

AKADEMSKI SPELEOLOŠKO – ALPINISTIČKI KLUB  
STUDENT SPELEOLOGICAL AND ALPINISTIC CLUB



**KNJIGA APSTRAKATA**

10. SIMPOZIJUM O ZAŠTITI KARSTA

---

10<sup>TH</sup> SYMPOSIUM ON KARST PROTECTION

**ABSTRACT VOLUME**

Beograd, 2023

**Knjiga apstrakata 10. Simpozijuma o zaštiti karsta**  
**Abstract volume of the 10<sup>th</sup> Symposium on karst protection**

IZDAVAČ / PUBLISHED BY

Akademski speleološko – alpinistički klub (ASAK)  
Studentski trg 16, Beograd

UREDNIK / EDITOR

Ana Mladenović

TEHNIČKA PRIPREMA / PRE-PRESS

Ana Mladenović

DIGITALNO IZDANJE

ISBN 978-86-907923-6-8



Akademski speleološko – alpinistički klub (ASAK) iz Beograda deseti, jubilarni put organizuje Simpozijum o zaštiti karsta, 14 – 15. oktobra 2023. godine na Zlatiboru. Simpozijum su podržali Opština Čajetina, Odbor za kras i speleologiju SANU, Društvo geomorfologa Srbije, Geografski institut "Jovan Cvijić" SANU, Komisija za karst Srpskog geološkog društva i Savez speleoloških organizacija Srbije.

Student Speleological and Alpinistic club (ASAK) from Belgrade organizes the Symposium on karst protection for the 10<sup>th</sup> time, from October 14<sup>th</sup> to 15<sup>th</sup> 2023 on Zlatibor Mts. The Symposium is supported by the Municipality of Čajetina, Board on karst and speleology SASA, Serbian Society of Geomorphologists, Geographical Institute "Jovan Cvijić" SASA, Karst Commission of the Serbian Geological Society and Federation of Speleological Organizations of Serbia (SSOS).

#### **Organizacioni odbor / Organizing Committee:**

**Ana Mladenović** (ASAK i Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu)  
**Predrag Stošić** (ASAK)  
**Bojana Đajić** (ASAK)  
**Gojko Paskota** (ASAK)  
**Jelena Čalić** (ASAK i Geografski institut "Jovan Cvijić" SANU)  
**Mihajlo Mandić** (ASAK)  
**Selena Blagojević** (ASAK)

#### **Naučni odbor / Scientific Committee:**

**dr Ana Mladenović** (ASAK i Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu)  
**dr Jelena Čalić** (ASAK i Geografski institut "Jovan Cvijić" SANU)  
**dr Ivana Budinski** (Institut za biološka istraživanja "Siniša Stanković" Univerziteta u Beogradu)  
**prof. dr Slobodan Marković** (Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu)  
**prof. dr Igor Jemcov** (Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu)  
**prof. dr Zoran Stevanović** (Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu)  
**prof. dr Aleksandar Petrović** (Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu)  
**dr Dragan Antić** (Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu)  
**dr Dragan Nešić** (Zavod za zaštitu prirode Srbije)  
**dr Milovan Milivojević** (Geografski institut "Jovan Cvijić" SANU)  
**dr Marko Milošević** (Geografski institut "Jovan Cvijić" SANU)

## SADRŽAJ

1990. – 2023.

<i>Mihajlo Mandić</i> .....	3
<b>Karstno vrelo Opachića – retkost priobalnog karsta Boke Kotorske</b> <i>Zoran Nikić, Olivera Doklestić, Vaso Mrvaljević, Nenad Marić</i> .....	6
<b>Cijanobakterije kao komponenta lampenflore u turističkim pećinama Srbije</b> <i>Slađana Popović, Gordana Subakov Simić, Olga Jakovljević, Marija Pečić, Dragana Predojević, Nataša Nikolić</i> .....	12
<b>Implementacija hidrohemijskih i multivarijantnih statističkih metoda za razumevanje hidrodinamike karsta</b> <i>Marina Ćuk Đurović</i> .....	15
<b>Opšte odlike karsta planine Zlatar (jugozapadna Srbija)</b> <i>Dragan Nešić</i> .....	20
<b>Rastovačka pećina u klisuri Panjice kod Arilja</b> <i>Milorad Kličković, Aleksandra Zatezalo</i> .....	25
<b>Izazovi u proučavanju pećinskih stonoga Dinarskog krasa – primer litobiomorfni stonoga (Chilopoda, Lithobiomorpha)</b> <i>Anja Kos, Dalibor Stojanović, Teo Delić, Maja Zagmajster</i> .....	26
<b>Gornja Baraćeva špilja – povijest paleontoloških istraživanja</b> <i>Hrvoje Cvitanović, Slaven Vuković</i> .....	30
<b>Speleon – Centrar podzemne baštine</b> <i>Slaven Vuković, Hrvoje Cvitanović</i> .....	31
<b>Anthroleucosomatidae (Myriapoda, Diplopoda, Chordeumatida) Balkanskog poluostrva: pregled „Bulgarosoma“ kompleksa rodova</b> <i>Mirko Šević, Dragan Antić, Slobodan Makarov</i> .....	32
<b>Valisneria spiralis – nova vrsta alohtone biljke u kraškim vodama Bosne i Hercegovine</b> <i>Mihajlo Stanković, Marlena Ćukteraš, Marinko Dalmatin</i> .....	37
<b>Geomorfološke posledice poplava 2014. godine u karstu Dževrinske grede (istočna Srbija)</b> <i>Jelena Čalić, Dejan Jeremić, Ana Mladenović</i> .....	41
<b>Hidraulički tranzijenti u karstnoj sredini tokom rada hidroelektrane</b> <i>Maja Todorović, Marina Ćuk Đurović, Igor Jemcov</i> .....	45
<b>Novija speleološka istraživanja u Parku prirode Stara planina na teritoriji Opštine Knjaževac</b> <i>Mladen Milošević</i> .....	50
<b>Speleološki objekti klisure reke Ribnice: biodiverzitet, značaj, ugroženost</b> <i>Mirko Šević, Mihailo Vujić, Vukašin Gojšina, Dragan Antić, Dalibor Z. Stojanović, Slobodan E. Makarov</i> .....	57
<b>Pregled najnovijih speleoloških istraživanja centralnog dela Zlatara</b> <i>Nenad Rumenić, Predrag Matović</i> .....	61

<b>Otkrivanje opsega zagađenosti pećina u Sloveniji</b>	
<i>Jure Tičar</i> .....	73
<b>Doline Leličko-bačevačkog krasa</b>	
<i>Petar Krsmanović, Mihailo Mitić, Aleksa Anđelković, Aleksandar S. Petrović ...</i>	79
<b>Fauna vodozemaca (Amphibia) i gmizavaca (Reptilia) planine Kozare sa akcentom na područje Nacionalnog parka Kozara</b>	
<i>Mihajlo Stanković, Dragan Romčević, Nataša Pjević</i> .....	81
<b>Mijova pećina</b>	
<i>Mihajlo Mandić, Svetlana Maletić, Jelena Čalić</i> .....	86
<b>Katastar speleoloških objekata Republike Hrvatske – CroSpeleo baza</b>	
<i>Hrvoje Cvitanović</i> .....	90
<b>Hoće li biti katastra pećina Srbije?</b>	
<i>Božidar Vasiljević</i> .....	91
<b>Zaštita šišmiša u Bosni i Hercegovini</b>	
<i>Jasminko Mulaomerović, Besim Gurda, Amina Agić</i> .....	94
<b>Nove vrste vodenih puževa na kršu Bosne i Hercegovine</b>	
<i>Jasminko Mulaomerović, Peter Glöer, Mirnes Hasanspahić, Miralem Husanović, Adisa Dževlan</i> .....	97
<b>Bunari, lokve i čatrnje na platou Podveležja kod Mostara</b>	
<i>Mirnes Hasanspahić, Jasminko Mulaomerović</i> .....	100
<b>Podzemni kamenolom u Dardaganima (Zvornik) i kompleks pećina Megara (Maglaj)</b>	
<i>Jasminko Mulaomerović, Gábor Kemenesi, Zsófia Lanszki, Dorottya Győrössi, Vojo Milanović, Amina Agić, Besim Gurda, Admir Bajraktarević</i> .....	102
<b>Kontaminacija karstnih izdani ugljovodonicima - studija slučaja: Lyda Well-1 (Bowling Green, Kentucky)</b>	
<i>Nenad Marić, Jason Polk, Zoran Nikić</i> .....	106

**1990. – 2023.**

Mihajlo Mandić<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – Akademski speleološko-alpinistički klub Beograd, Srbija

Šta nam znače ova dva broja?

Istovremeno malo i mnogo.

Malo za ono čime se mi, zaljubljenici ili zaluđenici (zavisno od toga koga pitamo), kraće ili duže bavimo. Pesnički rečeno, samo treptaj oka u istoriji nastajanja i nestajanja ovog zrna peska u Svemiru koji se zove Zemlja. Sa druge strane, mnogo za nas kao pojedince, prolaznike kroz priču zvanu istraživanje karsta i speleologija. Neki od nas su bili statisti, neki su imali glavne uloge ali svako od onih pre nas je ostavio trag.

Ali da se vratimo ovom našem skupu, koji evo doživljava desetu reprizu.

Simpozijum o zaštiti karsta je začeo kao šala, kao suluda ideja grupice entuzijasta iz ASAK-a uz pivo u „klupskoj“ kafani posle sastanka. Od ideje da naprave nešto, nešto što će nam omogućiti da nastavimo okupljanja i druženja u vreme nestajanja države u kojoj smo rođeni i odrasli. To NEŠTO smo nazvali Simpozijum o zaštiti karsta, a osnovni aksiomi koji ga definišu su bili da je svaka tema vezana za karst dobrodošla, svaka informacija koju podelimo neprocenjiva i nadasve da je **SVAKO DOBRODOŠAO**.

Ta ideja je ono što nam je tokom ove evo već 33 godine dovodilo različite ljude. Ljude koji su karst sagledavali sa različitih aspekata, ljude nama poznate ili do tada nepoznate, neprekidno nas iznenađujući saznanjima o bezgraničnoj raznovrsnosti, potencijalu ali i osetljivosti karsta. Vrlo svesno smo od početka naglašavali da je Simpozijum mesto koje nema imperativ naučnog skupa te da su i oni koji nisu naučni istraživači karsta bitni, čak veoma bitni i da je ovo mesto na kome speleolozi „amateri“ mogu i treba da prezentiraju rezultate svojih istraživanja. Takav pristup nas je „koštao“ jer, nije jedan naš kolega iz sveta nauke rekao „taj skup nema težinu, malo je tu poena koji su mi bitni“. Ponekad nam je bilo žao zbog toga ali se nikada se nismo pokajali. Naš Simpozijum je bio i ostao mesto na kome se mogu upoznati ljudi od struke i nauke sa entuzijastima i međusobno podeliti iskustva, razrešiti dileme, podići veo tajni sa nekih pojava i oblika na koje su naišli tokom istraživanja.

Vremena su se tokom ovih tridesetak godina promenila, države su se promenile, ružne stvari su nam se dogodile. Neki nama dragi ljudi koji su pokrenuli ovu priču nisu više sa nama ali aksiomi koje smo u početku svi zajedno definisali i dalje važe, sve ostalo su tehnikalice. Nadam se da će tako i ostati. Uostalom to samo od nas zavisi.

Kao što rekoh, sve je počelo kao suluda ideja ali valjda je baš zbog toga uspelo.

Neformalno, prisno, opušteno (sem za organizatore) su proticali skupovi ali kada se govorilo o karstu, oštro i beskompromisno je dočekana i diskutovana svaka informacija. I tako i treba da bude, zapravo, tako i MORA da bude da bi sve imalo smisla i da bismo išli napred.

A sami skupovi, pa kao i mi i oni su evoluirali. Počev od dinamike održavanja skupa koja je svima bila, u najmanju ruku, čudna jer održavani su svake tri godine, do toga da se svaki skup održava u drugom gradu. Ipak, polovina skupova je održana u Beogradu. Pored toga, organizovani su i u Despotovcu, Guči, Beloj Palanci i Pirotu a evo nas sad na Zlatiboru. Tokom vremena, što zbog nas i našeg ponekad amaterskog promovisanja skupova, što zbog svega što se nama i svima oko nas događalo, menjao se i broj radova i autora. Na žalost, nemali broj radova je samo usmeno prezentiran ali ne i štampan jer nikada nije dostavljen uređivačkom odboru čime smo svi izgubili.

Da sada ne kukamo. I pored toga ne možemo se žaliti na broj publikovanih radova, čiji se broj kretao od 9 do preko trideset sa ukupno 190 radova štampanih u okviru Zbornika radova. Bilo je tu i pratećih Zbornika apstrakata i nekoliko Vodiča za terenske ekskurzije.

Tokom godina kontakti sa kolegama speleolozina ili istraživačima karsta iz brojnih organizacija su kao rezultat imali njihovo učešće na našim skupovima tako da smo, već od trećeg skupa, redovno imali i drage nam goste iz inostranstva. Oni su prezentirali i do desetak radova na pojedinim skupovima, a autori su dolazili iz Bugarske, Slovenije, Italije, Rumunije, Mađarske, Belgije, Crne Gore, Republike Srpske i Federacije BiH.

Svaki od skupova je imao neku svoju „pikanteriju” koja je uglavnom bila odraz situacije u kojoj je organizovan. Samo jednu ćemo navesti, održavali su se u amfiteatrima Prirodno matematičkog fakulteta, svečanoj sali Rudarsko geološkog fakulteta ali i na terasi iznad kladionice u Guči. I pored toga, uspeali smo da uspostavimo tradiciju skupa koji je, hajde da se malo hvalimo, jedan od retkih posvećenih isključivo karstu u okruženju. A evo, uspeali smo i da se ponovo okupimo, da se vidimo, pokažemo jedni drugima šta smo radili, da razmenimo ideje, dogovorimo zajednički rad, družimo se.

Na početku smo se pitali šta znače ona dva broja.

Znače u stvari veoma mnogo, znače da je naša ideja imala smisla, da je prihvaćena, da je razvijana i da se i dalje razvija na dobrobit svih nas koji volimo i bavimo se karstom, da samo bazamo po njemu ili u njemu ili pokušavamo da ga razumemo.

Istovremeno znače da danas možemo i da žalimo za onim što su neki ljudi, svesni ili nesvesni toga što rade, žrtvovali ali i spremni da ukažemo na to i na pravce i mogućnosti da se stvari poprave.

Malo li je?



## **Карстно врело Опачица – реткост приобалног карста Боке Которске**

### **Karst spring Opačica – rarity of the coastal karst of Boka Kotorska**

Зоран Никић<sup>1</sup>, Оливера Доклестић<sup>2</sup>, Васо Мрваљевић<sup>3</sup>, Ненад Марић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – Универзитет у Београду Шумарски факултет, <sup>2</sup> – Екобока пројект, Херцег Нови, <sup>3</sup> – Quince M Pro доо, Београд

#### Summary

The emergence of a karst spring is a complex phenomenon influenced by various factors, including geological structure, hydrogeological conditions, geomorphological features, meteorological factors, and more. All these elements must converge in a particular area to give rise to a karst spring. Along coastal regions, karst springs often contain saline water due to their proximity to the sea. However, the freshwater springs that remain free from salinization are rare and hold considerable value. This article focuses on the ongoing study of the coastal karst spring known as Opačica, notable for its non-saline water composition. Opačica Karst Spring is situated within the Bay of Boka Kotorska, approximately 1.3 km from the coastline, specifically within the Kućansko polje, in the eastern part of Herceg Novi municipality. The article provides an overview of the general geological characteristics of the region, including the tectonic structure of the broader Opačica karst spring area, alongside its hydrogeological properties. Spring was tapped from the 1960s. It is currently occasionally used as a public water source for Herceg Novi despite the authorized user not obtaining the necessary water permit. The paper emphasizes the exceptional value of Opačica karst spring as a natural rarity. Furthermore, it highlights that the current condition of the spring and its immediate surroundings are vulnerable to anthropogenic activities within the catchment area, potentially leading to its “loss” as a public water supply for the local population.

#### **1. Увод**

Јако сложена геолошка грађа, хидрогеолошки услови, геоморфолошки односи, метеоролошке прилике и друго, потребни су на једном простору за појаву карстног врела. Карстна врела су извори у карстним теренима и обично имају велику издашност која може осциловати од више  $m^3/s$  до пар  $l/s$  или може доћи до потпуног пресушивања, а вода им је доброг квалитета и могу се користити за пиће. У карстним теренима представљају природну реткост и велику вредност у сваком погледу. Припадају категорији природне атракције јер на карстним теренима површински токови су ретки, односно безводна је површина терена, а богатство у подземним водама је на већим дубинама. За локално становништво су од непроцењиве вредности јер њихове воде користе за пиће и тиме се пружа могућност за живот у овим пасивним крајевима.

Међутим, карстна врела у непосредном морском приобаљу обично су са заслањеном водом. У периоду када се у сливу излучују велике количине падавина из ових врела могу истицати маломинерализоване, а у сушним периодима заслањене воде. Ово је последица утицаја морских вода и називају се бочатни извори. Моћне карстне издани могу се дренирати и на дну мора у плитким приобалним подручјима обично из кавернозних кречњака. Том приликом се на површини мора јавља снажно клобучање, често у виду благих концентричних кругова, а вода је јако заслањена. Оваква појава се назива вруља. У непосредном приобаљу Боке Которске има више великих карстних врела али су сва са заслањеном водом тј. у виду бочатних извора или вруља, осим карстног врела Опачица. Квалитативне и квантитативне карактеристике вода карстног врела Опачица били су елементи да се изврши његово каптирање 60-их и затим, све до 80-их година прошлог века представља главно водоизвориште за водоснабдевање општине Херцег Нови. Тада је извршено прикључивање водоснабдевања Херцег Новог на водосистем ХЕ „Требиње“ и воде врела Опачица се користи само повремено (летњи период, радови на одржавању водосистема Требишница) чиме је постало заменско извориште.

## **2. Опште карактеристике подручја истраживања**

Карстно врело Опачица се налази у Кућанском пољу на око 1,3 km од обалске линије мора. Административно припада месној заједници Зеленика која се налази у источном делу општине Херцег Нови, а географски заливу Боке Которске. Поред самог врела пролази локални асфалтни пут који од Зеленике води ка насељу Кути. На ширем подручју врела Опачица, могу се издвојити три геоморфолошке целине: 1) појас који се пружа приближно паралелно са морском обалом, представљен теренима са благим падинама који су изграђени од флишних седимената, 2) равничарски део Кућанског поља изграђен од алувијално-пролувијалних седимената и 3) староцрногорска карстна зараван са просечном надморском висином око 800-1 000 m н.м. са које се издиже планински масив Орјена (1 894 m н.м.). Врело се налази на крајњем источном ободу Кућанског поља, на контакту прве и друге геоморфолошке целине. Кућанско поље је атрактивна геоморфолошка јединица у виду великог амфитеатра чија „позорница“ има облик издуженог неправилног круга пречника око 1 km у дужем смеру, са благо заталасаним, заравњеним тереном, а окружено је стрмим кречњачким падинама и планинским врховима. Са истока се уздиже више планинских врхова од којих је највише Девесиље (775 m н.м.), са севера је моћни масив Ластва (892 m н.м.), а са западне стране такође више врхова од којих је највиши Петрова глава (763 m н.м.). Једино са јужне стране Кућанско поље је отворено према мору где је између узвишења Драгомир (121 m н.м.) према северозападу и Руљина (131 m н.м.) према југоистоку усечена уска долина и корито реке Зеленике. Надморска висина Кућанског поља је од око 6 до око 20 m н.м., а врела Опачица је око 7 m н.м. Хидрографска мрежа на ширем подручју врела Опачица прилагођена је рељефу као и режиму падавина. Водотокови су кратки и бујичног карактера, са обилнијим протицајем током зиме, а са дефицитом воде у летњој сезони. Најзначајнији су поток Сопот и

Манитовац чија су сливна подручја на стрмим кречњачким странама узвишења око Кућанског поља.

Део поља дренира река Опачица коју формирају воде истоименог карстног врела и пар повремених потока који током лета пресуше. Сви водотоци се уливају у реку Зеленику чије корито је регулисано као трапезасто корито, са дном и странама обложеним каменом. Површина њеног сливног подручја је око 9,5 km<sup>2</sup>. Шире подручје карстног врела одликује се медитеранском климом коју карактеришу благе зиме и топла лета. Просечна годишња температура износи око 15,7° C, а просечне годишње падавине 1 937,3 l/m<sup>2</sup>. На микро климу утиче више фактора од којих су најважнији утицаји мора, кречњачка подлога и високо планинско залеђе.

### **3. Геолошка грађа и тектонски склоп терена ширег подручја врела**

У геолошкој грађи терена шире околине карстног врела Опачица учествују творевине тријаске, јурске, кредне, палеогене и квартарне старости. Приказ геолошке грађе дат је у основним цртама на основу Тумача Основне геолошке карте СФРЈ 1:100 000, (ОГК) лист Котор К34-50 (Антонијевић ет ал. 1973).

На ширем подручју врела Опачица тријас тј. ладински и карнијски кат (Т<sub>2,3</sub>) развијени су у фацији песковитих кречњака (калкаренита), кречњака и доломитичних кречњака. Горњи тријас (Т<sub>3</sub>) је представљен доломитима.

Јурски седименти (Ј) представљени су калкаренитима, кречњацима, рожнацима, бречама и доломитима. Средње јурске и горње јурске старости (Ј<sub>2+3</sub>) су слојевити и банковити, једри и оолотични кречњаци.

Седименти доњокредне старости (К<sub>1</sub>) представљени су рожнацима, силификованим лапоровитим кречњацима, банковитим и слојевитим кречњацима. Горња креда (К<sub>2</sub>) има релативно велико распрострањење на овом простору. Представљена је слојевитим и банковитим кречњацима, доломитичним кречњацима и доломитима, калкаренитима са рожнацима и прослојцима бреча. Седименти кредно-палеоценске (К-Рс) и кредно-еоценске старости (К-Е) означени су као прелазни слојеви у основи флиша, а представљени су лапоровитим кречњацима, калкаренитима и лапорцима.

Седименти доњоеоценске старости (Е<sub>1</sub>) представљени су грубим кречњачким бречама, калкаренитима, пешчарима и лапорцима. Седименти средњоеоценске старости (Е<sub>2</sub>) представљени су флишном фацијом конгломерата, пешчара и глинаца, као и фацијом нумулитских кречњака. Седименти горњоеоценске старости (Е<sub>3</sub>) представљени су флишном фацијом конгломерата, пешчара, лапораца и глинаца.

Квартарне творевине су представљене пролувијалним, делувијалним и алувијалним седиментима. Делувијални седименти заступљени су на брдским

падинама, а пролувијално-алувијални седименти имају највеће распрострањење у Кућанском пољу.

У оквиру тектонског склопа терена издвајају се три геотектонске јединице: Јадранско- јонска зона „Парааутохтон“, Будванско-барска „Цукали зона“ и Зона високог крша. Парааутохтон изграђују карбонатни седименти мастрихта, кречњаци средњег еоцена и флишне творевине средњег и горњег еоцена. Преко парааутохтона је навучена Будванско-барска зона дуж реверсне дислокације. Ову геотектонску јединицу изграђују разноврсни карбонатни седименти мезозоица и палеогени флиш. Преко Будванско-барске зоне „Цукали зоне“, навучена је Зона високог крша у чијој грађи учествују мезозојски плитководни карбонатни седименти. Бурна тектонска активност допринела је изломљености стенских маса и тиме у оквиру карбонатних творевина интензиван развој карстног процеса.

#### **4. Хидрогеолошке карактеристике терена и врела**

Моћна карстна издан која се дренира преко врела Опачица развијена је у карстификованим и испуцалим масивним кречњацима горњокредне старости који граде обод и палеорељеф Кућанског поља. Карстна водоносна средина оивичена је према југу бочном и подинском баријером коју чине слабо пропусни танкослојевити и плочасти кречњаци доњокредне старости, односно непропустни седименти флиша који изграђују основу терена (Антонијевић ет ал. 1973). Прихрањивање карстне издани се врши инфилтрацијом атмосферских вода и понирањем алогених повремених водотокова у планинским деловима по ободу Кућанског поља. По ободу поља у површинском делу и дубље до неколико стотина метара, одвија се углавном вертикална циркулација да би се у засићеној зони издани доминантно одвијала хоризонтална циркулација вода релативно великих брзина, а у најдубљим деловима вршило акумулирање вода. Према југу, тј. мору, карстна издан је оивичена бочном и подинском хидрогеолошком баријером коју чине водонепропусни танкослојевити и плочасти кречњаци доњокредне старости и флиш (Радуловић и Радуловић, 1977). Тим хидрогеолошким својством и просторним положајем у односу на водоносне кречњаке горње креде, флишне творевине условљавају дренирања карстне издани на врелу Опачица и спречавају мешање подземних и морских вода. Врело Опачица се налази у оквиру геотектонске јединице Будва-Цукали зона, која је од Парахтона одвојена непропустним флишним седиментима због чега не долази до заслањивања вода врела Опачица и поред близине мора и тиме је једино приморско врело у Боки Которској, па и шире, чије се воде не заслањују морским водама (Бешић, 1969).

Врело Опачица је изворска пећина са разгранатом мрежом пећинских канала који се од места истицања настављају према истоку. Пећински канали су са сталним подземним током и развијени су у карстификованим кречњацима горње креде, дуж контакта са непропустним плочастим кречњацима и флишом доњокредне старости. У природним условима врело Опачица је са сталним

истицањем вода током целе године које је у распону од минималних неколико l/s до максималних око 3-4 m<sup>3</sup>/s.

Врело је асцедентно, сифоналног типа, контактано. У зависности од периода године и хидролошког стања, поред доминантног истицања вода на самом врелу, низводно у одводном потоку на дужини од око 20-25 m на више места има појава дифузног истицања дуж леве обале и на дну мајор корита потока (Никић ет ал, 2022).

Топографско и хидрогеолошко сливно подручје врела Опачица се значајно разликују. рН вредност вода врела је од 7,1 до 7,9, температуре је од 12,5 до 18,0 о С, повремено се јавља блага замућеност вода после интензивних падавина у сливу.

Садашње стање у зони врела Опачица је следеће: поред каптажног објекта непосредно уз само врело постоји група од седам бушених бунара дубине од 19,5 m до 35 m од којих су у четири уграђене потапајуће пумпе. Током летњег периода, из ова 4 бунара у зависности од тренутних потреба црпи се до 160 l/s када долази до обарања нивоа подземних вода на око 18 m од површине терена, односно око 8-9 m испод нивоа мора. Црпењем вода у рецесионом периоду додатно се смањује ниво воде односно, долази до обарања нивоа карстне издани до коте потапајућих пумпи при чему пећински канали у дубљим нивоима су са водом (Никић, 2022). Јако је важно и да у овим условима није регистровано заслањивање изданских вода. Међутим, поред јединствености карстног врела Опачица са аспекта потенцијала водног ресурса, још не постоји адекватна водна сагласност за потребе регуларног јавног водоснабдевања.

## 5. Закључак

Карстно врело Опачица, у Кућанском пољу, општина Херцег Нови, због својих карактеристика и могућности је јединствено карстно врело у приобалном делу Боке Которске и шире, дуж целог приморја. Ово врело и карстна издан која се преко њега дренира представљају моћан ресурс квалитетних подземних вода. Садашње стање на врелу и антропогене активности у непосредном окружењу и на његовом сливном подручју, лако могу довести до тога да ово јединствено врело буде „изгубљено“ за намену јавног водоснабдевања становништва.

## Списак литературе:

1. Антонијевић, Р., Павић, А., Каровић, Ј., Димитријевић, М., Радоичић, Р., Пејовић, Д., Пантић, С., Роксандић, М. 1973. Основна геолошка карта СФРЈ 1:100 000 К34-50 лист Котор и Тумач. Савезни геолошки завод. Београд.
2. Бешић, З. 1969: Геологија Црне Горе – карст Црне Горе, књига 2. Завод за геолошка истраживања Црне Горе. Титоград. Стр. 415.
3. Никић, З. 2022: Програм мерења и регистрација (мониторинг) вода изворишта Опачица, Кутско поље – општина Херцег Нови. ГеоИнжењеринг БГП. Београд.

4. Nikić, Z., Doklešić, O., Mrvaljević, V., Marić N. 2022: A contribution to the transformation of Oračica spring (Herceg Novi municipality) into a modern water supply source. Proceedings of the Multidisciplinary conference „Karst 2022: Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst“. Serbian academy of sciences and arts, Belgrade. Pp. 31-34.
5. Радуловић В., Радуловић М. 1997: Карст Црне Горе. Монографија: 100 година хидрогеологије у Југославији. Универзитет у Београду Рударско-геолошки факултет. Београд. Стр. 147-186.

# **Cijanobakterije kao komponenta lampenflore u turističkim pećinama Srbije**

## **Cyanobacteria as component of lampenflora in Serbian show caves**

Sladana Popović<sup>1</sup>, Gordana Subakov Simić<sup>1</sup>, Olga Jakovljević<sup>1</sup>, Marija Pečić<sup>1</sup>, Dragana Predojević<sup>1</sup>, Nataša Nikolić<sup>1</sup>

<sup>1</sup> - University of Belgrade, Faculty of Biology, Institute of Botany and Botanical Garden "Jevremovac", Department of Algology and Mycology

### Summary

The opening of show caves and their modification for visitors' convenience often leads to certain ecological problems, regardless of the efforts of management and scientists and allocation of funds to preserve and protect the original habitat. In this context, one of the most frequently observed issues and the subject of different research is the occurrence of lampenflora, its characteristics and nature. Lampenflora has been studied in seven tourist caves in Serbia so far, occasionally, or as part of routine monitoring. As a phototrophic component of lampenflora, Cyanobacteria have been documented in every cave, but not in every sample. Considering all examined data so far, representatives of coccoid and simple trichal cyanobacteria are most frequently encountered, while heterocytous taxa are present, but to a lesser extent. In general, recorded taxa mostly correspond to aerophytic representatives, but there are also some that can be considered aquatic, which is not surprising given the presence of seepage in caves. In order to properly characterize the lampenflora, all of its components should be accurately evaluated, which includes not only algae but also cyanobacteria that can contribute to stone deterioration, and also having potential to produce various metabolites.

### **1. Uvod**

Mnogi mikroorganizmi (virusi, bakterije, gljive, alge i protozoe) nalaze svoje privremeno ili trajno stanište na raznim supstratima u pećinama. Neki od njih su pravi stanovnici pećina, drugi su u pećinama prisutni samo privremeno, a neki najbolje uslove za rast i razvoj nalaze u izmenjenom staništu, tj. novoj niši koja se formira kao posledica adaptacije pećina u turističke svrhe. Veoma često se dešava da se ubrzo po otvaranju turističkih pećina za posetioce na supstratu koji se nalazi u blizini veštačkog svetla uočavaju promene koje uzrokuju fototrofni (fotosintetički) mikroorganizmi, a koje označavaju pojavu lampenflore. Lampenflora predstavlja najnepoželjniju posledicu prilagođavanja pećinskog staništa u turističke svrhe, jer predstavlja pretnju ne samo za supstrat na kome se razvija (naročito pećinski nakit), već i za čitavo pećinsko stanište. Lampenfloru uglavnom karakterišu biofilmovi zelene boje u kojima dominiraju alge i cijanobakterije, ali nije isključena pojava i drugačije obojenih biofilmova. Cijanobakterije su drevni fototrofi koji naseljavaju različita staništa (uključujući i ekstremna) i generalno predstavljaju najvažnije primarne producente na Zemlji. Pošto često ulaze i u sastav lampenflore, određeni

taksoni se dovode u vezu sa procesom biodeterioracije, ali se takođe zna da mnogi predstavnici imaju sposobnost i da sintetišu brojna bioaktivna jedinjenja i polimere kao odgovor na promene životne sredine i biotičke i abiotičke stresore (Cañaveras i sar. 2001; Castello 2014; Czerwik-Marcinkowska 2013; Djebaili i sar. 2022; Falasco i sar. 2014; Meyer i sar. 2017; Northup i Lavoie 2001; Saiz-Jimenez 2012; Smith i Olson 2007; Ogórek i sar. 2013).

Istraživanje fototrofa u pećinama Srbije započeto je pre desetak godina izučavanjem biofilmova u ulaznoj zoni pećina. Današnja istraživanja (fundamentalna i primenjena) u fokusu imaju fototrofe koji se proučavaju sa više aspekata (diverzitet, ekologija, očuvanje i zaštita pećinskih staništa, primena u biotehnologiji) kako u prirodnim, tako i u turističkim pećinama. Rezultati dosadašnjih istraživanja predstavljeni su na mnogim domaćim i međunarodnim konferencijama i u međunarodnim časopisima (npr. Popović i sar. 2015, 2016, 2017, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, Nikolić i sar. 2020a, 2020b, 2021).

## 2. Spisak literature

1. Cañaveras, J.C., Sanchez-Moral, S., Soler, V., Saiz-Jimenez, C. 2001. *Microorganisms and microbially induced fabrics in cave walls*. Geomicrobiology Journal, 18: 223-240.
2. Castello, M. 2014. *Species diversity of bryophytes and ferns of lampenflora in Grotta Gigante (NE Italy)*. Acta Carsologica, 43 (1): 185-193.
3. Czerwik-Marcinkowska, J. 2013. *Observations on aerophytic cyanobacteria and algae from ten caves in the Ojców national park*. Acta Agrobotanica, 66 (1): 39-52.
4. Djebaili, R., Mignini, A., Vaccarelli, I., Pellegrini, M., Spera, D.M., Del Gallo, M., D'Alessandro, AM. 2022. *Polyhydroxybutyrate-producing cyanobacteria from lampenflora: The case study of the "Stiffe" caves in Italy*. Frontiers in Microbiology, 13: 933398.
5. Falasco, E., Ector, L., Isaia, M., Wetzel, C.E., Hoffmann, L., Bona F. 2014. *Diatom flora in subterranean ecosystems: a review*. International Journal of Speleology, 43 (3): 231-251.
6. Meyer, E., Seale, L.D., Permar, B., McClary, A. 2017. *The effect of chemical treatments on lampenflora and a collembola indicator species at a popular tour cave in California, USA*. Environmental Management, 59: 1034-1042.
7. Nikolić, N., Subakov Simić, G., Golić, I., Popović, S. 2021. *The effects of biocides on the growth of aerophytic green algae (Chlorella sp.) isolated from a cave environment*. Archives of Biological Sciences OnLine-First Issue, 00: 27-27.
8. Nikolić, N., Popović, S., Vidaković, D., Subakov Simić, G., Krizmanić, J. 2020a. *Genus Humidophila from caves in Serbia with an improved detailed description of rare H. brekkaensoides*. Archives of Biological Sciences, 72 (2): 279-289.
9. Nikolić, N., Zarubica, N., Gavrilović, B., Predojević, D., Trbojević, I., Subakov Simić, G., Popović, S. 2020b. *Lampenflora and the entrance biofilm in two show caves: Comparison of microbial community, environmental, and biofilm parameters*. Journal of Cave and Karst Studies, 82 (2): 69-81.
10. Northup, D.E., Lavoie, K.H. 2001. *Geomicrobiology of caves: a review*. Geomicrobiology Journal, 18: 199-222.
11. Ogórek, R., Lejman, A., Matkowski, K. 2013. *Fungi isolated from Niedźwiedzia Cave in Kletno (Lower Silesia, Poland)*. International Journal of Speleology, 42 (2): 161-166.
12. Popović, S., Nikolić, N., Pečić, M., Anđelković, A., Subakov Simić, G. 2023. *First Report on a 5-Year Monitoring of Lampenflora in a Famous Show Cave in Serbia*. Geoheritage, 15: 14
13. Popović, S., Pečić, M., Subakov Simić, G. 2022. *Exploring Lampenflora of Resavska Cave, Serbia*. Biology and Life Sciences Forum, 15: 33. IECD2022-2425.
14. Popović, S., Nikolić, N., Predojević, D., Jakovljević, O., Rađa, T., Anđelković, A., Subakov Simić, G. 2021. *Endolithic phototrophs: examples from cave-like environments*. Kragujevac Journal of Science, 43: 123-137.



15. Popović, S., Krizmanić, J., Vidaković, D., Karadžić, V., Milovanović, Ž., Pečić, M., Subakov Smić, G. 2020. *Biofilms in caves: easy method for the assessment of dominant phototrophic groups/taxa in situ*. Environmental Monitoring and Assessment, 192: 720.
16. Popović, S., Nikolić, N., Jovanović, J., Predojević, D., Trbojević, I., Manić, Lj., Subakov Simić, G. 2019. *Cyanobacterial and algal abundance and biomass in cave biofilms and relation to environmental and biofilm parameters*. International Journal of Speleology, 48 (1): 49-61.
17. Popović, S., Subakov Simić, G., Stupar, M., Unković, N., Krunić, O., Savić, N., Ljaljević Grbić, M. 2017. *Cave biofilms: characterization of phototrophic cyanobacteria and algae and chemotrophic fungi from three caves in Serbia*. Journal of Cave and Karst Studies, 79 (1): 10-23.
18. Popović, S., Subakov Simić, G., Korać, A., Golić, I. Komárek, J. 2016. *Nephrococcus serbicus, a new coccoid cyanobacterial species from Božana Cave, Serbia*. Phytotaxa, 289 (2): 135-146.
19. Popović, S., Subakov Simić, G., Stupar, M., Unković, N., Predojević, D., Jovanović, J. Ljaljević Grbić, M. 2015. *Cyanobacteria, algae and microfungi present in biofilm from Božana Cave (Serbia)*. International Journal of Speleology, 44 (2): 141-149.
20. Saiz-Jimenez, C. 2012. *Microbiological and environmental issues in show caves*. World journal of Microbiology and Biotechnology, 28 (7): 2453-2464
21. Smith, T., Olson, R. 2007. *A taxonomic survey of lamp flora (Algae and Cyanobacteria) in electrically lit passages within Mammoth Cave National Park, Kentucky*. International Journal of Speleology, 36: 105-114.

## Zahvalnica

Ovaj rad je finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, Ugovor br. 451-03-47/2023-01/200178.

# **Implementacija hidrohemijskih i multivarijantnih statističkih metoda za razumevanje hidrodinamike karsta**

## **Implementation of Hydrochemical and Multivariate Statistical Methods for Studying Karst Hydrodynamics**

Marina Ćuk Đurović<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

### Summary

Karst aquifers are complex and dynamic hydrogeological systems that exhibit high sensitivity to different sources of recharge, such as short-term storms, recharge through sinkholes, and infiltration through the epikarst or soil of varying thickness. If hydrotechnical structures, such as dams or hydraulic tunnels, are built in karst terrain, the hydrodynamics becomes even more complex.

This paper will illustrate the application of hydrochemical methods combined with multivariate statistical data analysis to address various issues related to karst hydrodynamics in both natural and artificial contexts (tunels and dams). Properly designing the monitoring network, selecting monitoring parameters, and ensuring timely sampling are essential components for collecting high-quality input data. High-frequency sampling is usually conducted during flood events, while seasonal sampling aligns with the hydrological cycle or specific research phenomena. Considering the dynamic nature of sampling, a large number of parameters and the observed objects, data processing guides research toward the application of multivariate statistical analyses, specifically two-way hierarchical cluster analysis (HCA) and factor analysis (FA), including principal component analysis (PCA). The integration of these multivariate statistical methods with classical hydrochemical graphical techniques has facilitated the following outcomes: 1) a closer definition of the hydrogeological characteristics of the karst-fissured aquifer system under different hydropower tunnel operation regimes; 2) additional insights into the groundwater flow directions in the presence of artificial barriers like dams; 3) development of a spatio-temporal conceptual model of the behavior of complex karst systems during flood event, including the delineation of recharge areas and main hydrogeological processes.

### **1. Uvod**

Karstne izdani su složeni hidrogeološki sistemi osetljivi na različite izvore prihranjivanja kao što su kratkotrajne padavine visokog intenziteta, prihranjivanja preko ponora, infiltracije kroz zemljište i stene (Goldscheider 2015). Ako su u karstnim terenima izgrađeni hidrotehnički objekti, kao što su brane ili tuneli, karstna izdan može imati različit odgovor i istraživanje hidrodinamike karsta postaje još

kompleksnije (Milanović 2000, Jemcov 2019). Karstne izdani su visoko produktivne, ali i podložne kontaminaciji, a mreža pukotina i kanala čini cirkulaciju podzemnih voda složenom (Ford and Williams, 2007). Pored brojnih metoda koje se uobičajeno primenjuju, hidrohemijske i multivarijantne statističke metode su našle značajnu ulogu za razumevanje hidrodinamike karstnih sistema. U radu biće prikazani primeri primene hidrohemijskih metoda sa statističkom analizom na različitim problemima vezanim za hidrodinamiku karstne izdani – u uslovima gde su izgrađeni hidrotehnički objekti, tunel i brana (Čuk et al. 2020; Jemcov I., Čuk Đurović M. 2021), i u prirodnim uslovima u toku poplavnog talasa (Čuk Đurović et al. 2022).

## **2. Pregled primenjivanih metoda**

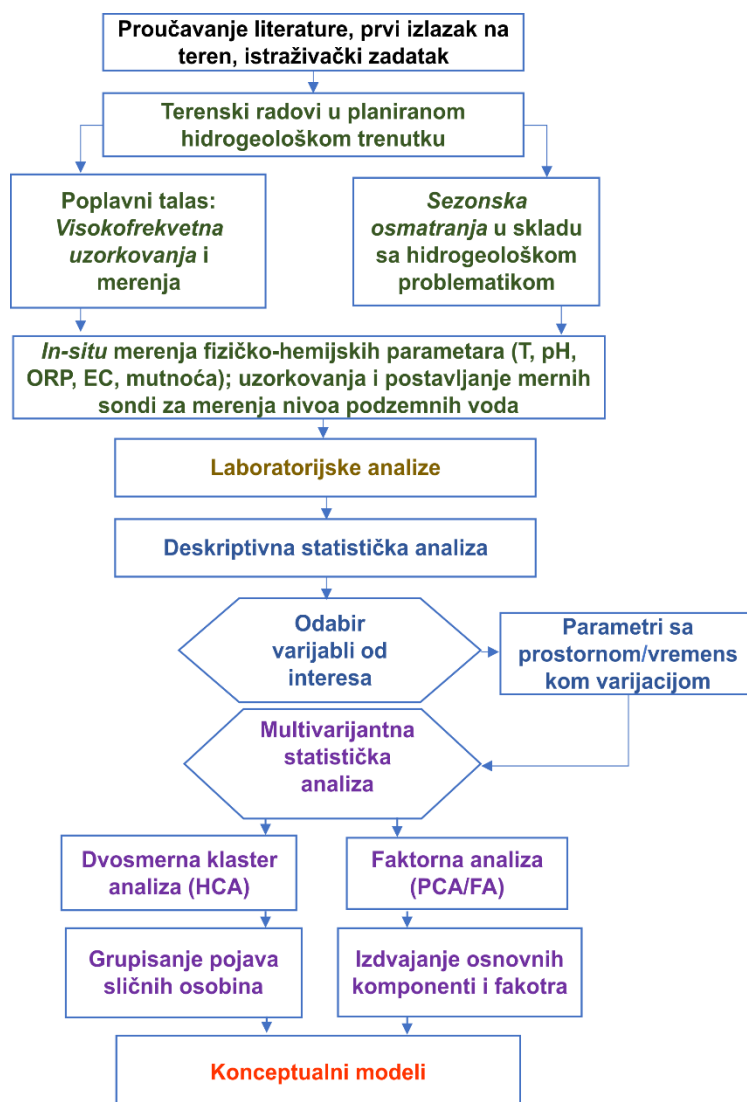
Kako bi primena hidrohemijskih i multivarijantnih statističkih metoda bila od koristi za dublje razumevanje kompleksnih pitanja kao što je hidrodinamika karsta, ključno je pažljivo planiranje terenskih istraživanja. Pravilno projektovanje osmatračke mreže, izbor parametara za praćenje i pravovremeno uzorkovanje podzemnih voda predstavljaju osnove prikupljanja kvalitetnih ulaznih podataka. Vremenska komponenta u dizajnu istraživanja zavisi od prirode fenomena koji se proučava. Na primer, visoko-frekventna uzorkovanja se sprovode kada se istražuje nailazak poplavnog talasa u karstu, dok se povremena osmatranja primenjuju u slučaju analize hidrološkog ciklusa, gde se uzorci uzimaju sezonski ili u različitim vremenskim intervalima. Što se tiče istraživanja karstnih sistema sa prisustvom veštačkih objekata, frekvencija uzorkovanja će uglavnom zavisiti od ciljeva i problema specifičnih za konkretno istraživanje (Slika 1).

Analiza klasterisanja sa dvosmernim dendrogramom, poznata kao hierarhijska klaster analiza (HCA), predstavlja moćan alat za izdvajanje grupa sa sličnim hidrogeohemijskim karakteristikama, pri čemu jasna vizualizacija parametara koji deluju unutar grupa, omogućava bolje razumevanje prirodnih uslova u ovako izdvojenim klasterima (Li et al. 2019). Analiza glavnih komponenti (PCA) i faktorna analiza (FA) su se pokazale kao adekvatne metode za karakterizaciju prostorne i vremenske distribucije hidrohemijskih podataka i srodnih hidrogeohemijskih procesa. Ovakav pristup je korišćen za objašnjenje hidrodinamičkih i hidrohemijskih ponašanja izvora tokom poplavnih talasa (Mudarra & Andreo, 2011). Tumačenje rezultata HCA, FA i PCA analiza u kontekstu hidrogeoloških istraživanja ima ključnu ulogu u formiranju konceptualnih modela koji omogućavaju dublje razumevanje procesa i relacija u proučavanom hidrogeološkom sistemu.

## **3. Studije slučaja**

U tabeli 1 prikazana su tri primera na kojima je kombinacija multivarijantnih statističkih metoda (HCA, FA i PCA) omogućila: 1) bliže definisanje karaktersitika izdani u karstno-pukotinskom sistemu uz hidrohemijski odgovor podzemne vode pri različitom režimu rada dovodnog tunela pod pritiskom; 2) dodatno razumevanje pravaca cirkulacije podzemnih voda u uslovima izgrađene hidrauličke barijere -

brane; 3) razvoj prostorno-vremenskog konceptualnog modela kompleksnog karstnog sistema tokom poplavnog talasa, uz definisanje zona prihranjivanja i glavnih hidrogeoloških procesa.



**Slika 1.** Dijagram toka implementiranih metoda i postupaka koji su rezultirali formiranjem konceptualnog modela.

Deskriptivna statistička analiza predstavlja prvi korak u procesu selekcije parametara za kasniju primenu multivarijantne statističke analize. U ovoj fazi, posebna pažnja se posvećuje parametrima koji pokazuju visoku varijabilnost ili uopšteno pokazuju značajne promene tokom razmatranog vremenskog perioda, i kao takvi se uključuju u dalje analize

Integrirana primena HCA i PCA/FA omogućila je konstrukciju naprednog multivarijantnog hemograma. Ovaj analitički postupak je prvi put primenjen u binarnoj karstnoj izdani poznatoj po složenoj hidrodinamici i mešanju sličnih hidrohemisjskih voda (Ćuk Đurović et al. 2022). Primena multivarijantnih hemograma u odnosu na tradicionalne hemograme ima ključne prednosti jer omogućava fokusirano analiziranje dominantinih hidrogeoloških faktora u svakoj dinamičkoj fazi pražnjenja karstnih izvora. Ovaj pristup omogućava dublje razumevanje

hidrohemijskih i hidrauličkih karakteristika dominantnih faktora u istraživanom području, uz sposobnost procene vremenskog trajanja procesa koji utiču na dinamiku karstnih izvora.

**Tabela 1.** Primeri hidrogeoloških istraživanja sa primenjenim multivarijantnim statističkim metodama i definisanim konceptualnim modelima

<b>Primer</b>	<b>HCA</b>	<b>FA/PCA</b>	<b>Konceptualni model</b>
Hidrotehnički tunel pod pritiskom u složenoj karst-pukotinskoj izdani (HE Pirot)	-identifikacija grupa podzemnih voda prema litologiji i hidrohemijskim osobinama	-interakcija voda-stena u višeslojnom hidrogeološkom sistemu, rastvaranje evaporita -rastvaranje kalcita i dolomita	-izdvajanje hidrohemijskih zona duž ose tunela -definisanje najznačajnijih hidrohemijskih promena -procena uticaja rada tunela na hidrohemiju podzemnih voda
Injekciona zavesa u karstu, akumulaciono jezero Zaovine (Tara)	-izdvajanje hidrohemijski različitih voda u odnosu na pregradno mesto (branu) i vodu iz akumulacije	-proces rastvaranja u karstnoj izdani i injekcionoj zavesi -podzmenne vode sa dužim periodom boravka u izdani (Sr, Li) -cirkulacija novoinfiltrirane vode kroz nezasićenu zonu (niska EC, povišen Fe, Cl, Na)	-intenzivno ispiranje injekcionog materijala u galeriji pri povišenim kotama gornje vode (KGV), -u periodu niskih KGV duži boravak podzemnih voda u izdani i sporija cirkulacija -pretpostavka pravaca cirkulacije podzemnih voda u skladu sa hidrauličkim metodama
Poplavni talas na izvorima reke Unice (Jugozapadna Slovenija)	-dinamika prihranjivanja karstnih izvora -definisanje preovlađujućih komponenti za dinamičke faze pražnjenja karstnih izvora	-faktori koji kontrolišu promene kvaliteta vode u karstu -izdvajanje glavnih komponenti kao preporuka za dalji monitoring: bakterije, Ca/Mg, EC	-izrada multivarijantnih hemograma -formiranje prostorno-vremenskog konceptualnog modela ponašanja kompleksnog karstnog sistema u toku poplavnog talasa

Multivarijantni hemogrami su korisni alati za analizu i tumačenje složenih hidrogeoloških sistema i pružaju preciznije razumevanje njihove dinamike. Kao konkretan primer, istraživanje je obuhvatilo dobro istraženi karstni sistem u jugozapadnoj Sloveniji, sa relativno homogenim hidrohemijskim sastavom vode.

Ovaj pristup je verifikovan zahvaljujući prethodnom detaljnom poznavanju ključnih komponenti sistema podzemnog toka, kao što su ponori, pećine i izvori, uz duboko razumevanje hidrogeoloških karakteristika istraživanog područja i poznatih veza unutar karstnih kanala.

#### 4. Zaključak

Zajednička saznanja prikazanih hidrogeoloških istraživanja ističu ključnu ulogu kombinovanja hidrohemijskih i multivarijantnih statističkih metoda u analizi karstnih sistema sa važnim doprinosom u razvoju hidrodinamičkih konceptualnih modela. Ovakav multidisciplinarni pristup pruža dragocen uvid u složene hidrogeološke sisteme i njihovu dinamiku. Posebno se ističe važnost prostorne analize hidrohemijskih komponenti koja omogućava karakterizaciju procesa shodno hidrogeološkoj problematici. Analiziranje i interpretacija hidrohemijskih parametara predstavlja ključnu dopunu hidrodinamičkom monitoringu i neophodna je za potpuno razumevanje i efikasno upravljanje karstnim hidrogeološkim sistemima.

#### 5. Spisak literature

1. Ćuk Đurović M, Petrić M, Jemcov I, Mulec J, Mazej Grudnik Z, Mayaud C, Blatnik M, Kogovšek B, Ravbar N. 2022. *Multivariate Statistical Analysis of Hydrochemical and Microbiological Natural Tracers as a Tool for Understanding Karst Hydrodynamics (The Unica Springs, SW Slovenia)*. Water Resources Research. doi: [10.1029/2021WR031831](https://doi.org/10.1029/2021WR031831)
2. Ćuk M., Jemcov I., Mladenović A., Čokorilo Ilić M. 2020. *Hydrochemical impact of the hydraulic tunnel on groundwater in the complex aquifer system in Pirot, Serbia*. Carbonates Evaporites 35: 31. doi: [10.1007/s13146-020-00563-y](https://doi.org/10.1007/s13146-020-00563-y)
3. Ford D., Williams P. 2007. *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. 576 pp. Wiley: Hoboken, USA, ISBN: 978-0-470-84997-2
4. Goldscheider, N. 2015. *Overview of Methods Applied in Karst Hydrogeology*. Chapter 4, pp. 127-145. in: *Karst Aquifers – Characterization and Engineering, Professional Practice in Earth Sciences* Z. Stevanović (ed.), International Publishing Switzerland doi: [10.1007/978-3-319-12850-4\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-12850-4_4)
5. Jemcov I., Ćuk Đurović M. 2021. *A hydraulic–hydrochemical approach to impact assessment of a grout curtain on karst aquifer behavior*. Hydrogeol J 29: 179–197. doi: [10.1007/s10040-020-02245-4](https://doi.org/10.1007/s10040-020-02245-4)
6. Jemcov, I. 2019. *Impact assessment of grout curtain on the hydraulic behavior in karst, based on time a series analysis*. Environ Earth Sci 78: 415. doi: [10.1007/s12665-019-8412-z](https://doi.org/10.1007/s12665-019-8412-z)
7. Li, P., Tian, R., & Liu, R. 2019. *Solute Geochemistry and multivariate analysis of water quality in the Guohua phosphorite mine, Guizhou province, China*. Exposure and Health, 11(2), 81–94. doi: [10.1007/s12403-018-0277-y](https://doi.org/10.1007/s12403-018-0277-y)
8. Milanović PT. 2000. *Geological engineering in karst*. Monograph. Zebra, Belgrade, 374 pp.
9. Mudarra M., Andreo, B. 2011. *Relative importance of the saturated and the unsaturated zones in the hydrogeological functioning of karst aquifers: The case of Alta Cadena (Southern Spain)*. Journal of Hydrology, 397(3–4), 263–280. do: [10.1016/j.jhydrol.2010.12.005](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.12.005)

# Opšte odlike karsta planine Zlatar (jugozapadna Srbija)

## General characteristics of karst on Zlatar Mt, SW Serbia

Dragan Nešić<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – Zavod za zaštitu prirode Srbije, Kancelarija u Nišu

### Summary

Karst of Zlatar Mt. consists of fragmented Triassic limestone orographic units in lithological contact with Jurassic ophiolitic rocks. The northern part of the mountain is characterized with developed authigenic karst water recharge, on the karstified levelled surface, with fluviokarst occurrences in the surroundings. On the other hand, in the southern part, karst is developed beneath the allogenic deposits of chert and other lithologies. Valleys, dolines and other depressions have been filled with chert debris, which caused decreasing of the karst process and its specific development under the allogenic material, with the occurrences of suffosion dolines.

### 1. Uvod

Planina Zlatar pripada grupi Starovlaških planina u okviru Dinarske visije na jugozapadu Srbije. Generalno planina ima dinarski pravac pružanja NW-SE sa morfološki, eroziono i tektonski, jasno izraženim granicama na severu, zapadu i jugu, dok na istoku prelazi u prostranu visoravan prema Uvcu i Sjeničkoj kotlini.

U celini Zlatar je izgrađen od stena koje čine trijaski krečnjaci, „jurski ofioliti“, ranije izdvajani kao dijabaz-rožnačka formacija (Ćirić i sar., 1980) i masa dijabaza i dijabazne breče na obodu pomenutih litoloških jedinica. U geološkoj građi planine za razvoj karsta posebno su zanimljivi i složeni odnosi u okviru izdvojene ofiolitske asocijacije stena i njihovog odnosa prema trijaskim krečnjacima, koji su osim na karst značajno uticali na celokupni reljef i njegove morfogenetske odlike. U okviru egzogene morfologije planine u okviru dominantnog fluvijalnog/rečnog reljefa, zasupljeni su i oblici karsta, koji će biti predmet ovih opštih razmatranja. Pojave kolumvijalnih, denudacionih i drugih procesa na planini nisu razmatrane.

Istraživanja reljefa na Zlataru odvijala su se u okviru kompleksnih i multidisciplinarnih istraživanja koje je realizovao Zavod za zaštitu prirode Srbije tokom 2022-2023. godine, za potrebe valorizacije ovog prostora za njegovu zaštitu. Deo podataka o Crnom vrelu i ponoru kod Jele ustupio je Speleološki klub Kraljevo.

### 2. Metode

Karst Zlatara istraživan je klasičnim postupkom rekognosciranja terena, kada su prilikom obilaska terena vršena anketiranja stanovništva, ili slučajnim nalazima, što posebno važi za speleološke objekte, vrtače i drugo. U ovom postupku značajna je bila i primena daljinske detekcije sa utvrđivanjem sa karte površinske, ali i podzemne karstne

morfoloģije koja je zabeleŹena na topografskoj karti 1:25000. Značajniji oblici kao Źto su speleološki objekti ili pojave ponora su locirani na terenu standardnim GPS uređajem.

### 3. Opšte odlike geološke građe i reljefa

Podruĉje Zlatara se prema savremenim geološkim konceptima izdvaja u okviru tzv. Ofiolitskog pojasa Dinarida (Dimitrijević, 1995 i drugi), koji se sastoji od fragmenata okeanske kore i gornjeg omotaĉa. Podruĉje Zlatara pripada unutrašnjim Dinaridima Zlatiborsko-uŹiĉke mezozojske zone sa olistolitima i subhorizontalnim ploĉama ili gravitacionim navlakama trijaskih i jurskih kreĉnjaka (Ćirić i sar., 1980). Radovanović (1987, citirano u Djerić i dr., 2010) stensku formaciju Zlatara izdvaja u okviru Dinarskog ofiolitskog pojasa bez procesa melanŹiranja, dok Djerić et al. (2007) silicijske sedimente sa istoĉnog dela Zlatara vezuju za verovatni matriks (blok?) melanŹa Istoĉnobosansko-durmitorske jedinice.

U okviru Zlatarskog masiva izdvojene su dve litološke jedinice, bankovitih i masivnih kreĉnjaka anizijskog kata ( $T_2$ ) i dijabaz-roŹne formacije ( $J_{2,3}$ ), (Ćirić i sar., 1979;1980), odnosno asocijacije ofiolita koju ĉine pešĉari, alevroliti, glinci, dosta zastupljeni ili dominantni roŹnaci, retko kreĉnjaci, gabrovi, dijabazi, spiliti i retko serpentiniti. U okviru jurskog stenskog kompleksa apsolutno dominiraju mase roŹnaca koji je ĉesto i uslojen, a na terenu je vidljiv u okviru otkrivenih profila kamenoloma, kao pored glavnog puta Nova Varoš-Sjenica (Goletne strane) ili iznad puta ka Vodenoj Poljani. Prema izdvojenoj litološkoj građi u stenskoj osnovi Zlatara apsolutno dominiraju trijaski kreĉnjaci, dok su jurske asocijacije fragmentarno zastupljene preko trijaskih kreĉnjaĉka, znaĉajno dominantne na obodu kreĉnjakih ploĉa, koji se i pribliŹno poklapa sa obodom centralnog bila/bloka planine, Źto se odnosi i na mase dijabaza i dijabaznih breĉa (Ćirić i sar., 1979).

U reljefu Zlatara izdvajaju se veće morfološke celine: eroziono-strukturni veliki severni i zapadni odsek, podruĉje severnog Zlatara u vidu skaršćene površi visine pribliŹno 1230-1290 m i visokog Zlatara koji se od najviših vrhova Golo brdo (1607 m), Velika i Ravna Kršava (1625 i 1566 m), pruŹa na jug do Ravne gore (1429 m), Grdca (1411 m), Glavice (1420 m), Gradine (1408 m) i Pliješa (1461 m). U okviru ovih celina na severu od vrhova Kršave je padina na Krnjoj jeli, Suvim omarima i Bjeloj steni, a na jugu od visoke površi uoĉava se visoki pod reke Mileševke, posebno dobro izraŹen kod Biskupića (Glavica 1236 m). Prostor Ćetanice (1384 m) predeono i morfološki pripada celini sliva Mileševke, ali je bio obuhvaćen istraŹivanjima.

U ovakvim geološkim i predeonim okolnostima gotovo na celom Zlataru razvijena je reĉna mreŹa sa dolinskim sistemima razliĉitih hidrogenetskih obeleŹja u okviru slivova Mileševke, Uvca i Lima kao najvećim vodotokovima ovog podruĉja. U najvišem delu Zlatara dominiraju suve i povremeno hidrološki aktivne doline, vrlo ĉesto po dnu pokrivene sitnom roŹnaĉkom drobinom i sa sekundarnim plitkim koritima usećenim reversno u dolinsko dno. Deo ovih dolina zahvaćen je skrašćavanjem.



#### 4. Opšta obeležja karsta Zlatara

U okviru litološke građe, pomenuli smo, apsolutno dominiraju trijaski i jurski krečnjaci razvijeni u vidu brojnih olistolita i subhorizontalnih ploča, sekundarno komadani pri kliženju ili tokom kompresije sa reversnim kretanjima preko kojih su fragmentarno ili bočno stene jurskog ofiolitskog kompleksa (Ćirić i sar., 1979;1980). Trijaski krečnjaci Zlatara su najznačajnija litološka jedinica u kojoj je razvijen karst. Dva osnovna faktora razvoja karsta Zlatara su krečnjaci trijasa u svom genetskom odnosu egzogenih procesa sa jurskim ofiolitskim kompleksom i vertikalni odnosi u reljefu u kontekstu lokalne erozije baze podzemnih karstnih voda.

U najvišem/centralnom Zlataru od karstnih oblika mestimično su zastupljene vrtače i veće depresije sa pojavama sufozionih vrtača i sporadično pojave slepih dolina ili poniranja u okviru povremeno hidrološki aktivnih dolina. Pojave malih korozionih oblika su sasvim retke i skromnog razvića. Od podzemnih karstnih oblika registrovano je nekoliko suvih jama i aktivnih ponora.

Vrtače, kao tipičan oblik karsta, dominiraju na skaršćenoj površi severnog Zlatara, a sporadične su u obodnim delovima visokog Zlatara na jugu (Ravna gora-Pliješ), ili širokim razvodima južno od vrhova Kršava. Na površi severozapadnog Zlatara omeđenog odsecima na zapadu i severu, javlja se najveća gustina vrtača od prosečno 25-35 vrtača po 1 km<sup>2</sup>. Većinom to su male vrtače prečnika 30-50 m, često raspoređene u nizovima ili haotičnog rasporeda. Na jugu na obodu visoke površi, na pašnjačkim površinama javljaju se plitke vrtače koje odaju „utisak“ značajne zasutosti. U kontekstu zasutosti je i konstatovana pojava dve veće depresije istovetnog pravca SW-NE, ali suprotnog pravca razvoja najdubljih, verovatno sufozionih vrtača kakve se sreću na Rupčinama i Kozaruši. Na Rupčinama je velika vrtača prečnika 100 m i procenjene dubine od 20 m u jugozapadnom delu velike depresije. Na Kozaruši su obrazovane tri sufozije vrtače u nizu u severoistočnom delu depresije, od kojih najdublja liči na ponor u vidu levkaste depresije sa krečnjačkim blokovima na dnu. Vrtače severno od Krnje jele i padine Kršave prema severnoj površi Zlatara uglavnom su levkaste sa stranama od krečnjačkih blokova ili osnovne krečnjačke stene.

Opisani morfološki kontekst dominacije plitkih zapunjenih vrtača u južnom delu visokog Zlatara i levkastih vrtača u severnom delu ukazuje na odnos i intezitet karstifikacije. Na severu to je pokazatelj dominantnosti i kontinuiteta skaršćavanja, dok je na jugu usled moguće zasutosti očigledan zastoj u razvoju ovog procesa. Položaj plitkih zapunjenih vrtača na južnoj ivici visokog Zlatara, pogotovo u kontekstu duboko usečenog kanjona Mileševke iznenađuje jer je ispunjen uslov za vertikalni razvoj karstnog procesa. Treba pomenuti i odnose asimetrije na vrtačama, gde je posebno kod plitkih/„zapunjenih“ oblika karakteristična uobičajena asimetrija sa strmijom stranom prema nagibu padine. Zanimljiv odnos asimetrije konstatovan je kod jedne vrtače na Četanici, neposredno iznad sela Karaule gde se na relativno ravnoj površini sreće odnos otvorene vrtače sa strmim lukom na jugozapadnoj strani, što se možda može dovesti u vezu sa klimom i pravcem dominantnog vetra i navejavanja snega. U kontekstu pojave otvorenih vrtača, pojma koji još uvek nije dovoljno teorijski definisan i određen, mada se za sada vezuje za odnose planinskog karsta, treba pomenuti veliku otvorenu depresiju između Golog brda i vrha Velike Kršave, kao i više amfiteatralnih depresija u krečnjacima padine kod Krnje jele na severnoj strani Kršave.

Mali karstni oblici su sasvim sporadična pojava i grupa malih kamenica subkutanog genetskog konteksta konstatovana je zapadno od Debele stene (1212 m) između zaseoka Vranjak i G. Kosatice.

Podzemni karst Zlatara je skromnog razvića. Na terenu je uglavnom nailaženo na plitke jame dubine 3-4 metara u vidu vertikalnih bunara, uvek, odnosno po pravilu zatvorenih drobinom. Od ove pravilnosti jedino odstupa velika jama na istočnoj padini Velike Orlovače (1422 m) gde je razvijena bunarasta jama prečnika oko 20 m i procenjene dubine od 25 m, isto zatvorena na dnu drobinom, mada to treba proveriti silaskom u jamu. Treba pomenuti i pećinu na jugozapadnom odseku Četanice koja je više strukturna šupljina na planinskom odseku sa dva vigeđa.

Od opisane pravilnosti plitkih i zapunjenih jama odstupaju speleološki objekti na severu Zlatara. Ovde se javljaju za sada najduži poznati objekti ovog kraja i to jama na Crnom vrelu severne podgorine planine i na Ponoru pod Jelom kod mesta Porane u istočnom delu skaršćene zlatarske površi. Oba objekta su istraživali speleoleolozi Speleološkog kluba Kraljevo. Crno vrelo je dužine 305 m i dubine 35 m i aktivno je kada niže položeno i kaptirano vrelo ne može da ispusti svu vodu iz karstnog zaleđa. Ponor pod Jelom se spušta u krečnjačkoj masi do dubine od 31 m i nivoa potopljenog sifona. Dužina istraženih kanala ovog objekta iznosi 362 m.

Treba pomenuti i neistraženi ponor Uvor blizu puta koji od Vodne poljane vodi ka Kosatici ispred mesta Paljike. Kod Uvora razvijena je klasična plitka slepa dolina sa suvim i periodično aktivnim ponorskim nivom u vidu uskog meandra, dok je nizvodno suva viseća dolina. U blizini Uvora sa druge strane puta u okviru istog morfološkog sistema plitkih dolina Krnje jele javlja se sistem od dva uzvodna ponora, od kojih je niži bio suv, a uzvodni aktivan sa vrlo malim prilivom vode (dana 31.08.2023. godine). Istog dana na Uvoru se javljao mali priliv vode koja je ponirala u aluvijumu ispred ulaza u ponor.

U dolini ispod Velike jame na padini Velike Orlovače, na dolinskom dnu, takođe se zapaža suvi, aluvijalni ponor, što posredno ukazuje na zonu značajne karstifikacije u predelu velike jame. Iz domena karstifikacije je i otkrivena provala u rezervatu „Ivlje“.

## **5. Završna razmatranja**

Na osnovu iznetog sažetog opisa karsta Zlatara, odnosno prikupljenih podataka tokom približno 10 dana terenskog obilaska, kao i raspoloživih podataka speleoloških istraživanja SK Kraljevo, proističe da karst Zlatara ima različite odnose razvijenosti. Na severnom Zlataru u predelu skaršćene površi to je tip fluviokarsta krečnjačkih blokova po konceptu karstne evolucije (Cvijić, 1918/1957; Williams, 2004; Ford & Williams, 2007 i dr.) klasične autogene karstne cirkulacije gde se vode sa višeg položaja krečnjačkog bloka usmeravaju ka niže položenim vrelima. U južnim delovima visokog Zlatara značajan je bio geološki odnos trijaskih krečnjaka u podini i jurskih ofiolita u povlati, tako da su doline, ali i vrtače i depresije u karstu bile zasipane verovatno dominantno sitnom rožnačkom drobinom. Karstni proces je time bio usporen i specifično se razvijao pod uticajem alogenih naslaga na njegovoj površini. Na prisustvo razvoja karsta u južnom Zlataru jednim delom i ispod alogenih naslaga ukazuje i prisustvo „zapunjenih“ i sufozionih vrtača, plitkih salomnih jama, jedne provale, pa i pojave ponora kod Velike Orlovače.

## 6. Literatura

1. Cvijić, J.(1918): Hydrographie souterraine et evolution morphologique du karst. Recueil des Travaux de l'Institut de Géographie Alpine, 6(4): 375-426. (Превод Бранислав Јовановић, Цвијић, Ј.(1957): Подземна хидрографија и морфолошка еволуција карста. Посебна издања Српског географског друштва, св.34, Београд,1-40).
2. Ćirić, M. A., Obradović, Z., Novaković, D., Popević, A., Karajčić, Lj., Jović, J. B. i Serdar, R. (1979): Osnovna geološka karta SFRJ, list Prijepolje, K 34-16, 1:100.000, Savezni geološki zavod, Beograd.
3. Ćirić, M. A. sa sar. (1980): Tumač za list Prijepolje, K 34-16, Osnovna geološke karta SFRJ, 1:100.000. Savezni geološki zavod, Beograd, 1-55.
4. Dimitrijević, D.M.(1995): Geologija Jugoslavije. Geoinstitut i Barex. N., Beograd, 1-205.
5. Djerić, N., Gerzina, N. & Schmid, M.S.(2007): Age of the Juarassic radiolarian chert formation from the Zlatar Mountain (SW Serbia). *Ofioliti*, 32 (2), 101-108.
6. Djerić, N., Gerzina, N. & Simić, D.(2010): Middle Jurassic radiolarian assemblages from Zlatar Mt. (SW Serbia). *Annales geologiques de la Peninsule Balkanique*, 71, Beograd, 119-125.
7. Ford D., Williams P. (2007): *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, England, 562 p.
8. Radovanović, Z. (1987): Report on investigations of the Diabase-Chert Formation in SW Serbia (Thematic Geologic Map – Project D2). *Geological documentation of the Geological Institute*, 1-76, Beograd (unpublished).
9. Speleološki klub Kraljevo, Fondovski materijal (2023).
10. Williams, P.(2004): Karst Evolution, In: Gunn, J.(ed.): *Encyclopedia of caves and karst science*. New York, London, 1020-1026.

## Rastovačka pećina u klisuri Panjice kod Arilja

### Rastovačka cave in the Panjica river gorge near Arilje

Milorad Kličković<sup>1,2</sup>, Aleksandra Zatezalo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – Zavod za zaštitu prirode Srbije, <sup>2</sup> – Speleološko društvo „Zelena Brda“, Trebinje

Rastovačka (Hajdučka) pećina nalazi se visoko u levoj strani klisure Panjice na području sela Brekovo kod Arilja. Pećina je mali horizontalni razgranati suvi speleološki objekat ukupne istražene dužine 70,6 m. Od ulaza prostiru se dva horizontalna kanala, desni dužine 36,5 m i levi dužine 34,1 m. Oba kanala su ujednačenih prohodnih dimenzija, koje se, generalno, smanjuju od ulaza prema unutrašnjosti, blago krivudaju i na krajevima se granaju svaki u dva pravca. Pećina se nalazi u blizini i više od vrelske Vodene pećine, i izvesno predstavlja raniju fazu dreniranja iste karstne izdani. Biospeleološkim istraživanjima pećine sakupljani su primerci, prvenstveno, iz reda Orthoptera i Coleoptera. Iz reda Orthoptera registrovana je vrsta *Troglophilus cavicola*, a iz reda Coleoptera registrovane su vrste *Laemostenus terricola*, *Quedius mesomelinus skoraszewskyi*, *Ptinus fur*, kao i jedna vrsta iz roda *Cryptophagus*.

The Rastovačka (Hajdučka) cave is located high up on the left side of the Panjica river gorge in the area of the village of Brekovo near Arilje. The cave is a small horizontal branched and dry speleological site with a total explored length of 70.6 m. Two horizontal canals extend from the entrance, the right one with a length of 36.5 m and the left one with a length of 34.1 m. Both canals have uniform dimensions that generally decrease from the entrance to the interior, slightly curving and at the ends they branch in two directions each. The cave is located near and higher than the Vodena spring cave and certainly they both represent an earlier phase of the same karst aquifer drainage. In the course of biospeleological research of the cave the specimens belonging to the orders of Orthoptera and Coleoptera were primarily collected. From the order of Orthoptera, the species *Troglophilus cavicola* was recorded, and from the order of Coleoptera, the species *Laemostenus terricola*, *Quedius mesomelinus skoraszewskyi*, *Ptinus fur*, as well as one species from the genus *Cryptophagus* were recorded.

# Izazovi u proučavanju pećinskih stonoga Dinarskog krasa – primer litobiomorfnih stonoga (Chilopoda, Lithobiomorpha)

## Challenges in studies of centipedes in caves of the Dinaric karst – the example of stone centipedes (Chilopoda, Lithobiomorpha)

Anja Kos<sup>1</sup>, Dalibor Stojanović<sup>2</sup>, Teo Delić<sup>1</sup>, Maja Zgmažster<sup>1</sup>

<sup>1</sup> - University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Biology, SubBioLab, Slovenia,

<sup>2</sup> - University of Belgrade – Faculty of Biology, Serbia

### Summary

The Dinaric karst is considered a global subterranean biodiversity hotspot, where several groups diversified in many species and morphological types. Some centipede species occur exclusively in caves of the region, with about 15 species from the group Lithobiomorpha. Despite a long history of research, our knowledge on the biodiversity in the region is far from complete, especially for less studied groups like are cave centipedes. There are many open challenges to advance the studies this group, for example sampling gaps, unresolved taxonomy and lack of taxonomists. Further research, collaborations and the development of new methods hold promise for improvement. Such is the case of bilateral cooperation project between researchers of Slovenia and Serbia, which is integrating morphological and genetic techniques for improving the insight in the biodiversity of cave lithobiid centipedes and aims to enhance cooperation with other experts in the region.

### 1. Centipedes in the Dinaric karst, a global subterranean biodiversity hotspot

The Dinaric karst is a mountainous ridge situated in the western part of the Balkan Peninsula, with numerous caves and exceptionally high diversity of exclusively subterranean species. Is it considered a global subterranean biodiversity hotspot (Zgmažster et al. 2014). In the northwestern part of the region (Slovenia), the first scientific descriptions of subterranean species, the olm *Proteus anguinus* Laurenti, 1768 and the slender necked beetle *Leptodirus hochenwarti* Schmidt, 1832, were made. The description of the latter is regarded as the starting point of new biological discipline speleobiology, i.e. biology of subterranean habitats. Among the best studied groups are beetles and amphipods, which diversified in many species and morphological types (Polak et al. 2016, Borko et al. 2021). Furthermore, not only species living exclusively underground (troglobionts) can be found in caves, but also many other species that may use caves only seasonally or are there accidentally – it is not always unambiguous to determine to which type the species belongs. Despite a large amount of research conducted in the region, new species and even new genera are still being discovered. This can especially be expected in less studied groups like centipedes.

Centipedes are a diverse invertebrate group mostly inhabiting soil ecosystems, where some species can regularly occur in caves and there are a few that are exclusively subterranean. Being one of the largest terrestrial invertebrate predators in the

subterranean habitats of the Dinarides, they are an important part of the food chain, although their role in communities is still not well understood. In the Dinaric karst, almost all higher groups of centipedes can occur in caves, but the group Lithobiomorpha has the largest number of exclusively cave centipede species (Figure 1). They show different degree of morphological changes due to living in subterranean environments – some species still have ocelli and look similar to surface relatives, while highly specialized ones are completely blind, have elongated legs and antennae (Dany et al. 2019).



**Figure 1:** Two lithobiomorph centipede species found in the Dinaric caves – *Lithobius sketi* Matic & Darabantu, 1968 (left), *Lithobius stygius* Latzel, 1880 (right) (Photo: Teo Delič).

The start of the research on centipedes in caves of the region is marked by Latzel's description of *Lithobius stygius* in 1880 from Postojnska jama in Slovenia. In the 19<sup>th</sup> century, several troglotic centipede species were described by Verhoeff, but also Absolon, Attems, Folkmannova, Matic and Jawlowski (e.g. Zapparoli et al. 2003, Dany et al. 2019). After the year 2000, several new species descriptions were provided by researchers from Bulgaria (Pavel Stoev), Serbia (Dalibor Stojanović) and Austria (Nesrine Akkari), in collaborations also with scientists from Croatia (Ana Komerički) and other countries. The research efforts resulted in about 15 currently valid lithobiomorph species from the Dinarides reported as exclusively subterranean (Stoev 1997, Stoev et al. 2013, Akkari et al. 2017, Stojanović et al. 2021). In addition, there may be many surface species occurring in caves, which can present an important part of biodiversity per area. This was shown in the overview of stone centipedes from the caves of Slovenia, where 21 lithobiomorph species were recorded, of which only three were troglotic and all the rest were surface species mainly found in the entrance parts of the caves (Kos et al. 2023). As further research on centipede biodiversity in caves is in progress, there are many open challenges of which we present the three main ones here.

## 2. Open challenges in the studies of centipedes in caves

**Sampling gaps.** The sampling of animals in caves is difficult as they are accessible only with special equipment and sometimes require technical expertise to overcome vertical pits, but also species are hard to find and often rare. Several troglotic centipedes are known by only a few specimens per species (e.g. Dany et al. 2019, Stojanović et al. 2021). It seems also that species, occurring mostly in entrance parts of the caves, often remain overlooked in samplings of animals in caves. Due to abovementioned limitations and many parts of the region being under sampled, it is difficult to provide sufficient characterisation of centipede distribution, communities, and species richness in the Dinaric karst, and there is a high likelihood of several yet

undiscovered species. These challenges need to be tackled with more field work in the caves with focus on sampling the centipedes. In recent years an increased targeted sampling already revealed interesting findings, including potential new species.

**Unresolved taxonomy.** Taxonomy of lithobiomorph centipedes is not well studied and is unstable, mostly due to high variability of morphological characters used for species determination and inadequate species descriptions (Zapparoli et al. 2003). The use of genetic methods can improve our understanding of species diversity and phylogenetic relationships also in centipedes. The use of the standard part of DNA fragment (in most cases COI) is widely used by researchers for characterizing species genetically (Hebert et al. 2003). Assembling such sequences (“barcodes”) in libraries is important to compare new specimens to known barcodes, enabling identification of the individuals, but also detection of potentially new species. Those can be further investigated with detailed examination of standard and new morphological characters (e.g. Voigtländer et al. 2017). A good example is the case of cave centipede *Lithobius stygius*, which has supposedly wide geographic distribution, but poorly explored morphological and molecular distinctness. This species is considered to be present along whole Dinarides, and also beyond, e.g. in Bulgaria, but the use of genetic tools already indicates that this is actually a complex of more different species. Combination of genetic and morphological approaches can also be included in needed taxonomic revisions, i.e., detailed studies aiming to clarify some relationships of poorly described species. Resolved taxonomy is very important for proper planning of nature conservation and setting conservation targets. Detecting cryptic diversity and resolving species status is important to know the true species ranges and to plan conservation activities accordingly.

**Lack of taxonomists and thus importance of collaboration.** Taxonomy experts in general are in decline, as taxonomic work is often considered low priority and the sufficient funding is hard to obtain (Engel et al. 2021), which is especially true for the “less prestige groups” like centipedes. Even though several methodological advances can help taxonomists, for example molecular analyses, they are not always available to every researcher. Collaboration between scientists is therefore important and beneficial, also to transfer the knowledge that is often complementary and to exchange the rare material from various field work expeditions. In years 2023-2025, a collaborative project on cave Lithobiidae centipedes in the Western Balkans has been approved between the University of Ljubljana (Slovenia) and University of Beograd (Serbia). The project includes taxonomic, developmental, biogeographical, phylogenetic and conservation studies of the cave lithobiids. We plan to integrate morphological and genetic techniques to progress towards clarifying the taxonomic status of some already known species, but also to work on descriptions of potential new species. We aim to enhance collaboration between researchers to obtain a regional overview of species diversity and address its implications for conservation.

### 3. Acknowledgments

Studies of centipedes are conducted in collaboration with various researchers and providers of material. Here we thank contributors of centipede samples from Hrvatsko biospeleološko društvo (HBSD), especially Ana Komerički and Branko Jalžić; Dragan Antić from University of Belgrade, Slavko Polak from Notranjski muzej Postojna and members of SubBioLab group. The preparation of this contribution has been supported with the

Serbian-Slovenian bilateral project entitled “Combining approaches to reveal hidden diversity in hidden habitats: the case of cave Lithobiidae centipedes in the Western Balkans”, financed by Slovenian Research Agency and Serbian Ministry of Science, Technological Development and Innovation. AK, TD and MZ were co-funded by the Slovenian Research Agency through core programme P1-0184 (Integrative zoology and speleobiology) and AK also by PhD grant from Slovenian Research Agency and the University Foundation of eng. Milan Lenarčič. DS was co-funded by the Serbian Ministry of Science, Technological Development and Innovation (Grant No. 451-03- 47/2023-01/200178).

### 3. Literature

1. Akkari, N., Komerički, A., Weigand, A. M., Edgecombe, G. D., Stoev, P. 2017. A new cave centipede from Croatia, *Eupolybothrus liburnicus* sp. n., with notes on the subgenus *Schizopolybothrus* Verhoeff, 1934 (Chilopoda, Lithobiomorpha, Lithobiidae). *ZooKeys*, 687: 11-43. doi: 10.3897/zookeys.687.13844
2. Borko, Š., Trontelj, P., Seehausen, O., Moškrič, A., Fišer, C. 2021. A subterranean adaptive radiation of amphipods in Europe. *Nature Communications*, 12(1): 3688. doi: 10.1038/s41467-021-24023-w
3. Dányi, L., Balázs, G., Tuf, I. H. 2019. Taxonomic status and behavioural documentation of the troglobiont *Lithobius matulici* (Myriapoda, Chilopoda) from the Dinaric Alps: Are there semiaquatic centipedes in caves?. *ZooKeys*, 848: 1. doi: [10.3897/zookeys.848.33084](https://doi.org/10.3897/zookeys.848.33084)
4. Engel, M. S., Ceriaco, L. P. M., Daniel, G. M., Dellapé, P. M., Löbl, I., Marinov, M., Reis, R. E. ..., Kusamba Zacharie, C. 2021. The taxonomic impediment: a shortage of taxonomists, not the lack of technical approaches. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 193(2): 381-387. doi: [10.1093/zoolinnean/zlab072](https://doi.org/10.1093/zoolinnean/zlab072)
5. Hebert, P. D., Cywinska, A., Ball, S. L., DeWaard, J. R. 2003. Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270(1512): 313-321. doi: [10.1098/rspb.2002.2218](https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2218)
6. Kos, A., Delić, T., Kos, I., Kozel, P., Polak, S., Zgajmajster, M. 2023. The overview of lithobiomorph centipedes (Chilopoda, Lithobiomorpha) from caves of Slovenia. *Subterranean Biology*, 45: 165-185. doi: 10.3897/subtbiol.45.101430
7. Polak, S., Delić, T., Kostanjšek, R., Trontelj, P. 2016. Molecular phylogeny of the cave beetle genus *Hadesia* (Coleoptera: Leiodidae: Cholevinae: Leptodirini), with a description of a new species from Montenegro. *Arthropod Systematics & Phylogeny*, 74: 241-254.
8. Stoev, P. 1997. A check-list of the centipedes of the Balkan peninsula with some taxonomic notes and a complete bibliography (Chilopoda). *Entomologica Scandinavica*, 51: 87-105.
9. Stoev, P., Komerički, M. A., Akkari, N., Liu, M. S., Zhou, M. X., Weigand, A. M., ..., Penev, L. 2013. *Eupolybothrus cavernicolus* Komerički & Stoev sp. n. (Chilopoda: Lithobiomorpha: Lithobiidae): the first eukaryotic species description combining transcriptomic, DNA barcoding and micro-CT imaging data. *Biodiversity data journal*, 1: e1013. doi: [10.3897/BDJ.1.e1013](https://doi.org/10.3897/BDJ.1.e1013)
10. Stojanović, D. Z., Antić, D. Ž., Makarov, S. E. 2021. A new cave-dwelling centipede species from Croatia (Chilopoda: Lithobiomorpha: Lithobiidae). *Revue suisse de Zoologie*, 128(2): 425-438. doi: 10.35929/RSZ.0054
11. Voigtländer, K., Iorio, E., Decker, P., Spelda, J. 2017. The subgenus *Monotarsobius* in the Iberian Peninsula with a description of a new pseudo-cryptic species from Northern Spain revealed by an integrative revision of *Lithobius crassipes* L. Koch, 1862 (Chilopoda, Lithobiomorpha, Lithobiidae). *ZooKeys*, 681: 1. doi: 10.3897/zookeys.681.12942
12. Zgajmajster, M.; Eme, D.; Fišer, C.; Galassi, D.; Marmonier, P.; Stoch, F.; Cornu, J.-F.; Malard, F. 2014. Geographic variation in range size and beta diversity of groundwater crustaceans: Insights from habitats with low thermal seasonality. *Global Ecology and Biogeography*, 23: 1135-1145. doi: [10.1111/geb.12200](https://doi.org/10.1111/geb.12200)
13. Zapparoli, M. 2003. The present knowledge on the European fauna of Lithobiomorpha (Chilopoda). *Bulletin of the British Myriapod and Isopod Group*, 19: 20-41.



## Gornja Baračeva špilja – povijest paleontoloških istraživanja

Hrvoje Cvitanović<sup>1</sup>, Slaven Vuković<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – Javna ustanova Baračeve špilje, Rakovica, Hrvatska

Prvi pisani podaci o paleontološkim nalazima u Baračevim špiljama sežu u 19. stoljeće, točnije 1883. i 1884. godine, kada špilju posjećuje i vrši površinsko prikupljanje kostiju geolog dr. sc. Mijo Kišpatić. On navodi u svom radu koji je objavljen u Arheološkom Viestniku iz 1885. godine da špilja ima veliki potencijal kao paleontološki lokalitet. Na njegovu inicijativu 1892 godine osniva se Odbor za uređenje Baračevih špilja koji istu uređuje u turističke svrhe. Godine 1913. špilje posjećuje geolog i speleolog dr. Josip Poljak koji izrađuje prvi topografski snimak Baračevih špilja koje objavljuje već godinu dana kasnije (1914. godine) u radu Pećine hrvatskog krša II dio. On također u tom radu piše o Kišpatićevim paleontološkim nalazima.

Nakon 61 godinu akademik Mirko Malez posjećuje Baračeve špilje i vrši paleontološka iskapanja na više lokacija unutar špilje. U svom radu koji je objavljen u znanstvenom časopisu Bulletin scientifique u izdanju Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti on spominje samo pronalazak kostiju špiljskog medvjeda, te smatra da je ista vrlo perspektivna za daljnja paleontološka istraživanja.

Recentnija paleontološka i arheološka istraživanja započinju prije 10 godina, točnije 2013. godine. U svega tri godine u dijelu špilje koje se zove Zmajevu ždrijelo na površini i u sondi dimenzija 2 x 2 m i dubine 0,9 m pronađeno je preko 40.000 tisuća fragmenata i cijelih kostiju ledenodobne faune. Do sada je uspješno determinirano oko 6500 tisuća. Ova istraživanja vodio je paleontolog dr. sc. Kazimir Miculinić. Najbrojniji pronađeni ostaci pripadaju špiljskom medvjedu a slijede nalazi Jelena, Lava, Vuka, Leoparda, Nosoroga, Hijene, Bizona ili pra goveda, Konja, itd.. Prilikom arheo-paleontoloških istraživanja u ulaznim dijelovima špilje prije dvije godine pronađeno je litičko kutno strugalo iz perioda musterijena. Analizom kostiju metodom C14, špiljskog medvjeda koje su pronađene uz samu litičku alatku došlo se do datuma starosti od 48.000 godina što pripada kulturi Neandertalaca.

## **Speleon – Centar podzemne baštine**

Slaven Vuković<sup>1</sup>, Hrvoje Cvitanović<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – Javna ustanova Baraćeve špilje, Rakovica, Hrvatska

Prije 19 godina, kada su Baraćeve špilje otvorene za turističke posjete nije se niti dalo naslutiti kakve sve tajne skrivaju u svojoj unutrašnjosti. Podaci starih istraživača još od 19 stoljeća (dr. sc. Mijo Kišpatić) govorili su nam da je čovjek posjećivao ove špilje još u stara prapovijesna vremena. Osim čovjeka istu su još u ledenom dobu posjećivale i životinje koje su tu boravile radi hibernacije, podizanja mladih te kako bi na miru pojele svoj plijen. Danas znamo da Baraćeve špilje kriju veliki broj fosilnih kostiju pleistocenske faune kao i ostatke djelovanja čovjeka i čovjekovog pretka Neandertalca starije od 48.000 godina.

Prva znanstvena sustavna istraživanja pokrenuta su 2013. godine kada kreću arheološka i paleontološka istraživanja koja su nam otkrila vrijedne nalaze.

Godinu dana prije tih istraživanja pokreće se projekt Plitvičke doline gdje je jedan dio bio posvećen Baraćevim špiljama i dosadašnjim nalazima u njoj. Ideja je bila da se otvori maleni muzej tzv. Kuća špilja gdje bi sve pronađeno bilo i prezentirano. Već spomenuta novija istraživanja otkrila su nam bogatstvo arheoloških i paleontoloških nalaza te smo s njima prevazišli ideju malog muzeja i krenuli u realizaciju nečeg većeg, a to je bio današnji Speleon. Sve je krenulo u realizaciju kada smo dobili sredstva iz EU, 2016. godine. Danas, 7 godina kasnije imamo Speleon – Centar podzemne baštine smješten nedaleko Baraćevih špilja, svoja je vrata posjetiteljima otvorio u siječnju ove godine, a riječ je o centru koji je prije svega osmišljen da na svojih 850 četvornih metara izložbenoga prostora od ukupno 1200, prezentira dosadašnja znanstvena istraživanja na području općine Rakovica i Značajnog krajobraza Baraćeve špilje.

## **Anthroleucosomatidae (Myriapoda, Diplopoda, Chordeumatida) Balkanskog poluostrva: pregled „*Bulgarosoma*“ kompleksa rodova**

### **Anthroleucosomatidae (Myriapoda, Diplopoda, Chordeumatida) of the Balkan Peninsula: overview of the “*Bulgarosoma*” complex of genera**

Mirko Šević<sup>1,2</sup>, Dragan Antić<sup>1,2</sup>, Slobodan Makarov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> – University of Belgrade – Faculty of Biology, Institute of Zoology, Center for Biospeleology, Serbia

<sup>2</sup> – Serbian Biospeleological Society, Novi Sad, Serbia

#### Summary

The Balkan Peninsula is considered a hotspot of biodiversity, especially for cave-dwelling organisms, and is known as the “cradle” of speleobiology. The diversity of cave-dwelling millipedes within the Balkan Peninsula exhibits a pronounced richness, of which the “*Bulgarosoma*” complex of genera is one of the most unique groups, with 18 species in 10 genera. These millipedes, which belong to the order Chordeumatida and the family Anthroleucosomatidae, inhabit the Carpatho-Balkan Arc and the Rhodope Mountains. The morphological characteristics of these animals include a pale, depigmented body consisting of 30 segments and about 10–20 millimeters long. The male sexual characteristics, i.e. the gonopods, are characterised by the presence of the medial syncolpocoxite, a unique process on the anterior gonopods, located posteriorly. The gonopods are most reliable for distinguishing species, while the female genitalia are also promising for this purpose. In general, these structures do not allow clear conclusions to be drawn about phylogenetic relationships within the group. The next step is to integrate morphological and molecular genetic analyses to decipher the complicated phylogeny of this group of millipedes. In-depth studies of these cave organisms will contribute to our understanding of their evolution, biogeography and adaptations to extreme conditions and could help us further explore and conserve underground habitats.

Balkansko poluostrvo predstavlja jedan od centara biodiverziteta, kako Evrope, tako i sveta. Tokom perioda glacijacija poslužio je kao refugijum i omogućio je opstanak mnogih taksona koji su iščezli sa šireg područja Evrope. Balkanski karst poslužio je kao stanište i utočište ogromnom broju pećinskih vrsta i danas predstavlja jedan od najvećih svetskih vrućih tačaka podzemnog biodiverziteta (Culver & Sket 2000). Pionirskim istraživanjima pećinske faune Balkanskog poluostrva sredinom 19. veka rađa se biološka disciplina poznata kao biospeleologija ili speleobiologija (Romero 2009). Podzemna staništa se smatraju ekstremnim staništima, pa shodno tome životinje koje ih naseljavaju poseduju set adaptacija na pećinski način života. Odsustvo očiju i pigmenta, izduženi ekstremiteti i antene, kao i gubitak sezonalnosti i cirkadijalnog ritma, predstavljaju samo neke od niza adaptacija na ovakav način života (Culver & Pipan 2019).

Klasa Diplopoda, sa oko 13 000 opisanih vrsta, predstavlja treću grupu po brojnosti unutar kopnenih zglavkara. Ujedno, ovo su jedne od prvih životinja koje su nastanile kopno. Predstavnicima Diplopoda su jedinstveni po mnogo čemu, a najmarkantnija karakteristika je pojava diplosegmentacije, odnosno da svaki segment nosi po dva par nogu (Sierwald & Bond 2007). Diverzitet pećinskih Diplopoda Balkana je veliki.

Kompleksna geološka istorija i obilje podzemnih staništa, omogućio je formiranje velikog broja niša koje su ove životinje uspele kolonizovati, što je vremenom dovele do njihove diverzifikacije. Balkansko poluostrvo se karakteriše mnogim interesantnim formama i grupama podzemnih Diplopoda, a zasigurno jedna od najinteresantnijih je porodica Anthroleucosomatidae sa „*Bulgarosoma*“ kompleksom rodova (Slika 1).



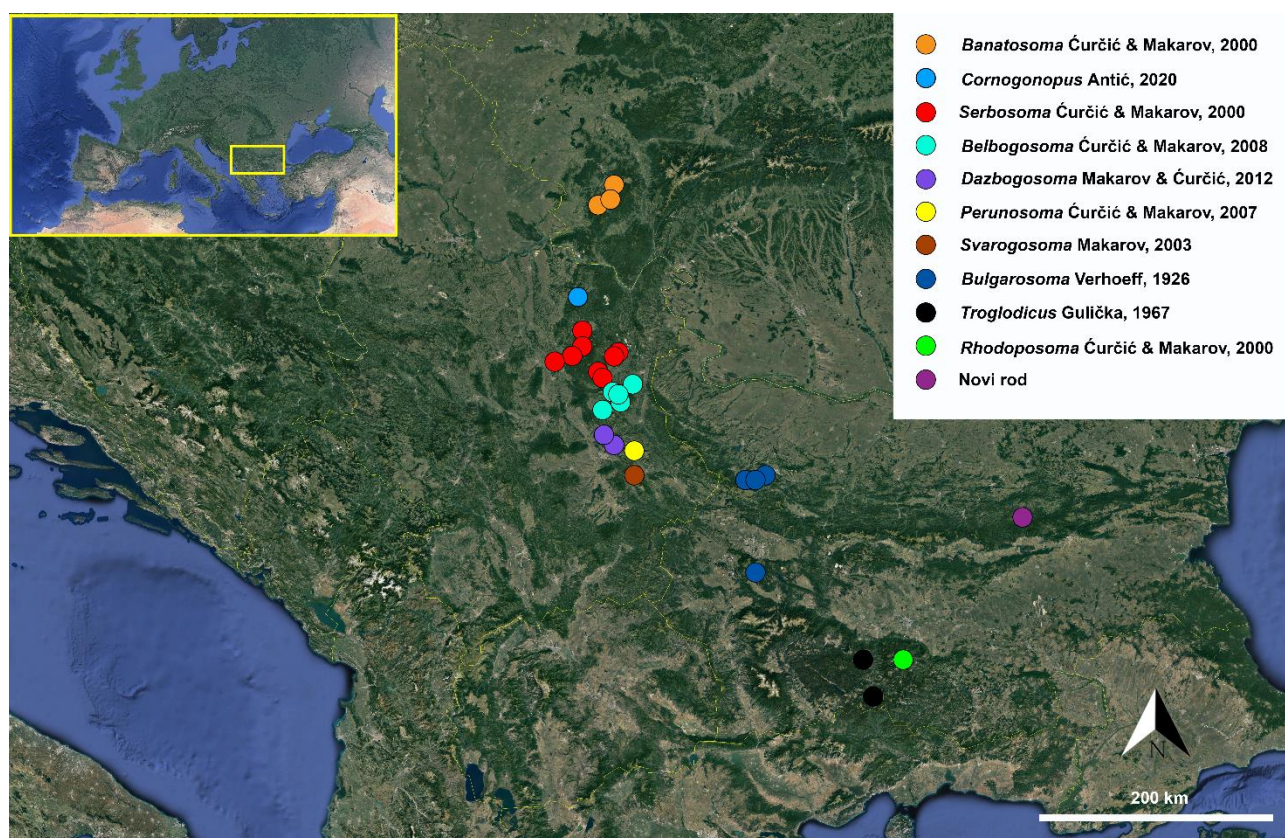
**Slika 1.** Mužjaci nekih predstavnika „*Bulgarosoma*“ kompleksa rodova, *in situ*. **A.** *Banatosoma ocellatum* (Tabacaru, 1967) iz pećine Buhui, Rumunija. **B.** *Bulgarosoma bureschi* Verhoeff, 1926 iz pećine Ledenika, Bugarska. **C.** *Serbosoma kucajense* (Ćurčić & Makarov, 1998) iz Resavske pećine, Srbija. Fotografija: Dragan Antić (Olympus Stylus Tough TG-6).

„*Bulgarosoma*“ kompleks rodova uključuje 10 rodova, sa ukupno 18 vrsta (Antić i sar. 2020, Šević i sar. 2022). Predstavnici ove grupe pripadaju redu Chordeumatida i, prema raspoloživim relevantnim informacijama, sve pripadnike, izuzev vrste *Bulgarosoma superficiei* Strasser, 1974, karakteriše kavernikolni (podzemni) način života. Rod sa najviše opisanih vrsta je *Serbosoma* Ćurčić & Makarov, 2000, sa pet vrsta: *S. beljanicae* (Ćurčić & Makarov, 1998), *S. crucis* (Strasser, 1960), *S. kucajense* (Ćurčić & Makarov, 1998) (Slika 1C), *S. lazarevense* (Ceuca, 1964) i *S. zagubicae* (Ćurčić & Makarov, 1998). Najveći broj rodova sadrži po dve opisane vrste, naime *Belbogosoma* Ćurčić & Makarov, 2008, sa vrstama *B. bloweri* Ćurčić & Makarov, 2008, i *B. sribogi* Antić & Makarov, 2014, rod *Bulgarosoma* Verhoeff, 1926 sa *B. bureschi* Verhoeff, 1926 (Slika 1B) i *B. superficiei* Strasser, 1975, *Dazbogosoma* Makarov & Ćurčić, 2012, sa vrstama *D. mokoshae* Šević & Antić, 2022 i *D. naissi* Makarov & Ćurčić, 2012 i rod *Troglodicus* Gulička, 1967 sa vrstama *T. meridionale* (Tabacaru, 1967) i *T. tridentifer* Gulička, 1967. Ostali rodovi ovog kompleksa su monospecifični: *Banatosoma* Ćurčić & Makarov, 2000, sa vrstom *B. ocellatum* (Tabacaru, 1967) (Slika 1A), *Cornogonopus* Antić, 2020 sa vrstom *C. pavicevici* Antić, 2020, *Perunosoma* Ćurčić & Makarov, 2007, sa vrstom *P. trojanicum* Ćurčić & Makarov, 2007, *Rhodoposoma*



Ćurčić & Makarov, 2000, sa vrstom *R. rhodopinum* (Strasser, 1966), i *Svarogosoma* Makarov, 2003, sa vrstom *S. bozidarcurcici* Makarov, 2003.

Predstavnici ovog kompleksa rodova nastanjuju karstna područja Banatskih planina u Rumuniji, Karpatsko-Balkanskog lanca planina na teritoriji Srbije i Bugarske kao i Rodopskog masiva u Bugarskoj (Slika 2). Prateći planinske vence, taksoni se sukcesivno smenjuju i interesantno je napomenuti da su rodovi ograničeni uglavnom na jednu ili nekoliko bliskih planina, oivičeni nekim prirodnim preprekama. Areal koji ove životinje naseljavaju ograničen je na severu rečnim dolinama Tamiša i Cerne, a na zapadu dolinom Velike Morave i njenih pritoka. Očekivana južna granica ovog kompleksa, prateći dosadašnju raspodelu je Rodopski masiv planina. Interensantno je navesti da je nedavno u kolekciji Prirodnjačkog muzeja u Sofiji, Bugarska, pronađen novi rod ovog kompleksa koji je prikupljen u istočnom delu Stare planine, što značajno pomera granice ove grupe na istok. Najveći broj vrsta ovog kompleksa nastanjuje teritoriju Srbije, što se i poklapa sa središtem opsega distribucije predstavnika ovog kompleksa.



**Slika 2.** Distribucija predstavnika „Bulgarosoma“ kompleksa.

Svi prestavnici ovog kompleksa se karakterišu sa 30 telesnih segmenata kod adultnih jedinki. Dužina tela kreće se od 8 do 25 milimetra. Jedinke su depigmentisane, beličaste ili žućkaste boje. Ono što ih izdvaja je jedinstvena struktura na prednjim gonopodama, tzv. sinkolpokoksit. Ovaj neparan izraštaj predstavnika „*Bulgarosoma*“ kompleksa rodova jedinstven je ne samo unutar porodice Anthroleucosomatidae, već moguće i među ostalim pripadnicima reda Chordeumatida (Antić 2017). Sinkolpokoksit je pozicioniran medioposteriorno i distalno može biti podeljen, a kod nekih predstavnika ima i bočne nastavke. Kod ovih životinja polni dimorfizam je prisutan; mužjaci se karakterišu modifikacijama glave, kao i uvećanim i

modifikovanim pregonopodalnim parovima nogu 3–7, u cilju snažnijeg držanja ženke tokom parenja (Makarov 2012).

Filogenija i taksonomija ovih diplopoda tradicionalno se bazirala na komparaciji relevantnih morfoloških karakteristika polnog aparata mužjaka. Građa gonopoda predstavnika „*Bulgarosoma*“ kompleksa rodova je visoko informativni karakter u specijskoj i supraspecijskoj distinkciji (Makarov i sar. 2003; Ćurčić i sar. 2008; Antić i sar. 2020). Moramo istaći i da polne karakteristike ženki imaju taksonomski potencijal; vulve ovih životinja su poglavito zanemarivane, ali su se kod drugih grupa Chordeumatida pokazale korisnim u distinkciji vrsta (Kurnik 1987, 1988; Makarov 2001). Međutim, korišćenjem klasičnog uporedno-morfološkog pristupa teško se može dobiti jasna slika filogenije ove grupe, tako da bi u budućnosti najbolje bilo koristiti integrativni pristup uz uključivanje tradicionalne morfologije i modernih molekularnih metoda.

Jedinstvene karakteristike predstavnika ove grupe, pokrenule su debatu da li ova grupa zaslužuje potencijalno i viši taksonomski nivo (Makarov 2012; Antić 2020) Međutim, tek s boljim razumevanjem i integracijom savremenih filogenetskih metoda moći ćemo da damo adekvatan odgovor na ovo pitanje. Predstavnici „*Bulgarosoma*“ kompleksa rodova su endemi Karpato-Balkanida i Rodopskih planina, i svedoče bogatstvu podzemne faune Balkanskog poluostrva. Pojedini delovi ovih teritorija su još uvek nedovoljno ili nikako biospeleološki istraženi. Možemo sa sigurnošću pretpostaviti da će se spisak predstavnika ove grupe proširiti u budućnosti.

## Spisak literature

1. Antić, D.Ž. 2017. *Filogenija, biogeografija i postembrionalno razviće predstavnika holarktičke porodice Anthroleucosomatidae Verhoeff, 1899 (Myriapoda, Diplopoda, Chordeumatida)*. Doctoral Thesis, University of Belgrade—Faculty of Biology. Belgrade, 119 pp. [in Serbian, English summary]
2. Antić, D.Ž., Stojanović, D.Z., Makarov, S.E. 2020. *Cornogonopus—a new monotypic cave-dwelling genus of the family Anthroleucosomatidae (Diplopoda, Chordeumatida) from Serbia, Balkan Peninsula*. *Biologia Serbica*, 42 (1), 32–47. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4147289>
3. Culver, D.C., Pipan, T. 2019. *The biology of caves and other subterranean habitats*. Oxford University Press. 330 pp.
4. Culver, D.C., Sket, B. 2000. *Hotspots of subterranean biodiversity in caves and wells*. *Journal of cave and Karst studies*, 62(1): 11–17.
5. Ćurčić, B.P.M., Makarov, S.E., Tomić, V.T., Mitić, B.M., Ćurčić, S.B., Dudić, B.D., Lučić, L.R., Jasnić, N. 2008. *On a new genus of endemic millipedes (Diplopoda: Chordeumatida Anthroleucosomatidae) from the Balkan Peninsula*. *Zootaxa*, 1743:1–16. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1743.1.1>
6. Kurnik, I. 1987. *Studien an Chordeumatida (Diplopoda): Weiblicher-Genitalmorphologie und Verbreitung der Chordeumatidae Österreichs*. *Zoologische Jahrbücher - Abteilung für Systematik, Ökologie und Geographie der Tiere*, 114: 269–288
7. Kurnik, I. 1988. *Zur Taxonomie ostalpiner Chordeumatida: Vulvenmorphologie und Identifikation der Weibchen*. *Zoologische Jahrbücher - Abteilung für Systematik, Ökologie und Geographie der Tiere*, 115: 229–302.
8. Makarov, S.E. 2001. *Evaluacija morfoloških svojstava, postembriogeneza i zoogeografska obeležja vrsta balkanskog endemita Bulgarosoma Verhoeff, 1926 (Diplopoda: Anthroleucosomatidae)*. Doctoral Thesis, University of Belgrade—Faculty of Biology. Belgrade, 487 pp. [in Serbian]
9. Makarov, S.E., Mitić, B.M. & Ćurčić, S.B. 2003. *Svarogosoma bozidarcurcici n. g., n. sp., (Diplopoda, Anthroleucosomatidae) from the Balkan Peninsula, with notes on its phylogeny*. *Periodicum Biologorum*, 105(4): 465–472.
10. Makarov, S.E. 2012. *Pregled Diplopoda iz porodice Anthroleucosomatidae Verhoeff, 1899 u Srbiji (Myriapoda, Diplopoda, Chordeumatida)*. *Заштита природе/Protection of Nature*. 62(1): 71–80.
11. Romero, A. 2009. *Cave biology: life in darkness*. Cambridge University Press. 287 pp.

12. Sierwald, P., Bond, J.E. 2007. *Current status of the myriapod class Diplopoda (millipedes): taxonomic diversity and phylogeny*. Annu. Rev. Entomol., 52: 401–420.
13. Šević, M., Antić, D.Ž., Stojanović, D.Z., Makarov, S.E. 2022. *Dazbogosoma mokoshae*, a new cavernicolous species of the previously monospecific genus *Dazbogosoma* Makarov & Ćurčić, 2012, from Serbia (Diplopoda: Chordeumatida: Anthroleucosomatidae). Zootaxa, 5165(5): 241–252. DOI:[10.11646/zootaxa.5165.2.5](https://doi.org/10.11646/zootaxa.5165.2.5)

# **Valisneria spiralis – nova vrsta alohtone biljke u kraškim vodama Bosne i Hercegovine**

## **Valisneria spiralis – a new species of native plant in karst waters of Bosnia and Herzegovina**

Mihajlo Stanković<sup>1</sup>, Marlena Ćukteraš<sup>2</sup>, Marinko Dalmatin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> - Pokret gorana Sremska Mitrovica, Srbija, <sup>2</sup> - Regionalni resursni centar – Čapljina, Bosna i Hercegovina, <sup>3</sup> - Ekološka udruga “Lijepa naša” – Čapljina, Bosna i Hercegovina

### Summary

The problem of introducing adventitious plants into Bosnia and Herzegovina has been current since the sixties of the last century, as pointed out by Slavnić (1960). Trebižat is a river in Herzegovina, the right tributary of the Neretva, rises in Peć Mlini in a karst spring in a cave, and flows into the Neretva near Struge. The river is 51.3 km long, and the basin has an area of 646 km<sup>2</sup>. By researching the Trebižat River from its source to Čapljina in 2018 and 2023, the species *Vallisneria spiralis* was found in three localities: Kravice camp, 2018; Peć Mlini, source of Tihaljina, 2018; Canoe safari Trebižat, 2023. The length of the leaves in 2018 is up to 0.3 m, and in 2023 from 0.57 - 0.68 m, and max. 1.68 m. The physical and chemical parameters of the water are 17 - 18 t<sup>0</sup> and pH 7 - 8. If we compare the data from 2018 and 2023, we see that the species has a very pronounced fluctuation and spread in the watercourse. In the list of allochthonous invasive species of the Federation of Bosnia and Herzegovina given by Đeg, et al., (2019), the species *Vallisneria spiralis* is not found, so this is a new allochthonous species for the Federation of Bosnia and Herzegovina. In contrast to the Federation of Bosnia and Herzegovina, this species was recorded in the Republic of Srpska in Bardača in the period 2002 - 2007. From the source to the mouth, there are waterfalls and numerous waterfalls, which is why numerous swimming pools have been built and arranged along the banks of the Trebižat river and various activities are carried out, which with the annual increase in visitors and the increasingly diverse range of activities can be an additional factor in the spread of this species to other nearby watercourses.

Adventivnu floru predstavljaju alohtone vrste koje su kao posledica ljudske delatnosti unešene na područje i tu se manje ili više prilagodile novim uslovima. Pri tom se termin adventivne vrste odnosi na sve unešene vrste, bez obzira na način i vreme njihove introdukcije, kao na stepen i uspešnost njihovog prilagođavanja. Strane vrste se unose namerno ili slučajno od unetih vrsta neke su iščezle jer nisu uspele se adaptirati dok se jedan broj njih odomaćio pa čak je deo njih poprimio karakter invazivnih. Generalno gledano prisustvo ovih biljaka i njihova disperzija predstavlja veliku opasnost po autohtonu floru, koja na ovaj način može biti direktno ili indirektno ugrožena i potisnuta. Najčešće su to veoma otporne biljke i jaki kompetitori, što predstavlja poseban problem za poljoprivredu i šumarstvo (Kovačević, et al., 2008). Problem unošenja biljaka stranog porekla u Bosni i Hercegovini je aktuelan još od šezdesetih godina prošlog veka Bjeličić (1954) i Slavnić (1960). Na problem adventivnih biljaka u Bosni i Hercegovini



ukazivao je Slavnić (1960), konstatujući 21 vrstu kao adventivnu s tim da se u to vreme nije uzimalo u obzir njihova invazivnost.

Trebižat je reka u Hercegovini, najveća desna pritoka Neretve i protiče kroz dva kantona Zapadnohercegovački i Hercegovačko-neretvanski. Reka Tihaljina - Mlade - Trebižat izvire u Peć Mlinima u obliku snažnog kraškog vrela, u pećini ispod planine Jagodnice na kraju Imotskog polja kojim se nastavlja tok ponornice Vrlike iz Imotskog polja, i uliva se u Neretvu kod mesta Struge. Na svom toku reka devet puta menja svoje ime: Culuša – Ričina – Brina – Suvaja (u opštini Posušje) – Matica – Vrlika (u opštini Imotski) – Tihaljina – Mlade – Trebižat (u opštini Ljubuški). Do sela Klobuk na početku Ljubuškog polja teče pod imenom Tihaljina, koritom usečenim u krečnjak. Ulaskom u Ljubuško polje teče pod imenom Mlade plitkim koritom koje je delomično regulisano. Na izlasku iz Ljubuškog polja dobija ime Trebižat i teče duboko usečenim koritom u krečnjaku i tu pravi slap Kravice. U svom donjem toku Trebižat teče kroz ravnicu, praveći meandre i utiče u Neretvu kod sela Struge nešto južnije od Čapljine. Trebižat je dug 51,3 km, a sliv mu ima površinu od 646 km<sup>2</sup> (Marković, Jovan Đ.,1990). Trebižat svojim neprestanim tokom, stvara bigar ili sedru, koja je zaslužna za formiranje dva vodopada – Koćušu i Kravice. Vodopad Kravica nalazi se oko 3 km nizvodno od Vitaljine, u Studencima blizu Ljubuškog. Visina slapa kreće se od 26 – 28 m s vodenim amfiteatom ispod slapa oko 120 metara u prečniku. Preko bigronosnog sloja od dna do vrha slapa formirala se vegetacija trava, mahovina, algi i lišajeva. Sedrena tj. bigronosna područja oko vodopada Kravice spadaju u geološke spomenike prirode Bosne i Hercegovine.

Tokom inventarizacije specijskog i ekosistemskog diverziteta reke Tihaljina - Mlade -Trebižat od njenog izvorišta do Čapljine tokom 2018. i 2023. godine, na više mesta primećena je veća ili manja grupa (žbunova) vodenih biljaka uzanih a dugačkih listova. Determinacija je utvrdila da se radi o vrsti *Vallisneria spiralis* akvatičnoj, alohtonj invazivnoj biljci.

Vrsta *Vallisneria spiralis* nađena je na tri sledeća lokaliteta:

1. Kravice kamp, 2018. god., GPS: 43° 09' 326" N; 17° 36' 765" E.
2. Peć Mlini, izvor Tihaljine, 2018. god., GPS: 43° 20' 261" N; 17° 19' 533" E.
3. Canoe safari Trebižat, 2023.god., GPS: 43° 11' 903" N; 17° 67' 307" E.

*Vallisneria spiralis* pripada Familiji *Hydrocharitaceae*, je poznata kao ravna valisnerija ili trava jegulja, potiče iz Azije a u divljini može se naći u svim tropskim i subtropskim oblastima širom sveta. Nalazi se u estuarskim staništima, jezerima, rekama, močvarama sa otvorenom vodom, veštačkim rezervoarima i kanalima za navodnjavanje. Uspeva u potocima, ali je retko prisutan u brzim vodama. Kao akvarijumska biljka gaji se još od 1856. godine. Preferira dobro osvetljenje i supstrat bogat hranljivim materijama. Sama biljka ima uske, linearne listove koji variraju od bledozelene do crvenkaste boje, dužine do 1 m a široke do 2 cm. Temperaturni raspon joj je veoma širok i iznosi od 15 - 30° C a najidealnija temperatura vode je 18 - 20° C. Najviše joj odgovara neutralna pH vrednost (pH 7), mada toleriše i manja odstupanja. *V. spiralis* je jednodomna biljka s muškim cvetovima na dugim spiralnim drškama koje se odvajaju od biljke i plutaju na površini vode. Nakon oprašivanja ženskih cvetova, stabljika se uvija kao vitica, otuda i naziv „spiralis“ Perry, F.,(1961). Razmnožava se semenom ili vegetativno ispuštanjem vreža iz kojih izrastaju nove biljke. Popularnost njena akvaristici i njena efikasnost širenja

vegetativnom reprodukcijom uz veliku proizvodnju biomase uslovilo je da postane invazivna vrsta u mnogim vodotocima sveta Wasowicz, et al., (2014).

Prvi put ova biljka je primećena 2018. godine na izvorištu reke Tihaljine, lokacija Peć Mlini, u bočnom kanalu gde je voda bila mirna i obrasla sa harama. Na toj lokaciji primećeno je nekoliko malih busena ove biljke, čija dužina listova nije prelazila 0,3 m. Prateći dalje tok reke nizvodno od vodopada Kravice kod tzv. „kampa“ uočavaju se veći ili manji buseni ove biljke, ali zbog nepristupačnosti terena biljka nije uzorkovana na toj lokaciji. Tu na toj lokaciji voda je imala dubinu oko 2 - 3 m, dno je kamenito-peskovito pri obali delimično zamuljeno a dužina listova biljke nije prelazila 0,5 m. Ponovnim obilaskom terena 2021. godine vrsta nije zabeležena, nivo vode je bio znatno niži, protok vode sporiji. Tokom terena 2023. godine vrsta se ponovo beleži na delu toka reke kod „Canoe safari Trebižat“. Na ovoj lokaciji vrsta je nađena na mnogo većoj površini, u većoj brojnosti na oko 2 km toka. Maksimalna dubina vode se kretala do 2 - 2,5 (3) m u tzv. bazenima a veći deo toka je u zaseni od sklopa priobalne drvenaste vegetacije. U priobalnom delu, dužina listova vrste *V. spiralis* se kretala 0,57 - 0,68 m a maksimalna do 1,68 m dok je na sredini reke bilo i dužih listova, čiji pravac pružanja je bio u smeru toka reke a širina listova se kretala od 1,5 do 2,5 cm. Dno je fino muljevito-peskovito.

Na lokacijama gde je vrsta nalažena merena je temperatura vode i pH vrednost vode koje je prikazano u Tabeli 1, gde vidimo da su se fizičko-hemijski parametri kretali u granicama 17-18 t° a pH 7 - 8.

**Tabela 1.** Fizičko-hemijski parametri vode u reci (temperature vode i pH vrednost)

Lokalitet	Godina	t°	pH
Kravica kamp	2018.	17,5	7 - 7,5
Peć Mlini izvor Tihaljine	2018.	17,0	7 - 7,5
Canoe safari Trebižat	2023.	18	7 - 8

Za područje Federacije Bosne i Hercegovine prema zvaničnoj listi invazivnih vrsta ima 81 invazivna vrsta biljaka i oko 20-ak invazivnih životinjskih vrsta Đeg, et al., (2019), gde dominiraju vrste iz Severne Amerike i Azije. Uvidom u listu alohtonih invazivnih vrsta Federacije Bosne i Hercegovine koju daje Đeg, et al., (2019) primećeno je da se vrsta *Vallisneria spiralis* ne nalazi na listi, odnosno da do sad nije beležena u vodotocima koji pripadaju Federaciji Bosne i Hercegovine. Napominjemo da se prisustvo ove vrste navodi za Republiku Srpsku, za područje Bardače još u period istraživanja 2002. - 2007. (Kovačević, Z., 2005; Kovačević, et al., 2007; Kovačević, Z., Stojanović, S., 2008; Kovačević, et al., 2008). Ako pogledamo prisutnost vrste *V. spiralis* u vodotoku u 2018. godini i uporedimo sa stanjem u 2023. godini u zavisnosti od kretanja ekoloških parametara u vodi vrsta ima vrlo izraženu fluktuaciju i evidentno je njeno širenje u vodotokom.

## Zaključak

U listi alohtonih invazivnih vrsta Federacije Bosne i Hercegovine koju daje Đeg, et al., (2019) vrsta *Vallisneria spiralis* se ne nalazi na listi, tako da je ovo nova alohtona vrsta za Federaciju Bosne i Hercegovine. Za razliku od Federacije BiH gde do sad vrsta nije beležena, ova vrsta je beležena u Republici Srpskoj u Bardači još u periodu 2002. - 2007.

Poznavanje adventivne flore je veoma bitno jer su često predstavljene veoma agresivnim vrstama, i njihovo poznavanje biologije i ekologije vrste je polazna osnova za preduzimanje mera kontrole i sprečavanja njihovog daljeg širenja, kao i sprečavanje njihovog uticaja na potiskivanje autohtone flore. Reka Trebižat jedna je od retkih čija je voda još uvijek čista i nezaagađena, kao i njena okolina kroz koju prolazi. Zbog čiste vode i predela kroz koje protiče od izvora do ušća krase je brojni vodopadi, čistoća vode, zelenilo vrba, topola, jablanova i ostale vegetacije kao i vrste riba u njoj. Zato i nije čudno što su uz obale reke Trebižat od izvora do ušća izgrađena i uređena brojna kupališta, počevši od Peć Mlina, Tihaljine, Humca, Koćuše, Kravice, Čeveljuše, Žabara, Božjaka, pa preko nekoliko kupališta u njenim rukavcima u Trebižatskom polju do u Strugama na samom ušću te reke u Neretvu. Reka Trebižat omogućava i prijatne izlete u kanuu, koje organizuju lokalni iskusni operateri, u dužini od 10 km, mesta za kampovanje i sl. Upravo takav ubrzani razvoj turizma sa konstantnim godišnjim povećanjem posetilaca i sve raznovrsnija ponuda njihovih aktivnosti dodatni je potencijalni faktor širenja ove vrste i na druge obližnje vodotoke.

## Literatura

1. Bjeličić, Ž., (1954): Flora i vegetacija bare Velika Tišina kod Bosanskog Šamca. Godišnjak Biološkog instituta Univerziteta u Sarajevu, VII, 1-2, str.188-189,
2. Đeg,S., Drešković,N., Tročić Borovac,S., Škrijelj, R., Muratović, E., Dautbašić, M., Bašić, N., Korjenić, E., Mujezinović, O., Lukić Bilela, L., Šoljan, D., Trakić, S., Vesnić, A., Šljuka, S., Hrelja, E., Mušović,A., Boškailo,A., Banda,A., Kulijer,D., Hadžić,E., (2019): Inventa-rizacija i geografska interpretacije invazivnih vrsta u Federaciji Bosne i Hercegovine, Univerzitet u Sarajevu Prirodno-matematički fakultet, 1-422 str.
3. Kovačević, Z., Šumatić, N., Stojanović, S., Kojić, M., (2007): Makrofitska flora kompleksa Bardača. Glasnik Republičkog zavoda za zaštitu prirode Crne Gore, Podgorica, str.31,
4. Kovačević, Z., (2005): Vaskularna flora i akvatična vegetacija Bardače. Magistarska teza. Univerzitet u Banjaluci, Poljoprivredni fakultet,
5. Kovačević, Z., Stojanović, S., (2008): Akvatični korovi kompleksa Bardača, Acta herbologica, Vol. 17, No. 1, str.129-135,
6. Kovačević,Z., Šumatić,N., Kojić,M., Petrović, D., Herceg, N., (2008): Adventivna korovska flora Bosne i Hercegovine, Acta herbologica, Vol. 17, No. 1, str.89-93,
7. Marković, Đ.J., (1990). Enciklopedijski geografski leksikon Jugoslavije. Sarajevo: Svjetlost.
8. Perry, F., (1961). Water Gardening. London: Country Life. p. 172.
9. Slavnić, Ž., (1960): O useljavanju, širenju i odomaćivanju nekih adventivnih biljaka u Bosni i Hercegovini. Godišnjak Biološkog instituta Univerziteta u Sarajevu, XIII, 1-2, str.117-146,
10. Wasowicz, P., Przedpelska-Wasowicz, E., Gudmundsdottir, L., Tamayo, M., (2014): "Vallisneria spiralis and Egeria densa (Hydrocharitaceae) in arctic and subarctic Iceland". New Journal of Botany. 4 (2): 85-89.

# **Geomorfološke posledice poplava 2014. godine u karstu Dževrinske grede (istočna Srbija)**

## **Geomorphological consequences of 2014 floods on Dževrinska Greda karst (Eastern Serbia)**

Jelena Čalić<sup>1,2</sup>, Dejan Jeremić<sup>1,3</sup>, Ana Mladenović<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> – Akademski speleološko-alpinistički klub, Beograd, <sup>2</sup> – Geografski institut „Jovan Cvijić“ SANU, <sup>3</sup> – Inovacioni centar, Univerzitet u Beogradu – Hemijski fakultet, <sup>4</sup> – Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

### Summary

The year 2014 was the year of extremely large floods in Serbia. The territories of municipalities Kladovo and Negotin, along the Danube course in Eastern Serbia, were among the worst affected, mostly by flash floods. The karst ridge of Dževrinska Greda, a typical contact karst and stripe karst environment formed within Upper Jurassic limestones, suffered significant morphological changes in terms of heavy washout of sediments on one hand (in fluviokarstic gorges and active cave passages), and on the other hand, debris/clay choking of less active karst cave channels and surface niches.

### **1. Uvod**

U više navrata tokom 2014. godine prostor Srbije bio je izložen ekstremnim prirodnim nepogodama u vidu poplava, bujica, klizišta i drugih procesa, uzrokovanih iznimno jakim kišnim padavinama. Iako je bio zahvaćen veliki broj slivova u gotovo celoj Srbiji, najjači intenzitet ovih nepogoda ispoljio se u slivu Kolubare od 12. do 19. maja i u slivovima neposrednih pritoka Dunava u opštinama Kladovo i Negotin, 14. i 15. septembra 2014. Na širem prostoru Negotinske krajine sume padavina u kišnoj epizodi dostizale su 200 mm (Prohaska i sar. 2014). Padavine su dovele do značajnog porasta vodostaja nizijskih tokova, te izlivanja bujičnih vodotoka praćenih blatnim bujicama u brdovitim predelima, što je bilo naročito izraženo u Tekiji, koja je tada potpuno zasuta bujičnim sedimentima (Milošević i sar. 2015). Na teritoriji opštine Kladovo zabeleženo je aktiviranje 30 klizišta (Đokanović 2016). Na krečnjačkim prostorima Miroča i Dževrinske grede posledice su bile vidljive na terenima sa većim nagibima topografske površine (denudacija usled bujica), a takođe i u podzemlju.

### **2. Analizirani prostor**

Dževrinska greda je greben gornjojurskih krečnjaka koji se nalazi u severnom delu istočne Srbije. Orografski pripada Južnim Karpatima, a u okviru Srbije Karpatobalkanidima. Pruža se u meridijanskom pravcu na dužini od oko 18 km, dok širina krečnjačkog pojasa varira od 5 do 700 m, u proseku 250 m. Ove odlike svojstvene su tipu karsta poznatom pod nazivom kontaktni karst, jer postoje dugačke linije kontakta karbonatnih i nekarbonatnih stena, duž kojih se menja intenzitet i/ili prostorni raspored karstifikacije. Sa zapadne strane krečnjaci su u tektonskom kontaktu (duž dževrinskog

raseda) sa metamorfnim stenama proterozojske starosti – gnajsevima i mikašistima takozvanog Tekijskog kristalina. Sa istočne strane duž kontakta se nalaze sedimentne stene kredne starosti – laporci, glinci, fliš (Bogdanović i sar. 1973). Na Dževrinskoj gredi u punom obimu je razvijen i čak i specifičan podtip kontaktnog karsta – pojasni karst (eng. *stripe karst*), u kojem se, zahvaljujući ekstremnoj izduženosti krečnjačkog grebena preklapaju alogeni uticaji okolnih, nekarstnih terena (Lauritzen 2001). Pojave koje najbolje ilustruju kontaktni karst, a naročito uski pojasni karst, su ponorsko-izvorski sistemi, u kojima relativno lako mogu da se prate trase podzemnih tokova, često dostupne za direktno istraživanje u pećinama (Ћалић/Ćalić 2008).

Konfiguracija terena dominantno nagnutog ka istoku uslovlila je orijentaciju površinske rečne mreže uglavnom u tom pravcu (izuzev na krajnjem jugu). Tokovi Pepeljavog potoka (pritoka Kašajne), Podvrške reke (Valja Mare) i Velike reke (nizvodno pod imenom Kamenička reka) usekle su u krečnjacima tipične oblike fluviokarsta – klisure probojnice, koje u svojim dolinskim stranama imaju izvorske pećine manjih ili većih dimenzija. Najduža pećina ovakvog položaja, Velika pećina u Žutom kršu (355 m), nalazi se u klisuri Podvrške reke.

Reka Kašajna savladala je krečnjačku prečagu izdubivši u njoj tunelsku pećinu Velika peštera, dugačku 193 m.

Za razliku od orijentacije površinskih tokova, podzemna hidrografska mreža je većim delom tektonski predisponirana i po pravcima pružanja (sever-jug) prati osnovnu strukturu – Dževrinski rased. Ovo je dominantna orijentacija glavnog kanala najduže pećine na Dževrinskoj gredi – Drenjarskog sistema (3731 m, u uzvišenju Veliki Drenjar), koji povezuje prohodne kanale tri ponora (dva na zapadnom kontaktu i jedan na istočnom) i vodi ka izvoru Bigar, pritoci Velike reke. Na žalost, prolaz do izvora nije prohodan za čoveka, zbog oburvanih blokova. Još dve pećine značajnih dimenzija prate pravac Dževrinskog raseda – Nikolića ponor (473 m) i već pomenuta izvorska Velika pećina u Žutom kršu (355 m), koje su hidrološki povezane. Od ovog obrasca donekle odstupaju pećine Malog Drenjara: Kukulovića ponor, Prvi ponor i njihove izvorske pećine Momačka (422 m) i Devojačka (616 m), orijentisane ka slivu Male reke, sastavnice Kameničke reke.

### **3. Preliminarni rezultati osmatranja posledica poplava**

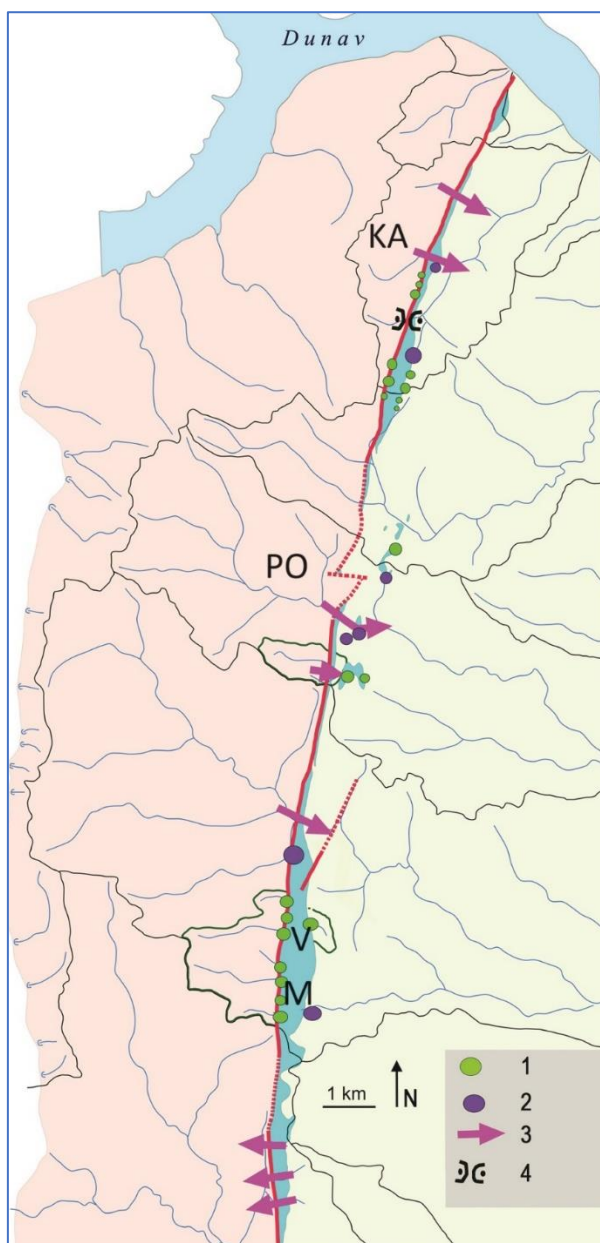
Na morfološki brdovitom i geološki raznolikom terenu kojeg preseca Dževrinska greda, u septembru 2014. godine su se usled obilnih padavina formirale jake bujične poplave.

U slivu Kašajne, u klisuri Pepeljavog potoka, bujica je odnela prethodno istaložene mehaničke sedimente različite granulacije, sa primesama istrulelih i svežih biljnih ostataka, te je kretanje kroz klisuru postalo teže, u smislu savladavanja stenovitih odseka i velikih blokova u rečnom koritu.

Klisure Žuti krš, na Podvrškoj reci, pretrpela je promene istog tipa. Na desnoj obali reke u vreme prvih istraživanja postojala je velika akumulacija sedimentnog materijala koji je godinama izbacivala izvorska Velika pećina u Žutom kršu. Od korita reke do ulaza u pećinu dolazilo se preko te plavine, koja je sada potpuno isprana. Da bi se sada ušlo u

pećinu, potrebno je popeti se uz vertikalni odsek visine oko 3 metra. U pećinskom kanalu na mnogo mesta je u dnu vidljiva matična stena, što ranije nije bio slučaj.

Promene vezane za pećinu Drenjarski sistem odnose se na prohodnost kanala. Voda koja je prilikom naglih intenzivnih padavina ušla u Tandžanovića ponor odnela je toliku količinu sedimenta da je kanal koji je nosio ime „Glistin kanal“ (mestimične visine 30 do 50 cm) povećao visinu za oko 80 cm. Nasuprot tome, pećina „5. ponor“, u kojoj su takođe postojali segmenti kanala od tridesetak centimetara visine, sada je zapunjena i neprohodna. U trećem ponorskom ulazu Drenjarskog sistema, Antonijevića ponoru, konstatovana je povišena koncentracija ugljen-dioksida, što onemogućava ulaz i proveru stanja.



Slika 1. Slivovi površinskih tokova i pojave kontaktnog karsta na prostoru Dževrinske grede (1 – ponor sa slepom dolinom, 2 – izvor, 3 – klisura probojnica, 4 – tunelska pećina).  
KA – sliv Kašajne; PO – sliv Podvrške reke; V – Veliki Drenjar; M – Mali Drenjar

U južnom delu Malog Drenjara, Kukulovića ponor, koji je ranije bio prohodan samo 53 m zbog sedimentne ispune, sada je produžen jer je bujica odnela deo materijala dalje, u nekad neprohodne delove kanala. Time su povećane šanse za potencijalni nastavak u pravcu izvorske Momačke pećine. Neočekivano, u njoj je prilikom obilaska konstatovan veoma visok nivo stajaće vode čak i u gornjem kanalu, kroz koji se ulazi, pa je donji, aktivni nivo, potpuno nedostupan.

Na čitavom prostoru Dževrinske grede došlo je do morfološko-hidroloških promena, pa je, nakon vremenske distance, u planu da ekipe koje su vršile prethodna istraživanja, uz pomoć novih učesnika, u predstojećem periodu istraže i dokumentuju novo stanje.

#### 4. Literatura

1. Bogdanović, P., Marković, V., Dragić, D., Rakić, M., Babović, M., Rajčević D., Popović, V., Milojević, Lj. 1973: *Osnovna geološka karta SFRJ 1:100000, list Donji Milanovac*. Savezni geološki zavod, Beograd
2. Đokanović, S.M. 2016. Intenzivne padavine kao povod za nastanak klizišta tokom septembra 2014. u opštini Kladovo. *Tehnika – rudarstvo, geologija i metalurgija* 67, 823-830. [doi:10.5937/tehnika1606823D](https://doi.org/10.5937/tehnika1606823D)
3. Lauritzen, S.E. 2001. Marble stripe karst of the Scandinavian Caledonides: An end-member in the contact karst spectrum. *Acta Carsologica* 30/2. [https://digitalcommons.usf.edu/kip\\_articles/3306](https://digitalcommons.usf.edu/kip_articles/3306)
4. Milošević, M.V., Čalić, J., Kovačević-Majkić, J & Petrović, A. (2015). Geomorfološki indikatori prirodnih nepogoda – primer blatne bujice u Tekiji 2014. godine. U: Filipović, D., Šećerov, V. & Radosavljević, Z. (ur): *Planska i normativna zaštita prostora i životne sredine*. VIII naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem. Beograd: Asocijacija prostornih planera Srbije i Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu, 563–570.
5. Prohaska, S., Đukić, D., Bartoš Divac, V., Todorović, N., Božović, N. 2014. Karakteristike jakih kiša koje su prouzrokovale čestu pojavu poplava na teritoriji Srbije u periodu april-septembar 2014. godine. *Vodoprivreda* 46, 267-272; p. 15-26. ISSN 0350-0519
6. Ђалић, Ј. 2008. Контактне и структурне одлике карста Џевринске греде (Summary: Čalić, J. Karst of the ridge Dževrinska Greda). Посебна издања Географског института „Јован Цвијић“ САНУ, 72, 1-163. ISBN 978-86-80029-41-2 [Књига 72 \(2008\) \(sanu.ac.rs\)](http://www.sanu.ac.rs)

# Hidraulički tranzijenti u karstnoj sredini tokom rada hidroelektrane

## Hydraulic Pressure Transients in the Karst Environment During Hydroelectric Power Plant Operation

Maja Todorović<sup>1</sup>, Marina Ćuk Đurović<sup>1</sup>, Igor Jemcov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet, Srbija

### Summary

The study investigates dynamic variations in pore pressure within complex aquifer systems in carbonate rocks near a concrete-lined headrace tunnel during various operational phases of the hydroelectric power plant. The innovative research methodology includes measuring pore pressures of groundwater (water column height) in the rock mass behind the tunnel's lining enabling the characterization of hard-to-reach hydrogeological environments. Internal piezometers were strategically deployed for precise pressure monitoring, facilitating an in-depth exploration of the hydrogeological response. Continuous monitoring provided valuable insights into the behavior of the hydrogeological environment in response to hydraulic transients with a focus on water-mass oscillations, induced by the hydropower plant's operation regimes. The pore pressure response to hydraulic transients has indicated hydraulic conductivity and the degree of karstification, revealing a high level of anisotropy and heterogeneity of carbonate systems along the tunnel route. Findings reveal diverse reactions of the karst aquifers delineating areas of high, moderate, and limited reactivity, that represent a direct consequence of the lining condition, hydrogeological characteristics, and proximity to the surge tank. The results have shown that continuous monitoring and collection of high-frequency data on pore pressures are essential for an adequate characterization and assessment of karst system dynamics, while the developed methodology can be applied in hydrogeological investigations in tunnels for various purposes.

### 1. Uvod

Antropogeni uticaj na karstne izdani kao posledice inženjerskih aktivnosti je teško sagledati usled međusobnog uticaja različitih geoloških karakteristika i uslova izgradnje veštačkih objekata (Lu et al., 2020). Kada su tuneli u pitanju, istraživanja su uglavnom obuhvatala probleme stabilnosti tla, objekata i prodora-gubitaka vode (Li et al., 2016), dok samom uticaju režima rada tunela tokom rada hidroelektrana, nije posvećena adekvatna pažnja (Zheng et al., 2020). Radni režim hidroelektrane, koji uključuje česte promene usled rada turbina generiše hidrauličke tranzijente, koji se ogledaju u dva fenomena: hidraulički udar i oscilacije vodenih masa (Neupane et al., 2020, 2021). Hidraulički udar, kao posledica pokretanja i prestanka rada turbine, se prostire prema vodostanu, koji ima funkciju amortizacije hidrauličkog udara u tunelu. Na ovaj način, vodostan postaje izvor oscilacija vodenih masa, koje se dalje prenose uzvodno, duž hidrauličkog tunela što svakako ima za posledicu i interakciju sa okolnom hidrogeološkom sredinom. Razmatranje složenosti uticaja hidrauličkih tunela na podzemne karstne sisteme zahteva dugoročni monitoring (Hartmann et al., 2014), koji je veoma teško sprovesti. Stoga, istraživanje uticaja



hidroelektrana na karstne sisteme uglavnom se sprovodi primenom numeričkih simulacija (Zheng et al., 2020). U cilju razumevanja složenog procesa interakcije karstnih hidrogeoloških sistema i hidrauličkih tunela, na primeru hidroelektrane (HE) Piro, razvijena je inovativna metodologija monitoringa pornih pritisaka u stenskoj masi duž trase tunela.

## **2. Metode merenja pornih pritisaka u karstnoj sredini u uslovima postojanja hidrauličkog tunela**

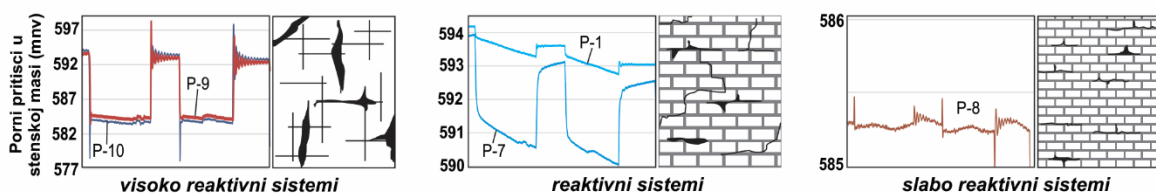
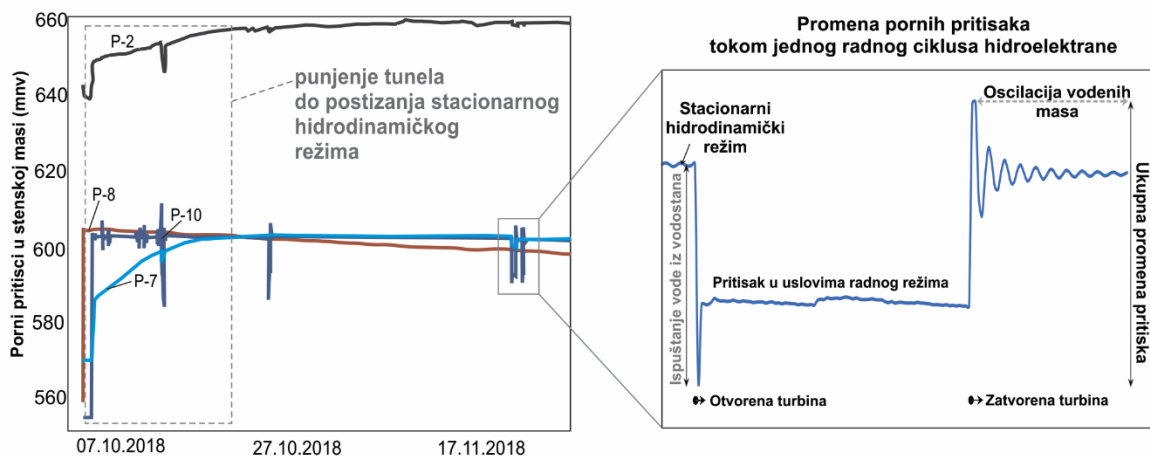
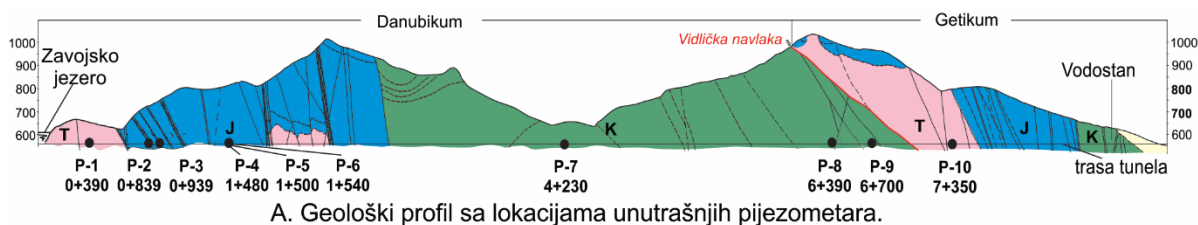
U cilju merenja prenosa tranzijenata (prelaznih režima) iz hidrauličkog tunela u karstnu sredinu, iz tunela kroz geološku sredinu su izvedeni bočni-unutrašnji pijezometri specifične konstrukcije, koja obezbeđuje kontinualno osmatranje pornih pritisaka u karstnoj sredini, u neposrednom okruženju tunela. Tehničke karakteristike unutrašnjih pijezometara sa sistemom ventila omogućavaju nesmetanu instalaciju mernih sonde - divera. Kriterijum izbora lokacija unutrašnjih pijezometara se zasnivao na indikacijama hidrauličke povezanosti između stenske mase i tunela, koje su se manifestovale isticanjima u uslovima ispražnjenog tunela. Monitoring pornih pritisaka sproveden je na detaljnom nivou sa frekvencijom merenja od 10 min, i tokom perioda od oko 1.5 godine prikupljeno je ukupno 72000 podataka, što je predstavljalo ukupnu memoriju sonde. Navedeni period obuhvatio je stanje punjenje tunela do postizanja stacionarnog hidrodinamičkog režima, kao i operativne radne i testne cikluse HEP.

## **3. Hidraulički odziv karstne hidrogeološke sredine izazvan tranzijentima u radu HE**

Polaznu osnovu predstavljalo je ispitivanje pornih pritisaka u karstnoj sredini u uslovima ispražnjenog tunela, što približno odgovara prirodnim-neporemećenim uslovima stanja pornih pritisaka u karstnoj sredini. Raspodela pornih pritisaka bila je neujednačena duž tunela, što predstavlja posledicu uticaja geoloških karakteristika, prisustva slabo-vodopropusnih komponenti u karstu, kao i složenih tektoničkih uslova. Visok sadržaj glinovito-laporovite komponente, kao i prisustvo nekarbonatnih formacija, u prvoj sekciji (od 0-2 km), uzrokovao je pojavu konstantno visokih pornih pritisaka. U ostalim delovima duž trase tunela, u kojima dominiraju krečnjaci različitog stepena karstifikacije, konstatovane su značajno niže vrednosti pornih pritisaka. Analiza pornih pritisaka tokom punjenja tunela ukazala je na različite mehanizme punjenja, što je najvećim delom posledica stepena ispucalosti, odnosno karstifikacije okolne stenske mase. Vreme potrebno za dostizanje hidrauličke ravnoteže između pritiska u tunelu i okolnoj geološkoj sredini pokazalo je značajnu varijabilnost: od gotovo trenutnog odgovora karstne izdani (P-9 i P-10) do maksimalno 14 dana (P-7) (Slika 1), ukazujući na prisustvo slabo-ispucalih do karstifikovanih sistema.

Analiza pornih pritisaka unutrašnjih pijezometara tokom ciklusa rada HE, ukazala je na različite reakcije pri pojavi hidrauličkih tranzijenata u tunelu. Fluktuacije pornih pritiska merenih u reprezentativnim unutrašnjim pijezometrima, koje reflektuju različit stepen transfera tranzijenata u geološku sredinu, omogućile su detaljnu hidrogeološku karakterizaciju karstnih hidrogeoloških sistema. Sprovedenom analizom identifikovane su zone visoke i umerene reaktivnosti, kao i nereaktivne zone, što predstavlja direktnu posledicu različitog stepena razvijenosti karstnog procesa.

Visoko reaktivne zone, locirane su u blizini vodostana (Slika 1A), a reprezentativni pijezometri ukazuju na karstifikovane krečnjake gornje krede (P-9), kao i tektonski deformisane slojevite krečnjake srednjeg trijasa (P-10). Ova zona pokazuje gotovo trenutne reakcije na oscilacije pritiska unutar tunela. Blizina vodostana, odnosno zone najvećeg uticaja tranzijenata, nesumnjivo utiče na slabljenje betonske obloge, kroz koju se vrši transfer u geološku sredinu, posebno kada su u pitanju karstifikovani krečnjaci. Obrazac reakcije hidrogeološke sredine ponavljao se tokom svih radnih ciklusa i predstavljao je direktnu refleksiju promena nivoa vode u vodostanu. Tranzijenti izazvani promenom režima iz stacionarnog u radni, dovode do pada pritiska u hidrogeološkoj sredini, usled otvaranja turbina i uticaja vodostana. Nakon izjednačavanja pritiska u tunelu i vodostanu, dolazi je do porasta pritiska u stenskoj masi i dostizanja ravnoteže sa pritiskom tokom radnog režima HE. Prestanak rada turbina dovodi do pojave hidrauličkog udara i naglog izdizanja vode u vodostanu, a zatim i oscilacije vodenih masa, pri čemu se ove promene jasno reflektuju na porne pritiske u stenskoj masi (Slika 1B). Tokom vremena, dolazi do postepenog slabljenja oscilacija usled gubitaka u stenskoj masi. Brzina propagacije hidrauličkih tranzijenata u geološku sredinu ukazuje na brzinu interakcije, što je posebno izraženo u uslovima dobre hidrauličke provodljivosti karstifikovanih sistema (Slika 1C).



**Slika 1.** Geološki profil duž ose tunela sa lokacijama unutrašnjih pijezometara i rezultati monitoringa pornih pritiska u stenskoj masi tokom različitih režima rada hidroelektrane.

Umereno reaktivni pijezometri (P-1, P-7) ukazali su na niže promene pritiska i odloženu reakciju unutar slabo karstifikovanih, odnosno ispucalih sistema. U slučaju pijezometra P-1 koji se nalazi u krečnjacima srednjeg trijasa, hidraulički tranzijenti su ukazali na veoma slabo karstifikovani sistem, koji karakteriše ograničena propusnost i sistem slabo povezanih pukotina. S druge strane kašnjenje reakcije pornih pritisaka u stenskoj masi u zoni P-7 koja odgovara laporovitim krečnjacima donje krede, tokom punjenja tunela ukazuje na prisustvo dobro struktuiranog karstnog sistema koji karakteriše veoma dobra povezanost. Odsustvo krupnih kanalskih sistema indikovano je značajnom atenuacijom hidrauličkih tranzijenata, koja se manifestuje kroz usporeni i dugotrajni transfer. Inertni – nereaktivni pijezometar P-8 pokazao je minimalni transfer tranzijenata koji se odnosi na sredinu izrazito niske karstifikacije, što odgovara laporcima sa krečnjačkom drobinom gornje krede (Slika 1C).

#### 4. Zaključak

Analiza pornih pritisaka u stenskoj masi u različitim radnim fazama, na primeru HE Pirot, omogućila je dublje razumevanje fenomena transfera hidrauličkih tranzijenata u karstu i njihovu primenu u hidrogeološkoj karakterizaciji. Odziv pornih pritisaka u stenskoj masi pri tranzijentima nastalim usled rada HE, ukazao je na prostornu heterogenost hidrogeoloških sistema u karbonatnim stenama. Identifikovane su zone visoke, umerene i ograničene reaktivnosti koje su pokazale da i u uslovima postojanja betonske obloge i masivnog injektiranja nije moguće izvršiti potpunu hidrauličku izolaciju tunela. Različita reaktivnost unutrašnjih pijezometara predstavlja direktnu posledicu stanja obloge, hidrogeoloških karakteristika kao i blizine vodostana. Transfer tranzijenata ukazao je na hidrauličku provodljivost odnosno stepen karstifikacije, otkrivajući visok stepen anizotropnosti i nehomogenosti karbonatnih sistema duž trase tunel. Odziv pornih pritisaka se razlikovao između litoloških članova ali i unutar samih jedinica, čime je istaknut značaj uticaja tektonskih karakteristika na stepen karstifikacije i brzinu cirkulacije u karbonatnim sistemima. Ovo istraživanje se temelji na inovativnoj metodi za neprekidno merenje visine vodenog stuba u stenskoj masi neposredno iza obloge tunela, što omogućava karakterizaciju teško dostupnih hidrogeoloških sredina. Rezultati su ukazali da je kontinuirano praćenje i prikupljanje visokofrekventnih podataka o vrednostima pornih pritisaka neophodno za adekvatnu karakterizaciju i ocenu dinamike karstnih sistema dok se sprovedena metodologija može primeniti pri istraživanjima u uslovima postojanja tunela različite namene.

#### 5. Spisak literature

1. Zheng, X., Yang Z., Wang, S., Chen, Y, Hu, R., Zhao, X., Wu, H., Yang, X. 2020. *Evaluation of hydrogeological impact of tunnel engineering in a karst aquifer by coupled discrete-continuum numerical simulations*. Journal of Hydrology, 597 doi: 10.1016/j.jhydrol.2020.125765
2. Li, S., Liu, R., Zhang, Q., Zhang, X. 2016. *Protection against water or mud inrush in tunnels by grouting: A review*. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 8,753-766
3. Hartmann, A., Goldscheider, N., Wagener, T., Lange, J., Weiler, M. 2014. *Karst water resources in a changing world: Review of hydrological modeling approaches*. Rev. Geophys, 52: 218–242
4. Lu, Y., Jiang Y., Hu, W., Cao, Min., Mao, Y. 2020. *A review of the effects of tunnel excavation on the hydrology, ecology, and environment in karst areas: Current status, challenges, and perspectives*. Journal of Hydrology, 586
5. Neupane, B., Panthi, K. K., & Vereide, K. (2020). *Method for monitoring of pore pressure in jointed rock mass of an unlined headrace tunnel subjected to varying power plant operation: A case study*.

Rock Mechanics for Natural Resources and Infrastructure Development- Proceedings of the 14th International Congress on Rock Mechanics and Rock Engineering, September, 1303–1310. ISBN 978-0-367-42284-4

6. Neupane, B. (2021). *Long-term impact on unlined tunnels of hydropower plants due to frequent start/stop sequences*. Norwegian University of Science and Technology. ISSN 2703-8084

# **Novija speleološka istraživanja u Parku prirode Stara planina na teritoriji Opštine Knjaževac**

## **Recent speleological explorations in the Nature reserve Stara planina on the territory of Knjaževac Municipality**

Mladen Milošević<sup>1</sup>

1 – Sportsko speleološko udruženje SAIS Knjaževac

### Summary

The area covered by limestone rocks is rather small within the borders of the Knjaževac Municipality in The Nature reserve Stara planina Mountain. Despite its size, the number and richness of speleological phenomena are not negligible: two relatively deep gorges, Korenatac and Papratska reka river gorges, the sinkings waters of the Pričevačka and Papratska reka rivers and more than 20 speleological objects, one of which represents the longest cave explored in this part of the Nature reserve - the Korenatac cave, 1833m long. The paper focuses on the recent explorations (2018-2023) in the region made by the members of Sport Caving Association SAIS Knjaževac, the 9 surveyed speleological objects which amount to a total of 2645m of surveyed galleries. The discovery of more than 10 other relatively smaller caves and the promising leads in the Korenatac and other caves, provide enough potential for the discovery of new caves and continuation of the known objects.

### **1. Uvod**

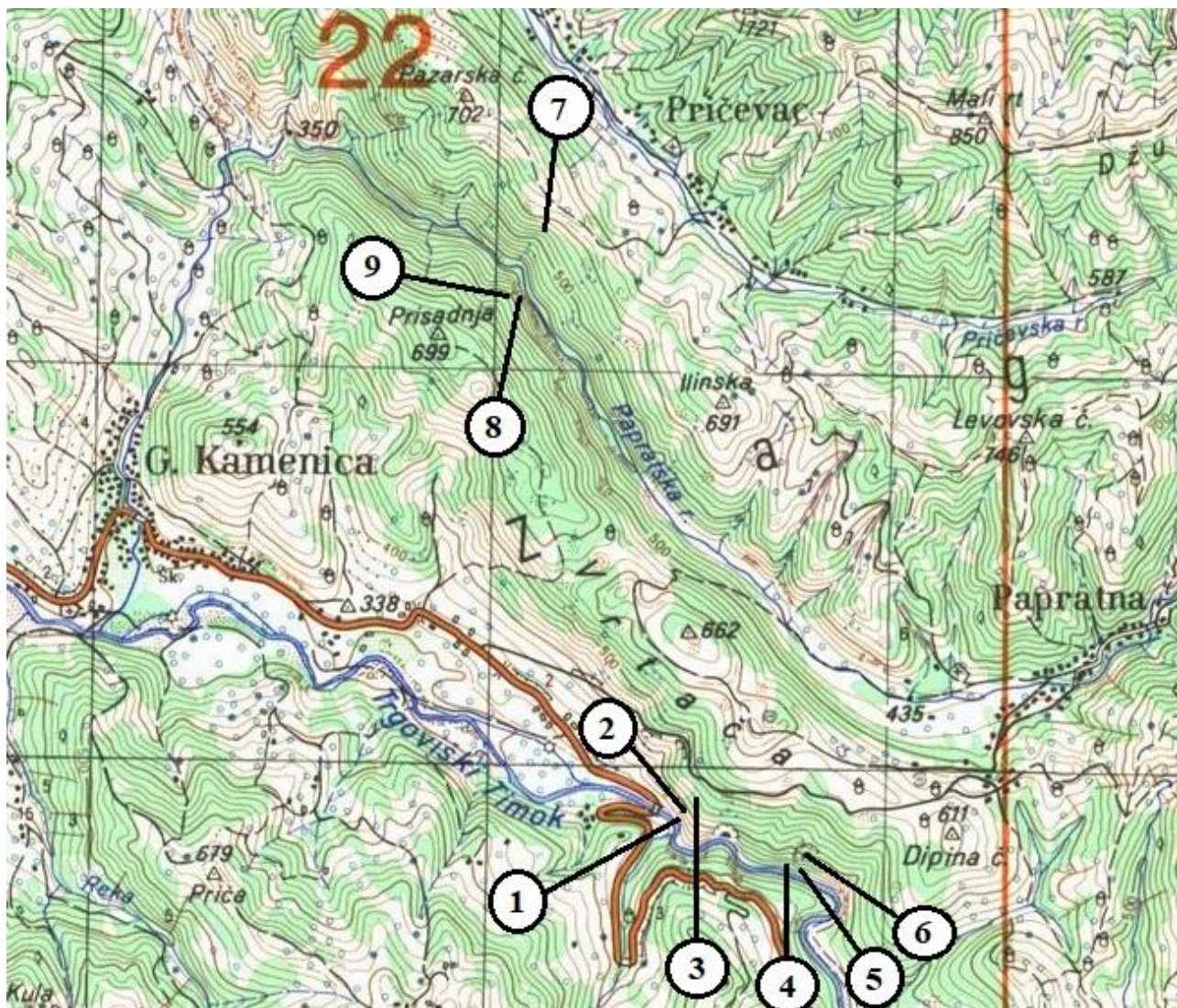
Stara planina je deo Karpatsko-balkanskog planinskog luka koji se prostire u Istočnoj Srbiji, na granici sa Bugarskom, na teritorijama opština Zaječar, Knjaževac, Pirot i Dimitrovgrad. U maju 1997. Stara planina je proglašena za Park prirode. Krečnjačke stene u okvirima granica Parka na teritoriji knjaževačke opštine su zastupljene u dve celine: na području krečnjačkih glama u okolini sela Novo Korito i Ošljane, a druga celina se nalazi u okolini sela Gornja Kamenica i Papratna. Ovaj rad se fokusira na speleološka istraživanja u drugoj pomenutoj celini, konkretnije u predelu klisure Korenatac (klisura Trgoviškog Timoka) i klisure Papratske reke, odnosno na karstne podzemne oblike nastale radom ponornica Papratske i Pričevske reke, u periodu od 2018.godine do danas.

### **Opšte geografske i geološke odlike okoline istraživanih pećina**

Fokus speleoloških istraživanja vezan je za usku zonu sačinjenu od stena krednih (baremskih) masivnih i bankovitih krečnjaka koji se pružaju paralelno sa dolinom Trgoviškog Timoka, na potezu od sela Gornje Kamenica ka Kalni. Konkretnije radi se o desnoj dolinskoj strani Trgoviškog Timoka (sektor Klisure Korenatac) i to lokalnost Vrtača (662m n.v.) – Prisdanja (699m n.v.). Severno od pomenute lokalnosti prostire se klisura Papratske reke, čiju desnu dolinsku stranu čini masiv omeđen vrhovima Levovska čuka



(702m n.v.) – Ilinska čuka (691m n.v.) – Pazarska čuka (746m n.v.), sa čije severne strane je dolina Pričevačke reke. Pričevačka reka i Papratska reka su reke ponornice, koje prilikom prelaska sa paleozojskih škriljaca na krečnjačke stene poniru u izduhama u koritu. Pretpostavlja se da su podzemne vode ovih reka zaslužne za bogatstvo podzemnog karstnog reljefa koje je u fokusu ovog rada. Zna se da i deo voda Trgoviškog Timoka ponire po izduhama u koritu nešto uzvodnije od početka Klisure Korenatac, ali je nejasna njegova uloga u stvaranju speleoloških objekata.



**Slika 1:** Položaj speleoloških objekata na topografskoj karti 1:50 000: Objekti u Klisuri Korenatac: 1 - Pećina Korenatac; 2 - Pećina Bliznakinje; 3 - Odijalo 2; 4 - Velika pećina pored puta; 5 - Mala pećina pored puta; 6 - Trnova pećina; Objekti u Klisuri Papratske reke: 7 - Govedža peć; 8 - Hajdučka pećina; 9 - Pljaćinska pećina

### Istorijat prethodnih istraživanja

Na pomenutoj teritoriji, po našim saznanjima, nije bilo sistematskih speleoloških istraživanja, već su pećine sporadično istraživali domaći geolozi, geomorfolozi, geografi a ređe speleološki klubovi. Jovan Dinić je tokom 1966 istraživao Pričevsku pećinu u klisuri Papratske reke, u ataru sela Pričevac, koju samo uzgredno spominje i Jovan Cvijić pod nazivom “Peštera u Pričevcu”. Po prvom autoru pećina je duga 163,2m a po drugom oko

150m. Jovan Cvijić (1926) spominje opis ulaznog, tada potopljenog dela pećine Korenatac, u istoimenoj klisuri, kao i tzv. *Orijalo*, rupu u stenama iz koje duva promaja iz pećine. O istoj pećini pišu u kratkim crtama Jovan Petrović (1976), navevši dužinu istraženih kanala od 58m, a takođe i Dušan i Ljiljana Gavrilović (1975, 1998), koji opisuju sifonski karakter vrele, kao i „lavirint pukotina, kanala i dvorana, sa haosom od oburvanih blokova“, što ponajviše odgovara današnjem zatečenom stanju u suvom delu objekta nedaleko od ulaza. Po njima pećina je istražena na dužini od 218m. Dušan i Ljiljana Gavrilović (1998) takođe spominju i tri kratke bezimene pećine sektoru Klisure Korenatac neposredno pored puta Knjaževac-Kalna. Takođe, kratke navode o pećini Korenatac zatičemo i kod Radenka Lazarevića (2008). O ostalim speleološkim objektima obrađenim u ovom radu u literaturi nismo zatekli nikakvog pomena. Ono što je srodno svim istraživačima jeste pretpostavka o genezi pećinskih kanala koja se vezuje za rad ponornica, Papratske i Pričevske reke.

## 2. Metode

Korišćena je klasična speleomorfološka tehnika rekognosciranja i merenja dimenzija kanala sa ciljem izrade plana i profila pružanja kanala objekta. U te svrhe korišćen je laserski daljinomer sa padomerom marke LomVum LV66U, kao i kompas marke Teleoptik M53. Pomoću GPS uređaja marke Garmin i Android aplikacije Locus Map vršeno je određivanje položaja ulaza speleoloških objekata. Obrada prikupljenih podataka unošena je naknadno u program za izradu speleološkog nacrtu cSurvey, u kojem je rađeno i grafičko uređivanje plana, profila i poprečnih preseka pećinskih kanala.

## 3. Rezultati novih istraživanja

Speleolozi našeg udruženja od 2018.godine sistematski istražuju krečnjačke terene u okviru pomenute dve klisure, sa akcentom na pećinu Korenatac, trenutno najdužu pećinu na ovom terenu (1833m izmerenih kanala, procenjene dužine oko 2000m). Do današnjeg dana istraženo je preko 20 speleoloških objekata, a topografski snimljeno 9, na dužini od 2465m.

U Korenatac klisuri topografski je snimljeno 6 speleoloških objekata, a preostala 3 se nalaze u sektoru klisure Papratske reke. Speleološki objekti koji nisu topografski snimljeni su uglavnom skromnijih dimenzija ili je u njima potrebno nastaviti speleološka istraživanja.

*Pećina Korenatac* je najduži speleološki objekat na ovom području koji se i dalje aktivno istražuje. Radi se o vreleskom speleološkom objektu etažnog tipa koji se prostire na tri visinska nivoa. Najniži nivo pećinskih kanala vezan je za potopljenu ulaznu zonu, odnosno prelivni nivo karstne izdani. Iz ovog nivoa uzlaznim kanalom dolazi se u drugu etažu, predstavljenu lavirintskim kanalima sa oburvanim blokovima, koji se spajaju preko nekoliko dvorana i većih ili manjih proširenja. Karakteristična je i pojava speleotema, a oseća se i promaja u nekoliko sektora, što svedoči o vezi sa površinom. Treća etaža predstavljena je kanalom sa izvesnim dvoranskim proširenjima koji se pruža duboko u masiv toponima Vrtače i najduži i najprostraniji je segment pećine. Odlikuje ga intenzivno deponovanje pećinskog nakita. Takođe, veliki nanos krupnog i sitnijeg sedimenta (šljunak, obluci, pesak) svedoči o unošenju materijala sa površine, verovatno iz pravca Papratske



reke. Pravac za nastavak istraživanja je višestruk: praćenje promaje, preronjavanje dva sifona u objektu, kao i tehničko penjanje u nekoliko perspektivnih zona u 2. i 3. etaži objekta.

**Tabela 1:** Tabelarni prikaz istraženih i topografski snimljenih speleoloških objekata sa dužinama objekata

Speleološki objekti u Klisuri Korenatac	Dužina (m)	Speleološki objekti u Klisuri Papratske reke	Dužina (m)
Pećina Korenatac	1833 (+)	Govedža peć	226
Pećina Bliznakinje	83	Hajdučka pećina	60
Velika pećina pored puta	49	Pljačinska pećina	40 (+)
Mala pećina pored puta	26		
Trnova pećina	118		
Odijalo 2			
Ukupno:	2139	Ukupno:	326
Zbirna dužina svih istraženih objekata: 2465			



**Slika 2:** Položaj istraženih kanala Pećine Korenatac na satelitskom snimku šire okoline pećine

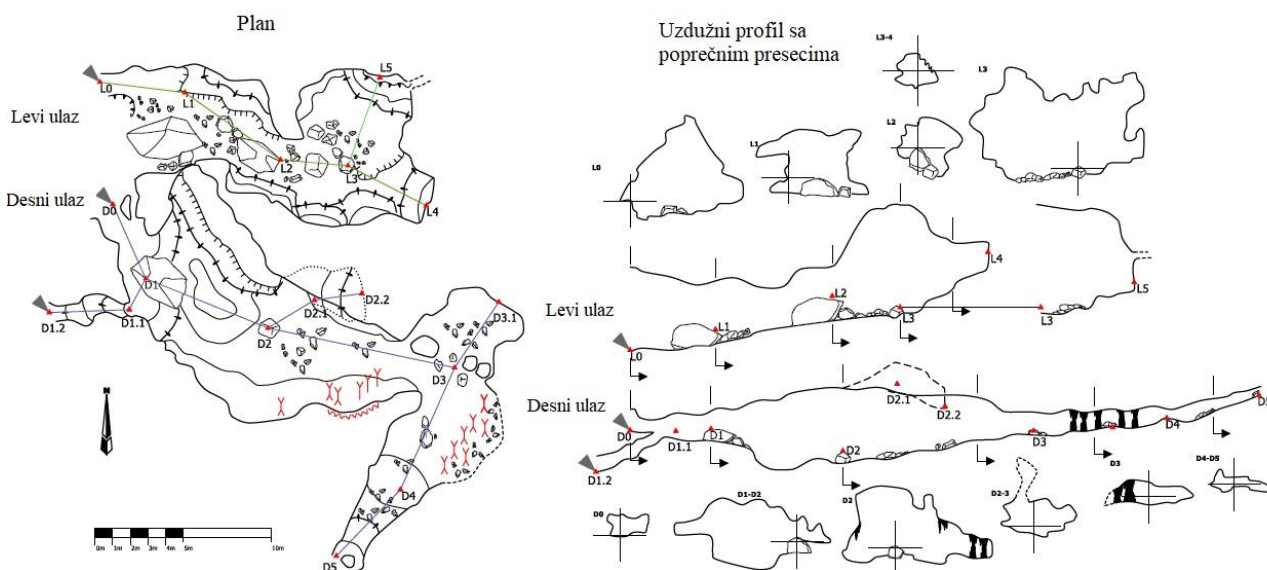
Posebno zanimljiv speleološki objekat je *Odijalo 2* (30m dužine, -12m dubine), verovatno jedan od najstarijih speleoloških objekata Klisure Korenatac. Ulazni deo objekta je predstavljen okapinom čiji je otvoreni deo verovatno nastao urušavanjem tavanice nekadašnjeg pećinskog kanala. Praćenjem promaje u dnu objekta i uklanjanjem blokova sišlo se nekoliko metara vertikalno naniže. Promaja se i dalje oseća ali je napredovanje rizično usled prevelike količine materijala i nemogućnosti bezbednog



uklanjanja blokova i drobine. Objekat se nalazi direktno iznad 2.etaže kanala pećine Korenatac, i to iznad sektora sa promajom. Visinska razlika je oko 100m.

*Pećina Bliznakinje* se sastoji od dva pećinska kanala čiji je spoj predstavljen dvama ulazima u okviru manjeg krečnjačkog odseka koji se nalazi na relativnoj visini od 35m od ulaza pećine Korenatac. Pretpostavljamo da pećina Bliznakinje predstavlja nekadašnji vrelski izlazni deo 3.etaže pećine Korenatac, pošto se nalazi visinski u gotovo istom nivou kao finalni deo pomenute etaže. Spoj ova dva horizonta onemogućava deponovani nanos kalcifikovan sigom, sa strane pećine Bliznakinje, odnosno gomila oburvanih blokova u Velikoj dvorani u pećini Korenatac, na izmerenoj dužini od okvirno 10m.

Pećina Bliznakinje, Klisura Korenatac  
 Topografski snimili: David Antonijević, Mladen Milošević (SAIS)  
 Računarska obrada nacrt: Mladen Milošević

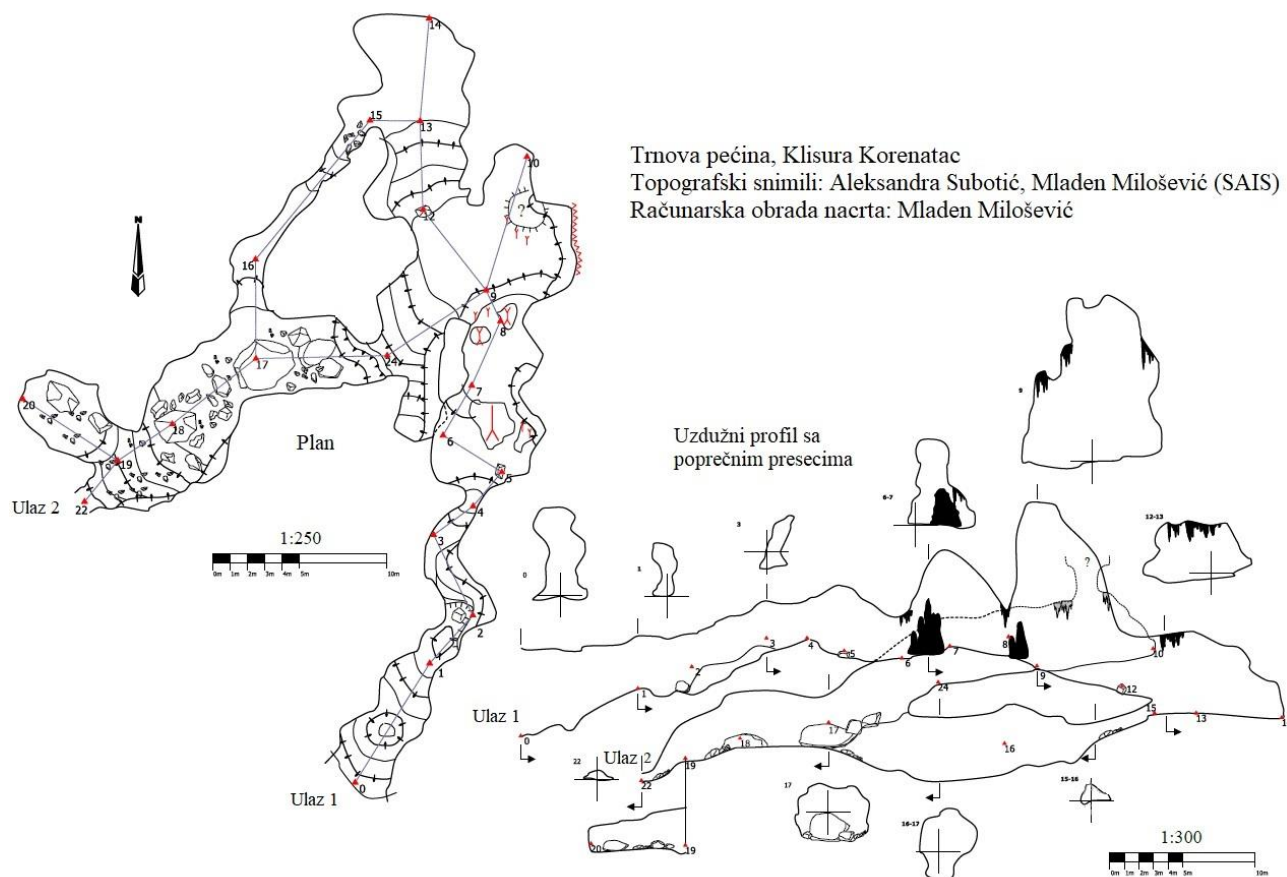


**Slika 3:** Plan i profil Pećine Bliznakinje

Preostale tri topografski snimljene pećine u klisuri Korenatac, *Trnova pećina* (118m), *Velika* (49m) i *Mala pećina pored puta* (26m), po svom položaju i morfološkim karakteristikama, verovatno predstavljaju stare pravce dreniranja voda iz zaleđa Papratske reke, te su kao takve verovatno genetski srodne i sa pećinom Korenatac.

Najduži speleološki objekat istražen u Papratskoj klisuri je *Govedža peč*, odnosno Pričevačka pećina. U odnosu na prethodne istraživače (Dinić, Cvijić), istražene su i topografski snimljene više zone u pećini, tako da dužina pećinskih kanala trenutno iznosi 226m. Dva pećinska ulaza u objekat nalaze se na desnoj dolinskoj strani Papratske reke, na relativnoj visini od 150m u odnosu na korito reke, i pretpostavlja se da predstavlja nekadašnji vrelski izlaz pećine koja je drenirala vode iz Pričevačke reke, koja ponire u dolini podno vrhova Pazarska i Ilinska čuka. Na istoj strani klisure, ali znatno niže, neposredno iznad nivoa reke, rekognoscirana je kraća pećina *Bidžina duvka*, procenjene dužine oko 30m. Zanimljiva je geneza i uloga tri pećine koje se nalaze nedaleko jedna od druge, takođe u Papratskoj klisuri, ali sa leve dolinske strane, u okviru masiva Vrtače. Radi se o pećinama *Hajdučkoj* (60m), *Pljačinskoj* (40+m, nedovršeno topografsko snimanje i

istraživanje, procenjena dužina oko 100m) i *Štrbačkoj* (nije topografski snimljena, procenjena dužina oko 40m). Po svom položaju, nagibu i orijentaciji kanala, pretpostavljamo da se takođe radi o nekadašnjim vrelskim pećinama, koje su u tesnoj vezi sa ponorskim vodama Papratske reke.



**Slika 4:** Plan i profil Trnove pećine

#### 4. Zaključak

Reke ponornice Papratska reka i Pričevačka reka su, po svemu sudeći, izgradile čitavu mrežu podzemnih kanala u okviru predeonih celina Vrtača – vrh Prisadnja, odnosno na potezu od vrhova Levovska čuka – Ilinska čuka – Pazarska čuka, koji se sastoje od krečnjačkih stena. Dimenzije pećinskih kanala u većini speleoloških objekata, postojanje aktivne karstne izdani u okviru istraženih kanala pećine Korenatac, količina i raznovrsnost pećinskog nakita, kao i pojava promaje u dva objekata (Korenatac i Odijalo 2), kao i udaljenost od ponorskih zona Pričevačke i Papratske reke, ukazuju na to da započeta speleološka istraživanja treba nastaviti i da u karstnom podzemlju postoji po svojoj prilici kilometarska mreža kanala koju su istraživački timovi tek načeli. Buduća istraživanja stoga treba usmeriti na ostvarivanje veze između kanala pećine Korenatac i jame Odijalo 2, tehničko penjanje ka višim zonama u Korenatac pećini, speleoronilačke aktivnosti, odnosno pronalaženje novih speleoloških objekata u sektoru pomenutih klisura. Pored istraživačkih zadataka, jedan od ciljeva istraživačkog tima jeste i zaštita šire karstne zone koja napaja vrelo u Korenatac pećini odakle se okolna sela snabdeavaju vodom.

## 5. Spisak literature

1. Cvijić J. (1926), *Geomorfologija*, knjiga druga. U: Petrović D., Ranković D. (Ur.): Jovan Cvijić Sabrana dela, Knjiga 13, *Morfologija i hidrografija Istočne Srbije*, Srpska akademija nauka i umetnosti, Beograd 1996., str.163
2. Dinić J., (1966) Pričevska pećina, *Zaštita prirode* 33, Beograd, str.327-331
3. Gavrilović D. (1975) Kras Karpatsko-balkanskih planina u Jugoslaviji, *Glasnik Srpskog Geografskog Društva*, Sveska LV, Beograd, str.8
4. Gavrilović D. i Gavrilović Lj., (1998) Kras Stare planine, *Zbornik radova Geografskog Fakulteta Univerziteta u Beogradu*, Sveska XLVIII, Beograd, str.11
5. Krstić B., Rakić B., Kalenić M., Rajčević D., Dolić D., Banković V., Veselinović M. (1974) *Osnovna geološka karta SFRJ list Knjaževac 1:100 000*, Savezni geološki zavod, Beograd
6. Lazarević R. (2008) *U carstvu tame i tišine*. Želnid, Beograd, str.525
7. Petrović J. (1976) *Jame i pećine SR Srbije*, Vojnoizdavački zavod, Beograd, str. 110-111

## Speleološki objekti klisure reke Ribnice: biodiverzitet, značaj, ugroženost

### Speleological objects of the Ribnica river gorge: biodiversity, significance and threats

Mirko Šević<sup>1</sup>, Mihailo Vujić<sup>1</sup>, Vukašin Gojšina<sup>1</sup>, Dragan Antić<sup>1</sup>, Dalibor Z. Stojanović<sup>1</sup>, Slobodan E. Makarov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – Univerzitet u Beogradu – Biološki fakultet, Srbija

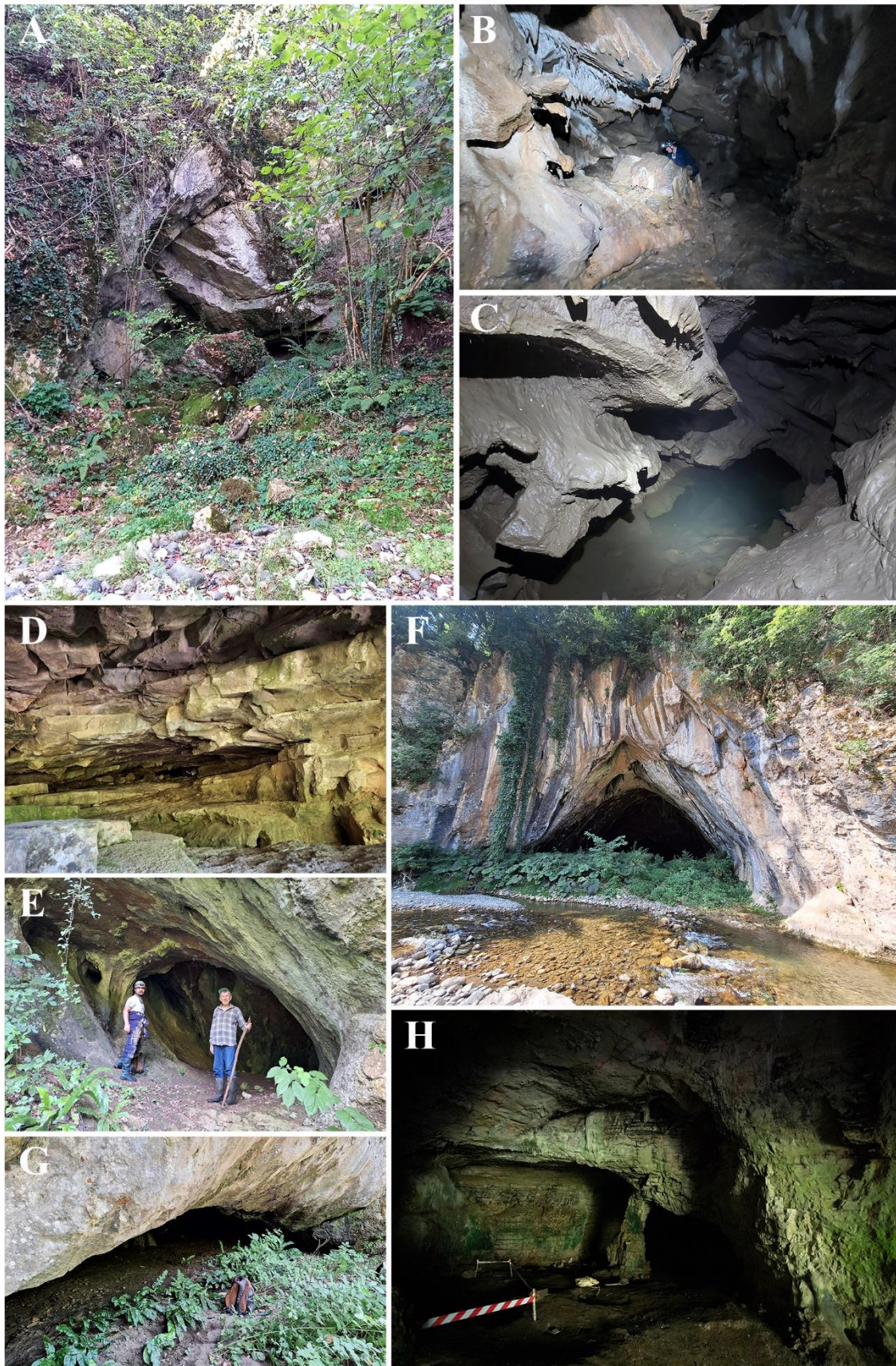
#### Summary

The Ribnica River gorge represents a unique natural beauty and is partially protected as a natural monument under Serbian law. The meandering course of the river is adorned with numerous caves and natural springs. Several populations of endangered and protected species have found their habitat in this gorge and its cave systems, including at least 15 species of bats and a variety of cave invertebrates. Recently, a plan and regulatory framework for the construction of the "Struganik" dam has been unveiled, posing a significant threat to the entire area, particularly the cave ecosystems along the river's course. Although the two most famous caves, namely the Ribnička Cave and the Šalitrena Cave are not directly affected by the planned dam, there is no guarantee that the changes in the water regime will not have a significant negative impact on this protected area.

Reka Ribnica predstavlja desnu pritoku Kolubare, koja nastaje spajanjem Manastirice i Paklešnice kod sela Brežđe na oko 300 m.n.v., a uliva se kod Divaca i celim svojim tokom protiče kroz opštinu Mionica (Stanojević 2009). Na svom toku, probijajući mezozojske krečnjake Valjevskog krasa (Lazarević 1996), između sela Brežđe i Paštrić formira klisuru sa kanjonskim delovima, veoma bogatu pećinama i izvorima. U biogeografskom smislu predstavlja izuzetno značajno stanište brojnih biljaka i životinja (Stanojević 2009). Neke od pećina ovog kraja, poput Ribničke i Šalitrene pećine, su prepoznate kao staništa veoma bogata vrstama slepih miševa, sa brojnim porodijskim i zimskim kolonijama (Petrović 1983; Burazerović 2017). Zbog svojih karakteristika, Ribnička pećina je stavljena pod zaštitu države još 1976. godine, a nakon revizije prirodnog dobra 1993. godine, doneta je nova Odluka o zaštiti Spomenika prirode Ribnica 1999. godine (Simić 2008). Pišući o biogeografskim osobenostima kanjono-klisurskog dela doline reke Ribnice, Stanojević (2009) nabroja veći broj pećinskih objekata u ovoj oblasti. Prema *Planu detaljne regulacije za branu i višenamensku akumulaciju „Struganik“ na reci Ribnici* (katastarske parcele Paštrić, Struganik, Gornji Lajkovac i Brežđe), pećine koje će biti pod direktnim uticajem izradnje predviđene brane: Boškovića pećina, Govedara, Kozja pećina, Ribnička, Šalitrena i Vrbička pećina, istovremeno su najznačajnije pećine ovog kraja. Kratak pregled je dat za svaku od njih:

**Boškovića pećina** (Slika 1A–C): Dužine kanala 55 m (Lazarević 1996), sa sifonom ispunjenim vodom na kraju suvog dela (Slika 1C), iza kojeg se čuje podzemni tok. Planom detaljne regulacije brane predviđeno je potapanje ovog speleološkog objekta.





**Slika 1. A.** Otvor Boškovića pećine; **B.** Unutrašnjost Boškovića pećine; **C.** Sifon ispunjen vodom, Boškovića pećina; **D.** Otvor i tunel, pećina Govedara; **E.** Otvor Kozije pećine; **F.** Otvor Ribničke pećine; **G.** Otvor Vrbičke pećine; **H.** Unutrašnjost Šalitrene pećine.



**Pećina Govedara** (Slika 1D): Ukupne dužine kanala oko 50 metara kanala (Lazarević 1996). U ulaznom delu prostire se široki kameni plato, u čijem desnom uglu počinje niski blatnjavi kanal, koji pri kraju prelazi u šljunkovitu podlogu. Osim Lazarevića (1996) ova pećina je slabo literaturno poznata. Takođe, Planom detaljne regulacije brane predviđeno je potapanje pećine.

**Kozja pećina (Mala Vrbička pećina;** Slika 1E): Oko 18 m dužine, sa relativno velikim elipsoidnim otvorom i kratkim mračnim delom pri kraju (Lazarević 1996). Prema Planu detaljne regulacije nalazi se u zoni izgradnji brane i najverovatnije će biti u potpunosti zatrpana.

**Ribnička pećina** (Slika 1F): Zaštitni znak čitavog područja, najpoznatija i najistraženija pećina Ribnice. Dužine oko 123 m i sa površinom od oko 1130 m<sup>2</sup>, čime predstavlja najprostraniji objekat u dolini reke Ribnice (Đurović 1998; Lazarević 1996). Izvan je zone izgradnje brane.

**Šalitrena pećina** (Slika 1H): Pećina sa dva prostrana otvora, ukupne dužine kanala 135 m (Lazarević 1996). Jedan od najpoznatijih arheoloških nalazišta iz doba Paleolita u Evropi (Mihailović, 2017, Antić i sar. 2022). Nalazi se unutar zone akumulacije, ali nije predviđena za potapanje.

**Vrbička pećina (Velika Vrbička pećina;** Slika 1G): Najduža pećina doline reke Ribnice sa dužinom kanala od 224 m (Lazarević 1996). Po položaju je u neposrednoj blizini Kozjoj pećini (na oko 100 m udaljenosti). Ukoliko se izgradnja brane realizuje, gotovo sigurno će doći i do zatvaranja otvora ovog speleološkog objekta.

Preliminarni rezultati faunističkih istraživanja pećina unutar klisure reke Ribnice pokazuju zavidan diverzitet vrsta unutar pećina. Prikupljeni materijal zahteva dalju identifikaciju, međutim preliminarnom analizom prikupljenog materijala registrovano je nekoliko grupa zglavkara: kosci (Opiliones), mokrice (Isopoda), pauzi (Aranea), diplopode (Diplopoda) i tvrdokrilci (Coleoptera). U velikom broju ispitanih pećina (izuzev Govedare) potvrđeno je prisustvo troglofilne diplopode *Apfelbeckia insculpta* (L. Koch, 1867), dinarskog endemita i vrste koja se nalazi na listi priloga I Zakona o proglašenju i zaštiti strogo zaštićenih i zaštićenih divljih vrsta biljaka, životinja i gljiva („Službeni glasnik RS“, br. 5 od 5 februara 2010, 47 od 29. juna 2011, 32 od 30. marta 2016, 98 od 8. decembra 2016.). Takođe je važno napomenuti nalaz nekoliko ljušturica strogo zaštićene vrste puža *Soosia diodonta* (Férussac, 1821), što je prvi nalaz ove vrste na teritoriji zapadne Srbije, a istovremeno i najzapadniji zabeleženi nalaz. Prema Pljakić (1977) u Velikoj Vrbičkoj pećini je zabeležena i troglofilna mokrica *Mesoniscus graniger* (Frivaldsky, 1865), što je ovim istraživanjem potvrđeno, kao i nalaz ove vrste u Boškovića pećini. Tokom istraživanja Velike Vrbičke pećine sakupljen je materijal dve vrste stonoga (Chillopoda) do sada nepoznatih za nauku. U smislu zaštite biodiverziteta, od strane Republike Srbije su kao značajna staništa slepih miševa, pre svih, prepoznate Ribnička i Šalitrena pećina (Burazerović 2017). Ostalim pećinama ove oblasti se nije pridavao veći značaj. Međutim, usled velike površine pećinskog otvora Ribničke pećine, oko 400m<sup>2</sup> (Petrović 1983), mikroklimatske osobine ove pećine značajno variraju, a zimske temperature u samoj pećini mogu pasti i ispod nule, što rezultira mnogo manjim brojem vrsta koje u njoj prezimljuju (Petrović 1983). Ostale pećine ove oblasti, u kojima temperatura manje varira su od većeg značaja kao skloništa i zimovališta slepih miševa. Za očekivati je da će raznovrsnost vrsta ovih letećih sisara, kao i njihove brojnosti, opasti i u pećinama koje

nisu predviđene za potapanje Planom detaljne regulacije za branu i višenamensku akumulaciju „Struganik“ na reci Ribnici (Ribnička i Šalitrena), a kao rezultat promene sredinskih uslova u samoj klisuri. Iako će prema pomenutom Planu Šalitrena pećina biti iznad nivoa akumulacije, veoma je izvesno da će promena vodnog režima u klisuri Ribnice neminovno dovesti do promene i narušavanja uslova unutar ovog pećinskog objekta, što može ugroziti postojeći biodiverzitet, ali i postojeće arheološko nalazište.

Na osnovu podataka dostupnih u Planu detaljne regulacije za branu i višenamensku akumulaciju „Struganik“ na reci Ribnici, speleološki objekti Boškovića pećina, Govedara, Vrbička pećina i Kozija pećina se nalaze na katastarskim parcelama koje su obuhvaćene pomenutim planom u celini ili svojim delom. Može zaključiti da će izgradnja brane na ovom delu reke Ribnice naneti značajnu štetu ovim pećinama i dovesti do uništenja pećinskog biodiverziteta, ali i dobrog dela biodiverziteta klisure u celini.

**Zahvalnica:** Autori duguju veliku zahvalnost porodici Petrović iz sela Paštrić (Mionica) na ukazanom gostoprimstvu tokom terenskih istraživanja. Posebno se zahvaljujemo našem dragom kolegi Predragu Peci Petroviću na pomoći u pronalaženja speleoloških objekata, kao i na nesebičnoj razmeni informacija o slepim miševima doline reke Ribnice. Zahvaljujemo se i gospodinu Petru D. Uroševiću i njegovoj porodici, iz sela Brežđe, na domaćinskom prijemu i pomoći u lociranju Boškovića pećine. Istraživanje je podržano od strane IMPETUS projekta, finansiranog od strane European Union's Horizon Europe research and innovation programme (br. 101058677, projekat „Citizens for SDG 15.1 of the 1st IMPETUS' acceleration programme“), kao i od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije (br. 451-03-47/2023-01/200178).

## Spisak literature

1. Antić, A., Mihailović, D., Radović, P., Tomić, N., Marjanović, M., Radaković, M., Marković, S. B. 2022. *Assessing speleoarcheological geoheritage: Linking new Paleolithic discoveries and potential cave tourism destinations in Serbia*. International Journal of Geoheritage and Parks, 10(2): 289–307. <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2022.05.002>
2. Burazerović, J. 2017. *Rasprostiranje, diverzitet i struktura zajednica ektoparazita litofilnih slepih miševa (Chiroptera) centralnog Balkana*. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu – Biološki fakulte, Beograd, 249 pp.
3. Đurović, P. 1998. *Speleološki atlas Srbije*. SANU, Geografski institut „Jovan Cvijić“, Posebna izdanja, 52, 1–290.
4. Lazarević, R. 1996. *Valjevski kras. Pećine, jame, kraška hidrografija*. Srpsko geografsko društvo, Beograd. 219 pp.
5. Mihailović, B. 2017. *Musterijenska industrija sa lokaliteta Šalitrena pećina*. Zbornik Narodnog Muzeja – Arheol, 23(1): 9–36.
6. Simić, S. 2008. *Vode valjevske Kolubare – Integralni deo zaštićenih prirodnih dobara*. Zaštita prirode, 58(1-2): 53–70.
7. Stanojević, D. 2009. *Biogeografske osobenosti kanjonsko klisurastog dela doline reke Ribnice i njihova adekvatna zaštita*. Zbornik radova-Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu, 57: 47–58.
8. Petrović, P. 1983. *Prilog poznavanju ljljaka (Chiroptera, Mammalia) Ribničke pećine kod Valjeva*. Zbornik radova II simpozijuma o fauni Srbije, Beograd, 1: 167–169.
9. Pljakić, M. 1977. *Taksonomsko-biogeografski odnosi primitivnih evolutivnih serija nižih Oniscoidea Jugoslavije, posebno elementa kavernikolne faune Srbije*. Srpska akademija nauka i umetnosti, Posebna izdanja, Odeljenje prirodno-matematičkih nauka, Beograd, 48: 1–184.

## **Pregled najnovijih speleoloških istraživanja centralnog dela Zlatara**

### **An overview of the most recent speleological exploration in the central part of the Zlatar mountain**

Nenad Rumenić<sup>1</sup>, Predrag Matović<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – Speleološki klub Kraljevo, Srbija

#### Summary

Caves Crno Vrelo (Eng. translation “Black Spring”) and abyss “Pod jelom” are located on Zlatar mountain, in SW Serbia, in vicinity of town Nova Varoš.

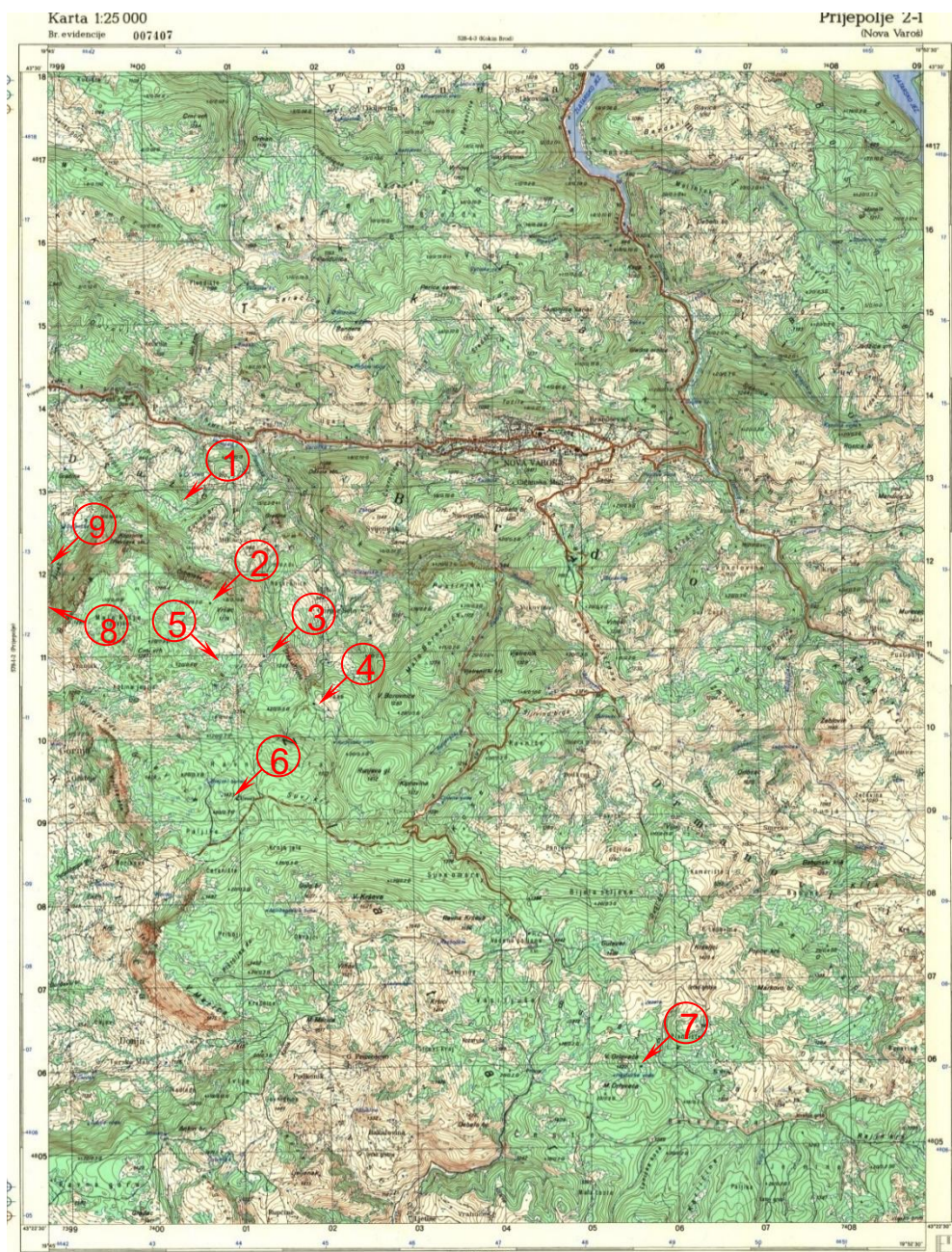
The draining spring of Crno Vrelo cave has been captured for the water supply of town Nova Varoš and is located on the northern slopes of Zlatar mountain in village Draževići, close to the regional road Nova Varoš-Prijepolje. The cave entrance is within the 2<sup>nd</sup> zone of spring protected area but is located outside the fenced area of strictly protected zone, and therefore is easily accessible.

The abyss “Pod jelom” is located in the central part of mountain massif, in vicinity of Vodena Poljana locality, on the way from Nova Varoš to Sjenica. The Crno Vrelo cave had been explored previously during the 70’s of 20<sup>th</sup> century, while “Pod jelom” abyss is fairly unexplored and is a subject of recent speleological research. Both objects are interesting in speleological point of view, as beside the fact that they are the biggest underground objects in central and Northern part of Zlatar mountain, they are also the part of the same Zlatar mountain drainage system, so it is assumed that they are hydraulically connected. This assumption leaves the possibility that both objects are much larger than is known to date, which certainly shall be the subject of some further detailed speleological research.

#### **Uvod**

Prethodna speleološka istraživanja Zlatara i okoline bila su većim delom usmerena na istraživanje Ušačkog pećinskog sistema, kao najdominantnijeg i najinteresantnijeg u ovoj oblasti, pa je ostalim podzemnim objektima pridodavan manji značaj. Zbog pogodne građe terena, a kako je Zlatar u najvećoj meri izgrađen od rastvorivih krečnjačkih jurskih sedimenata od kojih je dobar deo na površini jako karstifikovan (Tumač za list Prijepolje K 34-16) i čija debljina neretko dostiže i preko 250m, i postojanja jednog od najdužih pećinskih sistema u Srbiji u neposrednoj blizini, ova oblast je procenjena kao veoma interesantna za speleološka istraživanja. Delovi terena izgrađeni od bankovitih i masivnih krečnjaka srednjeg Trijasa su posebno pogodni za formiranje podzemnih objekata pa su ove oblasti detaljnije istražene. Kao rezultat pregleda fondovske dokumentacije i obilaska terena, definisani su objekti i oblasti koji su bili predmet speleoloških istraživanja speleološkog kluba Kraljevo (u daljem tekstu SKK) u periodu 2017-2019. godine.





**Slika 1:** Pregledna topografska karta list Prijepolje 2-1 sa lokacijama istraženih objekata ( 1. Crno vrelo 2. Zapušena vrtača 3. Zapušena vrtača 4. Ponor Pod jelom 5. Vrtača sa zapušenom jamskom pukotinom 6. Ponor Uvori 7. Vrtača sa zapušenim jamskim otvorom 8. Jama 16-17 metara 9. Jama 14-15 metara)

Lokacije Crnog Vrela i ponora „Pod Jelom“ nalaze se upravo na sedimentima srednjeg trijasa i oba objekta formirana su dejstvom hladnih agersivnih planinskih voda na uslojene i bankovite (ređe masivne) krečnjake.

### **Položaj pećina**

**Crno vrelo** (43°27'21" 19°46'10") Draževići, Nova Varoš

Crno vrelo nalazi se u dolini Bistrice, na severnim obroncima Zlatara u selu Draževići, na udaljenosti od oko 3,5 km od Nove Varoši. Kaptirani izvor Crnog vrela nalazi se na 790m<sub>nv</sub>, dok se 64 metara iznad izvora na 854m<sub>nv</sub> nalazi povremeno izvorište vrela



koje je aktivno samo u vreme najvećih padavina. Do pećine je relativno lako doći jer je deo puta od regionalnog puta do obližnjeg zaseoka asfaltiran, odakle se kroz livade i zabran u dužini od oko 300m stiže do ulaza u objekat. Postoji i drugi makadamski put sa istočne strane koji prolazi na rastojanju od oko 15ak metara iznad samog ulaza u pećinu. Kako se po ulasku u objekat nailazi na vertikalu od 10m, isti je ostao zaštićen od potencijalnih ulazaka lokalnog življa i posetilaca.



**Slika 2:** Ulazna jama Crnog vrela

### **Ponor Pod jelom (362m) (43°26'10" 19°47'13")**

Ponor Pod jelom nalazi se u delu Zlatara pod nazivom Porane, u neposrednoj blizini šumskog puta koji od Vodene poljane vodi do proplanka Ivica. Ponor je na 1190mnnv, a nastaje poniranjem potoka koji nedaleko odatle potiče od Kurpćuskog vrela i još jednog izvora. Ulaz u ponor je posebno interesantan jer je voda svoj put probila ispod korena dve jele. Zbog svoje navedene specifičnosti ulaz u ponor ostao je neprimetan za većinu prolaznika pa se u objektu nisu mogli naći tragovi prethodnih istraživanja.

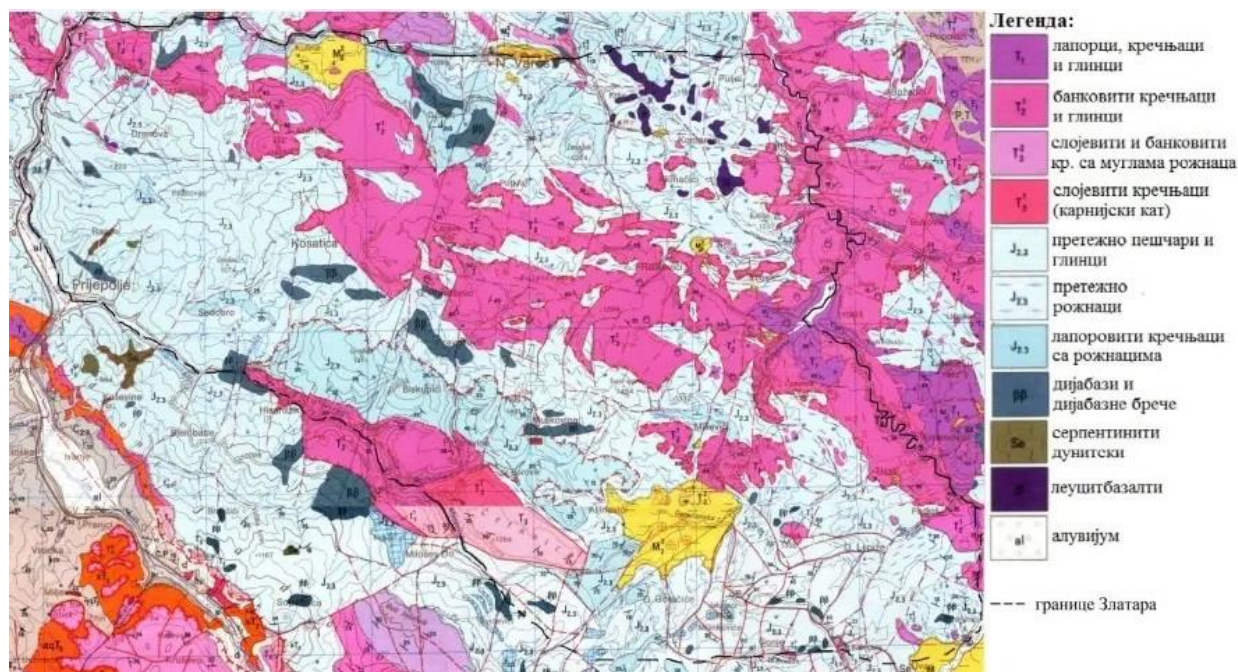


**Slika 3:** Ulaz u ponor „Pod jelom“

## Geološki kontekst istraženih objekata

Oba objekta formirana su u jednoličnim sivo do sivo-plavičastim i crvenkastim krečnjacima srednjeg trijasa, tačnije bankovito-masivnim krečnjacima anizijskog kata ( $T_2^3$ ). Ovi krečnjaci raspoređeni su u vidu malih do srednjih masa po celom terenu (Tumač za list Prijepolje K 34-16) sa slabo izraženom stratifikacijom, i pretpostavlja se da pokrivaju sedimente donjeg trijasa. Odsustvo laporovitih i dolomitičnih krečnjaka u datoj seriji rezultira njihovom dobrom hemijskom rastvorljivošću, što je bio i najbitniji preduslov u formiranju podzemnih objekata.

Jama Crnog Vrela formirana je u kompaktnim bankovitim krečnjacima sive boje. Sam ulaz u jamu je formiran u trošnim erodovanim krečnjacima izmenjenim delovanjem egzogenih procesa. Ubrzo posle ulaza jame, krečnjaci postaju kompaktniji sa kalcitskim žicama. Glavni rečni kanal je urezan u žučkastim bankovitim i uslojenim krečnjacima prekrivenim velikom količinom finog glinovitog materijala. Hidrološki neaktivni kanali, kao i zidovi i tavanica jame, prekriveni su crnom skramom, za koju se pretpostavlja da može biti organska materija.



Slika 4: Geološka karta šireg istražnog prostora

Ponor "Pod Jelom" je urezan u bankovite i ređe masivne krečnjake, sive do sivo-crvenkaste boje. Pukotine u krečnjacima ispunjene su braon glinom i crvenicom. Bankoviti krečnjaci prošarani su proslojcima gline i crvenice i mestimično tvrdim cementom crvenkaste boje, sačinjenim od sitnog iskristalisalog kalcita. Često su primetne i žilice kalcita. U tavanici glavnog kanala uočljivi su segmenti tektonske breče sa izrazito uglastim klastima, veličine 3-5 centimetara, calcitskog cementa.

Ulaskom u ponor „Pod jelom“ mogu se videti jako glatki zidovi meandara koji ukazuju na jaku hemijsku eroziju kao glavnog faktora formiranja podzemnog objekta. Kod Crnog vrela se usled blizine izliva bazaltskih stena, može pretpostaviti da je bitan faktor u formiranju podzemnog objekta predstavljala i tektonika, što se može videti iz jako oštih ivica slojeva krečnjaka unutar objekta kod kojih je primećeno razlamanje stenske mase, i

frekventnih manjih sekundarnih raseda uočenih u samom objektu. Pretpostavlja se da je sama pećina Crnog vrela formirana u primarnom rupturnom sistemu, odnosno po pravcu SZ-JI tj. generalnog pružanja najvećih raseda u ovoj oblasti.

### **Hidrogeološki kontekst istraženih objekata**

Posmatrajnem orijentacije padova slojeva (OGK, List Prijepolje K34-16, 1: 100000) na datom prostoru gde je formiran ponor „Pod jelom“, odnosno centralnom delu Zlatara, moguće je uočiti postojanje sinklinalnog strukturnog oblika, pa je poniranje površinskog toka i dalji razvoj podzemnog objekta razvijen po osi ove sinklinale sa manjim odstupanjima po pravcu. Kako se prema severu smanjuje nadmorska visina obronaka Zlatara i javlja se znatan broj vrela koja dreniraju centralni masiv (od kojih je Crno vrelo najveći), pretpostavlja se da je generalni pravac cirkulacija podzemnih voda ka S odnosno SZ, odnosno ka zoni dreniranja i lokalnom erozionom bazisu (Varoška reka). Visok stepen kartifikacije krečnjaka na površini terena i njihova uslojenost, sa tankim proslojcima meke braon gline koja je u većem obimu isprana, predstavlja bitne faktore u infiltraciji i transportu voda sa površine terena, koje vrlo brzo pronalaze put do većih raseda te je cirkulacija vode jako intenzivna. Po velikom prisustvu glinovite i peskovite materije u podzemnim objektima, moguće je zaključiti njihovu dobru povezanost sa površinom terena.

Postojanje nekoliko izvora u neposrednoj blizini pećine Crnog vrela koji nisu kontaktnog tipa, ukazuje na postojanje rasednog sistema koji je doprineo nastanku same pećine kao i uticaj istog na generalni pravac kretanja podzemnih voda.

### **Rezultati speleoloških istraživanja**

Crno Vrelo je bilo predmet speleoloških istraživanja tokom 70-ih godina prošlog veka i relativno je dobro istraženo i opisano od strane dr Jovana Petrovića (Jame i pećine SR Srbije).

*„Pećina Crnog vrela sastoji se iz tri dela: ulazne jame, pećinskog kanala i ponorske jame. Ulazna jama počinje otvorom širine 2,4 m i visine 3 m, koji je smešten pri dnu vertikalnog odseka, oko desetak metara iznad vrha doline. Obrazovan je na dvema vertikalnim dijakazama koje presecaju krečnjake sve do kontakta sa paleozojskim stenama. Od otvora počinje vertikalni kanal, dubine 18 m. Na dubini od 6 m nalazi se prvo proširenje i polica široka 2,5 m. Sve do dna jama ima izgled procepa, širine oko 3 m. Završava se malom kružnom dvoranom.*

*Pećinski kanal počinje iz kružne dvorane niskim hodnikom i ima pravac S-J. Posle desetak metara, on se proširuje u manju kamenitu dvoranu, iz koje se neprekidno penje i, vijugajući, uvlači u masiv Zlatara. Na uzdužnom profilu se ističu niske stepenice, usečene u glavama slojeva. Na oštrijim laktovima su manja eroziona proširenja, a po kamenitom dnu se razliva podzemni tok Crnog vrela. Pećinski kanal je ispitan do prvog sifonskog jezera, koje može biti prohodno u vreme letnjih, malih voda. Tavanicu pećine na celoj dužini prati proširena dijaklaza, a u proširenjima se javlja pesak i šljunak od paleozojskih škriljaca i peščara.*

*U istočnom delu ulazne dvorane nalazi se grotlo ponorske jame. Kružnog je izgleda, prečnika 2,2 m, i na njega se nastavlja vertikalna jama, duboka preko 46 m. Strane jame su uglačane pod velikim pritiskom. Na njenom dnu je podzemni tok koji dolazi iz horizontalnog hodnika pećine. Jama je obrazovana na dijaklazama koje su predisponirale ulazni otvor pećine i kružnu dvoranu. One se jasno zapažaju i na tavanici kružne dvorane i zidovima vertikalne jame.“*

Ovim istraživanjima, istraženo je samo prvih 96 m pećine, dok je SKK svojim istraživanjima iz 2018. godine u periodu malih voda uspeo da istraži i snimi preko 300m ovog objekta. Detaljan opis objekta biće dat u narednom poglavlju.

Prethodna speleološka istraživanja ponora „Pod jelom“ nisu potvrđena putem fondovske dokumentacije pa se smatra da je SKK zvanično obavio prva istraživanja i spelološko snimanje ovog podzemnog objekta.

### **Morfološke karakteristike objekata**

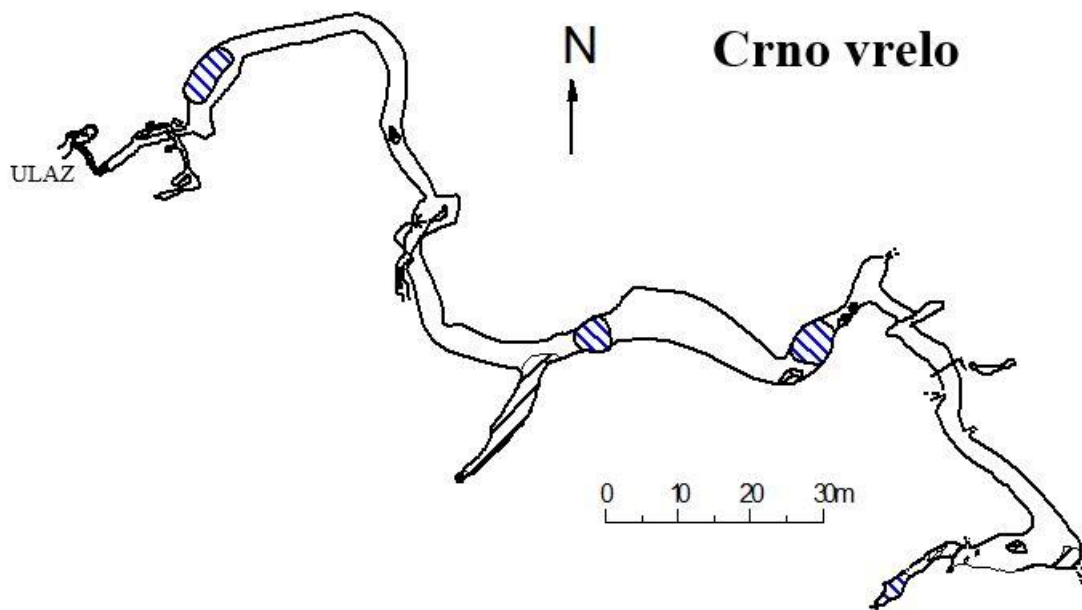
U morfološkom pogledu, pećina Crnog vrela predstavlja relativno jednostavan podzemni objekat, koji se sastoji od vertikalne ulazne jame, glavnog pećinskog kanala, i tri manja – bočna kanala (Slika 5 -7). Ukupna dubina vrela do kaptiranog izvora iznosi 64 metra, a do poslednjeg sifona u glavnom kanalu 35 metara.

Kroz otvor širine 2,5m ulazi se u vertikalnu od 10 metara, na čijem se dnu posle uzanog provlačenja ulazi u glavni pećinski kanal oblika rudarskog okna koje se spušta pod uglom od 20 stepeni. Na polovini okna sa leve strane nailazi se na bočni kanal kojim se 30 metara penje prema površini gde je kanal zapušten zemljom. Na dnu okna, na dubini 31 metar, ulazi se u rečni kanal koji drenira jedan deo Zlatara. Tu rečni tok iz sifona kroz uzanu pukotinu ponire prema kaptiranom izvoru Crnog vrela. Kada prilikom većeg vodostaja pukotina ne uspeva da primi svu količinu vode, dolazi do njenog potapanja i formiranja sifonskog jezera koje ispunjava ulaznu vertikalnu i izliva se na površinu. U periodu izuzetno sušnog vremena, zaustavljanja protoka i pada nivoa vode u sifonu, moguć je dalji prolaz u glavni kanal rečnog toka koji se u nastavku naizmenično penje i spušta i vijugajući uvlači u Zlatar. Na više mesta, zaostala voda u udubljenjima sprečava prolaz glavnim kanalom. Nakon 180 metara rečnim kanalom nailazi se na vertikalnu od 9 metara. Ispod vertikale kanal nastavlja, uglavnom penjući se 40 metara, do nove vertikale. Vertikalna je visine 15 metara, a na njenom dnu se nalazi vodeni čep koji sprečava dalji prolaz. Vodena površina je širine 1,7 i dužine 8 metara. Preko vode se vidi pukotina širine 0,5 metara, ali je teško proceniti da li se vrelo odatle prihranjuje vodom ili iz dubine kroz sifon čija je procenjena dubina 5-6 metara. U plafonu iznad vertikale primetna su dva dolazna kanala, koji takođe mogu, prilikom padavina, snabdeti vrelo većom količinom vode, koja će nakon ispunjavanja vertikale poteći prema izlazu. Da bi potekao rečni kanal Crnog vrela moraju se najpre ispuniti vodom kolektori ispod svih vertikala, nakon čega dolazi do preliivanja vode prema izlazu.

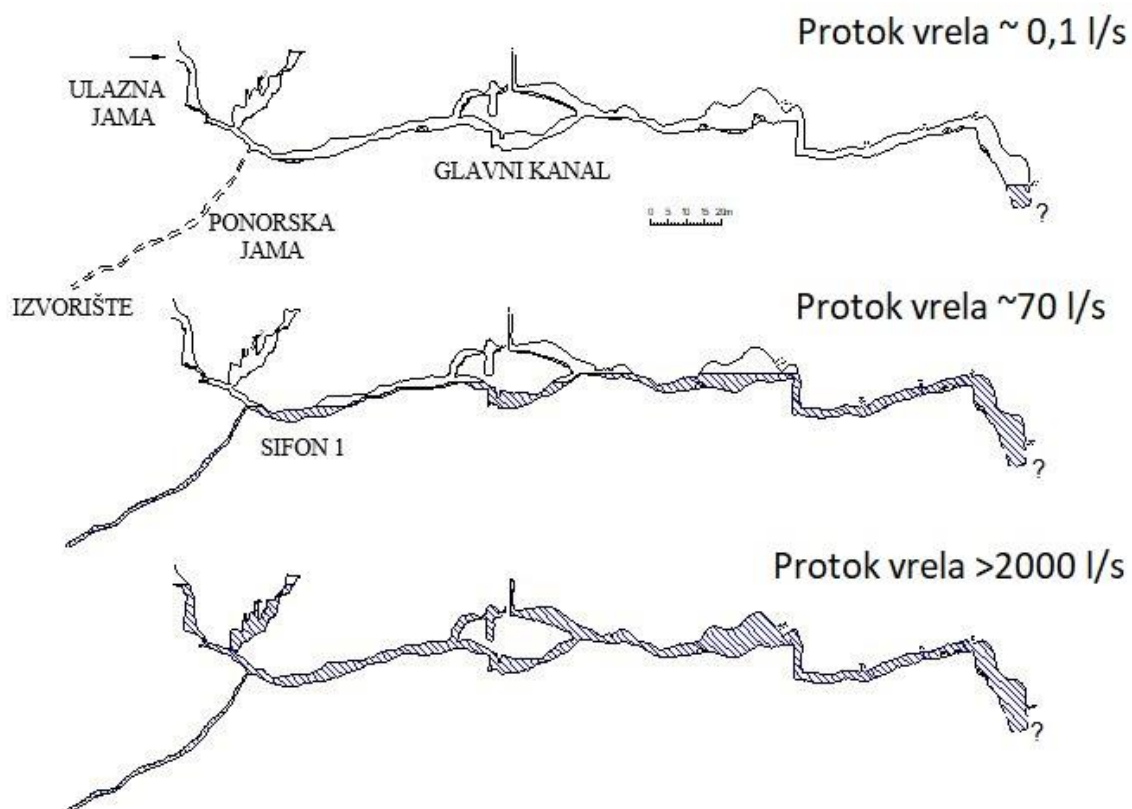
Prohodnost vrela zavisi isključivo od nivoa podzemnih voda koji u kratkom periodu može porasti i do 30 metara. Procenjeni protok vode u najvećem delu godine iznosi 50-100 litara u sekundi, a u periodu hidrološkog maksimuma iznosi više hiljada litara u sekundi. Izvor Crno Vrelo predstavlja izvor najveće izdašnosti na Zlataru.



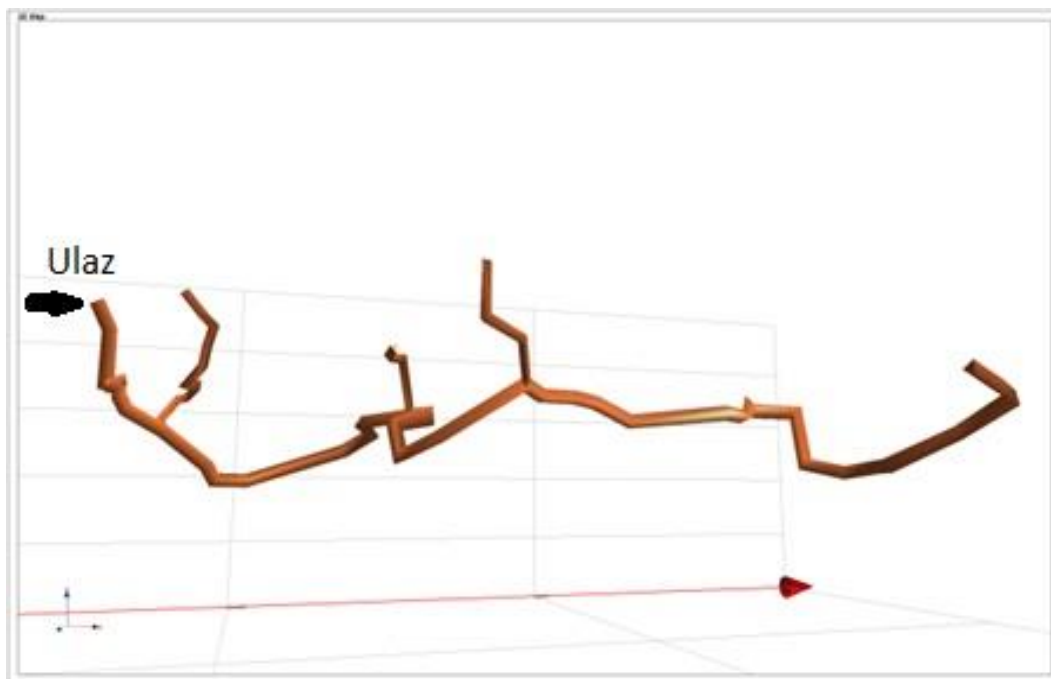
Ukupna dubina vrela do kaptiranog izvora iznosi 64 metra, a do poslednjeg sifona u glavnom kanalu 35 metara. Projektovana dužina vrela je 305 metara, bez dela između ponorske pukotine i kaptiranog izvora kroz koji se fizički ne može proći.



Slika 5: Plan Crnog vrela



Slika 6: Razvijeni profil Crnog vrela u zavisnosti od veličine proticaja

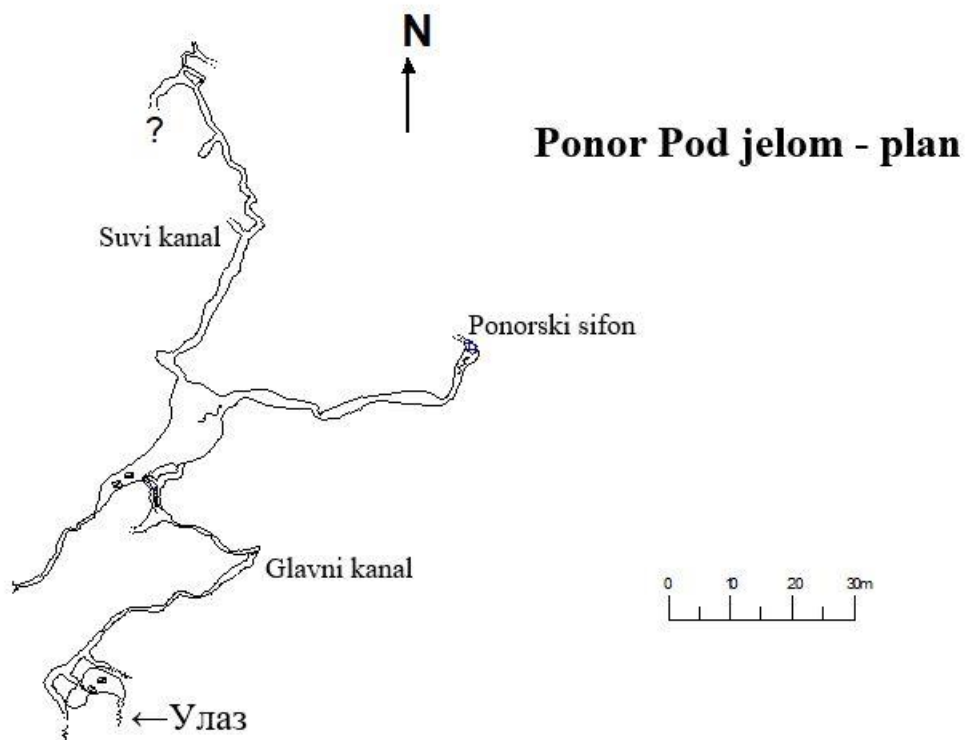


**Slika 7:** 3D prikaz Crnog vrela

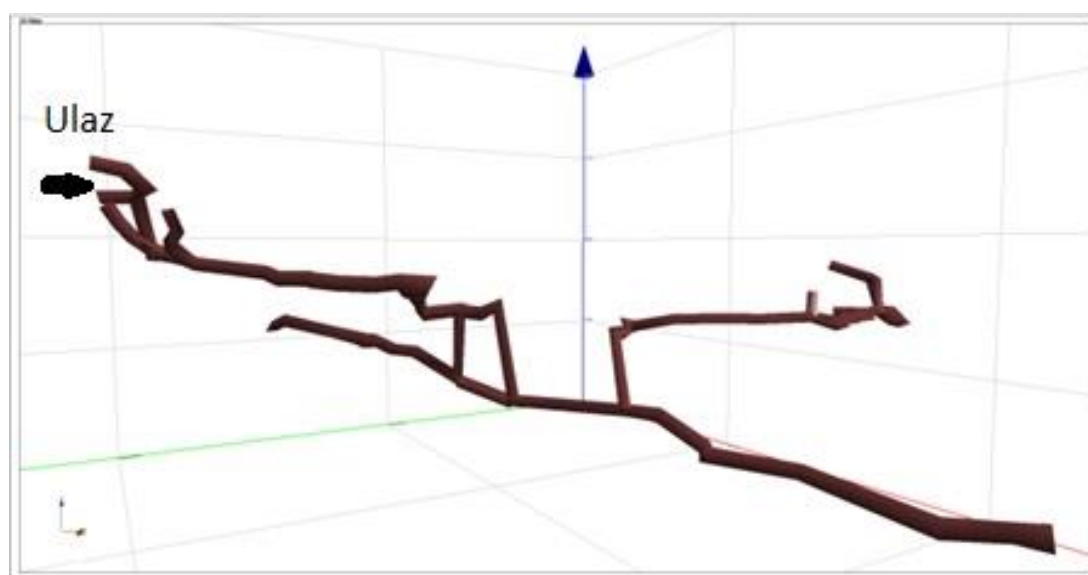
Ponor „Pod jelom“ je nešto složeniji sa morfološkog aspekta u odnosu na Crno Vrelo i sastoji se od ulazne vertikalne jame, glavnog pećinskog kanala, velike dvorane i dva sporedna kanala, koji gledano u profilu odaju utisak da su u pitanju dva zasebna pećinska kanala postavljeni paralelno jedan iznad drugog (Slika 8 i 9).

Ponor je na 1190m<sub>nv</sub>, a nastaje poniranjem potoka koji nedaleko odatle potiče od Kurpćuskog vrela i još jednog izvora. Ulaz u ponor je posebno interesantan jer je voda svoj put probila ispod korena dve jele. Iz ulazne okapine koja se nalazi ispod jela, voda pada u ponor od 7-8m gde se spaja sa još dva manja kanala i nastavlja glavnim kanalom. Kanal je u tom delu veoma uzak. Protok vode je u letnjem periodu neznan, a značajno veći u proleće i za vreme padavina. Nakon 120 metara dolazi se do velike dvorane u koju se glavni kanal spušta u obliku meandra kroz koji voda u vidu vodopada pada na dno dvorane. Prelaskom preko meandra i provlačenjem kroz bočni kanal, dolazi se do vertikale od 12 metara kojom se takođe može spustiti do dna dvorane. Zidovi dvorane su potpuno kalcifikovani i to uglavnom belim kalcitom u nižim slojevima, a mešavinom žutog i crvenog u višim slojevima dvorane. Iz dvorane postoje dva sporedna kanala, dok se glavni kanal posle 45m završava ponorskim sifonom. Prvi bočni kanal počinje od dna vodopada, dugačak je 30 metara, a na njegovom kraju dva uzana kanala donose sa površine nanose blata. Drugi kanal, kroz uzani kružni otvor, kreće iz nešto višeg sloja velike dvorane i potpuno je horizontalan. Dugačak je 105 metara i završava se uzanim meandrom koji odlazi u dubinu. Ponorski sifon na kraju glavnog kanala male je propustljivosti, pa se kanal često ispunjava vodom, potpuno je ispran i bez nakita.

Ukupna dužina svih kanala je 362 metra, a dubina od ulaza do ponorskog sifona je 31 metar.



**Slika 8** – Profil i plan ponora „Pod jelom“



**Slika 9:** 3D prikaz ponora „Pod jelom“



## Sedimenti u objektu

U oba objekta primetno je gotovo potpuno odsustvo klasičnog pećinskog nakita, kako na tavanici, tako i na podu.

U ponoru „Pod jelom“ od hemijskih akumulativnih oblika mogu se videti salivi i bigrene kadice (Slika 10), dok pećinski nakit sa tavanice i dna pećinskog kanala mahom izostaje.



**Slika 10:** Hemijski akumulacioni oblici u ponoru „Pod jelom“

## Hidrološke i hidrogeološke karakteristike objekta

Objekti koji su bili predmet istraživanja predstavljaju hidrološki aktivne objekte. To se može zaključiti i po izgledu glavnog pećinskog kanala, kao i prisustvu nanosnog materijala.

Crno vrelo predstavlja hidrološki izuzetno aktivan objekat, i najveće je vrelo na severnim obroncima Zlatara. Pretpostavlja se da ovo vrelo drenira dobar deo centralnog masiva Zlatara kao i severne obronke. U periodima velikih voda, većina pećinskih kanala je potpuno potopljena, i prisutno je intenzivno isticanje vode kako iz pećinskog ulaza, tako i iz brojnih pukotina u blizini ulaza u pećinu. Proticaji u tom periodu idu i do preko nekoliko  $m^3/s$ . U glavnom rečnom kanalu Crnog vrela primetan je nanosni materijal različite granulacije, gde preovladavaju obluci veličine do nekoliko centimetara. Njega čini mahom krečnjački materijal, žućkaste, sive, crne i zelene boje. Vrlo često se mogu videti

obluci u udubljenjima na podu nalik na "šoljice" koje su izdubljene u steni vodom koja prokapava sa tavanice. Pretpostavlja se da se u periodu velikih voda ili u periodu intenzivnih padavina pećina puni vodom iz sifona na kraju pećinskog kanala.

Bočne strane jame su hrapave i prekrivene glinovitim materijalom i crnom skramom, skrivajući veliki broj raseda i većih pukotina, mahom ispunjenim glinovitim i peskovitim materijalom. Heterogenost ovog materijala ukazuje na moguću dobru vezu sa terenom na površini. Primetna je odsutnost kaverni ili drugih oblika karstifikacije. U tavanici se mogu videti pukotine cementirane tvrdim cementom tamne boje. Sa tavanice neretko vise vrlo tanki i oštri proslojci krečnjaka istanjeni agresivnim vodama. Ovakav "nakit" se može videti većim delom jame. Veliki bočni kanali su ispunjeni velikom količinom glinovitog i peskovitog materijala što opet ukazuje na aktivnu vezu sa terenom na površini.

Na podu glavnog kanala ponora „Pod jelom“, prisutan je heterogen nanosni materijal različite granulacije koja se smanjuje sa opadanjem dinamike toka. Nanosni materijal je uglavnom krečnjačkog sastava i čine ga crni, sivi, crvenkasti i kalcitirani krečnjaci, i poneki rožnac. Poslednjih tridesetak metara glavnog ponorskog kanala prekriveni su istaloženim nanosnim materijalom, koga čine šljunak granulacije do 20 milimetara, manjim udelom peskovita frakcija, i velika količina gline istaložene usled pada snage toka. Po dnu samog ponorskog sifona istaložena je fina glina braon boje. Različita granulacija nanosnog materijala ukazuje na veliku varijabilnost protoka podzemnog toka.

## **Zaključak**

Objekti koji su bili predmet ovih istraživanja i pored njihove relativno male veličine i gotovo potpunog odsustva pećinskog nakita, predstavljaju interesante speleološke objekte. Ta interesantnost se velikom merom ogleda u mogućnosti postojanja hidrauličke veze između ova dva podzemna objekta, te usled blizine Ušačkog sistema, nameće se mogućnost postojanja jednog novog pećinskog sistema koji spaja centralni masiv Zlatara sa njegovim severnim obroncima. Zbog postojanja vulkanskih izliva u severnom delu Zlatara, i vidnog uticaja tektonike na formiranje Crog vrela, ova premisa možda i nije bez osnova. Po geološkim uslovima postanka, oba objekta su vezana za dobro rastvorljive krečnjake srednjeg Trijasa, intenzivno karstifikovane na površini terena. Kao takvi, bili su jako pogodni za poniranje i infiltriranje površinskih voda koje su hemijskom erozijom doprinele današnjem izgledu ovih objekata. Kako debljina ovih sedimenata prelazi i 250 metara na pojedinim mestima, a dubina istraživanih objekata ne prelazi ni 80m, nameće se zaključak da potopljeni pećinski kanali i sifoni možda ne predstavljaju kraj ovih objekata, već da se iza ovih prirodnih barijera možda nastavljaju, čineći kompleksan ali jedinstveni sistem.

Nedovoljna istraženost Crnog Vrele i ponora "Pod jelom" kao i celog datog prostora uopšte, ostavlja prostora novim speleološkim istraživanjima čiji bi osnovni cilj bio otkrivanje novih objekata i bolje razumevanje drenažnog sistema Zlatara.

## Literatura

1. Petrović J. (1976). Jame i pećine SR Srbije, Vojnoizdavački zavod, Beograd
2. Dimitrijević M., Karamata S., Petrović B., Sirošek B., Veselinović D. (1980). Tumač za list Prijepolje, Savezni geološki zavod, Beograd
3. Ćirić A. M., Obradinović D., Novković D., Popević A., Karaičić Lj., Jović J., Serdar R. (1965-1972). OGK SFRJ Prijepolje 1: 100000, Zavod za geološka i geofizička istraživanja, Beograd
4. Bojanić D., (2015). Reljef planine Zlatar - Diplomski rad, Univerzitet u Novom Sadu, Depratman za geografiju, turizam i hotelijerstvo, Novi Sad

# Otkrivanje opsega zagađenosti pećina u Sloveniji

## Uncovering the extent of cave pollution in Slovenia

Jure Tičar<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – ZRC SAZU, Geografski institut Antona Melika, Slovenija

### Summary

Cave pollution is neglected, but it is the clearest evidence of man's relationship with karst areas in the Anthropocene. Large amounts of unknown waste lie beneath our feet, posing a threat to reliable sources of drinking water and harming unique and fragile underground life. Having access to the Slovenian Cave Registry database, we created a comprehensive collection of Big Data on cave pollution and related it to various spatial factors. A number of statistical methods were applied, supported by geographic information systems. The results, based on the study of 6965 caves in 17 regions with about 1.2 million data entries, show the importance of population density, proximity to buildings, altitude, etc. This approach forms the basis for the development of a model to predict cave pollution and, on the other hand, for the development of a model to prioritise cave pollution remediation. For the more than 2800 polluted caves in Slovenia, a strategic and organised approach is needed to tackle the most critical cases. The applicability of the model can cross borders and connect cavers, scientists, and decision makers in their noble efforts to clean up the darkness.

### 1. Uvod

Zagađenje pećina je važan pokazatelj odnosa društva prema prirodi. Ona se poklapa sa opštom evolucijom društva u antropocenu, posebno tokom takozvanog „Velikog ubrzanja“ posle Drugog svetskog rata (Stefen et al. 2015). U pećinama kao niskoenergetskim sredinama, gde je protok energije i materije uglavnom neznatan, svaka namerna promena životne sredine, posebno zagađenjem, ima dugotrajne i vidljive posledice. Čovečanstvo većinu svoje vode za piće dobija iz podzemnih voda (Dingman et al. 2015), a karstni vodonosni slojevi snabdevaju vodom jednu petinu do jedne četvrtine svetske populacije (Ford & Williams 2007). Karstni vodonosni slojevi su izuzetno osetljivi na zagađenje, pre svega zbog tankog zemljišta, tačkastog oticanja u dolinama i ponorima i koncentracije vodenih tokova u epikarstu i nepoplavljenim zonama (Zwahlen 2004). Primarno zagađenje utiče na degradaciju raznolikog i osetljivog okruženja podzemnih voda (Culver & Pipan 2019), dok takođe utiče na javno zdravlje. Karstne pećine omogućavaju ljudima direktan prodor u karstni geomorfni sistem, a svako zagađenje podzemne sredine prenosi se u podzemne vode i izvore brzim oticanjem zagađivača (Ravbar 2007). Karstne pećine su zaštićene od zagađenja brojnim zakonima, u Sloveniji su zaštićene direktno Zakonom o zaštiti pećina. Zakon definiše pećine kao prirodne vrednosti od nacionalnog značaja i potvrđuje državno vlasništvo nad njima. Iako zahteva i praćenje stanja pećina i uklanjanje zagađenja, primena ovih odredbi je u praksi skromna. Na primer, pećine u Sloveniji su bile pogođene zagađenjem, uglavnom u 20. veku, kada su, zbog povećanja količine otpada i nedostatka odlaganja komunalnog otpada, mnoge

korišćene za odlaganje otpada i pogođene prilivom kanalizacije (Gams 2004, Prelovšek 2011). Najstariji poznati zapisi o zagađenju pećina datiraju s kraja 17. veka, a prvi zapisi u Registaru pećina datiraju iz 1912. godine. Prve procene zagađenosti pećina u Sloveniji date su početkom 1980-ih godina. Od tada se zagađenje pećina izučava na lokalnom nivou, dok se u stranoj literaturi zagađivanje pećina pominje samo u studijama zagađenja karstne sredine. Na osnovu rezultata četiri projekta monitoringa, Čekada (2015) je istekao da je od 517 pećina više od jedne trećine (35 %) zagađeno. Prema Registru pećina, zagađeno je 657 pećina ili 5,2 % svih pećina. Međutim, Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja procenjuje da je između 15 i 20 procenata karstnih pećina u nižim delovima zemlje zagađeno. Naše istraživanje se fokusira na zagađenje pećina na regionalnom i nacionalnom nivou.

## 2. Metode

Studija je zasnovana na podacima iz Registra pećina iz 2018. godine, koji sadrži podatke o 12.588 pećina, a održavaju ga Institut za istraživanje karsta ZRC SAZU i Speleološka asocijacija Slovenije. Prikupljanje podataka u Registar pećina zasniva se na zapisima koje speleolozi popunjavaju prilikom istraživanja novih ili ranije otkrivenih pećina. Arhivsku građu čini devet različitih vrsta zapisa, i to: A – osnovni zapis, B – dopunski zapis, C – kartografski materijal, D – razni zapisi, E – mape pećina, F – fotografski materijal, G – merenja, H – evidencija stanja pećina, i I – oprema. Procenjujemo da postoji najmanje 5 zapisa za jednu pećinu ili oko 63.000 zapisa na nivou celog Registra pećina. Posle 2015. godine istraživačka delatnost je značajno razvijena zahvaljujući LiDAR tehnologijama (Čekada et al. 2017, Tičar & Čekada, 2018), što rezultira do 500 registrovanih pećina godišnje i više od 3000 dostavljenih zapisa.

U našem istraživanju fokusirali smo se na 6965 pećina (55,3 % pećina) iz 17 različitih slovenačkih regiona odabranih prema prirodno-geografskoj regionalizaciji Slovenije (Perko 1998), preovlađujućim tipovima karsta (Gams 2004) i broju i gustini pećina. Dosadašnja iskustva korišćenja podataka iz Registra pećina u lokalnim sredinama (Ribeiro & Tičar 2017, Tičar & Ribeiro 2018, Ribeiro 2020) pokazala su da se mnogo informacija o stanju pećina može dobiti pregledom originalnih zapisa. Stoga smo razvili novu metodologiju za obradu arhivskih podataka, koja redefiniše zagađenje pećina i uvodi logične veze između kategorija zagađenja. Arhivski podaci su klasifikovani u sedam glavnih kategorija, i to: 1) stanje pećine, 2) oštećenja pećine, 3) zagađenje pećine, 4) sastav otpada, 5) upotreba pećine, 6) morfologija ulaza i 7) izvor podataka. Takođe smo definisali do 60 potkategorija podataka za svaku pećinu. Odabirom podataka obuhvaćena su dodatna 32 prostorna faktora koji utiču na zagađenje pećina ili su važni za postavljanje prioriteta sanacije zagađenih pećina. Korišćenje geografskih informacionih sistema omogućilo nam je da ispitamo prostorne odnose između pojedinačnih arhivskih i prostornih podataka. Koristili smo ESRI ArcGIS softversko okruženje za izvođenje prostornih analiza. Za opisivanje zagađenja u svakom regionu korišćena je deskriptivna statistika, a rezultati su analizirani na kvartilnom nivou da bi se utvrdio uticaj faktora korišćenjem Cramerovog koeficijenta korelacije. Na osnovu mašinskog učenja i rudarenja podataka, razvili smo model za predviđanje zagađenja pećina korišćenjem metode stabla odlučivanja u programu Weka (Witten et al. 2017). Uključili smo osam najvažnijih faktora uticaja. U konstruisanju modela prioritete sanacije zagađenih pećina, procenili smo značaj 15 uključenih faktora i hijerarhijski ih klasifikovali metodom analitičkih hijerarhijskih procesa (Saaty 2008).



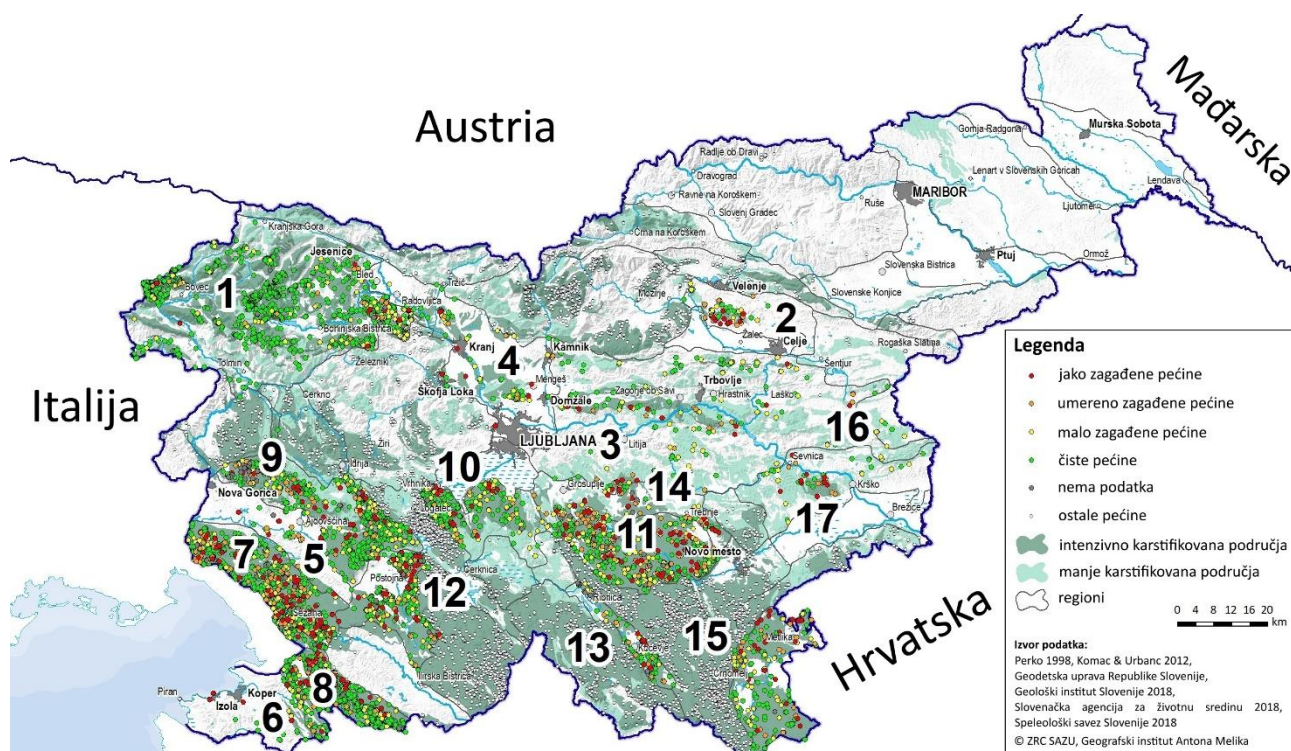


**Slika 1:** Primer nelegalnog odlaganja otpada u Marnoškoj pećini kod Materije na jugozapadu Slovenije (foto: Matej Zalokar).



### 3. Rezultati

Naše istraživanje klasifikuje 5471 pećina (78,5 % svih) kao čiste, 1390 pećina (20,0 %) kao zagađene, 7 pećina (0,1 %) kao uništene, dok se za 97 pećina (1,4 %) njihovo stanje ne može utvrditi. Takođe, 714 pećina je klasifikovano kao manje zagađeno (51,4 % zagađenih pećina), 348 kao umereno zagađeno (25,0 %) i 328 kao jako zagađeno (23,6 %). Procenjuje se da je u ovim pećinama odloženo ukupno 15.163,8 m<sup>3</sup> otpada, od čega je 195,3 m<sup>3</sup> otpada u manje zagađenim pećinama, 533,5 m<sup>3</sup> u umereno zagađenim pećinama i 14.535,0 m<sup>3</sup> u jako zagađenim pećinama. U prosečno zagađenu pećinu odlaže se oko 11,0 m<sup>3</sup> otpada. Od vrsta otpada u pećinama, primarni – neopasni otpad pronađen je u 935 pećina (67,3 % zagađenih pećina), komunalni – neopasni otpad u 883 (63,5 %) i građevinski – neopasni otpad u 281 pećini (20,2 %). Opasni otpad je pronađen u 233 pećine (16,8 % zagađenih pećina), neeksplozivna ubojna sredstva u 117 pećina (8,4 %), dotok zagađene vode u 51 (3,7 %), plastični otpad u 777 (55,9 %), leševi životinja u 692 (49,8 %) i ljudski ostaci u 65 (4,7 %). Na osnovu istraživanja ekstrapolirali smo podatke o stanju pećina na nivo Slovenije. 9888 pećina je klasifikovano kao čiste, 2512 pećina kao zagađene, 13 pećina kao uništene i 175 pećina kao neprocenjive. Pored toga, među zagađenim pećinama, 1290 je manje zagađeno, 629 je umereno zagađeno, a 593 su jako zagađene. Procenjujemo da se u pećinama odlaže ukupno 27.586,6 m<sup>3</sup> otpada. Zagađenje pećina veoma varira od regiona do regiona zbog naselja i pristupnih puteva, dok na rezultat takođe snažno utiče broj pećina u svakom regionu. Najveći udeo zagađenih pećina je u Ložniškom i Hudinjskom gričevju (57,5 % zagađenih pećina), Dolenjskom podolju (50,0 %), Srednjesotelskom gričevju (50,0 %), Krškem, Senovskom i Bizeljskom gričevju (50,0 %) i Beloj Krajini (40,3 %), a najmanji procenat zagađenih pećina u Julijskim Alpama (6,3 %), Podgorskom krasu, Čičariji i Podgrajskom podolju (11,7 %), Trnovskom gozdu, Nanosu i Hrušici (17,7 %) i Krmskom hribovju i Menišiji (19,5 %).



Slika 2: Mapa zagađenja pećine u odabranim regionima.



Na osnovu Cramerovih koeficijentata korelacije najveći uticaj na stanje pećina u Sloveniji imaju sledeći faktori: broj stanovnika u okolini pećine, udaljenost pećine od najbliže zgrade, nadmorska visina ulaza, udaljenost pećine od najbližeg puta, a oštećenje pećine. Najvažniji faktori koje ističe model za predviđanje zagađenja pećine su broj stanovnika u okolini pećine, udaljenost pećine od objekta i vrsta ulaza. Pouzdanost predviđanja dostigla je oko 79,3 %. Model je postigao mnogo veću tačnost za čiste pećine (95,1 %) nego za zagađene pećine (21,0 %). U modelu prioritete sanacije zagađenih pećina faktore smo klasifikovali u tri različite kategorije. U 1. kategoriji, glavni uticajni faktori koji određuju zagađenje pećinske sredine su sastav otpada, stepen zagađenosti, količina otpada, starost divlje deponije i stepen ugroženosti podzemnih voda. U 2. kategoriji značajni su faktori uticaja koji određuju ranjivost vodnih tijela i zaštićenih područja, a to su: tip vodonosnog sloja, udaljenost od izvora, režim zaštite voda, tip zaštićenog područja i Natura 2000 područje. U 3. kategoriji značajni su faktori uticaja koji određuju složenost sanacije zagađenih pećina, a to su: dubina otpada, vrsta ulaza, veličina ulaza, udaljenost od puta i visinska razlika između pećine i kolovoza.

#### 4. Diskusija

Dokazali smo da je i u prošlom veku čovek zagađivanjem pećina izvršio uticaj na podzemnu karstnu sredinu. Odlaganje otpada u karstne pećine posebno je karakteristično za period posle Drugog svetskog rata, kada je ljudski otisak na životnu sredinu počeo značajno da se povećava.

Utvrđili smo da se u Sloveniji najzagađenije pećine nalaze u paleozojskim, mezozojskim i paleogenskim krečnjacima (63,2 % zagađenih pećina) i u jako karstifikovanim karbonatnim vodonosnicima sa karstnom pukotinskom poroznošću (49,6 % zagađenih pećina). Istovremeno, zagađene pećine se nalaze u zaštićenim izvorskim vodama (25,8 % zagađenih pećina) i područjima sa veoma visokom (59,9 % zagađenih pećina) ili izuzetno visokom ugroženošću podzemnih voda (29,2 % zagađenih pećina). U izvorišnim vodozaštitnim područjima nalazi se čak 90 jako zagađenih pećina. Naše istraživanje je važan doprinos razumevanju stepena zagađenosti karstnih pećina i faktora koji na to utiču. U nedostatku ovakvih istraživanja u svetskim razmerama, dovodi primer Slovenije u centar naučne pažnje i omogućava dalje delovanje u sanaciji zagađenih pećina.

#	region	vrsta karsta	broj pećina	gustina pećina (pećina/km <sup>2</sup> )	broj zagađenih pećina	udeo zagađenih pećina (%)	ukupna količina otpada (m <sup>3</sup> )	količina otpada po pećini (m <sup>3</sup> )
1	Julijske Alpe	Alpski karst	1959	1,27	124	6,3	171,8	1,4
2	Kras	Predalpski karst	73	0,30	42	22,7	148,0	9,7
3	Podgorski kras, Čičarija and Podgrajsko	Predalpski karst	229	0,12	92	11,7	274,8	7,1
4	Pivško podolje and Vremščica	Predalpski karst	108	0,16	37	22,7	118,9	50,6
5	Trnovski gozd, Nanos and Hrušica	Niski Dinarski karst	63	0,20	245	17,7	2385,4	7,5
6	Krimsko hribovje and Menišija	Niski Dinarski karst	62	0,19	98	19,5	699,9	1,5
7	Suha krajina and Dobropolje	Niski Dinarski karst	1077	2,51	25	36,3	259,6	4,3
8	Bela Krajina	Niski Dinarski karst	837	3,43	16	40,3	91,6	12,5
9	Ribniško-Kočevsko podolje	Visoki Dinarski karst	702	1,38	124	35,8	928,3	17,9
10	Ložniško and Hudinjnsko gričevje	Visoki Dinarski karst	354	1,18	69	57,5	106,1	3,5
11	Vipavska dolina	Niski Dinarski karst	515	1,21	187	39,7	803,4	10,4
12	Dolenjsko podolje	Niski Dinarski karst	458	1,54	104	50,0	5259,7	26,0
13	Savska ravan	Visoki Dinarski karst	134	1,19	48	34,3	857,4	3,2
14	Krško, Senovsko and Bizeljsko gričevje	Niski Dinarski karst	150	0,47	75	50,0	1949,2	11,4
15	Koprska brda	Niski Dinarski karst	186	0,48	75	25,8	935,8	5,7
16	Posavsko hribovje	Predalpski karst	10	0,10	5	40,2	1,4	3,0
17	Srednjesotelsko gričevje	Predalpski karst	48	0,10	24	50,0	272,5	0,3

**Slika 3:** Osnovni statistički podaci o zagađenju pećina u slovenačkim regionima.

## 5. Sažetak

Model predviđanja zagađenja pećina ima posebnu primenljivu vrednost, ističući glavne uticajne faktore pomoću kojih možemo predvideti stanje pećina u arhivima ili na terenu, jer isključuje čiste pećine sa visokim stepenom pouzdanosti (95,1 %). On je dopunjen modelom za davanje prioriteta sanaciji zagađenih pećina, koji donosi odluka pruža alat za kreiranje planova sanacije i usmeravanje finansiranja za sanaciju. Procenjujemo da je vrednost ovakve sanacije oko 1000 €/m<sup>3</sup> zbog složenosti realizacije koja obuhvata sve materijalne troškove, troškove osiguranja, troškove analize i troškove monitoringa. Na osnovu toga možemo proceniti da bi za sveobuhvatnu sanaciju divljih deponija u karstnim pećinama u Sloveniji bilo potrebno između 25 i 30 miliona evra. Da bi se obezbedila bezbedna i ispravna sanacija zagađenih pećina, treba regulisati standardizovane procedure sanacije i dosledno sortiranje i odlaganje otpada iz ovih pećina. Međutim, veliki značaj u sprečavanju aktivnog zagađenja pećina treba dati strožijim kontrolama, koje u prošlosti nisu bile efikasne. Na kraju, ali ne i najmanje važno, stanje slovenačkih pećina najviše zavisi od uspešnog sistema upravljanja komunalnim otpadom, smanjenja i ponovne upotrebe otpada, kao i edukacije različitih zainteresovanih strana na svim nivoima.

## 6. Spisak literature

1. Culver, D. C., Pipan T. 2019. *The Biology of Caves and Other Subterranean Habitats*. Ed. Oxford University Press. New York, 336 p. doi: 10.1093/oso/9780198820765.001.0001
2. Čekada, M. 2015. *Kraljestvo smeti*. Jamar, 7. pp. 53.
3. Čekada, M., Gostinčar, P., Ladišič, B. 2017. *Application of lidar data for cave entrance identification*. International Congress of Speleology. Sydney, Australia, Volume 2, pp. 103-106. ISBN 978-0-9588857-0-6
4. Ford, D., Williams, P. 2007. *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. Ed. John Wiley & Sons. Chichester, 562 p. doi: 10.1002/9781118684986
5. Gams, I. 2004. *Kras v Sloveniji v prostoru in času*. Ed. ZRC SAZU. Ljubljana, 515 p. ISBN 978-961-6500-46-3
6. Perko, D. 1998. *The Regionalization of Slovenia*. Geografski zbornik, 38.1, pp. 11-57.
7. Prelovšek, M. 2011. *Pollution and cleanup of karst caves in Slovenia*. Pressures and protection of the underground karst: cases from Slovenia and Croatia. pp. 101-111. doi: 10.3986/9789610503118
8. Ravbar, N. 2007. *The protection of karst waters*. Ed. ZRC SAZU Karst Research Institute. Postojna, 254 p. doi: 10.3986/9789612540104
9. Ribeiro, D. 2020. *Bela krajina - sustainability in a karst landscape*. Ed. Založba ZRC. Ljubljana, 140 p. doi: 10.3986/9789610504627
10. Ribeiro, D., Tičar, J. 2017. *The Problematics of Cave Pollution in Bela Krajina*. *Natura Sloveniae*, 19.1, pp. 43-45.
11. Saaty, T. L. 2008. *Decision making with the analytic hierarchy process*. *International Journal of Services Sciences*, 1.1, pp. 83-98. doi: 10.1504/IJSSCI.2008.017590
12. Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., Ludwig, C. 2015. *The Trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration*. *The Anthropocene Review*, 2.1, pp. 81-98. doi: 10.1177/2053019614564785
13. Tičar, J., Čekada, M. 2018. *The accuracy in locating of natural heritage in Slovenia: the case of karst caves*. *GIS v Sloveniji*, 14, pp. 47-55. ISBN 978-961-05-0112-1
14. Tičar, J., Ribeiro, D. 2018. *Identification of Cave Pollution in the Kras Plateau, Slovenia*. *Natura Sloveniae*, 20.2, pp. 61-64.
15. Witten, I. H., Eibe, F., Hall, M. A., Pal, C. J. 2017. *Data mining: practical machine learning tools and techniques*. Ed. Elsevier. Amsterdam, 621 p. doi: 10.1016/C2009-0-19715-5
16. Zwahlen, F. 2004. *Vulnerability and Risk Mapping for the Protection of Carbonate (Karst) Aquifers*. Ed. European Commission. Brussels, 297 p. ISBN 92-894-6416-X

# Doline Leličko-bačevačkog krasa

Petar Krsmanović<sup>1</sup>, Mihailo Mitić<sup>2</sup>, Aleksa Anđelković<sup>2</sup>, Aleksandar S. Petrović<sup>2</sup>

<sup>1</sup> – Univerzitet u Novom Sadu, PMF, Departman za geografiju, turizam i hotelijerstvo, Srbija, <sup>2</sup> – Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet, Srbija

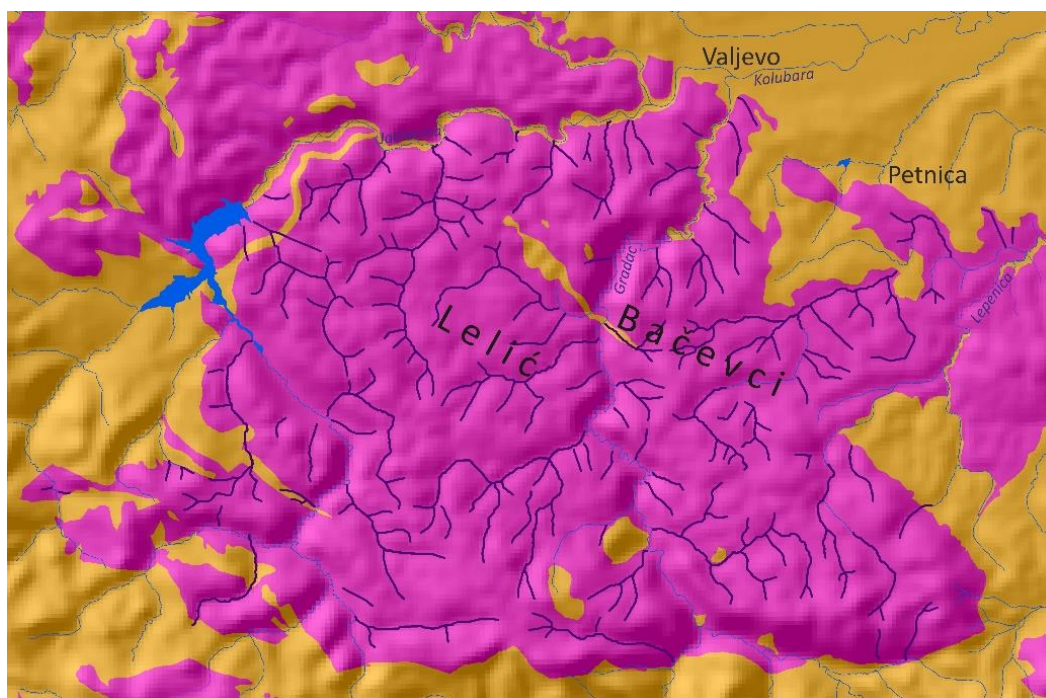
## Summary

The central, largest part of the Valjevo Karst takes the Lelić-Bačevci Karst area. It is located east and west of the Gradac Gorge, on an area of about 200 km<sup>2</sup>. This karst area is distinguished as a unit in the Valjevo Karst because it is bounded on the east by the Lepenica Valley and on the west by the deep Jablanica Valley. The Gradac Gorge cuts through this karst area built on limestone-dolomite rocks in a south-north direction.

Apart from sinkholes, karst valleys represent the most characteristic karst form of this area. The reconstruction of the river network of the Lelić-Bačevci Karst area indicated the emergence of transitional forms in the relief created by the replacement of the fluvial process by the karst process. The paper determined the morphological types of valleys in the karst of this area and explained their evolution.

## 1. Uvod

Centralni i najveći deo Valjevskog krasa zauzima Leličko-Bačevački kras. Prostire se istočno i zapadno od klisure Gradca, na površini oko 200 km<sup>2</sup>. Ova kraška površina se jasno ističe kao celina u Valjevskom krasu jer je na istoku ograničava dolina Lepenice a na zapadu duboka dolina Jablanice. Klisura Gradca meridijanski preseca ovu krašku površinu izgrađenu na krečnjačko-dolomitским stenama.



**Slika 1:** Karta rekonstruisane rečne mreže Leličko-bačevačkog krasa

Pored vrtača, kraške doline čine najkarakterističniji kraški oblik ove oblasti. Rekonstrukcijom rečne mreže Leličko-bačevačkog krasa ukazano je na nastanak prelaznih oblika u reljefu nastalih smenom fluvijalnog procesa kraškim. U radu su determinisani morfološki tipovi dolina u krasu ove oblasti i objašnjena njihova evolucija.

## 2. Metode

Analiza dolina u Leličko-bačevačkom krasu započeta je rekonstrukcijom paleodrenažne mreže ove oblasti. Korišćena je metoda koja je razvijena u ranijim istraživanjima (Bočić 2015; Petrović i dr., 2016), kao i rezultati savremenih istraživanja (Krsmanović, 2023). Rekonstrukcija paleodrenažne mreže bazirana je na terenskim istraživanjima, GIS analizi i geomorfološkom kartiranju. Osnovu za GIS analizu predstavljao je digitalni model terena (DTM) urađen digitalizacijom izolinija ekvidistancije 10 m i interpolacionim tehnikama. Za izradu DTM-a i GIS analize korišćen je ESRI-jev program za geoprostronu obradu podataka, ArcMap.

Savremene i paleodoline dobijene rekonstrukcijom kategorisane su u morfološke tipove dolina u krasu (Petrović, 2015).



**Slika 2:** Skrašćeni izvorišni deo doline Bukovske reke

## 3. Spisak literature

1. Bočić, N., Pahernik, M., Mihevc, A. 2015. *Geomorphological significance of the palaeodrainage network on a karst plateau: The Una–Korana plateau*. Dinaric karst, Croatia. *Geomorphology* 247: 55-65.
2. Krsmanović, P. 2023. Rekonstrukcija sliva paleovodotoka Bukovik (Valjevo). *Petničke sveske* (rad u rukopisu).
3. Петровић, А.С. 2015. *Утицај модификатора на полиморфију долина у красу Карпато-балканида Србије*. Универзитет у Београду, Географски факултет, докторска дисертација, 264 стр.
4. Petrović, S.A., Čalić, J., Gajović, V. 2016. *Paleodrenage network reconstruction on Miroč Mt. (Eastern Serbia)*. *Revista de Geomorfologie*, vol. 18, pp. 59 – 65.



# Fauna vodozemaca (Amphibia) i gmizavaca (Reptilia) planine Kozare sa akcentom na područje Nacionalnog parka Kozara

## Amphibia and Reptilia fauna of the Kozara mountains with emphasis on the area of the Kozara National Park

Mihajlo Stanković<sup>1</sup>, Dragan Romčević<sup>2</sup>, Nataša Pjević<sup>2</sup>

<sup>1</sup> – Pokret gorana Sremska Mitrovica, <sup>2</sup> – Javna ustanova Nacionalni park Kozara

### Summary

The Kozara National Park was declared in 1967, with an area of 3,907.54 ha. It is characterized by dense forests, meadows, rock gardens, ponds and swamps, streams and rivers. The following are represented: peaks, ridges, plateaus, slopes, valleys and bays, sinkholes, gorges, caves and subsoils. The largest part of the park is dominated by the *Abieti-Fagetum praepannonicum* forest with the species *Abies alba* at 200 m.a.s.l. Inventory of amphibians and reptiles in N.P. Kozara was carried out between 2012. and 2023. According to Jablonski, et al., (2012), 18 species of amphibians and 29 species of reptiles live in Bosnia and Herzegovina. In the National Park there are 12 species of amphibians (66.6%) and reptiles (42.8%) with one intraspecies form, on Mount Kozari there are 15 species of reptiles (51.7%). Amphibians in N. P. Kozara: *Salamandra salamandra*, *Ichthyosaurus alpestris*, *Lissotriton vulgaris* complex; *Bombina variegata*, *Bufo bufo*, *Bufo viridis*, *Hyla arborea*, *Rana dalmatina*, *R.esc.complex*, *R. graeca*, *R.ridibunda*, *R.temporaria*; reptiles: *Testudo hermannii*; *Ablepharus kitaibellii*, *Anguis fragilis*, *Lacerta agilis*, *L.viridis*, *Podarcis muralis*; *Dolichophis caspius*, *Coronella austriaca*, *Zamenis longissimus*, *Natrix natrix*, *Natrix natrix persa*, *N.tessellate*, *Vipera ammodytes*. Dominating species: *B.variegata*, *R.dalmatina*, *S.salamandra*, *P. muralis* and *N.natrix*. Rarer species are *I.alpestris*, *L.vulgaris* complex and *C.austriaca* are recorded sporadically. The species *Ablepharus kitaibellii* at the Benkovac locality, 4 specimens and *D.caspicus* one specimen each at the Gumline and Zofik localities were recorded in 2012. *Rana graeca* endemic to the Balkans is present. For *A.kitaibelii*, there is one find from Ustikolina Zimić et al., (2018) in the Federation of Bosnia and Herzegovina, and for the Republic of Srpska, Ljubisavljević et al., (2015) mention it near Bijeljina as another locality in BiH.

### Uvod

Nacionalni park Kozara ima površini od 3.907,54 ha, proglašen 1967. godine i nalazi se između 44°58'00" - 45°03'30" S.G.Š. i 16°51'00" - 16°55'41" I.G.D. Smešten je u centralnom delu planine, odlikuje se gustim kompleksima listopadnih i četinarskih šuma, livadama, kamenjarima, barama-močvarama, potocima i rekama. Kozara je ostrvska planina čiji reljef je rezultat delovanja endogenih i egzogenih geomorfoloških procesa i formirao se tokom mlađeg kenozoika (kvartara) izdizanjem dela kopna pod uticajem orogenih pokreta u Zemljinoj kori i oticanjem Panonskog mora. Najznačajniji period tektonskog uobličavanja masiva Kozare je tokom alpske orogeneze, krajem mezozoika i početkom tercijara. Najviši vrhovi su se izdigli iz Panonskog mora sredinom eocena. Od

reljefskih oblika na Kozari zastupljeni su: vrhovi, grebeni, visoravni, padine, kose, doline i uvale, vrtače, klisure ili grede humovi itd, karakteristični za geološke podloge od kojih je područje izgrađeno. Na Kozari zastupljeni su površinski kraški oblici (grebeni, vrtače i uvale) karakteristični za krečnjačke predele (Kozarački i Zečiji kamen, Sokoline, Vrnovačka glava, Jankovica, dolina Starenica, Gola planina) a od podzemnih kraških oblika pećine (Gumlinska i Mala Bukovica) i podkapine. U geološkom pogledu područje Nacionalnog parka Kozara je dosta raznovrsno i nalazimo naslage koje dominiraju i u građi Kozare. Položaj prvenstveno paleozojskih i vulkanskih stena upućuju da je izdizanje Kozare bilo praćeno vulkanskim izlivima gabra, gabrodolerita i manji kompleksi peridotita i serpentinita. Mezozojske naslage predstavljene laporovitim krečnjacima, laporcima, krečnjacima, dolomitima i peščarima i tercijarne naslage eocenskog fliša imaju na Kozari najveće rasprostranjenje, premda je Kozara u osnovi građena od starijih stena (paleozoika, prekambrijuma). Zastupljenost pojedinih stena na području nacionalnog parka je: fliš 70,22%, gabrodolerit 20,52%, peščari i glinci 4,19%, jedri krečnjaci i dolomiti 3,84%, serpentinit i peridotiti 1,23%. Područje Nacionalnog parka Kozara je orohidrografsko čvorište planine Kozare. Naime, na području NP Kozara nalaze se izvorišta gotovo svih većih potoka i reka, koji su duboko usekli i stvorili strme i duboke doline. Nacionalni park Kozara ima gustu i vrlo razgranatu hidrografsku mrežu radijalno dendroidnog tipa, koja iznosi 1 km/km<sup>2</sup> i sastoji se uglavnom od stalnih i periodičnih vodotoka. Vode sa severnog dela pripadaju slivovima reka Save i Une, a sa jugozapadnog dela slivu reke Sane. Kozara ima klimu umerenog pojasa gde je kontinentalni uticaji izražen u severoistočnom delu a umereno-kontinentalni sa znacima uticaja atlantske klime u jugozapadnom delu parka. Ceo masiv Kozare vegetacijski pripada nižem šumskom pojasu sveze ilirskog područja *Carpinion betuli illyrico-podolicum*. U višoj (montanoj) zoni i na hladnijim položajima submontanog pojasa, dominira zajednica *Abieti-Fagetum praepannonicum*. Ova zajednica je rasprostranjena na najvećem delu površine naročito u središnjem i severnom, hladnijem, delu parka, i specifičnost ovih staništa je što se jela ovde spušta vrlo nisko (do 200 m.n.v.). Na izloženim kosama i strmim padinama jugozapadnog dela Nacionalnog parka, prisutna je šuma *ass.Festuco drymeiae-Quercetum petraeae*, dok južna strana Mrakovice obrasla je šumom *Quercum-Abietetum* koja je u stvari vegetacijski prelaz između zajednica *Abieti-Fagetum praepannonicum* i *Festuco drymeiae-Quercetum petraeae* i takođe specifičnost Kozare. Šume u Nacionalnog parka Kozara zauzimaju 90% površine (Bucalo, et al, (2007). Ovakvi stanišni uslovi uslovlili su raznovrstan sastav faune koja je fokus istraživanja. Cilj rada je da se prikaže diverzitet vodozemaca i gmizavaca Nacionalnog parka Kozara.

## **Materijal i metode rada**

Inventarizacija specijskog i ekosistemskog diverziteta u N.P. Kozara obavljena je u periodu 2012. - 2023. godine. Podaci o prisustvu faune vodozemaca i gmizavaca dobijeni su terenskim radom obilaskom različitih tipova staništa ali i kroz razgovor sa čuvarima parka i ostalih zaposlenih koji su na terenu, kao i sa prisutnim meštanima. Kod pojedinih grupa merena je ukupna dužina tela i procenjeno je kondiciono stanje jedinki.

## **Rezultati sa diskusijom**

Specijski diverzitet batrahofaune Bosne i Hercegovine prema Jablonski, et al., (2012) broji ukupno 18 vrsta, od toga sedam vrsta pripada redu Caudata a 11 vrsta redu Anura.

Istraživanje specijskog diverziteta batrahofaune Nacionalnog parka pokazalo je prisustvo 12 vrsta ili 66,6% ukupnog diverziteta BiH, od čega devet vrsta ili 81,8 % pripadaju redu Anura a tri vrste ili 42,8 % redu Caudata. Ukupan specijski diverzitet vodozemaca Nacionalnog parka Kozara je: Caudata: *Salamandra salamandra*, *Triturus (Ichthyosaurus) alpestris*, *Triturus (Lissotriton) vulgaris complex*; Anura: *Bombina variegata*, *Bufo bufo*, *Bufo viridis*, *Hyla arborea*, *Rana dalmatina*, *Rana esc.complex*, *Rana graeca*, *Rana ridibunda*, *Rana temporaria*. Kod Anura dominiraju dve vrste: *Bombina variegata* nalažena tokom svih godina istraživanja najviše u lokvama pored puteva i u kolotrazima na šumskim putevima ali i na blatištima bez vode a u šumama redovna i najčešća je *R.dalmatina*. Kod obe vrste žaba beleženi su i juvenilni i adultni primerci. Žabe iz Fam. Bufonidae beležene su isključivo tokom noćnih terena u šumi (*B.bufo*), dok je vrsta *B.viridis* nalažena oko vikendica i drugih objekata, zatim u memorijalnom delu oko spomenika i muzeja u Nacionalnom parku ali i zgažene na asfaltiranim putevima po Mrakovcu. Kompleksna grupa (*Rana esc.complex* i *Rana ridibunda*) nađena je samo 2015. godine u lokvi pored Gračaničke reke 1 ad. primerak i pored Crne reke 7 ad. primeraka. Žabe sa malim brojem zabeleženih primeraka i lokaliteta na prostoru N.P. Kozara su: *R.esc.complex*, *R.ridibunda*, *Bufo viridis*, *B.viridis* i *Hyla arborea*. Najkrupniji primerak žabe *Bufo bufo* bio je dužine 18 cm. Od Caudata najčešća vrsta je *Salamandra salamandra* gde su beleženi kako juvenilni tako i adultni primerci po šumama a larveni oblici u lokvama i kolotrazima širom parka. Preostrale dve vrste *Triturus (Ichthyosaurus) alpestris*, *Triturus (Lissotriton) vulgaris complex* se beleže retko i sporadično, ne svake godine i njihovo pojavljivanje se poklapa sa kišnim godinama kada je na Kozari stabilan i dobar nivo vode u potocima i rekama a prisutne su i mnogobrojne lokve i kolotrazi sa vodom. Prema Jablanovski et al., (2012) dominira evropski faunistički element (6), zatim sledi južnoevropski (2), dok evropsko-mediteranski, istočno-mediteranski i turano-evropsko-mediteranski su zastupljeni sa jednom vrstom. Prema Appendix 1-Red List status of Europae amphibians iz 2009. za sledeće vrste *B.variegata*, *Bufo bufo*, *Hyla arborea*, *Rana dalmatina*, *R.graeca*, *R.temporaria*, *Triturus vulgaris*, *T.alpestris* i *S. salamandra* data je kategorija poslednja briga po IUCN-Red List Categori. Značajna vrsta je *Rana graeca* endem Balkanskog poluostrva i prisutna je oko svih vodotokova i efemernih voda na Kozari. Za područje Kozare se navode tri vrste vodozemaca prema podacima Jablonski, et al., (2012), čije prisustvo su i naša istraživanja potvrdila. Međunarodno značajne vrste u batrahofauni Kozare prema Annex II i IV Direktive o staništima su Annex II: *Bombina variegata*; Annex IV: *B.variegata*, *Rana dalmatina*, *R.graeca*, *Hyla arborea*, *Bufo viridis*; a prema Bernskoj konvenciji: *Bombina variegata*.

Ukupan specijski diverzitet herpetofaune Bosne i Hercegovine je 29 vrsta prema Jablonski, et al., (2012), od toga 3 vrste su iz reda Testudines i po 13 vrsta iz reda Sauridae i iz reda Serpentes. Za područje planine Kozare zabeleženo je 15 vrsta ili 51,7% ukupnog diverziteta, od kojih je u samom Nacionalnom parku Kozara prisutno 12 vrsta (42,8%) i jedan intraspecijski oblik. Ukupan specijski diverzitet gmizavaca Nacionalnog parka Kozara je: Testudines: *Testudo hermannii*; Sauridae: *Ablepharus kitaibellii*, *Anguis fragilis*, *Lacerta agilis*, *Lacerta viridis*, *Podarcis muralis*; Serpentes: *Dolichophis caspius*, *Coronella austriaca*, *Zamenis longissimus*, *Natrix natrix*, *Natrix natrix persa*, *Natrix tessellate*, *Vipera ammodytes*. Za područje Kozare koji nije u granicama Nacionalnog parka pored vrsta koje su beležene u parku prisutne su i dve vrste koje nisu konstatovane u parku i to su *Emys orbicularis* i *Vipera berus*. Na lokalitetu Bukovica koji je blizu granice Nacionalnog parka prema usmenim podacima jednog od čuvara parka u povećoj lokvi ili manjem jezercetu se viđa povremeno *E.orbicularis* dok ima vode u njoj, ova informacija će se proveriti na terenu u narednom periodu. Dok vrsta *V.berus* se beleži u podkozarskim selima i



sporadično na padinama Kozare ka Gradiški i Kozarskoj Dubici. Istraživanje specijskog diverziteta herpetofaune u Nacionalnom parku pokazalo je prisustvo jedne vrste iz reda Testudines, pet vrsta iz reda Saurida a šest vrsta sa jednim intraspecijskim oblikom iz reda Serpentes. Dve vrste *Ablepharus kitaibelii* i *Dolichophis caspius* su zabeležene 2012. godine i to *A. kitaibelii* na lokalitetu Benkovac četiri primerka a *D.caspius* po jedan primerak na lokalitetu Gumline i Zofik. Najčešće vrste su *Podarcis muralis* i *Natrix natrix*, u ređe vrste (sa 10-20 nalaza) ubrajamo *A.fragilis*, *L.agilis*, *L.viridis*, *Z.longissimus* i *V.ammodytes*, dok za vrste *C.austriaca* i *N.tessellate* ima do 5 nalaza. Na terenu vrsta *Testudo hermannii* nije zabeležena, ali je navode čuvari parka da je povremeno viđaju na terenu kao pojedinačni primerci, najčešće u hrastovim šuma. Značajno je istaći nalaz vrste *Ablepharus kitaibelii* na lokalitetu Benkovac, za koji ima samo jedan nalaz iz okoline Ustikoline Zimić et al., (2018) u Federaciji BiH, a prema usmenim navodima kolege iz Prirodnjačkog odeljenja Muzeja Republike Srpske ovo je svega drugi nalaz u Republici Srpskoj jer Ljubisavljević et al., (2015) pominje drugi lokalitet za BiH, u blizini Bijeljine citirajući neobjavljeni rad Aleksića (1954). Prema Jablanovski et al., (2012) kod gmizavaca dominira južnoevropski faunistički element (4), zatim sledi istočnomediteranski (3), evropski i evrosibirski (2), dok centralno azijski-evropsko-mediteranski, turano-evropski i turano-evropsko-mediteranski su zastupljeni sa jednom vrstom. Najkrupniji primerci kod zmija bili su: na krečnjačkim liticama Sokoline, gde je ženka (sa jajima u sebi) *V.ammodytes* imala dužinu 64 cm, zatim ženka (sa 9 jaja u telu) *Z.longissimus* na lokalitetu Jankovića kamen, kod starih zaraslih zidina kuće dužine 173 cm i *N.natrix* sa dužinom od 80 cm. Prosečna dužina zmija se kretala od 23 - 41 cm kod *V.ammodytes*, zatim od 58 - 120 cm kod *Z.longissimus* i sl. Prema Appendix 1-Red List status of Europae Reptilians (2009) status ugroženosti poslednja briga (Lc) po IUCN-u imaju sve vrste, osim *Emys orbicularis* i *Testudo hermannii* koje imaju status zavisna od zaštite (Nt). Prema podacima Jablonski, et al., (2012) za područje Kozare se navodi četiri vrste reptila, čije prisustvo su i naša istraživanja potvrdila. Međunarodno značajne vrste u herpetofauni Kozare prema Direktivi o staništima Annex IV: *E. orbicularis*, *T.hermannii*, *L.agilis*, *L.viridis*, *P.muralis*, *A.kitaibelii*, *Z.longissimus*, *C.austriaca*, *D.caspius*, *V.ammodytes*, *N.tesselata*; Annex II: *E.orbicularis*, *T.hermannii*, a prema Bernskoj konvenciji: *E.orbicularis*, *T.hermannii*.

## Literatura

1. Aleksić, I., (1954): Biologija i ekologija panonskog guštera (*Ablepharus pannonicus*), Unpublished BSc thesis. University of Belgrade, Biological Faculty Belgrade.
2. Annex II i IV Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and wild fauna and flora
3. Temple, H.J., Cox, N.A. 2009. European Red List of Amphibians. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, Appendix 1
4. Cox, N.A., Temple, H.J. 2009. European Red List of Reptiles. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, Appendix 1
5. Bucalo, V., Brujić, J., Travar, J., Milanović, Đ., (2007): Flora Nacionalnog parka Kozara -opšti deo, Šumarski fakultet, Univerzitet u Banjaluci, ERSAF-Regionalni zavod za upravljanje šumama i agrokulturom Pokrajine Lombardije, Milano, Italija, GIP Atlantik BB, Banjaluka, 1-23 str.
6. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats, Bern, 1979
7. Jablonski, D., Jandzik, D., Gvoždik, V., (2012): New records and zoogeographic classification of Amphibian and Reptiles from Bosnia and Herzegovina, North-Western Journal of Zoolo-gy, 8 (2), Romania, 324-337
8. Ljubisavljević, K., Tomović, L., Simović, A. & Krizmanić, I., Ajtić, R., Jović, D., Urošević, A., Labus, N., Đorđević, S., Golubović, A. & Anđelković, M., Džukić, G. (2015): Filling in the gaps in distribution data of the Snake-eyed skink *Ablepharus kitaibelii* (Bibron & Bory, 1833) (Squamata: Scincidae) in Serbia. Ecologica Montenegrina 2: 247-254.

9. Zimić, A., Pećar, D., Jelić, D., (2018): The Snake-eyed skink, *Ablepharus kitaibelii* Bibron & Bory, 1833 (Reptilia, Squamata: Scincidae) viable population re-discovered in Bosnia and Herzegovina - with morphological, ecological and conservation notes, North-Western Journal of Zoology 14(1) Romania, 146-148 pp.

## **Mijova pećina**

## **Mijova Cave**

Mihajlo Mandić<sup>1</sup>, Svetlana Maletić<sup>1</sup>, Jelena Čalić<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> – Akademski speleološko-alpinistički klub, Beograd, <sup>2</sup> – Geografski institut “Jovan Cvijić” SANU

### **Summary**

The idea for this contribution is a consequence of the fact that it is a speleological object that was explored decades ago, but the collected data were less detailed than the results of the exploration carried out by the ASAK team during 2023. These results indicate not only that the cave is more complex than could be assumed, but also that it is an interesting morphological and hydrological system. It is a depression in the branches of which three caves formed, whose morphological and hydrological characteristics are significantly different from each other, although they initially belonged to a single cave.

### **Istorijat istraživanja**

Prvi poznati rezultati su vezani za istraživanja koja su sproveli speleolozi Društva istraživača “Vladimir Mandić Manda” iz Valjeva predvođeni dr Radenkom Lazarevićem 1996. Nije dostupan integralni izveštaj niti detaljan opis objekta iz tog perioda već samo prilično sveden nacrt dela ponorskog objekta.

Ponovno rekognosciranje objekta je izvršeno početkom 2023. godine a detaljna istraživanja i merenje objekta savremenom opremom je izvršeno u okviru realizacije projekta II faze Detaljnih istraživanja speleoloških objekata teritorije opštine Čajetina, tokom jula iste godine. Pri tome su, pored ponorskog objekta, istraženi i aktivni kanal sa vodenim tokom kao i suva tunelska pećina.

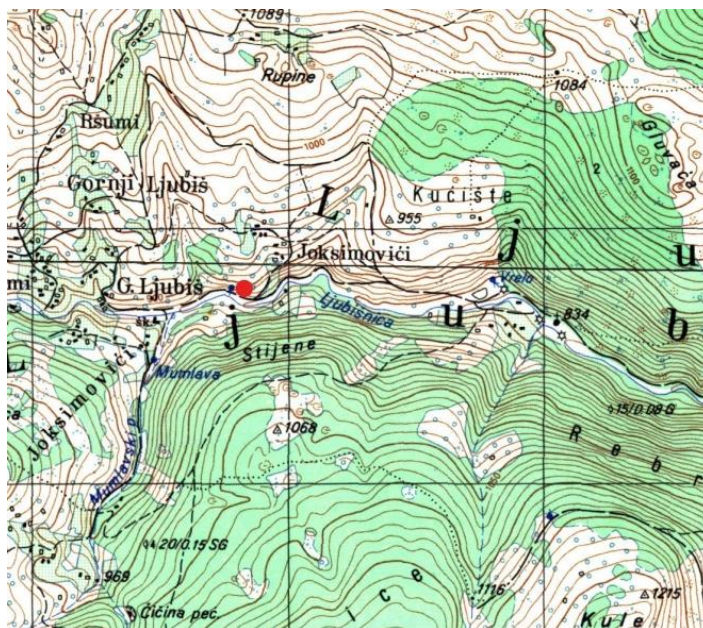
### **Položaj objekta**

Objekat se nalazi na teritoriji opštine Čajetina, na putu od sela Ljubiša ka Gornjem Ljubišu, u zoni zaseoka Joksimovići. Lociran je u dolini rečice Ljubištice, u levoj obali reke, u podnožju južne padine Kućišta. Iako se objekat nalazi pored samog puta, gusta vegetacija ga skriva i nije lako uočljiv (Slika 1).

### **Metodologija istraživanja i prikupljanja podataka**

Na osnovu rezultata rekognosciranja, tročlana ekipa je u prvoj fazi radova detaljno istražila sve prohodne delove kanalskog sistema te nakon toga pristupila prikupljanju podataka o morfometriji kanala. Za te potrebe je korišćen instrument Leica Disto X3 što je omogućilo veoma tačno merenje potrebnih podataka. Istovremeno, registrovane su i hidrološke karakteristike objekata, registrovani proticaji i data ocena o mogućoj povezanosti svih objekata u jedan hidrološki sistem. Iako je lokacija objekta nepovoljna

sa aspekta mogućnosti zagađivanja, zaklonjenost je uslovila praktično potpuno odsustvo zagađenja bilo koje vrste.



**Slika 1:** Topografska karta sa prikazom položaja Mijove pećine (crvena tačka)  
(TK 1:25.000, 528-4-1, 528-4-3, VGI)

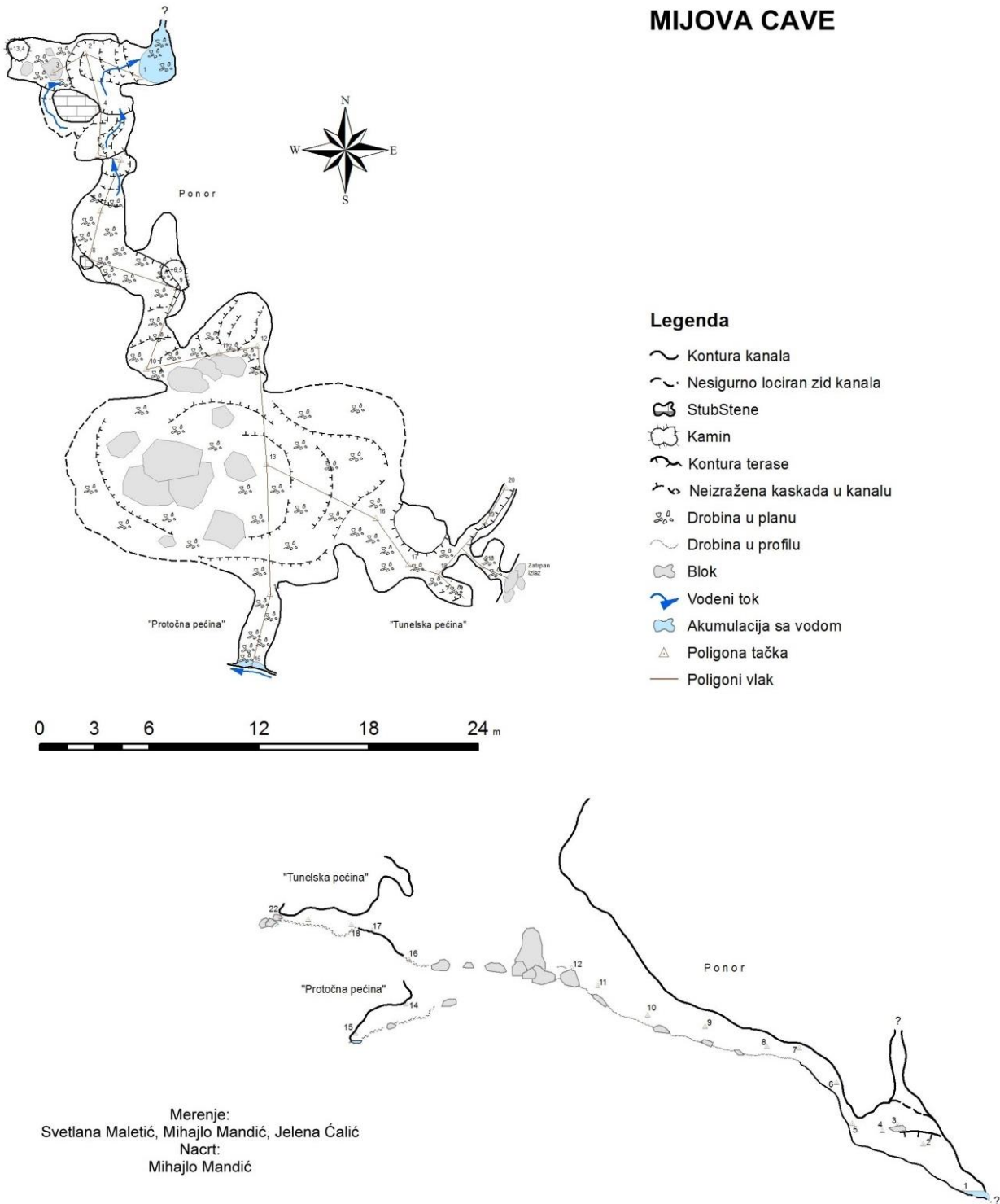
## Rezultati istraživanja

Prostorna distribucija kanala koji su kartirani, visinski odnosi u njima kao i način i vid pojavljivanja vode u njima ukazuju na jedan, moguć, model nastanka celog objekta i same vrtače. Naime, najviši deo kanala, kolokvijano nazvan Tunelska pećina po svemu predstavlja ostatak starog ulaznog dela pećinskog kanala u kome se nakon desetak metara dolazilo do dvorane dužine 8 i širine dvadesetak metara. Iz ove dvorane su se granala dva ponorska kanala. Levi koji je nazvan Protočni i desni, nazvan Ponor koji su iz starog i hipsometrijski višeg korita rečice Ljubištice sprovodili visoke vode u podzemlje. U nekom trenutku, kao posledica male debljine povlate u zoni dvorane, ispucalosti stenske mase i drugih faktora došlo je do urušavanja tavanice i formirana je danas postojeća salomna vrtače. Ovakav sled događaja ima za posledicu formiranje velike količine blokova i krupne drobine koja danas gradi kupu u centralnom delu vrtače a istovremeno skriva pravo dno protočnog kanala. Povoljan položaj u odnosu na površinski tok uslovio je dalji razvoj pre svega Ponora koji je i danas aktivan.

U morfološkom smislu, Tunelska pećina pokazuje dominantan uticaj tektonike i slojevitosti uz relativno malo modifikacija karstifikacijom. Iako u vrtači nisu vidljivi elementi morfologije pećinske dvorane, subvertikalni pa i delimično previsni zidovi i plitke škrape na njima ukazuju na ,ogućnost da se radi o urušenoj dvorani. Protočni kanal je evidentno ostatak dužeg kanala koji je delimično zapunjen blokovima i drobinom a pravilan eliptičan poprečni profil ukazuje na postojanje freatskog toka u njemu u određenom periodu. Najveći deo kanala koji pripada segmentu Ponora, ima poprečne profile koji se menjaju od kanjanskog u ulaznom do modifikovanog eliptičnog, u centralnom delu objekta. Najniži deo kanala je potpuno modifikovan erozionim

delovanjem stalnog vodenog toka ali velika visina ukazuje na značajan uticaj tektonike na inicijalne oblike kanala.

## MIJOVA PEĆINA MIJOVA CAVE



Slika 2: Nacrt Mijske pećine

Ukupna dužina kanala je oko 45 a visinska razlika između “ulaza” u Tunelsku pećinu i sifona na dnu Ponora oko 14 m.

U vreme istraživanja (Jul 2023. godine) voda se pojavljivala u dva od tri dela pećinskih kanala. Tunelska pećina je bila potpuno suva i nije bilo indikacija pojavljivanja vode u ovom delu objekta. Udelu nazvanom Protočni kanal javlja se u najnižem delu u vidu vodenog toka koji se pojavljuje u levom i ponire u desnom zidu, odnosno usmeren je ka Ponoru. U Ponoru se u ulaznom delu uočavaju tragovi postojanja povremenog površinskog toka koji izvire iz blokova i ponire u drobini u pećinskom kanalu dok se kao aktivan, stalni, tok javlja nakon difuznog izviranja iz drobine iznad prve vertikale i kao takav teče do završnog sifona.

## Literatura

1. Dimitrijević, M., 1996. Geologija Zlatibora: Geology of Zlatibor Vol. 18 Posebna izdanja Geoinstituta, Geoinstitut, Beograd.
2. Lazarević, R., 1996. Pećine i jame Zlatibora, Geology of Zlatibor Vol. 18 Posebna izdanja Geoinstituta, Geoinstitut, Beograd, pp 163 – 173
3. Mandić M., 2023. Izveštaj o speleološkim istraživanjima terena šire zone sela Rakovica na Zlatiboru, Dokumentacija Akademskog speleološko aplinističkog kluba, Beograd.

## Katastar speleoloških objekata Republike Hrvatske – CroSpeleo baza

Hrvoje Cvitanović<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – SK Ursus Spelaeus, Karlovac, Hrvatska

Katastar speleoloških objekata RH (Katastar) je prva funkcionalna baza speleoloških objekata a uspostavio ju je Državni zavod za zaštitu prirode u suradnji sa speleološkim udrugama i Hrvatskim geološkim institutom. Radom Katastra od 2015. g. do danas uneseno je oko 5318 objekata. Podatke u Katastar unose Učesnici Katastra, kojih trenutno ima 32, i to 31 udruga sa speleološkom djelatnošću i Hrvatski geološki institut. Podaci Katastra su u potpunosti dostupni njegovim Učesnicima, ali i institucijama iz područja zaštite prirode te zaštite ljudskih života i imovine. Javnost ima pristup ograničenom setu podataka o speleološkim objektima s ugrubljenim prikazom položaja, preko web portala Informacijskog sustava zaštite prirode na poveznici [www.biportal.hr](http://www.biportal.hr). Sva pravila pristupa novih Učesnika te unosa sadržaja u Katastar su opisana u dokumentu Protokol radnih procesa Katastra speleoloških objekata Republike Hrvatske – verzija 1, javno dostupnom na stranici Katastra, na poveznici <http://natura2000.dzpz.hr/speleo/>. Uz Katastar, oformljen je i *Arhiv terenskih i literaturnih podataka o speleološkim objektima* (Arhiv) u okviru kojeg se prikupljaju podatci iz objavljene literature (27000 unosa iz 3769 reference) Trenutno se izrađuje dio baze namijenjen funkcioniranju Katastra, a koji će se u budućnosti nadograditi elementima potrebnima za podatke iz Arhiva. Katastar su financijski omogućili Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost i MINGOR

U okviru predavanja bit će predstavljeno trenutno stanje Katastra i način funkcioniranja i osnovna pravila unosa podataka u Katastar.



## **Hoće li biti katastra pećina Srbije?**

### **Will there be a cadastre of the caves of Serbia?**

Božidar Vasiljević<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – dipl. geograf u penziji

#### Summary

There is no cadastre of speleological objects for the territory of the Republic of Serbia as a unique and publicly available set of data, although the Law on Nature Protection of 2009 established the obligation to create it. In Article 24 of the law, the cadastre of speleological objects is defined as a digital geographic information system, and in Article 25, the Government of the Republic of Serbia is entrusted to prescribe the manner and conditions of management, use and research of speleological objects, as well as the preparation and management of their cadastre.

The first step is the adoption of a Government decree, the preparation of which is the task of the Ministry of Environmental Protection. Collaborators on this task should be the Institute for Nature Protection of Serbia, speleological organizations, managers of protected and arranged caves and protected areas with karst phenomena, scientific institutions in the fields of geography, geology, biology and archaeology.

In order to determine the basic subjects of management and obligations of managers, rules of use and research and closer protection measures, general agreement or consensus of interested parties should not be expected or sought, but should be guided by the principles of professional-scientific authority and rationality. When it comes to cadastre content, technical and organizational solutions, such an approach is even more desirable. For a number of reasons, it is best to entrust the Nature Protection Institute of Serbia with managing the cadastre and provide additional material, financial and personnel resources for this work.

I wrote about the cadastre almost 20 years ago (Vasiljević, B. 2004). Today, I would change some of the settings of the cadastre concept at that time, but most of them still seem current to me. After all, just like then, we still don't know how many explored (discovered) caves there are in Serbia. The most frequently repeated number is over 4000.

Ne postoji katastar speleoloških objekata za teritoriju Republike Srbije kao jedinstven i javno dostupan skup podataka iako je Zakonom o zaštiti prirode 2009. godine ustanovljena obaveza njegove izrade. U članu 24. tog zakona katastar speloloških objekata se definiše kao digitalni geografski informacioni sistem a članom 25. poverava se Vladi Republike Srbije da propiše način i uslove upravljanja, korišćenja i istraživanja speleoloških objekata, izrade i vođenja njihovog katastra.

Prvi korak je donošenje uredbe Vlade, čija priprema je zadatak Ministarstva zaštite životne sredine. Saradnici na tom zadatku treba da budu Zavod za zaštitu prirode Srbije, speleološke organizacije, upravljači zaštićenih i uređenih pećina i zaštićenih područja sa karstnim fenomenima, naučne ustanove iz domena geografije, geologije, biologije i arheologije.

Za određivanje osnovnih subjekata upravljanja i obaveza upravljača, pravila korišćenja i istraživanja i bližih mera zaštite ne treba očekivati niti tražiti opštu saglasnost odnosno konsenzus zainteresovanih strana, već se rukovoditi principima stručno-naučne merodavnosti i racionalnosti. Kada su u pitanju sadržaj katastra i tehnička i organizaciona rešenja njegove izrade, takav pristup je još poželjniji. Za vođenje katastra, iz više razloga, najbolje je zadužiti Zavod za zaštitu prirode Srbije i za taj posao obezbediti dodatne materijalno-finansijske i kadrovske resurse.

O katastru sam pisao pre skoro 20 godina (Vasiljević, B. 2004). Danas bih izmenio neke od tadašnjih postavki koncepta katastra, ali mi se većina čini i dalje aktuelnom. Uostalom, kao ni tada, mi ni sada ne znamo koliko istraženih (otkrivenih) pećina ima u Srbiji.

Između ostalog ponoviću odnosno citirati apel iz zaključka tog rada: *„Na kraju, neće biti patetično, groteskno ili pretenciozno ako kažemo da uz naučni, obrazovni, ekološki i drugi značaj katastra speleoloških objekata treba vezati i pojam nacionalnog ponosa i časti i u toku 1-2 godine dokumentovati makar nekoliko osnovnih činjenica o podzemnom svetu karsta o kojima sada samo nagađamo: koliko otkrivenih pećina i jama ima u Srbiji i gde se one nalaze, kako se nazivaju i sa kakvim podacima i obeležjima raspoložu“.*

Sada je najčešće u opticaju podatak **da u Srbiji ima preko 4000 istraženih pećina**. Ne sumnjam u izvor i autore ove tvrdnje, ali sve bi bilo daleko verodostojnije da imamo spisak odnosno spiskove koji to dokumentuju. Ako postoji spisak, onda je problem isto veliki i nerešen. Zašto nemamo uvid u te spiskove? Zašto nije sproveden zakon kojim je naloženo zasnivanje katastarske službe? Katastar bi omogućio da spisak ili spiskovi, koje sada drže klubovi, pojedinci, fakulteti i instituti postanu javno dobro, na opštu korist, a bez štete po autore ili vlasnike i čuvare spiskova. Verujem da na ovom skupu učestvuju ili ga na drugi način prate mnogi koji imaju podatke o pećinama ili znaju gde se oni nalaze. Siguran sam da bi smisao i svrsishodnost ovog desetog i onih prethodnih devet simpozijuma uveliko došli do izražaja ako se u vezi katastra otvori ozbiljna diskusija. Da iz tog sučeljavanja izađemo sa zaključkom: da li nam je važan ili nije jedinstven katastar speleoloških objekata, hoćemo li i možemo podstaći nadležno ministarstvo da uradi svoj deo posla kako bi Vlada RS ispunila zakonsku obavezu. Moj prilog toj diskusiji je u odgovoru da nam je katastar važan i neophodan, da se nadležno ministarstvo ne može oglušiti o apel ovakvog skupa čijim učesnicima je istraživanje i zaštita karsta profesionalno opredeljenje ili izvanredni hobi i ljubav. Dodao bih i naglasio da vidim Zavod za zaštitu prirode kao najpozvanijeg subjekta kome se može poveriti vođenje katastra, uz potrebno snaženje njegovih kadrovskih i materijalno-finansijskih resursa.

S obzirom da nam je skup na Zlatiboru, ne mogu izostaviti još jedno pitanje za diskusiju: da li je Turistička organizacija Zlatibor, kao ovlašćeni upravljač Spomenika prirode „Stopića pećina“, za više od 15 godina svog mandata, išta uradila na praćenju stanja bigrenih kada koje su nesumnjivo glavna vrednost ove pećine. Ako nije, zašto nije i kada će? Naravno, to pitanje je i za Ministarstvo zaštite životne sredine i spomenuti

zavod. Ako nije ništa rađeno, u pitanju nisu pare, već odsustvo volje i ideje i izbegavanje obaveza. TO Zlatibor je kao upravljač redovni korisnik državnih subvencija za zaštićena prirodna dobra nacionalnog značaja. Osim toga, iz prihoda od ulaznica (a 2020. godine u medijima sam gledao hvalospeve o 140.000 posetilaca), može se odvojiti neki groš za monitoring pećine, što je višestruko ustanovljena obaveza.

## Literatura

1. Vasiljević, B. 2004. *Koncept katastra speleoloških objekata Srbije*, Zbornik radova 5. simpozijuma o zaštiti karsta, Akademski speleološko alpinistički klub, Beograd
2. *Zakon o zaštiti prirode*, Službeni glasnik RS, br. 36/09, 88/10 - ispravka, 14/16, 95/18 – dr. zakon i 71/21.

# Zaštita šišmiša u Bosni i Hercegovini

## Protection of bats in Bosnia and Herzegovina

Jasminko Mulaomerović<sup>1</sup>, Besim Gurda<sup>2,3</sup>, Amina Agić<sup>1</sup>

<sup>1</sup> - Centar za krš i speleologiju, Sarajevo, BIH, <sup>2</sup> - U.G. „Fojničani“, Maglaj, BIH, <sup>3</sup> - SNIK „ATOM“, Zavidovići, BIH

### Summary

"Protection of bats in Bosnia and Herzegovina" is a project implemented by U.G. "Fojničani" from Maglaj and partners Center for Karst and Speleology from Sarajevo and SNIK "ATOM" from Zavidovići. The main goal of the project is to contribute to the protection of nature in Bosnia and Herzegovina by advocating the protection of bats and their habitats in accordance with entity strategies and EU directives through activities: a) Preparation of the National Report on the State of Bats in BiH in accordance with the obligations from the International Agreement on the Protection of Bats EUROBATS, b) Initiating the inclusion of new bat habitats in the Natura 2000 network based on the data collected in the project, c) Affirming the implementation of the EUROBATS guidelines in order to ensure the protection of all species of bats in B&H and d) Increasing the sensibility of citizens about the importance of bats for the environment and the need for protection their habitats in B&H. Activities so far have included the determination of priority habitats and their review in the spring and summer period, and the organization of the International Bat Night. By the end of the project, winter monitoring, development of guidelines for habitat protection, preparation of a national report and initiation of procedures for the protection of all species of bats are planned.

### 1. Uvod

U Bosni i Hercegovini žive 33 vrste šišmiša: *Rhinolophus hipposideros*, *Rhinolophus ferrumequinum*, *Rhinolophus euryale*, *Rhinolophus blasii*, *Myotis daubentonii*, *Myotis dasycneme*, *Myotis capaccinii*, *Myotis brandtii*, *Myotis mystacinus*, *Myotis davidii*, *Myotis alcathoe*, *Myotis nattereri*, *Myotis emarginatus*, *Myotis bechsteinii*, *Myotis myotis*, *Myotis blythii*, *Nyctalus noctula*, *Nyctalus lasiopterus*, *Nyctalus leisleri*, *Pipistrellus pipistrellus*, *Pipistrellus pygmaeus*, *Pipistrellus nathusii*, *Pipistrellus kuhlii*, *Hypsugo savii*, *Vespertilio murinus*, *Eptesicus serotinus*, *Barbastella barbastellus*, *Plecotus auritus*, *Plecotus macbullaris*, *Plecotus austriacus*, *Plecotus kolombatovici*, *Miniopterus schreibersii* i *Tadarida teniotis*. Of these 33 species in the Federation of BiH, only 18 species are on the Red List of Fauna of FB&H, and only 7 are protected.

### 2. Metode

Za istraživanje šišmiša koristili smo standardne metode opservacije, hvatanje nevidljivim mrežama, analiza ostataka kostiju i snimanje eholokacionih signala i njihova analiza pomoću odgovarajućih softvera. Za snimanje koristimo ultrazvučne detektore

Pettersson 240x, Pettersson 500x, Batlogger M, Batloggrec, AudioMoth 1.2.0 i Echo Meter Touch 2 za android telefon. Zagovaračke aktivnosti u cilju zaštite šišmiša radimo preko medija, okruglih stolova i animacije javnosti.

### 3. Rezultati

Podaci o šišmišima do početka istraživanja u okviru Centra za krš i speleologiju bili su vrlo skromni i zasnivali su se uglavnom na literaturnim podacima iz austro-ugarskog perioda i nekoliko radova iza 2. svjetskog rata Beatrice Đulić i Đorđa Mirića, a u novije vrijeme Branka Karapandže i Milana Paunovića (Mualaomerović & Presetnik, 2018). Trenutno imamo nekoliko hiljada podataka o vrstama i staništima šišmiša u BiH u dokumentaciji Centra. I pored toga prilikom izrade *Crvene knjige faune Federacije Bosne i Hercegovine* (Škrijelj et al., 2013) (jedan od dva entiteta u BiH), navedeno je samo 18 vrsta šišmiša, broj koji je kasnije prenešen u dokument *Crvena lista divljih vrsta i podvrsta biljaka, životinja i gljiva* na osnovu Zakona o zaštiti prirode (Crvena lista, 2014). Da stvar bude još gora 2020. godine Ministarstvo okoliša i turizma FBiH je donijelo službeni dokument *Pravilnik o mjerama zaštite za strogo zaštićene vrste i podvrste* (Pravilnik, 2020) kojim se štiti samo 7 vrsta šišmiša od 32 vrste koliko ih je tada bilo poznato u Bosni i Hercegovini, iako je Bosna i Hercegovina prije toga pristupila Međunarodnom sporazumu o zaštiti šišmiša EUROBATS prema kojem se obavezuje zaštititi sve vrste šišmiša (Mualaomerović, 2022).

Zbog takvog odnosa prema zaštiti šišmiša u Federaciji BiH, nosilac projekta i partneri će kroz projekat "Zaštita šišmiša u Bosni i Hercegovini" prikupiti nove podatke radi izrade prvog zvaničnog nacionalnog izvještaja ispred Vijeća ministara BiH (do sada je to radio predstavnik CKS u svojstvu naučnog fokal pointa pri Savjetodavnom komitetu EUROBATS-a) te niza zagovaračkih aktivnosti sa predstavnicima vladinog i NVO sektora kao i animacije javnosti za zaštitu šišmiša, a sve u cilju ispunjavanja odredbi preuzetih pristupanjem Međunarodnom sporazumu o zaštiti šišmiša UNEP/EUROBATS.

Do sada su pregledani speleološki objekti, napušteni tuneli i zgrade: na planini Ozren, oko izvorišta Sane, tuneli kod Martin Broda, tuneli kod Tjentišta, podzemni kamenolom u Dardaganima kod Zvornika, Vukovska pećina kod Ključa, Vodena pećina kod Bosanskog Grahova, Mokra Megara i Mali i Veliki ponor kod Maglaja, Gareva pećina kod Gacka, Pećina kod Šiševaca (općina Ravno), devastirani hoteli na Čemernu i Tjentištu i austro-ugarska tvrđava Strač kod Trebinja.

Posebno je bilo uspješno obilježavanje Međunarodne noći šišmiša u Zavidovićima, tokom vikenda (22.-23. 9. 2023.) kada smo održali predavanja, izložbe, razgovore sa djecom i postavljanje kućica za šišmiše u dvorištu Prve i Druge osnovne škole u Zavidovićima te javnim predavanjem i projekcijom filma o šišmišima ispred zgrade Centra za kulturu u Zavidovićima. Organizovan je i izlet za djecu spomenute dvije škole u Pećinu u Suhoj (izletišta Kamenica, planina Tajan), a sa općinom Zavidovići je potpisan Memorandum kojim ova općina postaje prva općina prijatelj šišmiša u Evropi.

U toku zimskog monitoringa planiran je obilazak pećina u Zaštićenom pejzažu Bijambare kod Sarajeva, pećinama kod Vareša, nekoliko pećina na planini Konjuh, pećine oko Velike Kladuše i Bihaća, te pećine oko naselja Miljevina (opština Foča).

#### 4. Spisak literature

1. Crvena lista, 2014. *Crvena lista divljih vrsta i podvrsta biljaka, životinja i gljiva*. Službene novine Federacije BiH, 7: 111-125.
2. Mualaomerović, J., Presetnik, P., 2018. *Bibliografija radova o šišmišima Bosne i Hercegovine (1892.-2018.)*. Naš krš, XXXVIII(51): 116-131.
3. Mulaomerović, J., 2022. *Strogo zaštićene vrste i podvrste šišmiša i zaštićene vrste i podvrste šišmiša u Federaciji Bosne i Hercegovine prema Ministarstvu okoliša i turizma FBiH*. Naš krš, XLII(55): 67-68.
4. Pravilnik, 2020. *Pravilnik o mjerama zaštite za strogo zaštićene vrste i podvrste i zaštićene vrste i podvrste*. Službene novine Federacije BiH 21: 54-57.
5. Škrijelj, R., Lelo, S., Drešković, N., Sofradžija, A., Trožić-Borovac, S., Korjenić, E., Lukić-Bilela, L., Mitrašinović-Brulić, M., Kotrošan, D., Šljuka, S., Gajević, M., Karačić, J., 2013. *Crvena lista faune Federacije Bosne i Hercegovine*. Knjiga 3. EU „Greenway“ Sarajevo & Prirodno-matematički fakultet Sarajevo, pp. 307.



# **Nove vrste vodenih puževa na kršu Bosne i Hercegovine**

## **New species of water snails on the karst of Bosnia and Herzegovina**

Jasminko Mulaomerović<sup>1</sup>, Peter Glöer<sup>2</sup>, Mirnes Hasanspahić<sup>1</sup>, Miralem Husanović<sup>1</sup>, Adisa Dževlan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> - Centar za krš i speleologiju, Sarajevo, BiH, <sup>2</sup> - Biodiversity Research Laboratory, Hetlingen, Germany

### Summary

In the past three years, through regular project activities, sampling freshwater snails in the territory of Bosnia and Herzegovina or on the way wherever the road took us, we visited several hundred locations where sampling of water snails was carried out, of which the largest number were springs (and fountains) on the karst. At this poster presentation, we present the most important research results: new species and new species for Bosnia and Herzegovina.

### **1. Uvod**

U protekle tri godine kroz redovne projektne aktivnosti, radeći uzorkovanje slatkovodnih puževa na prostoru Bosne i Hercegovine ili usputno gdje god nas je put doveo, posjetili smo nekoliko stotina lokacija na kojima su izvršili uzorkovanje vodenih puževa, od tih lokacija najbrojnija su bila vrela/izvori vode.

Ovoliko hidrološko bogastvo u kršu gledano kroz vrela je i nas iznenadilo. Neka vrela su 'nepravедno' manje poznata u literaturi o kršu, za neka nismo ni mi znali, iako su blizu puteva kojima smo često prolazili. Neka vrela su velike izdašnosti, a neka vrlo male, što svakako ne umanjuje njihovu naučnu vrijednost. Otkrivene su nove vrste slatkovodnih puževa za nauku, a neke su prvi put registrovana na području Bosne i Hercegovine. Sva vrela smo dokumentovali sa geografskim koordinatama, opisom lokacije i sa fotografijama.

### **2. Metode**

Prilikom sakupljanja materijala hvatali smo žive primjerke i stavljali ih u flakone s čistom vodom, a po dolasku s terena prebacivali u 96-postotni etanol. Kad je bilo moguće, uzimali smo pijesak (obično oko pola kg), sušili ga i onda ponovo potapali u vodu, nakon čega bi prazne kućice sakupljali kistom na površini - metoda koju je opisao Rađa (1978-1979). Vrste su određivane pomoću ključeva za vodene puževe (Glöer 2019, 2022; Walter-Schultes 2012). Za fotografiranje je korišten fotoapararat Nikon D5100 i mikroskopi Olympus SZ61 i Leica M205 C sa digitalnom kamerom Leica DMC5400. Za distribuciju je korištena čeklista Bank & Neubert (2017).

### 3. Rezultati

Otkrivene su nove vrste:

*Belgrandiella kurtovici* Glöer & Mulaomerović, 2021, Vrelo Vruljak 1, Trebinje;

*Belgrandiella bajraktarevici*, Glöer & Mulaomerović, 2021, vrelo ispod Pećine u Srednjoj stijeni, Tajan planina;

*Belgrandiella goranii*, Mulaomerović & Glöer, 2022, vrelo/česma, Bokševica planina, Konjic;

*Belgrandiella krivosici*, Mulaomerović & Glöer, 2022, vrelo ispod turbeta, Banlozi, Zenica;

*Belgrandiella balkanaensis* n. sp., potok Skakavac, Balkana jezero, Mrkonjić Grad;  
*Islamia buturovici*, Glöer & Mulaomerović, 2021, Pećina u Mahmutovića Rijeci, Mahmutovića Rijeka, Ilijaš;

*Bythiospeum dervovici*, Glöer & Mulaomerović, 2021, Pećina u Mahmutovića Rijeci, Mahmutovića Rijeka, Ilijaš;

*Bythinella bunarii*, Mulaomerović & Glöer, 2022, česma Bunar, Slavljevići, Crna Rijeka, Trnovo;

*Bythinella hasanspahici*, Mulaomerović & Glöer, 2022, vrelo, Gorani, Konjic;

*Bythinella sije* n. sp., Mulaomerović & Glöer, 2022, Ponikva pećina vrelo, Šije, Doboj Jug;

*Bythinella tabakovaensis* n. sp., Tabakova česma, Majdani, Pale.

Nove vrste za Bosnu i Hercegovinu:

*Viviparus mamillatus* (Küster, 1852), akumulacija Svitava, Čapljina;

*Bithynia zeta* Glöer & Pešić, 2007, vrelo Vruljak 2, Trebinje;

*Hippeutis complanatus* (Linnaeus, 1758), rijeka Lištica, Mostarsko blato;

*Physa acuta* Draparnaud, 1805, Mrkonjska lokva, Mrkonjići, Popovo polje;

*Docleiana tabanensis* (Boeters, Glöer & Pešić, 2014), Vrelo Drenovik, Kifino Selo, Nevesinjsko polje;

*Amphimelania holandri* (C.Pfeiffer, 1828), rijeka Krivaja, Solun, Olovo;

*Docleiana tabanensis* (Boeters, Glöer & Pešić, 2014), vrelo Drenovik I, Kifino selo, Nevesinjsko polje;

*Esperiana esperi* (Férussac, 1823), rijeka Glinica, Velika Kladuša;

*Gyraulus acronicus* (J. B. Férussac, 1807), akumulacija Lipa, Livanjsko polje;

*Ferrissia californica* (Rowell, 1863), rijeka Lištica, Mostarsko blato.

#### 4. Zaključak

Novootkrivene vrste u kratkom vremenskom periodu pokazuju potencijal bioraznolikosti kraških vrela i vodenih tokova na kršu u Bosni i Hercegovini u pogledu faune gastropoda. Gotovo sva vrela su ugrožena, najčešće neplanskom gradnjom neposredno uz vrela ili na višim predjelima iznad vrela, otpadnim vodama iz naseljenih mjesta i/ili turističkih objekata, komunalnim otpadom i drugim ljudskim nepromišljenim djelatnostima. Kaptiranje vrela radi izgradnje spomen česama (hair česme) često ugrožavanja njihovo prirodno oticanje, a samim tim i razvoj faune. Većina kraških vrela nalazi se uz rub polja, a ta su područja uvijek bila naseljena. Danas su ta područja opterećena novijom gradnjom i vrlo često neadekvatnim crpljenjem pitke vode ne samo za domaćinstva nego i za intenzivnu poljoprivredu.

#### 5. Spisak literature

1. Bank, R. A., Neubert, E., 2017. *MolluscaBase: Checklist of the land and freshwater Gastropoda of Europe*. Last update: July 16th, 2017. Dostup na: <https://www.molluscabase.org/aphia.php?p=sourcedetails&id=279050>
2. Glöer, P., 2019. *The Freshwater Gastropods of the West-Palaeartics, Volume 1 Fresh- and Brackish Waters Except Spring and Subterranean Snails – Identification Key, Anatomy, Ecology, Distribution*. Hetlingen, 399 str.
3. Glöer, P., 2022. *The Freshwater Gastropods of the West-Palaeartics, Volume 2 Moitessieriidae, Stenothyridae and Bythinellidae – Identification Key, Anatomy, Ecology, Distribution*. Hetlingen, 386 str.
4. Rađa, T., 1978-1979. *Sakupljanje mekušaca u špiljama*. *Speleolog*, 26-27: 30-31.
5. Walter-Schultes, F., 2012. *European Non-marine Molluscs, a Guide for Species Identification*. Göttingen: Planet Poster Editions, 757 str.

## **Bunari, lokve i čatrnje na platou Podveležja kod Mostara**

### **Wells, puddles and water tanks on the Podveležje plateau near Mostar**

Mirnes Hasanspahić<sup>1</sup>, Jasminko Mulaomerović<sup>1</sup>

<sup>1</sup> - Centar za krš i speleologiju, Sarajevo, BIH

#### Summary

The Podvelež karst surface extends east of the city of Mostar, and southeast of the Velež mountain. It is a clearly separated geomorphological unit bounded on one side by the mountain Velež, on the other by steep slopes that descend from the Podvelež plateau towards Mostar. It is a populated karst waterless area without water sources and watercourses. Because of this, in the past, the inhabitants of this area were forced to find some small underwater streams and to ingeniously build stone structures in those places that would enable the accumulation and retention of water for their needs and the needs of watering livestock. Underwater streams were not the only way to get water, man also built facilities for catching rainwater in this area. Today, these buildings are mostly neglected and not used. They represent an interesting cultural and historical heritage on the karst and require protection treatment.

Kraška površ Podveleži se pruža istočno od Mostara, a jugoistočno od Veleža. To je jasno izdvojena geomorfološka cjelina koju s jedne strane omeđuje planina Velež, s druge strme padine koje se s platoa Podveleži spuštaju prema Mostaru tj. prema Mostarskoj i Bjelopoljskoj kotlini te Mostarskom polju, dok je prema jugu to suha draga koja prati savremenu magistralnu cestu od Mostara prema Nevesinju. Po geološkom sastavu zastupljeni su na cijelom području krečnjaci i dolomiti.

Bezvodica je primorala stanovnike ovog područja da otkriju podzemne prirodne kolektore vodenih tokova i tu izgrade Zidane bunare. Neki od njih imaju izgrađene kamene stepenice koje kružno vode prema vodi kako bi se dosegao nivo vode u opadanju. U tri slučaja (bunari u Šipovcu, Jurovski bunari i bunari u Svinjarini) su položeni jedan ispod drugog, očito zbog količine vode koju su mogli sakupljati. Veliki ravni kameni blokovi poredani u krug oko bunara u obliku klupe pokazuju da su bunari bili i mjesto kolektivnog okupljanja i da su imali određenu socijalnu funkciju. To možemo primjetiti i na objektima (čatrnjama) koji su građeni u novije vrijeme sa upotrebom betona, da je uz korito ili zid čatrnje građena betonska klupa za sjedenje. Kako na Podveleži nema ozbiljnog uzgoja stoke (samo mala stada ovaca ili koza se mogu vidjeti) tako i bunari nemaju svoju primarnu funkciju pa se zidovi urušavaju. Osim napajanja stoke, neki bunari su imali funkciju vodosnabdijevanja stanovništva jer su natkriveni kamenim blokovima kako bi se spriječilo zagađivanje ili upadanje stoke. Treba napomenuti da postoje bunari koji imaju samo niski dio zida do nivoa tla ili samo podzidu sa gornje strane, izgledaju više kao male lokve. Takvi bunari pretežno se nalaze u visočijim predjelima, iznad stalni naselja, na prostoru koji se koristio sezonski za ispašu stoke. Na tim visočijim predjelima postoje velike zidane čatrnje koje su služile sa hvatanje sniježnice u vrijeme topljenja snijega, kao što je čatrnja na Rosuljama.

Vodeni objekti koji su samo udubljenje u tlu koje drži vodu, bez građevinskih intervencija, možemo nazvati lokvama. Neke lokve su stacionirane uz zidane bunare, a neke nisu.

Starost bunara teško je procijeniti, ali prema načinu gradnje i veličini kamenih blokova većina ih je izgrađena u srednjem vijeku. Tome ide u prilog i naziv „Grčki bunari“ koji je očito vezan za „Grke“ pripadnike srednjovjekovne tzv. Crkve bosanske. Mnoge srednjovjekovne nekropole stećaka u bosanskohercegovačkoj tradiciji se nazivaju Grčka groblja i vezuju se za „Grke“ koji su po „površici“ (snijegu) napustili Bosnu i Hum krajem srednjeg vijeka. Dubina i širina bunara su različiti, a kreću se od 3 do 7 metara u prečniku, dok se debljina zbog prisustva vode može procijeniti 5 do 6 metara.

Nažalost, arheolozi i historičari nisu sistematski obradili ni mnoge druge zidane kamene bunare u južnoj Bosni i Hercegovini kao vrijedne spomenike kulturne baštine. Ne postoji čak ni obični popis bunara s najosnovnijim informacijama. Izvori za crpljenje podataka pri traženju ovih objekata na terenu su: usmeni izvori, topografske karte, a pomažu i noviji alati kao što je *Google map* jer objekti obično imaju pravilne kružne oblike, te se mogu uočiti i zgodno je doći do njih. Na Podveležju je u dva navrata (tridesetih i pedesetih godina prošlog stoljeća) boravio i istraživao Tvrтко Kanaet, između ostalog ostavio mnoštvo podataka o vodosnabdjevanju na ovom bezvodnom području. Ti se podaci mogu upoređivati sa današnjim stanjem.

Za vodosnabdjevanje stanovništva uglavnom su se koristile kamenom zidane čatrnje, od kojih je vjerovatno najstarija Macina čatrnja ozidana na svod za koju možemo sa sigurnošću tvrditi da je srednjovjekovne starosti.

Ovi objekti su danas većinom zapušteni i ne koriste se, ugroženi vegetacijom. Predstavljaju zanimljivo kulturno-historijsko naslijeđe na kršu i zahtijevaju određen tretman zaštite.

## Spisak literature

1. Kanaet, T., 1955. *Podveležje i Podvelešci*. Djela, Knjiga VI, Odjeljenje istorijsko-filoloških nauka, Knjiga 5., Naučno društvo NR BiH, Sarajevo, 278 str.

# Podzemni kamenolom u Dardaganima (Zvornik) i kompleks pećina Megara (Maglaj)

## Underground quarry in Dardagani (Zvornik) and Megara cave complex (Maglaj)

Jasminko Mulaomerović<sup>1</sup>, Gábor Kemenesi<sup>2</sup>, Zsófia Lanszki<sup>2</sup>, Dorottya Győrössi<sup>3</sup>, Vojo Milanović<sup>1</sup>, Amina Agić<sup>1</sup>, Besim Gurda<sup>4,5</sup>, Admir Bajraktarević<sup>5</sup>

<sup>1</sup> - Centar za krš i speleologiju, Sarajevo, <sup>2</sup> - National Laboratory of Virology, University of Pécs, Pécs, Hungary, <sup>3</sup> - Szent István University, Godollo, Hungary, <sup>4</sup> - U.G. „Fojničani“, Maglaj, <sup>5</sup> - SNIK „ATOM“, Zavidovići

### Summary

In recent years, the Center for Karst and Speleology from Sarajevo, together with several speleological associations from Zavidovići and Banja Luka, has been investigating two speleological objects in order to collect data that will contribute to their legal protection. These are the Dardagani underground quarry near Zvornik and the Megara cave complex near Maglaj. The first object is artificial and was created by the exploitation of limestone (from the Roman period), and the second is a complex of four caves in a small karst oasis near Maglaj. In addition to its cultural and historical value, the underground quarry is also an important wintering ground for several bat colonies, and the Megara caves are a site of endemic fauna. A year ago, a large number of bats of the *Miniopterus schreibersi* species died, the cause of which is still unknown, and the Megara cave complex is being protected as a natural rarity in that part of Bosnia. For this reason, research into the possible cause of bat death was initiated, as well as complex speleological (and speleological) research into the Megara caves.

### 1. Uvod

Podzemni kamenolom u Dardaganima (Zvornik) poznat je kao važan arheološki lokalitet iz vremena Rimskog carstva. Ovaj lokalitet je predstavljao glavni izvor kamenih blokova i dovršenih kamenih proizvoda sa kojima je Sirmijum snabdjevan između 2. i 5. stoljeća (Djurić *et al.*, 2012). Eksploatacija krečnjaka iz ovog kamenoloma vršena je sve donedavno, kojom prilikom je unesen različit građevinski materijal koji je korišten za podupiranje stropa (drvo, elementi od šljake, željezne armature). Posljednjih nekoliko godina provodi se zimski monitoring šišmiša zbog nekoliko velikih kolonija (Mulaomerović *et al.*, 2018a, 2020, 2021, 2022; Presetnik *et al.*, 2016, 2017, 2019).

Kompleks pećina Megara kod Maglaja sastoji se od četiri pećine (2 ponora i dvije pećine od kojih je jedna izvorska) na malom prostoru krečnjačke oaze veličine 1 x 1 km. Speleobiolozi su posjećivali ovu pećinu, ali prva ozbiljnija speleološka istraživanja napravili su članovi S.D. „Bosna“ iz Tuzle (Anon., 1956), a onda ponovo članovi ONIK „Atom“ iz Zavidovića (Fuksik & Bajraktarević, 1987). Zadnje dvije godine, nakon deminiranja terena izvršena su završna speleološka i prva hiroptereološka istraživanja Mokre Megare, Malog i Velikog ponora. Nije istražena Suha Megara zbog miniranog terena.



## 2. Metode

Prikupljanje uzoraka podrazumijevalo je prikupljanje krvi, urina, malog dijela letne membrane, fecesa i ektoparazita sa jedinki Šrajberovog šišmiša (*Miniopterus schreibersii*) prema protokolu (Kemensi et al., 2022). Identifikacija vrste je vršena pod nadzorom hiropterologa uz pomoć identifikacionog ključa (Dietz, 2016). Nakon prikupljanja krvnog uzorka, svaka jedinka je spremna u zasebne papirne vreće prilikom čega je istovremeno vršena RT-PCR analiza za prisustvo LLOV RNA u krvi. Uzorkovanje krvi podrazumijevalo je korištenje Minivette® POCT (Sarstedt, Germany), jednokratnih tubica, čime je od svake jedinke izuzeto max 50 µL iz vene teuropatagijuma. Sva krv se na početku odlagala u 1.5-ml Eppendorf tubice za analizu, nakon čega su uzorci krvi podvrgnuti centrifugiranju (1000 × g)/ 5 min. Usljed ograničenja koje se odonosilo na mogućnost prikupljanja dovoljne količine krvi za analizu, vršena su različita mjerenja. Za količinu od (~8–13 µL), provodila se samo serologija. Pored krvnog uzorka, ukoliko je to bilo moguće, prikupljeni su i uzorci urina, fecesa i ektoparazita (krpelji i mušice) koji su prikupljeni korištenjem pincete. Ovi uzorci su potom odmah zasebno stavljeni na zaleđivanje u tečni nitrogen na -80 °C do dalje laboratorijske analize. Prilikom rukovanja sa šišmišima koristile su se zaštitne rukavice, a svaka jedinka nakon prstenovanja je nepovrijeđena puštena u svoje prirodno stanište.

Za speleološka istraživanja korištene su standardne speleološke tehnike, a za istraživanje šišmiša koristili smo metode opservacije, hvatanje nevidljivim mrežama, analiza ostataka kostiju i snimanje eholokacionih signala te njihova analiza pomoću odgovarajućih softvera.

## 3. Rezultati

Prikupljane uzoraka vršeno je u dva navrata i to u noći sa 25. na 26. august u podzemnom kamenolomu u Dardaganima (Zvornik), kada je uzorkovano 30 jedinki, i u noći sa 26. na 27. august 2023. godine u pećini Mokra Megara (Maglaj). Za hvatanje šišmiša korištena je harfa. Na oba lokaliteta je uzorkovano 30 jedinki vrste *Miniopterus schreibersii*. Daljna analiza uzoraka bit će provedena u Nacionalnoj laboratoriji za virologiju Univerzizeta u Pečuju, Mađarska.

Speleološka istraživanja su vršena u Mokroj Megari, Velikom i Malom ponoru, a rezultati su u fazi obrade. Speleološka istraživanja će biti nastavljena u Mokroj Megari.

Istraživanje šišmiša vršeno je u svim dostupnim objektima, napuštenim zgradama u okolini pećina, a napravljeno je i nekoliko auto transekata radi snimanja eholokacionih signala šišmiša. U Mokroj Megari registrovana je kolonija od *Miniopterus schreibersii* od min 68 jedinki, a također i vrste: *Rhinolophus hipposideros*, *Rhinolophus ferrumequinum* i *Myotis emarginatus*. U Malom ponoru registrovane su vrste: *Rhinolophus hipposideros* i *Rhinolophus ferrumequinum*. U velikom ponoru opažen je samo guano šišmiša. U devastira-noj zgradi šumarije nađena je manja količina guana koji bi mogao pripadati vrsti *Eptesicus serotinus*. U maloj kući, prema veličini guana, vjerovatno se radi o nekoj manjoj vrsti. Obe lokacije služe kao privremeno sklonište šišmišima. Na lokalitetu lokve kod lovačkog doma u nevidljive mreže uhvaćene su vrste: *Pipistrellus kuhlii*, *Nyctalus leislerii* i *Miniopterus schreibersii*. Na transektima su snimljeni eholokacioni signali vrsta: *Rhinolophus hiposideros*, *Rhinolophus ferrumequinum*, *Vespertilio murinus* (određen po

socijalnim signalima), *Pipi-strellus pipistrellus*, *Pipistrellus pygmaeus*, *Pipistrellus kuhlii* (određen po socijalnim signalima), *Plecotus auritus*, *Nyctalus noctula*, *Miniopterus schreibersii*, *Barbastella barba-stellus*, rod *Myotis* i fonetske grupe *Pipistrellus kuhlii/nathusii* i *Eptesicus serotinus/Ves-pertilio murinus/Nyctalus noctula/ Nyctalus leisleri*.

#### 4. Diskusija i zaključak

U proljeće 2022. godine u kamenolomu Dardagani primjećen je masovni pomor vrste *Miniopterus schreibersii*. Na tlu je ležalo oko 30 životinja (Mulaomerović, 2022). Koliko je bilo stvarno uginulih životinja teško je reći jer je kamenolom otvoren za mačke iz okolnih domaćinstava, kune i lisice. Vrijeme smrti teško je bilo utvrditi, ali po stanju tijela leševi su bili stari najmanje 15 dana. Sumnja je pala na Lvoviu virus budući da je od tog virusa nešto ranije došlo do masovnog umiranja šišmiša u Mađarskoj. Kako je već ranije utvrđena migracija ove vrste iz podzemnih skloništa u tvrđavi Petrovaradin (Srbija) u kamenolomu u Dardaganima (Presetnik et al., 2017; Mulaomerović et al., 2018b). sumnja je bila u mogućem prenosu virusa migracijama (mada migracija iz mađarskih staništa u Vojvodinu nije potvrđena (Hutterer, 2005). Ovaj pomor šišmiša, uz podatke o velikim kolonijama vrsta *Rhinolophus ferrumequinum*, *Rhinolophus euryale* i *Miniopterus schreibersii* koje su Natura 2000 vrste i čija se brojnost u Evropi smanjuje, uz kulturno-istorijske vrijednosti podzemnog kamenoloma nalažu njegovu hitnu zaštitu.

Kompleks pećina Megara u maloj oazi krša kod Maglaja nakon speleoloških i faunističkih istraživanja zadnje dvije godine koja su pokazala veoma bogat biodiverzitet pećina trebao bi biti osnova za konačnu odluku vlasti Zeničko-Dobojskog kantona da se ovo područje proglasi parkom prirode, a time i dobije adekvatnu zakonsku zaštitu.

#### 5. Spisak literature

1. Anon., 1956. Aktivnost Amaterskog speleološkog društva "Bosna" u Tuzli. Speleolog, 4(1-2): 30.
2. Dietz, C., Kiefer, A., 2020. *Bats of Britain and Europe*. Bloomsbury publishing, 400 sts.
3. Djurić, B., Maver, A., Rižnar, I., Jovanović D., Davidović, J., 2012. *Sirmium's main limestone quarry at Dardagani (Bosnia and Herzegovina)*. Interdisciplinary studies on ancient stone : proceedings of the IX Association for the Study of Marble and Other Stones in Antiquity (ASMOSIA) Conference (Tarragona 2009), Tarragona, 471-479.
4. Fuksik, A., Bajraktarević, A., 1987. *Rezultati dosadašnjih istraživanja pećine „Megara“*. V jugoslavenski susret mladih istraživača „Nikola Tesla“, Kumrovec, decembar 1987. Interna dokumentacija ONIK „ATOM“ Speleološka sekcija, Zavidovići, nekompletno.
5. Hutterer, R., Ivanova, T., Meyer-Cords, C., Rogrigues, L., 2005. *Bat migration in Europe. A Review of Banding Data and Literature*. Naturschutz und Biologische Vielfalt 28. German Agency for Nature Conservation. 162 str.
6. Kemenesi, G., Tóth, G. E., Mayora-Neto, M., Scott, S., Temperton, N., Wright, E., Mühlberger, E., Adam J., Hume, A.J., Suder, E.L., Zana, B., Boldogh, S.A., Görfö, T., Estók, P., Szentiványi, T., Lanszki, Z., Somogyi, B.A., Nagy, Á., Pereszlényi, C.I., Dudás, G., Földes, F., Kurucz, K., Madai, M., Zeghib, Z., Maes, P., Vanmechelen, B., Jakab, F., 2022. *Isolation of infectious Lloviu virus from Schreiber's bats in Hungary*. Nature communications, 13(1): 1-11.
7. Mulaomerović J., Pašić, J., Husanović, M., Dervović, T., Hodžić, M., Milanolo, S., Napotnik, I., Presetnik, P., 2018a. *Rezultati pregleda potencijalnih zimskih skloništa šišmiša u Bosni i Hercegovini u zimu 2017/18*. Hysugo, 3(1): 13-26.
8. Mulaomerović J., Budinski, I., Dževlan, A., Husanović, M., Matović, O., Jovanović, J., 2018b. *Miniopterus schreibersii, Migration: 7.5.2016, Petrovaradin (Serbia) – 30.12.2017, Dardagani-Zvornik (Bosnia and Herzegovina) and other observation of banded Myotis Capaccinii and Rhinolophus ferrumequinum*

- in Dardagani / Miniopterus Schreibersii, Migration: 7.5.2016, Petrovaradin (Serbia) – 30.12.2017, Dardagani-Zvornik (Bosna i Hercegovina) i ostali nalazi prstenovanih Rhinolophus Ferrumequinum i Myotis capaccinii u Dardaganima.* Hysugo, 3(1): 46-48.
9. Mulaomerović, J., Husanović, M., Alimanović, T., Bajraktarević, A., Pejić, B., 2020. *Rezultati pregleda potencijalnih zimskih skloništa šišmiša u Bosni i Hercegovini, zima 2019/20.* Hysugo, 5(2): 44-59.
  10. Mulaomerović J., Bajraktarević, A., Husanović, M., Alimanović, T., Matović, O., Pejić, B., 2021. *Rezultati pregleda potencijalnih zimskih skloništa i drugi nalazi šišmiša u Bosni i Hercegovini, zima 2020/21.* Hysugo, 6(2): 30-42.
  11. Mulaomerović J., Bajraktarević, A., Husanović, M., Matović, O., Pejić, B., Pavlović, E., Mlakar Medved, M., Presetnik, P., 2022. *Rezultati pregleda potencijalnih zimskih skloništa šišmiša u Bosni i Hercegovini i drugi nalazi šišmiša u zimu 2021/22.* Hysugo, 7(1): 29-41.
  12. Mulaomerović, J., 2022. *Masovni pomor vrste Miniopterus schreibersii u podzemnom kamenolomu Dardagani kod Zvornika.* Barbastella regionalni susret 21.-23. 10. 2022. Sarajevo – Kladanj, 14.
  13. Presetnik, P., Mulaomerović, J., Pašić, J., Napotnik, I., Milanolo, S., Budinski, I., Pejić, B., 2016. *Rezultati pregleda potencijalnih zimskih skloništa šišmiša u Bosni i Hercegovini u zimu 2015/16.* Hysugo, 1(2): 34-48.
  14. Presetnik, P., Mulaomerović, J., Pašić, J., Napotnik, I., Milanolo, S., Hodžić, M., Husanović, M., 2017. *Rezultati pregleda potencijalnih zimskih skloništa šišmiša u Bosni i Hercegovini u zimu 2016/17.* Hysugo, 2(1): 28-42.
  15. Presetnik P., Mulaomerović, J., Husanović, M., Dervović, T., Hodžić, M., Napotnik, I., 2019. *Rezultati pregleda potencijalnih zimskih skloništa šišmiša u Bosni i Hercegovini u zimu 2018/19.* Hysugo, 4(1): 15-28.
  16. Presetnik, P., Budinski, I., Hodžić, M., Mulaomerović, J., 2017. *Miniopterus schreibersii, Migration: 7. 5. 2016. Patrovaradin (Serbia) – 19. 2. 2017, Dardagani-Zvornik (Bosnia and Herzegovina) : Miniopterus schreibersii, migracija: 7. 5. 2016. Patrovaradin (Srbija), 19. 2. 2017., Dardagani-Zvornik, (Bosna i Hercegovina).* Hysugo, 2(1): 50-51.

# **Kontaminacija karstnih izdani ugljovodonicima - studija slučaja: Lyda Well-1 (Bowling Green, Kentucky)**

## **Hydrocarbon Contamination of Karst Aquifers - Case Study: Lyda Well-1 (Bowling Green, Kentucky)**

Nenad Marić<sup>1</sup>, Jason Polk<sup>2</sup>, Zoran Nikić<sup>1</sup>

1 - Univerzitet u Beogradu - Šumarski fakultet, 2 - Western Kentucky University, Center for Human GeoEnvironmental Studies (CHNGES)

### Summary

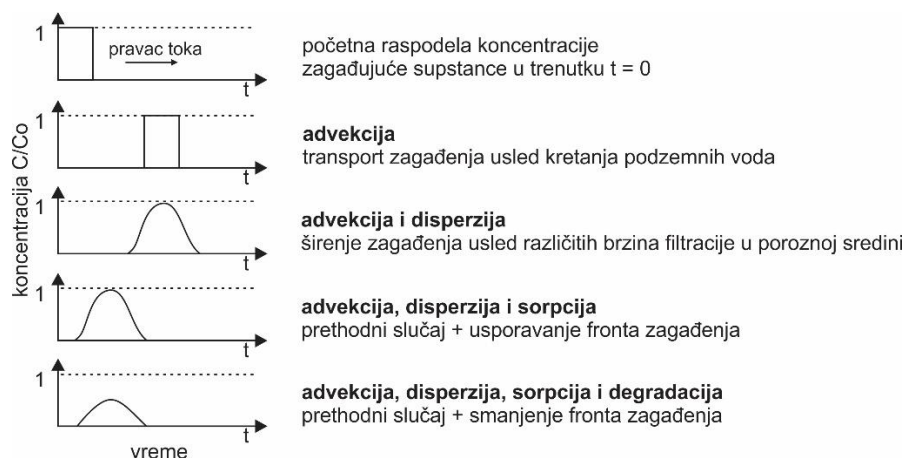
This study analyzes the fate and behaviour of petroleum hydrocarbons in a shallow karst environment in the City of Bowling Green, KY. The study site is a natural hydrocarbon seep in this groundwater system monitored at the Lyda Well-1. The groundwater hydrochemistry of two sampling campaigns (before and after the rainfall event) was compared. The concentrations of total petroleum hydrocarbons (TPH) in groundwater decreased from an initial 20.4 mg/l to <1.4 mg/l (after the rainfall event) primarily due to the advection. The hydrocarbon-contaminated groundwater before the rainfall event was characterized by decreased O<sub>2</sub> and NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (electron acceptors) concentrations and increased Mn and Fe content (metabolic products of biodegradation). After the freshwater recharge and flushing of the well, Mn and Fe concentrations decreased, following a similar trend as TPH. Similar trends were observed during several sampling campaigns in 2021, thus providing reasonable to assume that hydrocarbons undergo attenuation processes in the karst aquifers.

### 1. Uvod

Rastvaranjem karbonatnih stena nastaju karstni tereni sa svim svojim površinskim i podzemnim morfološkim specifičnostima. Sistemi podzemnih voda u karstu, koji se nazivaju i karstne izdani, skloni su kontaminaciji prvenstveno zbog brze infiltracije sa površine terena. Istovremeno, u poređenju sa izdanima sa intergranularnom poroznošću, podzemne vode u karstu odlikuje i ograničena interakcija sa poroznom sredinom kroz koju se kreću. Drugim rečima, prečišćavajući efekti usled filtracije vode kroz poroznu sredinu su ograničeni. Samim tim, izdani u karstu smatraju se posebno osetljivim na antropogene aktivnosti i uticaje sa površine terena.

S druge strane, curenje ugljovodonika iz podzemnih rezervoara za skladištenje nafte prepoznato je kao glavni izvor kontaminacije podzemnih voda u Sjedinjenim Državama još od početka 1980-ih (Council on Environmental Quality, 1981). Danas je opšte poznato da na transport ugljovodonika u izdanima sa intergranularnom poroznošću utiču procesi prirodnog prečišćavanja (eng. natural attenuation). US EPA (1999) navodi biodegradaciju, disperziju, rastvaranje, sorpciju, radioaktivno raspadanje i hemijske/fizičke mehanizme kao ključne komponente procesa prirodnog prečišćavanja naftnog zagađenja u podzemnim vodama. Primer uticaja različitih procesa na transport zagađenja u intergranularnoj sredini dat je na slici 1. Poređenjem podataka sa 604 lokacije

zagađene naftnim ugljovodonicima na teritoriji SAD, Newell and Conor (1998) ukazuju da oko 75 % zagađujućih "tela" rastvorenih u podzemnim voda ima dužinu ispod 70 m. Ovako kratke dužine rastvorenih zagađujućih "tela" ukazuju na značajan stepen interakcije sa naftnih ugljovodonika intergranularnom sredinom i njen potencijal da umanjuje efekte zagađenja (Marić, 2016).



**Slika 1.** Uticaj advekcije, disperzije, sorpcije i degradacije na transport zagađenja u intergranularnoj sredini (Mersmann, 2003)

U poređenju sa zbijenim izdanima, transport i "ponašanje" naftnog zagađenja u karstu su nedovoljno izučeni. Ovo istraživanje je realizovano na bunaru Lyda Well-1 zagađenom sirovom naftom u gradu Bowling Green u Kentakiju, SAD. Ovde su prikazani rezultati dve serije uzorkovanja od 14.08.2021. godine.

## 2. Metode

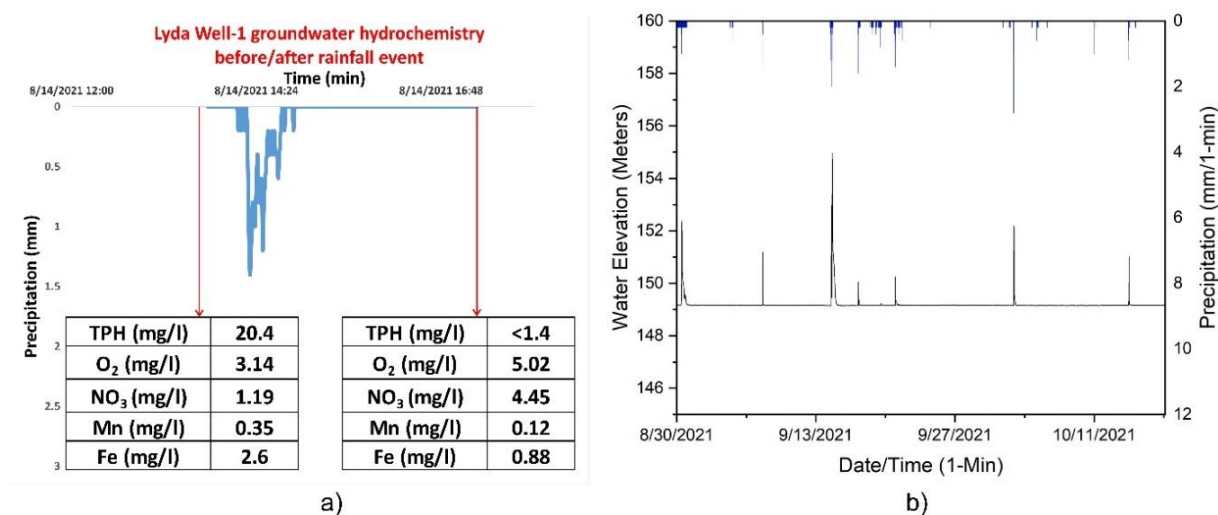
Koncentracije rastvorenog kiseonika (mg/l) u podzemnim vodama merene su na terenu, multiparametarskom sondom YSI ProDSS. Koncentracije ostalih parametara (mg/l) merene su u laboratorijskim uslovima, prema sledećim metodama: ukupni naftni ugljovodonici (TPH) -1664B-SGT, nitrati - SM 4110 B-2011, gvožđe i mangan - EPA 200.7 Rev. 4.4.

## 3. Rezultati i diskusija

Istražno područje se nalazi u gradu Bowling Green u ravničarskom terenu sa brojnim ponorima (Pennyroyal Plateau), razvijenim podzemnim pećinskim sistemom (Lost River Cave) kroz koju protiče podzemni vodotok Lost River. Teren uglavnom izgrađuju krečnjaci karbonske starosti (eng. late Mississippian). Prema Horton et al. (2017), u vertikalnom profilu mogu se uočiti dve formacije krečnjaka: prva debljine 0-60 m (St. Genevieve) i druga debljine 55-90 m (St. Louis). Mikrolokacija istraživanja je bunar Lyda Well-1 u kom je tokom izrade bunara nabušen sloj sa ugljovodonicima (prirodno isticanje ugljovodonika). Ovakve pojave isticanja ugljovodonika nisu neuobičajene u ovom delu Kentakija, iako se obično javljaju na većim dubinama. Podaci više serija osmatranja u ovom bunaru potvrdili su da je reč o kontinualnom isticanju ugljovodonika, a ne o zagađenju koje potiče sa površine terena. Dubina bunara Lyda Well-1 je oko 20 m, dok je

nivo podzemnih voda bio na 15,5 m ispod površine terena. Drugim rečima reč je o plitkom karstnom sistemu razvijenom u okviru prvog paketa krečnjaka (St. Genevieve).

Istraživanjima izvedenim 14.08.2021. godine, podzemne vode bunara Lyda Well-1 uzorkovane su u dva puta, pre i posle intenzivne kiše (17 mm padavina registrovanih od 14:10 do 14:53). Drugo uzorkovanje je izvedeno oko 2 i po sata nakon prestanka padavina. Podaci o količini padavina preuzeti su sa lokalne kišomerne stanice neposredno uz osmatrački bunar i mogu se smatrati u potpunosti relevantnim. Rezultati hidrohemijskih analiza prikazani su na slici 2a.



**Slika 2.** Hemijski sastav podzemnih voda na bunaru Lyda Well-1 pre i posle padavina (a), uporedni dijagram nivoa podzemnih voda i padavina (b)

Koncentracije ukupnih naftnih ugljovodonika (TPH) u podzemnim vodama pre početka padavina iznosile su 20,4 mg/l. Neposredno nakon intenzivnih padavina i prihranjivanja sistema padavinama, koncentracije ugljovodonika su pale ispod granice detekcije date laboratorije (<1,4 mg/l). Ukratko, ovaj deo karstnog sistema je brzo reagovao na prihranjivanje atmosferskim vodama, što je dovelo do ispiranja naftnog zagađenja iz bunara Lyda Well-1. Da je reč o aktivnom delu karstnog sistema govore i podaci na slici 2b, imajući u vidu da odmah posle padavina dolazi do naglog porasta nivoa podzemnih voda. Isti trend u pogledu koncentracija naftnih ugljovodonika uočen je više puta tokom osmatranja na ovoj lokaciji. U sušnim periodima dolazilo bi do akumulacije naftnog zagađenja rastvorenog u podzemnim vodama, dok bi nakon kiše i prihranjivanja, dolazilo do ispiranja i brzog pada koncentracija naftnih ugljovodonika. Drugim rečima, procesi advekcije (transporta zagađenja usled kretanja podzemnih voda) su redovno dovodili do smanjenja koncentracija naftnih ugljovodonika u ovom bunaru.

Pored ukupnih naftnih ugljovodonika, vršena su merenja rastvorenog kiseonika, nitrata, gvožđa i mangana u podzemnim vodama. Pomenuto ispiranje bunara i pružilo je osnovu za poređenje hidrohemije vode u uslovima povišenog sadržaja naftnih ugljovodonika i nakon ispiranja istih. Podzemne vode u uslovima postojanja naftnog zagađenja (TPH = 20,4 mg/l) karakterišu niže koncentracije O<sub>2</sub> (3,14 mg/l) i NO<sub>3</sub> (1,19 mg/l), u poređenju sa O<sub>2</sub> (5,02 mg/l) i NO<sub>3</sub> (4,45 mg/l) nakon ispiranja zagađenja (TPH = <1,4 mg/l). Potpuno suprotan trend je uočen kada je reč o koncentracijama mangana i gvožđa, koje su više u uslovima kontaminiranosti voda naftnim ugljovodonicima Mn (0,35 mg/l) i Fe (2,6



mg/l) u odnosu na uslove nakon ispiranja zagađenja (Mn = 0,12 mg/l; Fe = 0,88 mg/l). Iako je reč o podzemnim vodama iz bunara u karstu, pomenuti rezultati su identični trendovima koncentracija u podzemnim vodama zagađenim naftnim ugljovodonicima u intergranularnoj sredini (tabela 1).

**Tabela 1.** Mehanizmi biodegradacije naftnih ugljovodonika u intergranularnoj sredini i njihov uticaj na koncentracije komponenti hemijskog sastava podzemnih voda (Marić et al, 2016).

Mehanizam biodegradacije	Tipična reakcija	Trend u koncentraciji
aerobna respiracija	$C_6H_6 + 7,5O_2 \rightarrow 6CO_2 + 3H_2O$	O <sub>2</sub> ↓
redukcija nitrata	$C_6H_6 + 6NO_3^- + 6H^+ \rightarrow 6CO_2 + 3N_2 + 3H_2O$	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ↓
redukcija mangana (IV)	$C_6H_6 + 15MnO_2 + 30H^+ \rightarrow 6CO_2 + 15Mn^{2+} + 18H_2O$	Mn <sup>2+</sup> ↑
redukcija gvožđa (III)	$C_6H_6 + 30Fe(OH)_3 + 60H^+ \rightarrow 6CO_2 + 30Fe^{2+} + 78H_2O$	Fe <sup>2+</sup> ↑
redukcija sulfata	$C_6H_6 + 3,75SO_4^{2-} + 7H^+ \rightarrow 6CO_2 + 3,75H_2S + 3H_2O$	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ↓
metanogeneza	$C_6H_6 + 4,5H_2O \rightarrow 2,25CO_2 + 3,75CH_4$	CH <sub>4</sub> ↑

Drugim rečima, podzemne vode u bunaru Lyda Well-1 pre padavina karakteriše snižen sadržaj O<sub>2</sub> i NO<sub>3</sub> (elektron akseptori), i povišen sadržaj Mn i Fe (metabolički produkti biodegradacije). Slični trendovi uočeni su tokom više serija osmatranja na ovom bunaru i uslovno rečeno mogu se smatrati pravilnošću. Bez detaljnijih mikrobioloških ispitivanja, nije moguće reći više o mehanizmima biodegradacije. Na osnovu analogije sa podzemnim vodama u intergranularnoj sredini, možemo govoriti o otiscima biodegradacije naftnih ugljovodonika registrovanim u bunaru Lyda Well-1.

#### 4. Zaključak

U poređenju sa zbijenim izdanima, transport i "ponašanje" naftnih ugljovodonika u karstu nisu dovoljno izučeni. Nakon prihranjivanja i doticaja nezagađene vode, koncentracije ukupnih naftnih ugljovodonika višestruko su snižene u bunaru Lyda Well-1, što se može smatrati uticajem advekcije. Sa druge strane, trendovi u koncentracijama O<sub>2</sub> i NO<sub>3</sub> (elektron akseptora), Mn i Fe (metabolički produkata biodegradacije) ukazuju na otiske biodegradacije u hidrohemiji podzemnih voda. Treba naglasiti da je reč je o preliminarnim rezultatima istraživanja koji se odnose na ugljovodonike sa gustom manjom od vode (LNAPL).

#### 5. Spisak literature

1. Council on Environmental Quality, Contamination of ground water by toxic organic chemicals, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 1981.
2. Horton, J.D., San Juan C.A., Stoeser, D.B. 2017. *The State Geologic Map Compilation (SGMC) geodatabase of the conterminous United States*: U.S. Geological Survey Data Survey Series 1052, doi: 10.3113/ds1052.
3. Marić, N. 2016. *Prirodno prečišćavanje i stimulisana bioremedijacija podzemnih voda zagađenih naftnim ugljovodonicima*, Doktorska disertacija, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

4. Mersmann, P., 2003. *Transport und Sorptionsverhalten der Arzneimittelwirkstoffe Carbamazepin, Clobrinsäure, Diclofenac, Ibuprofen und Propyphenazon in der wassergesättigten und ungesättigten Zone*, Thesis, Technical University Berlin.
5. Newell, C., Connor, J. 1998. *Characteristics of dissolved petroleum hydrocarbon plumes*, Groundwater Services, American Petroleum Institute, Washington, DC.
6. U.S. EPA, 1999. *Use of Monitored Natural Attenuation at Superfund, RCRA Corrective Action, and Underground Storage Tank Sites*, OSWER Directive 9200.4-17P. U.S.EPA, Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, D.C.



ISBN 978-86-907923-6-8