively presents the conditions in and on the field. Since geotechnical calculations imply the definition of numerical values of a parameter (safety factor, bearing capacity, settlement), the descriptive representation of a material cannot provide the basis for calculation. Because of this, geomechanics represents the link between engineering geology and geotechnical calculations, as part of geotechnics. The definition of the physical-mechanical parameters of the material, i.e. the determination of geomechanical characteristics of the material, is the basis for carrying out the calculation in geotechnics. The paper considers the problems of proper determination, thru the type and the way of laboratory testing, and the determination of geomechanical parameters, as a dominant influence factor on the results of the geotechnical calculations. The main motive for this paper are the results of geotechnical calculations that can be found in numerous studies and other geotechnical documents, and are the consequence of inadequate determination and adoption of input parameters for geotechnical calculations.

### References

1. BAS EN 1997-1:2017; BAS EN 1997-2:2017 (2017), Institut za standardizaciju BiH
2. BAS CEN ISO/TS 17892-10:2009; BAS CEN ISO/TS 17892-9:2009 (2009); Institut za standardizaciju BiH
3. Ćorić, S., (2006): Geostatički proračuni, Rudarsko – geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd
4. Giani, G., P., (1988): Rock Slope Stability Analysis, Balkema, Rotterdam
5. Gjetvaj, V., Znidarčić, D., Nossan, A., S., Popović, N., (2009): Increase of Slope Stability with Time by Drilled Drains, Proceedings of the 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Alexandria, Egypt, pp. 1714 – 1717
6. Ibrahimović A., Mandžić K., (2013): Sanacija klizišta, d.o.o. Mikroštampa, Tuzla
7. Maksimović M., (2014): Mehanika tla, AGM knjiga, Beograd
8. Mandžić E., (1977): Mehanika tla, RGGF, Tuzla
9. Mandžić E., (2000): Inženjersko geološki procesi, Autorizovana predavanja, Postdiplomski studij geologije, Rudarsko-geološko-građevinski fakultet Tuzla, Tuzla,
10. Mandžić, E., Mandžić, K., Ibrahimović, A., (2011): Geotehnički i geodetski aspekti istraživanja klizišta u škriljcima, Zbornik radova 4. Naučno-stručnog savjetovanja: Geotehnički aspekti građevinarstva, Zlatibor, Srbija, str. 261 – 266

11. Memarian, H., (1992): Engineering Geology and Geotechnics, Teheran University Press, Teheran
12. Mitrović P. (2014): Sanacija klizišta i nedovoljno nosivog tla, AGM knjiga Beograd-Zemun, Beograd
13. Najdanović N., Obradović, R., (1981): Mehanika tla u inženjerskoj praksi, Rudarski institut beograd, Beograd
14. Nonveiller, E., (1981): Mehanika tla i temeljenje građevina, Školska knjiga Zagreb, Zagreb
15. Nonveiller, E., (1987): Kliženje i stabilizacija kosina, Školska knjiga Zagreb, Zagreb
16. Ortigao J.A.R., Sayao A.S.F.J., (2004), Handbook of slope stabilisation, Springer-Verlag, Berlin
17. Selimović, M., (2000): Mehanika tla i temeljenje, Dio I Mehanika tla, Građevinski fakultet Univerziteta „Džemal Bijedić“ u Mostaru, Mostar
18. Selimović, M., (2000): Mehanika tla i temeljenje, Dio II Temeljenje, Građevinski fakultet Univerziteta „Džemal Bijedić“ u Mostaru, Mostar
19. Terzaghi, K., (1972): Teorijska mehanika tla, Naučna knjiga Beograd, Beograd
20. Terzaghi, K., Peck, R., B., Mesri, G., (1996): Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley and Sons, Inc., New York

## INŽENJERSKOGEOLOŠKE I GEOTEHNIČKE KARAKTERISTIKE KLIZIŠTA U NASELJU LIPOVICE, OPĆINA KALESIJA

Jasenko Čomić<sup>1</sup>, Aida Hrustić<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mr.sc.JASENKO ČOMIĆ, dipl.inž.geol., Georad d.o.o.Tuzla, [jasenkocomic@gmail.com](mailto:jasenkocomic@gmail.com)

<sup>2</sup> AIDA HRUSTIĆ, dipl.inž.građ., Georad d.o.o.Tuzla

**Ključne riječi:** amfiteatarskog oblika, stepenom stabilnosti, hipsometrijski drenira površinske vode, denivelacijom puta

### Sažetak

U naselju Lipovice u općini Kalesija, nalazi se veoma velika padina amfiteatarskog oblika koja se odlikuje različitim stepenom stabilnosti i zapadnom ekspozicijom. U maju 2014 godine u toku elementarnih nepogoda aktivirano je veće klizište koje je uticalo na oštećenje asvaltnog puta sa presjecanjem putne komunikacije naselja Lipovice-Meškovići. U središnjem dijelu aktiviranog klizišta upotpunosti je uništen objekat mekteba, te ugrožavanje i oštećenje više individualno stambenih objekata (stare i novije) gradnje skoncentrisanih u čeonj i središnjoj zoni klizišta. Nakon aktiviranja klizišta u organizaciji općine Kalesija provedene su hitne interventne sanacione mjere koje su se ogledale u regulisanju i evakuaciji površinskih, oborinskih i fekalnih voda sa izradom otvorenih plitkih zemljanih kanala. Zbog prisutnog ujezeravanja i haotične isprekidane zavodnjivosti kliznog tijela, izvedeno je više koncentrisanih plitkih kanala preko tijela klizišta u središnjem dijelu sve do prirodnog usječenog kanala koji gravitaciono hipsometrijski drenira površinske, fekalne vode prema tzv. "Jovan potoku". Jovan potok predstavlja kolektor, drenirajući sve površinske i fekalne vode sa šireg područja. Usljed deficita masa, dio oštećenog, smaknutog puta u dužini od oko 60 m, nasipanjem drobljenog krečnjačkog materijala uspostavljena je putna komunikacije naselja Lipovice-Meškovići. Pomenuti put okomito presjeca pružanje padine tj aktivirano klizište. Nakon izvedenih interventnih sanacionih mjera primjetna su reaktiviranja pojedinih dijelova klizišta sa denivelacijom trupa puta, premještanje, naguravanje koluvijalnog materijala i formiranje "trbuščastog" ispupčenja u središnjem dijelu klizišta. Interventno izvedeni propust ispod puta i plitko kopani drenažni kanali, vremenom su zarasli vegetacijom i zatpani čime je spriječena prohodnost istih. Geomehaničkim ispitivanjima u središnjem dijelu klizišta (bušotine B3,B4,B7,B9), utvrđena je višefazna aktivnost klizišta. Ustanovljen je visok nivo pojave vode (PV) i visok nivo (NV) mjerenjem nakon 24,48 h od izvršenog bušenja. Evidentirana je velika zavodnjivost pokrivača, bubrenje glina u gornjim horizontima pokrivača, stezanje bušotine tj obrazovanje klizne plohe kroz višefazno kretanje materijala preko geološkog supstrata. Dio amfiteatarske padine sa prosječnim nagibom do 12° (ako se izuzmu lokalna odstupanja) gdje se nalazi predmetno aktivirano klizište u istražnom obuhvatu na površini od 5 ha, trenutno ugrožava 12 individualno stambenih kao i više pomoćnih objekata koji su generalno skoncentrisani u čeonj i središnjoj zoni klizišta, dok se u nožičnom dijelu klizišta nalaze u razuđenom odnosu. Klizište je razvijeno od hipsometrijski nožičnog dijela padine tj. lokalnog potoka do vrha grebena (vododjelna zona), dužine 521,78 m i širine 60,0 m u središnjem dijelu (saobraćajnice zahvaćene klizištem). U svrhu izrade Geotehničkog elaborata, koji će

predstavljati osnovu za projektovanje sanacije u okviru istražnog obuhvata, izvršeno je geomehaničko bušenje (10) bušotina. Na osnovu utvrđenih inženjerskogeoloških, hidrogeoloških, geotehničkih, endogenih i geodinamičkih procesa izrađena je inženjerskogeološka karta u razmjeri (1:500) sa rejonizacijom terena prema stepenu stabilnosti, bonitetni listovi individualno stambenih objekata sa svim relevantnim podacima. Date su preporuke i uslovi načina sanacije nestabilnog i uslovno stabilnog terena.

**Key words:** amphitheater form, degrees of stability, hipsometrically drains the surface water, denivelation road

### **Abstract**

In the suburbs of Lipovice in the borough of Kalesija, there is a very large slope of the amphitheater, characterized by different degrees of stability and western exposure. In May 2014, major landslides were activated during the course of the elemental disasters, which affected the damage of the asphalt road with the interruption of the road communication between suburbs of Lipovica and Meškovići. In the central part of the activated landslide, the complete structure of the maktab was destroyed, and the endangering and damaging several individually residential buildings (old and newer) of buildings concentrated in the front and central zone of the landslide. After the activation of the landslide in the organization of the Kalesija municipality, emergency interventional sanction measures were implemented which were reflected in the regulation and evacuation of surface, precipitation and faecal water with the creation of open shallow canals. Due to the present movement and the chaotic intermittent sedimentation of the sliding body, more concentrated shallow channels were performed through the body of landslides in the central part to the natural cut-off channel that gravitationally hipsometrically drains the surface, faecal water to the so-called. "Jovan Creek". The Jovan stream represents a collector, draining all surface and faecal waters from the wider area. Due to the mass deficit, part of the damaged, collapsed road in the length of about 60 m, the passageways of Lipovice-Meškovići settlements were established by filling crushed limestone material. The mentioned route vertically cuts the slope, which means an activated slide. After the performed interventional sanitary measures, reactivation of certain parts of the landslide with the denivelation of the trunk of the road, the displacement, the augmentation of the coluil material and the formation of "abdominal" protrusions in the central part of the landslide are noticeable. The intervening gap underneath and the shallow drainage drainage channels, over time, have been vegetated and clogged, thus preventing their passage. Geophysical surveys in the central part of the landslides (wells B3, B4, B7, B9) revealed multiphase activity of landslides. A high water level (PV) and high level (NV) level was established by measuring after 24.48 h after drilling. The high coverage of the cover, clay swelling in the upper horizons of the cover, the tightening of the borehole, ie the formation of the sliding surface through the multiphase movement of the material through the geological substrate has been noted. Part of the amphitheatrical slopes with an average slope of up to 12 ° (excluding local deviations) where there is an activated sloop in the exploration area of 5 hectares is currently endangered by 12 individual dwellings as well as more auxiliary facilities that are generally concentrated in the central and central zone landslides, while in the blade part of the landslides are in a razed relationship. The slope is developed from the hipsometric slope of the slope, ie the local stream

to the top of the reef (water zone), 521.78 m long and 60.0 m wide in the central part (clogged traffic road). For geotechnical drilling (10) boreholes, the Geotechnical Survey, which will serve as the basis for the design of rehabilitation within the exploration area, was performed. Based on the established engineering geological, hydrogeological, geotechnical, endogenous and geodynamic processes, an engineering geological map was made in the scale (1: 500) with the reanimation of the terrain according to the degree of stability, the prudential sheets of individual housing units with all relevant data. Recommendations and conditions for remediation of unstable and conditionally stable terrain are given.

### **Reference**

1. Nonveiller, E., 1987.: Kliženje i stabilizacija kosina, Školska knjiga, Zagreb.
2. Rokić LJ. 2011; Fizička geologija, Nacionalna i univerzitetska biblioteka COBISS BiH –ID 19008006
3. Mihalić, S., 2007.: Osnove inženjerske geologije, (Interna skripta), RGN fakulteta, Zagreb

## **GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA KAO PREDSTUDIJA ZA IZRADU URBANISTIČKIH PLANOVA NEKAD I SAD**

**Mr Petar Begović, dipl.inž.geol, Branko Ivanković, dipl.inž.geol., Prof. dr Aleksej Milošević,  
dipl.inž.geol.,**

**Ključne riječi:** Geološke podloge, urbanističko planiranje, geološka istraživanja, geološki uslovi za planiranje prosotora

### **Abstrakt**

Područja koja su kompromitovana savremenim geološkim procesima i pojavama, predstavljaju izazov za Urbanističko planiranje. Geološka faza u planiranju tih područja predstavlja jednu od najvažnijih analiza od koje zavisi realizacija plana i njegova izvodljivost. Da bi se moglo pristupiti pravilno tj. optimalno ka izradi geoloških podloga u Urbanističkim planovima neophodna su određena geološka istraživanja koja bi bila usmjerena ka definisanju geoloških karakteristika terena u širem smislu.

Za potrebe izrade Urbanističkog plana Banjaluke izvršena su obimna geološka istraživanja kako bi se definisale sve relevantne geološke karakteristike terena na osnovu kojih su postavljene smjernice tj. uslovi za planiranje i izgradnju područja koja su pokrivena Urbanističkim planom. Sadašnja praksa izrade Urbanističkih planova ne predviđa izvođenje geoloških istraživanja na nekom području. Geološke faze se svode na formalnu fazu jer se ne ostavlja dovoljno budžeta ni vremena za provođenje adekvatne analize. Zbog toga često imamo planska rješenja u suprotnosti sa stanjem na terenu, što planska odnosno tehnička rješenja čini preskupim i neizvodljivima, a planove je nemoguće realizovati pa se postavlja pitanje kome trebaju takvi planovi.



## REZULTATI GEOLOŠKIH I GEOTEHNIČKIH ISTRAŽIVANJA ZA NIVO GLAVNOG GRAĐEVINSKOG PROJEKTA REGIONALNE DEPONIJE „KALENIĆ” – I FAZA GRADNJE

Dragana Savic<sup>1</sup>, Petar Isaković<sup>2</sup>, Dejan Živković<sup>1</sup> Dejan Nikolić<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>) Georing Group, Beograd, SRBIJA, e-mail: [d.savic@georing.rs](mailto:d.savic@georing.rs), [d.zivkovic@georing.rs](mailto:d.zivkovic@georing.rs)  
[d.nikolic@georing.rs](mailto:d.nikolic@georing.rs)

<sup>2</sup>) Enviro System, Bulevar Kralja Aleksandra br. 300/15, 11000 Belgrade, SRBIJA,  
[petar.isakovic@enviro-system.rs](mailto:petar.isakovic@enviro-system.rs)

**Keywords:** Municipal Waste, Municipal Waste Landfill, Open Pit Mine, Geological Exploration, Reclamation

### Summary:

The planned location for the regional municipal waste landfill „Kalenić” is situated on the territory of the municipality of Ub and Lajkovac and sanitary disposal of non-hazardous municipal waste in eleven cities and municipalities is predicted by its construction. The planned location is defined by the General Regulation Plan of Area of TPP „Kolubara B”, at the site of a former opencast mine „Tamnava – West Field” of Kolubara mining basin in the southern zone of General Regulation Plan. This is the best of three alternative locations for the establishment of a regional center. The paper presents a detailed surveys done in order to consider the geological, geotechnical and hydro-geological characteristics and settings of the intended location for the construction of a regional landfill „Kalenić”, and for the purposes of the Main Project.

## GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA ZA IZGRADNJU TS LEMUGUR U TANZANIJI

**Prof.dr.sc. Ermedin Halilbegović, dipl.ing. geol.**

Internacionalni Univerzitet Travnik u Travniku, ehalilbegovic@yahoo.com

**Ključne riječi:** istraživanje, trafostanica, geološki uslovi, fundiranje, stabilnost, ispitivanje

### **Sažetak**

Radi potrebe izgradnje nove TS 400/220/60 kV Lemugur u Tanzaniji izvedena su geotehnička istraživanja i ispitivanja terena. Program istraživanja je napravljen od strane Energoinvesta, dd Sarajevo, a istražne radove je izvela firma Geounit, Dar es Salaam-Tanzanija. Istražni radovi su obavljani u periodu decembar 2018. - mart 2019. godine. U radu se daju rezultati provedenih istraživanja i ispitivanja.

Terenski rad je uključivao bušenje bušotina, izvođenje opita SPT-a u bušotinama, laboratorijsko ispitivanje uzoraka tla i stijena, izradu raskopa te ugradnju piezometara. Obzirom na gabarite TS Lemugur (600 x 400m), ukupno je izbušeno četrdeset (40) bušotina i iskopano je deset (10) probnih jama. Dubina bušenja za bušotine kretala se od 6m do 15m. Probne jame su iskopane na dubini između 2.1m i 4.3m, a uzorci su uzeti iz tla i stijena. U dvije istražne bušotine su ugrađene pijezometarske konstrukcije, mada tokom bušenja ni u jednoj bušotini nije konstatovana podzemna voda.

Područje za predloženu TS nalazi se unutar aluvijalnih naslaga tla rijeke Mbuga. Na osnovu istražnog bušenja izdvojene su tri geotehničke sredine i to:

- I geotehnička sredina: Tamno siva šljunkovito prašnasta glina CLAY (Black cotton soil – crno pamučno tlo, lokalni izraz za ovu sredinu). Ona se kontinuirano prostire na čitavoj TS i njena debljina se kreće od 1,4 – 2,5m. Obzirom na veoma loše karakteristike ovaj material je u potpunosti potrebno ukloniti-skinuti.
- II geotehnička sredina: Žućkasto sivi pjeskoviti prah (SILT). Ona se kontinuirano prostire na čitavoj TS i njena debljina se kreće od 1,2 – 8,5. Ova geotehnička sredina je bitna jer je u istoj će biti fundirani svi objekti TS (komandna zgrada, aparati, portali te transformatori).
- III geotehnička sredina - supstrat: Vulkanske stijene VOLCANIC ROCK – bazalti.

Uzorci iz bušotina i jama su ispitivani u laboratoriji za mehaniku tla Univerziteta u Dar es Salamu. Tlo na lokalitetu ima više od 80% sitnih čestica, koje se generalno karakterišu kao fini materijali. Ispitivanjima je ustanovljeno da tla imaju vrlo visoku do ekstremno visoku plastičnost, te stoga ne ispunjavaju zahtjeve kao materijali za nasipanje.

Hemijska ispitivanja tla na sulfate i hloride ne pokazuju nikakve naznake o agresivnim karakteristikama.

Na osnovu istraživanja terena preporučuje se da se izvrši plitko temeljenje objekata TS Lemugur. Dozvoljeni pritisak podloge od 150kPa usvojen je na nivou temelja između 1.5 -1.8m ispod nivoa formacije -nakon uklanjanja crnog pamučnog tla.

**Reference:**

1. Geotechnical investigation Report for the proposed substation at Lemugur in Arusha, GEOUNIT TANZANIJA
2. Petrographic Analysis Report, University of Dar es Salaam

## UTICAJ AKUMULACIJE ZAOVINE NA KLIZIŠTE „MANDIĆI“

Danijela Božić, dipl.ing.geologije, Marijana Petrović, master ing.geologije

JP Elektroprivreda Srbije, Beograd, Serbia, e-mail:

[danijelabožic1976@gmail.com](mailto:danijelabožic1976@gmail.com); [marijanapetrovic3@gmail.com](mailto:marijanapetrovic3@gmail.com);

**Ključne reči:** klizište, akumulacija, Zaovine, stabilizacija, sanacione mere

**Key words:** landslide, Zaovine lake, stabilization, repair works

### Sažetak

U radu je prikazano trenutno stanje klizišta „Mandići“ na planini Tara, mogućnost stabilizacije i njegov uticaj na dalji rad RHE „Bajina Bašta“. Autori imaju za cilj da prikažu predlog stabilizacije klizišta kojim bi se uskladili interesi JP Elektroprivrede Srbije sa potrebama meštana da ovaj prostor koriste u rekreativne i druge svrhe, pridržavajući se aktuelnih Zakona i Pravilnika RS Srbije. Za potrebe proizvodnje električne energije, krajem marta meseca 2019. god, izazvalo se naglo spuštanje nivoa akumulacije Zaovine sa kote 871 mnm do kote 831 mnm. Spuštanjem nivoa, do tada umireno klizište ponovo je aktivirano. Imajući u vidu da je teren istražen u dovoljnom obimu prethodnim geološkim istraživanjima, postavlja se pitanje da li bi se novim promenila dosadašnja slika uticaja akumulacije Zaovine na klizište „Mandići“.

### Summary:

This paper shows current state of „Mandici“ landslide on mountain Tara, the possibility of stabilization and it's influence on further functioning of Reversible Hydroelectric Power Plant „Bajina Basta“. The authors goal is to portray the idea of stabilizing this land slide to tailor the interests of Electric Power Industry of Serbia with the need of local citizens to use this space in recreational and other purposes while upholding the current law and policy of Republic of Serbia. By the end of March in 2019 the sudden drop in Zaovine water level from 871 meters to 831 meters above sea level is what caused the activation of „Mandici“ landslide. This water level drop activated the landslide again. This terrain was already examined by previous geological expeditions so the question remains: would some new research somehow change the image of the landslide and it's influence on Zaovine water level?

## ZNAČAJ PRIMJENE GEOTEHNIČKIH STANDARDA (EUROCODE 7 I 8) U RADOVIMA REKONSTRUKCIJE SAVSKOG NASIPA

Despotović Dragan, dipl. ing. geol.

Inspektorat RS; [drdespa@yahoo.com](mailto:drdespa@yahoo.com)

**Ključne riječi:** održavanje i rekonstrukcija Savskog nasipa, strukturno-geološke karakteristike terena, seizmičnost terena, aktivna klizišta na nasipu, sanacija klizišta, geomehanička stabilnost nasipa, geotehnička istraživanja sa geofizičkim metodama ispitivanja,

### Sažetak:

Tokom projektovanih radova rekonstrukcije Savskog odbrambenog nasipa na plavnom području Gornja Sava došlo je do pojave aktivnih klizišta na njegovim površinama. Zbog učestalosti pojavljivanja, karakteristika I negativnog uticaja aktivnih klizišta na konstrukciju-sklop nasipa ovaj njegov dio proglašen je kritičnim segmentom. U radu su prezentovane opšte geološke, inžejerskogeološke, hidrogeološke, strukturno-geološke I seizmičke karakteristike plavnog područja Gornje Save kojem pripada trasa Savskog nasipa. Dat je osvrt na karakteristike “starog nasipa” na kojem su obavljani radovi nadvišenja. Prezentovane su registrovane deformacije na površinama nasipa tokom redovnog održavanja u periodu od 2008. godine. Rad sadrži osnove radova rekonstrukcije (nadvišenja) Savskog nasipa i dijelove Glavnog projekta rekonstrukcije date u vodopravnom aktu. Izvršena je analiza realizovanih radova nadvišenja Savskog nasipa sa osvrtom na neophodnost valorizacije materijala iz pozajmišta prije i tokom rekonstrukcije. Objasnjena je opravdanost zahtjeva za analizom kontrolnih ispitivanja tokom radova nadvišenja I za ocjenu podobnosti materijala za ugradnju u skladu sa geotehničkim standardom EUROCODE 7. Prikazani su rezultati opažanja svih registrovanih klizišta nakon prolaska poplavnog talasa Save krajem marta mjeseca 2018. godine. Dat je osvrt na projektovane mjere sanacije klizišta. Navedeni su I obrazloženi razlozi nalažanja sanacije aktivnih klizišta primjenom geotehničkih istraživanja sa geofizičkim metodama u skladu sa standardom EUROCODE 8.

### Reference:

1. Mr P. Begović, B. Ivanković, D. Despotović: HIDROGEOLOŠKA PREDISPOZICIJA ZA VODOSNABDIJEVANJE BARDAČE

## THE IMPORTANCE OF APPLICATION OF GEOTECHNICAL STANDARDS (EUROCODE 7 I 8) IN RECONSTRUCTION WORKS OF THE SAVA EMBANKMENT

Despotović Dragan, BA IN Geology

Inspektorat od Republic of Srpska; [drdespa@yahoo.com](mailto:drdespa@yahoo.com)

**Key words:** maintenance and reconstruction works of Sava embankment, structural-geological characteristics of terrain, seismicity of terrain, active landslides on the embankment, landslides sanation, geomechanical stability of the embankment, geotechnical investigation including geophysical exploration,

### Abstract:

During the reconstruction of the Sava embankment in the area of floodplain “Gornja Sava” many active landslides appeared on its surface. Due to the frequency of landslides, its characteristics and its negative impact on the embankment, this segment of the Sava embankment was labelled as critical. This paper presents general geological, hydrogeological, engineering-geological, geo-structural and seismic characteristics of floodplain “Gornja Sava” as a part of the Sava embankment. The paper brings an overview of the characteristics of the “old dam”. Reconstruction of the “old dam” commenced in 2008 and it is still being enlarged. Before the reconstruction, deformations on the embankment were identified through regular maintenance as of 2008. The paper presents the basics of the reconstruction works on the Sava embankment and parts of the Main reconstruction project given in the water management act in force. The author of the paper analysed the reconstruction works undertaken thus far and concluded that a valorisation of the materials used in the reconstruction has to be performed. Consequently, the undertaker conducted an analyses of the control investigations of the works performed on the embankment and an assesment of the suitability of the materials used in the reconstruction in accordance with geotechnical standards EUROCODE 7. The paper also contains an overview of all registered active landslides which appeared after the peak of the flood wave and a critical review of the manners in which the landslides were tackled. The author enlisted reasons for his opinion that the sabation of the landslides had to be undertaken in accordance with geotechnical standards presented by EUROCODE 8.

### Reference:

1. Mr P. Begović, B. Ivanković, D. Despotović: HIDROGEOLOŠKA PREDISPOZICIJA ZA VODOSNABDIJEVANJE BARDAČE, 2015. god.

## PROJEKT ISSAH – HIDROGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA PRAPORA ISTOČNE HRVATSKE

dr. sc. Kosta Urumović<sup>1</sup>, dr. sc. Marco Pola<sup>1</sup>, dr. sc. Ivica Pavičić<sup>2</sup>, dr. sc. Staša Borović<sup>1</sup>, doc. dr.  
sc. Vedran Rubinić<sup>3</sup>, dr. sc. Jasmina Lukač Reberski<sup>1</sup>, Ivan Kosović<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Hrvatski geološki institut – Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju, Sachsova 2, 10000  
Zagreb

<sup>2</sup> Rudarsko geološko naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu

<sup>3</sup> Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

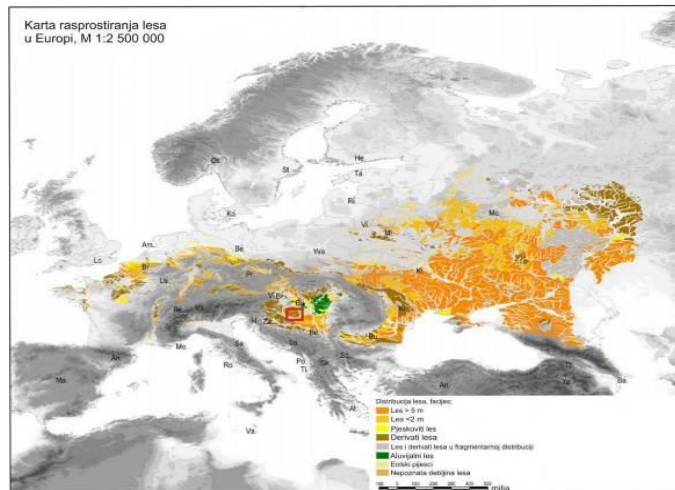
kurumovic@hgi-cgs.hr

**Ključne riječi:** hidrogeološki parametri, prapor, interdisciplinarna istraživanja, istočna Hrvatska

### Abstrakt

Prapor i praporolike naslage pokrivaju velika prostranstva (ukupno cca 11%) širom svijeta, koje se pojavljuju gotovo redovito između 24° i 55° sjeverne zemljopisne širine. Smatra se kako prapor ima vrlo velik značaj u primijenjenim stručnim i znanstvenim disciplinama, kao što su inženjerska geologija, hidrogeologija, hidrologija, pedologija, agronomija, šumarstvo i građevinarstvo.

Po definiciji, prapor ili les je kopneni sediment, nastao taloženjem čestica prvenstveno veličine praha (silta), a transportiranih vjetrom (PYE, 1995). Iako je vezan uz mlađa geološka razdoblja, starost mu je varijabilna. Uglavnom pripada pleistocenu, no poznate su i starije praporne formacije.



Slika 1 Karta rasprostiranja prapora u Europi (iz BANAK, 2012).

Hidrogeološke značajke prapora i praporolikih naslaga u Republici Hrvatskoj istraživana su kroz dugi niz godina, ali samo kroz segmente vodoistražnih radova, poglavito za potrebe vodoopskrbe. U fondu Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta postoji niz elaborata o provedenim istražnim radovima, ali su se u tim istraživanjima prapori promatrali samo kao pokrovne naslage koje prekrivaju vodonosnike i nisu se detaljnije istraživali. Osnovne hidrogeološke značajke prapora u Iloku detaljnije je opisao Urumović (2013) u svojoj doktorskoj disertaciji, iako samo do dubine od 30 metara. Isti su podatci obrađivani u sklopu razvijanja metoda za određivanje hidrauličke vodljivosti iz podataka o distribuciji veličine zrna u uzorku nevezanih naslaga (Urumović, 2016). Svakako nema opravdanja za zanemarivanje

istraživanja prapornih naslaga s hidrogeološkog aspekta. Svi vodonosnici na istraživanom području, a iz kojih se dominantno odvija vodoopskrba, prekriveni su naslagama prapora.

Generalno se može reći da geološka znanstvena literatura o praporima na području planiranog istraživanja ne obuhvaća hidrogeološki aspekt. U sklopu ove projektne ideje prvenstveno su od interesa izvorna geološka svojstva i hidrogeološki te pedološki parametri koji utječu na gibanje i zadržavanje onečišćivala podzemnih voda.

Učinak geoloških svojstava u sklopu ovoga projekta promatrat će se u mikroskopskom, makroskopskom, lokalnom i regionalnom mjerilu, no pritom treba voditi računa da su sve pojave i parametri pojedinih svojstava u nekome mjerilu ustvari posljedica integracije njihovih uzroka na mjerilu nižega ranga. Ovaj slijed uzroka i posljedica obično se ilustrira glavnim značajkama na makroskopskom i mikroskopskom (laboratorijskom) mjerilu (specifična površina čestice, granulometrijski sastav, poroznost, mineralni sastav, vlažnost, oblik zrna pojedinih frakcija, fizikalno-kemijska svojstva glinenih čestica). Sva navedena svojstva u pravilu mogu se izraziti preko korelacijskih odnosa sa specifičnom površinom oplošja čestice na mjerilu uzorka. Zato je ona navedena prva u prethodnom popisu značajki porozne sredine s međuzrnskom poroznošću i povezat će sva specijalistička istraživanja prapornih naslaga.

U lokalnom i regionalnom mjerilu značajke prapora promatraju se kroz taložni model postanka prapora, post-taložne promjene, strukturno-geološke i regionalno hidrogeološke karakteristike. Ta će faza istraživanja za rezultat imati izradu specijalističkih (geoloških i hidrogeoloških) karata. Završni kartografski proizvod biti će sintezne karte M1:100 000 s tumačima koje će objединiti geološke, hidrogeološke i pedološke podatke.

Površinske naslage (tlo u pedološkom smislu) na području Baranje, Srijema i jednog dijela istočne Slavonije za matični supstrat (materijal iz kojeg su formirane) imaju prapor. Zato su u ovom projektu pedološka istraživanja od velike važnosti. Pedološka faza ovoga istraživanja odvija se istovremeno s geološkim i hidrogeološkim fazama istraživanja.

Cilj ovog ustavnog projekta je oformiti istraživačku grupu mladih hrvatskih znanstvenika sa raznih institucija i iz različitih polja znanosti (tehničke znanosti, polje rudarstvo, nafta i geološko inženjerstvo grana geološko inženjerstvo; polje građevinarstvo, grana hidrotehnika; prirodne znanosti - polje geologija, grana geologija; biotehničke znanosti - polje agronomija) i usmjeriti ju u istraživanje sitnozrnastih klastičnih naslaga te proizvesti podlogu budućih interdisciplinarnih istraživanja u svrhu zaštite podzemnih voda i efikasnog korištenja zemljišta. Projektni tim čine stručnjaci iz Hrvatskog geološkog instituta, Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Rudarsko geološko naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Osijeku.

Predviđeno trajanje projekta ISSAH (Utjecaj specifične površine oplošja čestice na hidrogeološka svojstva prapora i na njemu razvijenih tala istočne Hrvatske) je pet godina. Istraživanja su regionalno usmjerena na prostor Baranje, Srijema i Istočne Slavonije gdje prapori i praporu slične tvorevine prekrivaju velike površine. Znanstveno utemeljeno poznavanje njihovih svojstava na konkretnim lokacijama i njihova regionalizacija važna su podloga za aktualni napredak i dugoročni razvitak ovih krajeva. Polazna osnova biti će podatci prikupljeni u dosadašnjim istraživanjima i zahvatima koji su brojni, ali u pravilu vrlo parcijalni i nepotpuni. Razlog tome je monodisciplinarni pristup usmjeren isključivo ne neposredni predmet istraživanja. Ovaj je projekt zamišljen kao interdisciplinarno istraživanje utjecaja osnovnog fizikalnog parametra tla – specifične površine čestice tla - na mjerilu uzorka na hidrogeološke, geomehaničke, pedološke i poljoprivredne uvjete.

U sklopu projekta provode se opsežna istraživanja prapora i praporolikih naslaga. Na odabranim lokacijama formirana su pokusna polja na kojima su izvedene istražne bušotine, pedološki raskopi i meteorološke opažačke stanice za potrebe laboratorijskih istraživanja prisutnih naslaga i za potrebe dugotrajnog hidrogeološkog i pedološkog monitoringa.

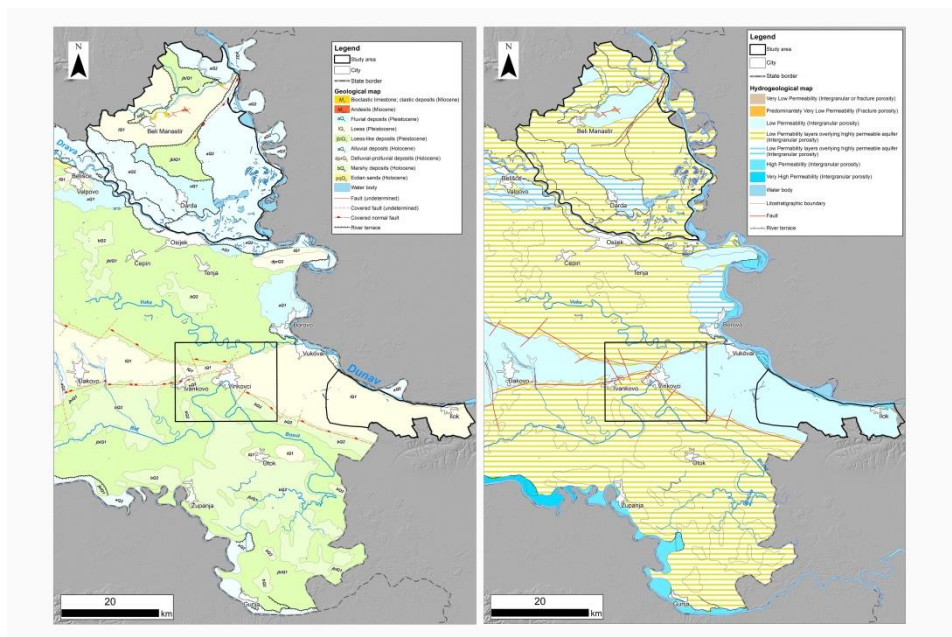


Laboratorijske analize provode se u laboratorijima Hrvatskog geološkog instituta, Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i u vanjskim laboratorijima.

U prvoj godini istraživanja bilo je planirano kompilirati sva dosadašnja stručna saznanja i odraditi terenska istraživanja. Tri su radovi vrlo uspješno odrađeni.

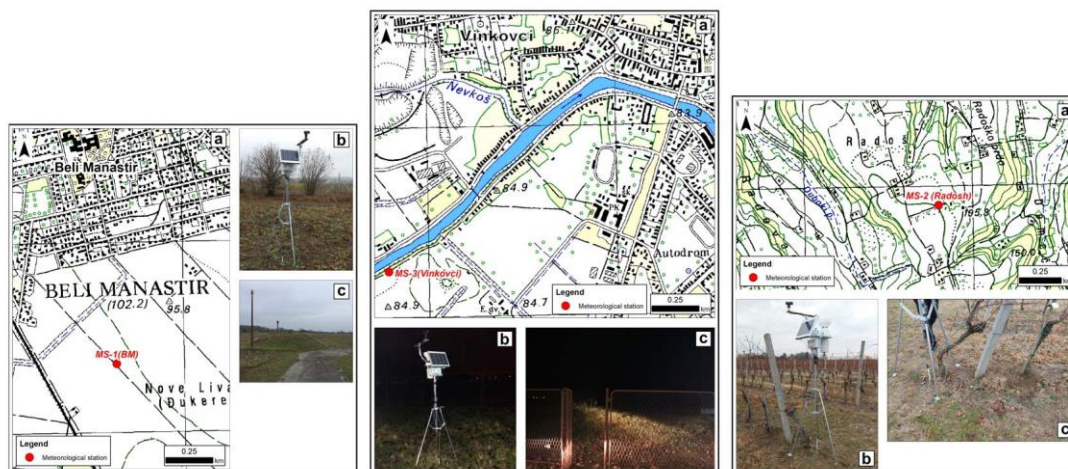
U skladu s radnim planom u prvoj godini trajanja projekta izvedeni su sljedeći geološki radovi:

- na temelju postojećih podataka i na temelju terenskih radova načinjena je geološka karta
- izrađena je tektonska-neotektonska karta
- izrađena je geološka i hidrogeološka karta M 1:300 000



Slika 2 Geološka i hidrogeološka karta (M 1:300000) istraživanog područja

- definirani su litološki odnosi na temelju terenskih snimanja i postojećih bušotinskih podataka
- temeljem prikupljenih podataka i rezultata istraživanja određene su lokacije bušotina i meteoroloških stanica te pedoloških pokusnih polja.
- Na odabranim lokacijama postavljene su meteorološke stanice



Slika 3 Meteorološke stanice

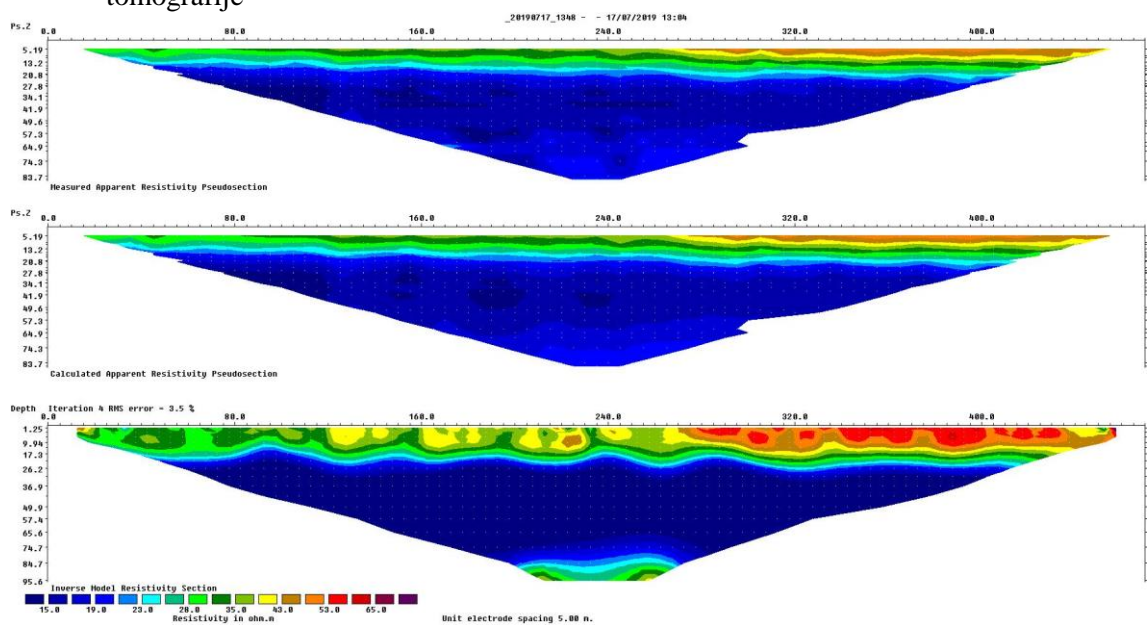
U drugoj godini provedeni su terenski radovi:

- Na odabranim lokacijama su izrađeni pedološki raskopi, definirani su pedološke karakteristike terena i u raskope su ugrađeni lizimetri



Slika 4 Ugradnja lizimetara

- Provedena su geofizička snimanja na sve tri lokacije i interpretirani su profili električne tomografije



Slika 5 Profil električne tomografije na lokaciji Radoš

- Načinjene su istraživačke bušotine i uzeti su uzorci za daljnje analize (granulometrijski sastav, atterbergove granice, mineraloški sastav)



*Slika 6 Bušenje i determinacija jezgre*

Ova višedisciplinarna istraživanja za rezultat će imati predstavljanje široj javnosti, znanstvenoj i stručnoj, u obliku izlaganja na konferencijama, objavljivanje znanstvenih radova i popularizaciju hidrogeoloških istraživanja istočne Hrvatske.

Predstavljeno istraživanje je financirano od strane Hrvatske zaklade za znanost, a projekt se vodi pod oznakom UIP 2017-05-9345.

#### **Reference**

1. Banak, A (2012) Rekonstrukcija klimatskih promjena u kasnom pleistocenu na temelju sedimentologije prapora te paleontološke i izotopne analize malakofaune (Baranja, istočna Hrvatska) / doktorska disertacija Zagreb : Rudarsko-geološko-naftni fakultet, 155 str.
2. Pye, K. (1995): The nature, origin and accumulation of loess.- Quat. Sci. Rev.,14, 653-667
3. Urumović, K. (2013). Parameter quantification of clastic sediments hydrogeologic properties based on test fields in northern Croatia. Dissertation, unpubl., 164. Zagreb, Croatia: University of Zagreb, RGNf.
4. Urumovic, K. i Urumovic, Sr.,K (2016): The referential grain size and effective porosity in the Kozeny-Carman model. Hydrol. Earth Syst. Sc., 20, 1669-1680

## **BANJA GATA – NEISKORIŠĆENI POTENCIJAL**

**Mr Petar Begović, dipl.inž.geol., Branko Ivanković, dipl.inž.geol.**

**Ključne riječi:** Termomineralna voda, banja, razvojni potencijal

### **Apstrakt**

Banja Gata nalazi se u krajnjem sjevernom dijelu Grada Bihaća u neposrednoj blizini granice Bihaća i opštine Cazin kao i granice sa Republikom Hrvatskom. Banja se koristi kao Zdravstvena ustanova Lječilište Gata i koristi dva bušena bunara sa termomineralnom vodom. Trenutne potrebe banje su oko 10% samoizliva na dva eksploataciona bunara. Karakteristike vode su idealne za balneološku upotrebu. Banja nema ni unutrašnji ni spoljašnji bazen tako da ne može ni da ugosti veći broj turista ili pacijenata. Obzirom na kapacitet izvorišta termomineralnih voda banja ima veliki kapacitet, a trenutno malo iskorišćavanje.

Bilansne rezerve termomineralnih voda banje Gata su 13,8 l/s, trenutna maksimalna dnevna potrošnja vode je oko 27 m<sup>3</sup>/s. Temperatura vode se kreće od 32-38 °C. Ova količina kao i temperatura izdvajaju Gatu kao vrlo potencijalnu banju za razvoj balneologije i turizma u ovom dijelu Bosne i Hercegovine

## ГЕОТЕХНИЧКА ИСПИТИВАЊА, УЗРОЦИ НАСТАНКА И МОГУЋНОСТИ САНАЦИЈЕ КЛИЗИШТА НА ПОРУЧЈУ МЗ ГРБАВЦИ, ГРАД ГРАДИШКА

Бранко Иванковић, Срђан Рајак, Петар Беговић, Драган Марјановић, Наташа Бајић,  
Далибор Грубор<sup>1</sup>

<sup>1</sup>-Ibis-inženjering d.o.o., [info@ibis.ba](mailto:info@ibis.ba)

**Кључне ријечи:** геотехничка истраживања, санација клизишта, стабилност терена, Градишка

### Апстракт:

Град Градишка се налази у сјеверном дијелу Републике Српске (Босна и Херцеговина) и вечи дио територије је равничарског карактера, сем западног дијела који чине обронци Козаре и Просаре. Месна заједница Грбавци се налази у западном дијелу града Градишке и на обронцима Козаре. У геолошком погледу терен истражног простора је изграђен од миоценских седимената преко којих су исталожени делувијални седименти.

На овом релативно малом простору констатовано је више клизишта, а четири локације су детаљно истраживане, те су на истим израђени пројекти санације терена који је нарушен активношћу процеса клижења. На свим истраживаним локацијама клизишта су угрожавала саобраћајнице, тако да је санација била неопходна. Сама чињеница учесталог развића клизног процеса на овом подручју, Ауторима је била интересантна са стручног, односно инжењерскогеолошког аспекта и довољна како би се овај проблем детаљније истражио и ријешено.

Како је истражно подручје релативно мало и хомогено са аспекта геолошке грађе и теренских услова, тиме су и узроци развића процеса клижења слични. Узроци су, као и обично, бројни. Као главни узрок развића овог савременог геодинамичког процеса издваја се прекомјерна сатурација површинских делувијалних седимената, хидроизолаторске карактеристике подинских седимената, као и лоша дренажа самих микроподручја захваћених клизним процесом. Поред наведеног, као узроци настанка клизишта издвајају се неповољан литолошки састав, неадекватно и неквалитетно извођење насипа испод саобраћајница, прекомјерно динамичко оптерећење истих и сл. У раду ће се обрадити изведена геодетехничка испитивања за потребе дефинисања услова и „разумијевања“ геолошке и инжењерскогеолошке грађе истражног подручја и теренских услова, на основу чега су предложене одговарајуће мјере санације терена захваћених клижењем, односно санациони радови.

# HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE ZAŠTIĆENOG PODUČJA „ TREBEVIĆ“

## HYDROGEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE PROTECTED AREA "TREBEVIC"

Prof.dr. Ferid Skopljak <sup>(1)</sup>, Prof.dr. Đenari Ćerimagić <sup>(2)</sup>

<sup>1)</sup> Federalni zavod za geologiju, Ustanička 11 Sarajevo; e-mail: [fskopljak@yahoo.com](mailto:fskopljak@yahoo.com)

<sup>2)</sup> Građevinski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Patriotske lige 30 Sarajevo

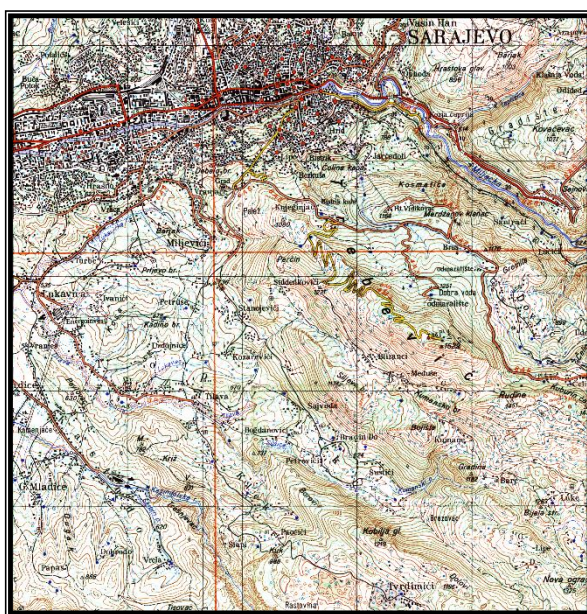
**Ključne riječi:** Trebević, trijaski krečnjaci, kraška vrela

### 1. UVOD

U radu su prikazane hidrogeološke karakteristike zaštićenog područja „Trebević“ sa posebnim osvrtom na hidrogeološku kategorizaciju stijena, vododijelničke zone, pretpostavljene pravce toka podzemnih voda, izvore i vodne objekte, sa prijedlogom mogućnosti njihovog korištenja i zaštite.

### 2. GEOGRAFSKI POLOŽAJ

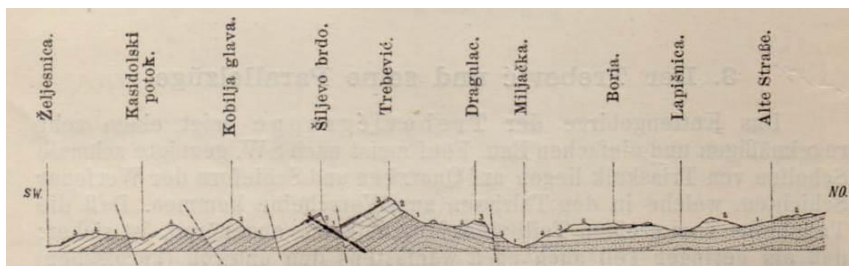
Zaštićeno područje „Trebević“ nalazi se u neposrednoj blizini Sarajeva (sl.1). Trebević je jasno individualizirana geomorfološka cjelina koja se izdiže između klisure Miljacke na sjeveroistoku i klisure Kasindolske rijeke na jugozapadu, sarajevske kotline na sjeverozapadu, te uzvišenja Veliki i Mali Stupanj na jugoistoku. U prostranom obuhvatu Trebevića dominantna su tri uzvišenja izgrađena su u od trijaskih krečnjaka; Vidikovac (k. 1164), Stara tvrđava (1173) i Draguljac (k.1165) spojena u jedinstven vijenac približnog pružanja zapad-istok. Na sjeverozapadnim padinama Trebevića, kada se teren već počinje spuštati u sarajevsku kotlinu, uzdižu se dvije kupaste morfostrukture; Bistrička kula (k.1001) i Čolina kapa (k. 968) izgrađene od trijaskih krečnjaka koje proviruju iz neogenih sedimenata.



Slika 1 – Karta šireg područja zaštićenog pejzaža Trebević

### 3. GEOLOŠKA GRAĐA I TEKTONIKA TERENA

U geološkom sastavu područja Trebevića učestvuju naslage trijasa, gornjeg miocena i kvartara. Trijas je predstavljen u sve tri epohe: donji, srednji i srednje-gornji trijas. Donji trijas je predstavljen pješčarima, laporcima, glincima i krečnjacima, ukupne debljina oko 550 m. U srednjem trijasu izdvojeni su sedimenti koji pripadaju aniziku i ladiniku. U građi anizika preovlađuju krečnjaci ukupne debljine do 400 m. Sedimentne i vulkanogene tvorevine ladinika predstavljene su krečnjacima, krečnjacima sa rožnacima, rožnacima, glincima, laporcima i tufoznim pješčarima. Srednje-gornji trijas je predstavljen krečnjacima ukupne debljine 300-500 m. Gornji miocen je predstavljen naslagama sarajevsko-zeničkog basena tzv. "koševske serije" i tzv. "orlačkim konglomeratima. "Koševska serija" je sastavljena od krečnjaka, laporaca, glina i pješčara sa ugljenim slojevima, a „orlački konglomerati“ od laporaca, pješčara i konglomerata. Kvartarne tvorevine na Trebeviću predstavljene su naslagama holocena, a preovladavaju deluvijalne i koluvijalne naslage. U strukturno-tektonskom pogledu područje Trebevića pripada strukturno-facijalnoj jedinici Trebević–Crepoljsko. Građa ove strukturno facijalne jedinice veoma je složena. Sedimenti trijasa kretani su na znatnim rastojanjima u okviru tzv. "durmitorske navlake". Osnovna klizajuća podloga bili su laporci i pješčari permotrijasa i jursko-kredni fliš. U tom procesu su krute pješčarske i karbonatne mase polomljene i navučene jedna preko drugih. Tako je nastala čuvena "kraljušasta struktura Trebevića", gdje se često preko krečnjaka srednjeg nalaze pješčari donjeg trijasa, uz ponavljanje takvih sekvenci (sl.2).



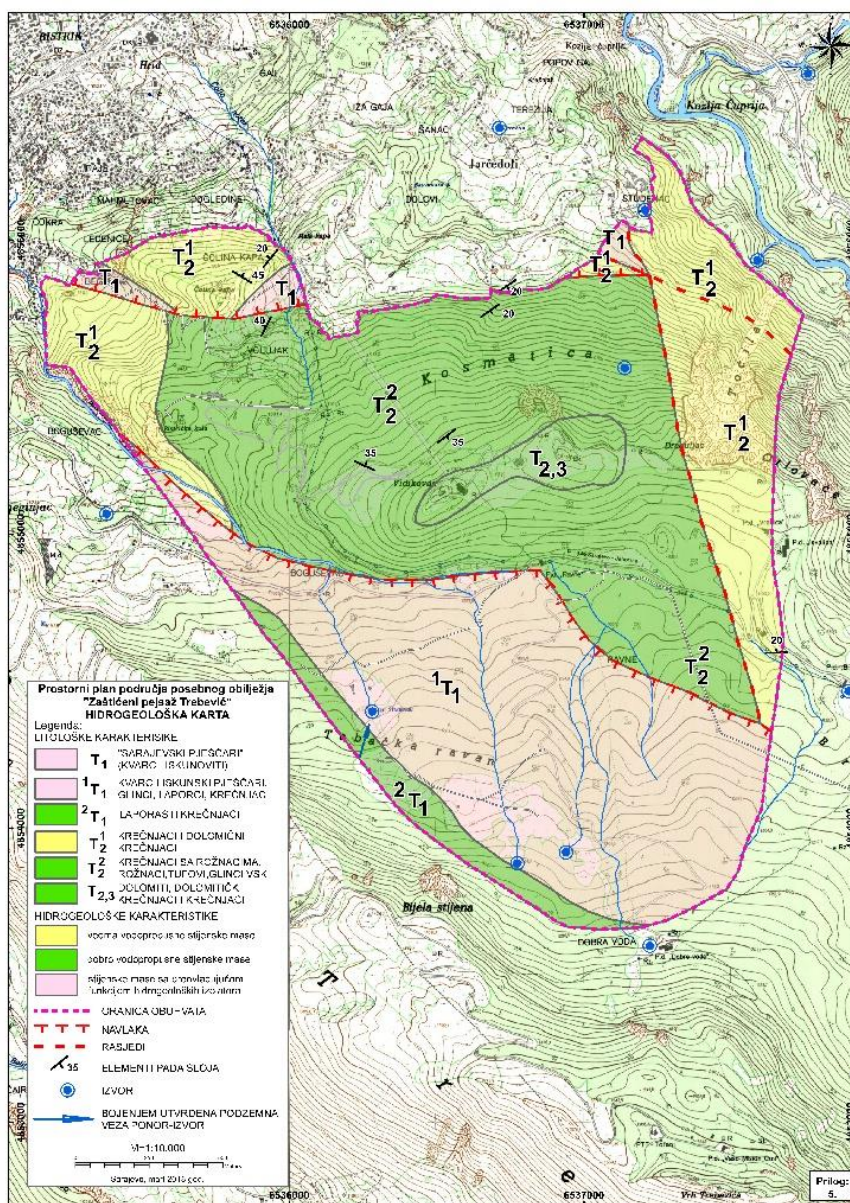
*Slika 2 - Profil kroz pobrđe Trebevića i Borju (E. K i t t l, 1904., str.60).*

*1.-Verfenski slojevi; 2.--Svijetli sprudni krečnjaci; 3.- Buloški krečnjaci, kvrgavi krečnjaci i rožnaci.*

### 4. HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA

Prostorni obuhvat zaštićenog područja Trebević pripada hidrogeološkoj jedinici Trebević koja je ograničena rijekom Miljackom na sjeveroistoku; Jahorinom na jugoistoku; Kasindolskom rijekom na jugozapadu i sarajevskom kotlinom na sjeverozapadu. U građi hidrogeološke jedinice učestvuju pretežno nepropusni kompleksi stijena donjeg trijasa koji imaju funkcije podinske hidrogeološke barijere. U prilog tome je pojava skoro svih izvora u području Trebevića, koji se kao po pravilu pojavljuju na kontaktu naslaga donjeg trijasa sa krečnjacima srednje-gornjeg trijasa. Preko klastita donjeg trijasa leže propusne stijene kavernožno-pukotinske poroznosti predstavljene krečnjacima srednjeg trijasa (anizika i ladinika), te krečnjaci srednje-gornjeg trijasa. Prema intenzitetu karstifikacije karbonati trijasa su izdvojeni u klasu srednje karstificiranih naslaga. Na srednju karstifikaciju ukazuje odsustvo većeg broja površinskih i podzemnih kraških oblika. Krečnjaci srednjeg i gornjeg trijasa su najznačajniji vodonosnik pitkih podzemnih voda u području Trebevića. Preko trijaskih naslaga su na sjeverozapadnoj i jugozapadnoj strani Trebevića diskordantno taloženi sedimenti „koševske serije“. Naslage „koševske serije“ su praktično nepropusne stijene koju imaju izuzetno važnu hidrogeološku funkciju jer su potpuna krovinska barijera vodonosniku pitkih voda formiranom u krečnjacima trijasa na sjeverozapadnim padinama Trebevića.

**Glavni vodonosnik** u prostoru Trebevića formiran je u propusnim stijenama kavernoznopukotinske poroznosti izgrađenim od karbonata srednjeg i srednje-gornjeg trijasa. Usljed složenih strukturnih odnosa, veoma izraženog navlačenja, kraljuštanja i rasjedanja, prostor Trebevića ne predstavlja jedinstvenu hidrogeološku cjelinu. Ova morfogenetska, strukturna i hidrogeološka jedinica razbijena je na manje hidrogeološke jedinice čije se akumulacije podzemnih voda dreniraju u pravcu sjeverozapada, odnosno slivu rijeke Miljacke; u pravcu jugozapada u sliv Kasindolske rijeke, odnosno Tilave, te u pravcu sjeveroistoka u slivu klisure Miljacke.



Slika 3 – Hidrogeološka karta Trebević (Skopljak, F. 2018.)

Najznačajniji i najveći izvor u prostornom obuhvatu zaštićenog pejzaža Trebević je **izvor "Mali Studenac"**. Nalazi se na Tabачkoj ravni kod planinarskog doma HKD „Napredak”. Izvor se pojavljuje u okviru pješćara donjeg trijasa, mada sigurno ima porijeklo iz trijaskih krečnjaka. Izvor je pukotinskog tipa i uzlaznog mehanizma isticanja na što ukazuje stalna izdašnost izvora u svim hidrološkim uslovima. Izvor nema tipične odlike kraškog izvora; ima relativno stalnu izdašnost; ne muti i ima skoro konstantne vrijednosti fizičkih parametara vode, što ukazuje da



voda dotiče iz podzemne akumulacije izvan uticaja dnevnih i sezonskih klimatskih promjena. Minimalna izdašnost izvora iznosi  $Q=1-1,5$  l/s a maksimalna  $Q=6-7$  l/s. Isticanje izvora koncentrisano u zoni širine cca 5 m. Osnovni fizički parametri vode na izvoru su:  $E_p=304$   $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; salinitet =0,1;  $T_v=6,4^\circ\text{C}$ . Izvor je kaptiran za potrebe vodosnabdijevanja planinarskog doma. **U neposrednom obodu** prostornog obuhvata zaštićenog pejzaža Trebević nalazi se nekoliko izvora koji imaju veliki značaj za vodosnabdijevanje, kao što su Dobra voda, Hadžiabdinica, Veliki Studenac i Kovačići. Nešto dalje su izvori Soukbunar, Knjeginjac, Hidajetovac, Ferizbegovac, Souk bunar i drugi. **Izvor „Dobre vode”** se nalazi se na lokalitetu Dobre vode u neposrednoj blizini nekadašnjeg, sada devastiranog, odmarališta PTT-a. Izvor se pojavljuje na kontakru pješčara donjeg trijasa i anizijskih krečnjaka. Izvor je pukotinskog tipa i uzlaznog mehanizma isticanja na što ukazuje stalna izdašnost izvora u svim hidrološkim uslovima. Minimalna izdašnost izvora je oko  $Q = 0,2$  l/s. Izvor je kaptiran za potrebe vodosnabdijevanja planinarskog doma. **Izvor “Hadžiabdinica”** se nalazi na na padinama Studenog brda sjeverozapadno od Tabačke ravni. Izvor je kaptiran prije 1878 godine. Sve do 1934 godine je drvenim čunkovima bio odveden na šest česmi u gradu. Nakon II svjetskog rata je Gradski vodovod rekaptirao izvor i uključio ga u sistem vodosnabdijevanja zajedno sa Knjeginjcom. Izdašnost izvora je oko 6 l/s. **Izvor “Kovačići”** se nalazi na krajnjim sjeverozapadnim padinama Trebevića u neposrednoj blizini gradskog područja. Izvor je kaptiran 1904. godine i uključen u sistem vodosnabdijevanja Sarajeva. Izdašnost izvora je 45-80 l/s. **Izvor „Veliki Studenac”** je jedan od najvećih izvora u neposrednom obodu prostornog obuhvata zaštićenog pejzaža Trebević. Nalazi se sa lijeve strane Miljacke ispod stare željezničke pruge cca 1 km uzvodno od Kozje Čuprije. Izvor je karstno-pukotinskog tipa i uzlaznog mehanizma isticanja. Izvor ima odlike kraškog izvora čija izdašnost zavisi od padavina. Izdašnost izvora je oko  $Q=5-30$  l/s. Prema hemijskom sastavu voda je  $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca}$  tipa, niske mineralizacije, umjereno tvrda i temperature  $8^\circ\text{C}$ . Veoma je interesantan povišen sadržaj sulfata što može ukazivati na pojave gipsa unutar akviferskih naslaga.

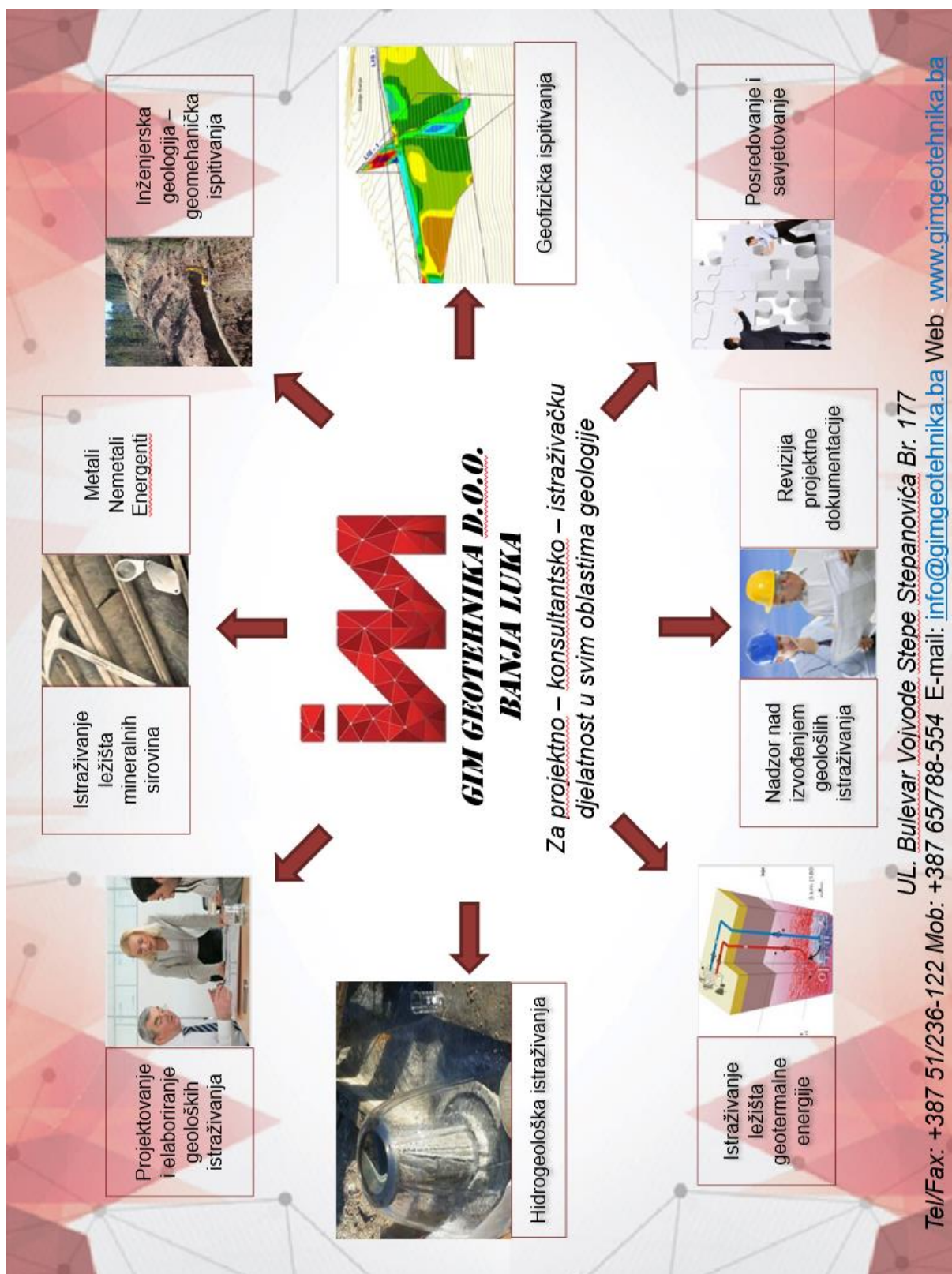
**Pravci toka podzemnih voda** u prostornom obuhvatu zaštićenog pejzaža Trebević nisu utvrđeni. Na sadašnjem stepenu istraženosti mogu se samo pretpostaviti, stim da se mora imati u vidu sva složenost geoloških, strukturno-tektonskih i hidrogeoloških odnosa u području Trebevića. Ono što je evidentno da je pravac toka podzemnih voda koje se prazne na izvorima “Mali Studenac” i “Dobre vode” uz manja odstupanja pravca jug-sjever. Pravac toka podzemnih voda koje se prazne na izvorima “Hadžiabdinica” i “Veliki Studenac” je najvjerojatnije pravca jugozapad-sjeveroistok. Pravac toka podzemnih voda koje se prazne na izvoru “Kovačići” je najvjerojatnije pravca jugoistok-sjeverozapad. Utvrđivanje pravca i brzine toka podzemnih voda je veoma složen, neizvjestan i skup istraživački postupak za koje je potrebno napraviti zaseban projekat. Međutim, brzine toka podzemnih voda su osnovni parameter koji služi za dimenzioniranje zona zaštite, tako da je ove aktivnosti potrebno planirati u narednom periodu. Povoljna okolnost za zaštitu svih izvora u prostornom obuhvatu zaštićenog područja Trebević je što je ovaj prostor zakonski zaštićen i nema mogućnosti uvođenja značajnijih zagađivača u ovaj prostor. Posebnu pažnju kada je riječ o zaštiti podzemnih voda treba usmjeriti na zaštitu prostora izgrađenog od krečnjaka srednjeg i gornjeg trijasa sjeverno od potoka Bistrik koji predstavlja najveći i najznačajniji akvifer u zaštićenom području. Također, zaštitu podzemnih voda u neposrednom obodu prostornog obuhvata zaštićenog područja Trebević treba usmjeriti na zaštitu prostora izgrađenog od krečnjaka srednjeg trijasa jugozapadno i južno od Tabačke ravni, odnosno krečnjački vijenac Studeno brdo - Bijela Stijena - Vrh Trebevića.

## Literatura

1. Bać, J. (1984.): Zahvat vode dubinskim bušenjem na istočnoj periferiji Sarajeva. Zbornik radova povodom jubileja akademika A.Trumića, p. 1-19. ANU BiH, Sarajevo.
2. Čičić, S., Bašagić, M., Skopljak, F., (2003.): Geološki sastav i tektonika terena okoline Sarajeva. Geološki glasnik, p.15-59. Sarajevo.
3. Jovanović, R., et al.( 1977 ): Osnovna geološka karta SFRJ i tumač ,list Sarajevo 1 : 100 000, Savezni geološki zavod – Beograd.
4. Kittl, E. (1904.): Geologie der Umgebung von Sarajevo. Jarbuche der geolog. Reichsonstalt. Bd. 53, p. 515 - 748. Wien.
5. Miladinović, M. (1978): Osvrt na tektonsku građu terena planina Trebevića i Jahorine kod Sarajeva. Geološki glasnik, knj. 23. p. 19-30. Sarajevo.
6. Savezni geološki zavod Jugoslavije, (1980.): Hidrogeološka karta SFR Jugoslavije, 1:500.000
7. Skopljak, F. Bašagić, M., (2003.): Elaborat o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi pitkih podzemnih voda u nalazištu "Sarajevska pivara" – Sarajevo, Građ.fak. Sarajevo - Institut za geologiju, Sarajevo.
8. Skopljak, F. (2006.): Odnosi podzemnih voda područja Ilidže kod Sarajeva, doktorska disertacija, Pos.izdanje Geol.glasnika knj.XXIX., Federalni zavod za geologiju, Sarajevo.

## **POKROVITELJI / ПОКРОВИТЕЉИ**





# GeoAVAS

DRUŠTVO ZA GEOLOGIJU, GEOTEHNIKU I GRAĐEVINARSTVO



## GeoAVAS doo Sarajevo

**Adresa:** Joze Penave 3,  
71210 Ilidža, Sarajevo, Bosna i Hercegovina

**Mob:** +387 62 177 928

**Tel:** +387 33 766 160

**Fax:** +387 33 766 161

**Web:** [www.geoavas.ba](http://www.geoavas.ba)

**E-mail:** [geo@geoavas.ba](mailto:geo@geoavas.ba)



ID: 4202006930006 | PDV: 202006930006 | BBI Bank račun: 141-309-53200097-28

## **DONATORI / ДОНАТОРИ**





## 120 GODINA RUDNIKA UGLJEVIK

Zavisno preduzeće „Rudnik i termoelektrana Ugljevik“ koje djeluje u okviru Mješovitog holdinga „Elektroprivreda Republike Srpske“ je najveći proizvođač električne energije u Elektroprivredi Republike Srpske i jedan od stubova privrednog razvoja Republike Srpske i regije u kojoj se nalazi.

Tradicija rudarstva u Ugljeviku traje punih 120 godina, jer se uglj organizovano eksploatiše od 1899. godine. Energetski potencijal ugljevičkog basena zasniva se na rezervama uglja od oko 430 miliona tona i rudarskoj tradiciji dužoj od jednog vijeka.

Puni procvat ugljavičko rudarstvo doživjelo je izgradnjom termoelektreane koja kao pogonsko gorivo koristi ugalj. Termoelektrana „Ugljevik I“ instalisane snage 300 MW puštena je u pogon 1985. godine, a godišnja proizvodnja iznosi oko 1.600 GWh.

Za rad Termoelektrane „Ugljevik I“ neophodno je obezbijediti dovoljne količine uglja odgovarajućeg kvaliteta, koje iznose 1,75 miliona tona na godišnjem nivou.

Preduzeće ima dobru perspektivu: prije svega jer ima dobro opremljen rudnik, jedan od najmodernijih na Balkanu i drugo jer se u prethodnim godinama dosta ulagalo u zamjenu, revitalizaciju i rekonstrukciju postrojenja i opreme na termoelektrani sa ciljem podizanja pogonske spremnosti i produženja njenog životnog vijeka. Gotovo je završen i projekat odsumporavanja dimnih gasova Termoelektrane Ugljevik koji će je učiniti najboljom u BiH po pitanju zaštite okoline i uskladiti njen rad sa ekološkim normama evropske zajednice.



Z.P. "Rudnik i Termoelektrana Ugljevik"  
76330 Ugljevik RS, BiH  
Telefon: +387 55 774 600  
Fax: +387 55 771 451  
Email: info@riteugljevnik.com





## IBIS – INŽENJERING

Omladinska 28, 78000 Banja Luka, B&H; tel/fax:+ 38751213813; mob:+ 38765527720;  
e-mail: [info@ibis.ba](mailto:info@ibis.ba), [www.ibis.ba](http://www.ibis.ba)

Preduzeće Ibis-inženjering je specijalizovano za obavljanje poslova u domenu geoloških istraživanja i to:

- **Projektovanje geoloških istraživanja:**
  - hidrogeološka istraživanja za potrebe višenamjenskog korišćenja podzemnih voda (vodospodizavanje, navodnjavanje, korišćenje geotermalne energije, flaširanje voda itd.),
  - geotehnička i geomehanička istraživanja za potrebe izgradnje objekata i sanacije terena,
  - istraživanja ležišta mineralnih sirovina (metali, nemetali, kaustobioliti...),
  - geofizička ispitivanja za potrebe primjenjenih geoloških istraživanja.
- **Izvođenje geoloških istraživanja:**
  - geološko, hidrogeološko i inženjerskogeološko kartiranje terena,
  - istražno bušenje i geotehnička ispitivanja na terenu,
  - izrada vodozahvatnih objekata (bunari, kaptaže, galerije),
  - regeneracija, razrada i testiranje bunara,
  - geofizička i karotažna ispitivanja,
  - laboratorijska ispitivanja.
- **Nadzor nad izvođenjem geoloških istraživanja i revizija projektne dokumentacije;**
- **Izrada geološke faze za potrebe prostorno-planske dokumentacije;**
- **Izrada baza podataka u GIS tehnologiji.**

### Naši partnerski i investitori su:

- |   |                                    |
|---|------------------------------------|
| ✓ ZIBL a.d., Banja Luka,                            | ✓ Vlada Brčko Distrikta,           |
| ✓ Nestro petrol a.d., Banja Luka,                   | ✓ Opština Vukosavlje               |
| ✓ Hidroelektrane na Trebišnjici a.d., Trebinje,     | ✓ Opština Glamoč,                  |
| ✓ Tropic Nekretnine d.o.o., Banja Luka,             | ✓ Opština Srbac,                   |
| ✓ Hidro-kop d.o.o., Banja Luka,                     | ✓ Općina Visoko,                   |
| ✓ Urbis centar d.o.o., Banja Luka,                  | ✓ Routing d.o.o., Banja Luka,      |
| ✓ Institut za građevinarstvo IG d.o.o., Banja Luka, | ✓ Geoput d.o.o., Banja Luka,       |
| ✓ Projekt a.d., Banja Luka,                         | ✓ Toplana a.d. Banjaluka,          |
| ✓ Arhitektonsko-građevinski fakultet, Banja Luka,   | ✓ KP Budućnosti a.d. Laktaši,      |
| ✓ AD Vodovod i kanalizacija Modriča                 | ✓ Vodovod Prnjavor a.d., Prnjavor, |
| ✓ Aqua tim doo, Laktaši                             | ✓ Kompanija Slobomir, Bijeljina    |
| ✓ RiTe Gacko a.d.                                   | ✓ Hidroelektrane na Vrbasu a.d.    |



# Geologija i rudarstvo

Poduzeće ZAGREBINSPEKT d.o.o. Mostar posjeduje ovlaštenja izdana od strane Federalnog ministarstva energetike, rudarstva i industrije i Federalnog ministarstva prostornog uređenja za obavljanje djelatnosti i izradu dokumentacije iz područje geologije, rudarstva i geotehnike.

Ovaj odjel na području **geologije** Vam možemo osigurati:

- ▶ Ispitivanja terena za gradnju bušenjem i sondiranjem;
- ▶ Istraživanja i razvoj u prirodnim tehničkim znanostima iz područja geologije;
- ▶ Geofizička, geološka i seizmička istraživanja;
- ▶ Izradu, izvođenje, reviziju geološke projektne dokumentacije;
- ▶ Izrada i revizija geotehničke projektne dokumentacije;
- ▶ Nadzor nad izvođenjem geoloških istražnih radova te stručno savjetovanje o površinskim i podzemnim strukturama tla.

Na području **rudarstva** Vam možemo osigurati:

- ▶ Obavljanje periodičnih pregleda oruđa za rad i uređaja;
- ▶ Ispitivanja fizičkih, kemijskih, i bioloških štetnosti te mikroklimе;
- ▶ Izdavanje odgovarajućih isprava u rudarstvu;
- ▶ Ispitivanja posuda pod tlakom, ispitivanje ventila sigurnosti i UZV mjerenje debljine stjenke;
- ▶ Projektiranje, revizija i izvođenje projektne dokumentacije iz područja rudarstva;
- ▶ Nadzor na području rudarstva;
- ▶ Obavljanje poslova zaštite na radu u rudarskoj djelatnosti;
- ▶ Izrada dokumentacije iz zaštite od požara i ispitivanja ispravnosti sustava aktivne zaštite od požara na površinskim kopovima u rudarskoj djelatnosti;
- ▶ Pregled instalacija u kojima su angažirani Ex uređaji;
- ▶ Izrada elaborata u zonama opasnosti i projektiranje instalacija koje uključuju Ex uređaje;
- ▶ Edukacije iz područja zaštite na radu, područje Ex zaštite;
- ▶ Projektiranje strojeva i industrijskih postrojenja, električnih instalacije i reviziju navedenih.

Na području **geotehnike** Vam možemo osigurati:

- ▶ Izrada i revizija geotehničke projektne dokumentacije;
- ▶ Izvođenje i nadzor nad provođenjem geotehničkih istražnih radova bušenja i sondiranja,



# А.Д. “ВОДОВОД И КАНАЛИЗАЦИЈА” БИЈЕЉИНА



Улица Хајдук Станка 20, 76300 Бијељина  
e-mail: [office@bnvodovod.com](mailto:office@bnvodovod.com)  
[www.bnvodovod.com](http://www.bnvodovod.com)

Централа: 055/226-460

Факс: 055/226-462

*Вода је живот*

## **GEOCON d.o.o. Čitluk**

Poduzeće za istraživanje, studije, projektiranje i izvođenje geotehničkih, geoloških,  
hidrogeoloških, rudarskih i specijalnih radova



**Geocon d.o.o Čitluk**

**Adresa:** Gospin trg bb, 88 266 Međugorje BiH; **Telefon/Fax:** +387 36 36 642 240

**Mobitel:** +387 63 321 559; **Email:** [geoconcitluk@yahoo.com](mailto:geoconcitluk@yahoo.com)

## ISKUSTVO, ZNANJE I OPREMA GEO-MARIĆ MOSTAR d.o.o.

ISO 9001

BUREAU VERITAS  
Certification



POSLOVNA POLITIKA PODUZEĆA JE VRHUNSKA KVALITETA IZVOĐENJA RADOVA,  
ZADOVOLJAN INVESTITOR, USAVRŠAVANJE I EDUKACIJA DJELATNIKA TE PRAĆENJE  
NAJNOVIJIH TEHNOLOGIJA BUŠENJA



### DJELATNOST

- Istraživanje ležišta mineralnih sirovina
- Inženjerskogeološka i geotehnička istraživanja
- Hidrogeološka istraživanja i izrada bušotina i bunara
- Geotehnički radovi
- Izrada, izvođenje, revizija projektne dokumentacije i nadzor nad izvođenjem istražnih radova



### REFERENTNI RADOVI

- Ležište lignita „Kongora“ kod Tomislavgrada
- Autoput na koridoru Vc Lot-7
- Autoput Zagreb - Dubrovnik (dionica Bisko - Ploče)
- Rudnik ugljena Vihovići - Mostar (sanacija)
- Rudnik mangana Bužim
- R.M.U Kakanj, lokacija P.K. Vrtilište – Haljinići
- VE Mesihovina - Tomislavgrad
- Vodozahvat „FEAL“ Široki Brijeg
- Kamenoloma vapnenca „Sokolica ZAPAD“ Zavidovići
- R.M.U Kakanj, lokacija Moščanica - Repovački potok
- Vodozahvat Gračanica – Pašalići
- Vodozahvat Mandino selo - Tomislavgrad
- R.M.U Breza – Eksploatacijska polja „Sretno i Kamenica“

**VAŠ POUZDAN PARTNER  
GEO-MARIĆ MOSTAR D.O.O.**

### KONTAKT PODACI

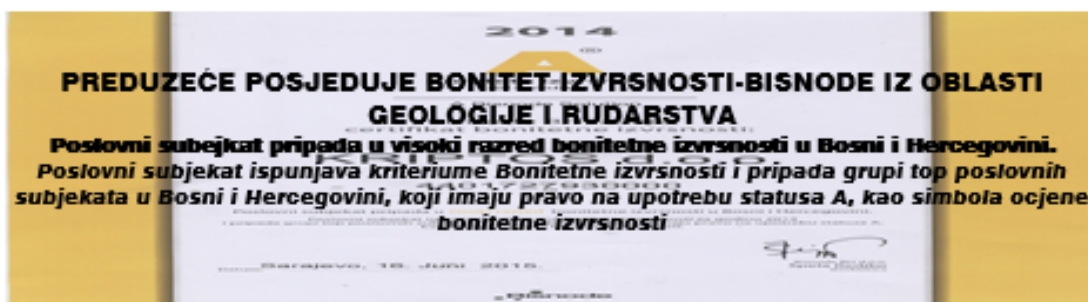
Adresa: Cim, ul. Ante i Nikole Marića 7, 88000 Mostar  
Tel /Fax: 036 341 591 Mob: 063 317 477  
E-mail: geo.maric@telemach.ba

# " K R I P T O S " D.O.O. M I L I Ć I PREDUZEĆE ZA PROJEKTOVANJE ISTRAŽIVANJE I EKSPLOATACIJU



**PREDUZEĆE OSNOVANO 2002 GODINE**

**PREDUZEĆE REGISTROVANO ZA PROJEKTOVANJE  
ISTRAŽIVANJE I EKSPLOATACIJU**



**PREDUZEĆE POSJEDUJE LICENCE ZA RAD IZ OBLASTI GEOLOGIJE I  
RUDARSTVA NA TERITORIJI CIJELE BiH**

**PREDUZEĆE SE BAVI:**

**IZRADOM ELABORATA IZ OBLASTI GEOLOGIJE**

**IZRADOM SVIH VRSTA PROJEKATA IZ OBLASTI GEOLOGIJE I RUDARSTVA**

**KONTRLOM I REVIZIJOM SVIH VRSTA PROJEKATA IZ OBLASTI  
GEOLOGIJE I RUDARSTVA**

**IZRADOM STUDIJA IZVODLJIVOSTI I EKONOMSKE OPRAVDANOSTI**

**DUBINSKIM BUŠENJEM ( BUŠOTINE DO 500 m' )**

**NADZOROM NAD SVIM RADOVIMA IZ OBLASTI  
GEOLOGIJE I RUDARSTVA**

**Miloša Obilića 22. 75 446 Milići  
Tel/fax: + 387 56 741 637 ; Mob. + 387 65 884 805  
E-mail: kriptosmilici@gmail.com**



ArcelorMittal

## ArcelorMittal Prijedor



ArcelorMittal Prijedor je zajedničko preduzeće, koje su u avgustu 2004. godine osnovali ArcelorMittal Holdings i RŽR „Ljubija“ a.d. Prijedor. Sa 51 % vlasničkog udjela ArcelorMittal Holdings je većinski vlasnik. Osnovna djelatnost je proizvodnja željezne rude, sa površinskog kopa Buvač, u rudniku Omarska. Zapošljavamo 800 radnika, a proizvodimo godišnje između 1.7 mt i 2.1 mt. Do danas smo proizveli i otpremili 24 mt koncentrata. U proizvodna poboljšanja, nabavku nove opreme, razvojne projekte i lokalnu zajednicu do danas smo uložili preko 110 miliona BAM.



Osim željezne rude, proizvodimo i različite frakcije krečnjaka, koje se koriste za naše interne potrebe, kao i za eksterno tržište. Vršimo usluge mašinskog, elektro održavanja i transporta ljudi i roba.



Naš glavni fokus je zaštita na radu i zaštita zdravlja naših zaposlenih, dugoročno održivo poslovanje i briga za našu lokalnu zajednicu. ArcelorMittal Prijedor posjeduje certifikate ISO 9001, ISO 14001 i ISO 45001. Dobitnici smo velikog broja priznanja i nagrada Privredne komore Republike Srpske, Grada Prijedora i Međunarodne zajednice.



Poštujući naše vrijednosti: Kvalitet, Održivost i Liderstvo mi pokušavamo graditi bolju budućnost za naše zaposlene, njihove porodice kao i ukupnu ekonomiju Republike Srpske i Bosne i Hercegovine.





## RUDNICI ŽELJEZNE RUDE "LJUBIJA" a.d. PRIJEDOR

79101 PRIJEDOR, Akademika Jovana Raškovića br.1

+387 52 216-900, 233-801; Faks: +387 52 233-661

E-mail: rzrkont@teol.net; Web: www.rzrljubija.com

MB: 1111329; JIB: 4400692320002; PIB: 400692320002

## RUDNICI ŽELJEZNE RUDE »LJUBIJA« a.d. PRIJEDOR

---



Rudnici željezne rude "Ljubija" a.d. Prijedor su osnovani sa ciljem eksploatacije rudnih nalazišta na području opština Prijedor i Sanski Most. Rudonosno područje zauzima površinu od oko 1 200 km<sup>2</sup>. Istraživanjem ljubijske metalogenetske oblasti utvrđeno je oko 347 miliona tona geoloških rezervi željeznih ruda i značajne pojave mineralnih sirovina poput: kvarcnog pijeska, glina, krečnjaka, dolomita, barita, fluorita, cinka, olova.

Industrijska proizvodnja je u ljubijskoj metalogenetskoj oblasti započela 1916. godine, a značajniji napredak u proizvodnji željezne rude ostvaren je sredinom 20-og vijeka uvođenjem masovne eksploatacije i izgradnjom postrojenja za pripremu željeznih ruda. Omasovljenje rudarske proizvodnje omogućilo je izgradnju Centralnih rudišta, Istočnih rudišta i rudnika Omarska koji su poslovali u okviru RŽR "Ljubija" kao tri nezavisne tehničko-tehnološke cjeline na kojima se odvijela površinska eksploatacija i priprema ruda željeza.

Na "Centralnim rudištima" proizvodnja željezne rude je trajala od 1916. do 1992. godine. Proizvedeno je 44 643 358 t željezne rude i koncentrata. Projektovani proizvodni kapacitet je 1 milion tona godišnje koncentrata željezne rude.

Na "Istočnim rudištima" proizvodnja željezne rude je trajala od 1965. do 2004. godine. Proizvedeno je 20 690 037 t željezne rude. Projektovani proizvodni kapacitet je 1,2 milion tona godišnje željezne rude.

Na Rudniku "Omarska proizvodnja željezne rude je počela 1986.godine i trajala do 1992. godine. Rudnik je revitalizovan 2004. godine, pokrenuta eksploatacija i proizvodnja koncentrata željezne rude pod okriljem nove firme, ArcelorMittal D.O.O. Prijedor, čiji su osnivači RŽR "Ljubija" a.d. Prijedor (49%) i kompanija Mittal (51%), sada ArcelorMittal. ArcelorMittal D.O.O. Prijedor radi sa projektovanim kapacitetom Rudnika "Omarska" od 1,5 miliona tona godišnje koncentrata željezne rude.

RŽR "Ljubija" a.d. Prijedor je u toku 85 godina rada proizveo oko 74 miliona tona robnih ruda željeza.

---



### **RUDNICI BOKSITA JAJCE o.d.d. Jajce**

Rudnici boksita Jajce osnovani su 1958 godine. Trenutno se eksploatacija vrši na tri lokaliteta i to:

1. Ležište Crvene Stijene
2. Ležište Poljane
3. Ležište Bešpelj

Pored primarne odnosno osnovne djelatnost, Rudnici boksita Jajce su kroz investicije u nerudarske djelatnosti izgradili više proizvodnih pogona i to:

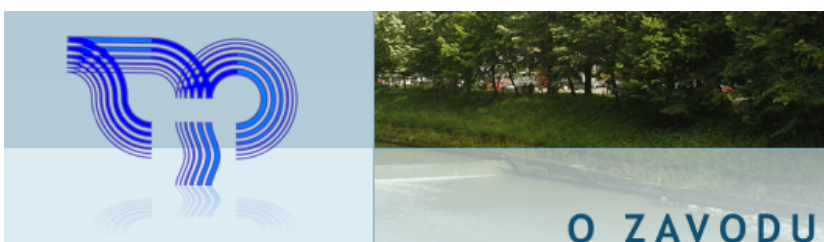
- | Pogon za poljoprivrednu proizvodnju u Divičanima,
- Tvornicu aluminijske ambalaže u Šipovu,
- Tvornicu minikontenera u Baraćima, Mrkonjić Grad,
- Tvornicu aluminijskih točkova u Divičanima,
- Tvornicu aluminijske metaloplastične folije u Divičanima,
- Urađena je projektna dokumentacija i otkupljena licenca za proizvodnju aluminijskog praha, ali realizaciju ovog projekta prekinuo je rat.

U ratnom periodu je znatno smanjena aktivnost, no nije ni tada bila potpuno obustavljena. Pored otežanih uvjeta kako prometa tako i drugih čimbenika ukupno je isporučeno oko 30.000 tona boksita uglavnom Tvornici Glinice Birač iz Zvornika.

Proces privatizacije je počeo 1988. godine i prekinut ratom, nastavljen je 2001. godine te okončan 2003. godine. Od tada poduzeće posluje pod današnjim nazivom „Rudnici boksita Jajce” o.d.d.

Dobijanjem koncesije za dva eksploatacijska polja na Poljanama i Crvenim Stijenama 2013. godine, Rudnici boksita Jajce počinju sa eksploatacijom arhitektonsko građevnog kamena te 2014. godine osnivaju poduzeće „BX kamen” d.o.o. Jajce.

U poduzeću je uposleno 170 ljudi. Godišnja proizvodnja iznosi oko 120.000 tona boksita. Pored dugogodišnje tradicije rudarenja potrebno treba istaknuti kvalitetu boksita sa ovog područja, koji je jedan od najkvalitetniji u Europi i svijetu.



## O ZAVODU

**Zavod za Vodoprivredu** je naučno-stručna institucija za istraživanje, studije, projektovanje i konsalting u oblasti vodoprivrede



Zavod za Vodoprivredu osnovan je 1952 godine. Pred rat je narastao u jednu od vodećih firmi u regiji u djelatnosti kojom se bavi. Tokom rata Zavod je izgubio znatan dio svojih kadrova, no i pored toga danas raspolaže sa značajnim brojem inženjera, tehničara i stručnjaka drugih profila. Danas ima 25 zaposlenih od čega 50% visoke stručne spreme.

Zavod je registrovan kao naučno-stručna institucija za istraživanje, studije, projektovanja i konsalting u oblasti vodoprivrede. Kao konsalting institucija, prije rata je registrovana sa FAO, UNIDO, INRES, EC WB. U tom periodu je razvijena saradnja sa mnogobrojnim poznatim naučno istraživačkim, projektantskim, konsalting i drugim kompanijama širom svijeta (ZUIVERINGSCHAP, AMSTEL-EN, GOOILAND, HELVERSUM, THE NETHERLANDS).

Koristeći posljednje naučne i stručne metode uz pomoć moderne računarske opreme vrše se istraživanja, rade studije, projekti i konsalting usluge u sektoru voda. Sve je ovo omogućilo Zavodu da vrlo brzo obogati svoju praksu noseći u rješenja i najnovije u svijetu prihvaćene principe održivog razvoja Okvirne direktive o vodama EU i dr.

### Tehnička opremljenost Zavoda:

- **Server** DP 3200-1,0MB/800MHZ
- **IBM računari THINKCENTRE EDGE i7-3770** (procesori 3.43.9 GHz Turbo/8MB Cache, 8 GB (2x4GB) PC3-12800 1600MHz, 1 TB/7200rpm, 250 GB HD, grafička karta NVIDIA QUADRO 600, monitori 17", 19" i 21")
- Mreža, ADSL Router
- A0 ploter, 5 A3 printera, 5 inkjet A4 printera, 3 laserjet CB A4 printera, 1 laserjet color A4 printer, A3 skener, A0 kopir i A3 kopir aparat.
- **Software:**
  - Licencni Pro plus OLV NL 1Y ENT
  - Licencni Windows XP
  - Licencni Windows Server 2003
  - Licencni Symantec AntiVirus
  - Licencni MS Office 2003
  - Arc GIS 9 (ArcView, Arc Editor, extension 3D i Spatial Analyst)
  - Sewer 2004
  - Aqua Designer 6.3.EEU
  - Auto CAD LT 2013
  - Auto CAD 2007 NLM
  - Land Dev. 2i
  - Vectory pro5,00 for windows
  - Mike 11
  - Qual 2E
  - Epanet



# PEUGEOT SUV RANGE



## SPECIJALNA PONUDA PEUGEOT SUV MODELA

### PEUGEOT 2008

Kao jedan od naših najprodavanijih modela, Peugeot 2008 pokazuje svoje pravo lice na svim vrstama terena. Izuzetno okretan i dinamičan, spreman je da vozaču pruži maksimalan užitak u vožnji. Uz nove tehnološke dodatke, postaje nezamjenjiv saputnik.

Potražite ga sa dizel i benzinskim varijantama motora i sa velikim izborom opreme.

### PEUGEOT 3008

Pravi šampion sa pedigreeom! Peugeot 3008 je nekoliko godina za redom na prestižnim trkama (kao što je Dakar reli) iza sebe ostavljao najpoznatija automobilska imena. Tako je proglašavan i za automobil godine, zahvaljujući inovativnim rješenjima Peugeotovih stručnjaka.

Najprodavaniji je SUV u Francuskoj, a jedan od najprodavanijih u Evropi i svijetu.

### PEUGEOT 5008

Raskošan i sa izuzetnom ponudom prostora, Peugeot 5008 osvajaće vas na prvi pogled. Dostupan je u opcijama sa 5 i 7 sjedišta i opremljen najnovijim tehnološkim dostignućima savremene automobilske industrije. Plemeniti materijali nadopunjuju utisak elegancije i prefinjenosti.

Mnogi vozači ga u ovom trenutku smatraju najpoželjnijim SUV modelom na svijetu.



### VERANO MOTORS

Peugeot koncesionar  
Subotička bb, Banja Luka

Tel: 051 380 444

E-mail: [info@verano-bih.com](mailto:info@verano-bih.com)

Web: [www.verano-bih.com](http://www.verano-bih.com)



# BH

## Bušenje d.o.o. Tuzla

RUDARSKO-GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA, BUŠENJE I PROJEKTOVANJE

Adresa: Mitra Trifunovića Uče br. 7, Tuzla	Br. Rješenja: 032-0-Reg-11-000991	Račun: 1404011120022702 Sber Banka – Filijala Tuzla
Tel.Fax: 035/ 288 - 088	PDV broj: 210014810004	Web: <a href="http://www.bhbusenje.ba">www.bhbusenje.ba</a>
Email: <a href="mailto:info@bhbusenje.ba">info@bhbusenje.ba</a>	ID broj :4210014810004	Mat. br.: 32-01-0029-11

### About Us

"BH Drilling" Ltd. Tuzla – for geology and geological research is company specialized for:

- \* Drilling of all kind of geological, hydrogeological and geomechanical exploration boreholes
- \* Drilling, maintenance and water-well restoration including installation of water - supply accessories and equipment
- \* Drilling boreholes in underground mines and filter installation
- \* Geological exploration.
- \* Making all kinds of projects within business registration (mining, geological, electrical and mechanical projects and studies) for underground and open mine exploitation of mineral resources.
- \* Equipment survey, personal protection equipment survey and issuing of service certificates for equipment.

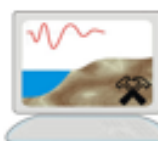
Company has highly skilled personnel and equipment for drilling of all kinds of geological – exploration boreholes, piezometers and geo mechanical boreholes (drilling with and without sampling), drilling for concrete basements and anchoring

We are capable to drill all kind of water wells with diameter from Ø 100 mm to Ø 1000 mm, depth 1000 meters (reverse and directional method) using water, mud or hammering method depending on investor request and needs.

Company makes mining and geology projects, periodical survey reports, equipment survey reports, projects of monitoring slopes and geo mechanical composition of soil. All of these activities are made in accordance to accurate legislation and standards with engagement of internal experts as much as external partners as experts in specific science areas.

"BH Drilling" Ltd. Tuzla maintains good business and technical cooperation with Faculty of Mining Civil Engineering and Geology. Cooperation is verified through contract signed between two parties. Faculty provides laboratory survey services of soil samples acquired by drilling.





**“CTU - IPKIN” d.o.o.**  
**CENTAR TEHNIČKIH USLUGA**  
**ISTRAŽIVANJE, PROJEKTOVANJE, KONSALTING,**  
**INŽENJERING I NADZOR**

76 300 Bijeljina

Tel: ++387(0)65/53-93-43  
www.ipkin.com  
e-mail: ctu@ipkin.com

Matični broj: 1991248 Poreski broj-JIB:  
4402204370007  
PDV broj: 402204370007  
Račun: 562-003-00003440-19

Vidovdanska 48

Privredni subjekt “CTU – IPKIN“ d.o.o Bijeljina posjeduje stručno osposobljen kadar i višegodišnje iskustvo iz oblasti geologije, geofizike i informacionih tehnologija, sertifikovanu opremu, licencirane softverske pakete kao, lično razvijene i unapređene softverske pakete i alate i potrebne licence i sertifikate za oblast geoloških istraživanja, projektovanja i nadzora na teritoriji cijele Bosne i Hercegovine.

Detaljna lista referenci sa izvodima iz rezultata provedenih geoloških istraživanja uz primjenu instrumentalnih metoda istraživanja za potrebe rješavanja problematike iz domena hidrogeologije, rudničke geologije, ležišta mineralnih sirovina, inžinjerске geologije i geotehnike, predočena je na *web* adresi CTU-IPKIN-a: [www.ipkin.com](http://www.ipkin.com).



Geotehnos d.o.o. Sarajevo je privredno društvo koje egzistira već 20 godina i specijalizirano je za pružanje usluga iz oblasti geoloških, geotehničkih, hidrogeoloških ispitivanja i bušenje bušotina za korištenje obnovljivih izvora energije: geotermalne energije (vertikalne sonde) i podzemnih voda (bunara) za grijanje i/ili hlađenje objekata kao i nabavkom i ugradnjom vertikalnih sondi i bunarskih cijevi.

Geotehnos d.o.o. Sarajevo je kadrovski i tehnički osposobljeno za izvođenje kompletnih radova bušenja i ugradnje vertikalnih sondi i bunara koji predstavljaju ključni objekt u sistemu grijanja pomoću toplotne pumpe (dizalice topline).

*Geotehnos d.o.o. Sarajevo*  
*Stjepana Tomića 3*  
*71000 Sarajevo*  
*Tel/Fax.: +387 33 623 607*  
*Tel: +387 33 223 636*  
*E\_mail: [geotehnos@hotmail.com](mailto:geotehnos@hotmail.com)*